

Ekološka obilježja morem preplavljene jame uz otočić Iški Mrtovnjak, srednji Jadran

Išek, Barbara

Master's thesis / Diplomski rad

2008

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:234589>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-16**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

Barbara Išek

**Ekološka obilježja morem preplavljene jame
uz otočić Iški Mrtovnjak, Srednji Jadran**

Diplomski rad

Zagreb, 2008.

Ovaj rad, izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Tatjane Bakran-Petricioli, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja dipl. ing. biologije, smjer ekologija

- Hvala dragi roditelji što ste imali strpljenja i dopustili mi i omogućili da slijedim svoje snove i želje; najbolji ste na svijetu!
- Hvala Donat i Hrvoje što ste mi otkrili prekrasan svijet podmorskih špilja, kao i za sve fotografije i prikupljene podatke
- Hvala gospodine Trajbar za crtež jame
- Hvala Ksenija što si tu i kad te trebam i kad te ne trebam ☺ Ne znam što bih bez tebe
- Hvala vam prijatelji koji ste obilježili moje studentske dane i koje nikada neću zaboraviti
- Hvala Štef za sve sate provedene uz moje grafove
- Hvala Dodo za sve sličice koje si napravio i za svu drugu pomoć
- Hvala Marina za svako THE koje si ubacila u ovaj rad
- Hvala svima oko mene koji su mi bili podrška: baki, bratu, sestričnima, teti, tetku, Tinu, Ivi, Emanuelu, Nini, Žiži, Juri, Nikici, KPA Vodomar i svima kojih se sad ne mogu sjetiti
- Hvala svima Vama, dragi profesori, koji ste obilježili moje studentske dane
- Hvala mentorice što ste imali strpljenja i živaca ispravljati sve moje pogreške (neke i dvaput). Iskreno sam Vam zahvalna, i želim svima da imaju tako divnog mentora
- Hvala Tebi, Bože, što me vodiš kroz život

Sveučilište u Zagrebu

Diplomski rad

Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek
Dodiplomski studij, smjer ekologija

**Ekološka obilježja morem preplavljene jame
uz otočić Iški Mrtovnjak, Srednji Jadran**

Barbara Išek

Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
Rooseveltov trg 6, Zagreb, Hrvatska

Zbog geomorfoloških karakteristika istočne obale Jadrana i holocenske transgresije mora, u Hrvatskoj su brojne morske jame, špilje, polušpilje i prolazi. Tijekom tri godine vršena su istraživanja morske jame uz otočić Iški Mrtovnjak. Jama je duga 20-ak metara i oblika je boce. Ulaz se nalazi na 7,3 metra dubine. Unutrašnjost jame prekrivena je finim sedimentom zbog vrlo niske energije vode. U jami je zarobljena hladna voda i zbog toga su temperaturni uvjeti stabilni tijekom cijele godine. Do miješanja može doći samo u hladnom dijelu godine kada se temperature mora izvan i unutar jame izjednače. Svjetlosti u unutrašnjosti jame gotovo nema, te ona zbog svojih ekoloških karakteristika pruža idealne uvjete za život dubokomorskoj spužvi staklači vrste *Opsacas minuta*. U jami obitava tipična biocenoza špilja i prolaza u potpunoj tami, a zabilježeno je 13 vrsta organizama. Kratki ulazni dio jame, u koji dopire nešto svjetlosti, nastanjuje biocenoza polutamnih špilja, slabije razvijena zbog vrlo malog prostora. Biocenoza infralitoralnih algi naseljava prostor oko jame. U njoj su zabilježene 73 vrste organizama iz 19 taksonomskih skupina.

(49 stranica, 29 slika, 3 tablice, 53 literaturna navoda, hrvatski jezik)

Rad je pohranjen na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, Rooseveltov trg 6.

Ključne riječi: morske špilje i jame / dubokomorski organizmi / *Opsacas minuta* / Iški Mrtovnjak /

Voditelj: Doc. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli

Ocjenitelji: Doc. dr. sc. Tatjana Bakran-Petricioli
Prof. dr. sc. Višnja Besendorfer
Doc. dr. sc. Zoran Tadić

Rad prihvaćen: 12. studenog 2008.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Graduation Thesis

Faculty of Science
Division of Biology

Ecological Characteristics of Marine Pit near the Island of Iški Mrtovnjak, Central Adriatic

Barbara Išek

Division of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb,
Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia

Due to the geomorphologic characteristics of the Eastern Adriatic coast and the Holocene sea transgression, there are numerous submarine pits, caves, half-caves and passages in Croatia. The research of the marine pit near the Island of Iški Mrtovnjak covered a period of three years. The pit is bottle shaped, ca. 20 meters long, with the entrance 7.3 meters below the sea level. The interior is covered with fine sediment due to low hydrodynamism. Cold water is trapped inside the pit, and the temperature conditions are very stable throughout the year. Mixing of water is possible only during the cold part of the year, when temperatures of the sea inside and outside the pit become equal. There is practically no light penetration into the pit. Therefore, the ecological conditions inside are suitable for the development of deep-sea Hexactinellid sponge *Oopsacas minuta*. The living community there is biocenosis of dark caves in which 13 species of organisms were found. The short entrance section of the pit, with a little light getting through, is inhabited by a community of semi-dark caves, which, is not fully developed due to very small space. Outside the pit there is a community of infralittoral algae in which 73 species from 19 taxonomic groups were identified.

(49 pages, 29 figures, 3 tables, 53 references, original in Croatian)

Thesis deposited at the Division of Biology, Faculty of Science, University of Zagreb,
Rooseveltov trg 6, Zagreb, Croatia.

Keywords: marine caves and pits / deep-sea organisms / *Oopsacas minuta* / Iški Mrtovnjak

Supervisor: Tatjana Bakran-Petricioli, Ph.D., Assistant Professor

Reviewers: Tatjana Bakran-Petricioli, Ph.D., Assistant Professor
Zoran Tadić, Ph.D., Assistant Professor
Višnja Besendorfer, Ph.D., Associate Professor

Thesis accepted: 12th of November 2008.

1. UVOD

1.1 Razvitak jadranske obale	1
1.2 Bentoske zajednice Jadranskog mora	1
1.3 Nastanak morskih špilja	3
1.4 Istraživanja morskih špilja	4
1.5 Živi svijet u morskim špiljama	6

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA 9

3. MATERIJALI I METODE

3.1 Sakupljanje i određivanje uzoraka	10
3.2 Mjerenje intenziteta svjetlosti	13
3.3 Mjerenje temperature	15

4. ISTRAŽIVANO PODRUČJE 17

5. REZULTATI

5.1 Mjerenje temperature	20
5.2 Mjerenje intenziteta svjetlosti	22
5.3 Životne zajednice unutar i oko jame na Iškom Mrtovnjaku	27
5.4 Utvrđene vrste	27

6. RASPRAVA 39

7. ZAKLJUČAK 43

8. LITERATURA 44

1.1 Razvitak Jadranske obale

Istočna obala Jadranskog mora je *locus typicus* dalmatinskog tipa obale – morem preplavljene obale ispred koje se pružaju s obalom paralelni lanci otoka. Formirana je tijekom kasne pleistocensko-holocenske promjene razine mora (Kearey 1996). Nastanak Jadranskog mora započinje u mezozoiku stvaranjem karbonatne platforme u toplom i plitkom Tethys moru. Platforma je tijekom Alpske orogeneze više puta lomljena i izdizana (Vlahović i sur. 2002, 2005). Formirani karbonatni kompleksi intenzivno su okršavani i više puta djelomično preplavljivani tijekom promjena morske razine u kvartaru. Kasno pleistocensko-holocenske promijene morske razine preplavljivale su prostrane dijelove krških područja i formirale recentnu obalu. Znanstvenici smatraju da se tijekom tog perioda morska razina izdigla za ukupno 121 ± 5 m (Fairbanks 1989). Zajedno s drugim prisutnim potopljenim krškim oblicima poput škrapa, potopljenih krških izvora i riječnih kanjona, duž istočne obale Jadranskog mora otkriveno je više od 230 špilja (Surić i sur. 2005).

1.2 BENTOSKE ZAJEDNICE JADRANSKOG MORA

Raznolikost staništa istočnog dijela Jadrana vrlo je velika zbog geomorfoloških značajki obale. Raznolikosti pridonosi i pružanje Jadrana u smjeru sjeverozapad- sjeveroistok, što utječe na klimatološke razlike, a i na glavni smjer morskih struja. Najveći dio dna Jadrana litoralno je područje - plitko more do 200 m dubine, uz tek rijetka područja srednjeg i južnog Jadrana sa batijalnim dubinama. Litoralno područje u Sredozemlju, pa tako i u Jadranu dijeli se na četiri bentoske stepenice (Pérès i Gamulin-Brida 1973; Bellan-Santini i sur. 1994; 2002), koje se nastavljaju jedna na drugu. To su: supralitoral - zona prskanja valova, mediolitoral - zona plime i oseke, infralitoral - zona fotofilnih algi na kamenitom, odnosno morskih cvjetnica na sedimentnom dnu, te cirkalitoral - zona koja obuhvaća dno od donje granice rasprostiranja fotofilnih algi i morskih cvjetnica do donje granice rasprostiranja scijafilnih algi (Bakran-Petricioli 2007).

Supralitoral obilježavaju ekstremni ekološki uvjeti: dugotrajni nedostatak vlage, velika kolebanja temperature i saliniteta te jak utjecaj valova. U njemu živi vrlo mali broj organizama koji podnose dugotrajno isušivanje.

Mediolitoralnu stepenicu karakteriziraju naselja koja podnose i traže dulji boravak pod morem, ali podnose i povremen boravak na suhom. Vrlo malo mediolitoralnih organizama možemo nazvati isključivo mediolitoralnima; obično su to organizmi koji za vrijeme plime borave u mediolitoralnu, dok se za vrijeme oseke spuštaju u infralitoral. Ekološki uvjeti slični su onima u supralitoralnu. Velike razlike u temperaturi, salinitetu, te jak utjecaj valova.

Infralitoralna stepenica - područje optimalnih uvjeta za većinu autotrofnih organizama – okarakterizirana je bujnom vegetacijom. Tu su najbolje razvijene livade morskih algi i cvjetnica. Životinjski svijet je također vrlo bogat, ali na ovoj stepenici biljna biomasa obično prevladava nad životinjskom (Pérès i Gamulin-Brida 1973). Zbog stalnijih ekoloških uvjeta pogodnih za fotosintezu, infralitoralna je stepenica najproduktivnija. Trajno je prekrivena morem, utjecaj valova nije toliko izražen, kolebanja u salinitetu i temperaturi nisu toliko ekstremna. Primarni proizvođači su morske alge na čvrstoj, odnosno morske cvjetnice na sedimentnoj podlozi. One trebaju veće količine Sunčeve svjetlosti za fotosintezu. U tim zajednicama razmnožavaju se, hrane i nalaze zaklon mnogi bentoski, ali i juvenilni stadiji pelagijskih organizama. Gornju granicu infralitorala označava razina normalnih oseka, dok se donja podudara s donjom granicom livada morskih cvjetnica (Pérès i Picard 1964). Zbog velike prozirnosti Jadranskog mora, infralitoralna stepenica seže i do 45 metara dubine. Kamenito dno s manjim prekidima obrubljuje čitavu istočnu obalu Jadrana i otoke, a samo se ponekad pojavljuje uz zapadnu obalu. Na pogodnim mjestima kamenitih dna najčešće se razvija biocenoza infralitoralnih algi. Nju tvore naselja najčešće smeđih algi, a uz njih često se pojavljuju spužve promjenjiva sumporača i smeđa spužva *Chondrilla nucula* (Bakran-Petricioli 2007).

Cirkalitoralna stepenica ima još uvijek dovoljno svjetlosti za fotosintezu, ali samo za scijafilne alge koje mogu fotosintetizirati pri slabijem svjetlu (Bakran-Petricioli 2007). Gornje tri stepenice zajedno sačinjavaju uski pojas u usporedbi s cirkalitoralom, koji se većinom proteže preko 100 km od obale prema otvorenom moru. Budući da je Jadran plitko more, njegovo dno najvećim dijelom završava na području cirkalitoralne stepenice i to čitav sjeverni Jadran, srednji Jadran osim najdubljeg dijela Jabučke kotline te južni Jadran, osim duboke Južnojadranske kotline. Bitna karakteristika cirkalitorala je znatno slabljenje svjetlosti i gibanja vode, te sve manje amplitude saliniteta i temperature idući od plićega ka dubljem dijelu. Gornja granica cirkalitorala (prosječno 35 m) poklapa se s

donjom granicom morskih cvjetnica, a donja granica (prosječno 200 m) s posljednjim višestaničnim algama, izričito scijafilnim, koje još uspijevaju u ovom ambijentu smanjenog osvjetljenja. Na području cirkalitorala animalna masa prevladava nad biljnom, i to sve više kako raste dubina.

Batijal je područje na dubini između 200 i 2000 metara dubine. Budući da Sunčeva svjetlost ne prodire do ovih dubina, u batijalu nije moguća primarna produkcija, pa je ova zona naseljena znatno rjeđe nego litoralno područje (Castro i Huber 2005)

Vapnenačka podloga hrvatske obale i podmorja rezultirala je i pojavom mnogih posebnih staništa. Staništa poput vrulja, krških estuarija, potopljenih izvora, morskih jezera, morskih špilja i jama, anihilinih morskih špilja i jama i hladnomorskih morskih špilja i jama s batijanim elementima specifična su za Hrvatsku.

1.3 Nastanak morskih špilja

Kako bi se bolje shvatio nastanak i evolucija morskih špilja, potrebno je uzeti u obzir utjecaj promjene morske razine u vremenu. Poznato je da su se tijekom geološke prošlosti izmjenjivala hladnija (glacijali) i toplija razdoblja (interglacijali). Svako toplo razdoblje karakterizira porast razine mora, i obrnuto, svako hladno razdoblje karakterizira sniženje razine. U prosijeku, u zadnjih pola milijuna godina, jedan takav klimatski ciklus trajao je otprilike 100 000 godina. U razdobljima nakon glacijala razina vode dizala se i po desetak metara po stoljeću, ali tijekom hladnih i toplih maksimuma stagnacija vode bila je znatna (8 000 do 10 000 godina). Tijekom pleistocena postojalo je više glacijalnih maksimuma. Nakon Riss-Würm interglacijala, u razdoblju od 120 000 do 30 000 godina prije danas razina morske vode oscilirala je 20 do 60 metara ispod današnje razine te je tijekom tog razdoblja okršavanje bilo veoma snažno. Pretpostavlja se da su upravo u razdoblju Würm-a nastale špilje, koje su danas većinom preplavljene morem. Nakon zadnjeg glacijalnog maksimuma prije 20 000 do 25 000 godina, kada je razina morske vode bila 120 metara ispod današnje (Fairbanks 1989), slijedi porast.

More je počelo nadirati i potapati Jadran prije 18 000 godina (Alley i sur. 1997), a stanje slično današnjem nastalo je prije otprilike 6 000 godina. Zbog relativno malog unosa terigenog materijala, nakon uspostavljanja današnjih hidrografskih i sedimentacijskih uvjeta, krško kamenito dno ostalo je izloženo te ono dominira na istočnoj obali Jadrana (Juračić i sur. 1999).

1.4 Istraživanja morskih špilja

Speleoronjenje, špiljsko ronjenje, jamsko ronjenje (slovenski) ili ronjenje u potopljenim speleološkim objektima (engleski Cave diving) nazivi su koji se koriste za aktivnost ronjenja u speleološkim objektima ispunjenima vodom. Generalno ga, ovisno o mjestu gdje se obavlja ronjenje, možemo podijeliti u dvije kategorije (Ćukušić 2005):

- Ronjenje u morem preplavljenim speleološkim objektima

Ova vrsta ronjenja odvija se uglavnom u vodenom ambijentu ispunjenom morem, premda ima dosta iznimki s boćatom ili čak povremeno i slatkom vodom u aktivnim vruljama. Poznati morski objekti su uglavnom manjih dimenzija te relativno male duljine, što ponekad znači da su i jednostavniji za ronjenje. Nema pravila što se tiče vidljivosti jer ona ovisi o geomorfologiji objekata, sedimentu na dnu i zidovima objekta te strujanju vode.

- Ronjenje u kopnenim speleološkim objektima

Ova vrsta ronjenja odvija se uglavnom u vodenom ambijentu ispunjenom slatkom vodom, mada i ovdje ima iznimki s boćatom vodom (u Hrvatskoj npr. nekoliko objekata na otoku Hvaru, Mamutova špilja u Crikvenici). Uglavnom, možemo reći da su ovi objekti opasniji za ronjenje od morskih jer su komplicirani, s više kanala koji imaju ili jak protok (izvori, ponori) ili veliku količinu sedimenta na dnu i zidovima objekta zbog slabog protoka vode. U slučaju slabije plovnosti ronioca podizanje sedimenta s podloge izaziva veliku zamućenost.



Slika 1.- Speleoronioc u špilji

U Hrvatskoj speleoronjenje ima relativno dugu povijest. Oduvijek su mračni otvori u moru privlačili ronioce isto kao što su vodene prepreke u špiljama budile znatiželju speleologa – istraživača. Još 60-ih godina prošlog stoljeća poduzete su ekspedicije podmorskih biologa s ciljem istraživanja morem preplavljenih špilja, a s razvitkom moderne ronilačke opreme u speleološkim društvima speleolozi su počeli istraživati sifone, najčešće vezano uz hidrogeološka istraživanja (Ćukušić 2005).

Prva istraživanja u podmorskim špiljama bila su taksonomska, jer su ona ujedno i preduvjet za bilo kakva ekološka istraživanja. Od početaka do danas gotovo u svim istraženim špiljama otkrivene su nove vrste organizama, ponekad nove za regiju, a ponekad za cijeli svijet. To su najčešće spužve (Vacelet i Boury-Esnault 1996), rakovi (Fransen 1991, Arko-Pijevac i sur. 2001) ili drugi životinjski organizmi. Iako su dinarski

krš i morfološka evolucija Jadrana, zbog svoje jedinstvenosti i osobitosti, relativno dobro istraženi, podaci o morfologiji i morfološkoj evoluciji morskih špilja u Hrvatskoj za sada su još uvijek nedostatni (Arko-Pijevac i sur. 2001).

Zbog krških obilježja hrvatske obale, morske špilje su brojne i pronađene na svim čvrstim dnima. Zasad je poznato više od 230 morskih špilja i jama, a sigurno ih ima još neotkrivenih. Glavno obilježje morskih špilja i jama jest naglo smanjenje količine svjetlosti od ulaza prema kraju špilje, odnosno jame. Svjetlost u špiljama djeluje kao ograničavajući faktor za razvitak autotrofnih organizama, koji se redovito pojavljuju samo na ulazu i oko ulaza u špilje. Zbog nemogućnosti opstanka autotrofa u špiljama, kao i slabije cirkulacije vode, u njima je značajno smanjena i količina hrane. S povećavanjem dubine i odmicanjem od ulaza, životni uvjeti u špiljama postaju sve stabilniji i stalniji. Smanjuju se fluktuacije temperature, svjetlosti i saliniteta, te hidrodinamizam.

Razlika između morske špilje i morske jame jest u tome da se špilja pruža horizontalno, dok se jama pruža okomito u odnosu na površinu mora.

1.5 Živi svijet u morskim špiljama

Na samom ulazu u morske špilje ima još dovoljno svjetlosti za život scijafilnih algi. One ne prodiru duboko u unutrašnjost špilje. Vrste koje tu obitavaju su scijafilni predstavnici nekih kloroficeja i rodoficeja (Bianchi i sur. 1996).

Od makrofaune najznačajnije skupine su spužve, mahovnjaci, koralji, mekušci, člankonošci, mnogočetinaši i ribe, što ne znači da organizama iz ostalih skupina nema. Od ulaza špilje prema unutrašnjosti sesilna fauna zamjenjuje alge i u unutrašnjosti nalazimo isključivo životinjske organizme (Harmelin i sur. 1985). Često se u špiljama nalaze i vrste riba koje nisu karakteristične za ova staništa, već ovdje nalaze zaklon (Balduzzi i sur. 1980).

Prema klasičnoj ekološkoj podjeli (Laborel i Vacelet 1958; Pérès i Picard 1964; Pérès 1967) mediteranske morske špilje potpuno ispunjene morem naseljene su dvjema biocenoza:

- biocenoza polutamnih špilja (BPŠ)
- biocenoza potpuno tamnih špilja i prolaza (BTŠ)

Biocenoza polutamnih špilja nalazi se na ulazu u procijepe, usjekline, prolaze i špilje te također u zasjenjenom području ispod izbočina koje topografski gledajući nisu morske špilje. Nekad se BPŠ pripisivala koraligenskoj biocenozi, ali je kasnije zbog svoje originalnosti od nje razdvojena (Laborel 1960). Značajna razlika je u tome što se, za razliku od koraligena, biocenoza polutamnih špilja sastoji isključivo od životinjskih vrsta, što podrazumijeva da područja s algama na samom ulazu ne čine biocenozu špilje. Biocenozu polutamnih špilja karakteriziraju spužve i žarnjaci iz razreda Anthozoa.

Biocenoza potpuno tamnih špilja i prolaza karakteristična je za unutarnje dijelove špilja koji slijepo završavaju. Sesilnu faunu čine spužve, kameni koralji, mahovnjaci i sesilni mnogočetinaši. Zbog nedostatka svjetla, nemogućnosti primarne produkcije, minimalnog donosa organske tvari, slabe opskrbe hranom i niskog stupnja energije vode tamne špilje mogu se smatrati produženjem duboke afotičke zone u litoral. One predstavljaju, zbog toga jer se nalaze na malim dubinama, jedinstvenu priliku za *in situ* eksperimente i istraživanje oligotrofnih bentoskih zajednica.

Tamne špilje, zbog svih do sada navedenih značajki, djeluju kao visoko selektivna staništa iz kojih je većina vrsta isključena. Zbog duljeg zadržavanja vode to je posebno značajno za špilje koje završavaju slijepo (Hamelin 1969), koje su po stupnju oligotrofije slične batijalnoj zoni (Fichez 1990, 1991). Ipak, zbog razlika u tlaku, temperaturi, veličini staništa, kao i zbog ograničene mogućnosti rasprostiranja dubokomorskih organizama, u špiljama ne možemo pronaći sve predstavnike dubokomorske faune (Vacelet i sur. 1994).

Danas je poznato više špilja u Mediteranu koje zbog svoje nespecifično niske temperature i visoke stabilnosti pružaju stanište za prave batijalne i bato-abisalne organizme kao što je npr. spužva iz razreda Hexactinellida, *Opsacas minuta* (Vacelet i sur. 1994). *Opsacas minuta* prvi put nađena je 1894., te je na temelju dva sićušna primjerka sakupljena iz dubokih voda u Gibraltarskom tjesnacu opisana kao nova vrsta (Topsent 1927, 1928). Stoljeće kasnije ponovno je otkrivena na dvadesetak metara dubine u špilji Trois Pepes u Francuskoj (Vacelet i sur. 1994).

- Popisati vrste i odrediti životne zajednice unutar jame uz otočić Iški Mrtovnjak
- Popisati vrste i odrediti životne zajednice oko jame
- Usporediti životne zajednice u jami i izvan nje s obzirom na abiotičke čimbenike: svjetlost i temperaturu

3.1 Sakupljanje i određivanje uzoraka

Biološko istraživanje špilje vršeno je, u različitim mjesecima, između 2005. i 2008. godine, višekratnim speleoronjenjima pomoću autonomnih ronilačkih aparata.

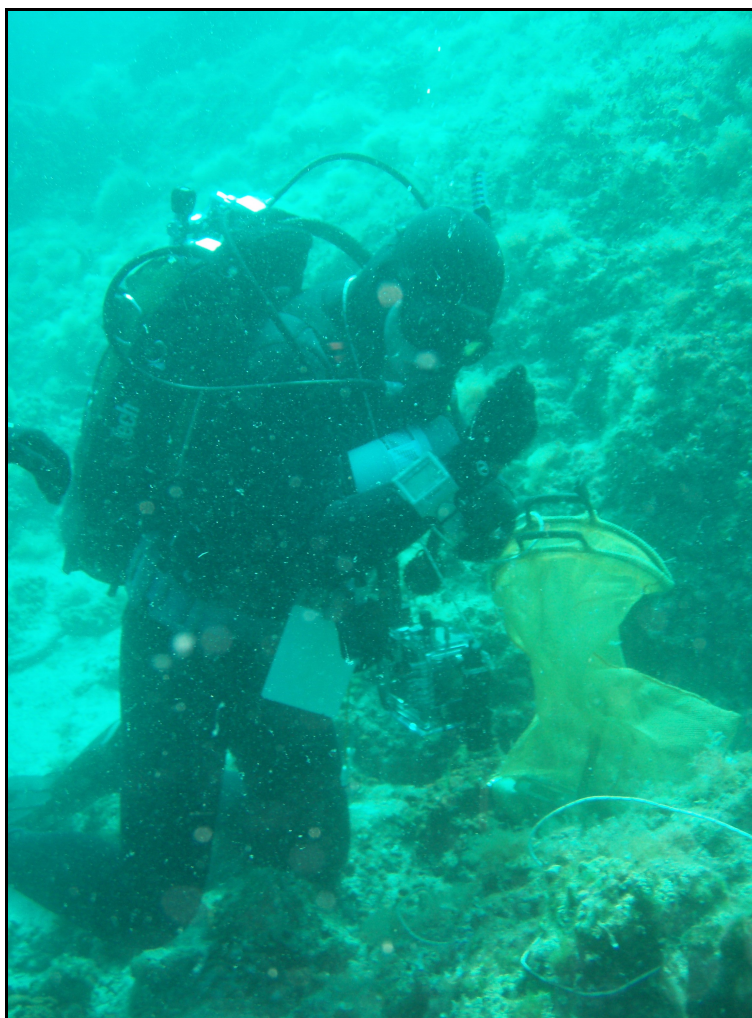
Prije urona trebalo je napraviti plan ronjenja, pažljivu pripremu opreme, a i nas samih. Obavezna je upotreba Arijadnine niti, ronilačkog kompjutera, sata i dubinomjera, ronilačkog noža, pločice za pisanje zbog mogućih problema u komunikaciji, kao i rezervnog sistema za dovod zraka, tj. dva odvojena regulatora na dva odvojena ventila. Korištena su deblja odjela (7 mm) zbog niske temperature vode u špilji. Izvor svjetla je bila jaka baterijska lampa u koju su stavljeni novi baterijski ulošci, u našem slučaju Subatec S180, te Cressi sub.



Slika 2. - Postavljanje Arijadnine niti prije urona u jamu

Na ulazu u objekt čvrsto smo fiksirali Arijadninu nit na mjestu gdje možemo slobodno izroniti. Učvršćivanje je vrlo bitno kako je ne bismo slučajno otkvačili povlačenjem iz objekta. U jami je nužno imati dobru balansiranost zbog opasnosti od podizanja sedimenta s dna i zamućivanja vode. Količina zraka u ronilačkim spremnicima bila je 4140 litara. Pravilno se prilikom ronjenja u morskim špiljama upotrebljava trećina zraka (jedna trećina za napredovanje, jedna za povratak i jedna trećina ostaje u bocama za rezervu i ne koristi se).

U našim speleoronjenjima korišteni su još i fotoaparati, te mrežice za sakupljanje uzoraka u jami.



Slika 3. - Ronioc i oprema prije urona u jamu

One vrste organizama koje je bilo moguće odrediti *in situ* zapisivane su na plastične ronilačke pločice pomoću grafitne olovke. Ostale vrste sakupljane su u mrežice, plastične vrećice ili posude tako da su nožem bile sastrugane ili odrezane od podloge ili su ručno prikupljane iz staništa. Veći organizmi, kao npr. masivne spužve, nisu uzimani cijeli, već samo pojedini komadi dostatni za određivanje u laboratoriju. Sakupljeni uzorci na kopnu su prebacivani u zasebne posude i pritom su neki determinirani i konzervirani, a ostali konzervirani i preneseni u Laboratorij za biologiju mora na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na točnu determinaciju vrsta. Uzorci su konzervirani u 96 %-tnoj otopini etilnog alkohola, te je uz njih u plastične posude stavljeni paus-papir s podacima o mjestu, datumu i dubini sakupljanja, te mogućem rodu ili porodici. Oko rubova plastičnih posuda navučen je parafilm kako bi se spriječilo prolijevanje i isparavanje etilnog alkohola. Nakon determinacije svih organizama uzorci su ponovo spremljeni u posude s konzervansom i etiketama na kojima su navedeni podaci o točnom imenu vrste prema European Register of Marine Species (Costello i sur., 2001), mjestu, datumu i dubini sakupljanja, sakupljaču i određivaču te broju određenog uzorka i broju pripadajućeg trajnog mikroskopskog preparata, ako je napravljen. Većina uzoraka sačuvana je u Laboratoriju za biologiju mora na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Za determinaciju vrsta korišteni su sljedeći standardni "ključeve za određivanje" i znanstveno-stručni radovi: Bergbauer i Humberg (1999); Bibiloni (1981); Boury-Esnault (1987); Griessinger (1971); Hooper i Van Soest (2002); Jardas (1996); Pansini (1987); Parenzan (1970, 1974, 1976); Poppe i Goto (1991, 1993); Pulitzer-Finali (1983); Pulitzer-Finali i Pronzato (1977); Riedl (1983); Rützler (1965); Türk (2007); Vacelet (1959); Zavodnik i Šimunović (1997).

Uzorci su pregledavani prostim okom, lupom i/ili binokularnim mikroskopom sa skalom za mjerenje. Kod koralja i mahovnjaka korišten je vodikov-peroksid (H_2O_2 konc. 6%) ili natrijev-hipoklorit ($NaOCl$ konc. oko 6%) za razgradnju organskog dijela kako bi kasnije bili jasno vidljivi dijelovi neophodni za točnu determinaciju vrste. Postupak se izvodi tako da se u staklenu čašu stavi jedna ili druga otopina i uzorak te ostavi stajati nekoliko sati, odnosno do vidljive razgradnje organskog dijela.

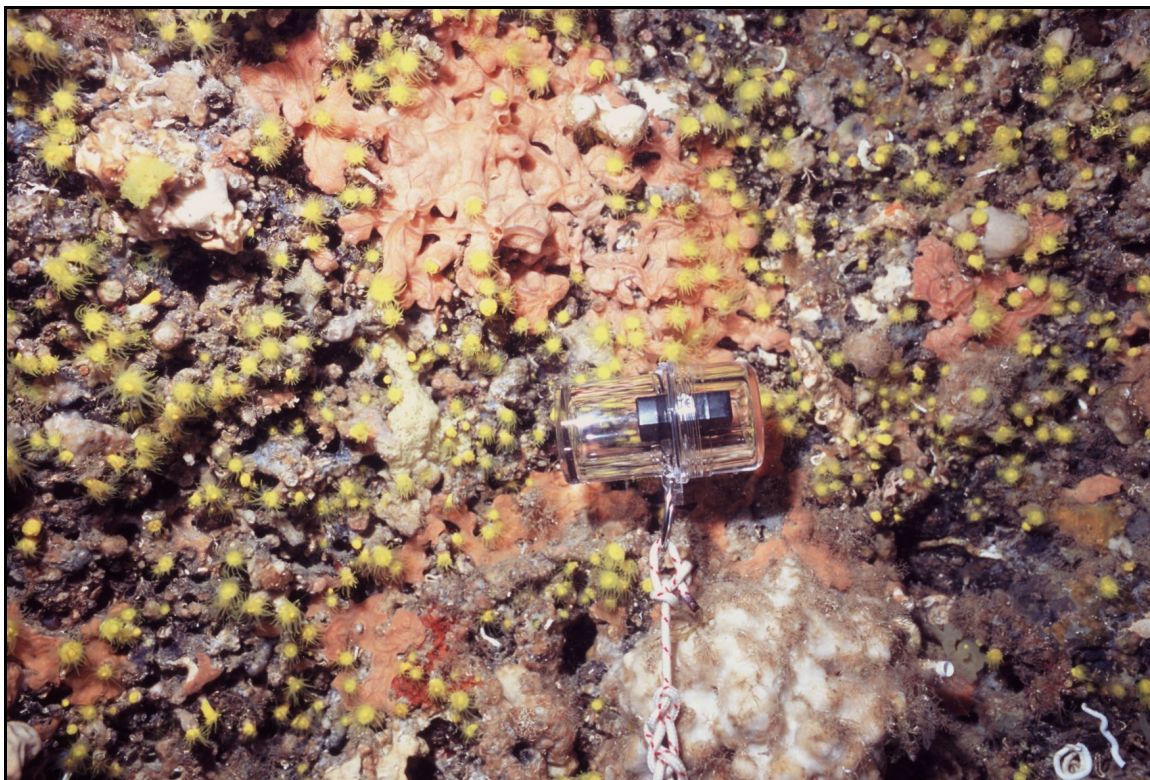
Tehnika podvodnog fotografiranja, zahvaljujući svoj današnjoj jednostavnosti i velikoj učinkovitosti, postala je u novije doba nezaobilazna metoda u istraživanju bentoskih životnih zajednica (Pansini i Pronzato, 1982). Njezina primjena je široka, ali je ona posebno je korisna u dokumentaciji trenutnog općeg stanja neke zajednice, u dokumentaciji prave boje, položaja, rasta, interspecifičnog odnosa itd. kasnije uzetog uzorka te u proučavanju razvoja neke populacije. Iako je ponekad veoma teško iz podvodne fotografije prepoznavati određene vrste ona ipak može poslužiti kao pomoć i dobra podloga za kvalitativno i kvantitativno istraživanje bentoskih zajednica.

U istraživanju špilje pomoću ove metode korištena su dva podvodna fotoaparata: Nikonos V sa vanjskom bljeskalicom, digitalni Canon Power shot sa podvodnim kućištem, Olympus μ 730 SW sa podvodnim kućištem i Olympus SP-550 UZ s podvodnim kućištem. Fotografirani su reprezentativni uzorci, kao i nepoznate vrste i oblici, tijekom obavljenih speleoronjenja uz pomoć kolega ronioca. Fotografije su prebačene u računalo i kasnije fotografije pažljivo analizirane i obrađivane u računalnom programu Adobe Photoshop CS2[®] te su iz njih dobiveni važni podaci koji su kasnije korišteni u dopunjavanju popisa vrsta.

3.2 Mjerenje intenziteta svjetlosti

Intenzitet svjetlosti mjeren je kroz mjesec dana uređajima za mjerenje svjetlosti (Onset Computers[®]) koji su bili postavljeni na tri pozicije. Prvi uređaj postavljen je na kopnu, dok su druga dva postavljena unutar špilje, kako je prikazano u tablici 1. Intenzitet svjetlosti bilježen je i memoriran u uređajima svakih deset minuta u razdoblju od 14. 02. 2008. u 00:00 sati do 13. 03. 2008. u 10:50 sati.

U laboratoriju su podaci iz uređaja preneseni u računalo pomoću programa BoxCar Pro 4.0[®]. Grafički prikazi izrađeni su pomoću programa u Microsoft[®] Excel 2003.



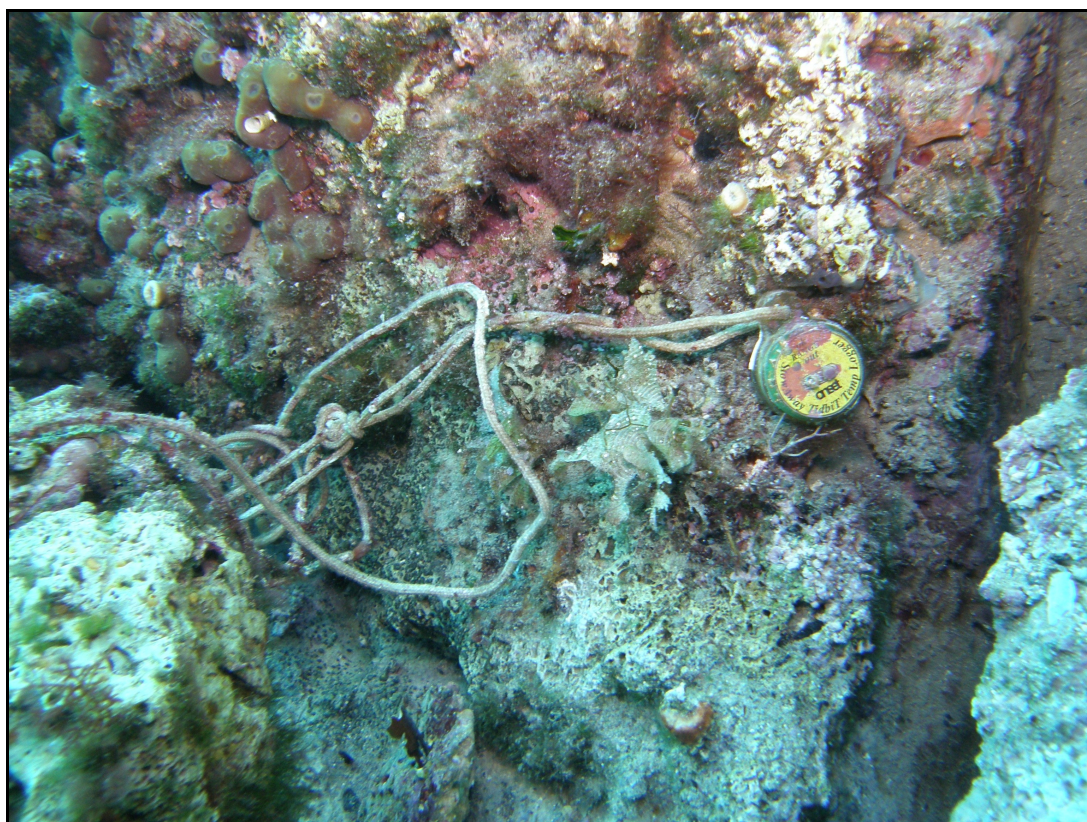
Slika 4. - Uređaj za mjerenje svjetlosti Onset computers® postavljen u biocenozi polutamnih špilja

Tablica 1. - Dubine i mjesta postavljanja uređaja za mjerenje svjetlosti

Uređaj	Dubina (m)	Položaj
S1	0	na obali iznad ulaza u jamu
S2	7,3	izvan jame, kod ulaza
S3	19,4	na vrhu sedimentnog brežuljka u dnu špilje

3.3 Mjerenje temperature

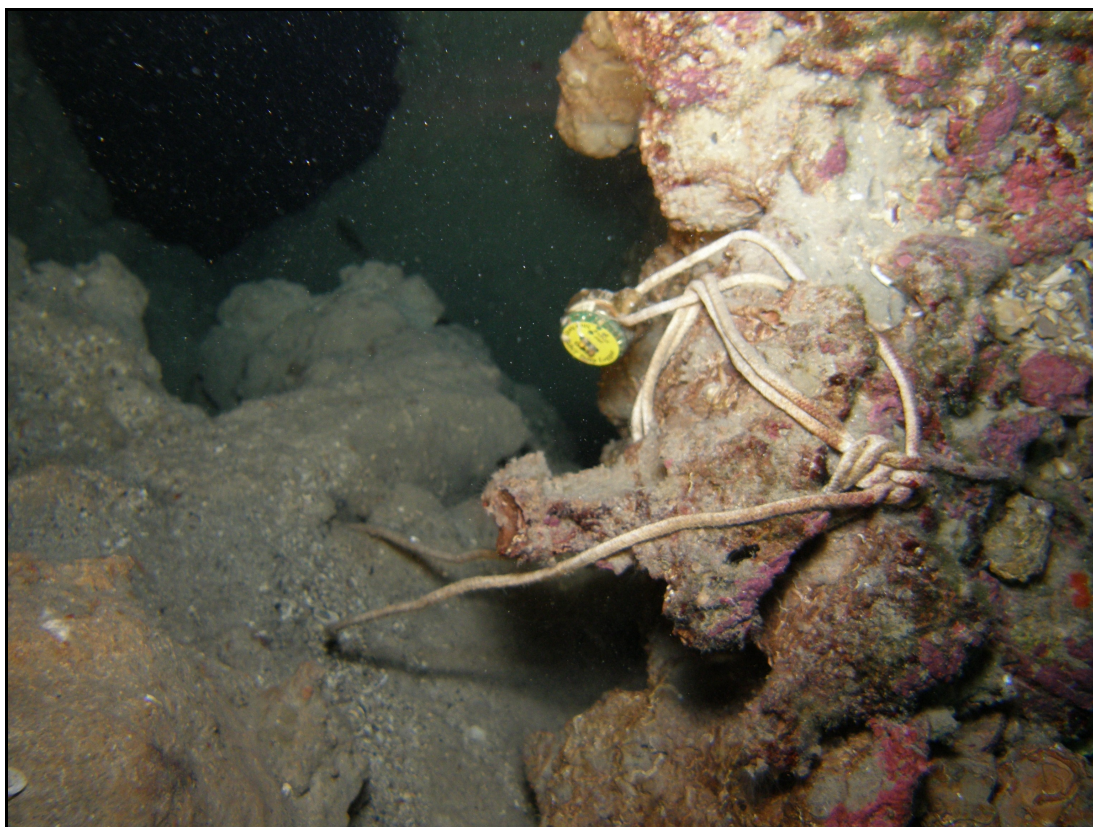
Temperatura je mjerena s tri uređaja za mjerenje temperature Onset Computers® („data-logger“) koji su prethodno računalom programirani da mjere temperaturu svakih dvadeset četiri minute. Postavljeni su 22. 09. 2005. godine u 17.30, a mjerili su temperaturu do 13. 03. 2007. godine. Uređaji su se nalazili na izabranim pozicijama i dubinama unutar i izvan špilje, kako je prikazano u tablici 2. Podaci iz uređaja preneseni su u računalo pomoću programa BoxCar Pro 4.0®, a grafički prikazi izrađeni u programu Microsoft® Excel 2003.



Slika 5. - Uređaj za mjerenje temperature (data logger) Onset computers® ispred ulaza u jamu na Iškom Mrtovnjaku, na 7,3 m dubine

Tablica 2. - Dubine i mjesta postavljanja uređaja za mjerenje temperature

Uređaj	Dubina (m)	Položaj
T1	7,3	izvan špilje, kod ulaza
T2	10,5	ulaz u špilju, među crvenim algama
T3	14,5	među sigama, kod mjesta gdje žive spužve <i>Opsacas minuta</i>



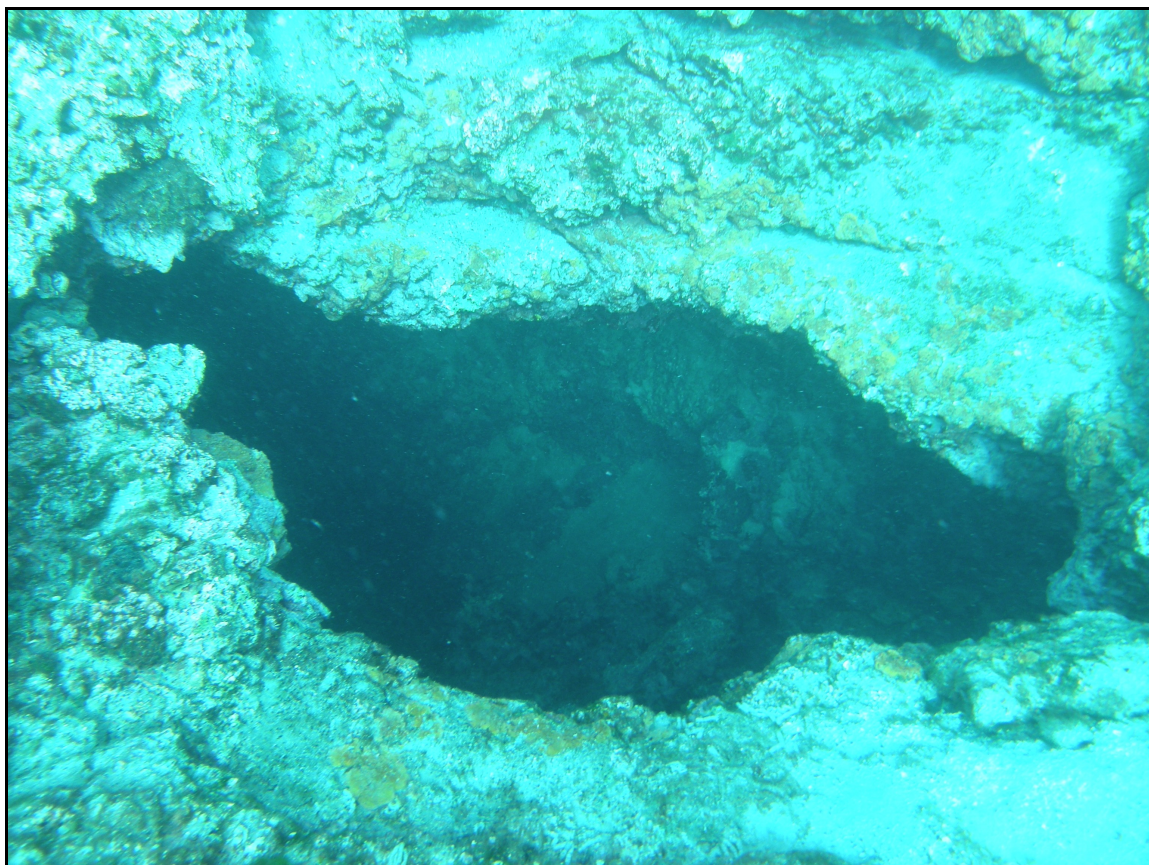
Slika 6. - Uređaj za mjerenje temperature (data logger) Onset computers® u jami na Iškom Mrtovnjaku, na 10,5 m dubine

Iški Mrtovnjak jedan je od deset otočića koji se nalaze oko otoka Iža u zadarskom arhipelagu. Smjestio se sa njegove istočne strane, u Srednjem kanalu (slika 7). Otočić je nenastanjen, površine 800-tinjak m². Geografske koordinate otočića su 44°00' SZŠ i 15°17' IZD (nautička karta zadarskog arhipelaga 2008).



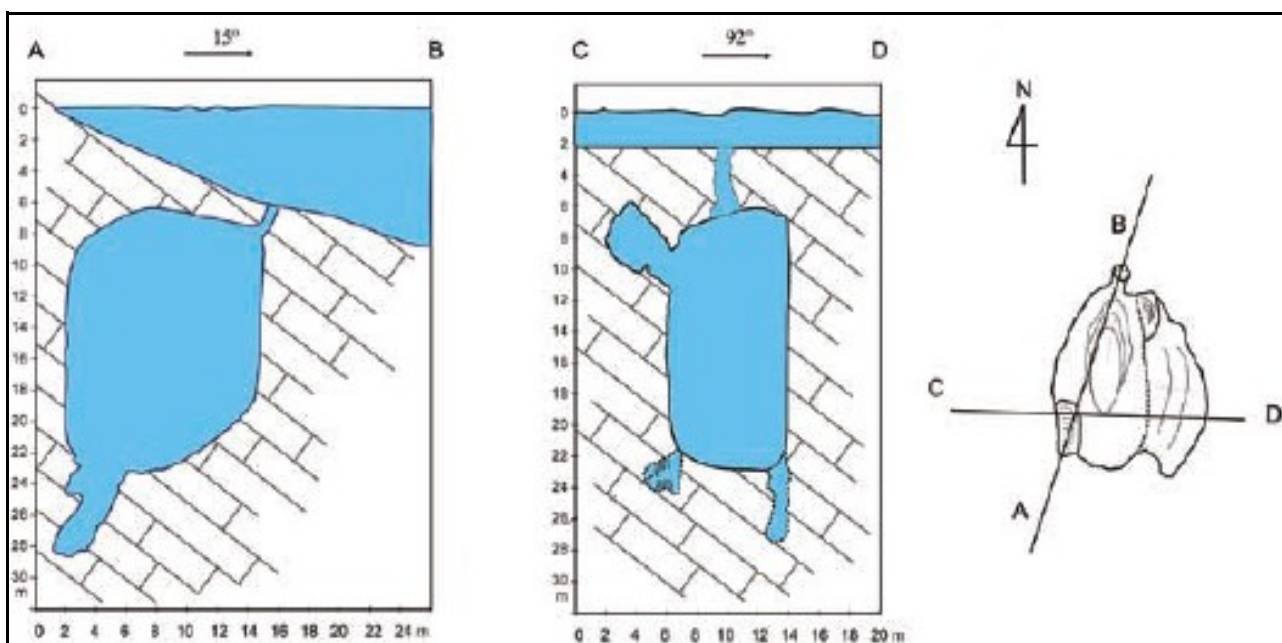
Slika 7. - Položaj otočića Iški Mrtovnjak

Jama kod otočića Iški Mrtovnjak formirana je u gornjekrednom rudističkom vapnencu. Nalazi se na istočnoj strani otoka, izložena je jugoistočnom vjetru s otvorenog mora i s ulazom na dubini od 7 metara ispod morske razine i udaljenošću od otoka 12 m, potpuno je unutar morskog okružja. Istraživanja provedena na stalaktitima i stalagmitima sakupljenim u jami ukazuju na činjenicu da je to kopnena špilja koja je tijekom kasnog pleistocena bivala više puta preplavljivana morem (Surić i sur. 2007). Ulaz u jamu vretenstog je tlocrta, dimenzija približno 1,5 m x 0,7 m (slika 8).



Slika 8. - Ulaz u jamu kod Iškog Mrtovnjaka

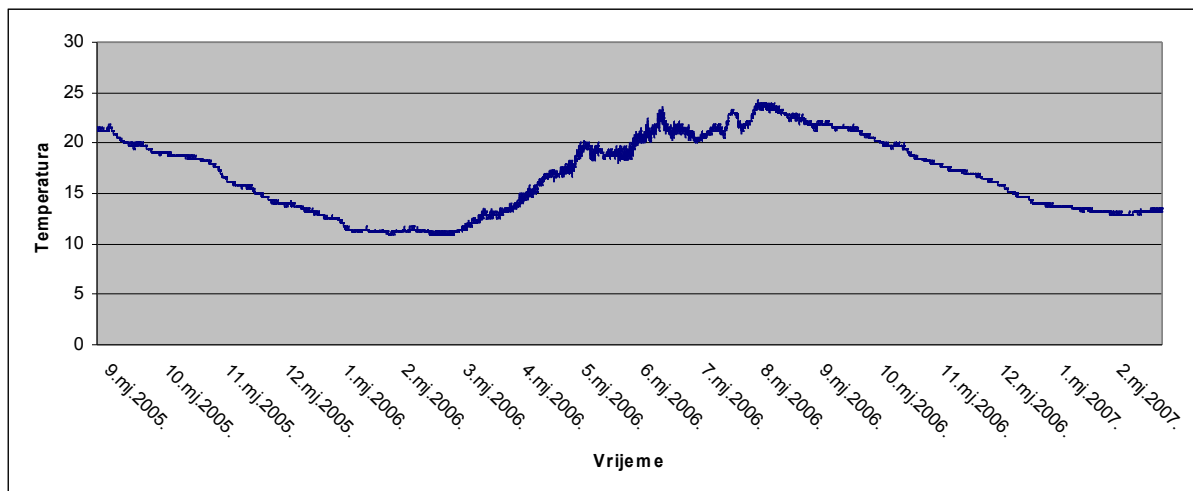
Iza vrlo kratkog horizontalnog ulaznog dijela dužine 2 metra, okomito se otvara prolaz u prostranu dvoranu dimenzija 17m x 12m x 7m (slika 9). Postoje još tri manje postrane dvorane na dubinama od 5 m do 10 m, 22 m do 24 m i 22 m do 27 m.



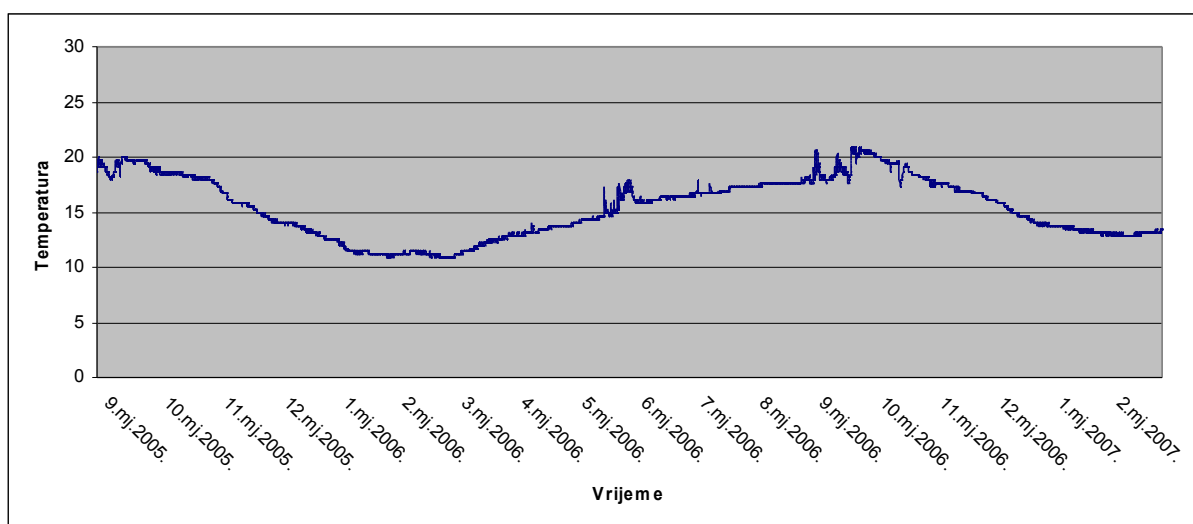
Slika 9. - Presjek jame kod otočića Iški Mrtovnjak

5.1 Mjerenje temperature

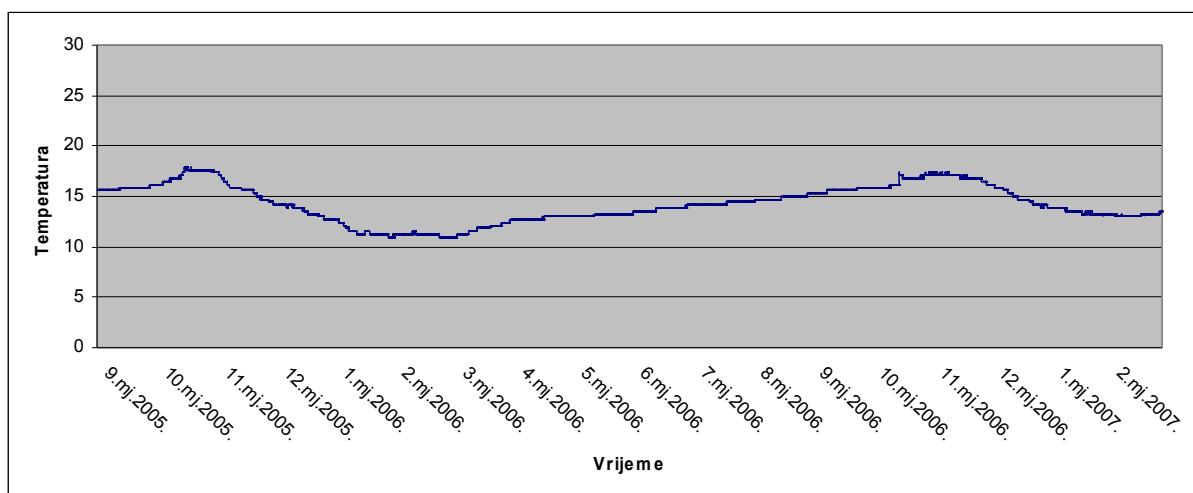
Rezultati mjerenja temperature kroz godinu dana na izabranim pozicijama unutar špilje prikazani su na slikama 10 do 12.



Slika 10. - Profil temperature ispred jame kod Iškog Mrtovnjaka, na 7,3 m dubine

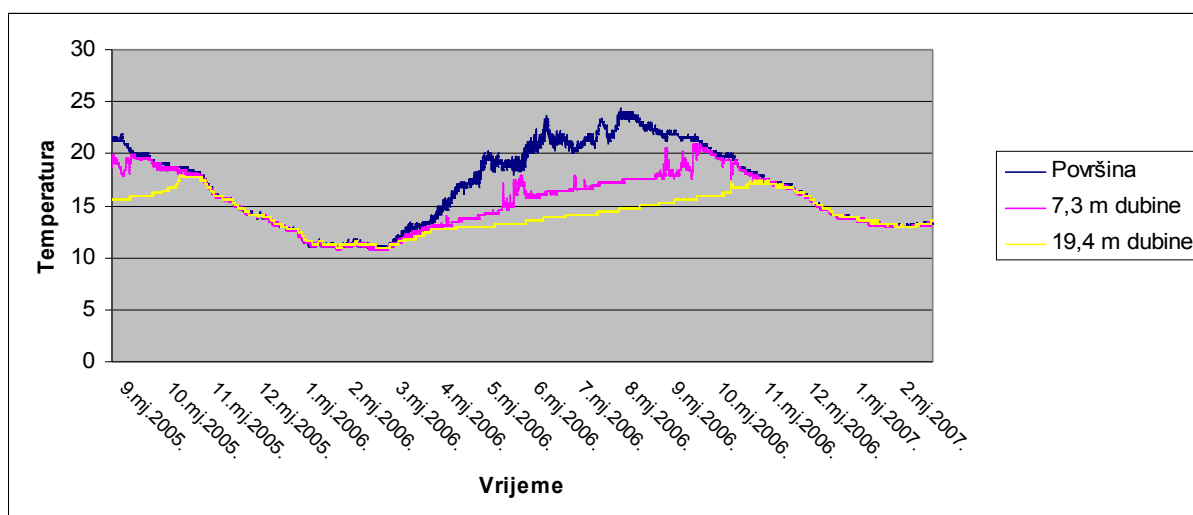


Slika 11. - Profil temperature u ulaznom dijelu jame kod Iškog Mrtovnjaka, na 10,5 m dubine



Slika 12. - Profil temperature unutar jame na Iškem Mrtovnjaku, na 14,5 m dubine

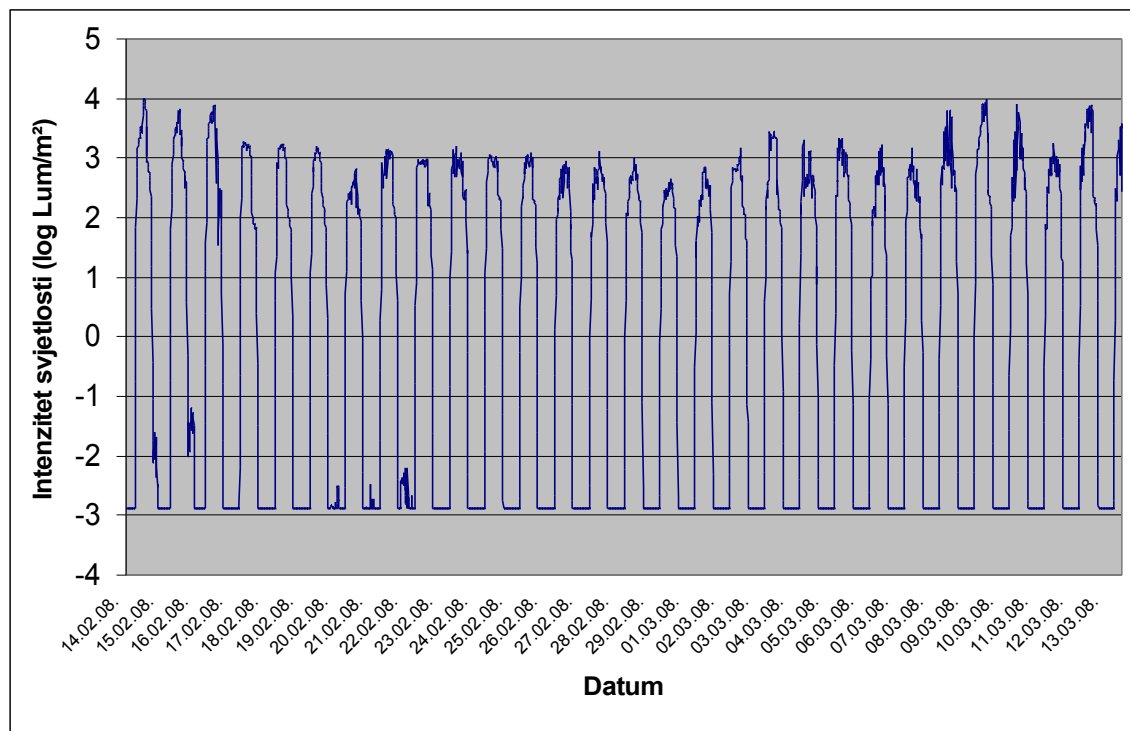
Maksimalna temperatura mora na površini javlja se kolovozu i iznosi gotovo 25°C, a najniža u siječnju i veljači iznosi 11°C. Na 7,3 metra dubine maksimalna temperatura javlja se krajem rujna i iznosi dvadesetak °C, a najniža u siječnju iznosi 11°C. U jami, na 19,4 metra dubine maksimalna temperatura javlja se u studenom i iznosi 17°C, a najniža u siječnju iznosi 11°C. Do izmjene vode može doći samo onda kada su vodeni slojevi iste temperature, a to je u hladnom dijelu godine (slika 13.).



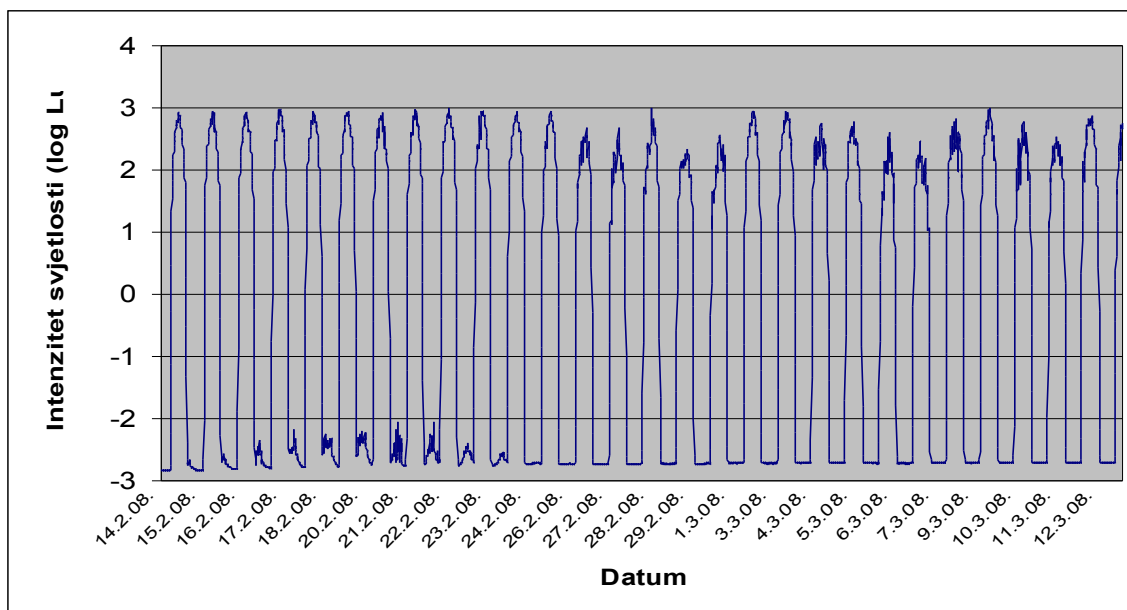
Slika 13. – Presjek temperaturnih profila na površini, na 7,3 metra i 19,4 metra dubine

5.2 Mjerenja intenziteta svjetlosti

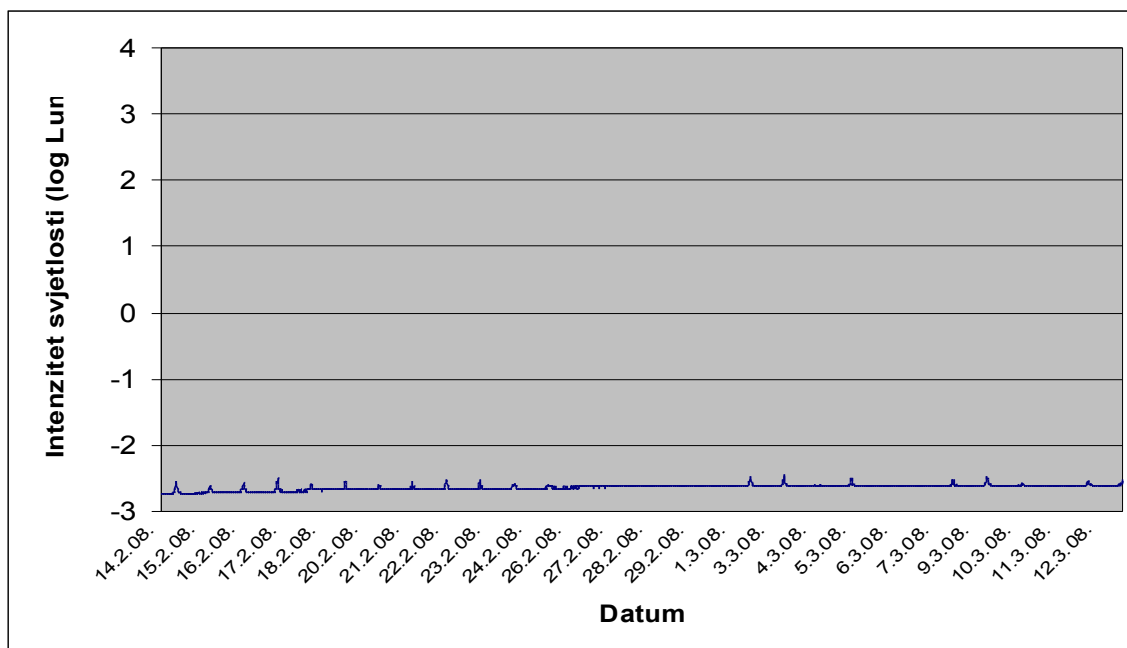
Rezultati mjerenja intenziteta svjetlosti ($\log \text{Lum/m}^2$) na tri izabrane pozicije unutar i izvan jame prikazani su na slikama 14- 16, postoci prolaska površinske svjetlosti na 7,3 i 19,4 m dubine tijekom 2 odabrana dana mjerenja prikazani su na slikama 17 - 18.



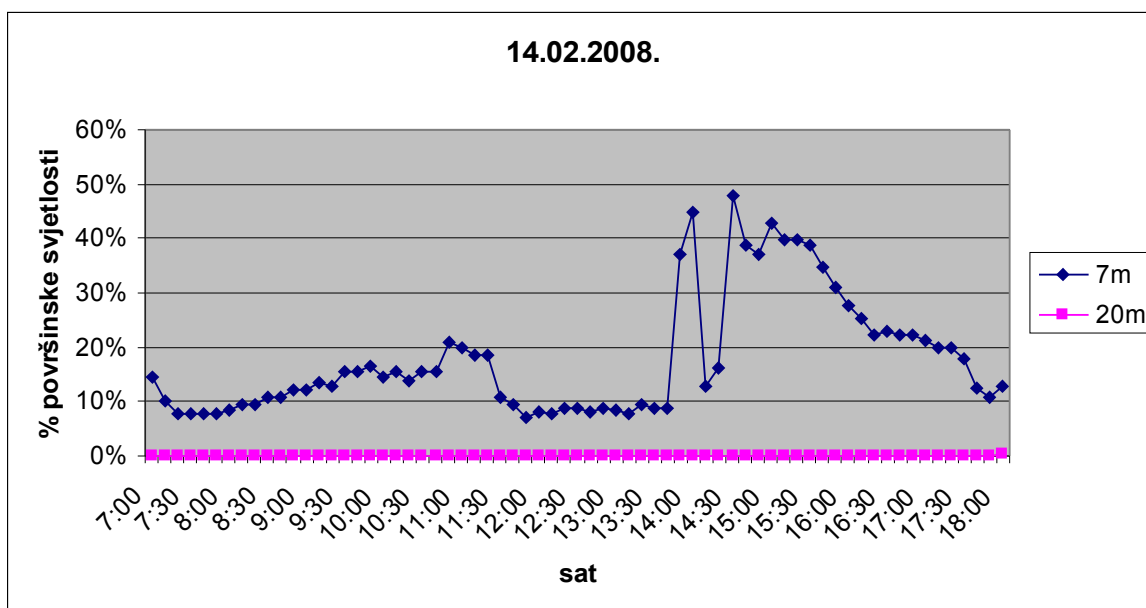
Slika 14. - Intenzitet svjetlosti na obali iznad razine mora, u blizini ulaza u jamu na Iškom Mrtovnjaku



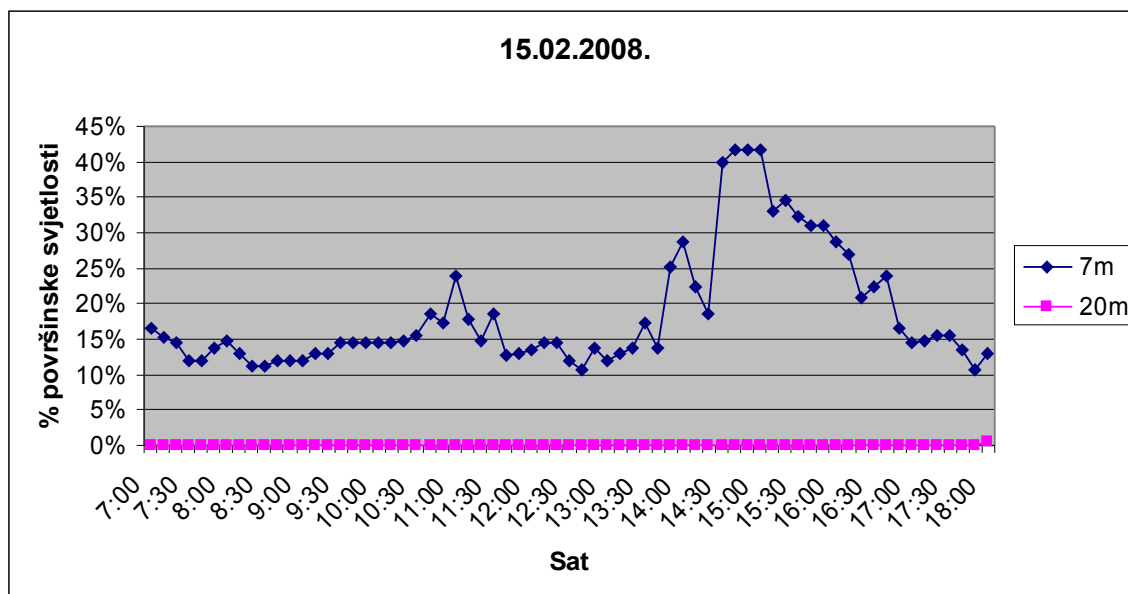
Slika 15. - Intenzitet svjetlosti kod ulaza u jamu na Iškom Mrtovnjaku, na 7,3 m dubine



Slika 16. - Intenzitet svjetlosti u jami na Iškom Mrtovnjaku, na 19,4 m dubine



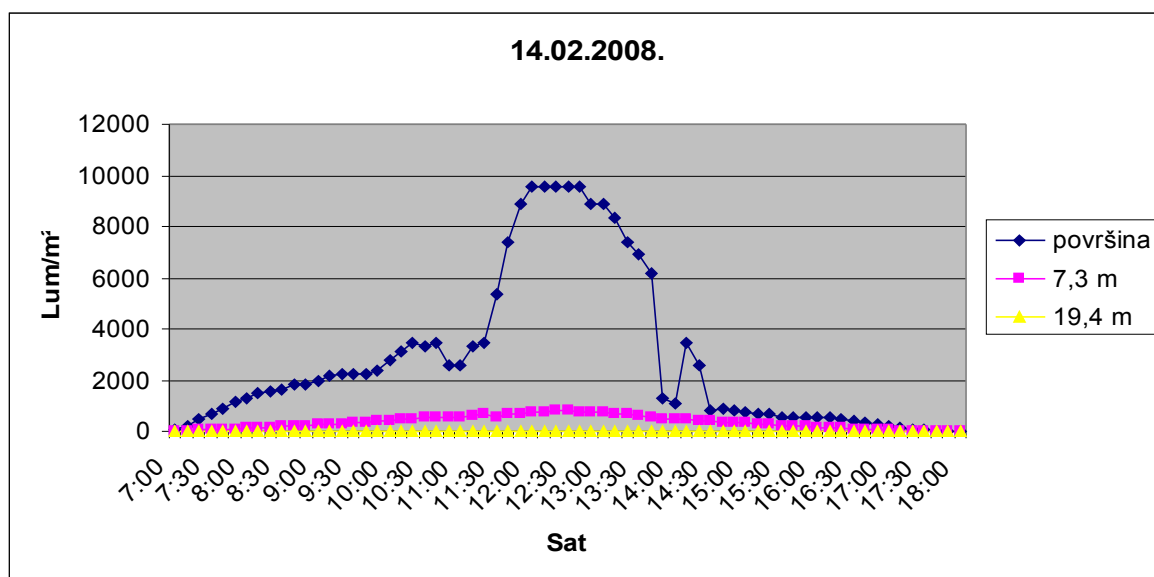
Slika 17. - Postotak površinske svjetlosti na 7 m izvan jame i 19,4 metra dubine u jami na Iškom Mrtovnjaku na dan 14.02.2008. godine



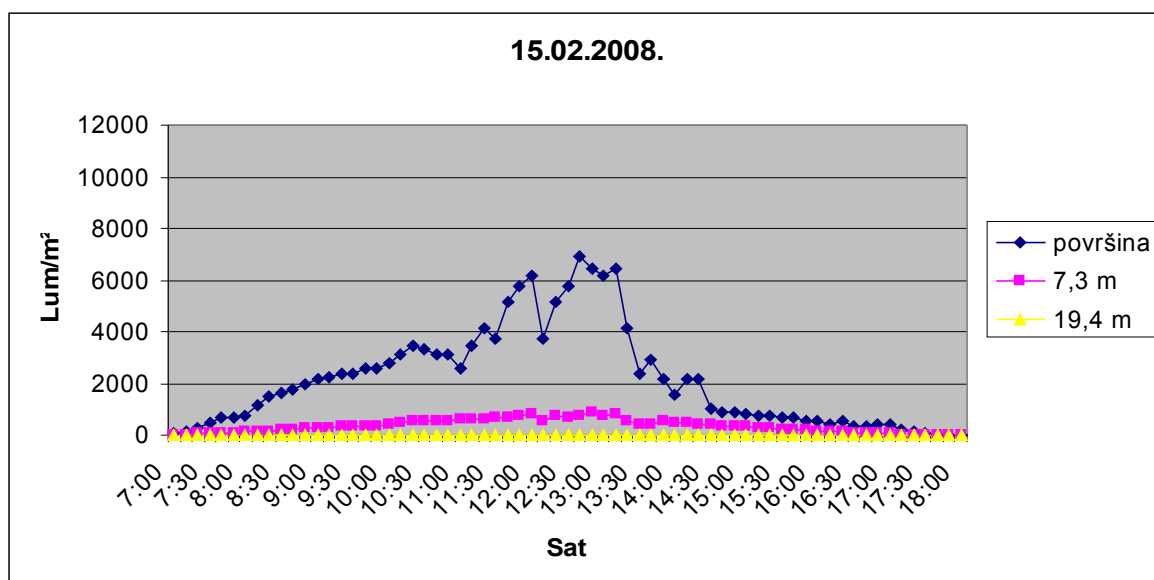
Slika 18. - Postotak površinske svjetlosti na 7 i 19,4 metra dubine u jami na Iškom Mrtovnjaku na dan 15.02.2008. godine

REZULTATI

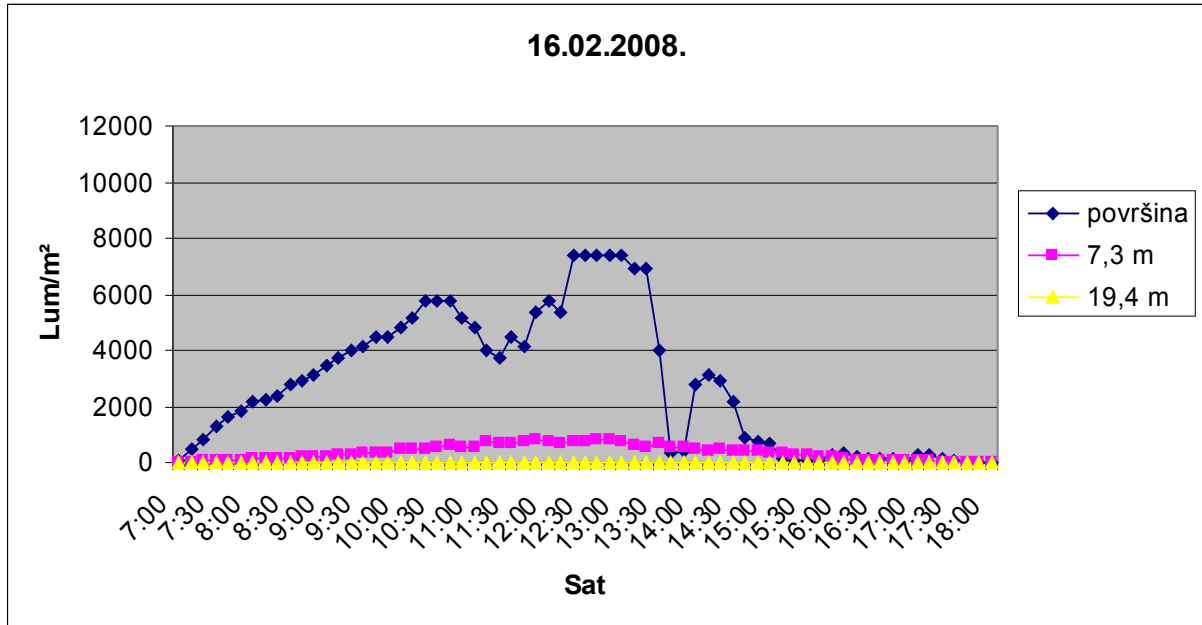
Intenzitet svjetlosti (Lum/m^2) tijekom tri odabrana dana prikazan je na slikama 19-21.



Slika 19. - Intenzitet svjetlosti u Lum/m^2 izvan jame, na ulazu u jamu i u jami na Iškrom Mrtovnjaku na dan 14.02.2008.



Slika 20. - Intenzitet svjetlosti u Lum/m^2 izvan jame, na ulazu u jamu i u jami na Iškrom Mrtovnjaku na dan 15.02.2008.



Slika 21. - Intenzitet svjetlosti u Lum/m² izvan jame, na ulazu u jamu i u jami na Iškom Mrtovnjaku na dan 16.02.2008.

5.3 Životne zajednice unutar i oko jame na Iškom Mrtovnjaku

Oko i unutar morske jame kod Iškog Mrtovnjaka utvrđene su tri biocenoze: biocenoza infralitoralnih algi, biocenoza polutamnih špilja (BPŠ) i biocenoza potpuno tamnih špilja i prolaza (BTŠ). Biocenoza infralitoralnih algi zastupljena je svugdje oko ulaza u jamu. Na ulazu u jamu, u svega nekoliko dužinskih metara, pojavljuju se elementi BPŠ. Na 10 metara dubine na mjestu gdje se otvara ulaz u veliku dvoranu jame počinje BTŠ. Na maloj udaljenosti od jame postoji i livada morske cvjetnice *Posidonia oceanica* čiji su listovi u vrijeme ronjenja (listopad 2008.) bili potpuno obrasteni epifitima. Granica prijelaza između livade posidonije i biocenoze infralitoralnih algi jasno je vidljiva (slika 25.).

5.4 Utvrđene vrste

Tijekom istraživanja unutar morske jame kod Iškog Mrtovnjaka zabilježeno je ukupno 98 vrsta. U ulaznom dijelu jame zabilježena je 21 vrsta. Oko jame zabilježene su 73 vrste, a unutar jame 13 vrsta. Rezultati su prikazani u tablici 3. Nazivi su usklađeni s European Register of Marine Species (Costello i sur. 2001).

Tablica 3. – Vrste organizama zabilježene oko i unutar morske jame kod Iškog Mrtovnjaka

VRSTA	SKUPINA	Izvan jame	Ulazni dio jame	Unutar jame
<i>Acetabularia acetabulum</i> (Linnaeus) P.C. Silva	Chlorophyceae	+		
<i>Anadyomene stellata</i> J.V. Lamouroux	Chlorophyceae	+		
<i>Cladophora</i> sp.	Chlorophyceae	+		
<i>Halimeda tuna</i> (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux	Chlorophyceae	+		
<i>Dictyopteris membranacea</i> (Stackh.)	Phaeophyceae	+		
<i>Dilophus fasciola</i> (Roth) M.A. Howe	Phaeophyceae	+		
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V. Lamouroux	Phaeophyceae	+		

REZULTATI

<i>Padina pavonica</i> (Linneaus) Gail.	Phaeophyceae	+	
<i>Amphiroa rigida</i> J.V. Lamouroux	Rhodophyceae	+	
<i>Hildenbrandia prototypus</i> (Nardo)	Rhodophyceae		+
<i>Lithophyllum</i> sp.	Rhodophyceae	+	+
<i>Lithophyllum frondosum</i> (Dufour) G.Furnari, Cormaci & Alongi	Rhodophyceae		+
<i>Peyssonnelia</i> sp.	Rhodophyceae		+
<i>Miniacina miniacea</i> (Pallas, 1766)	Foraminifera		+
<i>Aplysina aerophoba</i> (Nardo, 1843)	Porifera- Demospongiae	+	
<i>Cliona celata</i> (Grant, 1826)	Porifera- Demospongiae	+	+
<i>Cliona viridis</i> (Schmidt, 1862)	Porifera- Demospongiae	+	
<i>Chondrosia reniformis</i> (Nardo, 1847)	Porifera- Demospongiae	+	
<i>Chondrilla nucula</i> (Schmidt, 1862)	Porifera- Demospongiae	+	
Demospongia Species 1	Porifera- Demospongiae		+
Demospongia Species 2	Porifera- Demospongiae		+
<i>Diplastrella bistellata</i> (Schmidt, 1862)	Porifera- Demospongiae		+
<i>Ircinia oros</i> (Schmidt, 1864)	Porifera- Demospongiae	+	
<i>Ircinia</i> sp.	Porifera- Demospongiae	+	
<i>Jaspis johnstonii</i> (Schmidt, 1862)	Porifera- Demospongiae		+
<i>Phorbas tenacior</i> (Topsent, 1925)	Porifera- Demospongiae		+
<i>Spongosorites flavens</i> (Pulitzer-Finali, 1983)	Porifera- Demospongiae		+
<i>Petrosia ficiformis</i> (Poiret, 1798)	Porifera- Demospongiae	+	
<i>Oopsacas minuta</i> (Topsent, 1927)	Porifera- Hexactinellida		+
<i>Balanophyllia europaea</i> (Risso, 1826)	Anthozoa	+	
<i>Caryophyllia inornata</i> (Duncan, 1878)	Anthozoa	+	

REZULTATI

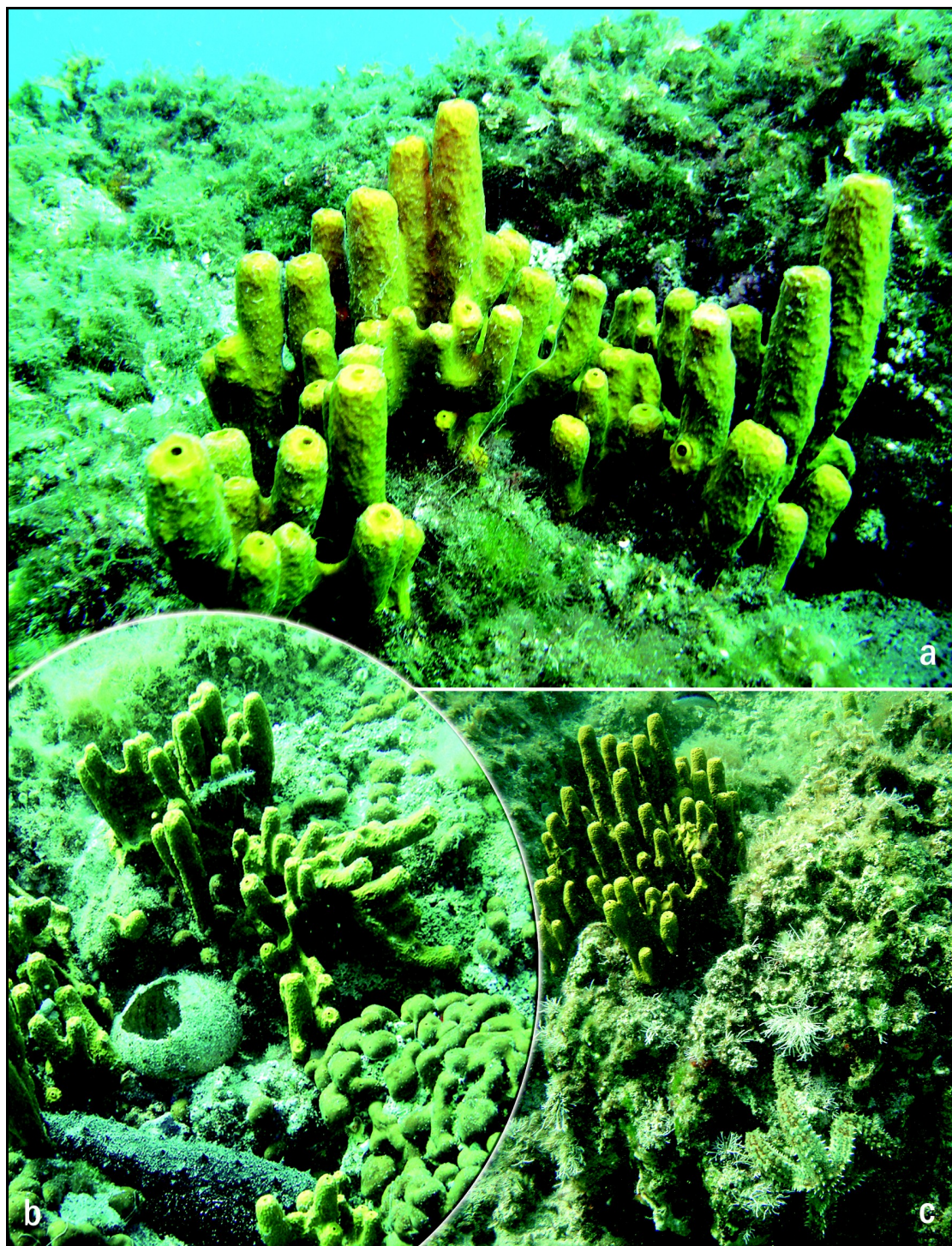
<i>Caryophyllia smithii</i> (Stokes & Broderip, 1828)	Anthozoa	+	
<i>Cerianthus membranacea</i> (Spallanzani, 1784)	Anthozoa	+	
<i>Hydrozoa</i> indet.	Hydrozoa	+	
<i>Bonellia viridis</i> (Rolando, 1821)	Echiura	+	
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	Gastropoda	+	
<i>Bolma rugosa</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda	+	
<i>Clanculus corallinus</i> (Gmelin, 1791)	Gastropoda	+	
<i>Conus mediterraneus</i> (Hwass & Bruguière, 1792)	Gastropoda	+	
<i>Discodoris atromaculata</i> (Bergh, 1880)	Gastropoda	+	
<i>Flabellina affinis</i> (Gmelin, 1791)	Gastropoda	+	
<i>Haliotis tuberculata</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda	+	
<i>Hexaplex trunculus</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda	+	
<i>Arca noae</i> (Linnaeus, 1758)	Bivalvia	+	
<i>Barbatia barbata</i> (Linnaeus, 1758)	Bivalvia	+	
<i>Chama gryphoides</i> Linnaeus, 1758	Bivalvia	+	
<i>Gastrochaena dubia</i> (Pennant, 1777)	Bivalvia	+	
<i>Lithophaga lithophaga</i> (Linnaeus, 1758)	Bivalvia	+	+
<i>Pecten jacobaeus</i> (Linnaeus, 1758)	Bivalvia	+	
<i>Venus verrucosa</i> (Linnaeus, 1758)	Bivalvia	+	
<i>Spondylus gaederopus</i> (Linnaeus, 1758)	Bivalvia	+	
<i>Octopus vulgaris</i> (Cuvier, 1797)	Cephalopoda	+	
<i>Eupolymnia nebulosa</i> (Montagu, 1818)	Polychaeta	+	
<i>Pomatoceros triqueter</i> (Linnaeus, 1758)	Polychaeta	+	+
<i>Protula tubularia</i> (Montagu, 1803)	Polychaeta	+	+
<i>Spirorbis</i> sp.	Polychaeta	+	+
<i>Serpula vermicularis</i> (Linnaeus, 1767)	Polychaeta	+	
Serpulidae Species 1	Polychaeta		+

REZULTATI

Serpulidae Species 2	Polychaeta		+
Serpulidae Species 3	Polychaeta		+
<i>Galathea strigosa</i> (Linnaeus, 1767)	Crustacea	+	
<i>Maja verrucosa</i> (Milne Edwards, 1834)	Crustaceae	+	
<i>Adeonella polystomella</i> (Reuss, 1847)	Bryozoa		+
Bryozoa indet.	Bryozoa	+	
Bryozoa Species 1	Bryozoa		+
Bryozoa Species 2	Bryozoa		+
<i>Myriapora truncata</i> (Pallas, 1766)	Bryozoa		+
<i>Antedon mediterranea</i> (de Lamarck, 1816)	Crinoidea	+	
<i>Holothuria</i> sp.	Holothurioidea	+	
<i>Arbacia lixula</i> (Linnaeus, 1758)	Echinoidea	+	
<i>Paracentrotus lividus</i> (de Lamarck, 1816)	Echinoidea	+	
<i>Sphaerechinus granularis</i> (de Lamarck, 1816)	Echinoidea	+	
<i>Coscinasterias tenuispina</i> (Lamarck, 1816)	Asteroidea	+	
<i>Echinaster sepositus</i> (Retzius, 1783)	Asteroidea	+	
<i>Marthasterias glacialis</i> (Linnaeus, 1758)	Asteroidea	+	
<i>Ophiothrix fragilis</i> (Abildgaard & O.F. Müller, 1789)	Ophiuroidea		+
Asciacea Species 1	Asciacea		+
Asciacea Species 2	Asciacea		+
Didemnidae indet.	Asciacea	+	
<i>Polycitor adriaticus</i> (Drasche, 1883)	Asciacea	+	
<i>Apogon (Apogon) imberbis</i> (Linnaeus, 1758)	Osteichthyes		+
<i>Chromis chromis</i> (Linnaeus, 1758)	Osteichthyes	+	+
<i>Coris julis</i> (Linnaeus, 1758)	Osteichthyes	+	
<i>Diplodus vulgaris</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	Osteichthyes	+	
<i>Gobius bucchichi</i> (Steindachner, 1870)	Osteichthyes	+	

REZULTATI

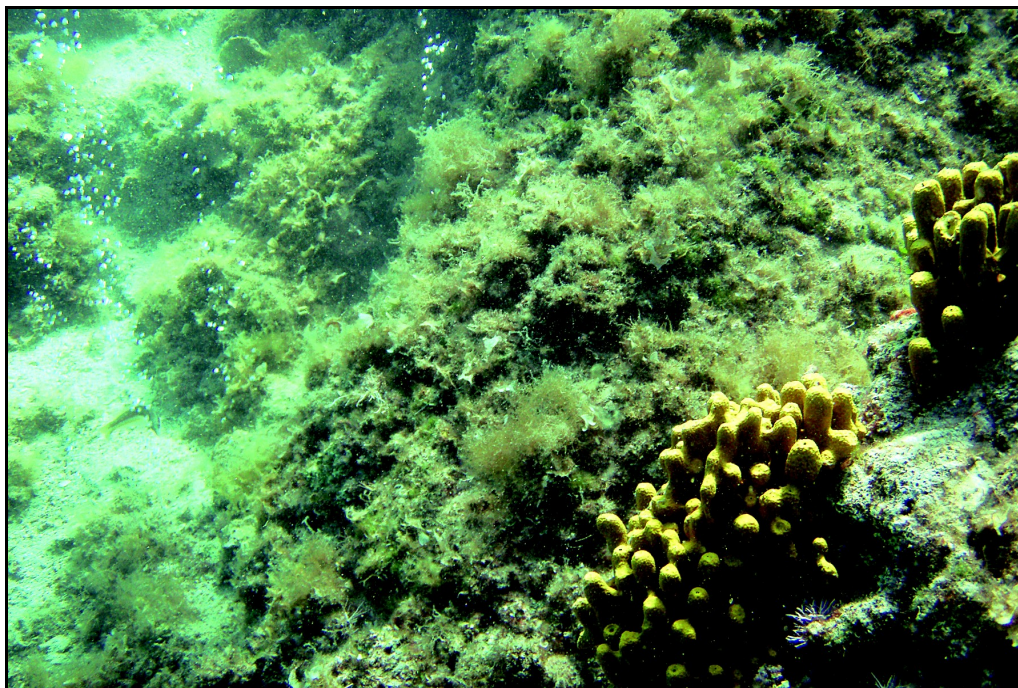
<i>Gobius cruentatus</i> (Gmelin, 1789)	Osteichthyes			
<i>Gobius geniporus</i> (Valenciennes, 1837)	Osteichthyes	+		
<i>Gobius vitatus</i> (Gmelin, 1789)	Osteichthyes	+		
<i>Oblada melanura</i> (Linnaeus, 1758)	Osteichthyes	+	+	
<i>Parablennius rouxii</i> (Cocco, 1833)	Osteichthyes	+		
<i>Sciaena umbra</i> (Linnaeus, 1758)	Osteichthyes			+
<i>Scorpaena notata</i> (Rafinesque, 1810)	Osteichthyes	+	+	
<i>Serranus scriba</i> (Linnaeus, 1758)	Osteichthyes	+		
<i>Spicara maena</i> (Linnaeus, 1758)	Osteichthyes	+	+	
<i>Symphodus melanocercus</i> (Risso, 1810)	Osteichthyes	+		
<i>Symphodus tinca</i> (Linnaeus, 1758)	Osteichthyes	+		
<i>Thorogobius ephippiatus</i> (Lowe, 1839)	Osteichthyes			+
UKUPAN BROJ VRSTA: 98		73	21	13



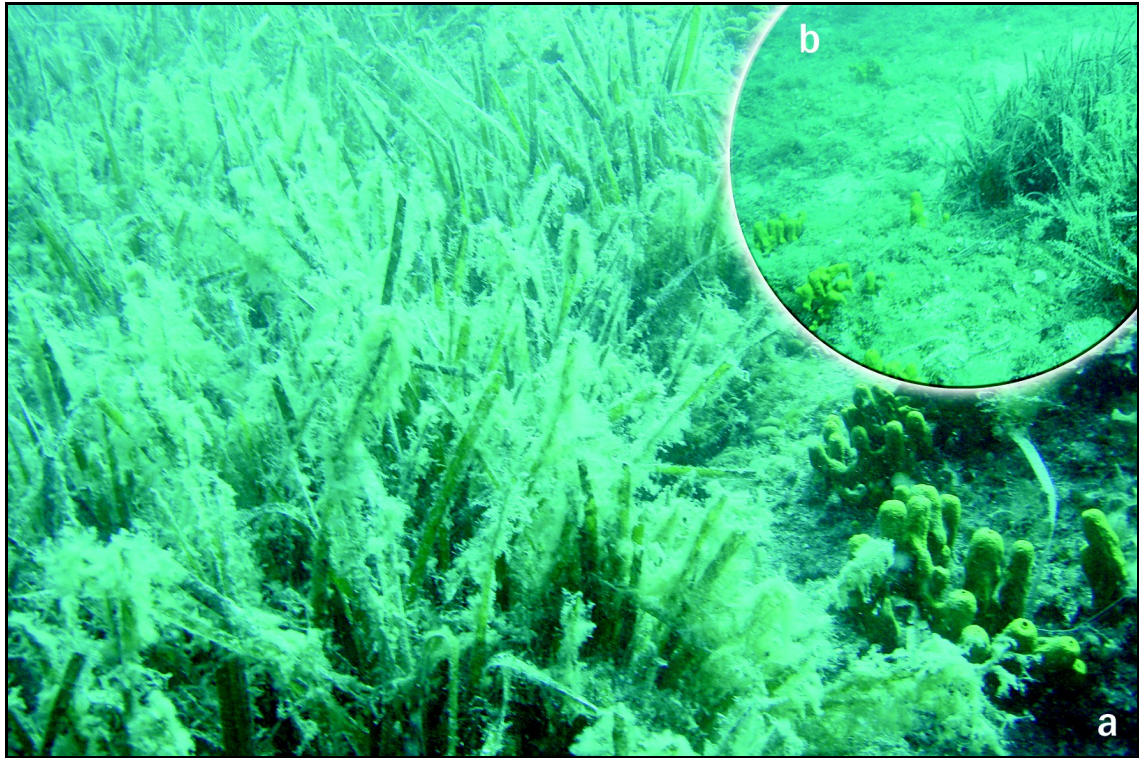
Slika 22. – Biocenoza infralitoralnih algi oko ulaza u jamu kod Iškog Mrtovnjaka.
 a – *Aplysina aerophoba* (Nardo, 1843); b – *Aplysina aerophoba* (Nardo, 1843), *Chondrilla nucula* (Schmidt, 1862), *Holothuria* sp.;
 c - *Aplysina aerophoba* (Nardo, 1843), *Amphiroa rigida* (Lamouroux), *Marthasterias glacialis* (Linnaeus, 1758)



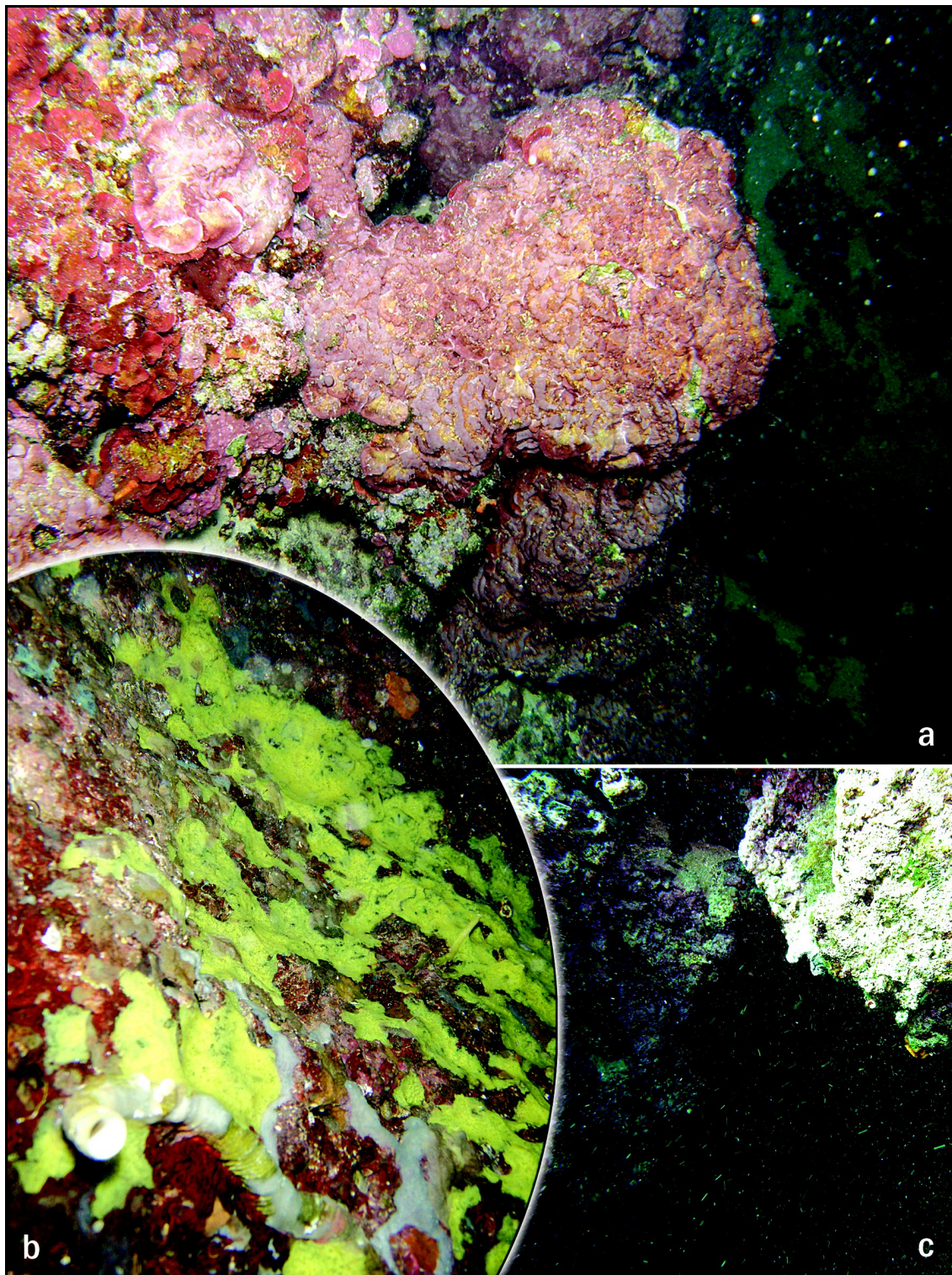
Slika 23. – *Sphaerechinus granularis* (de Lamarck, 1816) u biocenozi infralitoralnih algi oko jame na Iškom Mrtovnjaku



Slika 24. – Svod jame na Iškom Mrtovnjaku je porozan pa izdahnuti zrak izlazi na površinu



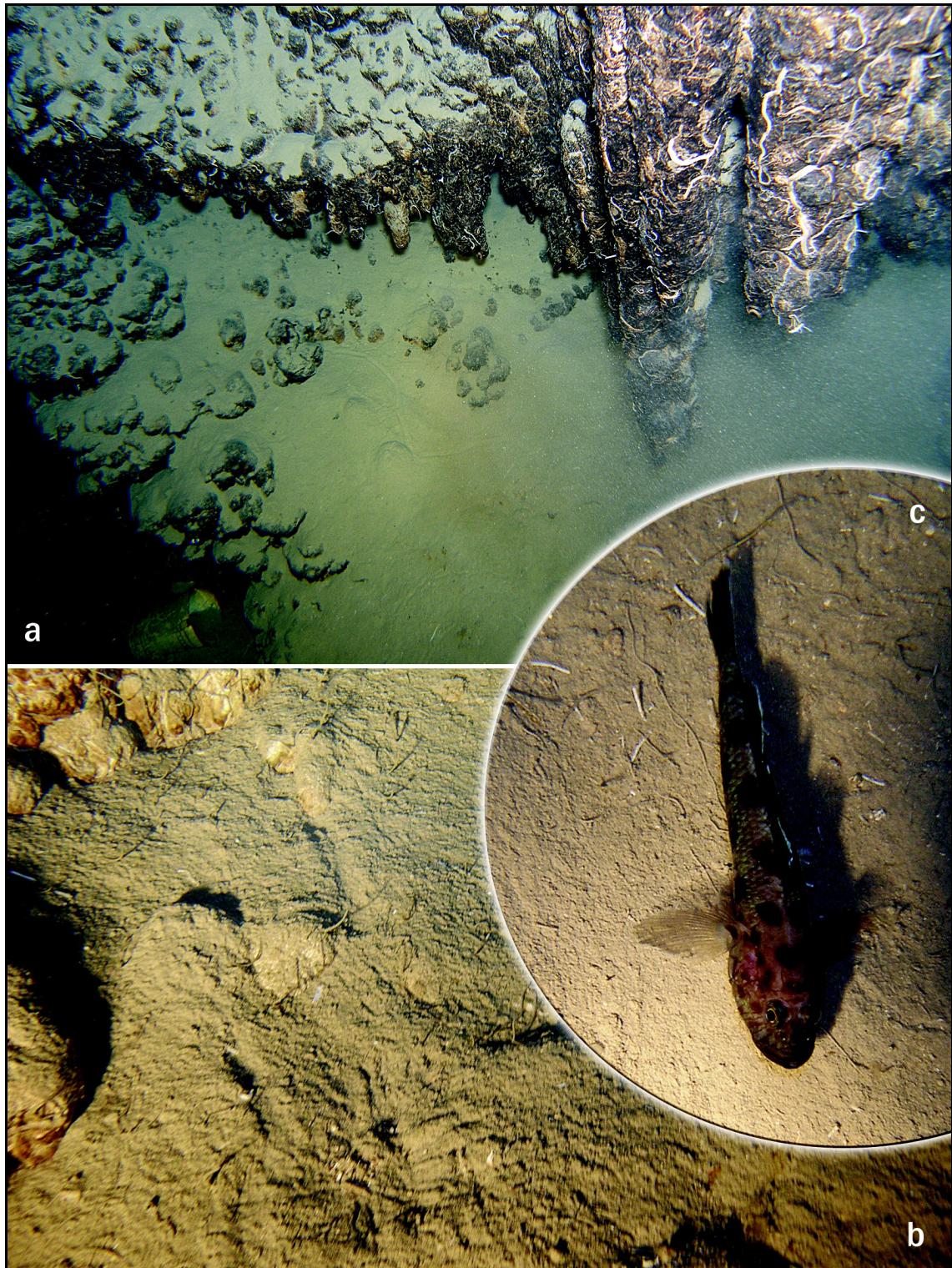
Slika 25. – U blizini jame, na dubini od 10 metara nalazi se naselje cvjetnice *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, čiji listovi su u doba ronjenja (listopad, 2008.) bili obrasteni epifitima (a). Prijelaz između posidonije i biocenoze infralitoralnih algi jasno je vidljiv (b)



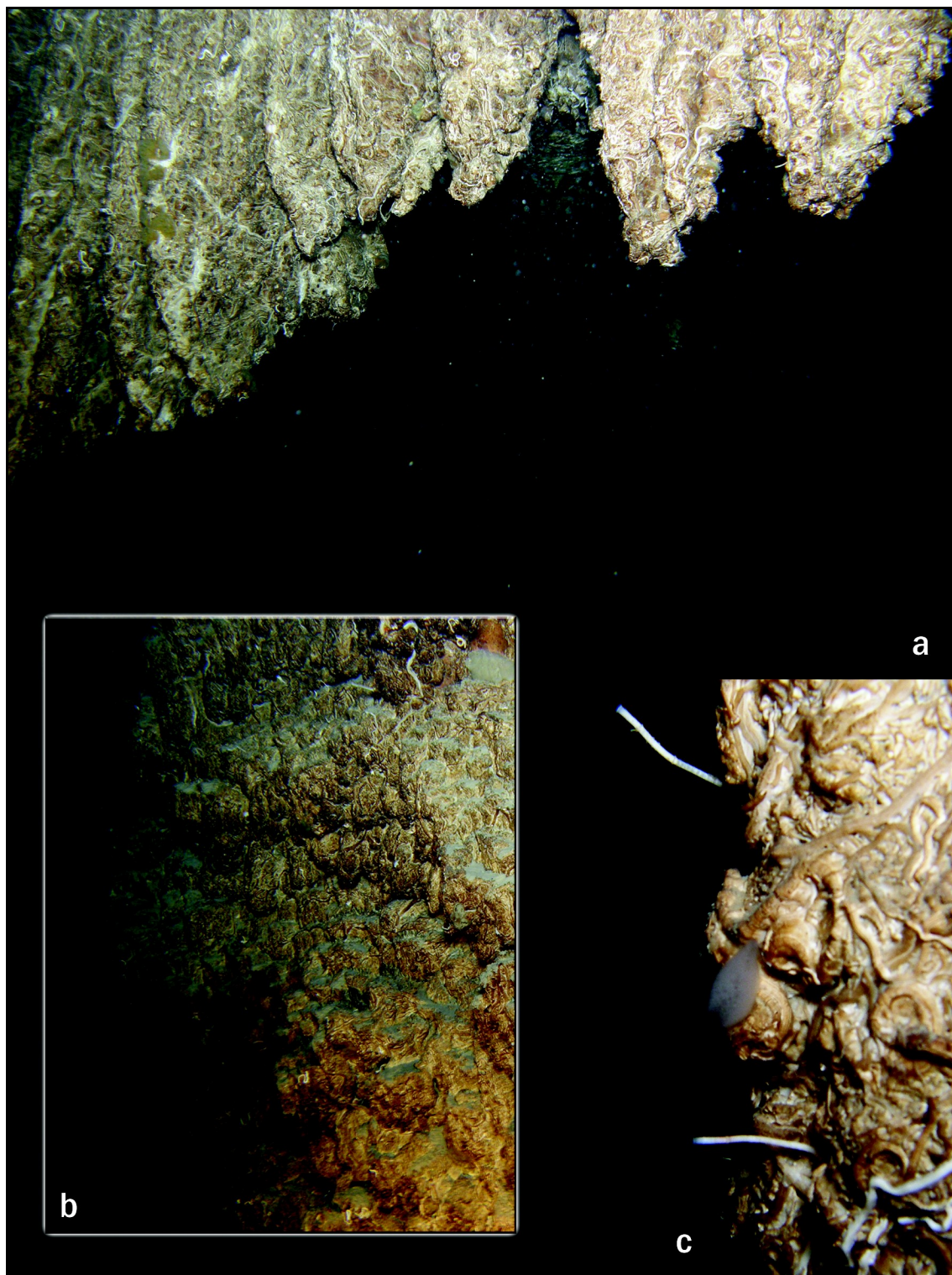
Slika 26. – Ulazni dio jame na Iškam Mrtovnjaku nastanjuje biocenoza polutamnih špilja.
 a - alge *Lithophyllum frondosum* (Dufour) G.Furnari, Cormaci, Alongi i *Peyssonnelia* sp.;
 b – spužva *Spongosorites flavens* (Pulitzer-Finali, 1983) i mnogočetinaš cjevaš; c – ulaz u
 jamu, s lijeve strane vidljiva je BPŠ.



Slika 27. – Dubokomorska spužva staklača *Oopsacas minuta* (Topsent, 1927) koja obitava u jami na Iškom Mrtovnjaku



Slika 28.- Unutar jame sve horizontalne površine prekrivene su finim sedimentom (a, b);
a - tragovi ljudske prisutnosti: limenka u jami na 20-ak metara dubine; c - *Thorogobius
ephippiatus* (Lowe, 1839)- špiljski glavoč



Slika 29. – Jama na Iškem Mrtovnjaku nastala je na zraku i tek je kasnije preplavljena morem. a – kamena zavjesa danas je naseljena morskim organizmima; b – detalj zida u jami; c – spužva staklača *Opsacas minuta* (Topsent, 1927) i špiljski serpulidi na stijeni u jami

Mjerenja temperature kroz godinu i pol pokazala su da jama na Iškom Mrtovnjaku zadržava hladnu vodu tijekom cijele godine. Međutim, jama nije potpuno izolirana od vanjskog okoliša jer je strop jame porozan, te je njen gornji dio u stalnoj komunikaciji s okolnim morem (slika 24). Također, u hladnom dijelu godine, od listopada do ožujka, kada se izjednače temperature mora unutar i izvan jame, može doći do miješanja vode (slika 13). Potrebna su dodatna mjerenja saliniteta unutar i izvan jame da bismo mogli sa sigurnošću tvrditi da dolazi do miješanja vode, no iz dobivenih rezultata mjerenja temperature možemo pretpostaviti da je to slučaj. Slabija komunikacija s otvorenim morem vidljiva je već na 10 metara dubine, svega 3 metra od ulaza, gdje je godišnji hod temperature od 11°C do 21°C (slika 11), dok je godišnji hod temperature otvorenog mora od 11°C do 25°C (slika 10). Zatvorenost jame posebno je dobro izražena u unutrašnjosti gdje se temperatura nikada ne diže iznad 17°C (slika 12). Temperatura otvorenog mora pod jakim je utjecajem vanjskih čimbenika: vjetra, oblaka i temperature zraka. To je vidljivo u razdoblju od polovice travnja do polovice rujna kada dolazi do temperaturnih fluktuacija ovisno o vanjskim utjecajima (slika 10). Te fluktuacije još uvijek postoje na 10 metara dubine (slika 11), dok je unutar jame temperatura ujednačena i mijenja se polagano i konstantno (slika 12).

Mjerenje intenziteta svjetlosti u razdoblju od 14. veljače do 13. ožujka 2008. godine pokazuje da na 7,3 metra dubine, ispred ulaza u jamu, dopijeva manja količina Sunčeve svjetlosti nego na površinu, a u jamu ne dopijeva gotovo ništa (slike 14 do 16). Intenzitet je prikazan logaritmiranim vrijednostima jer takav prikaz omogućuje bolju preglednost, a razlike u količini svjetlosti unutar jame su toliko male (tek u četvrtoj decimali), da ih prikazane pravim vrijednostima ne bismo mogli ni primijetiti.

Ukoliko promatramo postotak prodora površinske svjetlosti na 7,3 i 19,4 metra dubine vidljivo je da na 7,3 metra dubine dolazi 10- 50% površinske svjetlosti, dok u jamu ne dopijeva gotovo ništa (slike 17 i 18). Postoci površinske svjetlosti koja dopire na 7,3 metra i 19,4 metra dubine prikazani su za 2 dana i to u razdoblju od 7 sati ujutro, odnosno od izlaska Sunca, pa do 18 sati uvečer, kada Sunce zalazi.

Intenzitet svjetlosti u Lum/m² za tri odabrana dana, 14., 15. i 16. veljače 2008. godine (slike 19 do 21) detaljno pokazuje da je u najsunčanijem dijelu dana 14. veljače na površini zabilježeno gotovo 10 000 Lumena, dok je na 7,3 metra dubine zabilježeno oko 1000 Lumena, a u jami je intenzitet premali da bi bilo kakve promjene mogle biti vidljive. Određene nelogičnosti u raspodjeli intenziteta svjetlosti na površini tijekom dana mogu se objasniti položajem i orijentacijom uređaja za mjerenje svjetlosti (sjene biljaka, posjeti ptica?).

Krška podloga Jadranske obale predispozicija je za raznolikost staništa iznad i ispod površine mora. Na istraživanom području velika je raznolikost staništa na vrlo maloj površini. Na svega 30-ak m² utvrđena su 4 potpuno različita staništa. Oko ulaza u jamu na Iškom Mrtovnjaku obitava biocenoza čvrstih podloga infralitorala, na ulazu u jamu, gdje još dopire nešto svjetlosti, biocenoza polutamnih špilja, dok je u jami utvrđena biocenoza špilja i prolaza u potpunoj tami. Također, na maloj udaljenosti od jame, na dubini od 10 metara, zabilježena je biocenoza pomičnih dna infralitorala s livadom cvjetnice *Posidonia oceanica*. Životne zajednice unutar i oko jame jasno su odijeljene. Najviše vrsta, njih 73 zabilježeno je u biocenozi infralitoralnih algi oko jame (tablica 3). Na ulazu u jamu, u biocenozi polutamnih špilja zabilježena je 21 vrsta, a u jami u biocenozi špilja i prolaza u potpunoj tami samo 13 vrsta. Prijelaz između biocenoze polutamnih špilja i biocenoze špilja i prolaza u potpunoj tami prilično je nagao, te ne postoji izraziti facijes s mahovnjacima kojeg opisuje Harmelin i sur. (1985).

Biocenoza polutamnih špilja inače je iznimno bogata vrstama, naročito spužvama. Tako su Pansini i Pronzato (1982) na Sorentinskom poluotoku (Italija) u jednoj špilji u biocenozi polutamnih špilja pronašli 52 vrste spužvi, a Arko-Pijevac i sur. (2001) na Krku 22 vrste. U jami na Iškom Mrtovnjaku to nije slučaj što se može povezati s veličinom prostora u kojem se biocenoza polutamnih špilja nalazi (svega 3 dužinska metra), pa nema dovoljno mjesta za njen potpuni razvoj. Tako su u biocenozi polutamnih špilja u ovoj jami utvrđene samo 3 vrste spužvi. U ulaznom djelu jame također je primijećeno nekoliko vrsta riba koje inače ne pripadaju u špiljske vrste, već tu pronalaze zaklon, ali i one, poput *Scorpaena notata* i *Apogon (Apogon) imberbis*, koje su tipični predstavnici takvih staništa. Najveći dio stijena u ulaznom djelu prekriven je crvenim algama *Lithophyllum frondosum* i *Peyssonnelia* sp. Iako su ove

alge također stavljene u popis vrsta, one ne pripadaju biocenozi polutamnih špilja (Bakran-Petricioli 2007). Broj vrsta spužvi i drugih organizama, kao i njihova biomasa, naglo opada od ulaza prema kraju špilja i jama koje završavaju slijepo (Harmelin i sur. 1985, 1997), te je to slučaj i sa istraživanom jamom (tablica 3).

Unutar jame zabilježena je spužva staklača *Oopsacas minuta*, koja inače obitava u dubokom moru (Topsent 1927). Ekološki uvjeti u ovoj jami slični su dubokomorskima: niska i konstantna temperatura vode, mali dotok organske tvari zbog slabe izmjene vode i gotovo potpuni mrak. Jedina očita razlika između dubokog mora i jame na Iškom Mrtovnjaku jest u tlaku, međutim *Oopsacas* je očito vrsta koja dobro podnosi varijacije tlaka. U jami je zabilježen veći broj jedinki ove vrste, dakle možemo pretpostaviti da su životni uvjeti za nju povoljni. Zabilježeno je također i nekoliko vrsta mahovnjaka, serpulida i mješćićnica koje nije bilo moguće odrediti do vrste, kao i 4 vrste spužvi, te špiljski glavoč, *Thorogobius ephippiatus*. Za pretpostaviti je da u jami ima i drugih dubokomorskih organizama, no za utvrđivanje potpune liste organizama potrebno je u istraživanje uložiti puno više sredstava i vremena.

Speleoroničko istraživanje jedan je od najkompliciranijih oblika biološkog istraživanja. Ronioci sa sobom nose veliku količinu opreme, osim standardne ronilačke opreme, tu su još i baterijska svjetiljka, Arijadnina nit, fotoaparati, mrežica... Uza sve to, treba jako paziti na plovnost jer svaki zamah perajama podiže sediment koji je nataložen u špilji. Onog trena kad se sediment podigne, nemoguće je napraviti kvalitetne fotografije jer čestice sedimenta stvaraju odblesak. Također, izron postaje kompliciraniji, jer se izlaz ne vidi, pa su ronioci osuđeni na izron po Arijadninoj niti. Uza sve navedene komplikacije, ne smijemo zaboraviti ni na stres koji je kod speleoronjenja visok. Osim potpunog mraka, koji najčešće vlada u špiljama, javlja se osjećaj klaustrofobije, a u slučaju ikakvih komplikacija, nema mogućnosti slobodnog izrona.

Naselje morske cvjetnice *Posidonia oceanica* nije pobliže proučavano jer se nalazilo prilično daleko od ulaza u jamu, na rubu istraživanog prostora, te na jamu nema utjecaja. Uočeno je da je prijelaz između livade posidonije i biocenoze infralitoralnih

algi izrazit. U trenutku zadnjeg ronjenja, u listopadu 2008. listovi posidonije bili su gusto obrasteni epifitima.

Ovo istraživanje morske jame kod Iškog Mrtovnjaka, kao i slična istraživanja drugih morskih špilja (Arko-Pijevac i sur., 2001; Bianchi i sur., 1996; Sarà, 1974) pokazuje da morske špilje i jame zaslužuju pažnju i zaštitu zbog svoje posebnosti i sastava faune. Ekološki uvjeti koji vladaju u morskim špiljama, prisutnost brojnih vrsta i tipičnih zajednica koje su posebnim adaptacijama prilagođene na ovakve uvjete, kao i zonacija organizama uvjetovana njima, samo su dio njihove jedinstvenosti. U Hrvatskoj trenutno ne postoji službeni popis morskih špilja, a mali dio njih je uopće i biološki pregledan. Zbog nedostatka primarnih kvantitativnih i kvalitativnih bioloških ispitivanja koja bi obuhvaćala, uz popise vrsta i zonaciju životnih zajednica, osnovne topografske karakteristike špilja, gotovo je nemoguće napraviti planove upravljanja i korištenja za rekreativno ronjenje. Tako se događa da posjećenije morske špilje bivaju devastirane prije nego su uopće istražene.

- Ulazni dio jame na Iškom Mrtovnjaku i njena unutrašnjost značajno se razlikuju od prostora izvan jame, kako po broju i sastavu vrsta tako i po abiotičkim čimbenicima.
- U jami na Iškom Mrtovnjaku utvrđena je zonacija organizama koja je uvjetovana abiotičkim čimbenicima. Vjerojatno su smanjeni hidrodinamizam (a kao posljedica toga niža i konstantnija temperatura vode) te smanjena svjetlost najznačajniji čimbenici koji utječu na zonaciju.
- Izvan jame, u biocenozi infralitoralnih algi, utvrđena je najveća raznolikost vrsta. Zabilježene su 73 vrste organizama iz 19 taksonomskih skupina. U ulaznom djelu jame zabilježena je 21 vrsta organizama iz 9 taksonomskih skupina, a u unutrašnjosti očekivano najmanje, 13 vrsta iz 6 taksonomskih skupina.
- U jami je utvrđena prisutnost dubokomorske spužve staklače *Oopsacas minuta*, što ukazuje na to da su uvjeti u jami slični onima u dubokom moru.
- Intenzitet svjetlosti u jami naglo se smanjuje od ulaza prema kraju, te u velikoj dvorani, na 19,4 metra dubine, svjetlosti gotovo nema.
- Temperatura unutar jame znatno je stabilnija i niža od temperature otvorenog mora. Do miješanja vodenih masa može doći samo u hladnom dijelu godine kada se temperature mora izvan i unutar jame izjednače.
- Morske špilje su staništa velike prirodne vrijednosti za Hrvatsku, a njihovo istraživanje kao i istraživanje morem preplavljenog krša je nedostatno. U cilju što kvalitetnije zaštite i očuvanja ovih vrijednosti potrebno je što prije napraviti njihov popis, te kvantitativno-kvalitativnu analizu živog svijeta unutar njih.

ALLEY, R. B., MAYEWSKI, A., SOWERS, T., STUVIER, M., TAYLOR, K. C., CLARK, P. U. (1997): Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago. *Geology*, 25(6): 483-486.

ARKO-PIJEVAC, M., BENAC, Č., KOVAČIĆ, M., KIRINČIĆ, M. (2001): A submarine cave at the Island of Krk (North Adriatic Sea). *Natura Croatica*, 10(3): 163-184.

BAKRAN-PETRICIOLI, T. (2007): Morska staništa – Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja (serija Biološka raznolikost Hrvatske; ISBN 978-953-7169-31-2). Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 56 str. + 102 str. priloga

BALDUZZI, A., BOERO, F., CATTANEO, R., PANSINI, M., PESSANI, D., PRONZATO, R., SARÀ, M. (1980): Ricerche sull'insediamento dello zoobentos in alcune grotte marine della Penisola Sorrentina. *Mem. Biol. mar. Oceanogr.*, 10 (suppl.): 121-127.

BELLAN-SANTINI, D., LACAZE J. C., POIZAT, C. (1994): Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, Synthèse, menaces et perspectives, Collection Patrimoines Naturels Vol. 19, Secrétariat de la Faune et la Flore, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 246 str.

BELLAN-SANTINI, D., BELLAN, G., BITAR, G., HARMELIN, J. G., PERGENT, G.(2002): Handbook for interpreting types of marine habitat for the selection of sites to be included in the national inventories of natural sites of conservation interest. UNEP Action Plan for the Mediterranean, Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Tunis, 217 str.

BERGBAUER, M., HUMBERG, B. (1999): Was lebt im Mittelmeer? Kosmos, Stuttgart, 317 str.

BIANCHI, C. N., CATTANEO-VIETTI, R., CINELLI, F., MORRI, C., PANSINI, M. (1996): Lo studio biologico delle grotte sottomarine del Mediterraneo: conoscenze attuali e prospettive. *Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici dell'Università di Genova*, 60-61: 41-69.

BIBILONI, M. A. (1981): Estudi faunistic del litoral de Blanes (Girona) (II. Sistematica d'esponges). Bull. Inst. Cat. Hist. Nat., 47 (4): 5-59.

BOURY-ESNAULT, N. (1987): The Polymastia species (Demosponges, Hadromerida) of the Atlantic area. U: VACELET, J., BOURY-ESNAULT, N. (urednici): Taxonomy of Porifera from the N.E. Atlantic and Mediterranean Sea. NATO ASI Series G, Ecological sciences 13, Springer-Verlag, Berlin, str. 29-66.

CASTRO, P., HUBER, M. E. (2005): Marine Biology (5. izdanje). Mc Graw Hill Higher education, Boston, 452 str.

COSTELLO, M. J., EMBLOW, C. S., WHITE, R. (urednici) (2001): European Register of Marine Species (ERMS), A check-list of marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification. Petrimoines naturels, Publications Scientifiques du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 50, 463 str.

ĆUKUŠIĆ, I. (2005): Speleoronilačko spašavanje, Instruktorski rad, <http://public.carnet.hr/speleo/speleoronjenje/speleoronjenje.html>

FAIRBANKS, R. G. (1989): A 17,000-year glacio-eustatic sea level record--influence of glacial melting rates on the Younger Dryas, event and deep-sea circulation. Nature, 342: 637-642.

FICHEZ R., (1990): Decrease in allochthonous organic inputs in dark submarine caves, connections with lowering in benthic community richness. Hydrobiologia, 207: 61-69. (IF:0,72).

FICHEZ R. (1991) Suspended particulate organic matter in a Mediterranean submarine cave. Marine Biology, 108 :167-174. (IF:1,84).

LITERATURA

FRANSEN, C. H. J. M. (1991): *Salmoneus sketi*, a new species of alpheid shrimp (Crustacea: Decapoda: Caridea) from submarine cave in the Adriatic. Zool. Med. Leiden, 65 (11): 171-179.

GRIESSINGER, J. M. (1971): Etude des Renierides de Méditerranée (Demosponges Haplosclerides). Bulletin du Muséum National d' Histoire Naturelle, Paris, 3 (3): 97-182.

HARME LIN, J. G. (1969): Bryozoaires des grottes sous-marines obscures de la région marseillaise, faunistique et ecologie. Tethys, 1 (3): 793-806.

HARME LIN, J. G. (1985): Bryozoan dominated assemblages in Mediterranean cryptic environments. U: Nielsen, C., Larwood, G. P. (urednici) Bryozoa: Ordovician to recent, Olsen & Olsen, Fredensborg, str. 135-143.

HARME LIN, J. G., VACELET, J. (1997): Clues to deep-sea biodiversity in a nearshore cave. Vie Milieu, 47 (4): 351-354.

HARME LIN, J. G., VACELET, J., VASSEUR, P. (1985): Les grottes sous-marines obscures: un milieu extrême et un remarquable biotope refuge. Tethys, 11(3-4): 214-229.

HOOPER, J. N. A. i VAN SOEST, R. W. M. (urednici) (2002): Systema Porifera, A Guide to the Classification of Sponges, Vol. 1. Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, 1101 str.

JARDAS, I. (1996): Jadranska ihtiofauna. Školska knjiga, Zagreb, 536 str.

JURAČIĆ, M., BENAC, Č., CRMARIĆ, R. (1999): Seabed and surface sediments map of the Kvarner Bay, Adriatic Sea, Croatia. Geologica Croatica, 52 (2): 131-140.

KEAREY, P., (1996): The New Penguin Dictionary of Geology, Penguin Books, London, 366 str.

LITERATURA

LABOREL, J. (1960): Contribution à l'étude directe des peuplements benthiques sciaphiles sur substrats rocheux en Méditerranée. Ce. Rec. Trav. St. mar. Endoume, 33(20): 117-173.

LABOREL, J., VACELET, J. (1958) : Etude des peuplements d'une grotte sousmarine de la region de Marseille. Bull. Inst. Oceanogr. Monaco, 1120: 1-20

LABOREL, J., VACELET, J. (1959): Les grottes sous-marines en Mediterranee. Comptes rendus de l'Académie des sciences, Paris, 248: 2619-2621.

NAUTIČKA KARTA HRVATSKE (2004): MK-13 Zadar. Hrvatski hidrografski institut - Split

PANSINI, M. (1987): Littoral Demosponges from the banks of the Strait of Sicily and the Alboran Sea. U: VACELET, J., BOURY-ESNAULT, N. (urednici): Taxonomy of Porifera from the N. E. Atlantic and Mediterranean Sea. NATO ASI Series, Series G, Ecological Sciences 13, Springer-Verlag, Berlin, str. 149-185.

PANSINI, M., PRONZATO, R. (1982): Distribuzione ed Ecologia dei Poriferi nella grotta di Mitigliano (Penisola Sorrentina). Bollettino dei Musei e degli Istituti biologici della Università di Genova, 50 (Suppl. 1): 287-293.

PARENZAN, P. (1970): Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Vol. 1, Ed. Bios Taras, Taranto, 283 str.

PARENZAN, P. (1974): Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Vol. 2 parte 1., Ed. Bios Taras, Taranto, 277 str.

PARENZAN, P. (1976): Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Vol. 2 parte 2., Ed. Bios Taras, Taranto, 278-546 str.

PÈRÈS, J. M. (1967): The Mediterranean benthos. Oceanog. Mar. Biol. ann. Rev., 5: 449-533.

LITERATURA

PÉRÈS, J. M., GAMULIN-BRIDA, H. (1973): Biološka oceanografija. Školska knjiga, Zagreb, 467 str.

PÉRÈS, J. M., PICARD, J. (1964): Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Mediterranee. Recueil des Travaux de la Station marine d'Endoume, 47 (Bull. 31): 5-137.

POPPE, G. T., GOTO, Y. (1991): European Seashells. Volume I (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastra, Gastropoda). Verlag C. Hemmen, Wiesbaden, 352 str.

POPPE, G. T., GOTO, Y. (1993): European Seashells. Volume II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda). Verlag C. Hemmen, Wiesbaden, 221 str.

PULITZER-FINALI, G. (1983): A collection of Mediterranean Demospongiae (Porifera) with, in appendix, a list of the Demospongiae hitherto recorded from the Mediterranean Sea. Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova, 84: 445–621.

PULITZER-FINALI, G., PRONZATO, R. (1977): Report on a collection of sponges from the Bay of Naples. II. Keratosa. Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli I, 40: 83-104.

RIEDL, R. (1983): Fauna und Flora des Mittelmeeres. 3.ed. Paul Parey, Hamburg i Berlin, 836 str.

RÜTZLER, K. (1965): Systematik und Ökologie der Poriferen aus Litoral-schattengebieten der Nordadria. Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere, 55: 1-82.

SURIĆ, M., JALŽIĆ, B., PETRICIOLI, D. (2007): Submerged speleothemes expect the unexpected. Examples from the eastern Adriatic coast (Croatia). Acta Carsologica, 36/3, 389-396

LITERATURA

SURIĆ, M., JURAČIĆ, M., HORVATINČIĆ, N., KRAJCAR BRONIĆ, I. (2005): Late Pleistocene - Holocene sea-level rise and the pattern of coastal karst inundation: records from submerged speleothems along the Eastern Adriatic Coast (Croatia). *Marine Geology*, 214 (1-3): 163-175.

TURK, T. (2007): *Pod gladino Mediterana*. Modrijan Založba, Ljubljana, 590 str.

VACELET, J. (1959): Répartition générale des Eponges et systématique des Eponges cornées de la région de Marseille et de quelques stations méditerranéennes. *Recueil des Travaux de la Station marine d'Endoume*, 16 (26): 39-101.

VACELET, J., BOURY-ESNAULT, N. (1996): A new species of carnivorous sponge (Demospongiae: Cladorhizidae) from a Mediterranean cave. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie*, 66 (suppl) str. 109-115.

VACELET, J., BOURY-ESNAULT, N., HARMELIN, J. G. (1994): Hexactinellid Cave, a unique deep-sea habitat in the scuba zone. *Deep-Sea Research Part I*, 41 (7): 965-973.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D., (2002): The Karst Dinarides are Composed of Relics of a Single Mesozoic Platform: Facts and Consequences. *Geologia Croatica*, 55/2: 171-183.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., MATIČEC, D., (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220: 333-360.

ZAVODNIK, D., ŠIMUNOVIĆ, A. (1997): *Beskralješnjaci morskog dna Jadrana*. Prirodna baština. IP "Svjetlost", Sarajevo, 217 str.