



Абиотични и биотични карактеристики на пештерата Убавица

(Ѓоновица -Северна Македонија)

од
Матиа Ианнела, Др. Пр.
Илариа Ваццарели, Б. Д.

Пештерата Убавица (со координати 41.702, 20.918), е лоцирана во југозападниот дел на Ѓоновица, село во општина Гостивар, беше истражено во текот на лето 2017 година.

Општ опис

Пештерата "Убавица" се наоѓа во една голема букова доминантна шума и има голем хоризонтален влез, што овозможува пристап до многу видови од надвор.

Првиот дел од пештерата е субхоризонтална, со влажност која не достигнува сатурација, најверојатно поради големиот влез и тунелот како морфологија.

Во вториот дел (до крајот на пештерата) низ целиот простор водата доминира (главен пештерски тунел), како и во под-просториите. Всушност таму има странични мали базени, каде што уште има вода и износот е варијабилен.

Главната галерија е поплавена со подземна река, која во просек води кон постојана брзина во сите делови на пештерата, со исклучок на водопадот, каде што протокот очигледно се зголемува. Протокот е спротивен во однос на влезот на пештерата (а со тоа и на патеката на пештерата); потокот завршува во сифон, кој прима и акумулира многу мали остатоци,.

Сите овие простории го фаворизираат присуството на видови прилагодени за живот во пештера, или кои не покажуваат никаква прилагодливост, но можат да ги искористат физичките и хемиските состојби пронајдени во внатрешноста.

Во овој документ, живите видови кои се наоѓаат на целната страница ќе бидат наведени врз основа на различни биолошки царства на кои припаѓаат. Исто така, ќе се пријават физички и хемиски карактеристики на воздухот и водата.

Абиотични фактори Воздух

Температурата на воздухот измерена во пештерата изнесува $10,6^{\circ}\text{C}$; влагата резултира со вредности близу до сатурација (во главниот дел на пештерата).

Вода

Температурата на водата е $9,3^{\circ}\text{C}$, со $\text{pH} = 7,20$, спроводливост = 299.4 и отпорност = 1.830 k Ω .



Фиг. 1 - Хемиска област анализи

Биотични фактори

Флора

Пештерата Убавица се отвора во голема букова шума; големата големина на влезот дозволува светлината да влезе неколку метри во главниот тунел. Како што се намалува светлината, растенијата постепено се намалува бројот и сложеноста. Во близина на влезот може да се најдат некои папрати; потоа, мов покрива некои големи карпи, и, конечно, зелените и црвените алги формираат тенок слој над малку осветлените карпи и сидови.

Фауна

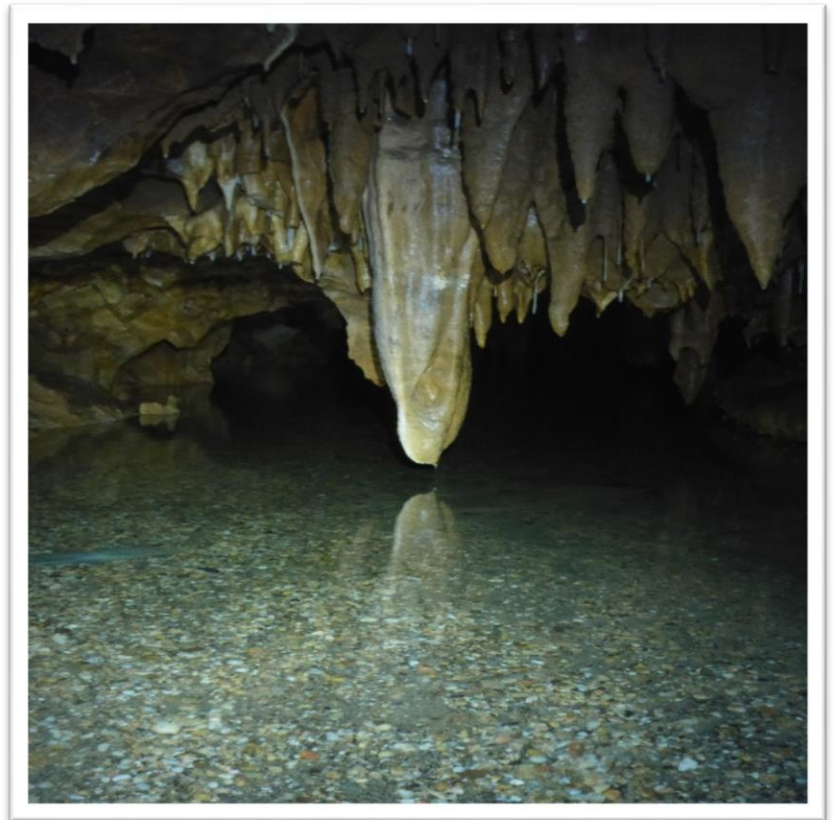
Следно, се пријавува список на сите таксони пронајдени во пештерата; за подобро организирање на секој наод, овие се поделени на 'рбетници и безрбетници. Понатаму, се користат категориите за адаптација на пештерите: троглоксини, троглофили и троглобити. Прво се опишуваат животните што живеат надвор од пештерата, кои можат да се најдат во неа вслучајно или за ограничено време (повремено);

Втората укажува на видовите што живеат во пештерите, но се принудени да одат надвор барем за една од нивните витални активности (на пример, хранење, репродукција); подоцна ги опишува целосно прилагодените видови за живот во пештера, без контакти со "површината" средина. Водните видови исто така се наведени со исти критериуми, пријавени на сличен начин, како стигоксини, стигофили и стигобити. Со оглед на доминацијата на водата во внатрешноста на пештерата Убавица, посебно внимание се однесуваше на описот на фауната на подземните води.



Фигура 2 - Почетна лабораториска поставеност и прво сортирање на примероци

Фигура 3 - Проток на вода во главниот дел на Убавица



Безрбетници

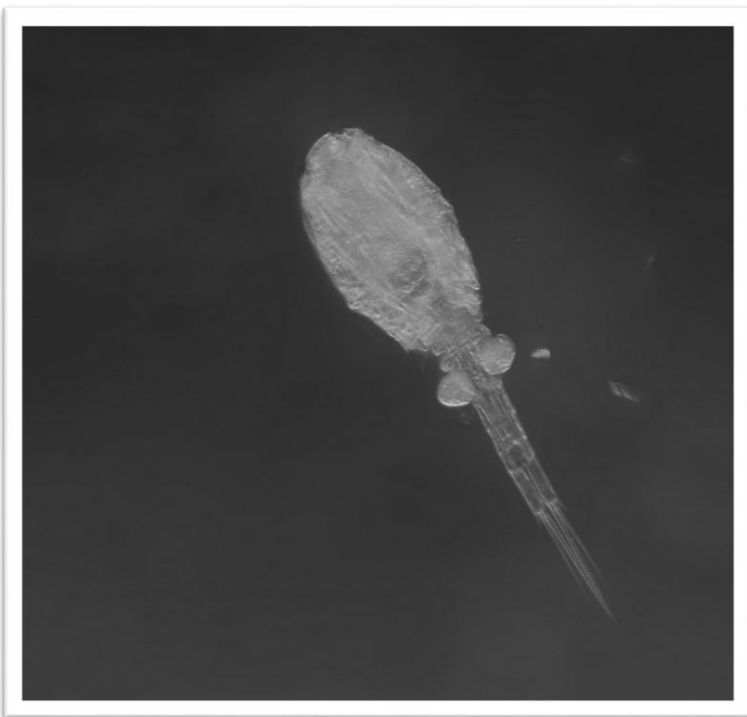
Фауната на подземната вода на пештерата Убавица

Познато е дека подземните води опфаќаат неколку видови животни (и 'рбетници и без'рбетници), protists и бактерии кои го поминуваат својот живот во подземните води, или трајно или привремено, исто така имаат интеракција едни со други и со абиотските карактеристики на животната средина. Широка низа безрбетници живее во подземните води: Platyhelminthes, Nematoda, Annelida (со само еден полихетски вид познат од свежите подземни води: *Troglochaetus beranecki* (Делашо, 1921), Clitellata (Oligochaeta и Irudinida), Мекотел. Субфилиумот Crustacea е далеку најобемна и богата од видови од сите групи

на хабитати на подземните води, и во најголем дел се претставени од копеподи, остракоди, амфиподи, изоподи, синкарди, термобањаци и декаподи. Фауната на подземните води станува клучно прашање за поставување на приоритетите за зачувување во подземните простори во целина, бидејќи повеќето видови се ретки во поглед на обемот на појавата и изобилство, при што честопати имаат првенство во поставувањето приоритети за зачувување на подземните води низ целиот светот. И покрај нивната релевантност, биодиверзитетот на подземните средини е само неполно познат, а за некои географски области, сосема непознат, со што се зголемува недостатокот на Раковицан (Ficetola et al., 2019). Балканската област е една од главните жаришта на биодиверзитетот на подземните води, поради неговата многу древна геолошка историја и нејзините хетерогени геолошки карактеристики. Со цел да се фрли нова светлина во некои региони речиси целосно непознати, се истражуваше заситениот водоносен слој на пештерата Убавица со цел да се процени присуството на фауната на подземните води во различни типови хабитати евентуално откриени во оваа пештера. Фауната на подземните води е составена од видови кои, се базираат на степенот на зависност од самата подземна вода. Видовите на стигсонски се епигански видови кои можат да живеат и исто така да се репродуцираат во подземните води, иако тие не се ексклузивни за оваа средина, туку активно или пасивно доаѓаат од површината. Овие видови можат да влијаат на функционирањето на подземните средини, дури и ако тие не претставуваат како ексклузивни и стабилна компонента на подземната фауна.

СТИГОФИЛНИТЕ ВИДОВИ СЕ ИСТО ТАКА ЕПИГАНИ, но во споредба со стиггоценските видови, тие имаат повеќе афинитет за подземната средина, каде што често наоѓаат заштита од неповолни услови на површинските средини; во подземните води тие можат активно да ги експлоатираат трофичните ресурси, а особено да избегнуваат предатори. Најчесто тие покажуваат преадаптивни особини за живот во подземните води: намалена телесна големина, депигментација, анофталмија или микрофталмија. Стигобитите се видови кои го комплетираат целиот животен циклус во подземните води и вршат депигментација на телото, недостаток на очите, продолжување на телото, намалување на бројот или должината на пливачките додатоци и тенденција за минијатуризација (Gibert et al., 1994; Galassi, 2001; Tomlinson et al., 2007; Galassi et al., 2009). Во водоносните слоеви стигобиотичните видови живеат постојано (Gibert et al., 1994).

Покрај тоа, подземната водна фауна се карактеризира со видлива претстава на филогенетски реликти (таксоните се исчезнати во различни региони на Земјата и во која било друга површинска средина, денес со дистрибуција на точката, понекогаш дисјунктна дистрибуција, единствените остатоци од античките епигеолошки филогенетски линии - често наречени "живи фосили") (на пример, целиот поредок на Copepoda Gelyelloida и Crustacea Remipedia) и дистрибутивни реликти (таксоните со дисјунктна дистрибуција, сега присутни во некои биогеографски региони во површинските средини, а во други региони само во подземните води).



Фигура 4 - Copepoda
Cyclopoida *Diacyclops* sp.

Гла вни резултати

Фауната на подземните води беше земена со мостра со рачна мрежа (големина на мрежа = 60 μm) и зачувана во 80% раствор на етилен алкохол. Примероците се сортираа, секогаш кога е можно идентификувано на нивоата на видовите, и се доделуваат на три еколошки категории: стигексени, стигофили и стигобит.и

Вкупно се пронајдени три видови копепод и еден амфипод, од кои три се стигобит.и

Идентификацијата на нивоата на видовите на две таксони е сеуште во тек и тие се означуваат како "сп." На следнава листа поради малиот број на собрани примероци и отсуството на возрасни женки од родот *Diacyclops* во примероците.

Подкласа Еумалакостраца

Нарачка Amphipoda Latreille, 1816

Фамилија Niphargidae Bousfield, 1977

Род *Niphargus* Schiödte, 1849

Niphargus sp.

Подкласа Copepoda Milne Edwards, 1840

Нарачка Cyclopoida Burmeister, 1834

Род Cyclopidae Rafinesque, 1815

Род *Diacyclops* Kiefer, 1927

Diacyclops sp.

Нарачка Harpacticoida Sars M., 1903

Фамилија Canthocamptidae Brady, 1880

Род *Bryocamptus* Chappuis, 1929

Bryocamptus (Rheocamptus) zschokkei zschokkei (Schmeil, 1893)

Bryocamptus (Rheocamptus) unisaetosus Kiefer, 1930

Амфиподот *Niphargus* е најраспространетиот род во европските подземни води, видовите кои се припишуваат на овој род се зголемуваат бројно поради неодамнешното откривање на голем број криптични видови. Присуството на овој род во пештерата е непознато и се испратени до специјалистите на групата. Во очекување на дефинитивните видови, видот се пријавува како неидентификуван.



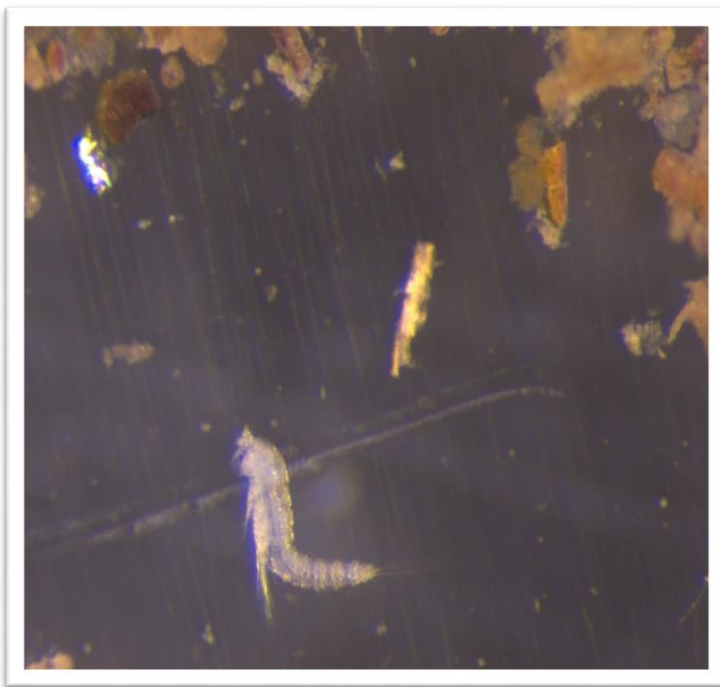
Фигура 5 - *Niphargus* sp.

Crustacea Соперода беа најразновидната и изобилна група во пештерата.

Родот *Diasyclops* е познат со околу 100 видови на стигобиотици збирката на младежи и еден маж само не спречат нам да ја доделиме собраната популација на било кој вид. Харпактикоидниот Бриокамптус (*Rheocamptus*) *zschokkei* е вид на стигсоксен, широко распространет во речиси сите видови хабитати во површинските води и често се собира во подземните води. Видовите покажуваат широка еколошка толеранција и најверојатно можат привремено да преживеат и во подземните води. *Bryocamptus* (*Rheocamptus*) *unisaetosus* е вистински стигобиотичен вид, покажувајќи енигматична дистрибуција, претежно собрана во Источна Европа, истотака се

регистрирани од Италија и Франција. Се чини дека видовите покажуваат релатив висок став кон расфрлањето, а неговата екологија е слабо позната.

Екосистемите на подземните води имаат биодиверзитет со голема внатрешна вредност за конзервација (Mammola et al., 2019), бидејќи тие се составени од ретки видови, често ендемични и особено ранливи. Многу од овие системи се сметаат за изложени на ризик во сите земји на Европската Унија. Подземните екосистеми заслужуваат заштита од различни причини: 1) водоносните слоеви претставуваат примарен извор на поддршка за другите екосистеми кои зависат од придонесот на подземните води; следствено, нивното менување се одразува на сите поврзани екосистеми; 2) заедниците што живеат во водоносни слоеви (особено стегобитите) покажуваат висок степен на ранливост поради нивната ниска еластичност; и, според тоа, реставрација на условите пред појавата на даденото влијание би било значително одложено со текот на времето, ако не и невозможно.



Фигура 6 - *Bryocamptus*
(*Rheocamptus*) *zschokkei zschokkei*
sp.

Терестријалната Фауна на Пештерата Убавица

Високата разновидност на под-околините кои можат да се најдат во внатрешноста на пештерите ја рефлектираат специјализацијата што фауната ја достигнала за време на нејзината еволуција. Во пештерата Убавица, со оглед на големата веројатност што фауната треба да ја внесе, се пронајдени неколку троглоксини; исто така, беа пронајдени некои троглофили и троглобити.

Главни резултати

За доброто на краткоста, краткиот список на троглоксини е прикажан подолу, сметајќи ги само таксоните кои обично се наоѓаат во влезовите на пештерите и / или необични појави:

Phylum Arthropoda

Family Limoniidae Speiser, 1909 as Insecta

Order Diptera Linnaeus, 1758

Infraorder Tipulomorpha Rohdendorf, 1946

Phylum Arthropoda

Класа Arachnida

Нарачка Araneae Clerck, 1757

Фамилија Sparassidae Bertkau, 1872

Род *Micrommata* Latreille, 1804

Видови *Micrommata* sp.

Понатаму, беа пронајдени и некои без'рбетнички троглофили:

Phylum Mollusca

Subphylum Conchifera

Класа Gastropoda

Нарачка Stylommatophora Schmidt, 1855

Фамилија Oxuchilidae (Hesse in Geyer, 1927 (1879))

Род *Oxuchilus* (Fitzinger, 1833)

Видови *Oxuchilus* sp.

Phylum Arthropoda

Класа Arachnida

Нарачка Araneae Clerck, 1757

Фамилија Tetragnathidae Menge, 1866

Род *Meta* Koch, 1836

Видови *Meta menardi* (Latreille, 1804)

Фигура 7 - *Meta menardi*



Недостатокот на очи и депигментацијата на некои животни пронајдени во внатрешноста на пештерата, во средината на копнената зона (наменета како област на пештерата пред целосно поплавениот дел), ја отсликува фауната која се наоѓа како троглобити. Особено, беше пронајден еден единствен вид, кој во моментот се изучува од страна на специјалисти, бидејќи може да резултира како нов вид за науката:

Phylum Arthropoda

Класа Insecta

Нарачка Coleoptera

Subfamily Cholevinae Kirby, 1837 Фамилија Leiodidae Fleming, 1821

Племи Leptodirini Lacordaire, 1854

Род *Ceutophyes* Jeannel, 1924

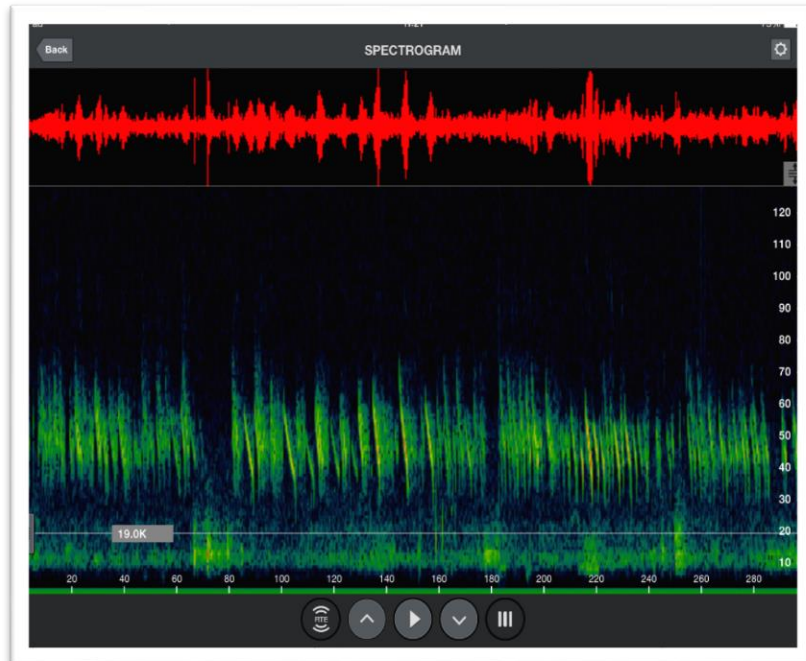
Видови *Ceutophyes* sp. n. (?)

'Рбетници

Сте рбетници што се во пештерата Убавица се троглоксини тропф ли
е, така, затоа рбетниците д рбетници се ретки во тесна дистри
буција. На пример, олм (*Proteus anguinus*) се наоѓа на Балканот, но нејзината јужна
дистрибуција е ограничена само во Хрватска и Босна и Херцеговина.
За троглоксините, на влезот на пештерата биле пронајдени знаци на диви животни,
а видовите што им припаѓаат се Црвена Лисица (*Вулпес вулпс*) и европски јазовец
(*Meles meles*).

Главни резултати

Најважните рбетници кои се наоѓаат во пештерата Убавица, во однос на
конзервација, се Chiroptera. Преку употреба на детектор на лилјаци (Echo Meter
Touch од акустиката на дивниот свет), пронајдени се 7 видови на влезот и во
темната зона на пештерата Убавица.



Фигура 8 – Хипротера спектрограм снимен во пештерата Убавица која припаѓа на *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817)

Класа Маммалиа

Нарачка Chiroptera

Фамилија Rhinolophidae

Род *Rhinolophus*

Видови *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774)

Класа Маммалиа

Нарачка Chiroptera

Фамилија Rhinolophidae

Род *Rhinolophus*

Видови *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800)

Класа Mammalia
Нарачка Chiroptera
Фамилија Vespertilionidae
Род *Nyctalus*
Видови *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817)

Класа Mammalia
Нарачка Chiroptera
Фамилија Vespertilionidae
Род *Myotis*
Видови *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817)

Класа Mammalia
Нарачка Chiroptera
Фамилија Vespertilionidae
Род *Myotis*
Вид *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817)

Класа Mammalia
Нарачка Chiroptera
Фамилија Vespertilionidae
Род *Pipistrellus*
Вид *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774)

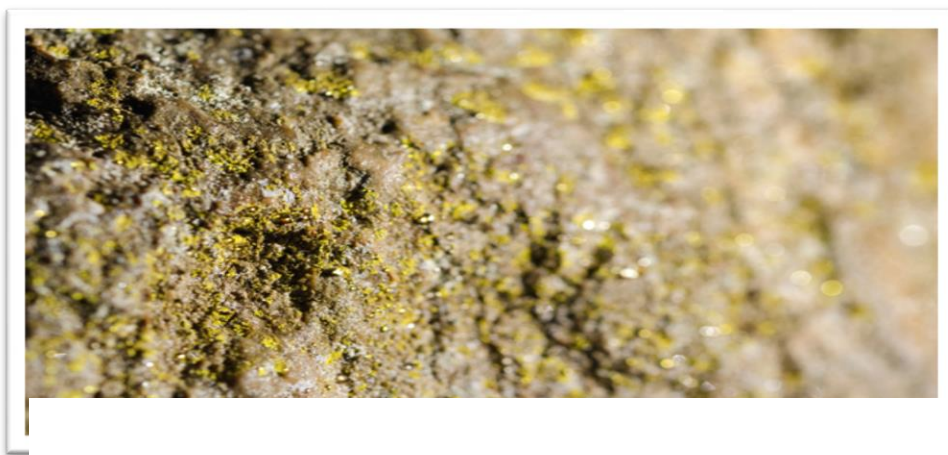
Повеќето од Chiroptera пронајдени во пештерата Убавица покажуваат тренд на опаѓање (извор: iucnredlist.com), со исклучок на *Myotis daubentonii*, *Pipistrellus pipistrellus* и *P. pygmaeus*.

Микрофлора

Благодарение на широката метаболна разновидност и извонредната способност да се прилагодат на екстремните услови во животната средина, микроорганизмите успеваат да ја колонизираат секоја еколошка ниша достапна во Земјата. Во подземните средини, микроорганизмите се способни да се размножуваат во трчање, мирување или додека водата капе, во земјата, на сидовите и таваните, во конкрециите; тие, исто така, комуницираат со подлогата на која живеат и го менуваат нивниот хемиски состав, предизвикувајќи промени во структурата на карпата.

Дифузијата на подземната микрофлора варира во голема мера од пештера до пештера, дури и во истата пештера, во однос на специфичните хемиско-физички параметри.

Општо земено, пештерите се поврзани надворешно; врз основа на пенетрацијата и интензитетот на светлина, можеме да направиме разлика помеѓу три главни *микро-хабитати*: влезот, самракот и темните зони. Во секоја од овие области, хемиско-физичките параметри можат значително да се променат, да влијаат врз дистрибуцијата и составот на микробиолошките колонии. На пример, присуството на вода претставува важен услов за растот на микробиолошките *биофилми*. Различни микробни закрпи обично се забележани на места тесно поврзани со водата, како точки на поголема кондензација или во близина на интензивни инфилтрации во вода, или во пештери во кои се наоѓаат реките, потоци, езера или сифони внатре.



Фигура 9 - Жолт биофилм

Во карстните пештери некои микробни заедници може да се видат со голо око. Всушност, онаму каде што условите се соодветни, колониите можат да се зголемат значително, за да ги покриваат целите ѕидови. Микробилните душеци може да се најдат и во близина на влезот и во сосема темни зони. *Закрпите* можат да покажат различни бои, на пр. бела, жолта, розова, сива, светло сина и јоргована.

Компаративната студија за жолти биофилми, пронајдени во три географски различни пештери во Европа (Алтамира, Слуп - Шошувка и Пасараева), го истакнаа постоењето на заедничкото *јадро* на микроорганизми; исто така, се чини дека дистрибутивниот модел е под влијание на достапноста на хранливите материи.

Друг интересен феномен е поврзан со капките од вода што се кондензираат на ѕидови и тавани. Кога капките се изложени на извор на светлина, како што е LED светло, постои слабо сребрено или златно флуоресцентно одразување; овие посебни формации се нарекуваат "пештерско злато" или "пештерско сребро", врз основа на рефлектираната боја (Фиг. 9). Подземната микрофлора вклучува бројни видови кои припаѓаат на доменот на *Бактеријата* и некои поретки претставници кои припаѓаат на доменот на *Археја*.

Бактерија

Proteobacteria Speleothems. Доминантната фила во спелеотемите е резултат на:

Actinobacteria

Proteobacteria

Acidobacteria

Firmicutes

Доминантната фила (Proteobacteria и Actinobacteria) покажуваат добра приспособливост во услови на глад. Членовите на *Actinobacteria* се исто така познати по нивната способност да ги деградираат неподвижните соединенија како лигнин и за нивната способност да ги растворат карбонатите.

Седименти. Најзастапена *фила* во пештерските седименти се:

Actinobacteria

Proteobacteria

Verrucomicrobia

Acidobacteria

Археа

Во однос на доменот на *Археја*, најчесто идентификуваните таксони припаѓаат на фила *Crenarchaeota* и *Euryarchaeota*.

Микрофлора земена во пештерата Убавица

Различни *биофилми* се земени во примероци во различни делови на пештерата (влезот, самракот и темната зона). Во овие зони беа измерени абиотичките параметри. Примероците беа реплицирани со два различни методи и сочувани преку различни протоколи.



Фигура 10 -
Микробиолошки
мостри

Стандарден метод: замрзнување на примероци

Експериментален метод: користење на RNAlater реагенс. (RNAlater е воден нетоксичен реагенс за складирање на ткива кој брзо го провлекува ткивото за да се стабилизира и заштити клеточната РНА in situ во незамрзените примероци).

Податоците за микробиолошките колонии кои се наоѓаат во внатрешноста на пештерата Убавица беа исто така вклучени во меѓународната база на податоци за подземна микрофлора “*Cave Microbial Survey*”.

Париетските микробиолошки подлоги пронајдени во пештерата Убавица (Фиг. 2) се следните:

Влез. Бело, Жолто

Самрак. Бела, жолто, розова

Темна. Бела

Овие биофилмови потенцијално можат да одговараат на *филата* наведена погоре (види Бактерија и Археја).



Фигура 11 - Rhinolophus hipposideros

Препораки за управување за конзерваторски цели

Пештерата Убавица во својата прва проценка покажа добра сорта/реткост во живите организми, особено за троглофилите и троглобитите, како и за фауната на подземните води. Chiroptera користење на пештерата се пријавени како намалување во текот на нивната дистрибуција, со исклучок на три видови; со исклучок на двата вида кои припаѓаат на родот *Pipistrellus*, присуството на *Myotis daubentonii* е интересно бидејќи пештерата на Убавица е на работ на видовите.

Карактеристиките на водата покажуваат ниска соленост, со 'просечна' pH вредност и постојан проток. Две карактеристики дозволуваат колонизација на подземните води без'рбетници, одржувајќи деликатна рамнотежа.

Исто така, важно е присуството на пештерата во шумата, бидејќи засолнува многу троглоксини и лилјаци, кои покажуваат тренд на опаѓање во светот. Со оглед на сите собрани податоци, може да се направат некои препораки за зачувување на природниот статус на пештерата Убавица. За да се одржи природниот степен на водната животна средина, треба да се избегнуваат зафати на вода и сите варијации на подземниот проток. Исто така, без да се обрне внимание при престој во пештерата можно е нарушување на хибернирачките лилјаци за време на студените месеци .

Треба секогаш да се избегнуваат "масовни" пештерски посети (и истражувања), особено во текот на зимата, кога лилјациите се хибернираат и на тој начин се особено чувствителни на бучава и промени во температурата што посетителите ги носат.

Од друга страна, интелегентната употреба на пештерата за еколошки цели може да ја зголеми свеста за зачувување и одржливост на природата

Филогенетската анализа на париеалните колонии пронајдени во различни пештери покажале сличност со микробиолошките заедници кои растат во пештери со дискретно антропо влијание: овој аспект може да обезбеди важни информации за да се разберат деликатните подземни биланси и нејзините потенцијални нерамноправности. Навистина, проучувањето на процесите на дисперзија на микроорганизми добива се повеќе и повеќе значење во проучувањето на пештерите, бидејќи може да ги зајакне програмите за следење и да обезбеди

поцелосен поглед на целиот подземни систем, со цел да се промовира соодветно управување и да се подобрат стратегиите за зачувување.

Овие истраги се од суштинско значење за да се спречи штетата поврзана со неточни или површни решенија за управување; преку правилно управување со микрофлората, можно е да се избегне или интервенира на непријатно боење или биодиреоризација на спелеотемите колонизирани од туѓите растенија и микроорганизми.

Друг важен аспект е поврзан со здравјето на луѓето, проучувањето на механизмите за дисперзија е клучно за да се објасни ширењето на патогени габи и бактерии за луѓето и животните.

Во однос на еколошкиот аспект, микроорганизмите, особено бактериите и габите, играат клучна улога како декомпонирачи. Многу екосистеми на Земјата покажуваат синџири за храна базирани на распаѓање на органски материјали, вклучувајќи и пештери. Ако декомпозиторите се оштетени или отстранети, организмите кои се повисоки во синџирот на исхрана можат следствено да страдаат негативно.

Покрај тоа, бактериите често се користат за биоремедијација на контаминирани воденосни слоеви. Подземните води се основен ресурс и живеалиште за различни заедници на организми. Во подземните води, на пример, микроорганизмите кои се изобилуваат и се дистрибуираат насекаде, може да се користат како одлични биоиндикатори. Покрај тоа, комбинираната студија на микроорганизми и стигофауна може да доведе до ефикасен индекс на ранливост на подземните води и во иднина би можело да биде корисна алатка за управување со квалитетот на водата. Ова, значи, зачувувањето на микро-хабитати на Убавица е клучно за одржување на сите рамнотежи кои го регулираат животот во пештерата; тогаш треба да се избегнува високата фреквенција или употребата на светло подолго време во пештерата, за да се избегнат вознемирувањата или можни негативни влијанија врз сите живи организми.

Благодарност

Авторите се особено благодарни до Проф. Диана Галаси¹ и Др.Барбара Фиасца¹ кои ја идентификуваа и опишаа екологијата и карактеристиките на примероците на подземните води и до Проф. Мауризио Бионди¹ за неговите скапоцени сугестии во изготвувањето на овој извештај.

¹Сектор за Здравство, Живот, и Наука за животна средина, Универзитет на Аќуила, Италија

Референции

- Engel, A. S. (2010). Microbial diversity of cave ecosystems. In *Geomicrobiology: Molecular and Environmental Perspective* (pp. 219-238). Springer, Dordrecht.
- Ficetola G.F., Canedoli C. & Stoch F. (2019). The Racovitza impediment and the hidden biodiversity of unexplored environments. *Conserv Biol.* 33(1):214-216.
- Galassi D. M. P. (2001). Groundwater copepods: diversity patterns over ecological and evolutionary scales. *Hydrobiologia* 453/454, 227–253.
- Galassi D. M. P., Huys R. & Reid J. W. (2009). Diversity, ecology and evolution of groundwater copepods. *Freshwater Biol.* 54, 691–708.
- Gibert J., Stanford J. A., Dole-Olivier M.J. & Ward J. V. (1994). *Basic Attributes of Groundwater Ecosystems and Prospects for Research Groundwater ecology* (Janine Gibert, Dan L. Danielopol & Jack A. Stanford Eds). 571 pp Academic Press, San Diego.
- Lee, N. M., Meisinger, D. B., Aubrecht, R., Kovacik, L., Saiz-Jimenez, C., Baskar, S. & Engel, A. S. (2012). 16 Caves and Karst Environments. *Life at extremes: environments, organisms, and strategies for survival.*, 1, 320.
- Mammola S., Cardoso P., Culver D. C et al. (2019). Scientists' warning on the conservation of subterranean ecosystems. *BioScience* DOI:10.1093/biosci/biz064

- Mulec, J., Oarga-Mulec, A., Tomazin, R., & Matos, T. (2015). Characterization and fluorescence of yellow biofilms in karst caves, southwest Slovenia. *Int J Speleol*, 44(2), 9.
- Porca, E., Jurado, V., Žgur-Bertok, D., Saiz-Jimenez, C., & Pašić, L. (2012). Comparative analysis of yellow microbial communities growing on the walls of geographically distinct caves indicates a common core of microorganisms involved in their formation. *FEMS microb ecol*, 81(1), 255-266.
- Saiz-Jimenez, C. (2012). Microbiological and environmental issues in show caves. *World J microb biotec*, 28(7), 2453-2464.
- Tomczyk-Żak, K., & Zielenkiewicz, U. (2016). Microbial diversity in caves. *Geomicrob J*, 33(1), 20-38.
- Tomlinson, M., Boulton, A. J., Hancock, P. J. & Cook, P. G. (2007). Deliberate omission or unfortunate oversight: should stygofaunal surveys be included in routine groundwater monitoring programs? *Hydrogeol J*, 15, 1317–1320.