

Svjetlo, Habib! Svjetlo!

Manita peć u Paklenici i Grapčeva špilja na Hvaru – prve hrvatske špilje osvjetljene solarnom energijom

Juraj Posarić

Prolog

Naslov ovoga članka je uvodna rečenica iz poznatog Bessonovog filma »Peti element«, kojom stari profesor arheologije poziva svojega usnulog arapskog pomoćnika da zrcalom usmjeri sunčevo svjetlo s ulaza podzemnog hrama prema tajanstvenim znakovima o kojima ovisi sudbina svijeta.

Film je fikcija koja ima realnih povijesnih elemenata: sunčevo svjetlo se koristilo za osvjetljavanje mračnih prirodnih ili umjetnih podzemnih prostora još od ljudskih početaka; prva zrcala su bile vodene površine, a od otkrića kovina u bakrenom dobu (eneolitiku, oko 3000 g. pr.K.) i uglačane kovinske ploče.

Iako je u vrijeme koje opisuje uvodna sekvenca (1914. godina) električna struja u svijetu bila već u masovnoj primjeni, razlog korištenja sunčeve svjetlosti bio je u mjestu zbivanja – usamljenom monolitu negdje u Sahari, stotinama kilometara daleko od najbližeg izvora struje.

U novije vrijeme, sve do nedavno, problem osvjetljavanja objekata udaljenih od javnih električnih mreža rješavao se generatorima pogonjenih motorima s unutarnjim sagorijevanjem – diesel ili benzinskim agregatima.

Uvod

Do 2007. godine većina turistički uređenih špilja s ugrađenom električnom rasvjetom u Hrvatskoj dobivala je energiju iz javne električne mreže, jer su smještene u blizini naselja ili magistralnih i lokalnih dalekovoda, s izuzetkom Manite peći u Paklenici, špilje Samograd kod Perušića i špilje Biserujke kod Rudina na Krku koje se napajaju iz diesel-električnog agregata.

Problemi dieselskog pogona u prirodi

Dieselski motor je stroj s unutarnjim sagorijevanjem koji za svoj rad koristi fosilno gorivo – derivat nafte, sredstvo za podmazivanje – motorno ulje (isto derivat nafte) i sredstvo za hlađenje (zrak, voda, glikolni antifriz – u konačnici zrak), a svojim radom osim korisne mehaničke energije stvara još i otpadnu toplinu (60-70% od energije dobivene izgaranjem goriva), otpadne plinove (CO₂, CO, H₂O, SO_x, NO_x, C – čađa), vibracije i buku.

Osim samog rada ti motori predstavljaju poseban problem i zbog nužnog transporta goriva i maziva, zamjene maziva, mogućnosti nezgoda i onečišćenja okoliša, što je još posebno naglašeno činjenicom da se takvi strojevi nalaze uz strogo zaštićene dijelove prirode ili u njima (špilja Manita peć se nalazi u temeljnom fenomenu Nacionalnog parka »Paklenica«).

Klasične žarulje, energetska učinkovitost i zeleni obraštaji

Većina hrvatskih turističkih špilja s ugrađenom rasvjetom kao izvore svjetlosti koristi klasične žarulje s W-niti u staklenom balonu različitih snaga, ali s istim stupnjem pretvorbe električne energije u vidljivu svjetlost od 5% (95% se pretvara u toplinu), iako se može naći i drugih izvora (halogene žarulje, živine visokotlačne cijevi i sl.).

Većina instalacija električne rasvjete izvedena je u skladu s propisima za takve uređaje,

Tablica 1 - Pregled učinkovitosti nekih izvora svjetlosti

Vrsta izvora	Učinkovitost (lm/W)
svijeća	0.3
40 W obična žarulja, W-nit	12.6
100 W obična žarulja, W-nit	13.8
100 W halogena žarulja, W-nit	16.7
kvarc halogena (12-24V)	24
5–24 W kompaktna fluorescentna cijev	45–60
36 W fluorescentna cijev	do 93
bijela LED	10 do 90
visokotlačna natrijska cijev (monokromno svjetlo)	150

ali bez svjetlotehničkog projekta, tako da se danas u nekoliko hrvatskih špilja nalazi zelenih obraštaja: u špilji Vrlovki kod Kamanja, špilji Lokvarki kod Lokava, špilji Vrelo u Fužinama, špilji Vranjači kod Dugopolja i, najdrastičnije, u Biserujki (Vitezića špilji) na otoku Krku.

Žarulje novog vremena – štedne cijevi i LED

Od 50-ih do 90-ih godina prošlog stoljeća svjetlotehnika je doživjela snažan razvoj koji je na tržište stavio mnogo novih vrlo učinkovitih izvora svjetla, a posebice na području kompaktnih fluorescentnih cijevi (KFC) i svjetloemitirajućih dioda (engl. Light Emitting Diode – LED). Svrha je toga razvoja bila povećanje stupnja pretvorbe električne energije u svjetlost u odnosu na klasične žarulje ($\eta = 13-15 \text{ lm/W}$) do $\eta = 60-100 \text{ lm/W}$ kod KFC.

Pregled učinkovitosti nekih izvora svjetlosti vidljiv je iz Tablice 1.

Prvi takvi, učinkoviti izvori svjetla (koje zbog ušteda energije nazivaju još i štednim žaruljama) ugrađeni su 2003. godine u špilju Veternicu kraj Zagreba i jamu Baredine kod Nove Vasi u Istri.

Fotonaponski generatori

Svojstvo nekih kemijskih elemenata i spojeva (najčešće Si i Se) da pod utjecajem svjetlosti proizvode električnu struju poznato je više od 100 godina (A. Einstein je 1922. dobio Nobelovu nagradu za fizičko tumačenje te pojave koja se naziva fotoelektrični efekt), ali je praktična primjena započela mnogo kasnije, 50-ih godina prošlog stoljeća, kada je

razvoj svemirske tehnologije tražio trajne i neovisne izvore električnog napajanja za prve umjetne satelite. Tada su nastale današnje fotonaponske ploče (koje se pogrešno nazivaju i solarnim). Do 2007. godine u Hrvatskoj takvi izvori napajanja nisu korišteni ni za jednu uređenu špilju. Sklop fotonaponskih ploča, akumulatora, pretvarača i prateće elektronike energetičari nazivaju fotonaponskim generatorom.

Projekti učinkovite rasvjete

Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost Republike Hrvatske raspisao je 15. srpnja 2006. natječaj za financiranje projekata čijom bi se provedbom, između ostalog, smanjila potrošnja energenata kod postojećih objekata ili zahvata, korištenjem novih tehnologija, sredstava i izvora energije. Za taj su natječaj bile zainteresirane i neke javne ustanove koje upravljaju zaštićenim dijelovima prirode, a među njima i špiljama.

Počela natječajnih projekata opisana su u uvodnom dijelu ovoga članka, a sastojala su se u preuređenju sustava rasvjete korištenjem učinkovitih izvora svjetlosti, tako da se potrebna električna snaga smanji 5 - 7 puta uz dopušten svjetlosni tok i spektar svjetlosti, što će pak, omogućiti napajanje rasvjete fotonaponskim generatorom (pločama) i ukloniti ekološki neprihvatljiv dieselski pogon iz strogo zaštićenih dijelova prirode.

Za prve objekte u kojima će se projekti provesti odabrane su Manita peć u Paklenici i Grapčeva špilja kod Humca na otoku Hvaru.

Iz prikazanoga apsorpcijskog spektra klorofila u području vidljive svjetlosti (400-700 nm) uočava se da su najjače apsorpcije u ljubičasto-plavom području (400-440 nm) te crvenom (maksimum 660 nm).

Maksimum pri 660 nm (crvena svjetlost) uzrokom je zelene boje biljaka, jer nakon te apsorpcije iz »bijele« svjetlosti u vidljivom dijelu spektra ostaje komplementarna zelena boja koju vidimo.

Apsorpcije u plavo-ljubičastom dijelu spektra su odgovorne za energetska namiru biljaka u fotosintezi, s obzirom da su fotoni svjetlosti tih valnih duljina za skoro 2 reda veličine (oko 45 kJ/mol) bogatiji energijom od fotona crvene svjetlosti.

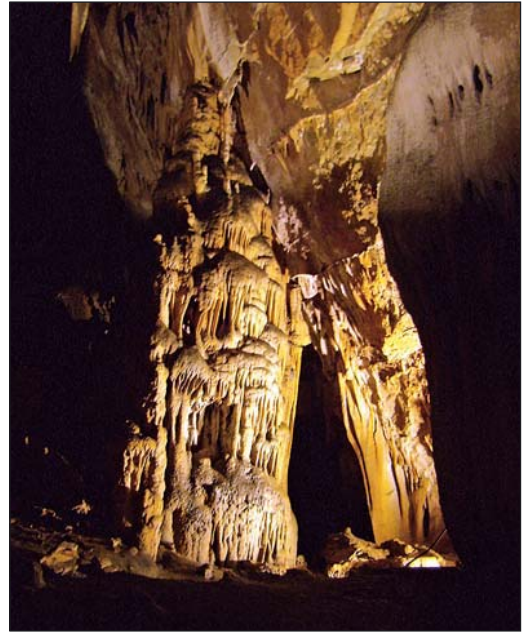
Kako bi se spriječio proces fotosinteze, izvori svjetla koji će biti korišteni u speleološkim objektima ne bi smjeli sadržavati, ili trebaju sadržavati što manje, tih valnih duljina svjetla.

Klasični izvori svjetla (žarulje s W-niti, halogene i sl.) koji se griju do žarenja, emitiraju kontinuirani spektar zračenja sukladno Planckovom zakonu o zračenju crnog tijela, čiji intenzitet valnih duljina ovisi o temperaturi izvora koja se izražava u Kelvinima (K), što se još naziva i temperaturom boje.

U aproksimaciji zračenja crnog tijela najveća dopuštena temperatura boje u speleološkim objektima je 3200 K, odnosno, preporučena je 2700 K, kakve su i specifikacije većine komercijalnih izvora svjetla: klasična žarulja, fluorescentna cijev (FC) »žuta«, kompaktna fluorescentna cijev (CFC) 827 s klasičnim starterom i prigušnicom ili posebnom ugrađenom elektronskom predspojnom napravom (npr. »krijesnica«), štedna FC 827 s ugrađenom elektronskom predspojnom napravom.

Najnovija generacija kompaktnih fluorescentnih cijevi s elektronskim predspojnim napravama oponaša svjetlo kontinuiranog spektra, a proizvođači po konvenciji specificiraju temperaturu boje i faktor uzvratu boje troznamenkastim oznakama, npr. 827, gdje 8 znači da je izvor spektralno 80% ili više vjeran kontinuiranom izvoru svjetla koji bi imao (druge dvije znamenke) temperaturu boje od 2700 K.

Maksimalno dopuštena oznaka izvora koji će se koristiti u speleološkim objektima je 830 (3000 K).



Aдекватno osvjetljenje nužno je za turističko predstavljanje špilje (Manita peć)

Rasvjetljaj (ekspozicija, doza)

Bez obzira na povoljne spektralne značajke izvora (smanjen udio valnih duljina pri 440 i 660 nm) u speleološkim objektima može doći do pojave zelenih obraštaja ako se prijede određena ekspozicija (ukupno unesena energija, doza) svjetla. Ne sasvim točna, ali praktična veličina koja je utvrđena mjerenjima za ekspoziciju je »luks-sat« [lx h].

Granična vrijednost dnevnog rasvjetlaja, za prirodno ventilirane speleološke objekte s relativnom vlagom od 85–98% i temperaturom od 4–9 °C iznosi 640 lx h, što znači, da upadna rasvjeta izoliranog jače osvijetljenog mjesta u špilji koja se koristi 8 sati dnevno ne smije prijeći 80 lx.

Nužna rasvjeta staze (1 lx)

Za nesmetano kretanje posjetitelja po stazi mora se osigurati nužna rasvjeta gazne plohe. Prihvaćena norma je 1 lx (propisana je u zaštiti na radu).

Nužna rasvjeta se postiže indirektnom rasvjetom od osvijetljenog svoda ili zidova špilje, a na zasjenjenim mjestima postavljanjem neposrednih izvora svjetla (osobito uz stubišta, u umjetnim prokopima i ispod prirodnih mostova).

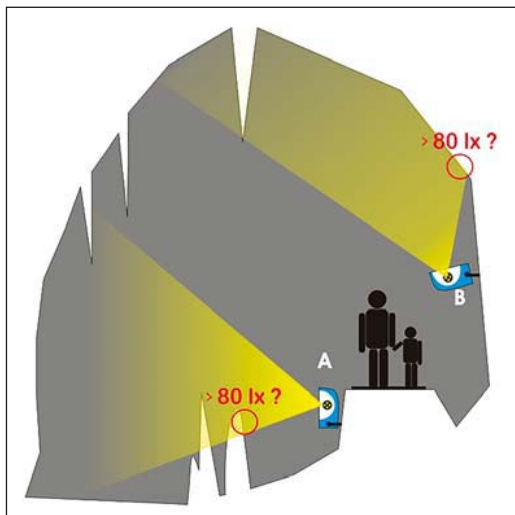
Panična (evakuacijska) rasvjeta

Za slučaj prestanka napajanja rasvjete, u speleološke objekte ugrađuje se neovisan sustav rasvjete za nuždu (panična rasvjeta) čija je funkcija samo neposredna rasvjeta staze pri evakuaciji posjetitelja. Ta se rasvjeta napaja iz akumulatora 12/24/48 V, izvori su LED-trake i postavlja se na elemente staze (ograde i sl.). Mora posjedovati sklop za samostalno uključivanje kod ispada glavnog izvora energije (mreže, generatora) i punjenje akumulatora.

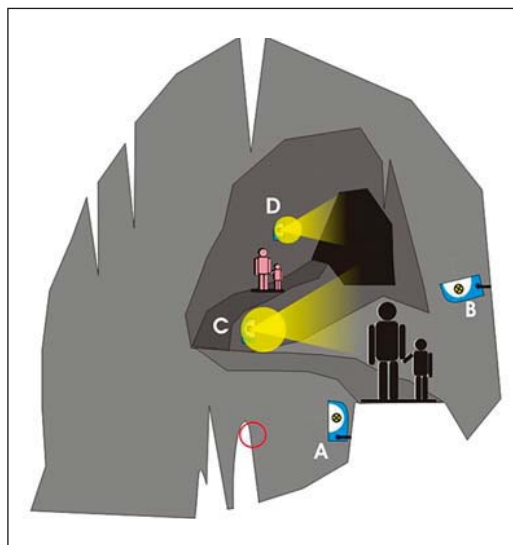
Postava rasvjete i sprječavanje blještanja

Rasvjetna tijela postavljena u speleološkim objektima uređenim za posjet moraju odašiljati svjetlost od izletničke staze prema značajkama objekta na način da se ni s jednog dijela staze ne vidi sam izvor svjetla (bljesak).

Ta je zadaća posebno teška u slučaju speleoloških objekata kao što su npr. Veternica, Vrločka, Donja Cerovačka špilja i druge gdje je kretanje posjetitelja dvosmjerno (od ulaza do kraja i natrag). U špilji Vranjači i Grapčevoj špilji, na primjer, to nije slučaj jer je staza izvedena kružno.



Načelo postavljanja rasvjetnih tijela: Sa staze se ne vidi izvor (bljesak); paziti na blizinu objekata uz izvor da se ne prijede dopuštenih 80 lx, jer na takvim pozicijama nastaju zeleni obraštaji



Loša pozicija rasvjetnih tijela: C i D blješte na stazu (u oči)

Postoje samo dva načela koja stvaraju pretpostavku za ispunjenje prethodnih zahtjeva:

- rasvjetno tijelo se postavlja u visini posjetitelja s odklonom od staze u vanjskom zavoju i
- rasvjetno tijelo se postavlja iznad visine oka i usmjerava prema gore.

Potrebne korekcije blještanja na stazu ili u bliske objekte rješavaju se zakretanjem svjetiljki i zaslonima (blendama) na rasvjetnim tijelima.

Izvori svjetla

Za realizaciju projekata predviđene su kao izvori svjetla isključivo kompaktne fluorescentne cijevi (KFC) s ugrađenom ili odvojenom elektronskom predspojnom napravom temperature boje do 3000 K (830).

• Reflektor s KFC »Osram Dulux EL PAR 38«

To je KFC-izvor smješten u staklo-plastično kućište s optikom i s dobro brtvljenim grlom. Zadovoljava normu IP 65 (otpornost na prodor prašine i vlage) bez ulaganja u posebno brtvljeno rasvjetno tijelo. Spada u usmjerene izvore svjetla širokoga kuta (110°).

Ta se svjetiljka ne smije postaviti bliže od 1,7 m od najbližeg objekta u špilji koji se nalazi unutar zone 55° od njene optičke osi jer se premašuje rasvjeta od 80 lx.

Tablica svjetlosnih vrijednosti svjetiljke »Osram Dulux EL PAR 38« (20 W/827, 110°, E 27 – podaci proizvođača)

Udaljenost, m	Rasvjeta, lx	Promjer snopa, cm
0,5	1180	148
1,0	295	286
1,5	131	428
2,0	74	571

Izvori za difuzne širokokutne optike

Za širokokutne difuzne optike (tip OG-brodska armatura, Einhell ili sl.) koriste se KFC s ugrađenom ili odvojenom elektronskom predspojnom napravom, sljedećih tipova:

- Osram Dulux El Economy
- Philips Tornado 23 W/827 (1300 lm)
- General Electric Biax T/E 32 W (2800 lm)

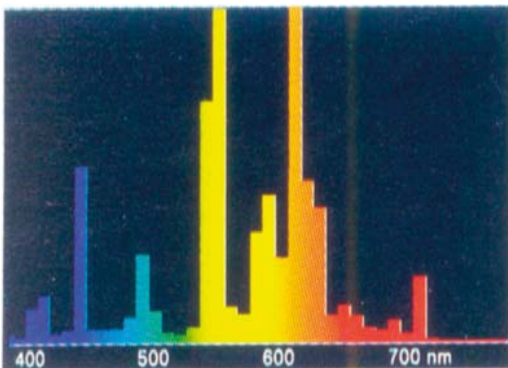
Svi ovi izvori zadovoljavaju spektrom naprijed navedene kriterije.

Tablica vrijednosti KFC Osram Dulux El Economy**

Model	Snaga, W	Svjetlosni tok, lm	Grlo* E27
8W/827	8	400	E27
12W/827	12	600	E27
16W/827	16	900	E27
21W/827	21	1200	E27
24W/827	24	1500	E27

* postoji i u izvedbi s grlom E14

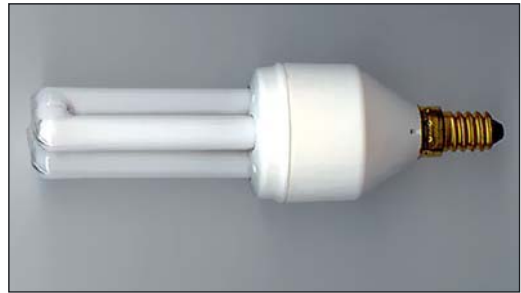
** ove tablice su samo preporuka, a drugi proizvođači imaju na tržištu slične modele sa svojstvima koja neznatno odstupaju od ovih vrijednosti



Spektar emitiranog svjetla kompaktnih fluocijevi Osram 827 lm)



Reflektor s KFC Osram Dulux EL PAR 38



Osram Dulux El Economy



Philips Tornado 23 W/827 (1300 lm)



General Electric Biax T/E 32 W (2800 lm)

Rasvjetna tijela

Klasa zaštite od prodora prašine i vlage svih predviđenih rasvjetnih tijela je IP 65.

Izolacijski razred je 2 (dvostruka izolacija, jer su kućišta izrađena od izolacijskih plastika i nije potrebno izvoditi zaštitu od dodirnog napona diferencijalnom sklopkom ili sličnim zaštitnim uređajem, a otpadaju i treći vodič u kablovima te zaštitno uzemljenje).

Osnovna rasvjeta dobiva se iz rasvjetnih tijela koja su širokokutne difuzne optike izgrađena od konstrukcijskih plastika i stakla, kao što su npr. reflektori Horus tvrtke Gewiss.



Plastične OG-brodske garniture
IP 65 (do 100 W, E27 i E14)

Kao rasvjetna tijela za fluocijevi snage do 23 W preporučena je difuzna polimerna optika (npr. OG - brodska armatura, podni reflektor Einhell ili sl.), a za cijevi do 20 W plastična brodska (OG) armatura na mjestima gdje treba do-svijetliti stazu ili detalj.



Podna kućišta Einhell i Ferrotehna IP 67 i IP 44



Izvor EL PAR 38 ugrađen u garnituru 1220 dafne

Za fluocijevi EL PAR 38, 20 W preporučeni su plastični nosači s grlom E27 zaštićenim vodotijesnim brtvenim prstenom (1220 dafne kao na gornjoj slici).



Svjetiljka u Grapčevoj špilji

Juraj Posarić

Provedba projekata

Za potrebe natječaja, dobivanje potrebnih dopuštenja i izradu energetskih projekata, Državni zavod za zaštite prirode je izradio stručne podloge na razini idejnog projekta, kojima su temeljem uvodno navedenih načela određene veličine i svojstva ugrađene rasvjete te opseg zahvata i mjere zaštite prirode potrebne pri provedbi projekata.

U tom poslu načinjena je revizija i dopuna speleoloških topografskih nacrti Manite peći i Grapčeve špilje, izračunana je površina stijena koje će biti osvijetljene, iskazane su najveće dimenzije objekta (udaljenosti stijena od izvora svjetla), izmjerena su optička svojstva stijena (koeficijenti neravnosti i faktori refleksije) te su izračunani svjetlosni tokovi (raspored i vrsta izvora svjetlosti) i potrebna električna snaga za napajanje odabranih izvora svjetlosti.

Po podacima iz stručnih podloga, Zavod za visoki napon i energetiku Fakulteta elektrotehnike i računarstva u Zagrebu izradio je glavne projekte elektroenergetskog napajanja i solarne rasvjete za obje špilje.

Prema rezultatima natječaja i dokazanim referencama na sličnim zahvatima na površini, posao izvedbe projekata – izgradnje fotonaponskih generatora i ugradnje električne rasvjete, dobilo je trgovačko društvo Horvat d.o.o. iz Zagreba.

Špilja Manita peć

Špilja Manita peć u Nacionalnom parku Paklenica dugačka je 175 m, dužina staze je 170 m, površina stijena oko 10.000 m², a najveća visina svoda je 28 m.

U špilju je 1991. godine (SO HPD »Željezničar«) ugrađena električna rasvjeta napajana dieselskim agregatom snage 4 kW pa je postavljena rasvjeta (18 rasvjetnih tijela, klasične žarulje) mogla biti maksimalne snage 3,6 kW. Za pogon rasvjete godišnje je konjima trebalo na 570 m nadmorske visine dopremiti 900 kg dieselskog goriva i po 4 l motornog ulja svakih 20 sati rada motora (ljeti jednom tjedno). Ostvareni svjetlosni tok bio je oko 30.000 lm (prosječna rasvjeta oko 3 lux-a).

Projektirana je rasvjeta ukupnog svjetlosnog toka od 92.800 lumena, električne snage 1.135



Juraj Posarić

Transport opreme helikopterom u klanac Velike Paklenice do Manite peći

W, napona 220 V s ukupno 15 rasvjetnih tijela. Posebno je projektirana automatska evakuacijska rasvjeta staze napona 24 V u LED izvedbi (17 LED-traka s po 40 dioda) snage 140 W.

Ovakva potrebna snaga, trajanje rasvjete, dužina osunčavanja i autonomija sustava barem tri dana pod tmurnom naoblakom, omogućili su napajanje fotonaponskim generatorom snage 1 kW koji se mogao postaviti ispred špilje.

Nakon pripremnih radova u Zagrebu, 29. lipnja 2007. godine sva potrebna oprema (1,5 t) dopremljena je u Starigrad-Paklenicu i u dva navrata prebačena helikopterom HRZ na zaravan oko 10 minuta hoda ispod špilje. Daljnji transport obavljen je konjima i ručno.

Oprema je postavljena i ugrađena u sljedećih pet dana, tako da je nova rasvjeta proradila 4. srpnja 2007. kao prva fotonaponski napajana rasvjeta neke špilje u Hrvatskoj.

Iste je godine 10. studenoga obavljena zamjena nekih dijelova stare instalacije, testirana je evakuacijska rasvjeta i obavljeno je svjetlotehni-

čko mjerenje kojim su dokazani svi izračuni dobiveni iz stručne podloge i projekta. U međuvremenu je špilju posjetilo desetak tisuća posjetitelja s jedinstvenom prilikom da to učine bez buke i neugodnih mirisa ispušnih plinova, kako i dolikuje špilji u nacionalnom parku.

Grapčeva špilja

Grapčeva špilja na Hvaru poznata je najviše po arheološkim istraživanjima akademika Grge Novaka i pronalasku paleolitske kulture na Hvaru. Špilja je zatvorena vratima i o njoj se brine udruga »Humac« iz Jelse, tako da ju je bilo moguće posjetiti uz pratnju vodiča i rasvjetu ručnim svjetiljkama i svijećama.

Špilja je dugačka 35 m, visoka do 5 m s površinom stijena od 817 m². Projektirani svjetlosni tok je 9.000 lumena, a potrebna električna snaga za 6 rasvjetnih tijela je 120 W.

Ovakva potrebna snaga, trajanje rasvjete, dužina osunčavanja i autonomija sustava barem tri dana pod tmurnom naoblakom, omogućili su napajanje fotonaponskim generatorom snage 0,2 kW koji se mogao postaviti iznad špilje.

Radovi u špilji, koji su uključili i postavljanje ograde oko kružne staze, obavljani su od 27. do 29. srpnja 2007., kada je špilja zasvijetlila energijom, žicom prenesenom iz triju fotonaponskih ploča postavljenih iznad njena ulaza.



Juraj Posarić

Ormar s opremom u Grapčevoj špilji

Jedini je problem pri ovom zahvatu predstavljao transport glavnog ormarića s magarca niz vertikalnu stijenu iznad ulaza, a posebice kroz špiljski ulaz, svega 5 centimetara širi od najmanje mjere ormarića.



Juraj Posarić

Solarna ploča (kolektor) iznad ulaza u Manitu peć

Zaključak

U 2007. godini rasvijetljene su prve dvije hrvatske špilje uređajima koji koriste obnovljivi izvor energije – sunčevu svjetlost. Nedostatak fotonaponskih ploča da se vide u krajobrazu, nadomještaju sva druga vrhunska svojstva takvih

izvora energije. U narednom će vremenu u uvodu spomenuti Habib sa svojim zrcalom otići u neku drugu priču, a svoje će mjesto pred špiljama prepustiti nečujnom, slabo zamjetnom silijskom nasljedniku.

Manita peć cave in Paklenica National Park and Grapčeva cave at Hvar island; the first show-caves in Croatia energized by photovoltaic cells (solar energy)

Til 2007 all Croatian show-caves provided by electric light system are powered either by connection to public electric power network or by diesel-electric generator in the case of caves remote from public network. Disadvantages of diesel engines (specially in protected areas of nature), like noise, exhaust gasses, vibrations, oil exchange, possibilities of ecologic accidents during transport etc. were the main reasons to make same changes and improvements.

Light sources mainly used in the caves were »classic« bulbs with W-spiral wire, and light efficiency of 13 - 15 lm/W. Another disadvantage of these sources is very low conversion of electricity to light of only 5% (95% of energy is converted to heat).

Reasons already mentioned above, appearance of green flora (»Lampenflora«) in some of show-caves caused by too high illuminance as well as improper spectrum of applied light, forced nature protection authorities to find a right solution of this problem.

Improvements made in the field of lighting technologies within last two decades, especially in developments of compact fluorescent bulbs (CFB) equipped with built-in or remote electronic gear, with light efficiency of 60-100 lm/W as well as with acceptable spectrum of emitted light, made further steps very easy.

In 2006 few projects for reconstruction of the light system in Croatian show-caves were prepared, supported by Environmental protection and energy efficiency fund, based on following principles:

- average illuminance in the cave has to be projected as 10 lx (between 0 and 80 lx)
- maximum illuminance of single separated spot must not exceed 80 lx
- illuminance of trial surface must be minimum 1 lx
- the illuminance values mentioned above are correct for daily exposure of 8 hours
- color temperature of used light sources (CFBs) in approximation of Planck law, must not exceed 3000 K (sign on the CFBs is 830); recommendable is 2700 K (sign 827).

Calculations made on mentioned principles made possible use of photovoltaic cells as a source of electricity because of moderate power consumption (approx. 3-5 times lower than in former installations for same lightflow).

In 2007. two projects were completed:

in the Manita peć cave in Paklenica National Park (175 m length) former installation of 3,6 kW powered by diesel-engine was substituted by new one of 1,135 kW and photovoltaic generator of 24 cells, and total lightflow twice higher then before (92.000 lm) and

Grapčeva cave at Hvar island (35 m total length), was arranged for first time as a show-cave and is provided by lighting system of 120 W energized by photovoltaic generator of four cells.

Lighting assistant Habib from Besson's movie „The fifth element« (sentence: »Light, Habib, light!« is title of this article), is substituted by sun in two Croatian show-caves so far. But, life is carrying on.