

ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNI I TEHNIČKI KAMEN NA PODRUČJU HERCEGOVINE

Mr. sc. Krešimir Šaravanja, dipl. ing. građ.
“IGH-Mostar” d.o.o. Mostar & Građevinski fakultet Svečilišta u Mostaru
88000 MOSTAR, Dubrovačka bb, BiH/88000 MOSTAR, Kralja Zvonimira 14, BiH
Tel.: +387-36-321671/+387-36-355000 e-mail: kresimir.saravanja@igh.ba
Prof. dr. sc. Pero Marijanović, dipl. ing. rud.
Građevinski fakultet Svečilišta u Mostaru
88000 MOSTAR, Kralja Zvonimira 14, BiH
Tel.: +387-36-355000 e-mail: pero.marijanovic@tel.net.ba

Sažetak

U uvodnom dijelu rada dat je prikaz raspoloživog AG i tehničkog kamena na području Hercegovine.

U središnjem dijelu rada dat je prikaz rezultata ispitivanja AG i tehničkog kamena izvršenih posljednjih 8 godina u „IGH-Mostar“ d.o.o. Mostar.

U završnom dijelu rada dati su određeni zaključci i prijedlozi za nastavak istraživanja.

Izvori: Istraživački rad zasnovan na višegodišnjim ispitivanjima kamena u «IGH-Mostar», kao i na osobnim iskustvima autora članka

Ključne riječi : kamen, ispitivanja kamena, Hercegovina

ARCHITECTURAL AND TECHNICAL STONES IN HERZEGOVINA REGION

Kresimir Saravanja, M.Sc. B.Sc. C.E.
“IGH-Mostar” d.o.o. Mostar & Faculty of Civil Engineering University of Mostar
88000 MOSTAR, Dubrovačka bb, B&H/88000 MOSTAR, Kralja Zvonimira 14, B&H
Phone: +387-36-321671/+387-36-355000 e-mail: ksaravanja@igh-mostar.ba
Prof. Pero Marijanovic, Ph.D. M.Sc. B.Sc. Mining
Faculty of Civil Engineering University of Mostar
88000 MOSTAR, Kralja Zvonimira 14, B&H
Phone: +387-36-355000 e-mail: pero.marijanovic@tel.net.ba

Abstract

In the introduction part of this paper a review of available architectural and technical stones in Herzegovina region are presented.

In the middle part of this paper a review of testing results of the architectural and technical stones in Herzegovina region performed in “IGH-Mostar” are presented.

In the final part of this paper some conclusions and suggestions for continuation of the investigations are presented.

Resources: Research paper is based on testings of the stones in «IGH-Mostar» during several years, as well as on experiences of the authors

Key words: stone, stone testing, Herzegovina region

ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNI I TEHNIČKI KAMEN NA PODRUČJU HERCEGOVINE

1. UVOD

“Kamen je od početka ljudskog života na zemlji bio čovjeku oružje i alat, nakit, stan i grobnica. Bio je jedno od trajnih sredstava njegovog stvaralaštva od prapočetka ljudske povijesti do danas” (C. Fisković).

Kamen ima raznovrsnu primjenu uvjetovanu svojim svojstvima. Mehanička otpornost, trajnost, izgled, boja i estetska svojstva obrađenih vidnih površina glavne su karakteristike AG kamena.

Kamen kao osnovni AG materijal je u Hercegovini korišten još od rimskih vremena, preko turskog i austro-ugarskog razdoblja do današnjih dana. Sjajan primjeri AG ljepote u kamenu su brojne građevine u dolini rijeke Neretve (Mostar i Počitelj kod Čapljine), kao i u Posušju.

2. ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNI KAMEN

Od poznatih vrsta hercegovačkog kamena ističe se čuveni kamen magmatskog porijekla – **gabro**, i to biotitski gabro ili jablanit iz Jablanice. Jablanički gabro zahvaća površinu od 15 km² (revidirane eksploatacijske zalihe iznose 800.000 m³). Struktura mu je hipidiomorfno zrnasta, rjeđe ofitska, a tekstura masivna ili paralelna, što se ispoljava i u smjenjivanju svijetlih i tamnijih vrsta gabra. S obzirom da je riječ o žilavom i tvrdom kamenu, sitnozrne strukture, polira se odlično. Upotrebljava se u likovnoj umjetnosti, za nasivno građenje i za najfiniju skulpturu. Od jablanita je izrađen spomenik ispred zgrade Ujedinjenih naroda u New Yorku, Bečka opera, zgrada pravosuđa u Budimpešti, veliki hotel na Jalti, željeznička stanica u Sarajevu, kao i više spomenika i zgrada u Zagrebu i Beogradu ali i širom svijeta koji svoju ljepotu i monumentalnost zahvaljuju estetskim i fizikalno-mehaničkim svojstvima ovoga kamena. Pri proizvodnji dimenzioniranog kamena javlja se velika količina otpada koji bi mogao poslužiti za proizvodnju sintetičkih vlakana i kamene vune.

Naročita estetska i mehanička svojstva pokazuje dimenzionirani kamen dobiven preradom tombolona iz grusa jablaničkog gabra. To su jajoliki blokovi gotovo potpunog mnolita koji se, zhvaljujući tome, odupro raspadanju i koji se, poput kompozita, nalazi zatrpan u potpuno raspadnutom materijalu – grusu.

Tu su i razne vrste vapnenca, vapnenačke breče, mramori, mramorizirani, dolomitizirani i laporasti vapnenci, sedra, dijabazi i sl.

2.1. VAPNENCI

Vapnenci izgrađuju najveći dio prostora Hercegovine i predstavljaju neposrednu podinu najvećih i najkvalitetnijih ležišta boksita. U Kočerinu kod Širokog Brijega utvrđene su rezerve vapnenca za proizvodnju vapna. Kvaliteta sirovine je pogodna, uz velike rezerve za proizvodnju. Negdje se vapnenci pojavljuju kao bijeli i svijetlosivi mikrokristalasti vapnenci s globobigerinama, masivni, rijede uslojeni. Veoma dobro se režu i lijepo poliraju, pa služe kao sirovina u industriji AG kamena. Vapnenci gornjokredne starosti javljaju se kao brečasti vapnenci sa rudistima, bijele i ružičaste boje, ili kao dolomitizirani vapnenci ružičaste boje. Poduzeće «Ukraskamen» iz Posušja već odavno vrši eksploataciju na više lokaliteta kod Posušja.

Vapnenci eocenske starosti se odlikuju okaminama od alveolina i numulita. One, poput bijelih pjegica, krase brušene površine kamena i daju mu poseban izgled. Taj izgled je, primjerice, simbolizirao kaldrmu Starog mosta u Mostaru, gdje su se okamine isticale zahvaljujući uglačanosti površina nogama prolaznika.



Slike 1.-3. Kaldrma Starog mosta od vapnenca eocenske starosti, s detaljem (desno)

2.1.1. Vapnenačke breče kredne starosti

Ležište vapnenačke breče kredne starosti trgovačkog naziva «**kljenak**» u Sovija Dragi nedaleko od Posušja, izgrađeno je od ulomaka smeđesive boje različitih dimenzija povezanih crvenkastim hematit-limonitnim vezivom. Vrlo slične po dekorativnosti i boji valutica, sa širokom lepezom primjene, su i breče iz kamenoloma u Ljubotićima kod Širokog Brijega. Iako su prospekcijski evidentirane mnoge pojave konglomerata i breča u vanjskom i unutarnjem dinarskom pojasu do danas su istražena samo ova dva ležišta.

2.1.2. Vapnenci kredne starosti

Ležište biomikritnog vapnenca donjokredne starosti tipa «**osoje**» (trgovački naziv) u Ćesića Dragi jugoistočno od Posušja sadrži smeđkasti skeletni detritus u svijetlosmeđoj mikritskoj osnovi, te žilice i gnijeza krupnokristalnog kalcita. Ovaj vrlo tvrdi kamen se dobiva iz kompaktnih, čvrstih i izrazito otpornih na habanje sedimentnih vapnenačkih stijena. «Osoje» spada u obitelj poznatih vrsta AG kamena: «Dolit» Split, «Kirmenj» Poreč i «Rasotica» Brač.

Zanimljivo je naglasiti da se ovaj vapnenac pojavljivao u obliku strmo položenog i slabo obrušenog banka unutar potpuno obrušenog, sitnouslyjenog vapnenca. Otuda je zanimljiv za podzemnu eksploataciju dubljih, još kvalitetnijih partija.

«**Crveni Grm**» je trgovački naziv za tvrdi vapnenac sive, svijetlosive, mjestimično tamnosive boje, kao posljedica organogenog kalcita, koji gradi mrežu isprepletenih vena. Djeluje vrlo dekorativno. Struktura je sitnozrnasta i zrnasta, a pripada biomikritima i intramikritima, u čijem su sastavu prisutni i intraklasti. Eksploatira se u kamenolomu Crveni Grm, jugozapadno od Ljubuškog.

Ležište krupnozrnastog mramorastog vapnenca kredne starosti, trgovačkog naziva «**rozi mramor**», ružičaste je boje, prožet brojnim mliječnobijelim kalcitnim žilama, mjestimično brečastog izgleda, pa ga često uvrštavaju u breče i konglomerate. Eksploatira se u Konovcu, sjeverno od Posušja. Upotrebljava se za oblaganje interijera.

Srednje tvrdi vapnenci tipa «**bosiljna**» nalaze se kod Sutine, Rakitno, sjeveroistočno od Posušja. Riječ je o vapnencu, biosparitu, bijele do bijeličastokrem boje s fosilnim detritusom tamnijih nijansi i staklastog sjaja. Upotrebljavaju se za okomita oblaganja. Ovi vapnenci pokazuju visok stupanj mramorizacije.

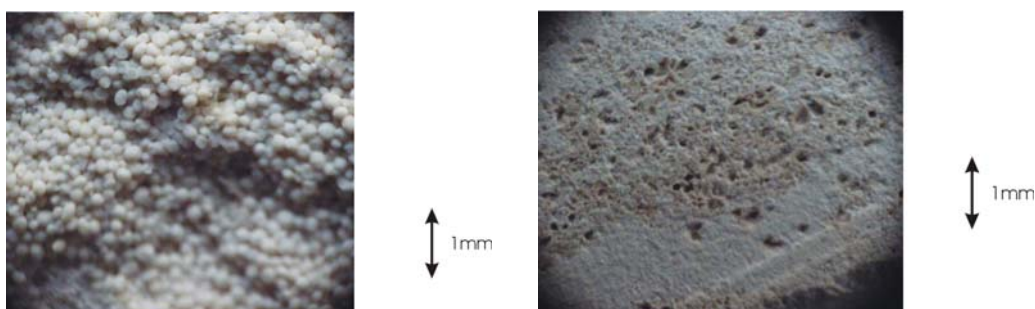
«**Fosil svijetli**» i «**fosil tamni**» su trgovački nazivi za organogeni vapnenac vrlo heterogene građe s obiljem skeleta organizama s neravnomjernom raspodjelom organogene tvari. Eksploatira se u području Tribistova, sjeverno od Posušja.



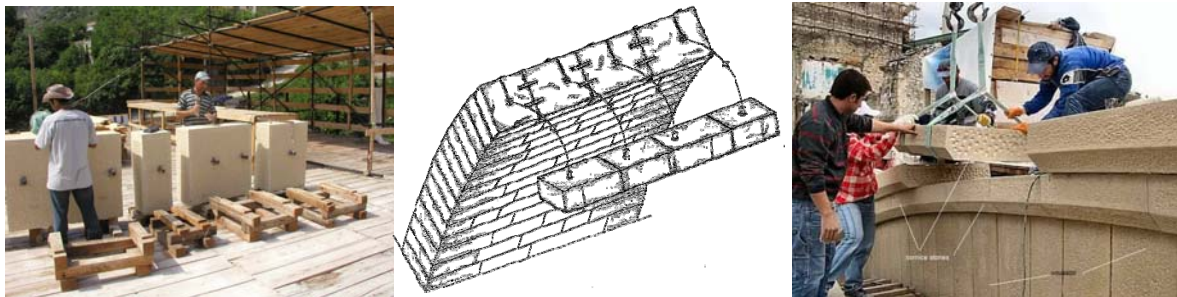
Slika 4. Arhitektonsko-građevno kamenje u Hercegovini

2.1.3. Vapnenci neogene starosti

Ležište neogenske starosti nalazi se na lokalitetu Mukoša južno od Mostara (revidirane eksploatacijske zalihe iznose 56.730 m³), odakle se vade žutosivi i sivi laporoviti vapnenci koji imaju specifična fizičko-mehanička svojstva, poput male čvrstoće i slabe otpornosti na habanje, pa se lako obrađuju. Od sitnozrnog poroznog vapnenca «**miljevina**» i oolitičnog vapnenca «**tenelija**» su izgrađeni Stari most i drugi brojni objekti u Mostaru u turskom i austro-ugarskom razdoblju. I danas je nezamisliva obnova i sanacija brojnih starih objekata (primjena i kod novih objekata) u Mostaru i dolini Neretve. Ova dva varijeteta kamena su predmet posebnog rada na ovoj Konferenciji.



Slike 5.-6. Oolitična struktura «tenelije» (lijevo); sitnozrnasta struktura «miljevine» (desno) – SEM fotografije – LGA



Slike 7.-9. Kamen tenelija za zidanje Starog mosta u Mostaru

2.1.4. Ostale važnije pojave vapnenca

U okolini Mostara mogu se naći sve vrste vapnenca podobnog za razvoj industrije AG kamena. To se prvenstveno odnosi na vapnence sjeverne padine Čabulje i platoa Raške Gore. Najveće površine Čabulje strastigrafski izgrađuju naslage geološke formacije krede. Na ovom području imamo potpuni razvoj i slijed sedimenata koje uglavnom možemo svesti na dva elementa – vapence i dolomite. Velika debljina vapnenačkih naslaga, te mnogo geološki otvoenih lokaliteta od ranije, ali i zadnjih godina, s raznovrsnim kamenom omogućavaju zadovoljavanje brojnih zahtjeva prilikom izbora kamena za razne AG ili industrijske namjene.

Na platou Raške Gore nalaze se brojna nalazišta čistih bijelih mramoriziranih vapnenaca i debelih proslojaka brečastih vapnenaca raznovrsnih boja. Rezultati ispitivanja na Čabulji i na platou Raške Gore omogućili su bolje poznavanje ovog potencijala. Kao rijetko gdje u Hercegovini, otpad ovog kamena tijekom obrade ima veliku ekonomsku vrijednost, što je vrlo bitno za ekonomsku ocjenu ovih rezervi.

Na lokalitetu Vlahinja kod Bileće ranije je vađen kamen za potrebe raznih objekata ne samo u Bileći i Trebinju, već i u Dubrovniku. Preovlađuju pločasti, sitno uslojeni vapnenci, te se nerijetko koriste za oblaganje u prirodnom stanju.

Na jugoistočnim padinama planine Velež – u Čitluku kod Nevesinja od prije drugog svjetskog rata vađeni su blokovi kamena za nadgrobne spomenike i za veće objekte u Nevesinju. Vapnenci ovog lokaliteta su bankoviti. Također su se eksploatirale visoko dekorativne breče i konglomerati.

U kanjonu Ugrovače kod Širokog Brijega i na lokalitetu Rujište, na južnim padinama planine Prenj, utvrđene su kredne naslage crvenih vapnenaca čija boja potječe od oksida željeza. Pripadaju paleocenskoj starosti i pronađene su još u Dobrom selu kod Čitluka.

Od vapnenačkih breča iz starog turskog kamenoloma u Popovom polju izgrađeni su brojni objekti u Trebinju i Dubrovniku, a u ležištu Lučin Do kod Trebinja utvrđene su velike geološke rezerve vapnenca veoma dobre kvalitete.

Između sela Donji i Gornji Crnač kod Širokog Brijega postoji veoma dobar bijeli mramorizirani vapnenac.

2.2. DOLOMITI

Što se tiče **dolomita**, ležište vrlo čistih dolomita Podbor kod Prozora predstavlja mali dio velike dolomitne mase koja se pruža od sjevernih padina Kolovrata i Gradine do sela Luga na jugoistoku. Udio štetnih primjesa nije veći od 0,83 %. Ovi visoko kvalitetni materijali mogu se koristiti u građevinarstvu, ali u industriji stakla, boja i papira, vatrostalnoj industriji, crnoj metalurgiji, proizvodnji guma, plastičnih masa, insekticida, asfalt-betona i dr.

Kvalitetnog dolomita ima i na lokalitetu Stari grad kod željezničke stanice u Konjicu, koji je visoke kvalitete s mogućnošću primjene u industriji vatrostalnih materijala. Ovo veliko ležište dolomita je tek djelomično istraženo.

«**Rujan**» je trgovački naziv za mikrokristalasti dolomit kredne starosti iz ležišta između Kočerina kod Širokog Brijega i Vranića kod Posušja. Nastao je dolomitizacijom organogenog vapnenca od koga su zaostali relikti, zbog kojih ima izgled dolomitne breče. Sive je boje, srednje tlačne čvrstoće i otpornosti na habanje. Koristi se za oblaganje okomitih i slabo prometnih vodoravnih površina.

Poduzeće «Ukraskamen» iz Posušja već duže vrijeme eksploatira kamenje «**Gradac A, B i C**» u 3 boje, porijekolm iz ležišta blizu Posušja. Ovo ležište je prije rata ispitivano od Instituta građevinarstva Hrvatske «IGH» Zagreb.

2.3. OSTALE VRSTE KAMENA

Na Bradini, uz put Sarajevo-Mostar pojava kamena **dijabaza** ističe se lijepom tamnozelenom bojom, pa se koristio kao ukrasni kamen na većem broju objekata u Konjicu.

Sedra (siga, travertin, bigar, vapnenački tuf) izlučuje se iz slatkih hladnih voda, sa sadržajem bikarbonata i s obilnom vegetacijom. Ležište kod mjesta Jazina kod Trebinja koristi se od davnina u stambenoj izgradnji (hotel «Leotar» i drugi objekti u Trebinju). Eksploataciju sedre treba ili potpuno zabraniti ili staviti pod poseban nadzor države. Jednako tako valj naglasiti kako su prirodne rezerve sedre sklone degradaciji i brzom raspadanju ako dođu pod nepovoljan utjecaj okoline.

Na kraju ovog uvodnog dijela treba spomenuti i druge korisne sirovine kao što su **cementni lapor, šljunak, pijesak, kvarcni pijesak, gline** i dr. Kvalitetnog cementnog lapora ima kod Mostara, Čapljine, Gacka i Livna, šljunkom i pijeskom najbogatija je dolina Neretve (Čapljina i Mostar), dok su u Mostarskom blatu konstatirane pojave kvarcnog pijeska.

2.4. GLAVNI NOSITELJI EKSPLOATACIJE

Glavni nositelji eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u Hercegovini su:

- «UKRASKAMEN» Posušje (ležišta «Ćesića Draga», «Sovija Draga», «Krstače», «Konjovac», «Previja», «Begići», «Sutina Rakitno»);
- «KAMEN DENT» Mostar (ležišta «Mukoša» i «Sirge-Raška Gora» i «Dračevo», Čapljina;
- «DUBINT» Kočerin, Široki Brijeg (ležište «Ivankovića Dolac»);
- «IN KA» Ljubuški (ležište «Crveni Grm»);
- «PUŠIĆ» Čitluk-Mostar (ležište «Slipčići»);
- «MINERAL» Posušje (ležište «Boričevac»);
- SZR «STONE ART» Trn, Široki Brijeg (ležište «Kusačko Brdo»).



Slike 10.-11. Kamenolomi «Mukoša» kod Mostara i «Crveni Grm» kod Ljubuškog

3. TEHNIČKI KAMEN

Bitan faktor razvoja u Hercegovini je eksploatacija i prerada tehničkog kamena vapnenca i dolomita za građevinarstvo i industriju (proizvodnja betona, željezničkog tučenca, nasipnih podloga za ceste, vapna, kamenog brašna za kemijsku, stočnoprehranbu, električnu i farmaceutsku industriju).

Samo na području Hercegovačko-neretvanske županije-kantona revidirane zalihe tehničkog kamena iznose preko 11,000.000 m³.

Na žalost, poznavanje, stupanj istraženosti i eksploatacija mineralnih sirovina, s malim iznimkama, nisu u skladu s mogućnostima i potrebama razvoja Hercegovine.

3.1. GORNJOKREDNI VAPNENCI

Za dobivanje tehničkog kamena vapnenca pogodne su vapnenačke stijene koje pripadaju gornjoj kredi, stratigrafski označeni kao K₂^{1,2}. To su sivi, smeđe sivi, rumenkasti, bjeličasti i žućkasti organogeni vapnenac biomikrit ili biopelmikrit kriptokristalne strukture. Debeli ulošci dolomita koji se mogu naći u ovim vapnencima zajtjevaju selektivno otkopavanje koje poskupljuje proizvodnju.

Vapnenci s rudistima, stratigrafski označene kao K₂^{2,3} također pogodne za dobivanje tehničkog kamena, su svjetlosivi do bijeli mramorasti mikritski ili rudistno mikritski vapnenci, kod kojih dolomiti imaju neznatnu ulogu.

Ovi vapnenci imaju tlačne čvrstoće od 80 do 200 MPa, visok sadržaj CaCO₃ i osrednju čistoću. Bijeli vapnenac koji prevladava pogodan je za dobivanje agregata, pogotovo za žbuke.

Tehnički kamen se često dobiva kao prizvod kod obrade ili eksploatacije dimenzioniranog kamena, što ima vrlo povoljan učinak.

3.2. VAPNENCI EOCENSKE STAROSTI

Alveolinsko-numulitni vapnenci koji pripadaju eocenu, stratisgrafski su označeni kao E_{1,2}. Za razliku od gornjokrednih vapnenaca koji su češće bez slojevitosti, ovi vapnenci su se taložili u vidu bankova i debljih slojeva. Boja im je svijetlosiva, a struktura kristalasta, bez uložaka ili proslojaka dolomita. Najveći dio izgrađuju mikriti, fosilonosni mikriti i biomikriti.

Ovi vapnenci imaju visoke tlačne čvrstoće od 120 do 270 MPa, uz 98-99 % CaCO₃.

3.3. DOLOMITI

Stratigrafski pripadaju trijasu (T), poznati kao monomineralni dolomiti bez faune. Uglavnom je riječ o monomineralnim stijenama, izgrađenim od sitno i srednjeznog dolomita većinom bijele ili pepeljastosive boje s prslinama i vrlo tankim pukotinama.

Pogodne su za dobivanje tehničkog kamena. Prosječna tlačna čvrstoća iznosi oko 140 MPa.

3.4. GLAVNI NOSITELJI EKSPLOATACIJE

Važnije lokacije i eksploatacijski objekti vapnenca u Hercegovini su:

- PGP «MRVELJI» Posušje (ležište «Paljevina-Vlake 7-14»);
- «POINT» Posušje (ležište «Paljevina-Vlake 1-7»);
- «IGM» Posušje (ležište «Dočić»);
- «PUTOVI GRUDE» Grude (ležište «Cerov Dolac»);

- «PLATICA-ŽURKOVAČA» Drinovci, Grude (ležište «Otok»);
- «IN KA» Ljubuški (ležište «Crveni Grm»);
- «VRAN DUKIĆ» Tomislavgrad (ležište «Mesihovina»);
- «LJUBAS COMMERCE» Tomislavgrad (ležište «Raskršće-Brdo»);
- ZO «GRANIT» (ležište «Raška Gora - Sirge»);
- «BABINOVAC» Čitluk (ležište «Vlake»);
- «VULKAN PLAM» Čitluk (ležište «Ruda glavica»);
- «MILJKOVIĆI» Mostar (ležište «Mokri Do-Miljkovići»).
- «GRAĐEVINAR» Ljubinje (ležišta «Vođeni» i «Strujići»);
- «POGLEDI» Ravno (ležište «Orahov Do»).



Slike 12.-13. Kamenolomi «Miljkovići» kod Mostara i «Podbor» kod Prozora-Rama

Dolomite eksploataira tvrtka «GRADINA» Prozor-Rama (ležište «Podbor» - zalihe 7,752.612 m³).

4. ISPITIVANJE KAMENA

Institut građevinarstva Hrvatske «IGH» d.d. Zagreb utemeljio je «IGH-Mostar» d.o.o. Mostar koncem 1995. godine za stručnu podršku razvoju građevinarstva u ovoj regiji. Prvi posao vezan za ispitivanje kamena je bilo ispitivanje istražnog prostora «Paljevine-Vlake», Posušje za tvrtku «Mrvelji» Posušje u ožujku 1996. godine. Zbog nepostojanja vlastitog laboratorija u tom trenutku, u IGH d.d. Zagreb – Zavod za prometnice su provedena sva propisana ispitivanja, koja se sastoje od 2 kompletna i 13 djelomičnih ispitivanja, sukladno «Pravilniku o klasifikaciji i kategorizaciji čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima (SL 53/79)». Od otvaranja Centralnog laboratorija «IGH-Mostar» prije 7 godina do danas izvršena su brojna ispitivanja kamena.

5. INTERPRETACIJA REZULTATA ISPITIVANJA KAKVOĆE KAMENA

Analizom ispitanih uzoraka za 24 vrsta iz ležišta s područja Hercegovine (izostavljena su ležišta iz Kupresa i Livna), može se zaključiti sljedeće:

Arhitektonsko-građevni kamen (AGK) prvi put je ispitan u «IGH-Mostar» u veljači 1998. godine. Ukupno je ispitano 9 vrsta AGK, od čega se na području općine Mostar nalaze se kamenolomi Mukoša-Gnojnice (kamen «miljevina» i kamen «tenelija», šire opisani u posebnom radu objavljenom u posebnom radu na ovoj Konferenciji), Raška Gora («kamen bijeli hercegovac») i Slipčiči. Na području općine Posušje ispitan je kamen iz kameloma Boričevac i Lipovice (kamen «lipovit»), te na području općine Široki Brijeg - kamenolom Ivankovića Dolac (kamen «rujan»). Ispitivana je i tlačna čvrstoća kamena «sedra» s nekoliko lokaliteta, ali nije predmet analize ovoga rada. U vrijeme pisanja ovoga članka započela su ispitivanja 4 vrste kamena za tvrtku «Ukraskamen» Posušje («osoje», «kljenak», «gradac» i «rozi mramor»). Rezultati ispitivanja bit će predstavljeni na Konferenciji. Prije rata ispitivanja ovog kamena vršena su u «IGH» Zagreb.



Slike 14.-15. Ispitivanje tlačne čvrstoće,
S detaljnom u adapteru za precizno centriranje uzorka (desno)

Ispitivanjem su dobiveni sljedeći rezultati:

- prosječne **tlačne čvrstoće u suhom stanju** su kretale od samo nekoliko MPa («sedra») do 23,2 MPa («miljevina»), odnosno 34,6 MPa («tenelija») za navedene stijene vrlo niske čvrstoće, ali najčešće (dvije trećine rezultata) su imale srednje visoke čvrstoće u intervalu **od 96,8 MPa** («bijeli hercegovac») **do 159,0 MPa** («Opine»), s iznimkom kamena visoke čvrstoće «rujan» (200 MPa);
- **otpornost na habanje po Böhme-u** na ispitivanim uzorcima kamena je bila vrlo dobra i iznosila je **od 15,1 do 21,0 cm³/50 cm²**, izuzev kamena «tenelija», gdje je rezultat iznosio 48,0 cm³/50 cm² (za «miljevinu» nije vršeno ispitivanje);
- **upijanje vode** je iznosilo **od izvanrednih 0,02 %** («lipovit») **do** vrlo dobrih **1,12 %** («rujan»), s iznimkom «miljevine» (15,2 %), «tenelije» (9,4 %) i «veselje unit» (2,3 %);
- **gustoća kamena** je iznosila najčešće **od 2.700 do 2.710 kg/m³**, odnosno nešto šire od 2.630 (2.630 «veselje unit», 2.639 «tenelija») do 2.770 kg/m³ («rujan»), s iznimkom «miljevine» (2.455 kg/m³);
- **prostorna masa** je iznosila najčešće **od 2.670 do 2.705 kg/m³** («miljevina» - 1.836 kg/m³, «tenelija» - 1.966 kg/m³, «veselje unit» 2.510 kg/m³);
- **stupanj gustoće** je iznosio najčešće **od 0,989 do 0,996** («tenelija» - 0,745, «miljevina» - 0,748, «veselje unit» 0,953, «rujan» 0,971);
- **poroznost kamena** se kretala od **0,18 %** («Opine») **do 2,89 %** («rujan»), odnosno 4,8 % («veselje unit»), s iznimkom «tenelije» (25,5 %) i «miljevine» (25,2 %);
- što se tiče **postojanosti na djelovanje mraza** ispitivanjem gubitka čvrstoće većina ispitanih uzoraka kamena je postojana, s iznimkom «miljevine» koja je nepostojana, dok su za «teneliju» dobiveni pozitivni i negativni rezultati, pa se ovaj kamen može načelno okarakterizirati kao «slabe postojanosti»;
- što se tiče **mineraloško-petrografskog sastava**, isti nije ispitan za sve uzorke kamena, a najčešće se radilo o **vapnencima** (organogenom vapnencu ili biomikritu, biopelmikritnom vapnencu, zatim laminiranom do masivnom vapnencu, sitnozrnatom vapnencu i oolitskom vapnencu), ali i o **dolomitu** dolosparitne strukture («rujan»).

Tehnički kamen (TK) koristi se u različite svrhe. Ispitani su uzorci iz 15 različitih kamenoloma, od čega najviše (6) iz Posušja, 2 iz Gruda, 2 iz Ljubinja, te po 1 iz Mostara, Rame, Ljubuškog, Ravnog i Tomislavgrada, pri čemu neki više puta (kamenolomi «Otok», «Mokri Do-Miljkovići», «Crveni grm», «Ričina» i «Paljevine-Vlake»).

Ispitivanjem su dobiveni sljedeći prosječni rezultati:

- prosječne **tlačne čvrstoće u suhom stanju** su bile srednje visoke i kretale su se u širokom intervalu, najčešće **od 107,8 do 130 MPa** (9 ležišta), te **od 149,9 do 164,3 MPa** (4 ležišta), s

iznimkom ležišta «Rakitno» niske čvrstoće (72,1 MPa), koje ne zadovoljava tražene vrijednosti od 80 MPa (za beton), odnosno 100 MPa/120 MPa/140 MPa/160 MPa (za druge namjene);

- **otpornost na habanje po Böhme-u** na ispitivanim uzorcima kamena je iznosila **od 11,1** («Strujići») **do 20,6 cm³/50 cm²**, s iznimkom «Radovanj I» (28,4 cm³/50 cm²);
- **upijanje vode** je iznosilo **od izvrsnih 0,12 %** («Orahov Do») **do 0,84 %** («Radovanj II»);
- **gustoća kamena** se kretala **od 2.710 do 2.730 kg/m³**, a **prostorna masa od 2.690 do 2.723 kg/m³** («Paljevine Vlake»), s iznimkom kamenoloma «Otok» (2.698, odnosno 2.645 kg/m³);
- **stupanj gustoće** se kretao **od 0,989 do 0,997** («Otok» 0,980), a **poroznost od 0,006 %** («Orahov Do») **do 1,11 %** (iznimka «Otok» 1,99 %);
- **postojanost na mraz u zasićenom rastvoru natrijevog sulfata** nije ispitivana za sve, a kretala se **od minimalnih 0,01 %** («Cerov Dolac») **do 1,0 %** («Vođeni»);
- što se tiče **mineraloško-petrografskog sastava**, isti nije ispitan za sve uzorke kamena, a najčešće se radilo o **vapnencima** (organogenom vapnencu ili biomikritu, biopelmikritnom i rekristaliziranom biomikritnom vapnencu, biopelmikritnom vapnencu, ...), **dolomitičnom vapnencu** («Cerov Dolac»), ali i o kasnodijagenetskim **dolomitima** («Podbor»).

6. LITERATURA

1. Bilopavlović V., Smoljan N. (1997): PET STOLJEĆA GRAĐENJA TENELIJOM, Rudarsko-geološki glasnik, br. 1, Mostar, 1997.
2. Bilopavlović, V., Pekić, S., Šaravanja, K. (2002): ISPITIVANJE PETROGRAFSKIH I FIZIČKO-MEHANIČKIH SVOJSTAVA KAMENA TENELIJE I MILJEVINE, Rudarsko-geološki glasnik, br. 5-6, Mostar, 2002.
3. Crnički, J., Papeš, J., Marijanović, P., Smoljan, N., Bilopavlović, V. (1997): NEMETALNE MINERALNE SIROVINE HERCEG-BOSNE, Rudarsko-geološki glasnik, br. 1, Mostar, 1997.
4. Crnković, B., Šarić, Lj. (1992): GRAĐENJE PRIRODNIM KAMENOM, Sveučilište u Zagrebu, 1992.
5. Knezović, Ž., Marić, M., Penava, B. (1999): MINERALNE SIROVINE ŽUPANIJE ZAPADNOHERCEGOVAČKE, Rudarsko-geološki glasnik, br. 3, Mostar, 1999.
6. Langof, Z. (2002): ISPITIVANJE FIZIČKIH I MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA KAMENA U BH, Seminar «Tradicija upotrebe kamena u BH i nove tehnologije obrade», Mostar, 2002.
7. Mrvelj, A., Peršić, T. (1998): EKSPLOATACIJA TEHNIČKOG KAMENA ZA UPORABU U GRADITELJSTVU, Rudarsko-geološki glasnik br. 2, Mostar, 1998.
8. Peršić, T. (2003): MINERALNE SIROVINE HERCEGOVAČKO-NERETVANSKE ŽUPANIJE. Stanje, pravci i perspektive razvoja sa posebnim osvrtom na lokalit «Sirge» Raška Gora, Ministarstvo gospodarstva HNŽ-K, Mostar, 2003.
9. Pudelko, F., Bilopavlović, V., Karačić, S. (2000): O RESURSIMA KAMENA NA PODRUČJU HERCEGOVINE I JUGOZAPADNE BOSNE, Rudarsko-geološki glasnik br. 4, Mostar, 2000.
10. Stolarski G. (2000): RECONSTRUCTION OF THE OLD BRIDGE OVER NERETVA IN MOSTAR- LABORATORY TESTING OF ANCIENT AND NEW BUILDING MATERIALS- 1ST INTERIM REPORT, LGA Geo-technical Institute, Nuremberg, Germany, 2000.
11. Šaravanja, K., Galić, A. (2001): STONE'S RESOURCES AND PROPERTIES IN HERZEGOVINA REGION FOR THE RECONSTRUCTION OF THE ARCHITECTURAL HERITAGE, Seminar on Restoration Principles in Počitelj, The Swedish Foundation for Cultural Heritage without Borders, Počitelj-Čapljina, 2001.
12. Šaravanja, K. i Bilopavlović, V. (2002): PRIKAZ REZULTATA ISPITIVANJA KAMENA S PODRUČJA HERCEGOVINE, Rudarsko-geološki glasnik br. 5-6, Mostar, 2002.
13. Šimović, D. (2000): OKRUGLI STOL «POČITELJ JUČER, DANAS, SUTRA», «Motrišta»- časopis «Matice Hrvatske», br. 18, Mostar, 2000.

14. Šimović, D. (2001) OKRUGLI STOL «POČITELJ JUČER, DANAS, SUTRA – DIO DRUGI», “Motrišta”- časopis “Matice Hrvatske”, br. 19, Mostar, 2001.
15. Šinkovec, B. (1972): GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA LEŽIŠTA VAPNENCA KOČERIN KOD LIŠTICE, Fond dokumenata «IGH» Zagreb, 1972.
16. Tišljar J. (1994): SEDIMENTNE STIJENE, «Školska knjiga», Zagreb, 1994.
17. Tomašić I. (2000): SUVREMENA PRIMJENA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA, Rudarsko-geološki glasnik br. 4, Mostar, 2000.
18. Zeljko, I., Zeljko, T. (1999): KOMERCIJALNA I PRAKTIČNA PODJELA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA, Rudarsko-geološki glasnik br. 3, Mostar, 1999.
19. Zeljko, T., Zeljko, I. (2000): INDUSTRIJSKA PROIZVODNJA KAMENA, Rudarsko-geološki glasnik br. 4, Mostar, 2000.
20. Zvonić Z. (2000): TENELIJA - KAMEN MOSTARA, “Most”- časopis za obrazovanje, nauku i kulturu, Vol. 130, Mostar, 2000.