



ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA ARHITEKTONSKO- GRAĐEVNOG KAMENA S PODRUČJA HERCEGOVINE I JUGOZAPADNE BOSNE

mr.sc. **Krešimir Šaravanja**, dipl.ing.građ.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, "IGH-Mostar" d.o.o. Mostar

Tomislav Marić, dipl. ing. građ.

"IGH-Mostar" d.o.o. Mostar

Danijela Šaravanja, mag.građ.

Sažetak: U uvodnom dijelu rada dan je prikaz raspoloživog arhitektonskog-građevnog kamena na području Hercegovine i jugozapadne Bosne. U središnjem su dijelu rada prikazani rezultati ispitivanja arhitektonskog-građevnog kamena izvršeni za više od 16 godina rada „IGH-Mostar“ d.o.o. Mostar.

Ključne riječi: arhitektonski kamen, prirodni kamen, ukrasni kamen, ispitivanja kamena, Hercegovina

ANALYSIS OF ARCHITECTURAL STONE'S TESTING RESULTS FROM THE HERZEGOVINA AND SOUTH-WEST BOSNIA REGIONS

Abstract: In the introduction part of this paper a review of available architectural stones in Herzegovina and South-West Bosnia regions are presented. In the central part of the paper the results of tests of architectural stone during more than 16 years of work of the "IGH-Mostar" Ltd. Mostar, are presented.

Key words: architectural stone, natural stone, stone testing, Herzegovina region



1. KRATKI PREGLED GEOLOŠKE GRAĐE HERCEGOVINE I JUGOZAPADNE BOSNE

U strukturno-tektonskom smislu područje Hercegovine i jugozapadne Bosne pripada Vanjskim Dinaridima i manjim dijelom prijelaznoj zoni. Karakteristično je da su slojevi velike debljine i da su zastupljeni veliki nabori u kojima se u dnu sinklinale obično nalaze paleogene naslage, dok su tjemena često duboko erodirana, razlomljena i gotovo svugdje navučena na sinklinalne dijelove.

Najvažnije vrste eruptivnog kamena su granit, gabra i bazalt, dok su najpoznatije vrste sedimentnog kamena vapnenac i dolomit. Najpoznatiji metamorfni kamen je mramor. Teritorijalno najviše rasprostranjen kamen na području Hercegovine (gotovo 80%) i šire koji se i najviše koristi u građevinarstvu je vapnenac.

U zoni Visokog krša trijarske tvorevine su otkrivene na manjim prostorima, ispod debelih sedimentnih kompleksa jure i krede. One grade jezgra velikih mezozojskih antiklinala kao što su Čabulja, Velež i druge. U ovoj zoni trijas je na površinu istisnut i otkriven na malim površinama uz velike dislokacije u Mostarskom bazenu, kod Šujice, Posušja... Zastupljeni su najvećim dijelom karbonatni sedimenti, vapnenac i podređeno dolomit, te vapnenačke breče, laporci i pješčari u znatno manjem omjeru.

Jurske naslage su logičan nastavak karbonatne sedimentacije gornjeg trijasa. To su plitkovodne neritske karbonatne facije uglavnom predstavljene vapnencima i dolomitima, u manjoj mjeri klastitima i podređeno rožnjacima. Jurski sedimenti na površini zastupljeni su više od trijarskih i protežu se od Bihaća do istočne Hercegovine, prateći karakterističan pravac pružanja Dinarida.

Za vrijeme krednog razdoblja odvijala se značajna marinska karbonatna sedimentacija kontinentalnog praga. Rezultat toga su oko dvije tisuće metara debele vapnenačko-dolomitične tvorevine, karbonatne breče i fliš. Zastupljeni su organogeni vapnenci, pločasti vapnenci, tanko uslojeni vapnenci, karbonatni grebeni i metamorfni vapnenci. Javljuju se klastiti i magmatske stijene (*Jablanički gabra*) od kojih su neke i starije, ali su uklopljene u kredu.

Mezozoik je u Vanjskim Dinaridima djelomično prekriven paleogenim naslagama. Prijelaz je ponegdje, označen kraćom kopnenom fazom predstavljenom ležištima boksita. Paleogene naslage predstavljene su "*Kozina*" naslagama, vapnencima, flišom i "*Promina*" formacijom.

Paleogene naslage su uglavnom plitkovodne, a od njih je značajno spomenuti foraminiferske vapnence, alveolinsko-numulitske vapnence i singentske breče.

U zavalama koje su formirane krajem paleogena (oligocena) nastale su jezerske slatkovodne neogene naslage. U litološkom smislu te naslage se sastoje od konglomerata, pješčenjaka, sedrastih i željezovitih vapnenaca, lapora i laporovitih i pjeskovitih glina.

2. ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNI (ARHITEKTONSKI) KAMEN

Kroz čitavu je povijest čovječanstva arhitektonsko-građevni kamen (AGK) bio nezamjenjivi građevni materijal za najveća graditeljska dostignuća. I u Hercegovini je korišten od antičkih vremena, preko turskog i austrougarskog razdoblja, do današnjih dana. Sjajni primjeri ljepote



u kamenu su građevine u dolini rijeke Neretve (Mostar, Počitelj i drugi), kao i brojne druge u zaleđu. Klasičan način primjene kamena kao kao nosivog (konstrukcijskog) elementa ili u vrlo debelim pločama za oblaganje je gotovo potpuno istisnut. U suvremenom graditeljstvu on služi uglavnom kao ukrasno-zaštitna obloga nosive konstrukcije izvedene od drugih materijala.

Umjesto naziva AGK ili skraćeno **arhitektonski kamen**, koji se koristi u tehničkoj regulativi iz područja rudarstva, u usvojenim normama koje se odnose na isti, kao i u *Tehničkom propisu za zidane konstrukcije*, preuzet je naziv koji se koristi u europskim normama - **prirodni kamen**. Taj naziv i u nas poprima sve širu uporabu za kamen izvađen iz ležišta. Istovremeno je u *Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti* uveden pojam koji se nekada koristio - **ukrasni kamen**.

2.1. Komercijalna i praktična podjela arhitektonsko-građevnog kamena

S obzirom na petrografsku gradnju, svojstva i trajnost, kamen se može podijeliti na:

- **karbonatni kamen** (vapnenac, dolomit, mramor), koji je nepostojan u kiselim medijima, brzo korodira u industrijskoj atmosferi koja sadrži SO₂, polagano se otapa u prirodnim vodama u kojima ima slobodnog CO₂, te se raspada na visokim temperaturama oslobađajući CO₂;
- **silikatni kamen** (granit, gnajs, gabro), koji ima veliku korozivnu postojanost u atmosferi i u vodi, a sa sadržajem slobodnog i vezanog SiO₂ povećava se i njegova otpornost na kisele sredine (izuzetak su otopine HF koje otapaju SiO₂).

Kamen silikatnog sastava je pogodniji i više korišten za vanjska, a kamen karbonatnog sastava za unutarnja oblaganja, dok se za ostale namjene koriste podjednako.

Komercijalno, na našem i inozemnom tržištu uobičajena je podjela:

- **graniti** obuhvaćaju sve silikatne stijene bez obzira na njihovu genezu, prvenstveno magmatske i metamorfne. Osim rijetkih iznimki mogu zadovoljiti i najstrože tehničke kriterije interijera i eksterijera, bez obzira na veličinu opterećenja. Ova skupina ujedinjuje sve izrazito tvrde silikatne stijene za obradu kojih se koristi tehnologija obrade granita. Zajedničko im je svojstvo trajnost, nepromjenjivost izgleda, čak i obojenih varijeteta koji sadrže stabilne prirodne pigmente. Najvećim dijelom glačaju se i poliraju do visokog sjaja, ali im se površine lica mogu obraditi i na druge načine, primjerice termički. Obzirom na fizikalno-mehanička svojstva, imaju vrlo široku primjenu za oblaganje horizontalnih i vertikalnih površina eksterijera i interijera, za spomen-obilježja i arhitekturu groblja;

- **mramori** obuhvaćaju sve karbonatne stijene bez obzira na genezu, kako sedimentne (vapnenci i dolomiti), tako i mramore u petrološkom smislu, dakle metamorfne stijene. Zbog izraženih različitih fizikalno-mehaničkih svojstava u odnosu na silikatni kamen, karbonatni kamen zahtjeva dobro poznavanje razlika među pojedinim varijetetima što uzrokuje različito ponašanje na objektima. Tako na pr., isti varijetet kamena (komercijalno "mramor") različito se troši i oštećuje na različitim mjestima ugradbe. Dakle, karbonatni kamen se odlikuje velikom anizotropnošću koja se ogleda u (mikro) slojevitosti, stilolizaciji i škrljavosti, te sadržaju sastojaka različitih veličina i oblika. Najveće razlike su u upijanju vode i otpornosti na habanje, što pored mineralnog sastava, odlučujuće utječe na njegovu primjenu. Ova skupina ujedinjuje kategorije tvrdih i srednje tvrdih karbonatnih, kalcitnih i dolomitnih stijena sedimentnog i metamorfnog postanka. To su stijene koje se vrlo dobro i relativno lako obrađuju tehnologijom obrade mramora. Ovisno o fizikalno-mehaničkim svojstvima, imaju užu ili širu primjenu. Nepostojani su prema djelovanju atmosferlija, posebno u urbanom



okolišu, kad glačane površine gube sjaj, a stalnost boje ovisi o stabilnosti prirodnog pigmenta. Kamen ove skupine u prvom je redu kamen interijera, bez obzira na to što se veći broj vrsta obilno koristi i za oblaganje eksterijera.

Prema drugoj podjeli, koja je znatno proširena i praktičnija za primjenu (autor N. Bilbija), razlikujemo 7 grupa stijena, a grupa mramora ima 4 podgrupe:

- **Graniti**;
- **Mramori** (tvrdi vapnenci, srednje tvrdi vapnenci, konglomerati i breče);
- **Mekane stijene** obuhvataju mekane stijene karbonatnog sastava, koje se odlikuju s visokom poroznošću, malim čvrstoćama i slabom otpornošću na habanje. Izvanredno se lako obrađuju, ne glačaju se jer ne primaju sjaj i primjenjuju se gotovo isključivo za oblaganje vertikalnih unutarnjih površina;
- **Travertini** predstavljaju skupinu kemijskih karbonatnih sedimentih stijena koje se obzirom na genezu odlikuju oštro naglašenom trakastom građom i znatnom šupljikavošću. Lako se obrađuju i glačaju, te se prije svega koriste za oblaganje vertikalnih površina interijera i eksterijera;
- **Oniksi** predstavljaju skupinu kemijskih karbonatnih sedimenta. Gusti su i kompaktni, te izrazite trakaste građe. Poliraju se do visokog sjaja i prozračni su. Upotrebljavaju se ponajprije za kamenu galanteriju i luksuznije oblaganje vertikalnih površina interijera;
- **Škriljavci** pripadaju niskometamornim stijenama, izrazite škriljave teksture i lepidoblastične strukture. U ovoj skupini nalazi se argilošist koji se se u obliku tankih ploča upotrebljava u prvom redu za pokrivanje krovova;
- **Pješčenjaci** obuhvataju klasične sedimentne stijene skupine psamita. Silikatnog su ili rjeđe karbonatnog sastava. Rijetko se obrađuju kao prirodni kamen, prije svega zbog velike tvrdoće i što se ne mogu glačati, osim ako su karbonatnog sastava.

Smisao ovih i drugih podjela je bolje upoznavanje i pravilan odabir vrste kamena kako bi se bolje očuvala njegova nosivost, trajnost i dekorativnost, te da se izbjegniju greške u izboru i načinu uporabe.

2.2. Arhitektonsko-građevni kamen na području Hercegovine, vrste i lokaliteti

Na području Hercegovine djeluje više tvrtki koje se bave eksploatacijom i preradom AGK. U proteklih pola stoljeća, nakon par godina ispitivanja sirovine i tržišta, išlo se prvo u program od 20.000 m² ploče krednih vapnenaca na području Osoja do sela Gradac i breče na području Kljenak, pa zatim u povećanje na 80.000 m² ploče, uz još 3 nove vrste, pri čemu se eksploatacija odvijala na više površinskih kopova AGK u općini Posušje: Česića Draga, Sovija Draga, Krstače, Konjovac, Privija, Begići, Bosiljna. Kvaliteta tipa „Osoje“ i „Kljenak“ dobile su epitet „neograničena primjena“.

2.2.1. Eruptivne (magnetske) stijene

Eruptivne stijene se koriste, ne samo za prometnice i druge svrhe u građevinarstvu, već i kao AGK. Na području Rama-Doljani postoje veće ili manje pojave eruptivnih stijena od iste magme, a to su: bazalti, dijabazi, andeziti, spiliti i keratofiri.

Bazalt je utvrđen unutar masiva na brdu Krstac, kod sela Višnjani, a andezit na širem prostoru istog brda. Potencijalno polje „**Krstaca**“ i „**Višnjana**“ nalazi se južno od Prozora.

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.



Od poznatih vrsta hercegovačkog kamena ističe se čuveni kamen eruptivnog porijekla 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, koji se izvrsno polira.

Svoju ljepotu i monumentalnost brojni spomenici zahvaljuju estetskim i fizikalno-mehaničkim svojstvima ovoga kamena. Čuveni Ivan Meštrović je za jablanički granit kazao da je "neuništiv, vječan i trajniji od bizantskih spomenika Nubije i Egipatskih piramida". Vrijednost ovog kamena je, kako kažu, da ne zna za zub vremena.

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 monolita koji se, zahvaljujući tome, odupro raspadanju i koji se, poput kompozita, nalazi zatrpan u potpuno raspadnutu materijalu - grusu.

2.2.2. Sedimentne stijene

2.2.2.1. Vapnenci

Vapnenci izgrađuju najveći dio prostora Hercegovine. Kvaliteta sirovine je pogodna, uz velike rezerve za proizvodnju. Negdje se vapnenci pojavljuju kao bijeli i svijetlosivi mikrokristalni vapnenci s globobigerinama, masivni, rjeđe uslojeni. Veoma se dobro režu i lijepo poliraju, pa služe kao sirovina u industriji AGK-a.

Eocenski vapnenci u području Hercegovine su jedri, kompaktni, slabo uslojeni i ponegdje izrazito masivni i bankoviti. Od krednih vapnenaca se razlikuju po boji i po većem sadržaju fosilnih ostataka alveolina i numulita („alveolinsko monolitni vapnenac“). Najčešće su biomikritske i mikritske građe. Boja im je dosta svjetlija, skoro bijela i više su kristalni. Nalaze se na većem broju lokacija diljem Hercegovine: područje sela Zavelim od granice s RH (općina Posušje) sa zapada do sela Vir, isto tako od sela Zagorje do lokacije Studena Vrila, Zapadni dio planine Oluja, dio sela Rakitno od sela Sutina do granice Općine Široki Brijeg. Ovaj vapnenac ima vrlo dobra svojstva po pitanju cjelovitosti stjenske mase (mogućnost dobivanja komercijalnih blokova određenih dimenzija i kvalitete) i visoke arhitektonske vrijednosti. Ukratko, eocenski vapnenci su jedri, kompaktni, slabo uslojeni i ponegdje izrazito masovni i bankoviti. Tlačne su im čvrstoće znatno veće nego kod krednih vapnenaca. Manje su tektonski degradirani u odnosu na sve druge vapnence u Hercegovini. Potencijalne lokacije su: „Podzavelim-Bovan“ i „Blekava“. Do sada nije značajno proučavan, ni korišten za eksploataciju AGK. Zbog dobrih svojstava upotrebljavan je od davnina, pa su ga stari majstori koristili za izgradnju monumentalnih i povijesnih objekata diljem Hercegovine (habajući sloj Starog mosta u Mostaru, dio stećaka u Radimlji kod Stoca...). Također je korišten i za zidanje stambenih i drugih objekata. Njegova glatkovitost i kompaktnost zaslužuje posebnu pozornost.

„**Fosil svijetli**“ i „**fosil tamni**“ su trgovački nazivi za organogeni vapnenac vrlo heterogene građe koji sadrži obilje skeleta organizama, puževa, školjaka, koralja i drugih, s neravnomjernom raspodjelom bituminozne komponente, zbog čega boja varira od smeđkastosivih do tamnosmeđih. Eksploatirao se na lokalitetu „Konjovac“ kod Posušja. U eocenskim vapnencima do sada nisu otvarani kamenolomi. Geološkom prospekcijom utvrđeno je više lokaliteta s potencijalnim poljima za istraživanje AGK-a: „**Vlake**“, kod sela



Koštrići, Posušje, uz granicu s Hrvatskom, „**Tolina litica**“ kod sela Budimiri u sjeverozapadnom dijelu općine Posušje, „**Blekava**“ u selu Vir, u sjeverozapadnom dijelu Općine Posušje, „**Zapadna Oluja**“ sjeveroistočno od Posušja i „**Hamzići 2**“, Općina Čitluk.

Gornjokredni vapnenci s rudistima i hondrontama, kao vodećim fosilima

Blokoviti vapnenci zastupljeni su na području općine Posušje, i to od sela Vinjani, preko Čitluka, Osoja, Gradca, do granice s općinom Široki Brijeg. Dosta su tektonski poremećeni, pa je teško govoriti o standardnim dimenzijama bloka. Pojavljuje se u obliku tombolona koji imaju svoju dokazanu ekonomičnost zahvaljujući svojoj vrlo visokoj kvaliteti, a pogotovo primjeni što je dokazano u prijeratnoj industriji.

„**Osoje**“ je trgovački naziv za tvrdi vapnenac, koji se dobiva iz kompaktnih, čvrstih i izrazito otpornih na habanje sedimentnih vapnenačkih stijena. To je vapnenac, biomikrit, donjokredne starosti, izrađen od smeđeg skeletnog detritusa u svijetlosivoj do svijetlosmeđoj mikritskoj osnovi ispresijecan žilama i gnijezdima krupnokristalnog kalcita. Ovaj vrlo tvrdi kamen se dobiva iz kompaktnih, čvrstih i izrazito otpornih na habanje sedimentnih vapnenačkih stijena. U višim dijelovima profila je sprudni vapnenac, masivan, manje ispucao i bez slojevitosti, svijetlosive, bijele i mramorne boje, a u nižim dijelovima koji pripadaju turonu, vapnenac je malo tamnije do sivosmeđe boje, slojevite strukture i više je tektonski degradiran (npr. kamenolom „Česića draga“, jugoistočno od Posušja, koji sadrži smeđkasti skeletni detritus u svijetlosmeđoj mikritskoj osnovi, te žilice i gnijezda krupnokristalnog kalcita). Ovaj vrlo tvrdi kamen se dobiva iz kompaktnih, čvrstih i izrazito otpornih na habanje sedimentnih vapnenačkih stijena. Ima iznimno dobre fizikalno-mehaničke osobine za sve vrste ugradbe. „Osoje“ je neograničene primjene te se razlikuje od navedenih vrsta s kojima se uspoređuje. „Osoje“ spada u porodicu poznatih vrsta AGK: „Dolit“ Split, „Kirmenjaka“ 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.

Na potencijalnoj lokaciji „Donji Konjovac“ (Posušje) kredni vapnenac trgovačkog naziva „**rozi mramor**“ ima mjestimično brečastu strukturu i masivnu kompaktnu teksturu. Riječ je o krupnozrnastom mramorastom vapnencu ružičaste boje, ispresjecanom brojnim mlječnobijelim kalcitnim žilama i mjestimično brečastog izgleda, pa ga zato često uvrštavaju u breče i konglomerate. Upotrebljava se za oblaganje interijera. Boje je svijetlo sive i mjestimično rumenkaste (komadi breče). Visoku arhitektonsku vrijednost ističe mu brečasta struktura i rumenkasta boja. Za eksploatiranje su potrebna detaljna istraživanja, kako bi se prostorno izdvojili brečasti dijelovi od čistog vapnenca. Poduzeće „Ukraskamen“ iz Posušja već duže vrijeme eksploatira kamenje „**Gradac A, B i AC**“ u tri boje, podrijetlom iz ležišta blizu Posušja. Ovo je ležište prije rata ispitivano od Instituta građevinarstva Hrvatske „IGH“ Zagreb.

„**Bosiljna**“ je trgovački naziv za vapnenac, biosparit, bijele do bjeličastokrem boje s fosilnim detritusom tamnijih nijansi i staklastog sjaja. To je srednje tvrdi vapnenac koji se upotrebljava za vertikalna oblaganja. Ovi vapnenci pokazuju visok stupanj mramorizacije. Eksploatirao se kod Sutine i Rakitna, kod Posušja.

Na kamenolomu "Crveni Grm" kod Ljubuškog, eksploatira se AGK koji se prodaje pod komercijalnim imenom „Hercit“ (raniji naziv: „Crveni Grm“). To je tvrdi vapnenac sive, svijetlosive, mjestimično tamnosive boje, što je posljedica organogenog kalcita, koji gradi čitavu mrežu isprepletenih vena. Djeluje veoma dekorativno, pa je kalcit poželjan u kamenu. Struktura je sitnozrnasta i zrnasta, a pripadaju biomikritima i intramikritima, u čijem sastavu su prisutni i intraklasti. Eksploatira se na istoimenoj lokaciji kamenoloma jugozapadno od Ljubuškog (kamenolomi IN KA i Krčevine).

Blizu sela Radišići (Ljubuški) je i kamenolom „Greda 2“ - Hajdukuša. Aktivan je i kamenolom „**Orahov Do**“ u Općini Ravno. Geološkom prospekcijom su evidentirana još 2 potencijalna



polja: „**Širića draga**“ i „**Studena vrila**“ (Posušje), gdje se gornjokredni vapnenac razlikuje po boji od općeg izgleda. Na mjestima uz boksitna ležišta vapnenac ima rumenkastu boju, pa je vrlo atraktivan i zanimljiv u dekorativnom pogledu, pa ima visoku arhitektonsku vrijednost. Dio blokova koji ima rumenkastu boju je izvađen i deponiran pokraj ležišta boksita. Na sjeverozapadnom rubu Općine Ljubuški, izdvojena je perspektivna lokacija „**Doli**“, s lijepim debelim slojevima krednog vapnenca, koji su mjestimično i brečasti.

Gornjokredni pločasti vapnenci su veoma zanimljivi kao AGK. U procesu proizvodnje i obrade ovog kamena potreban je puno manji utrošak energije jer su slojevi prirodno izdijeljeni (izrezani) u ploče različitih dimenzija. Prirodne debljine slojeva (ploča) iznose od 5 do 30/40 cm. Najzanimljiviji su „**Liburnijski slojevi**“, zastupljeni u uskim zonama u sjevernijim krajevima Zapadne Hercegovine („**Borićevac**“, „**Cerovi doci**“, „**Mratnjača**“, „**Crne lokve**“, Općina Posušje). Predstavljani su tamnosmeđim, smeđim i pepeljastosivim vapnencima, koji imaju mikro- i kriptokristalastu strukturu i visok postotak CaCO_3 . Pogodni su za vertikalno oblaganje zidova, za zidanje zidova, popločavanje staza u dvorištima i parkovima, itd. Druga vrsta pločastih vapnenaca su iz gornje krede i pripadaju cenomanturonu. Zastupljeni su u području Mokrog (Široki Brijeg) i Drinovaca (Grude), odakle se dalje pružaju prema sjeverozapadu u području Imotskog. Na terenu se lako uočavaju jer su tanko uslojeni i pločasti. Debljina slojeva je od 2 do 10 cm. Tanji slojevi se raspadaju u tanke pločice, pa ih je teško eksploatirati i nisu uvijek iskoristivi. U većim dijelovima profila vapnenci su nešto deblji i mogu se vaditi u većim komadima. U ovim vapnencima nema dolomita, a od mikrofaune ima slabo očuvanih ostataka hondrodonti i rudista. Debljina ovih naslaga je oko 250 m. Nalazišta pločastih vapnenaca ima na nekoliko lokacija u Zapdnoj Hercegovini. Poznato nalazište je neaktivni kamenolom „**Ploce - Ravlići**“, jugozapadno od Gruda.

Breče su pretežno zastupljene u vapnencima, a katkad i u dolomitima („**Gradac**“ i „**Broćanac**“, Posušje). Korištene su u eksploataciji i preradi AGK. Geološki nisu istražene, dok je laboratorijski dosta ispitane. Zbog vrlo dobrih karakteristika imaju široku primjenu u graditeljstvu. Vrlo su atraktivne kao dekorativni materijal, naročito u detaljima. Potencijalna polja u posuškoj općini su: „**Jardol**“ i „**Donji Konjovac**“.

Na lokalitetu „**Jardol**“, **Širića brig**, do zaseoka Duspore, nalazi se velika površina čiste crvenkaste breče. To je klasična karbonatna breča, tektonski malo degradirana i veoma zanimljiva za eksploataciju AGK.

U istoj jedinici se nalazi potencijalna lokacija na brdu „**Kljenak**“ (Posušje), od magistralnog puta Posušje-Tomislavgrad do rasjeda Dočić, te na području Studena vrila. Vapnenačke breče kredne starosti s lokacije potencijalnog polja i neaktivnog kamenoloma „**Kljenak**“, sjeverozapadno od Posušja, koja se dobiva iz kompaktnih i čvrstih klastičnih sedimentnih stijena, zbog svoje dekorativnosti predstavljaju u arhitektonskom smislu vrlo atraktivan AGK koji se može svestrano koristiti za oblaganje horizontalnih i vertikalnih površina eksterijera i interijera zbog dobrih fizikalno-mehaničkih svojstava. Ranije se na više posuških lokacija eksploatirao „**kljenak**“, tržišno dobro cijenjen zbog dobrih kvalitetnih i dekorativnih svojstava. Makroskopski, to je stijena brečastog izgleda, koja sadrži ulomke smeđe-sive boje različitih dimenzija u crvenkastom hematitno-limonitnom vezivu. Nekad se eksploatirao u „**Sovijoj Dragi**“ kod Posušja.

Na lokalitetu „**Konjovac**“, sjeverno od Posušja, zastupljen je rumeni brečasti vapnenac, koji je zbog rumenkaste boje i brečaste strukture, atraktivan kao AGK.

U Općini Široki Brijeg nalazi se na više lokacija s kvalitetnom brečom. Najpoznatiji je kamenolom „**Tvrda ljut**“ u **Ljubotićima**, sjeverozapadno od Širokog Brijega, zatim potencijalna polja „**Kušanovac**“, gdje je breča evidentirana u okviru vapnenca sa proslojcima dolomita i dolomitičnih vapnenaca i „**Donji Crnac**“, gdje je otkrivena karbonatna breča u okviru sivih i smeđih vapnenaca.



Vrlo slične dekorativnosti i boji valutica kao „kljenak“, sa širokom lepezom primjene, su breče iz kamenoloma u „Ljubotićima“. Nalaze se u seriji vapnenaca i dolomita donje krede i gornje krede. U kamenolomu „Tvrda ljut“ karbonatne breče najvjerojatnije imaju stratisografski raspon od najmlađeg alba do cenomana. Sive je boje s smeđim i crvenkastim nijansama. Sadrži nezaobljene ulomke vapnenaca od krupnih komada (30-50 cm) i sitnih komada (nekoliko cm). Stijenska masa je djelomično tektonski degradirana, pa koeficijent iskoristivosti nije velik. Oblik i veličina čestica, te njihovo vezivo određuju obradivost i mogućnost postizanja sjaja glačanjem. Ležite „Tvrda ljut“ predstavlja vrlo atraktivan AGK, koji se može svestrano koristiti aoblaganje vertikalnih i horizontalnih površina eksterijera i interijera zbog dobrih fizikalno-mehaničkih svojstava. Iako su prospekcijski evidentirane mnoge pojave konglomerata i breča u vanjskom i unutarnjem dinarskom pojasu, do danas su samo par ležišta istraženo i eksploatacijski pripremljeno.

Blokoviti konglomerati i pješčenjari mogu biti zanimljivi kao AGK. Utvrđeni su na više lokacija u Zapadnoj Hercegovini. Klastične naslage eocena s konglomeratima pješčenjacima dosta su rasprostranjeni u jezgri sinklinala u području posuške i čitlučke općine. Potencijalna polja su „**Podbila Tonkići**“, „**Studena vrila**“ i „**Konjovac-Bare1**“ (Posušje), te „**Hamzići1**“ (Čitluk). Flišne naslage sačinjavaju lalkareniti, biokalkareniti i kalkruditi. Pjeskovita komponenta je od različitih minerala, pa ponajprije sadrži kvarc. Psefiti su predstavljeni kalkruditima (konglomeratima) koji su izgrađeni od zaobljenih odlomaka raznih varijeteta vapnenaca (lokacija „Podbila-Tonkići“). Ističu se u debelim slojevima i postupno prelaze u kalkarenite. U sastavu fliša su i sivi lapori, koji sadrže mnogo karbonata i različitih teksturnih oblika. U području „Konjovca“ ove naslage sadrže bogati mikrofaunu. Kalkareniti su u osnovi isti kao i na drugim lokacijama, s tim da na Konjovcu sadrže promljenjive količine pjeskovite primjese i javljaju se u bancima pa se izmjenjuju s fino-zrnatijim sedimentima. Zastupljeni su i laporoviti vapnenci koji grade tanje i deblje slojeve u kojima se može naći ostataka organske tvari i pirita. Eocensko-oligocenske prominke naslage su najmlađe klastične naslage zastupljene samo u Općini Posušje („Studena vrila“ i „Zapadna oluja“). To su pretežno kalkruditi, kalkareniti, laporoviti vapnenci i manje lapori. Kalkruditi su izgrađeni od fragmenata kriptokristalastih organogenih i pseudoolitičnih vapnenaca s rijetkim odlomcima silificiranih karbonatnih stijena, kao što su rožnjaci i kvarciti (lokacija „Zapadna Oluja“). Vezivo je karbonatno s neravnomjernim udjelom kalcita i kalcitsko-limonitske tvari. Kalkareniti izgrađuju fragmenti starijih pretaloženih vapnenaca s obilnom pješčanom komponentom. U pješčanoj primjese su različiti minerali među kojima se nalazi i kvarc. Laporoviti vapnenci i lapor grade proslojke unutar opisanih litoloških članova.

„**Miljevina**“ i „**tenelija**“, su srodne stijene koje se pojavljuju zajedno u miocenskim naslagama. Prema prof. Mariću, miljevina i tenelija pripadaju skupini vapnenaca iz geološki mlađe formacije koji je nastao u „pribriježnom dijelu jezerske kotline“. Sama miljevina se pojavljuje na više lokaliteta, pogotovo na području Općine Posušje.

Potencijalno polje „**Ričina-IGM**“ kod Posušja. Miljevina je vapnenac oolitne strukture, lijepo naslojen s različitim debljinom slojeva, dosta mek i proziran. Upija vodu preko 10%. Vrlo rijetko puca od leda. Prostire se na vrlo velikom prostoru od brane na Rastovačkom polju do sela Vir po cijeloj širini sinklinale (Posušje). Lokalno se dosta koristio za gradnju svih vrsta objekata (kuća, nadgrobni spomenici i drugih objekata), posebno u posuškom kraju. Prije pet stoljeća od miljevine izgrađeni su čuveni posuški stećci na Ričini, a krajem XIX. i početkom XX. st. posebno je bila intenzivna gradnja obiteljskih kuća i gospodarskih objekata na području od središta općine Posušje do sela Vir. Ta gradnja je trajala do II. svjetskog rata. Nakon rata ponovno se grade objekti većinom u državnom vlasništvu od ove vrste kamena. Ranije je veliki broj seoskih kuća zidan miljevinom. Mnogi osporavaju kvalitetu i vrijednost ovog kamena, pa je u zadnje vrijeme zaboravljen. Iskustveni podaci govore o miljevini



sasvim drukčije. Zidovi i fasade od miljevine mogu su lako i brzo obnoviti zbog njegove lake obrade, pa obnovljene fasade izgledaju kao nove.

Na lokalitetu Mukoša južno od Mostara nalazi se ležište neogenske starosti 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“ izgrađeni su Stari most i drugi brojni objekti u Mostaru u turskom i austrougarskom razdoblju. Riječ je o laporovitom vapnencu neogene starosti, male čvrstoće i slabe otpornosti na habanje. Lako se reže i obrađuje, brzo prima vlagu a teško je odstranjuje, osjetljiva je na vatru a boja joj varira od bjeličaste, sivkaste pa do žućkaste, ovisno od starosti, vlažnosti ili kad je tek izvađena iz kamenoloma. Ovi objekti, pogotovo u vrijeme Austro-Ugarske, imaju nosive zidove od tenelije ili miljevine debljine 50-80 cm, koji su zidani vapnenom žbukom. Stubišta su uglavnom od kamena, najčešće vapnenca - »živca kamena«. Fasade su ili od obrađene tenelije ili ožbukane. Krovovi iz osmanlijskog razdoblja su često rađeni od pločastog kamena. Vjerojatno je na njihovu primjenu imala veliki utjecaj povoljna obrada kao i bogati slojevi iz kojih se mogao dobiti željeni blok. I ako ova vsta ima svojstvo upijanja više od 10% nije podložna raspadanju pod utjecajem leda što dokazuju građevine i drugi predmeti stari preko osam stoljeća. Sve što je napisano o ovoj vrsti kamena ovdje sasvim je dovoljno da se može reći da se radi o vrlo kvalitetnoj vrsti kamena za određenu namjenu. Nažalost danas je ova vrsta kamena je potpuno zanemarena kao građevinski materijal.

2.2.2.2. Ostale važnije pojave vapnenca

U okolini Mostara mogu se naći sve vrste vapnenca podobnog za razvoj industrije AGK. 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 arhitektonsko-građevne 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 Rujišće, 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.

2.2.2.3. Dolomiti

Dolomiti su stijene donjo-gornje krede, vrlo bankoviti, masivne teksture i sive boje. Ponekad na površini su ispucali, te se raspadaju u pjeskovite frakcije. Udjeli pojedinih komponenti kalcija i magnezija su različiti i dosta promjenljivi. Ponekad imaju brečastu strukturu. U industriji AGK su korišteni, a dosta su i ispitivani. 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.

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%.

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.

Na području posuške općine pojavljuju se na prostoru južne padine planine Radovanj iznad sela Rastovača, zastupljeni su u selu „Broćanac“, od Širića Drage do granice Općine Široki Brijeg, te selu „Gradac“. Na ovim lokalitetima korišteni su stotinama godina za objekte. „**Rujan**“ je trgovački naziv za kamen 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. Klasificiran je kao mikrokristalasti dolomit, a iz mikroskopske analize je vidljivo da je nastao dolomitizacijom organogenog vapnenca od kojeg su mjestimično zaostali relikti zbog kojih često ima izgled dolomitne breče. Sive je boje, srednje visoke čvrstoće i srednje otpornosti na habanje, te se preporuča za oblaganje vertikalnih i slabo prometnih horizontalnih površina. Aktivan je kamenolom masivnih dolomita „**Osoje**“ - **Dubint**. Značajne lokacije masivnog dolomita nalaze se na području Ljubotića, Graca i Peć Mlina. Potencijalna lokacija krednog dolomita „**Ljubotići**“ možda i nije reprezentativna kao AGK. Međutim, obzirom da se dolomit pruža na većoj površini, u okviru ovog lokaliteta vjerojatno postoje i kvalitetni blokovi.

2.2.2.4. Sedra

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 valja naglasiti kako su prirodne rezerve sedre sklone degradaciji i brzom raspadanju ako dođu pod nepovoljan utjecaj okoline.

2.2.3. Metamorfne stijene

Metamorfne stijene nastaju metamorfozom ili izmjenom postojećih stijena u litosferi pri promjenama fizikalno-kemijskih uvjeta. Kao AGK često posebnih estetskih značajki eksploatiraju se razne vrste mramora, zatim gnajs, kvarc, serpentin i škriljavci.



2.3. Glavni nositelji eksploatacije AGK

Glavni nositelji eksploatacije AGK u Hercegovini su:

- «UKRASKAMEN» Posušje (ležišta «Ćesića Draga», «Sovića Draga», «Krstiče», «Konjovac», «Previća», «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 «Borićevac»);
- SZR «STONE ART» Trn, Široki Brijeg (ležište «Kusačko Brdo»).

Od aktivnih kamenoloma na području Zapadno-hercegovačke županije valja istaknuti sljedeće:

1. kamenolomi na području Općine Posušje (Ćesića Draga i Borićevac);
2. kamenolomi na području Općine Grude (Lipovica);
3. kamenolomi na području Općine Ljubuški (IN KA-Crveni grm, Krčevina-Crveni Grm, Greda 2- Radišići);
4. kamenolomi na području Općine Široki Brijeg (Osoje i Tvrdi Ljut).



Slike 1.-2. Aktivni kamenolomi na području ŽZH (lijevo) i HNŽ/K (desno);

Izvor: Projekt Kamen – Eksploatacija i obrada kamena u Dalmaciji i Hercegovini

* Geološki potencijali, tehnologije, pravni okvir i utjecaj na okoliš, JU RERA d.d., Split, 2012.

Neaktivnih kamenoloma najviše ima na području općine Posušje, od kojih valja spomenuti Osoje, Kljenak i Konjovac, jer su bili kamenolomi sa velikom proizvodnjom. Na području Općine Grude povremeno radi kamenolom Platica-Otok.

Na temelju gore navedenom može se zaključiti da u četiri općine ZHŽ trenutno je aktivno 8 kamenoloma ili prosječno dva po općini što je razmjerno malo ako se usporedi s državama



kao što je Hrvatska ili druge Europske zemlje sa sličnom geološkom sredinom. Ovakvo stanje je nezadovoljavajuće sa obzirom na resurse kamena kojim ova županija raspolaže.

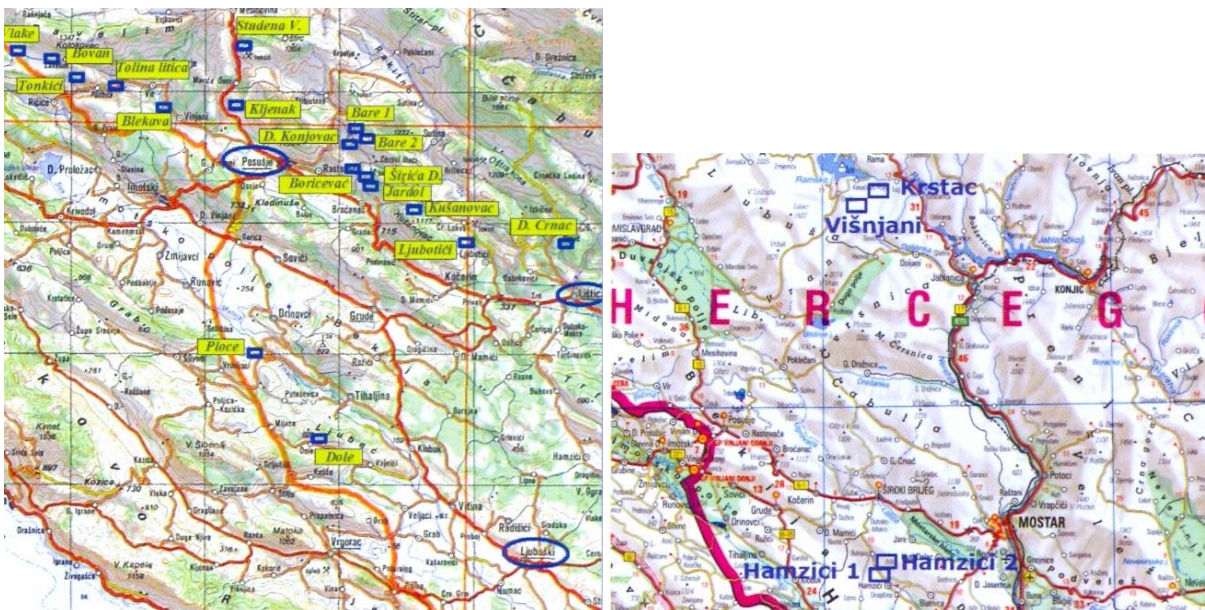
Ako se analizira litološka struktura stijena koje se eksploatiraju kao AGK u ŽZH tada bi imali sljedeće pokazatelje :

- u pet kamenoloma eksploatiraju se blokovi kamena u krednom vapnencu (Ćesića draga, Lipovica i Crveni grm-gornjokredni vapnenci s rudistima, te Krčevine i Greda 2);
- u jednom se vade blokovi breče (Tvrdra Ljut);
- u jednom pločasti vapnenac, uz dosta zahtjevno vađenje kamena, koje iziskuje primjenu visoke tehnologije (Borićevac);
- i u jednom kamenolomu se vade blokovi dolomita (Osoje).

U Hercegovačko-neretvanskoj županiji/kantonu (HNŽ/K) stanje nije zadovoljavajuće. Kad su u pitanju aktivni kamenolomi onda se može izdvojiti tek par njih po općinama i to:

1. Općina Mostar (Mukoša);
2. Općina Ravno (Orahov do);
3. Općina Jablanica (Granit).

Broj aktivnih kamenoloma u HNŽ/K je jako mali, a mogućnosti za otvaranje još par njih su doista velike. Međutim, uzrok ovakvog malo broja kamenoloma je posljedica niza faktora o čemu ovdje neće biti riječ. Neaktivnih kamenoloma je jako malo i oni su zanemarivi.



Slike 3.-4. Potencijalni kamenolomi na području ZHŽ (lijevo) i HNŽ/K (desno)

Izvor: Projekt Kamen – Eksploatacija i obrada kamena u Dalmaciji i Hercegovini

* Geološki potencijali, tehnologije, pravni okvir i utjecaj na okoliš, JU RERA d.d., Split, 2012.

Kada je u pitanju vrsta kamena koji se eksploatira u gore navedenim kamenolomima onda valja nabrojati sljedeće:

- u kamenolomu Mukoša vadi se „miljevina“ i „tenelija“;
- u kamenolomu Orahov do se eksploatira donjokredni vapnenac;
- u kamenolomu Granit poznati jablanički gabro.



Izvedenom geološkom analizom utvrđene su potencijalne lokacije kvalitetnih blokovitih stijena u sljedećim geološkim sredinama:

- u krednim vapnencima 2 lokacije;
- u eocenskim vapnencima 7 lokacija;
- u brečama 4 lokacije;
- u flišnim i prominskim konglomeratima 5 lokacija;
- u miljevini 1 lokacija i
- u eruptivnim stijenama 2 lokacije.

Uočljivo je da su, osim u vapnencima, lokacije AGK evidentirane i u flišnim i prominskim naslagama, eruptivnim stijenama i miljevini kao zaboravljenom kamenu.

Smatra se da potencijalnih nalazišta ima mnogo više, ali su za njih potrebna zahtjevna i dugotrajna ispitivanja.

3. REZULTATI ISPITIVANJA KAKVOĆE 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 laboratorija «IGH-Mostar» u proljeće 1997. godine, te Centralnog laboratorija u novoj poslovnoj zgradi „IGH-MOSTAR“ u ljeto 2007. godine do danas izvršena su brojna ispitivanja AG kamena iz ležišta s područja Hercegovine, uključujući Livno i Tomislavgrad, ležišta iz središnje i jugozapadne Bosne.

3.1. Mineraloško-petrografski sastav

Što se tiče mineraloško-petrografskog sastava, kamen nije ispitan za sve uzorke, 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“), te „gabru“.

3.1.1. Tlačna čvrstoća

Prema Bilbiji tlačne čvrstoće vapnenaca kreću se u intervalu od 30 do 250 MPa, dolomiti između 80 i 250 MPa, a gabra između 180 i 300 MPa. Ispitivanja su vršena u suhom stanju, vodom zasićenom stanju i nakon ciklusa smrzavanja/ odmrzavanja.

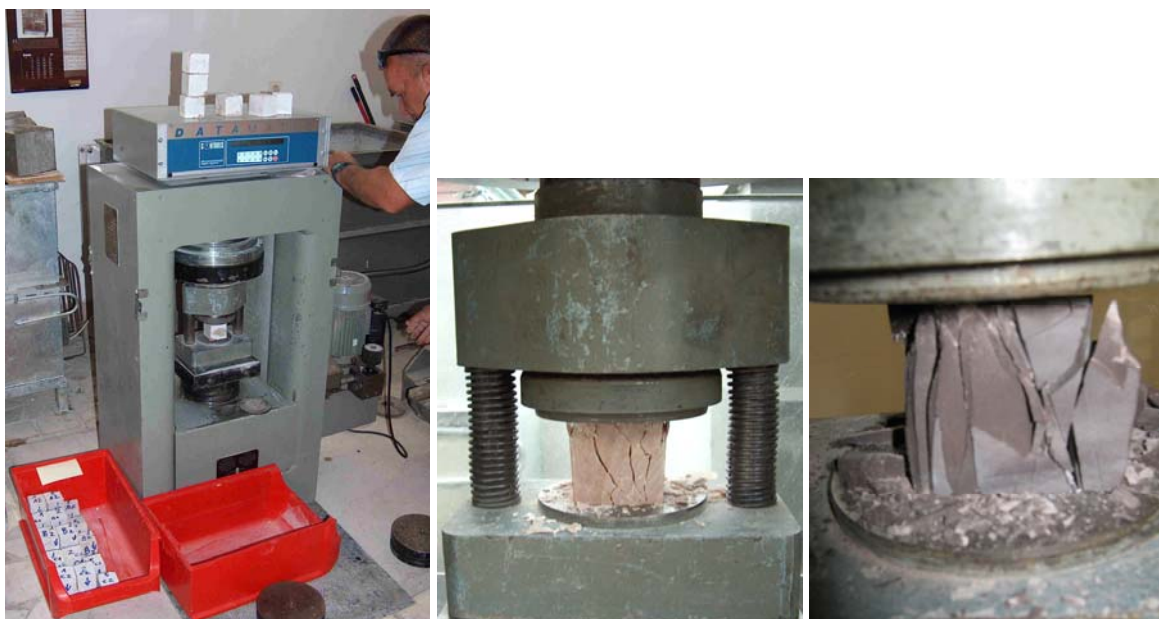
Ako iz analize izuzmemo sedru sa 2 potpuno različita rezultata ispitivanja, **prosječne tlačne čvrstoće u suhom stanju** su se kretale u velikom rasponu od 23,2 MPa (prosjeak za 2 uzorka „miljevine“ Mukoša, Mostar) do 369,3 MPa („andezit 3“ iz Gornjih Višnjana). U kategoriju vrlo niske čvrstoće (do 40 MPa) pored „miljevine“, možemo ubrojiti kamen iz Orješa - Staro naselje sa 32,0 MPa i „teneliju“ sa 34,6 MPa (prosjeak 3 ispitivanja).

Prvu polovinu srednje visokih čvrstoća (80-180 MPa) imaju vapnenci „Silit light“ (kamenolom „Pogledala“ Livno) sa 91,0 MPa, „Bijeli hercegovac“ (Raška Gora, Mostar) sa 96,8 MPa (2 uzorka), „Lipovit“ (kamenolom „Blekova-Vir“, Posušje) sa 112,0 MPa, kamen iz kamenoloma „Boričevac“ (Posušje) sa 125,0 MPa, kamen iz kamenoloma „Hodovo“ (Berkovići) sa 126,0



MPa, „Veselje Unito“ (kamenolom „Dračevo“, Čapljina) sa 130,0 MPa i kamen iz kamenoloma „Lipovice“ Posušje sa 130,0 MPa. Nešto veće vrijednosti u ovom području imaju vapnenci iz kamenoloma „Rudine“ (Berkovići) sa 148,0 MPa, „Lapišnica“ (Istočni Grad) sa 148,2 MPa, kamen iz kamenoloma Slipčiči sa 152,7 MPa, kamen sa lokacije „HE Ulog“ sa 155,0 MPa, kamen iz kamenoloma „Bokočuša-Crveni Grm“ (Ljubuški) sa 172,0 MPa i kamen iz Opina kod Mostara sa 176,0 MPa.

Na gornjem rubu srednje visokih čvrstoća je dolomit „rujan“ iz Ivankovića Doca (Široki Brijeg), čiji je drugi uzorak imao čvrstoću od 200,0 MPa, koja spada u visoke čvrstoće kamena (180-280 MPa). Na granici je „New Cristal“ iz Ivankovića Doca i „Gornji Višnjani S1“ sa 180,0 MPa, te nešto čvršći kamen iz kamenoloma „Šćepan Križ“ (Stolac) sa 195,0 MPa, kamen iz kamenoloma Zelenikovac (Grude) sa 211,7 MPa, te „Hercit“ iz Crvenog grma s 216,3 MPa. Očekivano, visoke vrijednosti čvrstoća ima jablanički gabro koji ima sljedeće rezultate iz različitih kamenoloma: 222,0 MPa (majdan „Jablanica“), „241,0 MPa (majdan „Ploče), 241,7 MPa (majdan „Car“) i 266,8 MPa (majdan „Suljo Čilić“), ali i pojedinačni uzorak kamena „Gornji Višnjani C1“ (230,0 MPa), dok kamen oznake „Gornji Višnjani B1“ s 310,0 MPa i spomenuti kamen oznake „andezit 3“, također iz Gornjih Višnjana s 369,3 MPa, spadaju u kamen vrlo visoke čvrstoće (preko 280 MPa), što su ispitivanjima u IGH najveća ispitane vrijednosti tlačne čvrstoće AGK.



Slike 5, 6, 7. Ispitivanje kamena: tlačna čvrstoća (lijevo), s detaljom u adapteru za precizno centriranje uzorka (sredina i desno)

Prema drugoj kategorizaciji kamena (Bilbija), vrlo niske čvrstoće (10-50 MPa) su jako porozni vapnenci: „miljevina“, Ortiješ i „tenelija“. U kategoriju umjerene čvrstoće (50-100 MPa) spadaju porozni vapnenci: „Silit light“ i „Bijeli hercegovac“. U kategoriju srednje visoke čvrstoće (100-150 MPa) spadaju umjereno porozni vapnenci: „Lipovit“, „Boričevac“, „Hodovo“, „Veselje Unito“, „Lipovice“ Posušje, „Rudine“ i „Lapišnica“. U kategoriju visoke čvrstoće (150-250 MPa) spadaju kompaktni vapnenci: Slipčiči, „HE Ulog“, „Bokočuša-Crveni Grm“ i Opine, dolomit „rujan“, vapnenci: „New Cristal“, „Šćepan Križ“, Zelenikovac i „Hercit“, 3 kamena oznaka „Andezit 2“, Andezit 4“ i Andezit 1“ iz Gornjih Višnjana (182,2 MPa, 187,9 MPa i 215,3 MPa), jablanički gabro iz tri kamenoloma: 222,0 MPa („Jablanica“), 241,0 MPa



(„Ploče“) i 241,7 MPa („Car“), te uzorak oznake „Gornji Višnjani C1“ (230,0 MPa). U kategoriju vrlo visoke čvrstoće (preko 250 MPa) spadaju: kamen „Gornji Višnjani B1“ (310,0 MPa) i „Andezit 3“ (369,3 MPa). Na koncu treba napomenuti da su nekim slučajevima ispitane samo tlačne čvrstoće kamena u suhom stanju, pa je teško donositi zaključke o kvaliteti tog kamena...

Osim navedenih tlačnih čvrstoća u suhom stanju, na skoro svim uzrocima ispitana je i tlačna čvrstoća vodom zasićenih uzoraka. Svi ispitani uzorci su imali preko 80% vrijednosti čvrstoće u suhom stanju, a velika većina i preko 90%. Iznimka je bio kamen najmanje čvrstoće „miljevina“ sa čvrstoćom od 15,4 MPa (66,4%), dok je „tenelija“ zadovoljila kriterij od 80% čvrstoće (86,1%). S druge strane, kod gabra koji ima najveće vrijednosti čvrstoća, gubitak čvrstoće je bio od 4,5 % („Car“) do 16,0% („Ploče“). S druge strane, pojedine vrste kamena su imale minimalan pad čvrstoće: 0,3% („Lapišnica“), 1,0% („Bokočuša-Crveni Grm“), 2,3% (Opine), 2,5% („Hercit“-Crveni Grm), 4% („Boričevac“), itd. Minimalan pad čvrstoće od 2,3% imao je i dolomit „Rujan“, 4,5% gabra iz majdana „Car“,...

Na oko 60% uzoraka kamena je ispitana i čvrstoća nakon ciklusa smrzavanja/odmrzavanja, pri čemu je gubitak čvrstoće bio ispod 20%, osim u nekim slučajevima. Jedan od uzoraka gabra („Ploče“) je bio neznatno veći gubitak od 20,5%, kamen iz kamenoloma u Slipčičima 27,2%, dok je kamen iz kamenoloma „Hodovo“ izgubio skoro pola čvrstoće (gubitak od čak 44,5%).

3.1.2. Otpornost kamena na habanje

Prema Bilbiji za vapnence otpornost na habanje se kreće između 12 i 22 cm³/50 cm², a kod dolomita između 11 i 18 cm³/50 cm². Kamen koji ima otpornost na habanje po Böhme-u do 20 cm³/50cm² može se upotrijebiti za podne površine izložene pješačkom prometu, dok izrazito izložene površine zahtijevaju vrlo tvrd kamen. Pri izvedbi podova kombinacijom različitih vrsta kamena nužno je korištenje vrsta kamena približno istih vrijednosti otpornosti na habanje.

Prema kategorizaciji N. Bilbije u vrlo tvrd kamen (5-10 cm³/50 cm²) spadaju „Andezit 3“, koji je imao rekordno veliku tlačnu čvrstoću, s 4,7 cm³/50 cm², „Andezit 1“ sa 7,1 cm³/50 cm², uzorak „Gornji Višnjani S1“ s 8,0 cm³/50 cm², kamen iz Gornje Bijele s 9,0 cm³/50 cm², te sva 4 uzorka gabra, čija se otpornost prema N. Bilbiji kreće između 6 i 10 cm³/50 cm², pri čemu je najmanju vrijednost od 7,9 cm³/50 cm² imao gabra „Suljo Čilić“. Većina ispitanih uzoraka AGK spada u kategoriju tvrdog kamena (10-20 cm³/50 cm²): Bokočuša-Crveni Grm“, „Hercit“-Crveni Grm, Zelenikovac, Boričevac, „Rudine“, „Stjepan Križ“, HE Ulog, Lapišnica i „Lipovit“, Gornji Višnjani B1, te 2 uzorka dolomita „rujan“ (prema Bilbiji 11-18 cm³/50 cm²). U kategoriju umjereno tvrdog kamena (20-30 cm³/50 cm²) spadaju: „Bijeli hercegovac“, Slipčiči, Hodovo, Opine i „Silit light“, te jedan od uzoraka dolomita „rujan“, koji izlazi iz rečenog područja otpornosti za dolomite. U kategoriju izrazito mekanog kamena (većeg od 40 cm³/50 cm²) spadaju: „tenelija“ i Ortješ, dok „miljevina“ nije ispitivana na habanje.

Prema uvjetima za prometne površine nekoliko vrsta kamena zadovoljava uvjete za izvanredno prometne površine s preko 30.000 ljudi dnevno (max. 14 cm³/50 cm²) spadaju svi uzorci gabra, Gornja Bijela, „Bokočuša-Crveni Grm“, „Hercit“-Crveni Grm i Zelenikovac. Za vrlo prometne površine s preko 15.000 ljudi dnevno (max. 18 cm³/50 cm²) mogu se koristiti: Boričevac, „Rudine“, „Stjepan Križ“, HE Ulog, Lapišnica i „Lipovit“. Za jako prometne površine sa preko 3.000 ljudi dnevno (max. 22 cm³/50 cm²) mogu se koristiti: „Bijeli hercegovac“, Slipčiči, Hodovo, Opine i „Silit light“. Jedan od uzoraka dolomita spada na granicu korištenja



za umjerene prometne površine s 1.000 do 3.000 ljudi dnevno (max. 25 cm³/50 cm²), dok se od ispitivanog kamena „tenelija“ i Ortiješ ne mogu koristiti za oblaganje prometnih površina.

3.2. Upijanje

Što se tiče **upijanja** vode, svako upijanje veće od 0,5% mase zahtjeva pozornu procjenu upotrebljivosti kamena, posebno kada se njime oblažu podne površine u eksterijeru. Mogućnost uporabe određene vrste kamena obzirom na upijanja vode, vezano za otpornost kamena na mraz, treba razmatrati zajedno sa njegovim drugim svojstvima, ponajprije poroznosti i šupljikavosti. Prema Bilbiji vapnenci imaju upijanja od 0,1 do 20%, dolomiti od 0,3 do 2,5%, a gabra od 0,2 do 0,4%.

Vrlo malo upijanje prema Bilbiji (do 0,5%) ima većina ispitanih uzoraka AGK, a neki od njih imaju izvanredno male vrijednosti: „Gornji Višnjani B1“ i „Lipovit“ (0,02%), tri uzorka „gabra“ (0,05-0,09%), Opine, Zelenikovac i HE Ulog (0,08%), Rudine (0,09%), Lapišnica (0,10%) i „Hercit“ (0,12%), dok je četvrti uzorak „gabra“ („Suljo Čilić“) imao 0,15%. S druge strane, imali smo veliko upijanje kamena „tenelije“ (9,4%), te kamena iz Ortiješa (9,63%), te vrlo veliko upijanje „miljevine“ od 15,2%.

3.3. Gustoća kamena

Gustoća kamena je iznosila najčešće (polovina rezultata) od 2.696 do 2.717 kg/m³, uz neke iznimke male gustoće: „miljevina“ (2.455), „veselje unito“ (2.630), „tenelija“ (2.639), „New Cristal“ (2.640), Ortiješ (2.660) i Boričevac (2.670). S druge strane, veće vrijednosti su imali „Andezit 1“ (2.739), „Andezit 3“ i vapnenac „Hodovo“ (2.740), „Andezit 4“ (2.760), „Andezit 3“ (2.779), dolomit „rujan“ (2.770 i 2.797), 3 uzorka iz Gornjih Višnjana (2.810-2.830), te naravno uzorci „gabra“ (2.922-3.052).

3.4. Prostorna masa kamena

Prostorna masa kamena koji se pretežno rabi u graditeljstvu iznosi od 2.500 do 3.000 g/m³. Nižom prostornom masom, među ostalima, odlikuju se vapnenačka sedra, neki travertini (2.300-2.500 g/m³), visokoporozni vapnenci (1.700-2.200 g/m³) i tufovi (1.800-2.000 g/m³).

Prostorna masa je kretala u uskom području od 2.680 do 2.710 kg/m³, uz određene manje vrijednosti, slično gustoći: „sedra“ - 1.332, „miljevina“ - 1.836, „tenelija“ - 1.966, Ortiješ - 2.000, „veselje unito“ - 2.510, „Gornji Višnjani S1“ - 2.540 (velika poroznost ovog kamena od 9,9%), „Andezit 4“ - 2.595, „Andezit 1“ - 2.625, Gornja Bijela, Konjic - 2.630, „New Cristal“ - 2.640, „Andezit 2“ - 2.643 i Boričevac - 2.670 kg/m³. S druge strane veće vrijednosti su imali: jedan uzorak dolomita „rujan“ (2.742), „Gornji Višnjani B1“ (2.790), te uzorci „gabra“ (2.909-2.999).

3.5. Poroznost kamena

Za potpuno definiranje poroznosti kamena i tumačenja pojava vezanih uz nju, kao što su termička i akustična svojstva, odnos prema vodi i otpornost prema mrazu, nužno je poznavanje veličine pora i njihove međusobne povezanosti.

U kompaktni kamen po Bilbiji (do 1%) spada oko dvije trećine ispitanih uzoraka, pri čemu neki imaju izvanredno niske vrijednosti: vapnenac „Bokočuša-Crveni Grm“ i jedan od uzoraka „gabra“ („Ploče“) - 0,03%, Lapišnica 0,11%, „Hercit“-Crveni Grm (0,14%), Opine 0,18% itd.



Nekoliko vrsta kamena spada u slabo porozan (1,0-2,5%). Međutim, imamo čak tri kamena koji spadaju u ekstremno porozne (više od 20%): Ortiješ (24,55%), „tenelija“ (25,5 %) i „miljevina“ (25,2 %).

3.6. Postojanost prema mrazu

Djelovanje niskih temperatura u uvjetima kontinentalne klime postaje jedan od najvažnijih činitelja razaranja kamena. Postojanost prema mrazu određuje se eksperimentalno različitim metodama, koje nisu u svim slučajevima siguran pokazatelj promjene tijekom vremena. Međutim, pri procjeni postojanosti i uopće promjena kamena tijekom vremena mnogo znači poznavanje ponašanja i stanja kamena na već izgrađenim objektima.

Što se tiče postojanosti prema mrazu ispitivanjem gubitka čvrstoće većina ispitanih uzoraka AGK 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“.

LITERATURA

1. Bilopavlović V., Smoljan N. (1997.): *Pet stoljeća građenja tenelijom*, Rudarsko-geološki glasnik, br. 1, Mostar, 1997.
2. Crnički, J., Papeš, J., Marijanović, P., Smoljan, N., Bilopavlović, V. (1997.): *Nemetalne mineralne sirovine Herceg-Bosne*, Rudarsko-geološki glasnik, br. 1, Mostar, 1997.
3. Knezović, Ž., Marić, M., Penava, B. (1999.): *Mineralne sirovine Županije Zapadnohercegovačke*, Rudarsko-geološki glasnik, br. 3, Mostar, 1999.
4. Zeljko, I., Zeljko, T. (1999): *Komercijalna i praktična podjela arhitektonsko-građevnog kamena*, Rudarsko-geološki glasnik br. 3, Mostar, 1999.
5. Pudelko, F., Bilopavlović, V., Karačić, S. (2000.): *O resursima kamena na području Hercegovine i Jugozapadne Bosne*, Rudarsko-geološki glasnik 4, Hrvatsko rudarsko-geološko društvo, Mostar, XI. 2000.
6. Zvonić Z. (2000): *Tenelija - kamen Mostara*, "Most"- časopis za obrazovanje, nauku i kulturu, Vol. 130, Mostar, 2000.
7. Šaravanja, K., Galić, A. (2001.): *Resursi i svojstva građevnog kamena Hercegovine za obnovu graditeljske baštine/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, IX. 2001.
8. 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.
9. Šaravanja, K., Bilopavlović, V. (2002.): *Prikaz rezultata ispitivanja kamena s područja Hercegovine*, Rudarsko-geološki glasnik br. 5-6, Mostar, 2002.
10. Langof, Z. (2002.): *Ispitivanje fizičkih i mehaničkih karakteristika kamena u BH*, Seminar «Tradicija upotrebe kamena u BH i nove tehnologije obrade», Mostar, 2002.
11. Šaravanja, K., Marijanović, P. (2004.): *Arhitektonsko-građevni i tehnički kamen na području Hercegovine*, European Conference on Raw Materials and Coal – New Perspectives, Sarajevo, 2004.
12. Šaravanja, K. i Čolak, I. (2005.): *Kamen za obnovu Starog mosta u Mostaru*, I. Sabor hrvatskih mostograditelja, Brijuni, VI. 2005.



- Reprint: „M-Kvadrat“ Stručni časopis za građevinarstvo i arhitekturu, Mostar, Broj 11, IX. 2009.*
13. Bilopavlović, V., Oreč, F., Pudelko, F., Čamber, I., Boljat, E., Čamber, T. (2011.): *Potencijalne lokacije AG kamena na području Zapadne Hercegovine*, Zbornik radova Hrvatskog društva kamenoklesara, geologa i rudara, broj 1, Posušje, XII. 2011.
 14. Šaravanja, K., Marić, T., Radić Kustura J., Šaravanja, V. (2012.): *Prikaz rezultata ispitivanja arhitektonsko-građevnog i tehničko-građevnog kamena*, Hrvatsko društvo kamenoklesara, geologa i rudara „Zvuk kamena“, Zbornik radova 2, Posušje, XII. 2012.