



Mogućnosti eksploatacije i iskorištenja arhitektonsko-građevnog kamena u Hercegovini

Pregledni rad / Review paper
Primljen/Received: 25. 6. 2018.;
Prihvaćen/Accepted: 29. 8. 2018.

Ivo Galić

Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb, izvanredni profesor

Branimir Farkaš

Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb, viši asistent

Ivan Soldo

Malinska 5, Zagreb, mag.ing.rud.

Dragan Vidić

Ministarstvo gospodarstva, Ulica Grada Vukovara 78, Zagreb, dr.sc., stručni suradnik

Sažetak:

U ovom radu prikazana su odobrena i autorima poznata ležišta arhitektonsko-građevnog kamena na području Hercegovine, gdje se trenutno izvode istraživanja i eksploatacija. Položaj ležišta prikazan je na topografskoj karti primjenom programa Bentley Microstation. Obradom listova osnovne geološke karte (OGK, M1:100 000) napravljena je kompilacijska geološka karta, u cilju pregleda aktivnih lokacija arhitektonsko-građevnog kamena te povoljnih geoloških struktura za pokretanje novih istraživanja. Iz autorova opusa i iz mrežnih podataka izdvojeno je nekoliko znakovitih vrsta stijena koje se eksploatiraju kao arhitektonsko-građevni kamen, koji su poznati kod nas i u svijetu.

Prikazana ležišta, te primjena nekih vrsta kamena u gradnji ekskluzivnih objekata kako kod nas tako i u svijetu upravo ukazuju da se na području Hercegovine nalazi veliki potencijal, što u gospodarskom smislu može biti značajan čimbenik razvoja. U prilog tome ide i činjenica da se u posljednjih desetak godina broj aktivnih kamenoloma udvostručio, a eksploatacija kamena je toliko intenzivirana tako da je godišnja produkcija višestruko povećana, osobito u posljednjih pet godina.

Suvremena eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena izvodi se visoko produktivnim tehnologijama površinskim i podzemnim kopovima. Takva eksploatacija predstavlja masovni iskop stijene, od čega se samo jedan dio te stijene koji je najkompaktniji koristi kao arhitektonsko-građevni kamen.

Zbog geoloških uvjeta u ležištu, udio iskopane stijene od 70%, pa i više, predstavlja kameni ostatak koji se odlaže u okolišu ili u najboljem slučaju koristi kao sirovina za tehničko-građevni kamen.

Danas se u klasičnoj eksploataciji arhitektonsko-građevnog kamena koriste sofisticirani strojevi za rezanje kojima se dobivaju geometrijski pravilni blokovi čija je vrijednost na tržištu višestruko veća od nepravilnih komada stijene. No, zbog visoke cijene eksploatacije po jedinici proizvoda, nalaže se ekonomska opravdanost iskorištenja i manjih, nepravilnih komada stijene za lokalnu gradnju.

Osobito se to odnosi pri gradnji građevinskih objekata u Hercegovini gdje se iskop može izvesti klasičnom metodom eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena a iskopani kamen se može preraditi i upotrijebiti za gradnju objekata kao autohtoni materijal.

Isto tako, iza eksploatacije ostaje velika količina kamenog ostatka koji se može iskoristiti kao karbonatna sirovina za industrijsku namjenu, koja može ponekad po vrijednosti premašiti vrijednost arhitektonsko-građevnog kamena. Tu svakako treba poštivati načelo održivog razvoja gdje se integralnim pristupom valorizira vrijednost svih nađenih mineralnih sirovina uz maksimalnu brigu o stanju okoliša.

Ključne riječi: arhitektonsko-građevni kamen, eksploatacija, način iskorištenja, valorizacija



Posibilities exploitation and utilization of dimension stone in Herzegovina

Abstract:

In this paper are presented also approved authors of known deposits of dimension stone in Herzegovina, where research and exploitation are currently being conducted. The location of the deposits is shown on the topographic map using the Bentley Microstation program. The compilation geological map was developed by processing the basic geological map sheets (OGK, M1: 100 000), in order to examine the active sites of dimension stone and favorable geological structures for starting new research. From the author's opus and from the network data, there are several distinctive types of rock exploited as dimension stones, known to us and in the world.

The presented deposits and the use of some types of stone in the construction of exclusive facilities both in Croatia and in the world, indicate that there is great potential in the Herzegovina area, which in economic terms can be a significant factor in development. The fact that in the past decade the number of active quarries has doubled and stone exploitation is so intensified that annual production has increased several times, especially in the last five years.

Contemporary exploitation of dimension stone is performed with highly productive technologies for surface and underground shutters. Such exploitation represents a massive excavation of rocks, of which only one part of the rock that is most compact is used as an dimension stone.

Because of the geological conditions in the deposit, the proportion of excavated rock of 70% and more is a rock residue that is deposited in the environment or at best used as a raw material for technical-building stone.

Today in classical exploitation of dimension stone, sophisticated cutting machines are used to produce geometrically correct blocks whose market value is higher than irregular rocks. However, due to the high cost of exploitation per product unit, economic justification of utilization and smaller, irregular rocks for local construction are required.

Particularly this concerns the construction of building objects in Herzegovina where the excavation can be performed by a classical method of exploitation of dimension stone and the excavated stone can be processed and used for the construction of objects as indigenous material. Likewise, behind the exploitation remains a large amount of stone remnant that can be used as a carbonate raw material for industrial use, which may sometimes exceed the value of dimension stone.

The principle of sustainable development must be respected, where integral approaches value the value of all found mineral raw materials with the utmost care of the environment.

Key words: dimension stone, exploitation, mode of utilization, valorization



1. UVODNA RAZMATRANJA

Mineralne sirovine su neobnovljiv prirodni resurs a nalaze se, primarno, u neujednačenom prirodnom okruženju, sekundarno pa čak i tercijarno, u različitim transformiranim oblicima poput: energenata, stanogradnji, infrastrukturnim objektima (ceste, mostovi, željeznica), automobilima, plovilima, zrakoplovima, te plastičnim i drugim proizvodima, koji čine ljudsku civilizaciju. Sve osim hrane i odjeće, pa i njih, čovjek ostvaruje osnovom mineralnih sirovina ili pomoću od njih izrađenih produkata.

Eksploatacijom arhitektonsko-građevnog kamena (u nastavku a-gk) iskorištava se do 30 % ukupno iskopane stijene, a preostali dio (70 % pa i više) iskopane stijene su, uglavnom, potencijalne rezerve drugih mineralnih sirovina kao što su: tehničko-građevni kamen i/ili karbonatna sirovina za industrijsku preradu. Iskorištenje mineralne sirovine od 30 % za arhitektonsko-građevni kamen sigurno traži u budućnosti razvijanje novih tehnoloških postupaka kojima bi se povećala iskoristivost, a time i ukupna vrijednost ležišta.

U tom pogledu, pored prirodnih značajki koje bitno određuju samo pokretanje eksploatacije, na iskorištenje kamena presudno utječe i tehnologija dobivanja blokova a-gk. Stoga, treba nastojati da projektna rješenja slijede suvremene trendove, odnosno korištenje tehnologije kojom se već u fazi projektiranja predviđa optimalno iskorištenje stijenske mase (Farkaš, 2017).

Arhitektonsko-građevni kamen predstavlja jednu od najvrjednijih mineralnih sirovina u području Hercegovine čija je eksploatacija dosta specifična i traži dugogodišnju izobrazbu kadrova. Brojnost potencijalnih ležišta, veliki uvoz obrađenog arhitektonsko-građevnog kamena (galanterija, spomenici), te pogodni varijeteti za plasman proizvoda na svjetsko tržište potiču mogućnost povećanja proizvodnje i ubrzani razvoj kamenarske industrije.

U vrijeme velikog rasta broja stanovnika i smanjivanja životnog prostora, jasno je da se mora voditi računa o prostornom planiranju i visokoučinkovitoj zaštiti okoliša. Budući su rudarski radovi predodređeni mjestom pojavljivanja mineralnih sirovina, a ograničeni realnim mogućnostima i htjenjima društvene zajednice, stručnjaci, rudari i geolozi, moraju se aktivno uključiti u prostorno planiranje i ukazati na potencijalne lokacije aktiviranja da bi se temeljem toga mogla donijeti odluka o prioritetu namjene.

Moraju se utvrditi realne mogućnosti eksploatacije jer rudarski rad pod svaku cijenu je prošlost koja se ne smije zaboraviti ali niti može više ponavljati. Prema tome streme i trendovi razvoja društva koji će poticati samo humanu, gospodarski i ekološki prihvatljivu proizvodnju (Živković i dr. 2006).

Održivi razvoj (sustainable development) je takav razvoj, koji zadovoljava današnje potrebe, a da ne ugrožava buduće generacije i njihove potrebe (WCED, 1987).

U skladu s načelom održivog razvoja, ne smije se zanemariti niti iskop stijene pri gradnji građevinskih, pa i drugih objekata na stjenovitoj podlozi. Promatrajući geološki, većina građevinskih jama (temelji budućih objekata) u Hercegovini nalazi se na stjenovitoj podlozi koja potencijalno predstavlja malo ležište mineralnih sirovina. Ako je stijena kompaktna, postoji velika vjerojatnost da se može iskoristiti kao arhitektonsko-građevni kamen. No, pri tom valja imati na umu da se za iskop treba primijeniti jedna od metoda rezanja kamena kao pri dobivanju a-gk na kamenolomu. Obzirom da se takav iskop svakako predviđa pri gradnji objekta on može biti određena racionalizacija troškova gradnje. Ovakvim pristupom, na određen način postiže se i povoljan utjecaj na okoliš jer se materijal iz iskopa zbrinjava na licu mjesta i ne odlaže se u okoliš.

U novije vrijeme, unatrag petnaest godina, pokrenuta su brojna istraživanja i eksploatacija a-gk. Svakim danom otvaraju se nova trgovačka društva koja u svom programu rada daju prioritet eksploataciji i preradi a-gk. Eksploatacijom a-gk stvara se nova vrijednost koja se višestruko oplemenjuje od branja blokova do ugradnje finalnih proizvoda. Stoga, kao krajnji

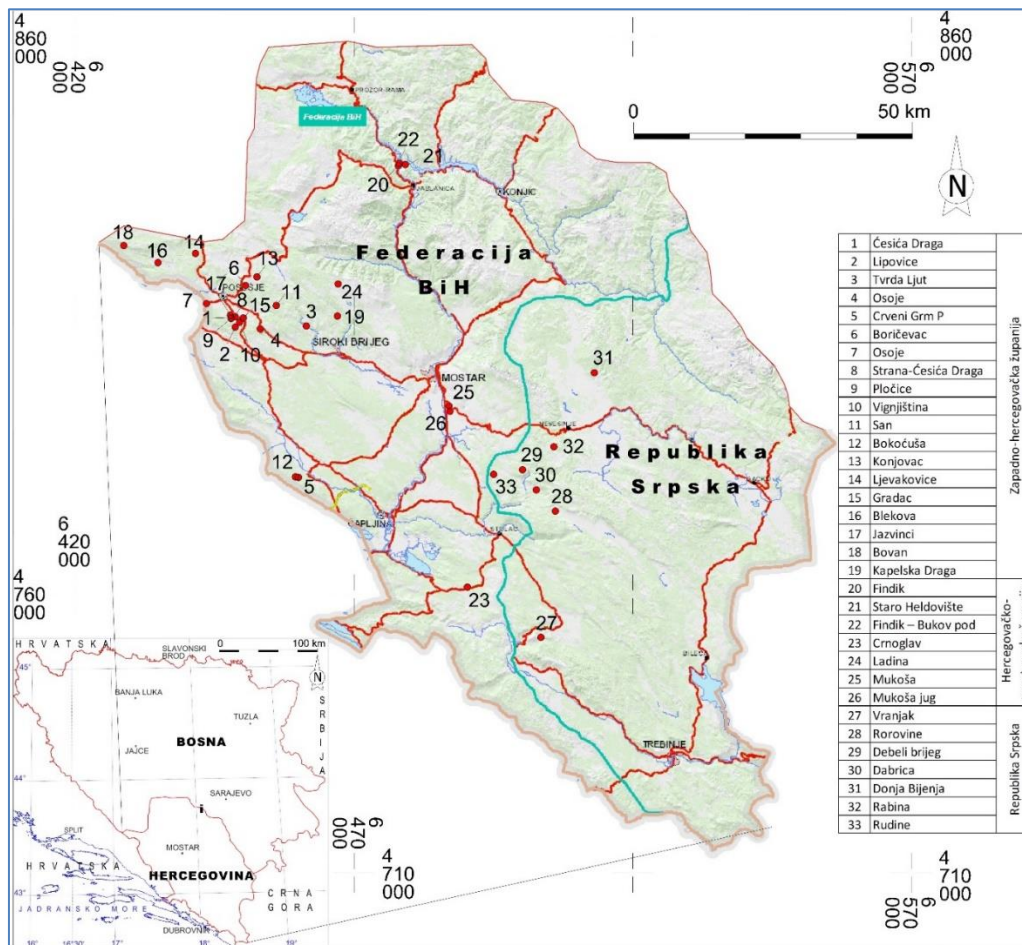


rezultat dobiva se jedinica proizvoda koja potiče razvoj i deseterostruko veći broj drugih djelatnosti. To zasigurno mora biti jedan od najvećih poticaja upravnim tijelima administrativnih jedinica da promiču takva nastojanja te da a-gk dobije zaslužen tretman i status u razvoju gospodarstva i društva. U formalno-pravnom smislu to znači da treba odrediti zone za istraživanje, eksploataciju i preradu a-gk, u prostornim planovima te omogućiti jednostavne postupke ishodajenja potrebnih dozvola za rad. U financijskom pogledu treba osmisлити i omogućiti povoljne modele financiranja planiranih investicija (Galić i dr., 2014.).

2. PRIRODNE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

2.1. Geografski položaj ležišta a-gk koja su u istraživanju i eksploataciji

Površina Hercegovine iznosi oko 10 000 km². Prostor Hercegovine zahvaća dio vanjskih dinarida kojeg možemo, morfološki podijeliti na: južni i sjeverni dio. Južni dio je predstavljen nizinskim dijelom-kotlinama voda tekućica, krškim poljima, brežuljcima i brdskim područjima. Sjeverni dio zahvaća planinsko područje s kotlinama i riječnim tokovima (Galić i dr., 2014). Područje Hercegovine podijeljeno je administrativno na tri dijela, i to na dvije županije: Zapadno-hercegovačku i Hercegovačko-neretvansku te Republiku Srpsku. Aktivni prostori koji se istražuju i eksploatiraju neravnomjerno su raspoređeni tako da od ukupno 21 lokacije, 19 ležišta smješteno je u Zapadno-hercegovačkoj županiji, 7 u Hercegovačko-neretvanskoj županiji i 7 ležišta u Republici Srpskoj (slika 1).



Slika 1 Položaj ležišta arhitektonsko-građevnog kamena koja se istražuju i eksploatiraju na području Hercegovine, M:1 000 000 (izvor: Arhiva ministarstva gospodarstva ZHŽ, HNŽ i RS, <http://www.katastar.ba/servisi>, 2018)



2.2. Geološke značajke Hercegovine i položaj ležišta a-gk koja su u istraživanju i eksploataciji

Geološka građa

Geološka građa Hercegovine rezultat je duge geološke prošlosti i prikazana je na slici 2. U prostoru nekadašnje Tetis geosinklinale nalazilo se i područje Hercegovine. Tetis geosinklinala je ležala između Afričke ploče na jugu i euro-sibirске ploče na sjeveru. Na području Hercegovine taložile su se stijene i sedimenti počevši od paleozoika pa do konca kvartara.

Naslage paleozoika predstavljene su pretežno klastičnim, a manje karbonatnim tvorevinama koje su u pojedinim mjestima izmetamorfozirane. Naslaga paleozoika uglavnom se nalaze na rubnim sjevernim dijelovima, oko Ivan Sedla, Konjica i mjestimično Jablanice a protežu se ka sjeverozapadu, smjerom Dinarida.

Sljedeća era u razvoju zemljine kore na prostoru Hercegovine je mezozojsko tektonski orogeni ciklus, koji se razvio u tri razdoblja: trijas, jura i kreda.

Sedimentacija i tektonizam sa magmatizmom mezozojskih naslaga trajali su u rasponu od 250 milijuna do 65 milijuna godina prije geološke današnjice. Mezozojske naslage široko su rasprostranjene u središnjim i vanjskim Dinaridima kojima pripada i područje Hercegovine.

Mezozojske naslage u vanjskim Dinaridima su predstavljene klastičnim karbonatnim naslagama, dok središnji Dinaridi imaju vulkansko-sedimentne i flišne naslage.

Trijas je rasprostranjen u pojasu sjeverne i sjeveroistočne Hercegovine i mjestimično sjeverno od Neuma i istočno od Trebinja.

Naslage jure zauzimaju najveći dio u vanjskom Dinarskom pojasu, gdje je uglavnom razvijen u vapnenačko-dolomitnom facijesu. Nalazi se na prostoru između Jablanice i Mostara do Gacka i Trebinja, a mjestimično se naslage mogu naći i oko Neuma.

Kreda je rasprostranjena u širim ili užim pojasevima od Trebinja, Nevesinja, Gackog, Berkovića, Ravnog i Stoca, preko Mostara, Čapljine i Neuma pa sve do Širokog Brijega i Posušja na sjeverozapadu, te Gruda i Ljubuškog na jugozapadnom dijelu Hercegovine. Kredne naslage predstavljaju dominantnu geološku jedinicu na području Hercegovine, te zauzimaju preko 50% ukupne površine. Prevladavaju vapnenci i dolomiti, a mjestimično se mogu naći promina naslage konglomerata i vapnenačke breče. Upravo kredne stijene predstavljaju veliki potencijal u pogledu dobivanja arhitektonsko-građevnog kamena. U prilog tome govori i činjenica da se 80% aktivnih kamenoloma, odnosno ležišta nalazi u krednoj formaciji.

Najmlađa era u razvoju Zemljine kore je kenozoik koji se počeo formirati prije otprilike 65 milijuna godina i traje praktično do danas. Dijeli se na dvije velike epohe: tercijar i kvartar, dok se tercijar dijeli na paleogen i neogen. Drugi veliki član, prema udjelu u geološkoj građi površinskog dijela Hercegovine, predstavlja paleogen koji se izmjenjuje s krednim naslagama u širim ili tanjim pojasevima. Međutim, trenutno se ne izvode nikakve aktivnosti u naslagama paleogena, što ne oslikava njegovu potencijalnost već veliku rizičnost i neizvjesnost pri istraživanju. Postoje naznake da se u pojedinim dijelovima paleogena nalaze izuzetno dekorativne i kvalitetne stijene što se nikako ne smije zanemariti.

Naslage neogena su razvijene u područjima riječnih tokova i jezera. U ovim naslagama, pored vapnenačkih i klastičnih naslaga, posebno su zastupljene ugljenonosne naslage koje prate gline i lapori a mjestimično i šljunkovite naslage. Mostarski ugljenosni bazen je najveći primjer slatkovodnih taložina na području Hercegovine (PK Vihovići). Najmlađe pliocenske i kvartarne naslage su široko rasprostranjene, po gotovo svim kotlinama i dolinama. Posebno se izdvajaju holocenske naslage predstavljene šljuncima, pjescima, ilovačama i glinama te sedrenim i pećinskim naslagama. [http:// www.visitmycountry.net/bosnia_herzegovina](http://www.visitmycountry.net/bosnia_herzegovina)



Geotektonske faze

Zemljina kora Hercegovine prošla je kroz tektonske ere od paleozoika pa sve do kvartara. Smjenjivale su se epohe mirnog razvoja sa intenzivnim tektonskim gibanjima. Formiranje današnjeg geotektonskog sklopa Hercegovine izvršeno je kroz tri tektonska ciklusa: bajkalski, kaledonsko-hercinski i alpski ciklus. Sva tri ciklusa dijele se na tektonske faze, koje su praćene paleogeografskim promjenama. Promjene u paleogeografskom rasporedu kopna i mora, zatim u sedimentaciji, magmatizaciji i metamorfaciji stijena rezultiralo je stvaranje tektonskih jedinica sa njihovim geološkim sastavom i geološkim sklopom.

Bajkalski ciklus se odigrao u arhajske ere. U ovom tektonskom ciklusu u Dinaridima, koji su već bili formirani u pravcu ZSZ-IJI, obrazuje se geotektonska jedinica na kojoj su se kasnije obrazovale Bosanske škriljave planine.

U kaledonsko-hercinskom ciklusu Dinaridi su odvojeni od Panonida. Geološko-tektonski razvijaju se unutrašnji, a djelimično i središnji Dinaridi.

Kada se kaledonsko-hercinski tektonski ciklus završio u permu nastupio je Alpski tektonski ciklus. Na postojećim tektonskim osnovama u alpskom tektonskom ciklusu formirao se Dinarski strukturni kompleks koji se podijelio na unutrašnje, središnje i vanjske Dinaride. U mladoalpskoj tektogenetskoj fazi obrazovana je suvremena morfostruktura reljefa Bosne i Hercegovine. Tijekom mladoalpske tektogeneze izdvajaju se dva razdoblja: paleogena tektonika i neotektonsko razdoblje. U paleogenom razdoblju mijenjaju se doba boranja i rasjedanja te navlačenja, a u neogenoj tektonici koja traje i danas dominira radijalna tektonika. [http:// www.visitmycountry.net/bosnia_herzegovina](http://www.visitmycountry.net/bosnia_herzegovina)

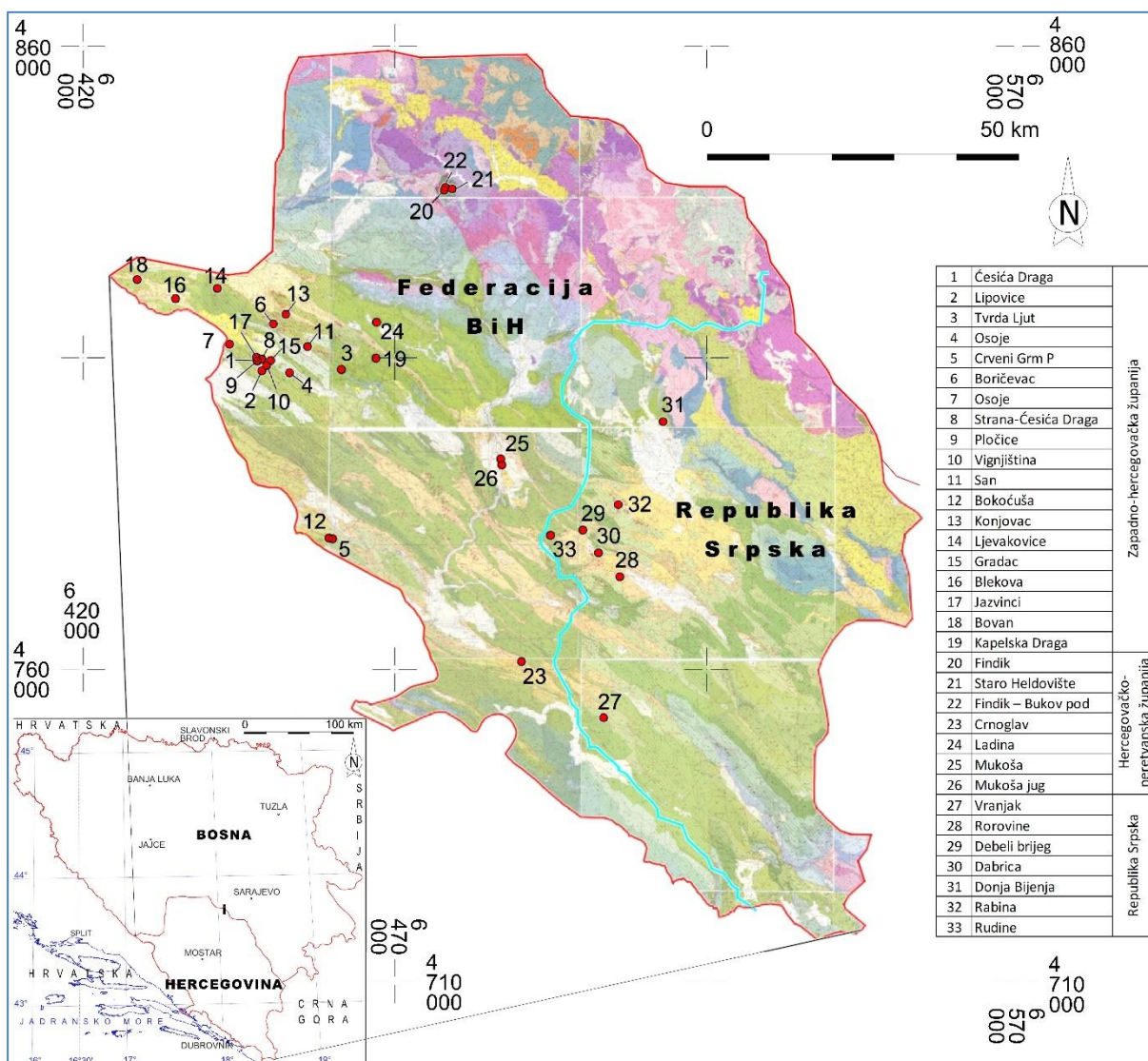
Tektonski elementi: bore, rasjedi i navlake izravno su utjecali na očuvanost ležišta odnosno blokovitost (kompaktnost) u smislu dobivanja a-gk. Stoga je razumljivo da često puta dekorativnost stijene i široko rasprostranjena geološka građa nisu dovoljno jako jamstvo za uspjeh pri istraživanju i eksploataciji ležišta a-gk.

2.3. Kakvoća a-gk iz aktivnih kamenoloma

Kakvoća a-gk je jedan od vrlo bitnih, a ponekad i presudnih kriterija za odabir i ugradnju kamena. Pod kakvoćom a-gk se obično podrazumijevaju fizičko-mehaničke i kemijske značajke. Prije svega neophodno je pravilno odabrati kamen prema poziciji gdje će se postavljati, odnosno eksterijeru ili interijeru. Zatim, bitnu ulogu u odabiru kamena ima podneblje u kojem se nalazi objekt ugradnje. Tu se prvenstveno misli na klimatske utjecaje na kamen koji se ugrađuje u eksterijere.

A-gk s prostora Hercegovine ima širok raspon po pitanju kakvoće, odnosno pojedinih značajki. Generalno, iskustva pokazuju da su postojanije starije stijene, no ne postoji pravilo kojim bi mogli, bez standardne procedure istraživanja i ispitivanja, utvrditi kakvoću stijena.

Napose, usporedbu pojedinih stijena te odabir a-gk prema traženim vrijednostima od strane Investitora građenja, moguće je učiniti samo osnovom egzaktnih metoda koje se koriste pri terenskim i laboratorijskim ispitivanjima kamena. U nastavku je prikazana tablica s rezultatima ispitivanja nekoliko vrsta stijena iz dostupnih kamenoloma.



1	Česića Draga	Zapadno-hercegovačka županija
2	Lipovice	
3	Tvrđa Ljut	
4	Osoje	
5	Crveni Grm P	
6	Boričevac	
7	Osoje	
8	Strana-Česića Draga	
9	Pločice	
10	Vignjiština	
11	San	
12	Bokočuša	
13	Konjovac	
14	Ljevakovice	
15	Gradac	
16	Blekova	
17	Jazvinci	
18	Bovan	
19	Kapelska Draga	Hercegovačko-neretvanska županija
20	Findik	
21	Staro Heldovište	
22	Findik – Bukov pod	
23	Crnoglav	Republika Srpska
24	Ladina	
25	Mukoša	
26	Mukoša jug	
27	Vranjak	
28	Rorovine	
29	Debeli brijeg	
30	Dabrica	
31	Donja Bijenja	
32	Rabina	
33	Rudine	


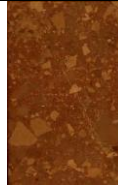
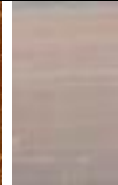




Tumač:

			Paleozojske stijene
			Trijaskne stijene
			Jurske stijene
			Kredne stijene
			Paleogene stijene
			Neogene stijene (sedimenti)
			Kvartarne stijene (sedimenti)

Slika 2 Položaj ležišta a-gk na OGK, M1:100 000, umanjeno na 1:1 000 000 (listovi: Livno, Prozor, Sarajevo, Imotski, Mostar, Kalinovik, Foča, Ploče, Metković, Nevesinje, Gacko, Ston, Trebinje, Nikšić, Dubrovnik, Kotor)



Tablica 1 Pregled podataka o kakvoći nekoliko znakovitih ležišta a-gk u Hercegovini (Bilopavlović i dr., 2013., Dragičević i dr., 2009., Galić, 2003, Galić i dr. 2014.)

Značajka	Ležište						
	Findik b.p.	Kusačko brdo	Mukoša	Osoje Rujan	San	Osoje Posušje	Rudine
1. Čvrstoća na tlak, MPa	173...211	101...151	15-25	134...247	128...164	186	82...130
2. Čvrstoća na savijanje, MPa	20...25	16...26	-	-	22...30	17	15
3. Otpornost kamena oko bušo. sidrenog trna na lom, kN	-	1,7...4,6	-	-	10...12	-	-
4. Upijanje vode pri atmosferskom tlaku, % (mas.)	0,13	0,12	9,13	1,12	0,52	0,20	0,13
5. Obujamska masa, kg/m ³	2 973	2 665	1 970	2 690	2 735	2 686	2 665
6. Gustoća, kg/m ³	2 985	2 680	2 600	2 770	2 795	-	2 690
7. Određivanje otpornosti na smrzavanje i odmrzavanje	postojan	postojan	nepostojan	postojan	postojan	postojan	postojan
8. Otpornost na habanje (Böhme), cm ³ /50 cm ²	9,68	17,2	48	19	18,3	13,2	18,7
9. Petrografska odredba	Gabro	Karbon. breča	Oolitični vapnenac	Dolomit Breča	Saharoidni dolomit	Mikritni vapnenac	Mikritni vapnenac
10. Komercijalni naziv	Jablanički granit	Galit	Tenelija	Rujan	San	Osoje	Kremit
11. Izgled kamena (polirano)							

3. ANALIZA METODA EKSPLOATACIJE A-GK I PRIJEDLOG CJELOVITOG ISKORIŠTENJA STIJENE

3.1. Eksploatacija a-g kamena

Površinska eksploatacija

Kao što je u uvodu navedeno, na iskorištenje kamena presudno utječe, pored prirodnih značajki, i tehnologija dobivanja blokova a-gk. Jasno je da stupanj tehnološkog razvitka ide u prilog novijim rješenjima koja rezultiraju većim stupnjem iskorištenja stijenske mase i boljim ekonomskim učincima. Stoga nova tehnološka rješenja imaju relativno manji utjecaj na okoliš, obzirom na energetske učinkovitost, što ide u prilog održivom razvoju. Ipak, sama tehnološka rješenja eksploatacije a-gk nisu u potpunosti dovoljna da bi ispunili uvjet održivog razvoja, jer se povećanjem kapaciteta snižava cijena eksploatacije primarne sirovine, ali se nominalno potencira veća količina kamenog ostatka.

Eksploatacija a-gk, na prostoru Hercegovine, izvodi se na više načina:

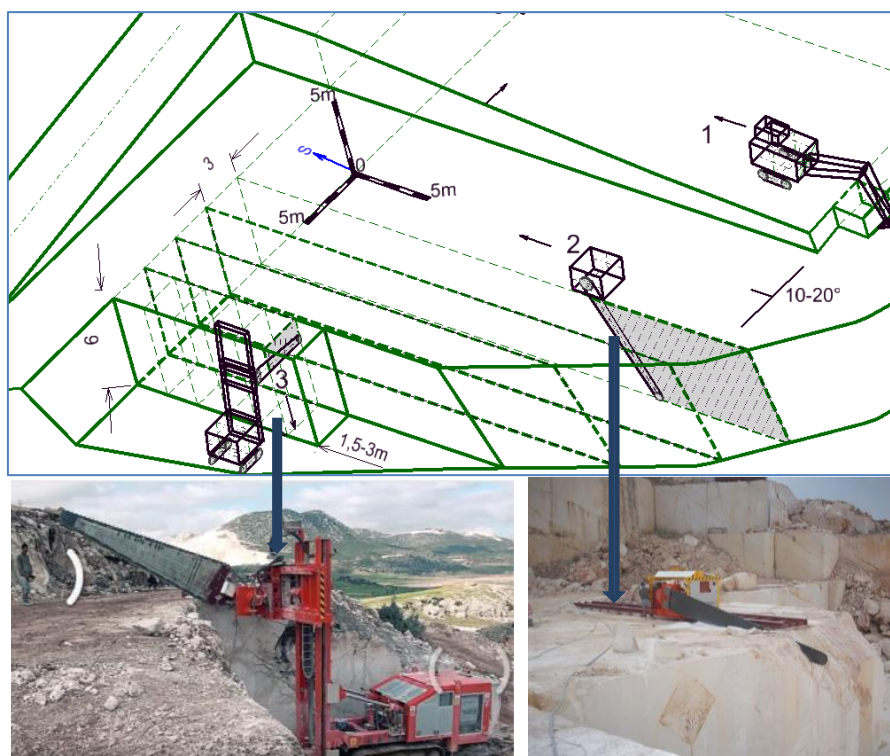
- cijepanjem blokova i/ili slojeva kombinacijom pneumatskih alata i klinova (tradicionalni način)



- odvaljivanjem blokova i/ili slojeva kombinacijom hidrauličnih bagera i pneumatskih alata (polu tradicionalni način)
- rezanjem blokova i/ili slojeva namjenskim strojevima (suvremeni način)

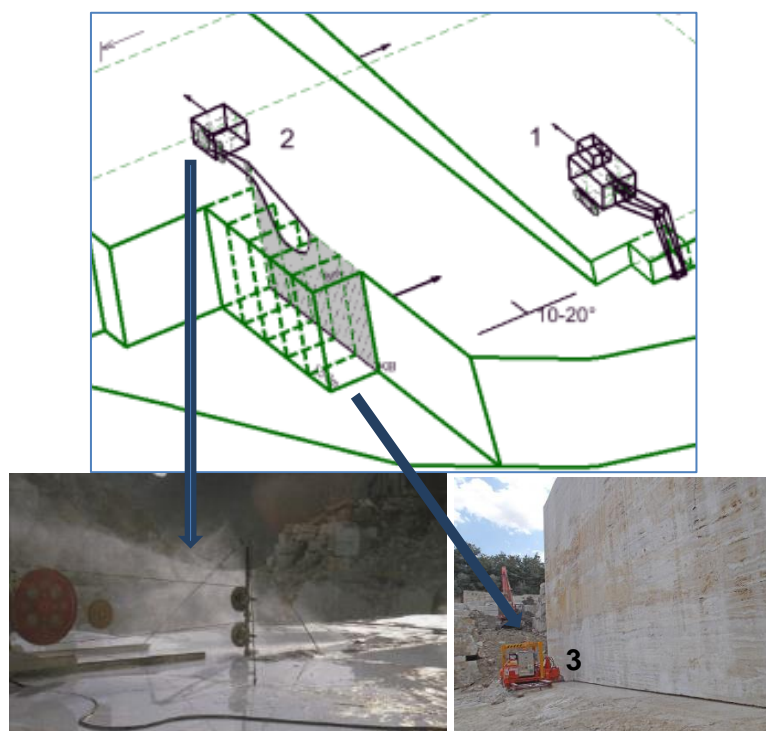
Prva dva navedena načina eksploatacije a-gk su ograničena količinom i geometrijom dobivenih blokova te se ne uzimaju u ozbiljnija razmatranja za šire tržište. No, ove metode su prihvatljive za lokalna tržišta i preradu kamena u manjim obrtničkim pogonima.

Eksploatacija a-gk, suvremenog tipa, izvodi se strojnim rezanjem i/ili cijepanjem stijene (sjekačice, žične pile, disk pile i sl., u nastavku namjenski strojevi). Postoji više načina (kombinacija) dobivanja blokova kamena namjenskim strojevima i alatima, a odabir tehnologije ovisi o uvjetima u ležištu i najčešće fizičko-mehaničkim značajkama stijene. Na slikama 3 i 4 prikazani su neki od načina strojnog dobivanja blokova u slojevitim ležištima sedimentnih stijena.



Slika 3 Shematski i foto prikaz dobivanja blokova kombinacijom lančanih sjekačica (1-bager; 2-lančana sjekačica L=8m, uzdužni vertikalni rez; 3-lančana sjekačica L=4m, poprečni vertikalni rez)

Namjenskim strojevima se dobivaju pravilni geometrijski blokovi koji se šalju (plasiraju) na bliže ili udaljenije destinacije, prema stanju i zahtjevima tržišta (slika 5). Ovisno o veličini ležišta i potražnji kamena na tržištu, mogu se postići željeni učinci tako da se u eksploataciju uvede dovoljan broj radnih jedinica, te angažira kvalificirano i stručno osoblje. Svakako treba naglasiti da je djelatni sastav sve veći problem, te sama tehnologija nije dovoljna za ostvarenje planirane eksploatacije.



Slika 4 Shematski i foto prikaz dobivanja blokova kombinacijom sjekačice i dijamantrne žične pile (1-bager; 2- dijamantrna žična pila-vertikalni rezovi; 3-lančana sjekačica L=3,4m, horizontalni rez)



Slika 5 Foto prikaz znakovitih kamenoloma u Hercegovini sa suvremenim načinom eksploatacije (e.p. San-lijevo, e.p. Mukoša-sredina, e.p. Rudine-desno)

Najprihvatljivije je, kako ekonomski tako i ekološki, da se blokovi prerađuju što bliže ili unutar površinskog kopa. Time se smanjuju troškovi transporta, a utjecaj na okoliš se svodi na minimalnu mjeru.

Novi pogledi moguće podzemne eksploatacije u Hercegovini

Površinska eksploatacija a-gk zasigurno će ubuduće biti dominantni način dobivanja blokova u Hercegovini, jer je to optimalna varijanta prema geološkim, tehnološkim i ekonomskim kriterijima.

No, treba istaknuti da se u Hercegovini mnoga potencijalna ležišta izvrsnog a-gk nalaze u osjetljivim zonama kao što su: gradske jezgre (Stolac, Čapljina, Široki Brijeg, Jablanica i manja mjesta), cestovne prometnice, željezničke pruge, kanjoni rijeka (Lištica, Neretva, Bregava, Trebižat, Radimlja, Buna, Bunica). U tim zonama nije moguća površinska eksploatacija zbog ekološkog kriterija, no, moguća su tehnološka rješenja podzemne



eksploatacije. Pa čak se može nametnuti metoda podzemne eksploatacije a-gk, poznata kao galerijska metoda, kao rješenje za uređenje prostora za druge namjene kao što su turistički i kulturni objekti, gospodarski objekti (skladišta, vinoteke) i drugi sadržaji koji su prihvatljivi kako prostorno-planski, tako i arhitektonski.

Prema tome, trebale bi se odrediti zone u kojima bi se mogla izvoditi ciljana eksploatacija a-gk, podzemnim putem, sa svrhom uređenja prostora određene namjene. Na taj način dobila bi se određena količina a-gk od čije vrijednosti bi se mogao financirati projekt uređenja građevinskog (ili dr.) objekta.

Na slici 6 prikazan je klasični način izrade galerijskih prostora koji mogu biti model postupanja pri projektiranju arhitektonskog rješenja određene namjene.



Slika 6 Prikaz podzemne eksploatacije a-gk sa suvremenom tehnologijom

Primjena namjenskih strojeva za dobivanje a-gk za iskop građevinskih jama

Često puta kroz povijest rudarstva dogodilo se da su određene tehnološke inovacije postigle neočekivani učinak (uspjeh) na potpuno drugim namjenama (mjestima) od prvotno zamišljenih. Upravo takav jedan primjer predstavlja i lančana sjekačica koja je osmišljena početkom dvadesetog stoljeća kao pomoćni stroj u postupku dobivanja ugljena. Tehnološko rješenje dobivanja ugljena pomoću sjekačice pretpostavlja izradu horizontalnog reza (podsijecanje) uzduž čela radilišta, koji omogućava bolji efekat miniranja ugljenog sloja. Takvo tehnološko rješenje je omogućilo efikasniju eksploataciju ugljena, no to nije bio ni približan učinak kakav je ostvaren kada se lančana sjekačica uvela u eksploataciju a-gk, osamdesetih godina XX. stoljeća. To se može označiti kao revolucionarni događaj, uz uvođenje dijamantnih alata i tvrdih metala (dijamantne žične pile, disk pile i dr.), u eri eksploatacije a-gk. Lančana sjekačica doživjela je do danas niz preinaka, no od prvotno zamišljenog pomoćnog stroja u eksploataciji ugljena postala je glavni stroj u eksploataciji a-gk, koja je omogućila jednostavan rad i mnogostruko povećala učinke.

Zbog jednostavnosti rada, u odnosu na druga tehnološka rješenja, lančana sjekačica ima prioritet u odabiru opreme. Današnja tehnološka rješenja sjekačica omogućavaju izradu rezova u svim smjerovima (vertikalni, horizontalni i kosi) tako da se koriste pri svim vrstama eksploatacije a-gk. U podzemnoj eksploataciji je nezamisliv rad bez sjekačice. Rezni alati sjekačice prilagođeni su tipu stijena u kojima se izvode radovi, a glavni rezni organ („mač“) s pogonom može biti postavljen na gusjenični podvoz, saonice („šine“), stupne portale ili u novije vrijeme na granu mini bagera, ovisno o poziciji i namjeni (izrada zasjeka, izrada galerije, horizontalno i vertikalno rezanje osnovnih blokova na površinskom kopu, rezanje komecijalnih blokova i dr.). Jasno je da sjekačica nudi svestranu primjenu, ne samo u rudarstvu već i u građevinarstvu, kao što je prikazano na slici 7.

Iz toga razloga se pojavila ideja da se sjekačice, a i drugi strojevi, mogu uspješno primijeniti i pri iskopu građevinskih jama odnosno zasjeka, pri gradnji objekata različite namjene. U Hercegovini, u urbanim zonama gradnje objekata prevladavaju stjenoviti, okršeni tereni gdje se za iskop koristi miniranje ili hidraulički čekić. Rezultat toga rada je potpuna destrukcija



stijene koja se nakon iskopa najčešće odlaže na planske ili neplanske deponije, odnosno iskopana stijena je neuporabljiva.



Slika 7 Primjena suvremene tehnologije za eksploataciju a-gk u zonama gradnje

Stoga se predlaže iskop stijene rezanjem sjekačicom, s instalacijom na mini bageru ili gusjenicama, čime bi se struktura stijene zadržala u manjim ili većim komadima-blokovima, koji bi se mogli preraditi u kamenoklesarskim radionicama i ugraditi u planirani objekt gradnje. Time bi se postigli višestruki učinci, kako ekonomski tako i ekološki.

3.2. Načini iskorištenja a-gk i kamenog ostatka

Bloкови

Iskoristivost a-gk i kamenog ostatka može biti potpuna ili parcijalna, ovisno o tržištu i kvaliteti proizvoda. Dosadašnja iskustva su pokazala da se najkvalitetniji dio a-gk plasira na tržište u obliku komercijalnih blokova (slika 8), koji se razvrstavaju u 3 a ponekad i u 4 klase. Cijena blokova ovisi o vanjskim faktorima, odnosno ponudi i potražnji na tržištu te o kvaliteti, dimenzijama i geometriji blokova. Najvrjedniji blokovi se smatraju geometrijski pravilni komadi stijene, strojno obrađeni sa svih strana, ujednačenog izgleda, bez vidljivih pukotina, s dimenzijama oko 3,0 m x 1,6 m x 1,5 m, odnosno obujma od 7 do 8 m³. Takvi blokovi se svrstavaju u I. klasu i zbog svoje vrijednosti po jedinici proizvoda mogu se plasirati na svjetsko tržište.



Slika 8 Prikaz komercijalnih blokova a-gk

Prerada blokova a-gk

Bloкови se prerađuju u poluproizvode ili gotove proizvode ovisno o njihovoj kvaliteti. Bloкови I. i II. klase prerađuju se, u pravilu, u visokovrijedne poluproizvode, gaterske ploče, i gotove proizvode zadanih formata (stubišta, klupice, podne i zidne obloge velikih formata, masivne elemente i dr.).



Blokovi III. i IV. klase prerađuju se u gotove proizvode manjih formata (stubišta, klupice, podne i zidne obloge, masivne elemente manjih dimenzija i dr.) te rustikalne elemente (bunja, kocka, lomljeni kamen i sl.).



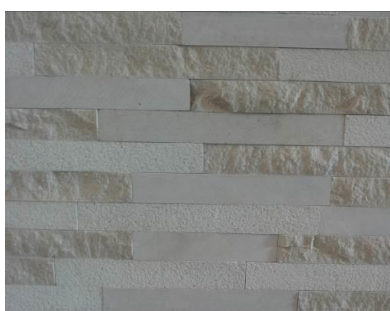
gaterska ploča

formatirane ploče

masivni elementi-slivnici



bunja-cijepano



bunja-kombinacija-rezano



kocka-vertikala



kocka



lomljenac-štokano

Slika 8 Prikaz prerađenih proizvoda iz blokova a-gk
Od najkvalitetnijih blokova I. klase rade se spomenici i skulpture (slika 9).



Slika 9 Prikaz skulpture Hercegovke
(rad akademskog kipara Anđelka Mikulića, kamen San)



Mogućnost iskorištenja kamenog ostatka

Suvremenom tehnologijom povećavaju se kapaciteti a time i vjerojatnost niže cijene proizvoda. Međutim, povećava se količina kamenog ostatka koja nije zanemariva, osobito u gusto naseljenim područjima gdje je slobodni prostor deficitaran. Stoga ležišta a-gk, kao i druga ležišta mineralnih sirovina treba promatrati integralno, odnosno nužno je valorizirati cjelokupnu iskopanu stijensku masu, jer je možda sekundarni dio stijene vrijedniji od primarno valoriziranog dijela (Galić, 2001., Galić i dr., 2011., Galić i dr. 2015., Vidić i dr., 2012.). Na slici 10 prikazano je odlagalište kamenog ostatka, koje se koristi za dobivanje t-gk.

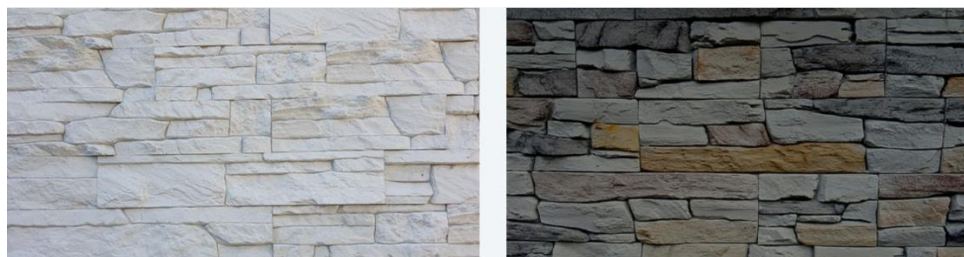


Slika 10 Prikaz kamenoloma s kombiniranom eksploatacijom a-gk i t-gk

Stoga, treba nastojati da projektna rješenja slijede suvremene trendove, odnosno korištenje tehnologije kojom se već u fazi projektiranja predviđa optimalno iskorištenje stijenske mase. To svakako uključuje ideju da se kameni ostatak iskoristi za namjene kao što su:

- klesani i cijepani kamen za zidanje
- krupni komadi za uređenje vodotoka i brana
- kamena sitnež za izradu cesta i dr. infrastrukturnih objekata
- tehničko-građevni kamen za betone
- sirovina za izradu umjetnih kamenih proizvoda
- karbonanta sirovina za industrijsku preradu (punila za farmaciju, boje i lakovi, vapno, žbuke, cementi, proizvodnja papira, prehrambene proizvode, suveniri i dr.).

Veliku konkurenciju na tržištu prirodnog kamenu odnosno a-gk-u predstavljaju umjetni materijali koji se izrađuju praktično od iste sirovinske baze odnosno od kamene sitneži uglavnom silikatnog i karbonatnog podrijetla. Stoga se kameni ostatak može koristiti za izradu visokovrijednih ili niže vrijednih proizvoda. Dok je za visokovrijedne proizvode po jedinici proizvoda (formatirane ploče velikih dimenzija, npr. 80 cm x 80 cm) potrebno znatno ulaganje (>5 mil.€ za kapacitet godišnje proizvodnje oko 100 000 m²) koje premašuje vrijednost ulaganja u eksploataciju prirodnog kamena, za niže vrijedne rustikalne proizvode (slika 11) potrebno je neusporedivo manje ulaganje (<100 tis.€).



Slika 11 Prikaz umjetnog kamena rustikalnog izgleda

4. DISKUSIJA I EKONOMSKA ANALIZA

Istraživanje i eksploatacija a-gk na području Hercegovine je intenzivirano u posljednjih nekoliko godina. Prikazane vrste kamena iz tablice 1 atraktivne su za tržište najvećim dijelom zbog izgleda (dezena), a neki od njih i zbog izuzetno dobrih fizičko-mehaničkih svojstava. Analiza kretanja broja eksploatacijskih polja i istražnih prostora je određena stohastički za 2010. godinu, a za 2014. i 2017. dobiveni su podaci od nadležnih ministarstava iz administrativnih uprava. Podaci su prikazani u tablici 2.

Tablica 2 Broj aktivnih ležišta a-gk po godinama (2010., 2014., 2018)

Godina	2010	2014	2017
Broj	15	21	33

Komentar: U posljednjih 8 godina broj aktivnih ležišta porastao je više od dvostruko.

Porast broja aktivnih polja na kojima se izvodi eksploatacija, rezultirao je i porastom godišnje proizvodnje i to višestruko (tablica 3). Razlog tomu je otvaranje inozemnih tržišta odnosno potražnja za a-gk, u zapadno europskim državama i Kini.

Tablica 3 Eksploatacija i vrijednost a-gk po godinama (2010., 2014., 2017)

Godina	2010	2014	2017
Jedinična cijena, KM/m ³	800	900	1000
Godišnja eksploat., m ³	6 000	9 000	15 000
Vrijednost proizvoda, KM	4 800 000	8 100 000	15 000 000

Komentar: Prikazana godišnja proizvodnja naglo je porasla u posljednjih nekoliko godina, jer je došlo do značajnih ulaganja u industriji kamena.

U tablici 4 napravljena je analiza mogućeg ostvarenja novih vrijednosti, uz uvjet iskorištenja kamenog ostatka u prikazanim oblicima. Procjena je iznesena na temelju pretpostavke da se oko 10 % iskopane stijenske mase iskorištava kao a-gk a preostali iznos od 90% predstavlja kameni ostatak kao sekundarna sirovina. No, budući je za očekivati da će se ipak veliki dio kamenog ostatka odložiti u okoliš, ovdje se iznosi procjena iskorištenja od 40%. To bi u današnjim okolnostima bilo realno i poticajno za budućnost. Kao referentna godina uzeta je 2017.

Tablica 4 Prikaz moguće vrijednosti kamenog ostatka u obliku drugih proizvoda

Vrsta proizvoda	T-GK 50%	Vapno (ili smjese) 25%	Kem.ind., Farmacija i dr., 25%
Jedinična cijena, KM/m ³	25	100	200
Godišnja eksploat., m ³	30 000	15 000	15 000
Vrijednost proizvoda, KM	750 000	1 500 000	3 000 000



Komentar: Prema prikazanim rezultatima iz tablice 4 vidljivo je da bi se samo iskorištenjem 40 % kamenog ostatka povećala vrijednost ležišta a-gk za oko 35%.

U analizi rezultata se nije razmatrala vrijednost prerađenog a-g kamena, jer su podaci o broju i kapacitetima kameno klesarskih radnji nedostupni. No, prema empirijskim pokazateljima može se zaključiti da je dodana vrijednost prerađenih proizvoda a-gk, u ekstremno nepovoljnom slučaju, jednaka vrijednosti a-gk u izvornom obliku, odnosno bloku. Ipak, mora se uzeti u obzir i to da lokalno tržište ne bi moglo prihvatiti cjelokupno prerađeni kamen, što znači da je jedina ispravna orijentacija izvoz većeg dijela eksploatiranog kamena.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu napravljen je prikaz aktivnih ležišta a-gk, na topografskoj i geološkoj podlozi, s analizom rasporeda prema administrativnim jedinicama na prostoru Hercegovine.

Prikazane su metode eksploatacije a-gk s naznakom optimalnog iskorištenja i primjene suvremene tehnologije, namjenskih strojeva, na specifičnim mjestima. Opisana je prerada blokova a-gk i mogućnost iskorištenja kamenog ostatka. U završnom dijelu napravljena je kratka ekonomska analiza, vrijednosti iskopanog a-gk i kamenog ostatka, po razdobljima od 2010. do 2017. godine.

Zaključno, može se utvrditi da eksploatacija a-gk mora slijediti načela:

1. Maksimalno iskoristiti iskopanu stijensku masu (integralni pristup):

- na inozemna tržišta plasirati samo blokove najviše klase
- preraditi blokove u gotove proizvode ili poluproizvode (gaterske ploče) na licu mjesta ili blizu kamenoloma
- preraditi što veći udio kamenog ostatka

2. Postići najviši mogući stupanj obrade kamena prije plasmana na tržište

3. Smanjiti utjecaj na okoliš, uvođenjem najnovijih tehnoloških rješenja

4. Namjenske strojeve za eksploataciju a-gk treba koristiti i u kombinaciji s građevinskim radovima na svim mjestima gdje postoji osnova.

LITERATURA

Arhiva Ministarstva gospodarstva Zapadno-hercegovačke županije, 2018.

Arhiva Ministarstva gospodarstva Hercegovačko-neretvanske županije, 2018.

Arhiva Ministarstva industrije, energetike i rudarstva Republike Srpske, 2018.

Bilopavlović, V., Šaravanja, K., Pekić, S. (2013): Ispitivanje petrografskih i fizičko-mehaničkih svojstava kamena tenelije i miljevine // e-zbornik, Građevinski fakultet Mostar, br. 6; 104-111.

Dragičević, I., Galić, I., Vranjković, A., Galić, M., (2009): Elaborat o rezervama arhitektonsko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Kusačko brdo", Široki Brijeg.

Farkaš, B. (2017): Optimizacija eksploatacije arhitektonsko-građevnoga kamena u ovisnosti o tehno-ekonomskim faktorima, disertacija, 198 str. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Galić, I., Krasić, D., Dragičević, I. (2015): Evaluation of research in a bauxite-bearing area on a locality „Crvene stijene“ with emphasis on exploitation of associated deposits. *Geologia Croatica*, Vol. 68/3, 225-236.

Galić, I., Farkaš, B., Vidić D., (2014): Arhitektonsko-građevni kamen u Hercegovini – jučer, danas, sutra // *Rudarsko-geološki glasnik*, vol. 18; 93-105.

Galić, I., Vidić D., Jembrich, Ž., (2011): Utjecaj koeficijenta iskorištenja ležišta na rentabilnost proizvodnje arhitektonsko-građevnog kamena i mogućnosti poboljšanja// *Rudarsko-geološki glasnik*, vol. 15; 117-130.



- Galić, I. (2003): Glavni rudarski projekt eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju "Kusačko brdo". Proin 21 d.o.o. Široki Brijeg.
- Galić, I. (2001): Projektiranje u rudarstvu uz primjenu namjenskih programa. Magistarski rad, 95. str. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- Osnovna geološka karta, M1:100 000, listovi: Livno, Prozor, Sarajevo, Imotski, Mostar, Kalinovik, Foča, Ploče, Metković, Nevesinje, Gacko, Ston, Trebinje, Nikšić, Dubrovnik, Kotor.
- Vidić, D., Galić, I. & B. Farkaš (2012): The profitability of dimension stone deposit exploitation in relation to the coefficient of utilization, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, Vol. 24, Zagreb.
- WCED (1987): Our Common Future. p 398. UN World Commission on Environment and Development. Oxford University Press.
- Živković, S., Krasić, D., Velić, J., Rajković, D., Galić, I. i dr. (2006): Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama Republike Hrvatske, Kapitalni projekt, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb.
- [http:// www.visitmycountry.net/bosnia_herzegovina/bh/index.php/o-bih](http://www.visitmycountry.net/bosnia_herzegovina/bh/index.php/o-bih)
- <http://www.katastar.ba/servisi>