

Vrednovanje arhitektonsko-građevinskog kamena

Branko CRNKOVIĆ¹ i Nenad BILBIJA²

¹Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6 YU-41000 Zagreb

²»Kamergran«, Poslovna zajednica, Bulvar Revolucije 84 YU-11000 Beograd

Na osnovu vlastitih saznanja i stavova autora, te literaturnih podataka, daje se prikaz kriterija za vrednovanje arhitektonsko-građevnog kamena. Kriteriji mogu dati realno rangiranje ekonomske vrijednosti i značenje ležišta u eksploataciji, te biti osnova za procjenu vrijednosti ležišta pri geološkim istražnim radovima. Oni su i putokaz za programiranje istražnih radova koji su složeni zbog specifičnosti proizvodnje i zahtjeva industrije arhitektonsko-građevnog kamena.

UVOD

Arhitektonsko-građevni kamen, kao specifična nemetalna mineralna sirovina, koji s obzirom na svojstva, korištenje, funkciju i trajnost, nema istinske zamjene u oplemenjivanju čovjekovog okoliša, još uvijek se ne vrednuje na osnovu opće prihvaćenih i priznatih kriterija. U literaturi koja tretira prirodni kamen kao građevni i oblikovni element i materijal (A. Kieslinger, 1932; Mos i de Querven, 1947; L. Marić, 1951; E. W. Winkler, 1973; i drugi) obrađuju se, manje ili više detaljno, vrste kamena i njegova fizičko-mehanička svojstva, prirodne deformacije kamena i stijena, promjene kamena vezane za različite fizičke, kemijske i biološke procese, te zaštita kamena, odnosno restauracija i sanacija objekata izgrađenih od kamena. Rijetki su radovi koji daju ocjenu ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, posebno sa stanovišta geoloških istraživanja (M. B. Grigorovič, 1970).

Obrađujući perspektivna područja za eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena u SFRJ, N. Bilbija i dr. (1974 i 1975) izložili su kratak osvrt na kriterije pri izboru kamena. Potrebu izloženih kriterija traže specifični zahtjevi kojima arhitektonsko-građevni kamen treba da zadovolji, da bi se u praksi mogao koristiti. Kriterije su razvrstali u tri grupe: geološke, tehničke i umjetničke. Razrađujući osnovne probleme istraživanja i geološko-ekonomske ocjene ležišta arhitektonsko-građevnog kamena, B. Vakanjac (1976) je izdvojio i razradio minerogenetske, geološke, dekorativne (estetske), tehničko-eksploatacijske, tehničko-tehnološke, regionalne, tržišne i socijalno-ekonomske faktore ocjene, te prirodne, vrednosne i sintetičke pokazatelje. U opisu osnovnih svojstava i oblasti primjene arhitektonsko-građevnog kamena razradio je kompaktnost (monolitnost) stijenske mase, trajnost (klimatsku postojanost) kamena, čvrstoću, dekorativnost i sposobnost obrađivanja.

Na osnovu dosadašnjih saznanja, literaturnih podataka i opće prihvaćenih uzansi u industriji arhitektonsko-građevnog kamena smatrali smo korisnim i potrebnim dalju razradu i dopunu citiranih kriterija i njihovu primjenu za vrednovanje arhitektonsko-građevnog kamena, odnosno ležišta u našoj zemlji. Razrađeni kriteriji će biti značajni i za ocjenu vrijednosti ležišta pri geološkim istraživanjima.

OPĆE POSTAVKE

Kako u građevinarstvu i umjetnosti najstarijih civilizacija, tako i danas u suvremenoj gradnji, primjena kamena zasniva se na vađenju monolita velikih dimenzija koji se mogu oblikovati u željene oblike. Zbog toga, od najranijih perioda građevinarstva i arhitekture, proizlazi specifičnost eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena, koja se suštinski razlikuje od bilo koje druge eksploatacije u oblasti nemetalnih (ili metalnih) sirovina. Spomenuta specifičnost se ogleda prije svega u činjenici, da stijenska masa mora biti takvog sklopa, da u ekonomski zanimljivim količinama omogući vađenje monolita sposobnih za industrijsku preradu ili oblikovanje. Osim ove specifičnosti, izvađeni kamen mora da se odlikuje osobitošću izgleda, odnosno dekorativnošću, što proizlazi iz njegovih petrofizičkih svojstava, kao što su mineralni sastav, sklop, boja i šare. Značajna osobitost je konstantnost navedenih obilježja u stijenskoj masi. Tehnička pak svojstva kamena definiraju mogućnost njegove primjene. Na osnovu izloženoga proizlazi, da kod vrednovanja arhitektonsko-građevnog kamena ne možemo razdvajati vrijednost kamena od vrijednosti njegovog ležišta. Vrijednost kamena sama za sebe nema nikakvo značenje u koliko ga ne možemo dobiti u obliku pogodnom za industrijsko korištenje, te je uzajamno vezana za mogućnost stijenske mase, odnosno ležišta. Drugim riječima, arhitektonsko-građevni kamen ima svoju punu vrijednost jedino u slučaju kada iz stijenske mase odnosno ležišta možemo vaditi blokove pogodne za industrijsku preradu.

Arhitektonsko-građevni kamen kao funkcionalno-dekorativni element vrednujemo nizom kriterija među kojima se mogu izdvojiti tehnološki, tehnički i dekorativni. Budući da su za ležišta bitni i geološki kriteriji, stvarnu vrijednost arhitektonsko-građevnog kamena odnosno njegovog ležišta procjenjujemo pomoću:

- geoloških kriterija,
- tehnološko-ekonomskih kriterija,
- tehničkih kriterija, i
- dekorativnih, odnosno estetskih kriterija.

Na osnovu tih kriterija moguće je izvršiti kategorizaciju i vrednovanje ležišta. Tržišna vrijednost arhitektonsko-građevnog kamena dirigirana je troškovima eksploatacije i prerade, izdašnošću blokova i osobitostima izgleda odnosno dekorativnošću, dakle faktorima koji su obuhvaćeni naznačenim kriterijima. Osobitost izgleda kamena koja se može definirati kao »ekskluzivna« može tržišnu cijenu kamena izdići znatno iznad one koja bi se formirala prema stvarno uloženim sredstvima i radu.

Na krajnju cijenu kamena, bilo da se radi o sirovini ili finalnom proizvodu, utječe u znatnoj mjeri i transport. Arhitektonsko-građevni kamen

visoko vrijednog izgleda je predmet svjetske trgovine, kako u obliku blokova, tako i u obliku finalnih proizvoda. Trgovina arhitektonsko-građevnim kamenom se odvija bez organičenja u odnosu na rastojanja. Kamen iz Brazila i Kine transportira se u Evropu, ili kamen iz Evrope na tržište Japana i Amerike. Još upečatljiviji primjer da kamen podnosi troškove transporta jest, da se sirovina iz Kanade transportira u Evropu, iz koje se, poslije prerade, finalni proizvod vraća na tle Amerike. Prema tome, moguće je i potrebno izdvojiti određeni broj komercijalnih vrsta kamena i njihovih ležišta, koje se mogu smatrati svjetski značajnim.

GEOLOŠKI KRITERIJI

Geološki kriteriji su oni koji daju podatke o veličini i eksploatacijskim mogućnostima ležišta, mogućnostima dobivanja monolita komercijalnih dimenzija i njihovom odnosu prema ukupnoj stijenskoj masi u ležištu. Stijenske mase, kao realne geološke sredine, po pravilu su heterogene i ispucale, odnosno diskontinuirane. To je značajka njihovih fizičkih svojstava i strukturnog sklopa. One se u prirodi ispoljavaju na najrazličitije načine. U toj činjenici leži složenost definiranja geoloških kriterija preko geoloških istraživanja, pa se definiranje istih može smatrati najstroženijim u kompleksu svih kriterija za vrednovanje arhitektonsko-građevnog kamena.

Veličina ležišta

Ležište po svojoj veličini mora biti takvo, da su opravdana ulaganja u istraživanje i pripremu za eksploataciju, te da se određenim obimom eksploatacije može osigurati duža životna dob, odnosno da postoji sigurnost snabdjevanja tržišta kamenom kroz duži vremenski period. Potrebno je vrijerne da neki kamen »osvoji« tržište i da bude šire prihvaćen. Nakon osvajanja mora postojati sigurnost dugoročnog snabdjevanja tržišta istovrsnim kamenom. Veličina ležišta i njegov položaj u prostoru definiraju njegove razvojne mogućnosti.

Velikim ležištem, odnosno ležištem velikih razvojnih mogućnosti, može se smatrati ono ležište koje je ne samo veliko po volumenu, nego u kome se tehnički uspješno i ekonomično može organizirati velika proizvodnja. Velika ležišta arhitektonsko-građevnog kamena su volumenski ogromna sa značajnim rezervama i imaju eksploataciju od više deseta hiljada m³ blokova godišnje. Volumen nekih ležišta je takav, da se mogu definirati praktički neiscrpnim. Neka svjetski značajna ležišta su aktivna još od antičkog doba. Tipičan primjer je ogromno ležište travertina na području Bagni di Tivoli kraj Rima, gdje se vadi najpoznatiji bijeli travertin na svijetu »rimski travertin«. Neki današnji svjetski poznati kamenolomi imaju proizvodnju veću od 50 000 m³ blokova kamena godišnje, kao primjerice podzemni kamenolom mramora »Monte Dorset«, Danby, Vermont u SAD. Svjetski poznata ležišta arhitektonsko-građevnog kamena imaju danas godišnju proizvodnju iznad 10 000 m³ blokova kamena komercijalnih dimenzija. Tu vrijednost uzimamo kao razumnju za ocjenu eksploatacionih mogućnosti.

S obzirom na volumen raspoložive eksploataibilne i komercijalne kamene mase, uzimajući u obzir i mogućnost organiziranja velike proizvodnje, ležišta arhitektonsko-građevnog kamena možemo podijeliti u tri grupe.

a) *Velika ležišta ili ležišta velikih razvojnih mogućnosti* su ona u kojima se eksploataibilne rezerve procjenjuju na više od 1 000 000 m³, uz moguću organiziranju velike proizvodnje, veće od 10 000 m³/god., bilo na jednoj ili više napadnih točaka. Ležištima velikih razvojnih mogućnosti u našoj zemlji možemo smatrati primjerice:

— ležište onkolitnog vapnenca »giallo d'Istria« ili »istarski žuti« Kanfanar u Istri,

— ležište organodetrirarnog vapnenca »veselje unito«, »veselje fiorito«, »kupinovo unito« i »kupinovo fiorito«, te dolomitičnog vapnenca »sivac« ili »adria grigio macchiato« i »adria grigio venato« Pučišća na otoku Braču,

— ležište gabra »jablanički granit« kraj Jabranice, te

— ležište dolomitskog mramora »sivec beli« i »sivec kalciten« kraj Prilepa.

b) *Srednja ležišta ili ležišta srednjih razvojnih mogućnosti* su ona u kojima su ukupne eksploataibilne rezerve procjenjene na više od 300 000 m³, uz mogućnost organiziranja godišnje proizvodnje iznad 3 000 m³ blokova. Takva proizvodnja blokova komercijalnih dimenzija je već značajna i s takvom proizvodnjom se može ozbiljnije izlaziti na svjetsko tržište. U ovu grupu mogu se uvrstiti i volumno velika ležišta u kojima, s obzirom na položaj stijenske mase u prostoru, nije moguće organizirati godišnju proizvodnju veću od 10 000 m³ blokova. Ležištima srednjih razvojnih mogućnosti u našoj zemlji možemo smatrati primjerice:

— ležište mramora »plavi tok« kraj Požege,

— ležište organodetrirarnog vapnenca »plano« kraj Trogira, te

— ležište vapnenjačkog konglomerata »rozalit« kraj Drniša.

c) *Mala ležišta ili ležišta ograničenih razvojnih mogućnosti* su ona u kojima su rezerve eksploataibilne kamene mase ograničene, odnosno malog volumena, te ne prelaze 300 000 m³, uz nemogućnost organiziranja proizvodnje veće od 3 000 m³/god. blokova komercijalnih dimenzija. Kamenolomi takve proizvodnje imaju ograničeno značenje za šire svjetsko tržište. To ne znači da se takav kamen ne može plasirati na svjetskom tržištu, već da ne može udovoljiti mogućoj velikoj potražnji. Ležištima ograničenih razvojnih mogućnosti u našoj zemlji možemo smatrati primjerice:

— ležište organodetrirarnog rudistnog vapnenca »rasotica« kraj Selca na otoku Braču,

— ležište litiotis vapnenca »negris fiorito« kraj Sinja,

— ležište vapnenca »sirogojno crveni« kraj Trnave, te

— ležište oniksa »oniks mariovo« južno od Prilepa.

Mogućnost dobivanja blokova

Mogućnost dobivanja blokova je jedan od najvažnijih kvantitativnih pokazatelja iz sklopa geoloških kriterija, a proizlazi upravo iz specifič-

nosti sirovinске proizvodnje arhitektonsko-građevnog kamena. Ima posebno značenje za suvremenu tehnologiju industrijske prerade u ploče i elemente za monumentalnu i memorijalnu arhitekturu. Specifičnost sirovinске proizvodnje sastoji se u tome, da iz stijenske mase moramo dobiti blok, pravilno oblikovan pravokutni paralelopipedni monolit sa šest grubo obrađenih površina, koji mora imati i određenu kvalitetu. Mogućnost dobivanja blokova ovisi od građe stijenske mase kao genetskog, tektonskog sklopa, kao postgenetskog obilježja. Dok je građu stijenske mase moguće dosta lako definirati i na osnovu toga donijeti objektivne zaključke, o mogućnostima ležišta u pogledu dobivanja monolita, definiranje prostornog položaja i rasporeda sekundarnih planarnih diskontinuiteta je znatno složeniji posao. Položaj sistema planarnih diskontinuiteta u prostoru i njihov međusobni razmak mogu biti takvi, da iz stijenske mase nije moguće dobiti blokove kamena većih dimenzija. Kad ta razlomljenost može biti toliko intenzivna, da nije moguće dobiti ni blokove malih dimenzija. U prirodi, uopće, je mali broj stijenskih masa, posebno starijih geoloških doba, za koje se može reći da su očuvane od tektonike.

U svjetskoj trgovini arhitektonsko-građevnim kamenom postoji pojam »komercijalni blokovi«. Pod tim pojmom podrazumijevaju se blokovi koji se mogu plasirati na tržište jer imaju određene priznate vrijednosti za finalizaciju. »Kvalitet« i »kategorija« blokova definiraju njihovu klasu i vrijednost. Kategorija bloka podrazumijeva prvenstveno dimenzije bloka i njihov odnos. Sama za sebe ne znači mnogo, već je tijesno povezana s kvalitetom bloka, koja će biti definirana kao tehnološko-ekonomski kriterij.

Za definiranje kategorije uopće, mjerodavna je dužina bloka, a samo kod nekih vrsta kamena specifičnog sklopa, kada se blok mora rezati određenim pravcem posebno značenje imaju visina i širina.

Širina i visina bloka mogu imati svoje značenje i kod izrade elemenata u memorijalnoj arhitekturi ili u skulptorstvu.

Prema »Posebnim uzancama za promet blokova i ploča od kamena, mramora i granita« (Sl. list SFRJ br. 9/67) blokovi se razvrstavaju u sljedeće kategorije:

- I dužine preko 3,00 m
- II dužine od 2,5 m do 2,99 m
- III dužine od 2,0 m do 2,49 m
- IV dužine od 1,5 m do 1,99 m
- V dužine od 1,0 m do 1,49 m
- VI dužine ispod 0,99 m

Između dimenzija komercijalnih blokova — dužine (d), širine (š) i visine (v) treba da postoji odnos: $d : š : v = 1 : 1/2 : 1/2$ do $1 : 1/2 : 1/3$.

Prema kriteriju mogućnosti dobivanja blokova ležišta se mogu razvrstati u četiri grupe.

a) *Ležišta izvanrednih mogućnosti.* Mogu se lako vaditi i monoliti izuzetnih dimenzija za potrebe monumentalne i memorijalne arhitekture, te

skulptorstva. Blokovi se mogu rezati po želji. Ležištima izvanrednih mogućnosti u odnosu na vađenje blokova u našoj zemlji možemo smatrati primjerice:

- ležište gabra »jablanički granit« kraj Jablanice,
- ležište organodetrirnog vapnenca »visočani unito i fiorito« kraj Visočana,
- ležište vapnenca »statuario i fiorito« Vinkuran u Istri.

b) *Ležišta velikih mogućnosti.* U ležištima se teško mogu dobivati monoliti izuzetnih dimenzija, ali se mogu s visokim udjelom vaditi blokovi visokih komercijalnih kategorija. Ležištima velikih mogućnosti u našoj zemlji možemo smatrati primjerice:

- ležište dolomitskog mramora »sivec« kraj Prilepa,
- ležište mramora »venčac« kraj Arandelovca,
- ležište onkolitnog vapnenca »išarski žuti« kraj Kanfanara u Istri,
- ležište vapnenjačkog konglomerata »rozalit« kraj Pakovog sela,
- ležište konglomerata »multikolor« kraj Sinja.

c) *Ležišta ograničenih mogućnosti.* U ležištima se sasvim ograničeno mogu vaditi blokovi viših kategorija, već se vade skoro isključivo blokovi nižih kategorija, dužine ispod 2 m. Ležištima ograničenih mogućnosti u našoj zemlji možemo smatrati primjerice:

- ležište biokalkarenita »jadran zeleni« kraj Donjeg Dolca,
- ležište organodetrirnog vapnenca »rasotica« kraj Selca,
- ležište vapnenca »sirogojno crveni« kraj Trnave,
- ležište mramorne breče »vitez« kraj Gostivara.

d) *Ležišta »tombolona«.* U ležištima se sasvim ograničeno mogu iz nepravilnih monolita obraditi pravilni blokovi najnižih kategorija. Pretežno se vade monoliti nepravilnih oblika odjeljeni duž prirodnih planarnih diskontinuiteta. »Tombolon« je udomaćen izraz u industriji kamena i podrazumijeva cjeloviti ili kvazicjeloviti monolit nepravilnih oblika. Tomboloni mogu biti i većih volumena, ali se njihovo oblikovanje u pravilne blokove ne isplati. Tomboloni se posebnom tehnologijom mogu uspješno finalizirati dajući ploče pretežno manjih dimenzija. Ležištima tombolona u našoj zemlji možemo smatrati primjerice:

- ležište vapnenca »unarot« kraj Donjeg Lapca,
- ležište vapnenca »negril fiorito« kraj Sinja,
- ležište vapnenca »bosiljna« kraj Posušja,
- ležište brečastog mramora »roze mavrovo« kraj Mavrova.

Navedena klasifikacija se ne donosi na kamen velike vrijednosti zbog njegove rijetkosti ili posebne dekorativnosti, kao što su oniksi ili mramori, s rijetkim šarama i bojama. U takvim slučajevima kamen komercijalno može biti klasiran po masi, a ne po dužini, odnosno volumenu.

Ujednačenost izgleda kamene mase u ležištu

Ovaj kriterij ne mora biti presudan u ocjeni vrijednosti stijenske mase u ležištu, ali može biti značajan za eksploataciju i utjecati na vrijednost kamena. Stijenska masa u ležištu može prema općem izgledu biti homogena, odnosno manje ili više heterogena. To znači, da je u eksploataciji

nepotrebno ili neophodno izdvajanje varijeteta koji se izgledom bitno razlikuju. Na primjer, u ležištu bijelog venčaćkog mramora kraj Aranđelovca ne obavlja se selekcija na varijetete, jer je kamen u svim dijelovima stijenske mase relativno ujednačenog izgleda. Oštrim kriterijem mogli bi se izdvojiti varijeteti obzirom na šaru i izrazitost šare, ali se to u praksi ne smatra potrebnim. Sirenjem eksploatacije možda će to biti potrebno, ali za sada se sva izvađena kamena masa plasira na tržište pod nazivom »venčać beli«. Suprotno tome, u ležištu dolomitskog mramora Sivec kraj Prilepa neophodno je izdvajati dva varijeteta, »sivec« i »sivec kalcitem«, koji su osjetno različite tržišne vrijednosti zbog njihovog općeg izgleda. U ležištima na otoku Braču, primjerice Kupinovu, također je neophodno izdvajanje dva, izgledom bitno različita tipa, »kupinovo unito« i »kupinovo fiorito«. Svakako da je u krajnjoj ocjeni vrlo značajna lakoća s kojom se u proizvodnji može obavljati selekcija s obzirom na različitost izgleda.

Razlog diferenciranja te označavanja varijeteta ne mora biti samo opći izgled, nego i »kvaliteta« blokova. U pojedinim eksploatacionim nivoima moguće je postojanje različite kvalitete kamena, pa se to odražava na iskoristivost u preradi i na krajnji kvalitet kamenih ploča. Takvo izdvajanje obavlja se u ležištu Kanfanar u kojemu se izdvajaju kao kvalitetno različiti komercijalni tipovi »kanfanar IV«, »kanfanar V«, itd.

S obzirom na ujednačenost izgleda kamene mase ležišta se razvrstavaju u tri grupe.

a) Ležišta u kojima se ne obavlja nikakvo izdvajanje tipova i varijeteta jer nema razlike u općem izgledu kamena u stijenskoj masi.

b) Ležišta u kojima se ne obavlja izdvajanje tipova i varijeteta, ali su prisutne umjerene razlike u izgledu koje se međutim toleriraju.

c) Ležišta u kojima je neophodno izdvajanje tipova zbog osjetnih razlika u općem izgledu. U ovu grupu mogu uvrstiti i ležišta u kojima je kamena masa relativno ujednačenog izgleda, ali kvalitetno neujednačena u pojedini nivoima.

Izdašnost stijenske mase u ležištu

Ovaj kriterij je od posebne važnosti u fazi provođenja istražnih radova, razradi kamenoloma i eksploataciji. To je neophodan pokazatelj vrijednosti i ekonomičnosti ležišta koji pokazuje udio blokova »komercijalnih kategorija« u stijenskoj masi. Za geologe to je najteži kriterij za procjenu. Ležište je obično loše procjenjeno zbog malog obima istražnih radova. Stvarni podatak se dobiva tek tokom eksploatacije.

Prema L. Rossatiju (1963) izdašnost stijenske mase se može razmatrati s dva stanovišta, kao bruto masa (I_b) i kao neto masa (I_n), nakon odbačka otkrivke pri otvaranju ležišta.

I_b — bruto izdašnost stijenske mase je približan odnos izražen u % između volumena (u m^3) dijela stijenske mase koji će se eksploatirati poslije uklanjanja otkrivke (eksploatabilni dio stijenske mase V_{em}) prema volumenu ukupne stijenske mase zahvaćene eksploatacijom (eksploatabilni dio + otkrivka, odnosno ukupna stijenska masa u ležištu V_{em}).

Bruto izdašnost stijenske mase data je izrazom:

$$I_b = \frac{V_{em}}{V_{sm}} \cdot 100 \quad (\%)$$

I_n — *neto izdašnost* stijenske mase je odnos izražen u % između volumena svih komercijalnih blokova izvađenih iz eksploatabilnog dijela stijenske mase (V_{bk}) prema volumenu eksploatabilne mase (V_{em}).

Neto izdašnost stijenske mase date je izrazom:

$$I_n = \frac{V_{bk}}{V_{em}} \cdot 100 \quad (\%)$$

I — *ukupna izdašnost* stijenske mase je odnos udjela komercijalnih blokova prema ukupnoj stijenskoj masi iz koje su izvađeni, a data je izrazom:

$$I = I_b \cdot I_n \quad (\%)$$

Ovaj rezultata se mogao dobiti i direktno iz odnosa volumena blokova komercijalnih dimenzija (V_{bk}) prema volumenu ukupne stijenske mase u ležištu (V_{sm}) iz koje su blokovi izvađeni. Ukupna izdašnost je prema tome data izrazom:

$$I = \frac{V_{bk}}{V_{sm}} \cdot 100 \quad (\%)$$

TEHNOLOŠKO-EKONOMSKI KRITERIJI

Za industriju kamena od izuzetnog je značenja da blokovi kamena budu kvalitete koja će omogućiti njihovu ekonomičnu industrijsku preradu. Suvremene skupe tehnologije za ekonomičnu preradu zahtjevaju blok koji je sposoban da daje rezane ploče osnovnih dimenzija bloka u količini proporcionalnoj njegovom volumenu. Prisustvo najfinijih diskontinuiteta manje ili veće dužine može bitno umanjiti vrijednost bloka, jer se smanjuje njegovo iskorištenje.

Kvalitet bloka se, dakle, odnosi na njegova unutrašnja svojstva koja se procjenjuju u odnosu na njegovu cjelovitost ili »zdravost«, ujednačenost boje, ravnomjernost karakterističnih šara, ujednačenost ili neujednačenost sklopa, prisustvo umetaka koji narušavaju izgled površine ploča, i dr. Dok prisustvo finih prslina snižava iskoristivost bloka zbog lomova ploča ili smanjuje upotrebnu vrijednost, neujednačenosti boje, sklopa i šara iziskuju selekciju ploča i smanjuju dekorativnost.

Dvije su osobitosti primarne: postojanje, priroda i ponašanje prslina koje mogu biti manje ili više vidljive, te stalnost ili homogenost izgleda karakteristična za dati tip kamena.

Sa stanovišta kvalitete blokova izdvajaju se tri grupe.

a) *Kvalitetom »1«* označavaju se blokovi koji u preradi daju ploče veličine osnovnih dimenzija bloka uz iskorištenje od 85 do 95 %. To su blokovi iz kojih je na tradicionalnom stroju za rezanje (gateru) moguće dobiti 34 do 36 m² od mogućih 40 m² ploča debljine 2 cm. Podrazumijeva

se, da izreza ne ploče ne smiju imati nikakve defekte u građi i da moraju biti izgleda tipičnog za odnosnu vrstu kamena, u granicama tolerantnog. Tolerancija je nešto elastičnija jedino kod polihromnih vrsta kamena. Blokovi kvalitete »1« su s obzirom na izloženo oni, koji se mogu isporučiti kupcu bez ikakve prethodne kolaudacije, jer postoji sigurnost u pogledu unutrašnjih svojstava, kako sa stanovišta »zdravosti«, tako i homogenosti izgleda. Kod kvalitete »1« za dobro oblikovane blokove ne mora se davati »popust na mjeri«.

b) *Kvalitetom »2«* se označavaju blokovi koji u preradi daju manji postotak iskorištenja, od 75 do 85 %, odnosno 30 do 34 m² ploča. Rezano ploče mogu biti osnovnih dimenzija bloka, ali su s lokalnim sadržajem diskontinuiteta ili nehomogenosti građe, zbog čega su dimenzije ploča reducirane. U ovoj grupi kvalitete rijeđe se razdvajaju ploče u fazi rezanja bloka. Kolaudacija je poželjna. Uobičajeno je davanje »popusta na mjeri« od 10—15 % u ovisnosti od načina uobličavanja bloka (žičana pila, pneumatski čekić).

c) *Kvalitetom »3«* se označavaju oni blokovi koji se isporučavaju samo uz kolaudaciju. Iz bloka se dobivaju manje od 75 % teoretski moguće količine ploča kao dimenzioniranog proizvoda. Nije moguće dobiti kvalitetne rezane ploče osnovnih dimenzija bloka, kada su u pitanju visoke kategorije. U procesu rezanja ploča duž finih prslina često dolazi do razdvajanja. Daje se znatan »popust na mjeri«, koji može iznositi 25—30 %.

TEHNIČKI KRITERIJI

Ovo su kriteriji kojima se definiraju mogućnost i širina primjene nekog kamena ovisno od njegovih fizičko-mehaničkih svojstava, vremenske trajnosti izgleda, te trajnosti uopće. To je u isto vrijeme i važan pokazatelj za tehnologiju obrade (rezanje, glačanje, različite vrste površinske obrade i dr.). Ovi kriteriji podrazumijevaju ne samo poznavanje fizičko-mehaničkih svojstava, već i petrografskih značajki kamena. Najviše vrijednosti imaju vrste kamena koje kroz vrijeme ne mijenjaju svoj izgled i koje imaju široke mogućnosti primjene u arhitekturi i umjetnosti. Ovi kriteriji su značajni za tržišnu vrijednost kamena ovisno o širini upotrebe i utjecaju na troškova obrade.

S obzirom na mogućnosti primjene moguća je podjela na četiri kategorije.

a) *Svestrana primjena* u arhitekturi i umjetnosti, te nepromijenjen izgled u vanjskoj atmosferi. Odnosi se uglavnom na »granite« i neke druge silikatne stijene. Kao primjer možemo navesti »jablanički granit« i pohorski »tonalit«.

b) *Na vertikalnim površinama primjena neograničena, a na horizontalnim ograničena.* U vanjskoj atmosferi izgled se mijenja, ali ne ugrožava osnovne arhitektonske vrijednosti. Odnosi se na mramore svijetlijih tonova, ili obojene mramore s umjerenom dekoloracijom kroz vrijeme. Kao primjeri se mogu navesti mramori »venčac beli«, »plavi tok«, zatim vapnenci »veselje unito«, »visočani«, i dr. Ovoj kategoriji pripadaju i travertini.

c) *Primjena samo na vertikalnim površinama*, vanjskim i unutrašnjim. Odnosi se uglavnom na mekane vapnence, bigar i tufove. U pravilu, kamen se odlikuje znatnim porozitetom. Tipični predstavnici su »*bi hait*« i »*vinkuran*«.

d) *Primjena samo u unutrašnjosti*. Odnosi se na obojene vapnence koji u vanjskoj atmosferi vrlo brzo dekoliraju i degradiraju arhitekt onsku vrijednost. Tipičan predstavnik je »*rasotica*«.

KRITERIJ DEKORATIVNOSTI

Ovaj kriterij osniva se na općem izgledu kamena i estetskim vrijednostima koje iz njega proizlaze. U osnovi je subjektivan pokazatelj, jer se objektivno ne može mjeriti, ali istovremeno vrlo je značajan za tržišnu vrijednost. Pokazatelj tržišne vrijednosti je potražnja koja proizlazi iz rijetkosti boje, šara i izgleda uopće. Po kriteriju potražnje zbog osobitosti izgleda poznati su primjerice: dolomitski mramor »*sivec*« s područja Prilepa, koji je izuzetno tražen zbog njegove bjeline i saharoidne strukture, te vapnenac »*rasotica*« s otoka Brača, poznat po obilju krupnog bjeličastog kršja rudista u smeđoj osnovi, te sposobnošću da se glača do spektakularnog sjaja, i sl.

Po kriteriju dekorativnosti, odnosno izgledu i jedinstvenosti izgleda, kamen se može razvrstati u četiri grupe.

- a) Kamen *izuzetnog i jedinstvenog izgleda*.
- b) Kamen *specifičnog*, ali ne izuzetnog i jedinstvenog izgleda, jer se mogu naći komercijalne vrste sličnog izgleda.
- c) Kamen *dekorativan* po boji i šarama, ali karakterističan za dotičnu vrstu, pa se u brojnim varijacijama često nalazi na tržištu.
- d) Kamen *običan po izgledu*, ne odlikuje se nekim posebnim estetskim vrijednostima.

KLASIFIKACIJA LEŽIŠTA ARHITEKTONSKO-GRAĐEVNOG KAMENA

Ocjenjujući neko ležište arhitektonsko-građevnog kamena po svim navedenim kriterijima moguće je izvršiti njegovu klasifikaciju. Osnovni su zahtjevi razvijenog tržišta za neki kamen:

- da je izgledom ocjenjen kao visoko vrijedan,
- da postoje odgovarajuće kategorije i kvalitete blokova, te
- da postoji sigurnost i stabilnost snabdjevanja istovrsnim tipom kamena bez ikakvih iznenađenja.

Zbir svih vrijednosti nekog ležišta vodi njegovom vrednovanju i rangiranju kao:

- svjetski značajnom,
- ograničeno svjetski značajnom,
- nacionalno značajnom, i
- lokalno značajnom.

U rang *svjetski značajnih ležišta* arhitektonsko-građevnog kamena mogu se svrstati ona koja su svjetskom tržištu dala osobene varijetete ka-

mena kakvi su crni švedski dolerit ili »švedski granit« iz ležišta Hägghult pod nazivom »Ebony Black AKF 1«, crveni švedski granit iz ležišta Askaremala pod nazivom »Imperial Red AKF«, norveški labradorit iz ležišta kod Larvika pod nazivom »Blue Pearl«, talijanski travertin iz ležišta Bagni di Tivoli pod nazivom »Travertino Romano«, portugalski ružičasti mramor iz ležišta u provinciji Evora pod nazivom »Rosa Borba«, talijanski mramor iz ležišta Cervaiola pod nazivom »Arabescato Cervaiola«, i mnogi drugi.

U ograničeno svjetski značajna ležišta mogu se uvrstiti ona iz kojih je kamen predmet međunarodne trgovine, ali nije šire poznat, ili je poznat samo u nekim zemljama.

U nacionalno značajna ležišta uvrštavaju se ona koja ne mogu davati visoko vrijedne komercijalne blokove, ili je sam kamen izgledom običan.

Lokalno značajna ležišta su ona iz kojih kamen u sirovinskom obliku nije predmet trgovine ili je to sasvim ograničeno zbog dekorativnosti kamena. To su uglavnom ležišta tombolona.

ZAKLJUČAK

Za vrednovanje arhitektonsko-građevnog kamena i ležišta u eksploataciji, na osnovu izloženog, potrebno je uzeti u obzir slijedeće kriterije:

A) Geološki kriteriji

1. Veličina ležišta

- a) velika ležišta — ležišta velikih razvojnih mogućnosti
- b) srednja ležišta — ležišta srednjih razvojnih mogućnosti
- c) mala ležišta — ležišta ograničenih razvojnih mogućnosti

2. Mogućnost dobivanja blokova

- a) ležišta izvanrednih mogućnosti
- b) ležišta velikih mogućnosti
- c) ležišta ograničenih mogućnosti
- d) ležišta »tombolona«

3. Ujedinjenost izgleda kamene mase u ležištu

- a) kamena masa ujednačenog izgleda
- b) kamena masa umjereno ujednačenog izgleda
- c) kamena masa neujednačenog izgleda uz neophodno izdvajanje varijeteta

B) Tehnološko-ekonomski kriteriji

1. Kvalitet blokova

- a) kvalitet »1«
- b) kvalitet »2«
- c) kvalitet »3«

C) Kriterij dekorativnosti

1. Izgled i jedinstvenost izgleda

- a) izuzetan i jedinstven izgled

- b) specifičan izgled
- c) dekorativan izgled
- d) običan izgled

Za vrednovanje nije potrebno uzeti u obzir izdašnost ležišta i tehničke kriterije. Izdašnost ležišta za rangiranje nije bitna, jer se polazi od pretpostavke, da se ležište ne bi eksploatiralo ukoliko vrijednost izvađenih kamenih blokova koji se mogu iskoristiti ili prodati ne pokriva troškove eksploatacije. To je elemenat procjene značajan za fazu geoloških istraživanja. Tehničke kriterije se ne uzima u obzir jer nisu mjerodavni. I kamen ograničene primjene, na pr. samo za oblaganje unutrašnjosti može biti svjetski poznat i tražen, kao primjerice talijanski »Portoro« ili portugalski »Roso Borba«. To su kriteriji informacije, također bitni za fazu geoloških istraživanja i posebice za primjenu kamena.

Da bi ležište arhitektonsko-građevnog kamena moglo biti klasificirano i rangirano u neku od navedenih grupa mora zadovoljiti minimum kriterija:

I Svjetski značajno

- A) 1. — a, b
- A) 2. — a, b
- A) 3. — uslovni kriterij, ležište bilo koje grupe, a ujednačeni izgled može se tražiti za pojedine izdvojene varijetete što je definirano kriterijem B.
- B) 1. — a
- C) 1. — a, b

II Ograničeno svjetski značajno

- A) 1. — a, b, c
- A) 2. — a, b
- A) 3. — kao za ležišta grupe I
- B) 1. — a, b (samo za obojene monohromne i polihromne varijetete iz grupe karbonatnih stijena)
- C) 1. — a, b

III Nacionalno značajno

- A) 1. — a, b, c
- A) 2. — a, b, c
- A) 3. — kao za ležišta grupe I
- B) 1. — a, b
- C) 1. — a, b, c

IV Lokalno značajno

Ležišta koja ne zadovoljavaju po bilo kojoj osnovi grupu III (nacionalno značajna).

LITERATURA

- Bilbija, N., Crnković, B. & Grimšičar, A. (1974): Perspektivna područja za eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena u SFRJ. Konferencija o nemetalima. *Zbornik radova simpozijuma ukrasni i tehnički kamen*, 1—16, Opatija.
- Bilbija, N., Crnković, B. & Grimšičar, A. (1975): Perspektivna područja za eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena u SFRJ. *Tehnika-Rudarstvo, geologija i metalurgija*, 26/6, 1095—1102, Beograd.
- Grigorović, M. B. (1970): Ocenka mestorođeniji oblicovočnovo kamnja pri poiskah i razvedke. Nedra, 152 str. Moskva.
- Kieslinger, A. (1932): Zerstörungen an Steinbauten. Franz Deuticke, I—VIII + 346 str. Wien.
- Marić, L. (1951): Petrografija za studente arhitekture, građevinarstva, likovne i primijenjene umjetnosti. Školska knjiga, I—VI+161 str. Zagreb.
- Mos, A. & de Querven, F. (1948): Technische Gesteinskunde. Verlag Birkhäuser, I—VIII+221 str. Basel.
- Rossato, L. (1963): Appunit sulla lavorazione e sul commercio del marmo. L'Ente Marmi Veronese, Verona.
- Vakanjac, B. (1976): Osnovni problemi istraživanja i geološko-ekonomske ocene ležišta ukrasnog kamena. *Zbornik radova Rudarsko-geološkog fakulteta*, 19, 15—35, Beograd.
- Winkler, E. M. (1973): Stone: Properties, Durability in Man's Environments. Springer-Verlag, I—XIII+230 str. Wien-New York.

Evaluation of Dimension Stone

B. Crnković and N. Bilbija

Dimension stone, a specific non-metallic raw material, which is, due to its properties, use, function and durability, irreplaceable as an element in the enrichment of the environment, has not yet been assessed on the grounds of generally accepted and acknowledged criteria. On the basis of the present knowledge, information gathered from literature and the generally accepted usage in stone industry, we considered it useful to give an account of the criteria developed for the evaluation of dimension stone and its deposits.

Just like in the architecture and art of ancient civilisations the application of stone in modern construction engineering is based on the exploitation of large monoliths, which can be shaped in any manner requested. This makes the exploitation of dimension stone specific and essentially different from that of other mineral raw materials. Monoliths and stone blocks have to be decorative and to have such technical properties that define their application. When evaluating dimension stone we cannot separate the values of the stone and the stone deposit. In other words, dimension stone has its value only when it can be extracted from its deposit in blocks, which are suitable for industrial processing.

Dimension stone as a functional and decorative element and its deposit are evaluated by means of:

- geological criteria,
- technological and economic criteria,
- technical criteria, and
- criteria of decorativity.

The geological criteria refer to: size of the deposit, the possibility to extract blocks, uniformity of appearance of the stone mass in its deposit, and the quantity of the stone mass.

The stone-deposit has to be of such dimensions that the investment in research and preparations for exploitation is warranted, and also that exploitation and market supply is secured for a longer period. With respect to the volume of the exploitable and commercially utilizable stone mass, and taking into account the possibility of organising production, dimension stone-deposits fall into three groups:

- large deposits or deposits with great possibilities for development (stone reserves are over 1 000 000 m³ at an annual production rate of over 10 000 m³ of stone blocks),
- medium deposits or deposits of medium developmental possibilities (stone reserves over 300 000 m³ at an annual production rate over 3 000 m³ of blocks), and
- small deposits or deposits with restricted possibilities of development (stone reserves under 300 000 m³ at an annual production rate lower than 3 000 m³ of blocks).

The possibility of block extraction is one of the essential quantitative indicators and has particular importance for the modern technology of industrial stone processing. The rock mass has to yield a stone block, a regularly shaped rectangular parallelepiped monolith of a definite quality. The term »commercial block« refers to stone blocks of a definite quality and category suitable for the market. The length of the block is relevant in defining the category. When the criterion of block extraction is taken into consideration stone deposits fall into four groups:

- deposits with exceptional possibilities (monoliths of extraordinary dimensions are easily extracted, and are suitable for monumental and memorial architecture and sculpture, blocks can be split in any way desired),
- deposits with great possibilities (blocks of high commercial categories are extracted, and occasionally monoliths of extraordinary dimensions),
- deposits of restricted possibilities (blocks of lower categories are extracted, and only limited quantities of blocks of higher categories), and
- »tombolone« deposits (monoliths and blocks of irregular shapes are extracted along natural planar discontinuities).

This classification does not apply to stone of a high value, because it is rare and singularly decorative.

The uniformity of appearance of the stone mass need not be decisive in the assessment of the deposit, but it many influence the exploitation and the value of the stone. That means that in the process of exploitation it is either unnecessary or, on the other hand, essential to separate varieties of stone basically different in appearance. With respect to this criterion deposits fall into three groups:

- deposits where no differentiation of stone types is carried out, because the stone is uniform in appearance,
- deposits with differences in appearance but without differentiation of types, and
- deposits where it is essential to differentiate types because the differences in appearance of the stone are considerable.

The quantity of rock mass in the deposit is particularly important at the stage of research operations, categorising of the quarry, and its exploitation. This criterion supplies the information about the portion of commercial blocks in the stone deposit. According to L. Rossati (1963) the quantity of stone mass can be expressed as brutto mass (I_b) and netto mass (I_n). Brutto quantity I_b is expressed as:

$$I_b = \frac{V_{em}}{V_{sm}} \cdot 100 (\%)$$

V_{em} — exploitable part of rock mass

V_{sm} — total rock mass in deposit (exploitable part + overburden)

Netto quantity I_n is expressed as:

$$I_n = \frac{V_{bk}}{V_{em}} \cdot 100 (\%)$$

V_{bk} — volume of commercial blocks

Total quantity of rock mass is expressed as:

$$I = \frac{V_{bk}}{V_{sm}} \cdot 100 (\%)$$

The technological and economic criteria contain indicators of the quality of blocks, which is particularly important for economical industrial processing. The quality of blocks is a criterion which applies to the completeness of the block, its »health«, uniformity of its colour, regularity of patterns, evenness of the structures etc. Two peculiarities are of primary importance:

- existence, nature and behaviour of fissures, which can vary in visibility, and
- constancy or homogeneity of appearance typical for a given type of stone.

As regards quality blocks fall into three groups:

- »1« is the mark for the quality of blocks which can be processed into slabs with the basic dimension of the block, and an utilization level between 85 and 90 %,
- »2« is the mark for blocks that can be utilized between 75 and 85 %,
- »3« is the quality mark applies to blocks utilisable below 75 %.

The technical criteria define the possibility and variety of applications of the stone, depending on its physical and mechanical properties, and on its durability. These are at the same time important factors in the technology of stone processing. With regard to the possibility of application they fall into four categories:

- stone of universal applicability (mainly granites and other silicate rocks),
- stone of unrestricted applicability for vertical revetting and restricted horizontal revetting,
- stone applicable only revetting of vertical surfaces, and
- stone with only interior application.

The criterion applying to the decorative value of stone is based on the general appearance of the stone and is essentially subjective. It is impossible to measure the value objectively, though it is very important for the stone's marketability. According to this criterion the stone falls into four groups:

- stone of exceptional and unique appearance,
- stone of specific appearance,
- stone of a decorative colouring and patterning, and
- stone of ordinary appearance.

By evaluating according to the criteria suggested it is possible to classify a deposit stone deposit. The basic requirements of a developed market for a particular stone type are for it

- to be assessed as of high value for its appearance,
- to have blocks of appropriate category and quality, and
- to guarantee reliable and stable supply of uniform stone type without any surprises.

The sum of all these values of a deposit leads to its assessment and ranking as:

- of international importance,
- of restricted international importance,
- of national importance, and
- of local importance.

Among the internationally important deposits are to be considered those that have provided the world market with singular varieties of stone (the Swedish granite, The Norwegian labradorite, the Italian travertine etc.).

Among deposits of restricted international value are counted those whose stone is an international merchandise, but is not widely known, or is known only in some countries.

Nationally important deposits are those that cannot provide highly values commercial stone blocks or where the stone is of ordinary appearance.

Locally important deposits are those where the stone is not an article of merchandise, or is one in a very restricted manner due to its decorative qualities, Such are mainly »tombolone« deposits.