

## 6. VREDNOVANJE LEŽIŠTA ARHITEKTONSKO- GRAĐEVNOG KAMENA

Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena vrednuju se, kao i ležišta drugih mineralnih sirovina, temeljem rudarsko-geoloških i tehničko-tehnoloških (uporabni i preradbeni) kriterija. Međutim, budući da je arhitektonsko-građevni kamen mineralna sirovina čija uporabna vrijednost bitno ovisi i o dekorativnim elementima, vrijednost ležišta se procjenjuje i temeljem dekorativnog (estetskog) kriterija. Na tržišnu vrijednost finalnog kamenog proizvoda utječu troškovi eksploatacije i prerade, ali i dekorativnost samog kamena. Izgled kamena koji se može definirati kao “ekskluzivan”, može njegovu tržišnu cijenu povećati znatno iznad one koju bi inače takav proizvod postigao na tržištu.

### 6.1. RUDARSKO-GEOLOŠKI KRITERIJI

Rudarsko-geološki kriteriji daju podatke o: veličini ležišta; cjelovitosti (blokovitosti) stijenske mase; ujednačenosti kamene mase u ležištu; te o iskorištenju stijenske mase.

#### 6.1.1. Veličina ležišta

Veličina ležišta, odnosno količina eksploatacijskih zaliha mora opravdati ulaganja sredstava za njegovo istraživanje, otvaranje, razradu i eksploataciju. Vijek eksploatacije ležišta, odnosno opskrba tržišta kamenom iz njega, mora biti tolika da opravda ta sredstva. Životni vijek kamenoloma ovisi o količini mineralne sirovine u ležištu i o godišnjem kapacitetu (proizvodnji) kamenoloma. Prema tome, pri vrednovanju ležišta obzirom na njegovu veličinu treba uzimati u obzir, ne samo njegovu veličinu, nego i mogućnosti razvitka ležišta koje dozvoljavaju dovoljno veliku proizvodnju. Veličina, ali i položaj ležišta u prostoru definiraju njegove razvojne mogućnosti po visini i širini. Velikim ležištem arhitektonsko-građevnog kamena, odnosno ležištem velikih razvojnih mogućnosti, može se smatrati i ležište, koje nema izuzetno velike eksploatacijske zalihe, ali se tehnički uspješno i ekonomično može organizirati velika proizvodna kamenih blokova.

S obzirom na volumen (količinu) eksploatacijske stijenske mase, uzimajući u obzir i mogućnosti organiziranja određene proizvodnje, ležišta arhitektonsko-građevnog kamena se u grubo dijele u tri grupe: velika, srednja i mala.

1. **Velika ležišta** su ona u kojima se eksploatacijske zalihe procjenjuju na više od  $1.000.000 \text{ m}^3$ , uz mogućnost organiziranja proizvodnje od preko  $10.000 \text{ m}^3/\text{god}$ . Takva su ležišta u Hrvatskoj npr.: ležište Kanfanar u Istri i ležišta Sivac i Kupinovo na Braču.
2. **Srednja ležišta** su ona, kojima ukupno procijenjene eksploatacijske zalihe iznose više od  $300.000 \text{ m}^3$ , a godišnji kapacitet im je iznad  $3.000 \text{ m}^3$  komercijalnih kamenih blokova. U ovu se grupu mogu svrstati i volumno velika ležišta, u kojima se, obzirom na položaj stijenske mase u prostoru, ne može postići proizvodnja od  $10.000 \text{ m}^3/\text{god}$ . U naša srednja ležišta mogu se svrstati npr. ležište Plano kraj Trogira, Pakovo selo kraj Drniša, Milovica na Braču itd.
3. **Mala ležišta** su ona u kojima su eksploatacijske zalihe ograničene, odnosno malog volumena i ne prelaze  $300.000 \text{ m}^3$ , uz nemogućnost organiziranja proizvodnje veće od  $3.000 \text{ m}^3$  komercijalnih blokova godišnje. Najveći broj hrvatskih ležišta svrstava se u ovu grupu, tj. spada u grupu ležišta ograničenih

razvojnih mogućnosti. 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 većoj potražnji.

### 6.1.2. Cjelovitost stijenske mase

Bitni kvantitativni pokazatelj unutar rudarsko-geoloških kriterija je cjelovitost stijenske mase u ležištu, odnosno mogućnost dobivanja kamenih blokova određenih dimenzija. Ovaj pokazatelj proizlazi upravo iz temeljne specifičnosti sirovinске proizvodnje arhitektonsko-građevnog kamena, a to je da se iz stijenske mase mora dobiti pravilno oblokovan blok, koji mora imati i određenu kakvoću. Zbog toga je ovaj pokazatelj posebice značajan za suvremenu tehnologiju industrijske prerade u ploče i elemente za monumentalnu i memorijalnu arhitekturu.

Mogućnost dobivanja blokova ovisi od građe stijenske mase kao genetskog, te tektonskog (strukturnog) sklopa kao postgenetskog obilježja. Dok se građa stijenske mase može dosta lako definirati i temeljem toga donijeti objektivne zaključke o mogućnostima ležišta u pogledu dobivanja blokova, definiranje prostornog položaja i rasporeda sekundarnih planarnih diskontinuiteta je znatno složeniji posao. Katkada razlomljenost stijenske mase može biti toliko intezivna da se iz stijenske mase ne mogu dobiti blokovi većih dimenzija, a katkada niti blokovi malih dimenzija. Prema tome za eksploataciju arhitektonsko-građevnog kamena bitan čimbenik učinkovitosti izvođenja rudarskih radova je cjelovitost stijenske mase i učestalost blokova određenih dimenzija. Na cjelovitost stijenske mase i moguću veličinu blokova utječe, u prvom redu strukturni sklop kamenoloma.

U svjetskoj trgovini arhitektonsko-građevnog kamena usvojen je pojam *komercijalni blokovi*. To su kameni blokovi koji imaju priznate određene vrijednosti za finalizaciju, pa se kao takvi mogu plasirati na tržište. Pod tim vrijednostima podrazumijevaju se kakvoća i veličina bloka. Pod kakvoćom se ne podrazumijeva samo kakvoća obzirom na fizičko-mehanička svojstva kamena, već i zdravoća bloka, koja podrazumijeva što manji broj mogućih vidljivih i nevidljivih diskontinuiteta u bloku. Veličina (kategorija) bloka sama za sebe ne znači puno, jer je ona tijesno povezana s kakvoćom, koja se odnosi na njegovu zdravoću i fizičko-mehaničke značajke. Međutim te će se kakvoće posebno definirati preradbenim i uporabnim kriterijem, dok se ovaj kriterij odnosi samo na veličinu bloka. Za definiranje veličine bloka bitna je prvenstveno njegova dužina, a zatim širina i visina. Širina i visina bloka bitne su kod nekih vrsta kamena specifičnog sklopa, koji zahtijeva rezanje bloka određenim pravcem. Širina i visina bloka imaju svoje značenje i pri izradi elemenata u memorijalnoj arhitekturi i kiparstvu. Poželjno je da između dimenzija komercijalnih blokova - dužine (d), širine (š) i visine (v) postoji odnos -  $d : š : v = 1 : 1/2 : 1/2$  do  $1 : 1/2 : 1/3$ .

Prema Posebnim uzancama za promet blokova i ploča od kamena, mramora i granita\*, blokovi se razvrstavaju u slijedeće 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 1,49 m
V.	dužine od	1,0 m do 1,49 m
VI.	dužine ispod	0,99 m.

\* Uzance su objavljene 1967 god. u Sl. listu br. 9, i kao takve u Hrvatskoj preuzete Zakonom o preuzimanju zakona o standardizaciji (N.N. 53/91), te do danas (2002. god.) nisu izmijenjene.

Slika 6.1. pojednostavljeno prikazuje kako strukturni sklop odnosno cjelovitost stijenske mase utječe na mogućnost dobivanja blokova, tj. na vrijednost ležišta. Prvo ležište s povoljnim strukturnim sklopom, s rijetkim međusobno gotovo okomitim diskontinuitetima omogućava vađenje blokova izuzetnih dimenzija. Takvi blokovi omogućavaju izradu najvrijednijih proizvoda (portali, stupovi, memorijalne ploče, elementi spomeničke arhitekture, kiparstvo i slično), a normalno i sve proizvode koji se dobivaju iz manjih blokova. Iz drugog raspucelijeg ležišta, s više sustava diskontinuiteta, ne mogu se vaditi izuzetno veliki blokovi, ali se mogu vaditi blokovi visoke kategorije. Takvi blokovi omogućavaju ekonomski isplativu primarnu obradu piljenjem na gateru i dobivanje sirovih ploča velikih dimenzija, različite debljine (obično 1,5 do 6 cm), iz kojih se mogu izrađivati različiti nestandardni proizvodi, a naravno i svi standardizirani proizvodi koji se dobivaju iz manjih blokova. Iz trećeg nehomogenog i raspucalog ležišta mogu se dobiti samo manji obično nepravilni blokovi. Budući da su takvi blokovi nepogodni za gatersko piljenje iz njih se dobivaju proizvodi promjenjivih veličina, ali samo u granicama standardiziranih dimenzija. Najčešće se temeljne dimenzije proizvoda (ploča) ostvaruju pri primarnom piljenju na ortogonalnim strojevima, koji imaju vertikalnu kružnu pilu za temeljno piljenje bloka i horizontalnu kružnu pilu za podrezivanje proizvoda. Piljenjem na tom stroju postupno se izdvajaju komadi dužine bloka željene visine i debljine (ovisno o promjeru pila).

Prema kriteriju cjelovitosti stijenske mase, odnosno mogućnosti dobivanja blokova, ležišta se najčešće svrstavaju u četiri grupe:

- A. **Ležišta izvanrednih mogućnosti.** To su ležišta iz kojih se mogu vaditi blokovi izuzetnih dimenzija i koji se mogu rezati po želji. Takva su npr. naša ležišta Visočani kraj Dubrovnika i Vinkuran u Istri.
- B. **Ležišta velikih mogućnosti.** U tim se ležištima teško mogu izvaditi blokovi izuzetnih dimenzija, ali se u velikim količinama mogu vaditi blokovi visokih komercijalnih kategorija. Takva su naša ležišta npr.: Kanfanar u Istri, Pakovo Selo kraj Drniša, Sivac na Braču.
- C. **Ležišta ograničenih mogućnosti.** U njima se ne mogu vaditi u velikim količinama blokovi viših, nego samo nižih kategorija, do 2 m dužine. U ovu grupu spada najveći broj naših ležišta.
- D. **Ležište tombolona.** Tomboloni predstavljaju cjelovite ili kvazicjelovite blokove nepravilnih oblika i blokovi pravilnijih oblika malih dimenzija najčešće ispod 1 m<sup>3</sup>. Ležišta tombolona su znači ležišta iz kojih se vade blokovi nepravilnih oblika, odjeljeni duž prirodnih planarnih diskontinuiteta. Iz tih nepravilnih blokova se ograničeno mogu obraditi pravilni blokovi najnižih kategorija. Tomboloni mogu imati i veće volumene, ali se njihovo oblikovanje u pravilne oblike često ne isplati. Tomboloni se posebnom tehnologijom mogu uspješno finalizirati u proizvode pretežito manjih dimenzija. Tomboloni se javljaju kao nusproizvod i u ostalim ležištima u kojima se vade veći blokovi, ali je njihova prerada najčešće ekonomski neisplativa, izuzev ležišta s kamenom izuzetnih dekorativnih vrijednosti.

Ova se klasifikacija ne odnosi na kamen, koji zbog rijetkosti ili posebne dekorativnosti ima veliku vrijednost, kao što su npr. oniksi ili mramori s rijetkim šarama i bojama. U takvim se slučajevima kamen obično komercijalno razvrstava po masi, a ne po dužini odnosno volumenu.

### 6.1.3. Ujednačenost kamene mase u ležištu

Ovaj kriterij nije presudan za ocjenu stijenske mase u ležištu, ali najčešće utječe na troškove eksploatacije, a time i na vrijednost kamena. Neujednačenost kamene mase u ležištu može se očitovati kao neujednačenost po izgledu, ili kao neujednačenost po kakvoći kamena.

Stijenska masa u ležištu može biti, prema općem izgledu ujednačena, a može biti manje ili više neujednačena. To znači da u eksploataciji ili preradi treba/ne treba izdvajati inačice kamena, koje se izgledom bitno međusobno razlikuju. U ležištima bijelog mramora npr. najčešće se ne radi selekcija na inačice kamena, jer je kamen u svim dijelovima ležišta potpuno ili relativno ujednačenog izgleda. Suprotno tome, u najvećem broju ležišta vapnenca potrebno je izdvajati više inačica koje se po izgledu razlikuju i najčešće imaju različite tržišne vrijednosti.

Obzirom na ujednačenost kamene mase u ležištu, izdvajaju se tri grupe ležišta:

1. Ležišta u kojima nema nikakvog izdvajanja tipova i inačica, jer nema razlike u općem izgledu kamena izvađenog iz stijenske mase (**ležišta ujednačenog izgleda**).
2. Ležišta u kojima nema nikakvog izdvajanja tipova i inačica, ali su prisutne umjerene razlike u izgledu, koje se toleriraju (**ležište umjereno ujednačenog izgleda**).
3. Ležišta u kojima je neophodno izdvajanje tipova i inačica, zbog osjetnih razlika u općem izgledu. U ovu se grupu svrstavaju i ležišta u kojima je kamena masa relativno ujednačenog izgleda, ali kvalitetno neujednačena u pojedinim dijelovima ležišta (**neujednačena ležišta**).

Razlike u izgledu, koje ne zahtijevaju izdvajanja tijekom eksploatacije, već samo prilikom razvrstavanja ima npr. naš bijeli brački “mramor” (u petrološkom smislu to naravno nije mramor) graditeljima poznat još iz antičkih vremena. Bijeli brački kamen - “mramor” komercijalno se pojavljuje pod nazivom *veselje unito* i *veselje fiorito* (slika 6.1.). U nazivu kamena riječ Veselje se odnosi na istoimensu uvalu iznad koje je bio smješten stari kamenolom Veselje. Drugi dio naziva *unito* odnosno *fiorito* zapravo su obilježja same građe (sastava) kamena. Inačica *unito* determinirana kao organogeni vapnenac ili biomikrit, podrazumijeva da su u građi kamena skeletni fragmenti relativno ujednačeni unutar veličinskih razreda do 4 mm, a petrografski odgovara bioklastičnom vapnencu tipa wackestone-packstone. Kamen je skoro bijele boje sa slabom žućkastom nijansom. U bijeloj osnovi nalaze se ujednačeni fragmenti fosila tamnije sivih i žućkastih tonova. Inačica *fiorito*, determinirana također kao organogeni vapnenac ili biomikrit, je zapravo arhitektonski kamen u kojem, u manje više bijeloj osnovi tipa *unito* “plivaju” krupni rudistni fragmenti odnosno cijeli rudisti, koji se ističu smeđastom bojom. Petrografski to su dakle rudistni wackestone-floatstone odnosno floatstone s bioklastičnim matriksom.

Identična izdvajanja zbog razlika u izgledu zahtijeva npr. i dolomitizirani biomikrit tipa mudstone-wackestone iz kamenoloma Sivac. Komercijalno se pojavljuje pod nazivom *sivac*, a na svjetskom tržištu kao *adria grigio* s inačicama *unito*, *venato* i *macchiato* (slika 6.2.). U ležištu se javljaju debeli paketi intenzivno bioturbiranih slojeva mikrita, a također i debeli slojevi masivne građe, koji mogu biti ispresijecani semivertikalnim međusobno paralelnim pukotinama ispunjenim bitumenskom tvari. Bioturbirana stijena daje inačicu kamena *macchiato*, ona s bitumenskim žilama inačicu *venato*, dok se iz stijene masivne građe bez bitumenskih tvari izdvaja inačica kamena *unito*.

Primjer izrazitih razlika u izgledu je npr. kamen iz ležišta Romanovac. Unutar karbonatnog kompleksa kamenoloma Romanovac već se makroskopski, temeljem boje, izdvajaju dva tipa kamena: brečasti vapnenac komercijalno nazvan *romanovac* (*breccia romana*) karakteriziran crvenkastom bojom i brečasti vapnenac komercijalno nazvan *tulovac* (*kastania*), čija je temeljna značajka tamnosiva boja, smeđasto nijansirana. U brečastom vapnencu *romanovac* (slika 4.4.) zapažaju se nepravilni oštrobridni fragmenti vapnenca različito nijansiranih sivih boja. Ti su oštrobridni fragmenti međusobno povezani karbonatnim žilicama pigmentiranim limonitom, koji cijelom stijeni daje lijepu crvenkastosivu boju. Temeljna značajka brečastog vapnenca *tulovac* (slika 4.4.) je siva do tamnosiva boja i ispresjecanost žilicama kristalastog kalcita veoma rijetko pigmentiranih limonitom, pa je manje dekorativan od tipa *romanovac*. Postoje i prijelazi oba tipa stijena s promjenama boje, koja varira između sive karakteristične za *tulovac* i crvenkaste karakteristične za *romanovac*, pa se te prijelazne inačice svrstavaju u tipove *tulovac* ili *romanovac* ovisno o pretežitosti boje. Stijenska masa u ležištu je dijelom homogena, ujednačenog izgleda, ali i s postepenim nepravilnim i nedefiniranim granicama vertikalnih i horizontalnih prijelaza temeljnih inačica kamena. To znači da je za vrijeme eksploatacije u ležištu potrebno izdvajanje inačica tipa *romanovac* i tipa *tulovac* koji se izgledom po boji razlikuju. Ova se dva tipa kamena donekle razlikuju i po fizičko-mehaničkim značajkama. Kamen *tulovac* je otporniji na habanje nego *romanovac*, pa se kamen tipa *romanovac* može koristiti za oblaganje horizontalnih umjereno prometnih (3000 ljudi dnevno), a *tulovac* jako prometnih (3000 do 15000 ljudi dnevno) površina. *Tulovac* je također nešto otporniji na smrzavanje, međutim zbog razlika u fizičko-mehaničkim značajkama ne bi bilo potrebno (bar ne u eksploataciji) izdvajanje ovih inačica. Izdvajanje je potrebno prvenstveno zbog osjetljivih razlika u općem izgledu.

Razlog diferenciranja i označavanja inačica kamena ne mora biti samo opći izgled, već to može biti i kakvoća kamena, tj. različite fizičko-mehaničke značajke kamena u pojedinim dijelovima ležišta. U pojedinim dijelovima ležišta može se javiti kamen istog izgleda, ali različite kakvoće, što se odražava na različitu iskoristivost u preradi i na krajnju kakvoću gotovih proizvoda. Čest slučaj je da se uz razlike u kakvoći vežu i razlike u izgledu. Takvo je izdvajanje potrebno npr. u ležištu Kanfanar u kojem se izdvajaju kvalitetno različiti komercijalni tipovi kamena *kanfanar*, poznat i kao *istarski žuti*, odnosno *giallo d'Istria*. Ležište Kanfanar je izgrađeno od debelo slojevitih vapnenaca i u njemu je aktivan veći broj kamenoloma (Kanfanar, II., III., IV., V.). Produktivni (eksploatacijski) sloj ima debljinu 4,8 do 6,2 ponekad i do 7,6 m. Taj se sloj sastoji od više slojeva debljine od 1 do 1,6 m, odvajenih po slojnicama, odnosno granice slojeva određuju i markiraju slabije vezane slojnice. Ti slojevi se međusobno razlikuju po izgledu i po kakvoći. Sloj *istarskog žutog* započinje u donjem dijelu vapnencima svijetlo žute boje s ostacima školjakaša i njihovih ljusaka, pa se zato taj dio naziva *kanfanar orašasti*. Slijedeći slojevi zadržavaju također svoju pastelno žućkastu boju, ali se nijanse mijenjaju, a fosilni ostaci školjaka, te stilolitski šavovi zapunjeni kalcitom i mjestimice limonitom utječu na različitost izgleda u pojedinom sloju. Osim po boji slojevi se međusobno još više razlikuju po građi odnosno kvaliteti, pa se ne mogu miješati u proizvodnji. Zbog toga je potrebno primjeniti način eksploatacije koji zadovoljava taj zahtjev.

Primjer negativnog utjecaja neujednačenosti stijenske mase u ležištu je i kamenolom Zečevo u kojem se razlikuju dvije inačice kamena *zečevo* (poznat i kao *san giorgio*,) i *zečevo venato* (*san giorgio W*). Obe inačice (slika 6.3.) pripadaju skeletnim packstonima i determinirane su kao dolomitični biomikriti. Boje su gotovo

bijele, s blagom nijansom žućkaste do žućkastosive, s tim da je inačica *zečevo venato* nepravilno ispresijecana sivim žilama. Te žile, koje nepravilno presjecaju stijensku masu, obogaćene su dolomitom i bituminoznom tvari. Utjecaj bitumena u žilama, s gledišta mehaničkih značajki, ima izrazito negativan utjecaj. Njegov negativan utjecaj je posebice izražen duž zone unutar debljih žila u kojoj je bitumen koncentriran na kontaktima kristala, uslijed čega su veze između kristala znatno oslabljene. Kako se ta zona proteže kontinuirano kroz žile, ovisno o orijentaciji i jačini recentnih opterećenja u odnosu na orijentaciju pojedine žile, duž nje puno lakše dolazi do pucanja stijenske mase ili blokova kamena. To pucanje i pojava dodatnih diskontinuiteta onemogućavaju dobivanje kvalitetnih velikih blokova i povećava količinu otkopnih gubitaka.

#### 6.1.4. Izdašnost stijenske mase

Ovaj kriterij je pokazatelj vrijednosti i ekonomičnosti ležišta, pa stoga ima posebnu vrijednost kako u razdoblju istraživačkih radnji, tako i za vrijeme eksploatacije ležišta. On izražava udio komercijalnih blokova u stijenskoj masi, tj. definira koeficijent iskorištenja mineralne sirovine, pa ga je veoma teško procijeniti u razdoblju istraživačkih radnji. Točniji podaci o iskorištenju ležišta dobiju se tijekom eksploatacije. Pri površinskoj eksploataciji se iskorištenje stijenske mase može razmatrati s dva gledišta kao bruto masa i kao neto masa nakon odbitka otkrivke. Važnu ulogu, od koje ovisi mogućnost eksploatacije ležišta površinskim kopom, ima količina otkrivke.

Količina jalovinske mase koja se mora ukloniti da bi se mogla otkopati jedinica količine korisne mineralne sirovine naziva se **koeficijent otkrivke**. Prema tome koeficijent otkrivke je odnos između volumena (u m<sup>3</sup>) jalovinske mase (V<sub>o</sub>) koja prekriva dio stijenske mase predviđene za eksploataciju i volumena (u m<sup>3</sup>) tog eksploatabilnog dijela stijenske mase (V<sub>g</sub>). Koeficijent otkrivke dan je izrazom:

$$k_o = \frac{V_o}{V_g} \quad (6.1)$$

Iskorištenje korisne mineralne sirovine izražava se preko koeficijenta iskorištenja. **Koeficijent iskorištenja** predstavlja odnos između volumena svih komercijalnih blokova (V<sub>e</sub>) izvađenih iz eksploatabilnog dijela stijenske mase prema volumenu te eksploataibilne mase (V<sub>g</sub>). Koeficijent iskorištenja stijenske mase dan je izrazom:

$$k_i = \frac{V_e}{V_g} \quad (6.2)$$

Razlika ukupne i iskorištene količine eksploataibilne stijenske mase u ležištu jesu gubici te mase, tj. suprotna vrijednost koeficijenta iskorištenja je **koeficijent gubitaka**. Prema tome koeficijent gubitaka je dan izrazom:

$$k_g = 1 - k_i \quad (6.3)$$

**Ukupna izdašnost ležišta**, odnosno ukupni koeficijent izdašnosti stijenske mase je odnos volumena komercijalnih blokova (eksploatacijske zalihe) prema

volumenu ukupne stijenske mase ( $V_u$ ) u ležištu (eksploatabilni dio + otkrivka). Ukupni koeficijent izdašnosti ležišta dan je prema tome izrazom:

$$k_u = \frac{V_e}{V_u} = \frac{V_e}{V_o + V_g} \quad (6.4)$$

Da bi se dobila, bar donekle, orijentacijska slika vrijednosti prikazanih parametara navodi se konkretni primjer jednog našeg ležišta. Pri istraživanju ležišta Milovica utvrđene su i odobrene ukupne zalihe eksploatabilne stijenske mase (geološke zalihe) od 1.254.000 m<sup>3</sup>. Odobrene eksploatacijske zalihe iznosile su 291.000 m<sup>3</sup>, a količina otkrivke 172.000 m<sup>3</sup>.

Koeficijent otkrivke u ovom slučaju iznosi:

$$k_o = \frac{V_o}{V_g} = \frac{172000}{1254000} = 0,137$$

Otkrivku u ovom kamenolomu predstavlja površinski raspucali sloj vapnenca debljine 1 do 2 m, pa je, zbog te relativno male debljine površinske jalovine, dobiven relativno povoljan odnos otkrivke prema ukupnoj količini stijenske mase koja će se zahvatiti eksploatacijom (1 : 0,137). Budući da se taj tankoslojeni pločasti vapnenac koristi u građevne svrhe, veliki dio otkrivke će se također iskoristiti, pa će količina otkrivke imati još manji utjecaj na cijenu eksploatacije korisnog sloja kamena.

Koeficijent otkrivke u našim ležištima znatno varira, jer neka ležišta uopće nemaju površinske otkrivke, dok u nekim ležištima ili njihovim djelovima njezina debljina iznosi 10, 15, pa i 20 m (a i debljine eksploatacijskog sloja su znatno različite).

Koeficijent iskorištenja korisne mineralne sirovine u ovom konkretnom primjeru je:

$$k_i = \frac{V_e}{V_g} = \frac{291000}{1254000} = 0,23$$

Koeficijent gubitaka:

$$k_g = 1 - k_i = 1 - 0,23 = 0,77$$

Prema tome, koeficijent iskorištenja je 0,23 ili izraženo u postocima, iskorištenje korisne mineralne sirovine je 23 %, a koeficijent gubitaka 0,77 odnosno gubici u ležištu su 77 %. To znači da će se od ukupne eksploatabilne stijenske mase dobiti 23 % komercijalnih blokova, dok 77 % predstavlja jalovinu iz eksploatacijskog sloja odnosno gubitak sirovine u obliku malih nepravilnih blokova i sitnijeg kamena.

Naravno da i vrijednosti koeficijenata iskorištenja variraju od ležišta do ležišta. Međutim, te varijacije nisu toliko izražene kao kod koeficijenta otkrivka, pa se obračunato iskorištenje, u ovom slučaju, može smatrati nekim približno orijentacijskim vrijednosnim reprezentantom naših ležišta.

Ukupni koeficijent izdašnosti ležišta:

$$k_u = \frac{V_e}{V_o + V_g} = \frac{291000}{172000 + 1254000} = 0,20$$

Prema tome iz ukupne količine stijenske mase (otkrivka i eksploatacijski sloj) koja će se zahvatiti eksploatacijom iskoristiti će se, tj dobiti će se 20 % komercijalnih blokova.

## 6.2. PRERADBENI KRITERIJ

U industriji kamena bitno je da se eksploatiraju blokovi čija kakvoća omogućava njihovu ekonomičnu industrijsku preradu. Ekonomična prerada traži blok iz kojeg se režu ploče veličine temeljnih dimenzija bloka u količini proporcionalnoj njegovu volumenu. Prisustvo najfinijih diskontinuiteta manje ili veće dužine može bitno umanjiti vrijednost bloka, jer se smanjuje njegovo iskorištenje.

**Preradbena kakvoća** bloka se dakle odnosi na njegove unutarnje značajke, koje se procjenjuju na njegovu cjelovitost ili **zdravoću**, ujednačenost boje, ravnomjernost karakterističnih šara, ujednačenost ili neujednačenost sklopa, prisustvo umetaka koji narušavaju izgled površine ploča, i slično. Dok prisustvo finih prslina snižava iskoristivost bloka zbog lomova ploča ili smanjuje uporabnu vrijednost, neujednačenost boje, sklopa i šara iziskuju selekciju ploča i smanjuju dekorativnost. Dvije su značajke primarne: prvo je postojanje prslina, koje mogu biti manje ili više vidljive, njihova priroda i ponašanje i drugo stalnost ili homogenost izgleda karakterističnog za dati vrstu (tip) kamena.

Prema spomenutim Posebnim uzancama za promet blokova i ploča od kamena, mramora i granita, blokovi se prema ovom kriteriju razvrstavaju u tri grupe:

Grupa A (izabrana): struktura kompaktna bez prslina, ne zahtijeva popravke i laka za obradu. Blokovi pri razrezivanju moraju dati ploče dužine i širine bloka, čije će vidljive površine biti zdrave i ujednačene po boji.

Grupa B (dobra): struktura kompaktna, bez vidljivih prslina, s mogućim prirodnim manama. Ploče mogu sadržavati po neku naprslinu, koja ne smije premašiti jednu trećinu dužine najkraćeg ruba ploče. Ploče mogu pokazivati neujednačenost boje i dopuštaju se manji popravci.

Grupa C (uporabljiva): struktura nekompaktna, prslinae vidljive. Dopuštena neujednačenost boje. Razrezivanjem takvog bloka moraju se dobiti uporabljive ploče čije prslinae mogu ići od ruba do ruba s umjetnim poboljšanjima.

Navedeno razvrstavanje blokova u praksi se pokazalo nedovoljno precizno, pa je ova razdioba modificirana, tako da je u primjeni klasifikacija koja blokove obzirom na preradbenu kakvoću svrstava također u tri grupe kako slijedi:

**1. grupa:** predstavlja blokove kod kojih se piljenjem dobiju ploče temeljnih dimenzija bloka uz iskorištenje 85 do 95 %. Sve se dobivene ploče mogu uporabiti za brušenje i poliranje. U toj se grupi iz 1 m<sup>3</sup> bloka piljenjem na gateru može od mogućih 40 m<sup>2</sup> dobiti 34 do 36 m<sup>2</sup> ploča debljine 2 cm. Podrazumijeva se da ispiljene ploče ne smiju imati nikakve defekte u građi i da moraju imati izgled tipičan za dotičnu vrstu kamena, u granicama tolerantnog. Tolerancija je nešto elastičnija kod polihromnih vrsta kamena.

**2. grupa:** predstavlja blokove kod kojih se piljenjem u ploče ostvari iskorištenje od 75 do 85 %, odnosno iz 1 m<sup>3</sup> bloka dobije se do 30 do 34 m<sup>2</sup> ploča



debljine 2 cm. Kvaliteta u odnosu na brušenje i poliranje ploča odgovara 1. grupi. Smanjenje kvadrature ploča u toj kategoriji uvjetovano je time, što se u bloku mogu nalaziti neki makrodefekti koji smanjuju vrijednost bloka.

**3. grupa:** predstavlja blokove iz kojih se dobiva manje od 75 % teorijsko moguće količine ploča kao dimenzioniranog proizvoda. Zbog neujednačenih teksturno-strukturnih značajki, neujednačene boje, poroznosti i šupljikavosti ne mogu se dobiti kvalitetno rezane ploče, niti ploče temeljnih dimenzija bloka. Tijekom piljenja ploča duž finih prslina često dolazi do razdvajanja. Potpuno se može iskoristiti za klesanu robu: ulične rubnjake, štokirane ploče za pločnike, bankine za obale, bunjicu za fasade i interijere i slično.

Osim ove klasifikacije primjenjuju se brojne slične koje se razlikuju od prethodne uglavnom po postocima iskorištenja. Često se u 1. grupu svrstavaju samo blokovi kod kojih se piljenjem ostvari 100 % ploča (iz 1 m<sup>3</sup> dobije se 40 m<sup>2</sup> ploča debljine 2 cm). Teorijsko moguća količina odnosno najveći broj ploča određene debljine dobiven piljenjem na gateru može se odrediti izrazom:

$$n_p = \frac{\check{s}_b}{e + d} \quad (6.5)$$

gdje su:

$n_p$	.....	broj ploča,
$\check{s}_b$	.....	širina bloka [cm]
$e$	.....	širina reza [cm],
$d$	.....	debljina ploča [cm].

Teorijsko moguća kvadratura ploča određene debljine ( $d$ ) može se odrediti po formuli:

$$A_u = \frac{V_b}{e + d} [m^2] \quad (6.6)$$

gdje su:

$A_u$	.....	ukupno ostvariva količina ploča [m <sup>2</sup> ],
$V_b$	.....	volumen bloka [m <sup>3</sup> ],
$e$	.....	širina reza [m],
$d$	.....	debljina ploča [m].

Računajući po izrazima 6.5 i 6.6 ukupno moguću količinu ploča, odnosno njihovu kvadraturu dobije se da se npr. iz bloka 2,0 m x 1,4 m x 1,0 m (dužina x širina x visina) može uz širinu reza 0,5 cm ostvariti 56 ploča odnosno 112 m<sup>2</sup> ploča debljine 2 cm, ili 40 ploča odnosno 80 m<sup>2</sup> ploča debljine 3 cm.

Iz izraza 6.6 se vidi da moguća količina ploča, koja se može dobiti na gateru, ne ovisi samo o veličini bloka (njegovoj kompaktnosti i cjelovitosti), već i o širini reza, odnosno količini gubitaka od širine reza. Širina reza ovisi prije svega o debljini pila zatim o njihovoj pravilnoj montaži, režimu i uvjetima piljenja, pravilnom postavljanju i učvršćenju bloka itd. Zbog toga se stalno teži primjeni tanjih pila uz preciznu i točnu montažu, pri čemu se odstupanja paralelnosti pila u odnosu na pravac gibanja okvira gatera (naprijed-natrag), vertikalnosti bočnih površina i horizontalnosti reznog dijela pila, svode na najmanju moguću mjeru. Time se

postiglo smanjenje širine reza ispod 0,5 cm, koja je uzimana pri računanju moguće kvadrature ploča u prikazanoj klasifikaciji blokova.

### 6.3. UPORABNI KRITERIJI

Ovim se kriterijima definiraju mogućnosti i širina primjene nekog kamena ovisno o njegovim fizičko-mehaničkim svojstava, vremenske trajnosti izgleda, te trajnosti uopće. To je istovremeno i važan pokazatelj za izbor obrade (piljena, glačana, polirana, različiti oblici površinske klesarske obrade) pojedine vrste kamena. Ovaj kriterij podrazumijeva ne samo poznavanje fizičko-mehaničkih svojstava kamena, već i njegovih petrografskih značajki. Najviše vrijednosti ima kamen koji tijekom vremena ne mijenja svoj izgled i koji ima široke mogućnosti primjene u arhitekturi i umjetnosti. Ovi su kriteriji značajni za tržišnu vrijednost kamena ovisno o širini uporabe i utjecaju troškova obrade.

Obzirom na uporabne kriterije najčešća je pojednostavljena 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.

**b) Na vertikalnim površinama primjena neograničena, a na horizontalnim ograničena.** U vanjskoj se atmosferi izgled mijenja, ali ne ugrožava temeljne arhitektonske vrijednosti. Odnosi se na mramore svijetlijih tonova, ili obojene mramore s umjerenom dekoloracijom tijekom vremena. Ovoj kategoriji pripadaju također travertini i neki vapnenci. Od naših vapnenaca tu spadaju npr. *veselje unito*, *visočani*, i dr.

**c) Primjena samo na vertikalnim površinama**, vanjskim i unutarnjim. Odnosi se uglavnom na mekane vapnence i tufove. U pravilu, kamen se odlikuje znatnom poroznošću. Tipični naš predstavnik ove kategorije je *vinkuran*.

**d) Primjena samo u interijerima.** Odnosi se uglavnom na obojene vapnence koji u vanjskoj atmosferi veoma brzo dekoloriraju i degradiraju arhitektonsku vrijednost objekta (što naravno ovisi i o izabranoj površinskoj obradi). Tipičan predstavnik je naš smeđi rudistni vapnenac *rasotica*.

Nepoznavanje uporabnih vrijednosti nekog kamena degradira njegovu vrijednost i dekorativnost, te uzrokuje oštećenja, čak i raspadanje kamenih elemenata. Stalnost boje je čest uzrok ograničenoj primjeni kamena. Posebnu je pozornost potrebno obratiti boji naših vapnenaca. Oni su obično bijeli ali i obojani u svim nijansama žute, crvene i od sive do potpuno crne boje. Dok su žute i crvene boje svih nijansi gotovo uvijek stabilne, dakle i takvi vapnenci stabilne boje kao npr. vapnenci i vapnene breče iz okoline Drniša (*crveni finor*, *ružičasti rozalit*, *karneol* i dr.), dotle su sive, a naročito crne boje vapnenca manje ili više nestabilne. Naši sivi i crni litiotiski vapnenci su obojani od ugljikovodika i bituminoznih supstanca organskog porijekla. Značajno je da se ugljikovodici i bitumeni kemijski razgrađuju pod djelovanjem atmosferilija, oni se oksidiraju, a vapnenci, u kojima se to događa, gube svježinu svoje boje, pa zato nisu pogodni za ugradnju na otvorenim i atmosferilijama izloženim mjestima. Tako je npr. kamen *rasotica* (slika 4.38.), materijal izuzetne dekorativnosti i kao takav poznat širom svijeta, u cjelosti degradiran na ulazu u Koncertnu dvoranu Vatroslav Lisinski, jer je to kamen za oblaganje isključivo u interijerima. *Rasotica* ugrađena u unutrašnjosti Koncertne dvorane sačuvala je sve svoje dekorativne značajke. Na dekorativnu komponentu kamena *rasotica* utječe, između ostalog, i dio proslojaka koji se odlikuju vrpčastim i duguljasto lećastim obogaćenjima pigmentom, posebice asfaltom. Ti prirodni

pigmenti u kamenu (organogena bitumenska tvar i asfalt) su nepostojani u oksidacijskim uvjetima pod djelovanjem atmosferilija. Na vanjskim površinama relativno brzo već nakon nekoliko mjeseci dolazi do oksidacije pigmenta, te time do gubitka boje i sjaja, čime se narušava dekorativnost odnosno degradira njegova estetska vrijednost. Zbog podložnosti relativno brzim promjenama izgleda uslijed djelovanja atmosferilija koristi se isključivo u enterijerima i samo iznimno u eksterijerima na onim površinama koje nisu izložene suncu i atmosferilijama.

Za vanjska oblaganja su nepogodni i kamen s uklopcima tvrdih i mekanijih minerala. Tako npr. ima u našim vapnencima mjestimično proslojaka ili kuglica razne veličine od jaspisa, pirita, limonita, krupnokristalizirana kalcita i dr. Zbog velike razlike u tvrdoći i otpornosti prema atmosferilijama naročito su štetni uklopci kremena kao tvrđeg i prema atmosferilijama otpornijeg minerala od kalcita. U vapnencu, koji je sastavljen od fosilnih ostataka, školjaka, puževa itd., štetno je kad su fosili nepotpuno vezani (cementirani), ili samo djelomično ispunjeni vapnenim vezivom.

#### 6. 4. KRITERIJ DEKORATIVNOSTI

Arhitektonsko-građevni kamen mora, svojim mineralnim sastavom svježinom, čvrstoćom i ponašanjem prema atmosferilijama potpuno odgovarati mjestu na kojem će biti ugrađen. S druge (dekorativne) strane mora svojim izgledom harmonično dopuniti arhitektonsku kompoziciju građevine, a u kiparstvu kao materijal potpuno odgovoriti motivima kipara koji stvara umjetničko djelo.

Kriterij dekorativnosti se stoga temelji na općem izgledu kamena i estetskim vrijednostima koje iz njega proizlaze. To je u biti subjektivan pokazatelj, jer se objektivno ne može mjeriti, ali je istovremeno veoma značajan za tržišnu vrijednost. Pokazatelj tržišne vrijednosti je potražnja koja proizlazi iz rijetkosti boje, šara i izgleda uopće.

Izgled, tj. dekorativnost kamena ovisi uveliko o njegovoj boji. S estetske strane boja je veoma važna ovisno o mjestu primjene kamena. Tako se npr. boja crvenih granita i sijenita lijepo slaže s bojom bronce, od koje je često saliven spomenik. Svjetlozelena, žuta crvenkasta i plavkasta boja mramornih oniksa, djeluje toplo u ukrasnim predmetima, kao što su vaze, kutije, urne, mozaik itd. Umjetničko djelo postavljeno na dobro odabranom kamenu poljepšava boja kamena, stalnost te boje i njezina harmonija s okolinom. Boja kamena ovisi o boji dominantnih minerala, njihovom prostornom rasporedu i veličini zrna, kao i udjelu prirodnih pigmenta. Događa se da su boja i površinska obrada isključivi elementi odabira kamena, a da se zanemaruju ili u cjelosti odbacuju i te kako važna svojstva prirodnih pigmenta. Prirodni pigmenti u kamenu mogu biti različitog stupnja stabilnosti. U kamenu magmatskog i metamorfnog porijekla prirodni pigmenti su redovito stabilni minerali, primjerice hematit. Kamen sedimentnog porijekla može kao pigment sadržavati stabilne minerale, primjerice hematit, ali i nestabilne sastojke, primjerice organogenu, bituminoznu supstanciju. Kamen s bituminoznom supstancijom kao pigmentom ne smije se, kao što je navedeno u prethodnom poglavlju, upotrijebiti u eksterijeru.

Po kriteriju dekorativnosti, odnosno izgledu i jedinstvenosti izgleda, kamen se uobičajeno razvrstava 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 inačicama često nalazi na tržištu.

d) Kamen **običan po izgledu**, ne odlikuje se nekim posebnim estetskim vrijednostima.

Po kriteriju dekorativnosti, tj. potražnje zbog osobitosti izgleda tražen je npr. naš vapnenac *rasotica*, poznat po obilju krupnog bjeličastog kršja rudista u smeđoj osnovi, te sposobnošću glačanja do spektakularnog sjaja. Rudistni vapnenac *rasotica* petrografski determiniran kao biosparmikrit, javlja se u nekoliko inačica pretežito smeđe boje s različitim nijansama ovisno o prirodnom pigmentu, bitumenskoj tvari i asfaltu. Na dekorativnost polirane površine kamena utječe količina i krupnoća fosilnih ostataka rudistnih ljuštura, te njihov prostorni raspored, ali također i način rezanja ploča. Veoma je dekorativna inačica kamena, koja sadrži veliku količinu rudista i rudistnog kršja, te detritusa, koji se svojom svjetlijom bojom posebice ističu u tamnosmeđem matriksu. Budući da su rudisti školjke duguljastih oblika odnosno "rogovi" manjih ili većih dimenzija, ovisi o načinu rezanja ploča ili kamenih elemenata, hoće li na presjeku prerezi fosilnih ostataka biti ovalni ili duguljasti. Presjeci okomito i paralelno sa slojevitošću se, zbog prostorne orijentacije fosila, osjetno razlikuju. Kod inačica kojima su proslojci siromašniji krupnim rudistima, ili pak, sadrže samo sitno kršje školjaka, to nije slučaj.

Mramori su općenito poznati kao izrazito dekorativni kamen. Njihova ljepota i sposobnost obrade poznati su iz antičke Grčke. Njihovi majstori i umjetnici stvarali su isključivo u mramoru, kojim zemlja obiluje. U području arhitekture i kiparstva mramor je zadržao taj značaj, jer ni u jednom drugom kamenu nisu ujedinjena sva ona svojstva koja ima mramor: raskošan izgled proizišao iz jednostavnosti i ljepote boje ili bogatstva i posebnosti šara, prozračnost, umjerena tvrdoća, lakoća obrade, briljantan sjaj oplemenjen kad se izglača reflektiranjem svjetlosti. Potpuno čisti mramori, bilo da su kalcitnog ili dolomitnog sastava, su izrazito sniježno bijele boje jedinstvene u svijetu kamena. Takvu bjelinu mađu stijenama posjeduju još čiste sitnozrnaste inačice gipsanih stijena koje se nazivaju alabaster\*. Mramori su često obojani u nijansama sive, zelene, plave i crvene boje. Boju dobiva od mineralnih tvari koje ga bojadišu i koje su prema tome u malim količinama korisne, dok u većim količinama postaju veoma štetne. Tako je npr. poznati grčki mramor s Pentelikona dilutne žućkaste boje od limonitske tvari koje ima u njemu u malim količinama. Limonitska tvar je ovdje korisna jer je dala mramoru prekrasnu žućkastu boju poput boje slonove kosti. Osim boje, važnost mramoru kao arhitektonsko-građevnom kamenu posebice u kiparstvu, daje struktura mramora jer ona utječe na njegovu obradivost. Kamen za kiparstvo mora biti u svojoj cijeloj masi jednoliko podatan obdjelavanju. Mramori, sitno ili krupnozrni, koji imaju ujednačenu zubičasto zrnastu strukturu najbolje se obdjelavaju, jer im je struktura sastavljena od sraslačkih lamela, koje se pod udarcima ili pritiskom lako odvajaju jedna od druge. Takav je npr. *parski mramor* (ime po otoku Paros, u Grčkoj) i neke vrste *kararskog mramora* iz Carrare u Italiji. *Parški mramor* se smatra najboljim kiparskim mramorom. Od njega su majstori kipari stare Grčke izradili najljepša umjetnička djela antike uopće. *Kararski mramor* je bijel i izrazito proziran. S obzirom na veličinu zrna, ljepotu boje

---

\* Naziv alabaster se u stručnoj literaturi javlja s različitim značenjima. Uobičajeno se pod alabasterom podrazumijeva sitnozrna inačica gipsanog kamena, koji slični na saharoidni mramor. Međutim, pod tim nazivom se podrazumijeva i poluhidrat dobiven pečenjem gipsanog kamena. Samljeven u prah koristi se u građevinarstvu. Vapneni alabaster podrazumijeva stalagmitske i stalaktitske oblike  $\text{CaCO}_3$ . Siononimi su orijentalni i egipatski alabaster pod kojim se podrazumijeva i mramorni oniks.

i čistoću razvrstava se u nekoliko vrsta. Jedna od njih *statutario*\*\* poznat je kao kiparski mramor od antike do danas. Saharoidne strukture, sniježno bijele boje koja podsjeća na porculan, *statutario* se, kao i *parski mramor*, odlikuju izrazitom refleksijom svjetlosti.

## 6.5. OPĆENITA KLASIFIKACIJA LEŽIŠTA

Temeljni zahtjevi razvijenog tržišta za neki kamen su: da je izgledom ocijenjen kao visoko vrijedan, te da zadovoljava određene kategorije po veličini i kavaliteti blokova, ali također da postoji sigurnost i stabilnost opskrbe istovrsnim tipom kamena bez ikakvih iznenađenja. Temeljem sagledavanja navedenih vrijednosti i zahtjeva tržišta ležišta arhitektonsko-građevnog kamena se rangiraju kao:

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

U rang **svjetski značajnih ležišta** mogu se svrstati ona koja su svjetskom tržištu dala osobene inačice kamena. Takvi su npr.: crni švedski dolerit (ležište Hägghult) pod nazivom *ebony black*; crveni švedski granit iz ležišta Askaremala pod nazivom *imperijal red*; norveški labradorit (ležišta kod Larvika) pod nazivom *blue pearl*; talijanski travertin (ležište Bagni di Tivoli) pod nazivom *travertino romano*; portugalski ružičasti mramor (ležišta u provinciji Evora) pod nazivom *rosa barba*; talijanski mramor iz ležišta Cervaiola pod nazivom *arabescato cervaiola* i brojni drugi.

Da bi se ležište svrstalo u ovu grupu mora zadovoljiti minimum kriterija prema točkama:

- 6.1.) 6.1.1. - 1., 2.
- 6.1.) 6.1.2. - A., B.
- 6.1.) 6.1.3. - uvjetni kriterij, ležište bilo koje grupe, a ujednačeni se izgled može tražiti za pojedine izdvojene inačice što je definirano kriterijem 5.2.
- 6.2.) - 1.
- 6.4.) - a, b.

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.

Za svrstavanje u ovu grupu ležište mora zadovoljiti minimalne kriterije prema točkama:

- 6.1.) 6.1.1. - 1., 2., 3.
- 6.1.) 6.1.2. - A. B.
- 6.1.) 6.1.3. - kao za ležišta prethodne grupe.
- 6.2.) - 1., 2. (samo za obojene monohromne i polihromne inačice iz grupe karbonatnih stijena.
- 5.4.) - a., b.

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

---

\*\* Rimljani su *kararski mramor* zvali "*marmo lunense*" po Luni (današnja Carrara) antičkom gradu, smještenom nekoliko kilometara od Sarzana, U suvremenijim klasifikacijama mramora "*marmo lunense*" se definira kao tip "*statutario*" (kiparski). Taj pojam označava uopće kamen koji se lako kleše.

Minimalni kriteriji, koje moraju zadovoljiti ležišta za svrstavanje u ovu grupu, definirani su slijedećim točkama:

- 6.1.) 6.1.1. - 1., 2., 3.
- 6.1.) 6.1.2. - A., B., C.
- 6.1.) 6.1.3. - kao za ležišta prethodnih grupa.
- 6.2.) - 1., 2.
- 6.4.) - a., b., c.

**Lokalno značajna** ležišta su ona iz kojih je kamen u sirovinskom obliku predmet trgovine u sasvim ograničenim razmjerima ili uopće nije predmet trgovine. To su uglavnom ležišta malog kapaciteta iz kojih se dobivaju blokovi malih dimenzija, kao i ležišta tombolona.

Ležišta koja ne zadovoljavaju po bilo kojoj točki grupe nacionalno značajnih ležišta svrstavaju se u ležišta lokalnog značaja.

Iz navedenih kriterija za svrstavanje ležišta po općem značaju se vidi da u nijednom slučaju nije uzet u obzir kriterij pod točkom 5.1.4. Izdašnost stijenske mase. Taj kriterij za ovo vrednovanje nije bitan jer se po svjetskom značenju mogu klasirati samo ležišta u eksploataciji, a ne tek otvorena ili ležišta u fazi istraživačkih radnji. Pri tom se polazi od pretpostavke da se ležište ne bi eksploatiralo ukoliko vrijednost izvađenih kamenih blokova koji se mogu iskoristiti ne pokriva troškove eksploatacije, tj. ukoliko nema izdašnost koja garantira ekonomski isplativu eksploataciju. Taj je element procjene značajan za fazu geoloških istraživanja. Također nisu uzeti u obzir ni uporabni kriteriji (točka 5.3.), jer za ovo rangiranje ni oni nisu mjerodavni. I kamen ograničene primjene, npr. samo za oblaganje interijera može biti svjetski poznat i tražen, kao primjerice talijanski Portoro ili portugalski Roso Barba. To su kriteriji informacije, također bitni za fazu istraživanja i posebice primjenu kamena.

## 6.6. PRAKTIČNA PRIMJENA

Osim prikazanih kriterija vrednovanja i raspoređivanja ležišta arhitektonsko-gradevnog kamena postoji cijeli niz najčešće pojednostavljenih podjela, koje se primjenjuju u različitim prilikama. Tako se npr. po hrvatskoj zakonskoj regulativi\* ležišta arhitektonsko-gradevnog kamena razvrstavaju “prema vrsti stijena, obliku pojavljivanja, veličini i oštećenosti stijenske mase, tektonskim pokretima, hidrotermalnim procesima i drugim utjecajima”, u 4 skupine. Od toga se 2 skupine odnose na ležišta sedimentnih, a 2 na ležišta magmatskih i metamorfni stijena. Nabrojani kriteriji na temelju kojih se ležišta razvrstavaju u pojedine skupine nisu detaljnije razrađeni, tako da je cijela klasifikacija prilično proizvoljna i podložna različitim tumačenjima.

U svakodnevnoj praksi se također koriste različite klasifikacije napravljene temeljem više kriterija. Tako se npr. pri klasiranju blokova najčešće ne koriste kategorije o veličini blokova prema navedenim uzancama, već pojedine tvrtke izrađuju interne kategorizacije koje se odnose na konkretne vrste kamena koje one eksploatiraju ili prerađuju, tj. koje su predmet njihove trgovine. Te kategorizacije uzimaju u obzir, osim veličine bloka, i njegovu zdravoću, a budući da se odnose na konkretne vrste kamena, djelomično i ostale kriterije.

---

\* Pravilnik o prikupljanju podataka, načinu evidentiranja i utvrđivanja rezervi mineralnih sirovina te o izradi bilance tih rezervi, N. N. 48/1992.

Jedna takva kategorizacije blokova prihvaćena od više proizvođača (kamenolomi) i prerađivača (pilane) blokova određenih vrsta kamena prikazana je u tablici 6.1. i opisom kako je navedeno u nastavku teksta.

Tablica 6.1. - Kategorizacija blokova temeljem njihovih dimenzija

Minimalna dimenzija bloka u cm	KATEGORIJA								
	I.			II.			III.		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Dužina netto	160	140	140	140	140	130	120	120	110
Širina netto	90	80	80	80	80	70	60	60	60
Visina netto	70	60	60	60	60	60	50	50	50

Pojedina kategorija se odnosi na slijedeće vrste kamena: I.a.) *veselje, adria grigio (sivac), kupinovo, dračevica, rozalit*; I.b.) *mosor*; I.c.) *dolit, jadrans zeleni, rasotica*; II.a.) *veselje, adria grigio (sivac), kupinovo, dračevica*; II.b.) *san giorgio, zečevo, oklad, rozalit, mosor*; II.c.) *dolit, jadrans zeleni, rasotica*; III.a.) *veselje, adria grigio (sivac), kupinovo, dračevica, rozalit*; III.b.) *san giorgio, zečevo, mosor, oklad*; III.c.) *dolit, jadrans zeleni, rasotica*.

Osim navedenih dimenzija svaka kategorija mora zadovoljiti i dodatne kriterije po kakvoći (zdravoći) kako slijedi:

I.a.) - Izgled bloka mora biti ujednačen i karakterističan za svoju vrstu. Na bloku ne smije biti vidljiva nijedna vena ili neka druga mana, izuzev jedne vene dužine do 20 cm, koja se proteže paralelno u pravcu piljenja. Blok mora biti pravokutnog oblika i tako oblikovan da za dobiti netto dimenzije bude dovoljno odbiti najviše 5 cm iberbase. Iskoristivost bloka mora biti najmanje 96 %.

I.b.) - Izgled bloka mora biti ujednačen i karakterističan za svoju vrstu. Na bloku ne smije biti vidljiva nijedna vena ili neka druga mana, izuzev jedne vene dužine do 30 cm, koja se proteže paralelno u pravcu piljenja. Blok mora biti pravokutnog oblika i tako oblikovan da za dobiti netto dimenzije bude dovoljno odbiti najviše 8 cm iberbase. Iskoristivost bloka mora biti najmanje 95 %.

I.c.) - Izgled bloka mora biti ujednačen. Na bloku ne smije biti vidljiva nijedna mana, izuzev dvije vene dužine do 30 cm, koje se protežu paralelno u pravcu piljenja. Blok mora biti pravokutnog oblika i tako oblikovan da za dobiti netto dimenzije bude dovoljno odbiti najviše 12 cm iberbase. Iskoristivost bloka mora biti najmanje 90 %.

II.a.) - Blok može imati 1 venu ili 2 kraće, koje se protežu u pravcu piljenja. Ujednačenost izgleda mora biti zastupljena na najmanje 80 % površine bloka. Mora biti oblikovan približno pravokutno, tako da se dobiju netto dimenzije s najviše 12 cm iberbase. Iskoristivost bloka mora biti najmanje 84 %.

II.b.) - Blok može imati 2 vidljive vene, koje se protežu u pravcu piljenja. Mora biti oblikovan približno pravokutno, tako da se dobiju netto dimenzije s najviše 12 cm iberbase. Iskoristivost bloka mora biti najmanje 80 %.

II.c.) - Na bloku mogu biti vidljive do 3 vene u pravcu piljenja. Mora biti oblikovan, tako da se dobiju netto dimenzije s najviše 15 cm iberbase. Iskoristivost bloka mora biti najmanje 70 %.

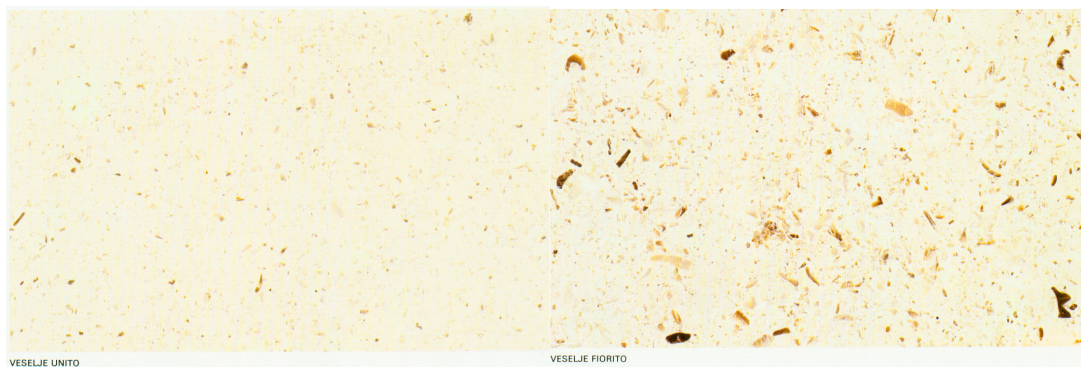
III.a.) - Blok može imati do 2 vene u pravcu piljenja i jednu zatvorenu dijagonalu. Ujednačenost izgleda mora biti zastupljena na najmanje 60 % površine bloka. Blok može biti grubo oblikovan, ali tako da se s 20 cm iberbase mogu dobiti netto mjere. Iskoristivost bloka mora biti najmanje 70 %.

III.b.) - Blok može imati do 2 vene u pravcu piljenja i jednu zatvorenu dijagonalu. Ujednačenost izgleda mora biti zastupljena na najmanje 60 % površine bloka. Blok može biti grubo oblikovan, ali tako da se s 30 cm ibernase mogu dobiti netto mjere. Iskoristivost bloka mora biti najmanje 60 %.

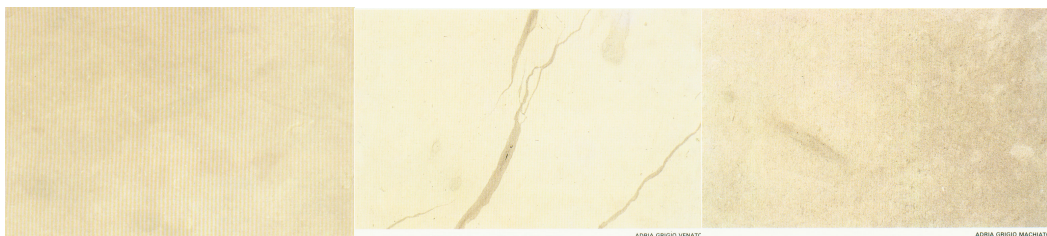
III.c.) - Blok može imati do 2 vene u pravcu piljenja i jednu zatvorenu dijagonalu ili više kraćih vena. Ujednačenost izgleda mora biti zastupljena na najmanje 50 % površine bloka. Blok može biti grubo oblikovan, ali tako da se s 30 cm ibernase mogu dobiti netto mjere. Iskoristivost bloka mora biti najmanje 50 %.

U III. se kategoriju (III.d. kategorija) uzimaju i tomboloni (blokovi odvaljene stijenske mase bez obrade), koji po kakvoći moraju biti potpuno zdravi i bez ikakvih vena.

Blok mora zadovoljiti sve kriterije po dimenzijama i kakvoći koji se odnose na pojedinu kategoriju. Ukoliko bilo koji od tih kriterija ne zadovoljava svrstava se u nižu kategoriju u kojoj zadovoljava sve kriterije.



Slika 6.1. - Bijeli brački “mramor” Veselje unito i Veselje fiorito



Slika 6.2. - Inačice kamena Sivca (Adria Grigio) - unito, venato i macchiato



Slika 6.3. Inačice kamena Zečevo - San Giorgio E i San Giorgio W