



SWEDEN



Asocijacija za ekonomski razvoj
Asocijacija za gospodarski razvitak
Асоцијација за економски развој



*«Ovaj dokument proizveden je uz finansijsku pomoć REDAH-e.
Sadržaj ovog dokumenta je izričita odgovornost Općine Jablanica
i ni pod kojim uvjetima ne može se smatrati odrazom stava REDAH-e.»*

2013

Priručnik za praktičnu nastavu

Zanimanje: Kamenoklesar



Nađa Budim, dipl. ing. građ.
Haris Kurić, ing. građ.



1. O KAMENU

Čovjekova želja da kamen oblikuje, da u njemu kleše znakove i simbole, stara je koliko i čovjek. Naši davni preci u kamenu su dubli hranilišta i pojilišta za stoku, zidali čatrnje za vodu, kopali sarkofage i skloništa. Kopanjem pašarina, dubljenjem rupa za drvene klinove čovjek je počeo brati kamen.

Ubrani blokovi oblikovani su i usitnjavani na manje komade primjenom dostupne tehnologije. Svoja unutrašnja raspoloženja, svoja religijska uvjerenja i slike božanstava čovjek je od najranijih vremena prenosio na kamen i stvarao u kamenu. O tim nastojanjima svjedoče bezbrojna nalazišta kamenih palača, svetišta i drugih kulturnih objekata jer kamen je postojan i zato nam je sačuvao mnoga svjedočanstva prošlosti, postao knjiga iz koje učimo.

Napredovanjem tehnologije i izrade alata, usavršava se i obrada kamena i razvijaju klesarstvo i kiparstvo. Današnja tehnološka dostignuća omogućavaju rezanje i obradu kamena po želji čovjeka. Bez osjećajnog pristupa kamenu, bez osluškivanja kako kamen zvoni, bez praćenja njegovih vena nema pravog klesarstva.



1.1. Prirodni kamen

Prirodni kamen je tradicionalni građevinski materijal koji se danas, kao i u prošlosti, najčešće koristi na dva osnovna načina:

- u vidu većih ili manjih komada različitog stepena obrade koji su namijenjeni za zidanje, oblaganje zidova, popločavanje, izradu gornjih slojeva kolovoza (kamena kaldrma, kocka) i sl, i
- u obliku prirodno ili vještački usitnjenog materijala rastresite strukture agregata (granulata) koji se primjenjuje za razne vrste nasipanja, za izradu zastora na željezničkim prugama, za izradu

kolovoznih konstrukcija na putevima, ulicama i aerodromima, a također i kao agregat za spravljanje različitih vrsta betona.

Hemijska, fizička, fizičko-mehanička i ostala svojstva građevinskog kamena uglavnom odgovaraju svojstvima stijenske mase od koje je taj kamen dobiven, pri čemu odlučujući uticaj na mnoge od ovih karakteristika imaju mineraloški sastav stijene i uslovi njenog formiranja.

Proučavanjem stijena bavi se nauka *petrologija*, a pod pojmom stijene u općem slučaju podrazumijeva se prirodni mineralni agregat određenog sastava, strukture i teksture koji predstavlja proizvod različitih geoloških procesa. Sve stijene su, dakle, sačinjene od određenih minerala, a minerali predstavljaju fizički i hemijski homogena tijela nastala u zemljinoj kori kao rezultat određenih hemizama i fizičkih dejstava. Najveći broj minerala je u čvrstom agregatnom stanju i odlikuje se kristalnom građom. Mada u prirodi postoji preko 2000 različitih minerala, sa aspekta građevinarstva značajan je samo jedan manji broj. To su upravo oni minerali koji su najviše zastupljeni u stijenama od kojih se dobija građevinski kamen. Jedna od najbitnijih karakteristika minerala, a to znači i kamenih materijala u širem smislu riječi je tvrdoća. Ona se definira putem Mosove skale tvrdoće.

U zavisnosti od uslova formiranja, stijene se dijele na tri osnovne genetske grupe:

- 1) magmatske stijene (eruptivne dubinske i površinske), koje su nastale tokom procesa kristalizacije prirodnog silikatnog rastopa magme;
- 2) sedimentne stvorene na površini zemljine kore na bazi produkata raspada izvjesnih stijenjskih masa
- 3) metamorfne stijene dobivene kao proizvod prekrystalizacije i prilagođavanja pojedinih stijena izmijenjenim fizičko-hemijskim uslovima

1.1.1. Magmaške stijene

Magmaške stijene čine približno 95% gornjeg dijela Zemljine kore, ali njihovo obilje skriveno je na Zemljinoj površini relativno tankim, ali raširenim slojem sedimentnih i metamorfnih stijena.



Magmatske stijene su geološki značajne jer:

- njihovi minerali i globalna hemija daju informacije o sastavu plašta, iz kojeg su neke magmatske stijene izlučene, uvjetima temperature i tlaka koji dopuštaju ovo lučenje, i/ili drugim već postojećim stijenama koje su se rastalile;
- njihova *apsolutna* starost može biti dobivena iz različitih oblika radiometrijskog datiranja i na taj način može biti uspoređena s okolnim geološkim slojevima, koje pomoću toga možemo smjestiti u određeni vremenski okvir koristeći geološke principe određivanja relativne starosti;
- njihova obilježja su obično karakteristična za specifični tektonski okoliš, što omogućuje tektonsku rekonstrukciju (vidi: tektonika ploča)
- ponekad u posebnim okolnostima oni su nosioci važnih mineralnih ležišta, npr. volframa, kositra i uranija koji su obično vezani za granite, dok su rude poput kroma i platine vezane za gabroide.
- Po načinu pojavljivanja, magmatske stijene mogu biti intruzivne (plutonske) ili efuzivne (ekstruzivne, eruptivne, vulkanske).
- **Intruzivne magmatske stijene** nastaju iz magme koja se hladi i stvrdnjava unutar Zemlje. Okružena s već postojećim stijenama, magma se polagano hladi, što rezultira u krupnozrnatosti ovih stijena. Najčešće se mineralna zrna u ovakvim stijenama mogu

razlikovati golim okom. Intruzivne stijene mogu se podijeliti s obzirom na oblik i veličinu intruzivnog tijela te njegov odnos prema ostalim formacijama u koje prodire. Tipični intruzivni oblici su batolit, štok, lakolit, sil (sklad) i dajk (kod nas se često upotrebljava i pogrešan naziv žila ili žica). Efuzivni tipovi obično se nazivaju lavama.

- Jezgre većine planinskih lanaca sastoje se od intruzivnih magmatskih stijena, obično granita. Kada su djelovanjem erozije izložene na površinu, ove jezgre (batoliti) zauzimaju golema područja Zemljine površine.
- Krupnozrnate intruzivne magmatske stijene koje nastaju duboko unutar Zemlje su abisalne, a one koje nastaju blizu površine hipabisalne.
- **Efuzivne magmatske stijene** nastaju na Zemljinoj površini kao rezultat parcijalnog taljenja stijena unutar plašta i kore.
- Taljevina koja može, ali ne mora, sadržavati raspršene kristale i mjehuriće plinova, naziva se magma. Magma se izdiže jer je manje gusta od stijena iz kojih je nastala. Kada dosegne površinu pa eruptira u vodu ili u zrak, naziva se lava. Erupcije vulkana koje se događaju ispod okeana nazivaju se submarinskim erupcijama. Crni dimnjaci na bazalti srednjeokeanskih hrptova su primjer submarinske vulkanske aktivnosti.
- Magma koja eruptira iz vulkana ponaša se suglasno svojoj viskoznosti, ograničena svojom temperaturom, sastavom i kristalnim sadržajem. Visokotemperaturna magma, većinom bazalnog sastava, ponaša se kao teška nafta. Česti su dugi, tanki bazalni tokovi s pahoehoe površinom. Magma neutralnog sastava kao što je andezitna teži stvaranju stožaca s izmiješanim pepelom, tufom i lavom te može imati viskoznost sličnu debeloj, hladnoj masi ili čak grublju kad eruptira. Kisele magme poputriolitne obično eruptiraju na niskim temperaturama i 10.000 puta su viskoznije od bazalta. Vulkani s riolitnom magmom obično eruptiraju eksplozivno, a riolitni tokovi lave su često ograničenog dosega te imaju strme krajeve, zbog visoke viskoznosti magme.
- Kisele i neutralne magme često snažno eruptiraju, s eksplozijama pokretanim oslobađanjem otopljenih plinova – obično vode a nerijetko i ugljičnog dioksida. Eksplozivno eruptiran materijal naziva se tefra, a vulkanske naslage nazivaju se piroklastične, a uključuju tuf, aglomerat i ignimbrit. Fini

vulkanski pepeo također je eruptiran i tvori naslage pepelnog tufa koje često pokrivaju ogromna područja.

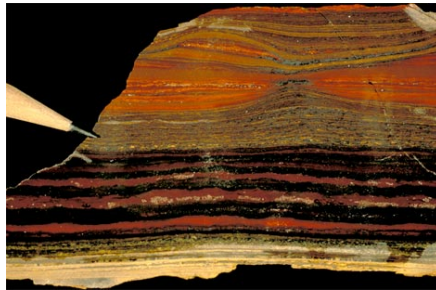
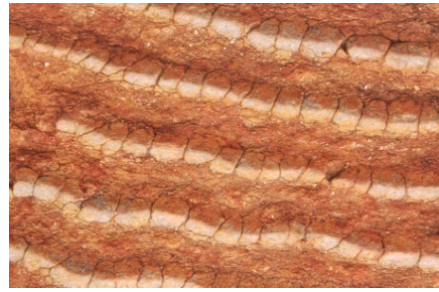
- Zato što se lava hladi i kristalizira veoma brzo, stijene nastale tim putem su sitnozrnate. Ako je hlađenje bilo toliko brzo da je spriječilo nastanak čak i malih kristala nakon erupcije, rezultirajuća stijena može biti većinom staklo (kao kod stijene opsidijana). Ako se hlađenje lave odvijalo sporo, stijena će biti krupnozrnata. Mnogo je teže međustobno razlikovati tipove efuzivnih magmatskih stijena, nego što je slučaj kod intruzivnih magmatskih stijena, jer su minerali efuzivnih stijena sitnozrnati. Općenito, mineralni sastav sitnozrnatih efuziva može se odrediti samo ispitivanjem izbrusaka stijena pod mikroskopom, a i na taj način može se izvršiti samo približna klasifikacija.

1.1.2. Sedimentne stijene

Sedimente stijene su stijene nastale taloženjem ostataka drugih stijena djelovanjem vode, leda i vjetra, taloženjem kao rezlutatom biološke aktivnosti te taloženjem iz otopine. Sedimentne stijene uključuju uobičajene stijene kao što su kreda, vapnenac i šejl. Prekrivaju 75% kopnene površine Zemlje.

Sedimentne stijene nastaju zbog preopterećenja kako se čestice sedimenta talože iz zraka, leda, vjetra ili vodenih tokova. Kako taloženje sedimenta napreduje, litostatski tlak ga pritišće u uslojenu krutinu procesom litifikacije (nastanka stijene) pri čemu se istiskuje fluid kojim je donešen. Dijageneza je naziv koji se koristi za opisivanje svih kemijskih, fizikalnih i bioloških promjena, uključujući i cementaciju, kroz koje prolazi sediment nakon taloženja kroz svoju litifikaciju, bez obzira na površinsko trošenje.

Sedimentne stijene su posložene u slojeve. Svaki novi sloj se polaže horizontalno na stariji u procesu zvanom superpozicija. Obično postoje praznine u slijedu koje se nazivaju diskordancije. One predstavljaju razdoblja u kojima nije dolazilo do taloženja ili u kojima su stariji slojevi bili izdignuti iznad nivoa mora i erodirani.



Sedimentne stijene sadrže važne podatke o historiji Zemlje. U njima su sačuvani fosili iz kojih možemo saznati o razvoju života, a koje nažalost ne možemo naći u magmatskim ili metamorfnim stijenama zato što tlakovi i temperature na kojima se formiraju uništavaju fosilne ostatke. Iz sedimentnih stijena također možemo saznati o okolišima u kojima se se taložile.

Prekrivaju veliki dio Zemljine kore, ali njihov ukupni udio je procijenjen na svega 5%, što znači da predstavljaju samo tanku glazuru preko kore koja se sastoji uglavnom od magmatskih i metamorfnih stijena.

Sedimentne stijene su podjeljene u tri grupe: klastične, hemijske i biohemijske.

Klastične sedimentne stijene građene su od diskretnih fragmenata ili klasta minerala nastalih iz drugih stijena, koji se nalaze u matriksu. Uglavnom se sastoje od kvarca s nekim uobičajenim mineralima uključujući muskovit, feldspate, amfibole, minerale glina i ponekad egzotičnije minerale iz magmatskih i metamorfnih stijena.

Mogu se razmatrati s obzirom na veličinu zrna, s šejlom kao najfinijim s česticama manjim od 0.004 mm, nešto većim siltom (od 0.004 do 0.06 mm), pješčenjacom (od 0.06 do 2 mm) te konglomeratom i brečom kao najkrupnijima sa zrnima od 2 do 256 mm. Razlika između breče i konglomerata je u tome što breča ima oštra zrna, dok

konglomerat ima zaobljena zrna što upućuje na zaključak da se sediment duže transportirao. Arenitje naziv za sedimentnu stijenu sa zrnima veličine pijeska.

Podjela klastičnih stijena je složena zbog uticaja mnogo varijabli. U obzir moraju biti uzeti veličina zrna (uključujući i prosječnu veličinu i raspon veličina zrna), sastav zrna, cement i matriks (naziv za manje čestice prisutne u prostoru između zrna).

Šejlovi, koji se većinom sastoje od minerala glina, općenito su podijeljeni na temelju sastava i načina na koji su uslojeni.

Krupnozrnate klastične stijene su podijeljene s obzirom na sastav i veličinu zrna. Ortokvarcit je vrlo čist kvarcni pješčar, arkoz je pješčar s kvarcom i velikom količinom feldspata, grauvaka je pješčenjak s kvarcom, mineralima glina, feldspatima i fragmentima metamornih stijena koji su formirani iz sedimenata nošenih turbiditnim strujama.

Sve stijene se dezintegrišu vrlo sporo zbog mehaničkog i hemijskog trošenja.

Mehaničko trošenje je razaranje stijene na manje čestice bez uzrokovanja promjena u hemijskom sastavu minerala u dotičnoj stijeni. Jedan od najvažnijih agensa mehaničkog trošenja je led. Voda ulazi u pukotine i rascjepe u stijeni, zaleđi se i širi. Sila uzrokovana ekspanzijom dovoljna je za povećanje pukotina i slamanje dijelova stijene. Zagrijavanje i hlađenje stijene također rezultira u ekspanziji i kontrakciji, što potpomaže proces. Mehaničko trošenje doprinosi daljnjem slamanju stijene povećanjem površinskog područja koje je izloženo hemijskom trošenju.

Hemijsko trošenje je usitnjavanje stijene hemijskim reakcijama. U ovom procesu minerali u stijeni su izmjenjeni u čestice koje vrlo lako mogu biti odnešene. Zrak i voda su također uključeni u mnoge kompleksne hemijske reakcije. Minerali u magmatskim stijenama mogu biti nestabilni pri normalnim atmosferskim uslovima. Vrlo često su napadnuti vodom, posebno kiselim ili alkalnim rastvorima, i svi uobičajeni minerali koji formiraju magmatske stijene (kvarc je iznimka jer je vrlo rezistentan) su na ovaj način izmjenjeni u minerale glina.

Čestice stijena dalje se transportuju agensima erozije (obično vodom, rjeđe ledom i vjetrom) na nove lokacije gdje su nanovo taloženi u slojeve, općenito na nižim nadmorskim visinama. Prilikom transporta se smanjuje veličina čestice te se sortiraju po veličini. Sedimenti donešeni potocima i rijekama tvore aluvijalne lepeze, naplavne ravnice,

delte, a mogu biti istaloženi i na jezerskom ili okeanskom dnu. Ledenjaci transportuju i talože velike količine obično nesortiranog materijala kao što je til.

Istaložene čestice na kraju se zbijaju i cementiraju, formirajući klastične sedimentne stijene. Takve stijene sadrže inertne minerale koji su otporni na mehaničko i hemijsko trošenje kao što su kvarc, cirkon, rutil i magnetit. Kvarc je jedan od mehanički i hemijski najotpornijih minerala.

Biohemijske sedimentne stijene se sastoje od materijala proizvedenih živim organizmima, pa uključuju karbonatne minerale stvorene djelovanjem organizama poput koralja, mekušaca i formanifera, koji prekrivaju okeansko dno s naslagama kalcita koji kasnije može formirati krecnjak. Ugljen je također biohemijska sedimentna stijena.

Hemijske sedimentne stijene se formiraju precipitacijom, tj. izlučivanjem iz zasićene vodene otopine, a djelimo ih na neevaporitne (karbonatne, silicijske i fosfatne) te evaporitne (gips, anhidrit i halit). Međutim, kako često ne možemo običnim petrografskim mikroskopom razlikovati biohemijske i hemijske sedimentne stijene, iz praktičnih razloga svrstavamo ih u istu kategoriju.

1.1.3. Metamorfne stijene

Metamorfna stijena je stijena koja nastaje kao rezultat transformacije već postojećeg tipa stijene, protolita ili edukta, ali u temperaturnim granicama od 180°C (po nekima 200°C), što predstavlja gornju granicu dijagenese, do početka anateksisa - parcijalnog taljenja sistema (a ta granica ovisi o sastavu protolita). Protolit je podvrgnut djelovanju topline i tlaka što uzrokuje duboke fizikalne i/ili hemijske promjene. Protolit može biti sedimentna stijena, magmatska stijena ili čak neka druga metamorfna stijena.

Metamorfne stijene čine velik dio Zemljine kore, a klasificirane su prema strukturi i teksturi te hemijskom i mineralnom sastavu. Nastaju na više načina: duboko ispod površine Zemlje pod djelovanjem visokih pritisaka i temperatura - dinamotermalnim metamorfizmom; prodiranjem magme u okolno stijensko tijelo, na njihovom kontaktu dolazi do "prženja" - kontaktni metamorfizam; te djelovanjem usmjerenog pritiska koji može biti statički ili dinamički - u slučaju dinamičkog pritiska (npr.

smicanje dvaju blokova stijena) govorimo o kataklastičkom metamorfizmu.



Proučavanjem metamornih stijena, izloženih na Zemljinoj površini zbog procesa izdizanja i djelovanja erozije, dobivaju se vrlo vrijedne informacije o temperaturama i pritiscima koji se javljaju na velikim dubinama unutar Zemljine kore.

Primjeri metamornih stijena su gnajs, slejt, mramor te škriljavci.

1.2. Vrste arhitektonsko- građevinskog kamena

1.2.1. Granit

Sastav

Kvarc (20-60%), feldspat (35-40%), biotit (3-10%), turmalin i muskovit, te apatit, cirkon i drugi kao sekundarni sastojci. Različiti feldspati tvore najveće, obično jasno vidljive kristale. Kvarc ispunja međuprostor. Meki, obično tamni biotit javlja se ili kao jednoliko raspođeljen ili akumuliran i odgovoran je za kontrast.

Izgled i boja

Graniti su izrazito zrnaste strukture, koja može biti i konzistentna i nekonzistentna. Različiti feldspati determiniraju raznolik izgled i iznad svega boje granita koje se kreću od svjetlo crvene, crvenkaste, žućkaste, bjelkaste, plavkasto-zelenkaste do sive, ali nikada nisu izrazito tamne.

Osobine

Trajnost većine granita je dobra do vrlo dobra. Zadržava dekorativnost, sjaj i nepromjenjivost izgleda i u uslovima onečišćene atmosfere urbanog okoliša. Graniti s većom apsorpcijom vode propadaju brže.

Primjena

U svijetu se danas masovno primjenjuje kao kamen za oblaganje svih površina bez ograničavanja.

Ležišta

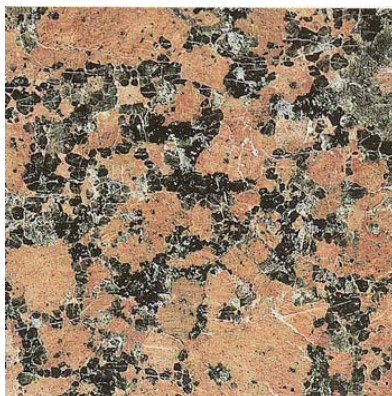
U Hercegovini je bitno rasprostranjen. Dostupni su varijeteti iz brojnih zemalja. Španija, Italija, Njemačka, Finska, Švedska, Austrija, Francuska, Brazil, Kina.



Rosa Porrino granit



Eitzing granit



Baltik Brown granit

1.2.2. Krečnjaci

Sastav

Primarno mineral kalcit; bioklasti, skeleti i ljuštore; mikrit, sitan matriks krečnjaka, litificiran krečnjački mulj; sparit - porni cement. Karbonatna zrna od kojih je sačinjen različitih su dimenzija, oblika i boja; Prema fosilnim ostacima koje sadrži imenuje se kao koraljni (po sadržaju skeleta koralja), litotamnijski (alga), rudisni (po ostatcima i ditritusu rudista) ili foraminiferski krečnjak.

Izgled i boja

Način na koji nastaju vodi ka raznolikosti struktura, tekstura i boja. Spektar se rasteže od gustih, uniformnih i nestrukturiranih krečnjaka, do krečnjaka sa jasno vidljivim fosilnim ostacima. Javljaju se u gotovo svim bojama, osim tonova zelene i plave.

Osobine

Trajnost ovisi o porozitetu i prisutnosti uklopljenih supstanca. Nepostojani su prema djelovanju atmosferilija, posebno u urbanom okolišu, gdje izbljeđuju, a glačane površine gube sjaj.

Primjena

Ovisno o otpornosti na smrzavanje, mogu biti korišteni za izradu zida od lomljenog kamena, kao pločasti obložni elementi, te (uz oprez) za popločavanja. Moguće ih je koristiti za različite unutrašnje namjene. Osjetljivost na vino i urin mora se uzeti u obzir.

Ležišta

Postoje ležišta u cijelom svijetu.



Botticiono vapnenac



Rojo Alicante vapnenac

1.2.3. Mramor

Nastanak

Mramor je metamorfni produkt sedimentnih stijena koje sadrže značajan udio kalcijevog karbonata (karbonatne kalcitne i dolomitne stijene). U toku procesa metamorfoze amorfne kalcitne molekule tvore kristale i potpuno nove vrste stijena, pri čemu fosilni ostatci, slojevitost i dekorativni elementi (vene) potpuno nestaju. Originalna boja se mijenja u bijelu s obojenim crtama (žicama) druge boje.

Sastav

Glavni konstitutivni element je kalcit (50-80%). Sekundarni elementi koji se ponekad javljaju su grafit (sivi slojevi), pirit, ilmenit.

Izgled i boja

Mramori se ističu nelinearnom, sitno do krupnozrnatom teksturom. Karakteristična je njihova kristalična struktura, zbog koje dolazi do specifičnog loma i refleksije svjetla. Pravi mramor je bijele boje, ali obično sadrži nečistoće i tragove drugih boja u vidu pruga, manjih površina, slojeva, nepravilnog uzorka tačkica i površina, ali i sjena sive boje. Svijetle ili jače zamjetne boje se ne javljaju.

Osobine

Nije dovoljno otporan na habanje. Polirane površine u eksterijeru gube sjaj, površine često postaju fino hrapave, ali boju zadržavaju duže vrijeme jer sadrže stabilne prirodne pigmente. Za obradu, a posebno za skulpture povoljniji su sitnozrnasti varijeteti. Negativna iskustva pri vanjskim oblaganjima uslijed toplinskog rada ploča.

Primjena

Popločavanja, unutrašnja oblaganja zidova, izrada stepenica i skulptura.

Ležišta

Italija, Njemačka, Makedonija, Španija, Portugal, Austrija, Grčka i druge zemlje.



Bianco Sivec mramor



Carrara mramor



Rauchkristall mramor

1.2.4. Jablanički granit

Jablanički granit imenovao je F. Tučan 1922. godine. To je intruziv gabra čiji se izdanci, s ostenjacima oštih vrhova, prostiru na površini od dvadesetak kvadratnih kilometara na obje obale Neretve, 4-5 km uzvodno od Jablanice.

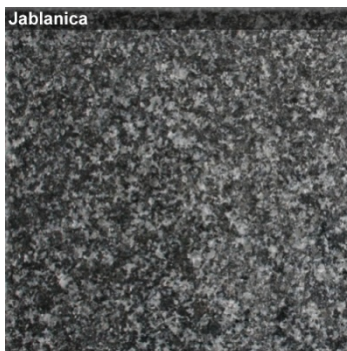
Za vrijednosti jablaničkog kamena znali su i srednjovjekovni kovači stećaka, ali su ga tek iznimno koristili, zbog problema s obradom tog, ma koliko postojanog, ali iznimno zahtjevnog materijala za obradu, o čemu svjedoče tri nedovršena stećka. (Trebalo pomenuti da je najviše stećaka izrađeno od krečnjaka. Općenito, stećci od škriljavaca, konglomerata, serpentina i gabra premašuju sve iznimke).



Urbiciran je u istraživanjima 1870. godine, ali su se tek 1920. godine potvrdili podaci o vrsnoći i količinama jablaničkog gabro-granita, dok je eksploatacija započela 1922. godine. Koncesije je dobilo desetak ljudi iz Zagreba, Mostara i Sarajeva, koji su klesare dovođili sa strane, iz Slovenije, Dalmacije, Makedonije, pa je pred Drugi svjetski rat u jablaničkim kamenolomima radilo već oko 1000 radnika. No, proizvodnja je u pravom smislu pokrenuta tek krajem prošlog stoljeća, razvojem novih tehnoloških mogućnosti obrade tvrdih stijena.

Riječ je o potencijalno najvitalnijoj hercegovačkoj industriji s obzirom na postojanost i čvrstoću, kao na ljepotu jablaničkog granita, u širokoj funkcionalnoj lepezi u enterijeru i eksterijeru.

Tamnosome je do crne boje, a može biti zelenkasto nijansiran. Površina se može obraditi ozrnjavanjem, čime može dobiti svjetlije nijanse. Poliranjem se postiže perfektan visoki crni sjaj.



Najveće svjetske reference stekao je primjenom na nizu reprezentativnih građevina u cijelom svijetu:

- zgrada Ujedinjenih naroda u New Yorku
- Akademija nauka u Moskvi
- Opera u Beču
- budimpeštanski metro
- spomenici na Avali i Jajincima u Beogradu
- trg Bana Jelačića u Zagrebu
- Ferhadija i Skenderija u Sarajevu.

U jablaničkom granitu skulpture su klesali Meštrović, Džamonja, Bogdanović, Kranjc i drugi.

1.3. Dekorativnost kamena

Arhitektonsko-građevinski kamen mora svojim mineralnim sastavom, svježinom, čvrstoćom i ponašanjem prema atmosferilijama potpuno odgovarati mjestu na kojem će biti ugrađen. S estetskog gledišta on 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. Riječ je o subjektivnom pokazatelju, ali istovremeno veoma značajnom za tržišnu vrijednost kamena, odnosno njegovu potražnju koja proizlazi iz rijetkosti boje, šara i izgleda uopće.

Dekoratívna vrijednost kamena ovisi uveliko o njegovoj boji, a njen izbor znatno ovisi o mjestu primjene kamena. Tako se, primjerice, boja crvenih granita i sijenita lijepo slaže s bojom bronzé, od koje je često saliven spomenik. Svijetlozelena, žuta crvenkasta i plavkasta boja mramornih oniksa, djeluje toplo u ukrasnim predmetima, kao što su vaze, kutije, urne i mozaici. 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 pigmentata. Međutim, boja i površinska obrada nikako ne bi smjeli biti isključivi elementi odabira kamena.

Zbog posebnosti izgleda tražen je, primjerice, naš vapnenac rasotica, poznat po obilju krupnog bjeličastog kršja rudista u smeđoj osnovi, te sposobnošću glačanja do spektakularnog sjaja. Rudistni vapnenac rasoticapetrografski determiniran kao biosparmikrit, javlja se u nekoliko inačica pretežno smeđe boje s različitim nijansama ovisno o prirodnom pigmentu, bitumenskoj tvari i asfaltu .

Na dekorativnost polirane površine kamena utiče 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 posebno ističu u tamnosmeđem matriksu.

Budući da su rudisti školjke duguljastih oblika odnosno □rogova□ 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 ujedinjene sve one osobine koja

ima mramor: raskošan izgled proizišao iz jednostavnosti i ljepote boje ili bogatstva i posebnosti šara, prozračnost, umjerena tvrdoća, lahkoća obrade, briljantan sjaj oplemenjen kad se izgluča reflektovanjem svjetlosti.

Potpuno čisti mramori, bilo da su kalcitnog ili dolomitnog sastava, su izrazito snježno bijele boje jedinstvene u svijetu kamena. Takvu bjelinu među stijenama posjeduju još čiste sitnozrnaste inačice gipsanih stijena (alabaster). Mramori su često obojeni u nijansama sive, zelene, plave i crvene boje. Boju dobiva od mineralnih tvari, koje su zbog toga 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-građevinskom kamenu, a posebno u kiparstvu, daje struktura mramora jer ona utiče na njegovu obradivost. Kamen za kiparstvo mora biti u svojoj cijeloj masi jednoliko podatan klesanju. Mramori, sitno ili krupnozrnati, koji imaju ujednačenu zubičasto-zrnastu strukturu najbolje se klešu, jer im je struktura sastavljena od sraslačkih lamela, koje se pod udarcima ili pritiskom lako odvajaju jedna od druge. Takav je npr. parski mramor (prema otoku Paros, u Grčkoj) i neke vrste kararskog mramora (iz Carrare u Italiji). Parski 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 i čistoću razvrstava se u nekoliko vrsta. Jedna od njih statutariopoznat je kao kiparski mramor od antike do danas. Saharoidne strukture, snježno bijele boje koja podsjeća na porculan, statutariose, kao i parski mramor, odlikuju izrazitom refleksijom svjetlosti.

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, koji se ne odlikuje nekim posebnim estetskim vrijednostima.

1.4. Trajnost ugrađenog kamena

Trajnost je mjerilo sposobnosti prirodnog kamena da traje i da zadrži svoje osnovne i posebne osobine izgleda, čvrstoće i otpornosti prema raspadanju.

Vrijeme kroz koje kamen može zadržati svoje urođene osobine ovisi o okolišu i mjestu ugradnje. Na postojanost kamena u prvom redu utiču procesi kojima je stijenska masa u ležištu kamena bila izložena, odnosno teksturnim i strukturnim značajkama (kamen izrazito krupnog zrna brže se troši), te poroznost (što su pore sitnije to je mogućnost širenja kapilarne vlage veća, a time i mogućnost oštećenja). Od posebnog je uticaja na trajnost ugrađenog kamena njegov mineralni sastav (i njegove moguće transformacije). Površina kamena karbonatnog sastava oštećuje se djelovanjem topljivih alkalija, a veliki uticaj na trajnost imaju i temperaturne promjene i vlaga, te djelovanje različitih agensa iz padavina ili zraka (npr. CO_2 , SO_2). Uz to, štetan uticaj mogu imati i bakterije, te lišajevi, kao i korijenje viših biljaka.

Ovisno o fizičko-mehaničkim osobinama, vremenskoj trajnosti izgleda, te trajnosti uopće definiše se mogućnost i širina primjene nekog kamena, što uključuje i moguće načine piljenja i obrade površina (brušena, polirana, klesarska obrada) pojedinih vrsta kamena. Ovaj kriterij podrazumijeva ne samo poznavanje fizičko-mehaničkih osobina kamena, već i njegovih petrografskih karakteristika. Najviše (tržišne) vrijednosti ima kamen koji tokom vremena ne mijenja svoj izgled i koji ima široke mogućnosti primjene u arhitekturi i umjetnosti.

Obzirom na kriterije upotrebe najčešća je pojednostavljena podjela na četiri kategorije:

1. Svestrana primjena u arhitekturi i umjetnosti, te nepromijenjen izgled u vanjskoj atmosferi. Odnosi se uglavnom na granite i neke druge silikatne stijene.
2. 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 svjetlijih tonova, ili obojene mramore s umjerenom dekoloracijom tokom vremena. Ovoj kategoriji pripadaju također travertini i neki vapnenci.

3. Primjena samo na vertikalnim površinama (vanjskim i unutrašnjim). Odnosi se uglavnom na mekane vapnence i tufove. U pravilu, kamen se odlikuje znatnom poroznošću.
4. Primjena samo u interijerima. Odnosi se uglavnom na obojene krečnjake koji u vanjskoj atmosferi veoma brzo dekoloriraju i degradiraju arhitektonsku vrijednost objekta (što naravno ovisi i o izabranoj površinskoj obradi).

Nepoznavanje upotrebnih 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 krečnjaka. Oni su obično bijeli ali i obojeni u svim nijansama žute i crvene, te od sive do potpuno crne boje. Dok su žute i crvene boje svih nijansi gotovo uvijek stabilne (krečnjaci i krečnjačke breče iz okoline Drniša: crveni finor, ružičasti rozalit, karneol), dotle su sive, a naročito crne boje krečnjaka manje ili više nestabilne. Značajno je da se ugljikovodici i bitumeni hemijski razgrađuju pod djelovanjem atmosferilija, oni se oksidiraju, a krečnjaci, u kojima se to događa, gube svježinu svoje boje, pa zato nisu pogodni za ugradnju na otvorenim i atmosferilijama izloženim mjestima.

Za vanjska oblaganja je nepogodan kamen s uklopcima tvrdih ili mekanijih minerala. Kod krečnjaka sastavljenih od fosilnih ostataka štetno je kad su fosili nepotpuno vezani (cementirani) ili samo djelimično ispunjeni krečnim vezivom.

2. O ZANIMANJU KAMENOKLESAR

Klesarstvo je zanimanje koje je u svim historijskim i stilskim razdobljima imalo isti cilj: snagom duha, volje i vještine, amorfnom kamenu udahnuti život. Počevši od samoukih kamenjara i klesara, postepeno su se stekli uslovi za organizovano i svestrano učenje ovog plemenitog zanata. U raznim krajevima i kulturama, ovisno o tvrdoći,

čvrstoći i njegovoj boji, kamen se obrađivao različitim načinima koji su prerasli u tradicije po načinu obrade.

Posao klesara dijelom počinje već u kamenolomima , gdje oni sudjeluju u “vađenju” kamenih blokova ili ploča i njihovoj osnovnoj obradi. Nastavak rada odvija se u pogonima ili radionicama. Lomljenjem, rezanjem, otklesivanjem, klesanjem, brušenjem, poliranjem i drugim postupcima klesari izrađuju razne građevinske oblike za fasade zgrada, stubišta, balkone, bazene, mostove itd. Ti građevinski oblici mogu biti jednostavni ili kompliciraniji: ploče (kocke, kvadrati), stubovi, podupirači, lukovi, složeniji ornamentalni dijelovi. Kamen se oblikuje prema nacrtima ili šablonama, a katkada se (kao, na primjer, slova na nadgrobnim spomenicima) i boji posebnim bojama. Osim prirodnog, u savremenim se uslovima u klesarstvu upotrebljava i umjetni kamen. Klesari se u svom poslu služe tradicionalnim, ručnim klesarskim alatima (čekići, dlijeta, visak, libela), ali, posebno u novije vrijeme, i mašinama (motorne pile, mašine za brušenje i poliranje, tokarilice i dr.).



Općenito se može reći da je posao klesara relativno raznolik, može biti više ili manje rutinski, ali i likovno kreativan, kada se klesari u nekim svojim radovima približuju kiparstvu.

Već iz kratkoga opisa poslova klesara može se zaključiti da su radni uslovi osoba koje se bave tim zanimanjem više nepovoljni nego povoljni. Klesari pretežno rade stojeći i u pognutom položaju (katkada i sjedeći, čučajući, klečeći). Posao se obavlja na otvorenom, djelimično otvorenom ili u zatvorenom prostoru, često u nepovoljnim vremenskim uslovima, prašini i buci. Klesar pri radu češće podiže i prenosi teže predmete.

Za zanimanje klesara potrebna je snažnija tjelesna građa, zdrav lokomotorni sistem, zdravi unutrašnji organi, spretnе ruke. Potreban je i smisao (talent) za lijepo i za sklad oblika. Slabija tjelesna građa, hronične bolesti unutrašnjih organa, oštećenja ruku i nogu ili kralježnice, oštećenja sluha, smetnje vida prepreke su za bavljenje ovim poslom.



Zanimanje klesara, moglo bi se reći, specifično je obrtničko zanimanje. Klesari se školuju u obrtničkim školama, a školovanje traje tri godine.

Srodno je zanimanje kamenoklesarski tehničar, a nekih zajedničkih elemenata (rad u graditeljstvu) imaju zanimanja fasadera i gipsara. Umjetnički aspekti klesarskog posla približuju klesare kiparima i drugim likovnim umjetnicima



3. POVRŠINSKA OBRADA KAMENA

Površinska obrada kamena značajno utiče na konačni vizuelni dojam, trajnost i funkcionalnost ugrađenog kamena. Ima dvije osnovne funkcije:

- isticanje prirodne strukture, neravnina, rupica u kamenu,
- promjena estetskog izgleda površine kamena.

U prvom slučaju, površinska obrada kamena se ostvaruje zahvaljujući anizotropiji, strukturnom i mineraloško-petrografskom sastavu kamena, a u drugom slučaju obrada nastaje kao rezultat djelovanja abrazivnog alata.

Neki od načina obrade kamena za *klesarstvo granit*, mramor, porfir, bazalt, dijabaz, gablo, kvarcit...

- *Obrada kamena* poliranjem: sjajna, glatka površina, dobiva zrcalni sjaj, izraženijeg intenziteta boje, a struktura kamena dolazi do punog izražaja (smanjene osjetljivosti na vlagu i hemikalije)
- Brušenjem: glatka, mat površina, slična kamenu u prirodnom obliku, a izražena je boja i struktura kamena
- *Obrada kamena*, pjeskarenje kamena: reljefna, hrapava površina (preporučuje se za čišćenje starog kamena)
- Paljenjem: neravna površina bez oštih rubova, slabiji intenzitet boje (preporučuje se za vanjsko popločavanje)
- *Obrada kamena* četkanjem: (antico) reljefna, glatka površina (preporučuje se za podove, radne površine)
- Štokano: reljefna, hrapava površina, antikni izgled (za portale i vanjska popločavanja) Štokanje (ozrnjavanje) je površinska obrada kamena zupčastim čekićem.

Brušenje i poliranje kamena je složen i težak posao. Brušenje kamenu daje staklasti sjaj i naglašava njegovu ljepotu. Nebrušeni kamen je neugledan sve dok mu se brušenjem ne naglasi struktura i boja. Brušeni kamen je puno lakše održavati. Mekševrste kamena, mramor,



se prilično brzo troše a time kamen gubi sjaj, otvaraju se pore i on u sebe upija prljavštinu. Da bi se potrošeni kamen obnovio treba ga brusiti i polirati.

Za brušenje se koriste mašine za obradu kamena, a brusi se u više faza, svaki put sve finijim brusevima sve dok se ne dobije vrlo glatka staklasta površina. Brušenje kamena se vrši uz pomoć vode, "na mokro".

Kamen može biti bunjan ručno, kalan mašinski kao i razne kombinacije spomenutih obrada kamena sa rezanim rubovima sa bridovima: oštrim, oborenim, pjeskarenim, štokovanim.

Prirodna boja obrađene površine lica kamena ovisi o načinima obrade, odnosno finoće ozrnjenosti, a od brojnih načina klesarske obrade (šiljkom, zubačom, dlijetom) najpogodnija i najzastupljenija je, pri oblaganju okućnica, "rustična" obrada šiljkom. Prirodno cijepana površina lica kamena dobije se, osim prirodnog lomljenja, i mašinskom obradom, pri kojoj se ispiljeni kameni elementi sijeku u bunju ili bunjicu. Površine lica tako sječene bunje i bunjice su rustične i odgovaraju prirodnom lomu kamena pod udarcem. Stranice bunje i bunjice su ravne, piljene tako da se cijepani elementi slažu poput plosnatih ciglica s ravnomjernom širinom reški.

Eruptivne stijene (posebno graniti) bogate kvarcom dobijaju termičkim načinom obrade veoma ugodan izgled lica kamena s ravnomjerno ravnom površinom, slično onoj koja se dobija cijepanjem. Na taj način obrađena površina u oblozi okućnica mijenja izgled prema upadu sunčevih zraka.

Postupak termičke obrade kamena zasniva se na osjetljivosti sastojaka kamena-minerala, na toplotne udare (termičke šokove). Djelovanjem mlaza plamena vrlo visoke temperature i vremenski ograničenog trajanja dolazi do širenja i odvajanja površinskih mineralnih zrna od mase kamena, odnosno do odljuskavanja tankog površinskog sloja i stvaranja manje ili više hrapave površine. Osjetljivost na termička naprezanja pokazuju naročito krupna zrna kremena i feldspata, pa je njih najlakše plicé ili dublje razoriti.

Termičkom obradom površina eruptivnih stijena poprima izgled prirodno cijepane površine sa primjetnom kristalnom strukturom, pri čemu njena hrapavost ovisi o strukturi kamena i trajanju djelovanja plamena.

Termorezač je plamenik koji radi sa smjesom kisika i kerozina i služi primarno za rezanje blokova i obrezivanje ploča. Visokotemperaturna plinska struja (2000-2300°C) izlazi iz mlaznice termorezača 2-2.5 puta većom brzinom od zvuka (2200-2500m/s) uzrokujući razaranje kamena.

Termički čekić je također plamenik koji radi sa smjesom benzina i komprimiranog zraka, a osnovna mu je namjena završna obrada kamena. Princip razaranja kamenapomoću termočekića, kao i kod termorezača, zasniva se na djelovanju visokotemperaturne plinske struje izbačene iz mlaznice nadzvučnom brzinom na obrađivanu kamenu površinu. Učinak obrade ovisi o podložnosti kamena tehničkoj obradi i dubini željene obrade, a iznosi 10-15m²/h. Kod obrađivanja i obrade manjih površina termočekić se koristi ručno, a kod industrijske obrade kamenih ploča montira se na neki poluautomatski ili automatski uređaj.

Termički postupak obrade ima široku primjenu kod obrade granita. Osim rezanja blokova kamena i površinske obrade kamenih ploča, primjenjuje se i za oblikovanje elemenata i regeneraciju površina u upotrebi. Koriste ga naročito kipari koji ručnim plamenikom mogu lagano izvesti razna zaobljenja, uz učinak od oko 5 dm³/h skinutog kamena. Površine koje su poslije duge upotrebe postale polirane i klizave, poput pločnika od granitnih ploča, trotoara, ivičnjaka i stepenica, mogu se primjenom ovog postupka obrade ponovo ohrapaviti.

Izgled ravne kamene ploče dobijene piljenjem ovisi o vrsti kamena odnosno tehnologiji piljenja koja odgovara dotičnoj vrsti. Površine tvrdog kamena silikatnog sastava s velikim udjelom kvarca, piljene gaterima sa slobodnim abrazivom, su hrapave i sadrže paralelne žljebiće. Tvrdi kamen s manjim udjelom kvarca, kao i kamen karbonatnog sastava pili se dijamantnim gaterima i dijamantnim kružnim pilama, pa se dobiva glatkija površina reza. Za oblaganje okućnica koriste se i kamene ploče koje su nakon piljenja brušene. Brušenjem se dobiva glatka površina uz eventualno veoma male radialno raspoređene ogrebotine. Površine su glatke i mat, a izražena je boja i struktura kamena

Noviji način obrade arhitektonsko-građevinskog kamena koji omogućava oponašanje antiknih kamenih površina naziva se obrada

postaravanjem (anticatura) i veoma je tražen pri oblaganju okućnica i općenito opločavanju vanjskih horizontalnih prostora.

Postupak obrade postaravanjem se izvodi u atricijskim mlinovima. U njima se uz dodatak samo vode, vode i kvarcnog pijeska ili nekog drugog abrazivnog sredstva, obrađuju komadi kamena geometrijskih oblika (okruglog, kvadratnog, pravougaonog, trougaonog), koji uslijed zaglađivanja površinskih neravnina i zaobljenja bridova poprimaju pohabani, istrošeni i "mat izgled", ali veoma blagog tonaliteta .

4. RUČNA OBRADA KAMENA

Ručna obrada kamena iziskuje dosta vještine i znanja, snage i iskustva. Stari kamenoklesari znaju reći: "Ko ne voli kamen i ko ga ne poštuje, bolje da se ne hvata bata i špice.

Klesarstvo, kao zanimanje, staro je koliko i ljudski rod. Čovjek je oduvijek težio da snagom volje, duha i umijeća hladnom kamenu udahne život.

Klesanje ili tesanje podrazumijeva da se iz veće zapremine građe – drva, kamena, mramora, gipsa – odlamanjem, odsijecanjem, ili klesanjem oblikuje manja željena forma.

Kada se za neki predmet želi reći da je lijep i skladan kaže se da je kao iz kamena isklesan. Kamen je, dakako, jedan od prvih prirodnih građevinskih materijala, a zahvaljujući trajnosti, posebno nekih vrsta kamena, možemo pratiti tisućljetni razvoj klesarstva kao graditeljskog zanimanja. Obradba – klesanje – kamena glavnina je klesarskog posla.

Kamen se oblikuje prema nacrtima ili šablonama, a katkada se (kao, na primjer, slova na nadgrobnim spomenicima) i boji posebnim bojama.

Osim prirodnog, u savremenim se uslovima u klesarstvu upotrebljava i umjetni kamen.

Klesari se u svom poslu služe tradicionalnim, ručnim klesarskim alatima (čekići, dlijeta, visak, libela) ali posebno u novije vrijeme i mašinama (motorne pile, mašine za brušenje i poliranje, tokarilice i dr.).

Mašinska obrada omogućava lakši rad, visok nivo proizvodnje i serije jednakih elemenata, ali *ručna obrada kamena* i mramora u tradiciji starih klesarskih majstora je ipak nešto drugo. Najbolja kombinacija je spoj ljudskog uma i vještine ruku. Važno je precizno mjerenje, označavanje i sigurna ruka. Samo specijalizirani majstori za ručnu obradu kamena rade sve vrste zahtjevnih tradicionalnih detalja kakve je mašinski nemoguće napraviti.

Ručna obrada kamena:

- Mjerenje, označavanje i zacrtavanje na kamenu pomoću šablona i nacрта
- Otklesavanje sa odbijanjem, grubim špicanjem, brazdanjem, finim špicanjem i štokovanjem
- Špicanje je ručna *obrada kamena* (površine) špicom i može biti grubo, srednje i fino
- Štokovanje, (ozrnjavanje) je *obrada kamena* zupčastim čekićem, do grube i fine površine i poliranje
- Zaštita kamena
- Bučarda (fina, gruba)
- Martelina (fina, gruba)
- Sve tehnike dlijeta
- Ručne obrade masiva (figure, profili)
- Bunjasta *obrada kamena* jest obrada površine kamena čekićem i dlijetom (špicom)
- Obrubljivanje kamena je rad na obradi rubnih površina kamena pomoću dlijeta



4.1. Alati za ručnu obradu kamena



Pribor i alati za obradu kamena, rezanje kamena, poliranje kamena, brušenje kamena su:

- razne vrste čekića i drvenih batova, dlijeta (šiljato, zupčasto, sa sječivom...), brusni papir, šestar, električna bušilica, brusilica, kompresor...

- probijači, odbijači, gradine, bocciarde, martelline, pick-hammeri, čekići za ručno štokanje, pneumatski pištolji, obične rašpe za kamen, dijamantne rašpe, igle, čekići za mozaik...

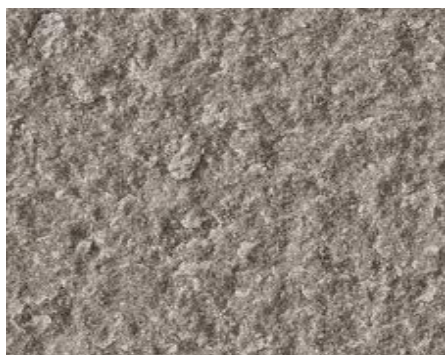
- ručna štokerica za štokanje, ozrnjavanje kamena, jednostavne je konstrukcije i male težine. Ima poligonalni sistem prihvata valjaka u kombinaciji s ergonomskom ručkom i štitnikom.

Alati za obradu kamena i pribor za kamenoklesare: boreri, dlijeta, ljepila za slova, vrhovi za pantograf, brusovi za profilnu i ravnu obradu granita i mramora.



U pribor za obradu kamena - poliranje granita, ubrajaju se razni metalni brusovi za odgovarajući kamen (bijeli kamen mekši, granit tvrdi), impregnacije za kamen, dijamantni diskovi, ljepila, zaštite za kamen, paste za poliranje kamena i slično.

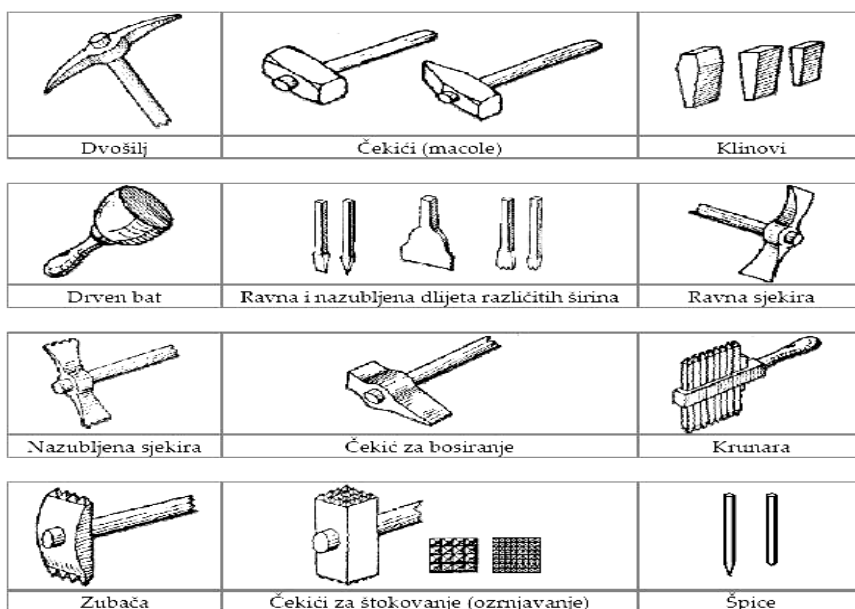
Pod obradom arhitektonsko-građevinskog kamena podrazumijeva se sveukupni radni proces obrade kamenih blokova čiji je rezultat kameni proizvod određenog oblika, dimenzija i kvalitete vanjske površine. Način obrade i potrebna oprema odabiru se ovisno o osobinama kamena te željenoj vrsti i kvaliteti gotovog proizvoda. Kamen se obrađuje mehaničkim i nemehaničkim procesima. Kod mehaničke obrade razlikuju se dva osnovna tipa: abrazivna i udarna obrada (obrada odsijecanjem). U procese nemehaničke obrade spadaju termoobrada, plameno-mlazna obrada, obrada ultrazvukom, laserska obrada i obrada strujama visoke frekvencije. Završnom obradom kamenih elemenata s vanjske površine skida se vrlo tanak sloj kamena čime se ne mijenjaju njegov oblik i dimenzije ali mu se daje potrebna dekorativnost i povećava vijek trajanja. Površinska obrada može prema zahtijevanom izgledu vanjske površine biti gruba, srednja i fina.



4.2. Udarne obrada kamena

Udarne obrada (obrada odsijecanjem) zasniva se na udarnim efektima. Obično se svi procesi i operacije udarne obrade nazivaju klesarskom obradom, a radnici na toj obradi kamenoklesarima. Obrada kamena vrši se postepenim otkidanjem (klesanjem) pojedinačnih slojeva površine kamena uzastopnim nanošenjem udaraca različitim alatima. Izuzetak je cijepanje (kalanje) blokova na ploče-poluproizvod.

Kameni blokovi se prilikom udarne obrade najprije cijepaju na ploče različitih dimenzija, koje se potom izravnavaju i oblikuju. Konačan oblik i dimenzije kamena ploče mogu dobiti obradom različitim ručnim alatima ili mašinski.



Za mašinsko oblikovanje kamenih elemenata ili površina lomljenjem upotrebljavaju se različite hidraulične sjekačice. Pojedini modeli sjekačica razlikuju se po dužinama odloma (broju i dužinidlijeta), načinu podešavanja dlijeta prema površini ploče, maksimalnoj visini lomljenog elementa, te po sili kojom djeluje na proizvod (uglavnom od 300 do 6000 kN). Završni izgled površine ovisi o upotrebljavanom alatu i načinu obrade. Ona može biti prirodno lomljena, obrađena šiljkom (rustična), zubačom, krunastim čekićem, dlijetom ili drugim alatima. Alati koji se koriste za ručno oblikovanje kamena prikazani su na slici

gore. Ovim alatima izvodi se i završna obrada kada se želi dobiti prirodno lomljen izgled površine. Moguće je postići razne efekte kombinacijama pojedinih načina obrade, alata i stepena obrade (grubo, srednje i fino obrađena površina).



Završna udarna obrada izvodi se postepenim ozrnjavanjem ili izravnavanjem površine različitim alatima. Različiti stepen obrade postiže se primjenom zubača i čekića za štokovanje različitog broja i veličine zubaca, varijacijama razmaka, uglova, smjerova ili jačine udaraca špicama i dlijetima. Čelične špice mogu biti okruglog ili uglastog presjeka. Kraj im je zaoštren pod uglom od 70° za obradu tvrdog kamena i 20° za obradu kamena srednje tvrdoće. Površinu je potrebno u potpunosti obraditi, bez obzira klesa li se grubo, nejednolikim uglovima i dubinama zasijecanja ili fino. Kod finog špicanja površina se obrađuje pravilnim udarcima, tako da na završnoj površini ne ostanu pravilne brazde ili dublji zasjeci. Moguć je čitav spektar površinskih obrada korištenjem dlijeta različite širine (80-150 mm). Dlijeta mogu biti ravna i nazubljena.



Dlijeta i špice obično se drže pod uglom od 45° u odnosu na površinu. Ovisno o razmaku udaraca postiže se gruba do fine obrada površine. Zupčan izgled površine postiže se dlijetima koja imaju ravan kraj širine 20-50 mm, obično s 3-5 zubaca. Moguć je širok raspon završnih obrada mijenjanjem smjerova klesanja dlijetom (pravilan, zaobljen, ukršten). Pravolinijskim klesanjem nazubljenim dlijetom postiže se brazdan izgled površine.



Dodatni efekti mogu se postići višestrukom obradom brazda. Čekićem za štokovanje dobije se grubo-zrnata, plosnata površina. Razmak piramidalnih zubaca čekića glave dimenzija 50×50 mm varira od 4 do 15 mm. Glava uglavnom ima 4×4 zupca za grube obrade i 7×7 zubaca za finije obrade. Fino štokovanje izvodi se čekićima na čijim je glavama 12×12 zubaca razmaka 4-5 mm. Ovim alatom dobije se zrnata, pljosnata i pravilna površina.

Dakle, obrada kamena udarnim postupkom vrši se ručno udarom radnog alata na površinu koja se obrađuje. Kod udarne obrade kamena može se izdvojiti nekoliko tehnika površinske obrade:

- špicovanje
- štokovanje
- brazdanje
- piokovanje
- bosiranje

Obrada špicovanjem spada u davno primjenjivane postupke obrade ručnim alatom špicom i čekićem. Položaj špica, mekoća obrade u toku rada, određuje kvalitet i ujednačenost obrađene površine. Ova tehnika se sve više izvodi mašinski.

Obrada brazdanjemse, prije svega, vrši u mekim stijenskim materijalima, kao što su mehki krečnjaci, bigar, pješčari i tufovi. Vrši se isključivo mašinskim putem sa radnim profilisanim alatima.

Štokovanje ili ozrnjavanje je postupak završne obrade kamena koji se uspješno provodi i ručno i mašinski. Nekada se štokovanje radilo isključivo ručno i bilo je dominantan postupak u završnoj obradi kamena, dok se danas izvodi isključivo mašinski, posebno kada su u pitanju veće površine. Postupak štokovanja se provodi nazubljenim čekićem (ručno) ili nazubljenim radnim organom (mašinska obrada). Radnim organom se kontrolisanim udarom o ploču i postepenim pomjeranjem otkidaju komadići kamena u oblik zrnastih komadića stijene. Karakteristična su dva tipa štokovanja:

- fino štokovanje- radni alat je sa 16- 20 zuba na 23 cm² površine čekića
- grubo štokovanje- radni alat je sa 4- 8 zuba na 23 cm².

Ručnim štokovanjem se obrađuju manje površine zbog vrlo malih učinaka (0,25- 0,5 m²/h), dok su učinci mašinskih štokovnica 10- 20 m²/h.

Štokovanje je udarni postupak koji dosta oštećuje površine koje se obrađuju. Naime, efekti štokovanja se ne postižu jednim udarcem. Većim brojem udaraca velikom nazubljenom površinom čekića dolazi do nagnječenja i oštećenja većeg broja minerala i površinski i dubinski. Praktično, proces raspadanja površinskog dijela počinje u momentu obrade kamena, posebno kod magmatskih stijena, ne preporučuje se kao udarni postupak. Zbog toga se štokovanje sve manje primjenjuje.

Pored štokovanja, istim postupkom, istom tehnikom rada, ali radnim organima sa jednim zubom, ostvaruje se veoma gruba površinska obrada i to: bosiranje i pikovanje.

Danas se udarna obrada kamenih elemenata za građevinarstvo uglavnom obavlja mašinski, pneumatskim ručnim čekićima i stacionarnom ili prenosivom mašinom-zubačom. Radni organi ručnog pneumatskog čekića također su špice, dlijeta, zubače ili brazdače različitih radnih površina. Zubače se razlikuju po broju i rasporedu zubaca, odnosno razmaku između osi zubaca. Gruba obrađena površina s neravninama 3 do 5 mm postiže se zubačama sa do devet zubaca. Zubačama sa 16 do 36 zubaca dobije se srednje fina završna obrada s neravninama od 2 do 3 mm. Fina obrada, pri kojoj maksimalne neravnine iznose 2 mm postiže se zubačama sa 64 zupca. Poslije takve obrade površina se može još finije obraditi plastičnim zubačama.

Osim ručnih pneumatskih čekića za završnu obradu kamena upotrebljavaju se različiti tipovi mašina na koje je montiran pneumatski udarni čekić. Izvode se kao stacionarni (konzolni ili mosni) ili prijenosni (za obradu već ugrađenih kamenih elemenata).

Za reljefnu obradu površine kamena upotrebljavaju se mali ručni pneumatski čekići s alatima različitih oblika i površina.

Kod pneumatskih čekića i dlijeta udarne pokrete ne uzrokuje samo zrak pod pritiskom, nego i pneumatski, mehanički pokretan klipni udarni uređaj. Taj alat s različitim dlijetima ima najširi spektar upotrebe i ne smije nedostajati ni u jednoj radionici. Pomoću njega možemo obrađivati sve vrste zidova, betona, kamena, opeka, čelika i legure lakih metala. Naravno, potrebno je upotrijebiti odgovarajuće dlijeto, što ovisi o materijalu koji želite obraditi. Za udubine u zidovima upotrebljava se uobičajeno pljosnato dlijeto, a za probijanje dugačko šiljasto dlijeto. Odličnim su se pokazala posebno oblikovana dlijeta za sječenje, za izrezivanje. Pomoću primjenjenih dlijeta može se izvesti i kvalitetno zakivanje. Rubljenje odgovarajućim šiljcima može se odlično obaviti malim dlijetastim čekićima jer se s lakoćom može prilagoditi broj i snaga udaraca. Kod svih je ovih radova potrebno paziti na to da alati uvijek budu dobro nabrušeni. Bušilice i dlijetasti čekići izrađuju se u mnogo verzija pa među njima nalazimo i one namijenjene najtežim rušenjima. Takve udarne čekiće ne pokreće lamelni, nego oscilirajući linearni motor koji alat dovodi do udarnog kretanja.



Bušilice na pneumatski pogon, za razliku od električnih, odlikuju se znatno manjom veličinom i nižom težinom na jednakoj snazi. Uobičajen je oblik, oblik pištolja. Upravljanjem ručicom na dršku na siguran način ovladavamo snagom okretnog momenta u obrnutom smjeru. Za posebne namjene kod malih promjera svrdala i posebno u stiješnjanim radnim uslovima koriste se ravne bušilice. Područje snage kod pneumatskih bušilica obično je 200 do 700 W, a broj okretaja između 400 in 6000 okretaja u minuti. Kutne glave za bušenje i rezači navoja kao dodatna oprema sistema proširuju područja upotrebe.

Pneumatske bušilice u većini su slučajeva pokretane lamelnim motorom. On se sastoji od cilindričnog, u komore podijeljenog kućišta u

kojemu su pričvršćeni rotori. Kroz ulaznu rupu dotiče zrak pod pritiskom koji pritišće komore i uzrokuje vrtnju rotora. Sistem uslovljava da pneumatski motor ima uvijek povoljan okretni moment s obzirom na različite upotrebe. Rastućim opterećenjem i padajućim brojem okretaja okretni se moment povećava (snaga koja je na raspolaganju) do maksimuma u slučaju zastoja. U praksi to znači da upotrebna snaga uređaja raste s rastućim otporom. Tu prednost posebno iskorištavamo kod izvijača. Osim dobre prilagodljivosti i za mnoge poslove idealnog načina rada lamelnog motora, pneumatska bušilica ima još jednu prednost. Nije osjetljiva na vanjske uticaje poput prašine i vlage.

Pneumatske brusilice odlikuju se vrlo velikom robusnošću i visokom snagom i na najmanjim veličinama. Pneumatski motori postižu ekstremno visok broj okretaja, što električni alati realizuju samo putem mjenjača. Kao i kod svih pneumatskih alata, i kod brušenja postoji mogućnost blokiranja bez uzrokovanja štete; to je također važan sigurnosni aspekt.

Pneumatske brusilice dijele se u dvije glavne grupe:

- Kod ravnih su brusilica motor i brusno vreteno raspoređeni na jednoj osi. Kućište motora istovremeno služi i kao držač za jednoručnu upotrebu. Ravne brusilice mogu postići jako velik broj okretaja, do oko 85 000 okretaja na minutu, a njihova mala veličina omogućava složene radove u finoj mehanici i sastavljanju namještaja. Ravne brusilice obično su opremljene rotirajućim pilama, sjekačima, a svi ih poznajemo iz stomatološke ordinacije.
- Kod vertikalnih su brusilica srednja ručica i ručica pištolja postavljene pravougaono na kućište brusilice. Snažni modeli imaju dvije ručice što omogućuje sigurno ovladavanje i kod vrlo visokih okretnih momenata u obrnutom pravcu. Raspon je snage od 400 do 3500 W. Ove su pneumatske brusilice po građi i obliku slične električnima, ali se, za razliku od njih, mogu upotrebljavati i za mokro brušenje. Zato su pneumatske brusilice posebno primjerene za popravke i pripreme za lakiranje karoserija te za grubo brušenje i međubrušenje velikih, ravnih ili blago izbočenih površina. Proizvodi priznatih proizvođača povezuju maksimalnu snagu s komfornom i po zdravlje neopasnom upotrebom. To osigurava smanjeno vibriranje postignuto posebno dobro

centriranim dijelovima, malom težinom i učinkovitim usisavanjem koje do kraja odstranjuje prašinu od brušenja.



4.3. Ručno brušenje i poliranje kamena

Brušenje i poliranje kamena je vrlo složena i mukotrpa procedura, a svrha brušenja je davanje kamenu staklastog sjaja ali i naglašavanje ljepote kamena. Brušenje kamena uvijek prethodi poliranju. Najprije se koriste grublji, a zatim sve finiji brusevi. Poliranje je proces kojim se filcom na kojem je nanešena pasta ili prašak za poliranje pritiskom na proizvod stvara temperatura. Tim postupkom dobija se staklasti sjaj.

Nebrušen sirovi kamen prilično je neugledan i teško ga je raspoznavati sve dok mu se brušenjem ne naglasi struktura i boja. Brušeni kamen je puno lakše održavati. Nažalost, mekše vrste kamena (npr. mramori) se prilično brzo troše a time kamen gubi sjaj, otvaraju se pore i on u sebe upija prljavštinu. Da bi se potrošeni kamen vratio u prvobitno stanje treba ga brusiti i polirati. Brušenje kamena se vrši na mokro tako da po podu ima dosta kamenog mulja. On se tokom rada odstranjuje usisivačima.

Ploče krečnjaka koje se ugrađuju u okućnice i općenito eksterijere obično se ne bruse i poliraju. Već nakon približno godinu dana, uslijed djelovanja atmosferilija, politura nestaje. Krečnjaci veoma

brzo dekoloriraju uslijed djelovanja atmosferilija. Oni su obično bijeli, ali i obojeni 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 krečnjaci stabilne boje, dotle su sive, a naročito crne boje krečnjaka manje ili više nestabilne. Sivi i crni litiotski krečnjaci su obojeni od ugljikovodika i bituminoznih supstanci organskog porijekla. Značajno je da se ugljikovodici i bitumeni hemijski razgrađuju pod djelovanjem atmosferilija, oni se oksidiraju, a krečnjaci, u kojima se to događa, gube svježinu svoje boje, pa zato nisu pogodni za ugradnju na otvorenim i atmosferilijama izloženim mjestima. Postaju bljeđi, svijetlosivi, čak od mjesta do mjestimice i sivkasto bijeli. Takav kamen nije pogodan za bilo kakva oblaganja na otvorenim i atmosferilijama izloženim mjestima. Vidljive plohe kamenih ploča ili elemenata obrađenih udarnim (klesarskim) načinom poprimaju različiti izgled ovisno o tom je li kamen obrađen prirodnim lomljenjem ili različitim klesarskim alatima, te je li površina lica kamena obrađena grubo, srednje ili fino.



Osnova ručnog brušenja je što jednoličnije prelaženje brusnim sredstvom po površini obratka, kako bi se dobila ujednačena površina. Osnovni alat za ručno brušenje je papirnata ili platnena traka na kojoj su nalijepljena brusna zrnca. Osim brusnih traka, brusna zrnca se mogu koristiti na više načina: kao brusna ploča, kao brusni kameni (zrnca sortirana i povezana potrebnim vezivom) i u obliku samih brusnih zrnaca koja se nasipaju na mjesto obrade. Oblici papirnatih ili platnenih traka su: brusni papir u roli, brusni papir u listovima, brusni papir u

trakama, okrugli brusni papiri (fiber diskovi), brusni papir specijalnih oblika (npr. delta brusni papir), brusni papiri u lamelnim pločama. Kako je osobina brušenja velika brzina rezanja, a nju je teško ručno ostvariti, kod ručnog brušenja često se koriste ručni alati s pogonom (bilo električnim, akumulatorskim ili pneumatskim pogonom).

Ručni alat za brušenje brusnim papirom je ručna brusilica ili alat s električnim pogonom – vibracijska (oscilatorska) brusilica. Osovinarotoraelektromotora je spojena na ekscentar u radnoj ploči brusilice i time omogućuje brzo titranje radne ploče, na kojoj je učvršćen brusni papir. Ručna električna brusilica s trakom ima dva valjka preko kojih je zategnuta brusna traka. Jedan valjak je pogonski (spojen je s elektromotorom), dok drugi služi za pravilno napinjanje i zatezanje trake. Rotacijske ručne brusilice mogu imati električni ili pneumatski pogon. Brusni papir se učvršćuje vijkom ili se nalijepi na rotacionu ploču „čičkom“. Rotacijska ploča osim kružnog glavnog gibanja može imati i translacijska gibanja (vibrira). Multi brusilice su za brušenje u uglovima i na nepristupačnim mjestima. Kod ovih ručnih brusilica, gibanje alata je vibracija ili oscilacija.

Osim jednostavnih brusnih papira i traka, za brušenje se koriste i različite lamelne brusne ploče. To su brusevi sastavljeni od niza brusnih papira ili brusnih tkanina, posloženih u niz, radialno ili aksijalno za finija brušenja. Koriste se na rotacijskim brusilicama.

Brusne trake se dijele prema finoći brusnih zrnaca.(mjerilo za veličinu zrnaca). Ona se bira prema kvaliteti površine koju želimo postići. Krupnoća se određuje prema broju rupica na situ.

Sve brusne ploče se u osnovi sastoje od dva materijala: zrnca za brušenje i vezivnog materijala. Sredstva za brušenje (zrnca) mogu biti od prirodnih ili umjetnih materijala. Materijali za brušenje moraju imati dovoljnu žilavost i tvrdoću, kako bi oštrice zrnaca bile upotrebljive kao rezni alati i ujedno otporne protiv čestog loma prilikom obrade. Prirodna sredstva za brušenje mogu biti: prirodni korund, šmirak, kvarc, dijamant. Umjetna sredstva za brušenje mogu biti: karborund, elektrokorund, borov karbid, borov nitrid.

4.4. Mjerni pribor

Mjerni instrument služi za neposredno mjerenje fizikalnih mjerenih veličina. Oni u postupku određivanja vrijednosti mjerene veličine zamjenjuju čovjekova čula. Neposredni postupak mjerenja je kada mjernu vrijednost dobijemo neposrednom uporedbom mjerene veličine s primjerenom vrijednošću iste veličine. To su i postupci bez dodatnog proračuna vrijednosti, primjerice iz odklona mjernog instrumenta. Posredni mjerni postupak je kada je vrijednost mjerene veličine određena vrijednošću druge fizikalne veličine, korištenjem njihovih međusobnih fizikalnih zavisnosti.

Mjerenje je upoređivanje stvarne mjere s mjernom jedinicom na mjernom instrumentu. Mjerenjem se dobije brojčani iznos stvarne mjere. Obzirom na tačnost izrade mjernih instrumenata, moguće su greške mjerenja. Najčešći uzroci su:

- neprikladno mjerilo u pogledu tačnosti mjerenja
- istrošen mjerni instrument, pa je potrebno umjeravanje (baždarenje), popravak ili zamjena
- uticaj topline; poželjna je ista temperatura mjernog instrumenta i proizvoda
- uticaj vlage i prašine, te se dešavaju povećane mjere
- uticaj vibracija; treba odvojiti prostoriju za precizna mjerenja
- nedovoljno iskustvo, recimo koso postavljanje, krivo očitavanje, prejak pritisak, masnoća.

5. UPOTREBA KAMENA U GRAĐEVINARSTVU I ARHITEKTURI

Upotreba kamena obilježila je početak i razvoj ljudskog društva. Smatra se da čovječanstvo počinje svoj vijek pojavom oruđa. Do prvog velikog pomaka dolazi kada je usavršeno tesanje kremenja. Zatim, kada je otkrivena zemljoradnja, čovjek počinje da koristi, težeći da se što bolje zaštiti u svom boravištu, pored drvene građe i gline, i kamen. Od tada upotreba kamena u građevinarstvu ne prestaje. Iako su ga beton i armirani beton u velikoj meri zamijenili, još uvek kod mnogih naroda on ostaje simbol gradnje.

Građevinski kamen se dobija iz stijenske mase primjenom različitih postupaka. Eksploatacija kamena vrši se u kamenolomima - majdanima korištenjem specifičnih rudarskih metoda. Pri eksploataciji kamena najčešće se prvo miniranjem odlamaju krupni komadi stijena, a zatim se ovi komadi režu, cijepaju, lome ili melju sitnije komade u zavisnosti od namjene. Ako se zahtijeva kamen bez pukotina onda se isključuje miniranje i eksploatacija se vrši rezanjem ili cijepanjem pomoću klinova.

Obrada kamena može biti vrlo raznovrsna i sastoji se od:

- usitnjavanja komada stijena
- usitnjavanja komada stijena uz istovremenu posebnu obradu pojedinih površina

Kamenolomi u kojima se vrši eksploatacija kamena mogu biti privremeni ili stalni. Privremeni majdani se otvaraju radi dobijanja materijala kada se grade velike brana, pruge, putevi, veći kompleksi zgrada i sl. Oni treba da su blizu objektu koji se gradi. Stalni kamenolomi jesu oni kod kojih postoje velike rezerve kvalitetnog kamena, što omogućava dugogodišnju eksploataciju i mogućnost primjene mehanizovanog načina vađenja kamena.

U zavisnosti od oblasti primjene, kamen se dijeli na dvije osnovne grupe:

1. tehnički kamen
2. arhitektonski kamen

5.1. Tehnički kamen

Pod tehničkim kamenom podrazumijeva se kamen koji se upotrebljava kao konstruktivni materijal u neobrađenom ili obrađenom stanju, ili kao agregat u građevinarstvu.

Prema stepenu obrade tehnički kamen može se podijeliti na:

1. neoblikovan kamen
2. oblikovan kamen

Pod neoblikovanim kamenom podrazumijeva se kamen koji se dobija razbijanjem čvrstih stijena na komade različitog nepravilnog oblika i različite krupnoće. U ovu grupu spadaju:

- lomljeni kamen
- drobljeni kamen
- mljeveni kamen

Lomljeni kamen se najčešće koristi kao kamen za zidanje, i može biti:

- običan kamen
- pločast kamen
- dotjeran kamen

Drobljeni kamen dobija se od običnog lomljenog kamena koji se drobi u različitim drobilicama. Mljeveni kamen se dobija daljim usitnjavanjem drobljenog kamena u naročitim mlinovima do čestica veličine maksimalno 15mm. To je kamena sitnež ili kameno brašno. Poslije drobljenja i mljevenja dobijeni materijal se prosijava i izdvaja po krupnoći zrna. Tako se dobijaju: tucanik, split, grus, pijesak, griz, brašno i filer.

Pod oblikovanim (obrađenim) kamenom podrazumijeva se kamen koji se dobija cijepanjem ili sječenjem čvrstih stijena na komade pravilnog oblika. Zavisno od namjene, kamen se obrađuje: tesanjem, glačanjem, brušenjem, poliranjem, štokovanjem i sl. Dijeli se na:

- Polutesan kamen - kamen koji je dljetom i čekićem dotjeran u približno paralelopipedan ili neki drugi pravilan geometrijski oblik ravnih naležnih i dodirnih površine, minimum 20cm širine. Upotrebljava se za razne konstrukcije koje treba da prime veća opterećenja tj. za izradu obloga mostova, tunela, kanala itd.
- Tesan (cijepan) kamen ili tesanik - potpuno pravilno oblikovan paralelopiped ručnim ili mašinskim alatom, tesanjem ili rezanjem, sve ivice su mu prave, oštre i normalne jedna na drugu, a površine potpuno ravne. U pojedinim slučajevima lice ovog kamena može biti specijalno obrađeno u dekorativne svrhe. U grupu tesanog kamena spadaju: krupne kocke, sitne kocke, kocke za mozaike, prizme, ivičnjaci i ploče za trotoare. Ovi proizvodi koriste se za popločavanje kolovoza, trotoara, industrijskih hala itd. Od stijena od kojih su isječeni, zahtijeva se

da imaju veliku otpornost na habanje, zadovoljavajuću otpornost na udar (naročito na mjestu ivica), veliku postojanost na dejstvo mraza i atmosferilija

- Naročito obrađen kamen - upotrebljava se za izradu dekorativnih elemenata kao što su: stepeništa, ograde, specijalne vrste fasada, svodova i kupola itd. Obrada ovog kamena vrši se ozrnjavljenjem, glačanjem i poliranjem i spada u domen kamenorezaca, pa čak i vajara. Naročito obrađen kamen radi se od čvrstog, žilavog, jedrog i sitnozrnog kamena, a najčešće od mermera.

5.2. Arhitektonski kamen

Pod arhitektonskim (ukrasnim) kamenom podrazumijeva se kamen koji u građevinskim konstrukcijama ima dekorativnu i zaštitnu ulogu. Koristi se u obliku ploča za oblaganje fasada i unutrašnjih površina zidova i za izradu stepeništa i podova. Dijeli se na:

- kamen za vanjsku primjenu
- kamen za unutrašnju primjenu.

Za vanjsku upotrebu koriste se sve vrste kamena koje su postojane na uticaje atmosferilija, dok se za ukrasni kamen za unutrašnju primjenu zahtijeva samo dobra vizuelna karakteristika. Kada se ukrasni kamen koristi za izradu stepeništa i podova, mora imati dobru otpornost na habanje. Kod primjene ukrasnog kamena razvijena je posebna klasifikacija čvrstih stijena, tzv. *komercijalna ili trgovačka klasifikacija*, koja sve kamene materijale razvrstava u 4 grupe:

- mermeri
- graniti
- travertini
- kamen

Ova klasifikacija izvršena je na osnovu sposobnosti kamena za glačanje, tvrdoće, minerala i teksture.

Za mostove se koristi kamen koji je postojan u vodi i na mrazu, bez naprslina i pora. Kamen korišten u hidrogradnji ima stalni ili povremeni kontakt sa vodom (akumulacije, utvrde obala, gatovi, regulacija bujica), te mora biti svjež i dobrog kvaliteta. Koriste se svjež

magmatske stijene, gnajsevi neizražene škrljavosti, masivni amfiboliti, krečnjaci i mermeri, jedri pješčari itd.

Kod izrade saobraćajnica, puteva i željeznica, kao i kod izrade nasutih brana od kamena, kameni materijal treba da je jedar, dobre čvrstoće, kompaktne građe, elastičan postojan na habanje i otporan na dejstvo mraza. Takvi su krečnjaci, dolomiti, efuzivi, granitoidi, mermeri, amfiboliti, šljunak, pijesak. Za željezničke pruge se koriste uglavnom dijabaz i amfibolit dok je krečnjak mnogo manje poželjan.

U visokogradnji se koriste razne vrste kamena. U zavisnosti od uslova koje treba zadovoljiti, odnosno od mjesta primjene na objektu primjenjuje se određena vrsta kamena. Kamen za zidanje i dekoraciju zgrada treba da je otporan na uticaj atmosferalija, na dejstvo mraza, na agresivne uticaje, kao i da ima potrebnu čvrstoću pri pritisku.

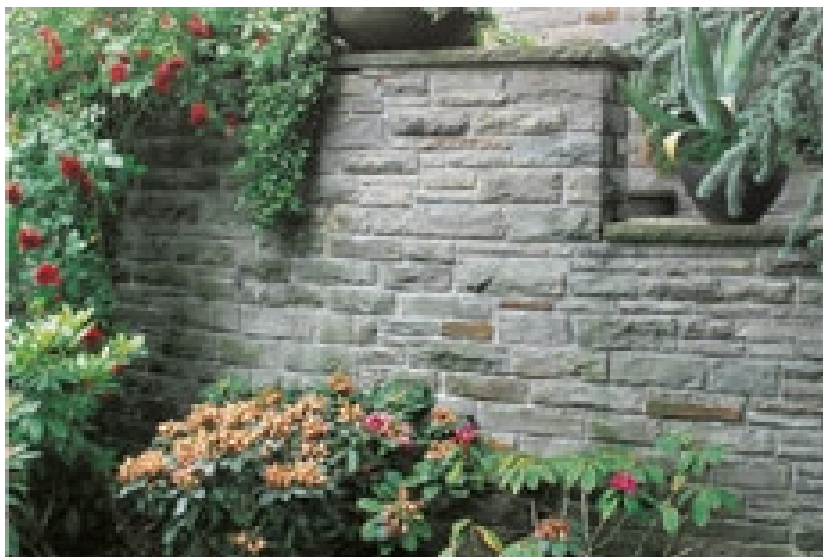
Tehnički kamen za zidanje iznad površine terena može se koristiti od pješčara, krečnjaka, tufova i sl. Kamen kojim se zidaju temeljni zidovi mora biti kompaktan. Za tu namjenu može se koristiti: granit, sijenit, diorit, gabro, bazalt, kvarcit itd.

Stepeništa se mogu raditi od: granita, diorita, porfira, pješčara, mermera itd. Kao dekorativan kamen koristi se: granit, sijenit, diorit, mermer, travertin i dr. U enterijeru se mogu koristiti: mermeri, serpentin, alabaster, breče, konglomerati, tufovi i dr. Kamen za popločavanje enterijera može biti krečnjak, mermer, pješčar i dr.

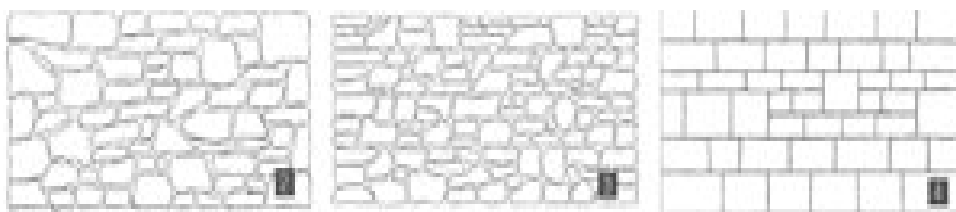
Za pločnike i gradske trgove treba da je otporan na habanje, postojan na mrazu, da ima odgovarajuću čvrstoću, te se mogu koristiti: granit, gabro, sijenit, pješčar i dr.

5.3. Zidovi od prirodnog kamena

Zidovi od prirodnog kamena grade se već hiljadama godina. Bilo kao utvrda, nasip, granica, zaštita od prirodnih nepogoda ili možda sasvim slučajno nastajale su jednostavne i složenije građevine. Većina kamenih nakupina nastajala je uz krajeve polja, kada je seljak prilikom oranja svoje njive skupljao kamenje različitih oblika te ih oblikovao u malene zidove. Oni su se kasnijom nadogradnjom pretvarali u granice posjeda, ograničenja prolaza ili jednostavno prepreke.



5.3.1. Zidovi od lomljenog kamena

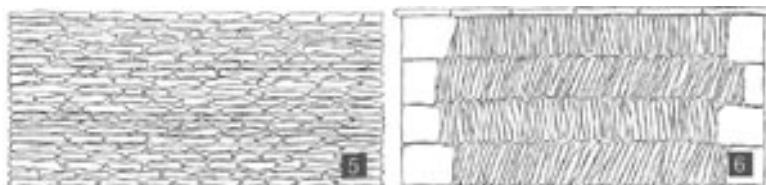


Slika 1: Kod sastavljanja nepravilnog zida od lomljenog kamena spretnim će dodavanjem različitih oblika nastati vrlo zanimljive fuge i metež oblika. Na uglovima i krajnjim dijelovima zida od prirodnog kamena postavljaju se gotovo pravougaoni kameni blokovi. Između njih naizgled vlada pravi kaos, pri kojem se ipak treba držati pravila da glatki i plosnati primjerci budu na površini zida. Fuge zbog stabilnosti zida moraju biti štotanje, dok se križne fuge i okomite promjene obvezno izbjegavaju. Redovi se postavljaju bar u približno vodoravan položaj, isto vrijedi i za završni red.

Slika 2: Razlika između ovog i prije opisanog zida u tome je što se kod ovog već jasnije raspoznaju vodoravni redovi, tako da prilikom gradnje valja provjeravati položaj svakog drugog ili trećeg reda. Krajnji dijelovi ili uglovi također su pravilni, srednji je dio pravilnijeg izgleda. U

donjem su dijelu zida veći i deblji kameni komadi, dok su manji bliže vrhu.

Slika 3: Kod ovog je zida kamenje lomljenjem oblikovano gotovo do pravougaonog oblika. Prirodno kamenje različitih veličina nizano je red po red prema veličini te gotovo predstavlja slojevit zid. Gradnja takvim pravougaonim komadima brža je od one nepravilnim, ali su i troškovi materijala znatno viši.

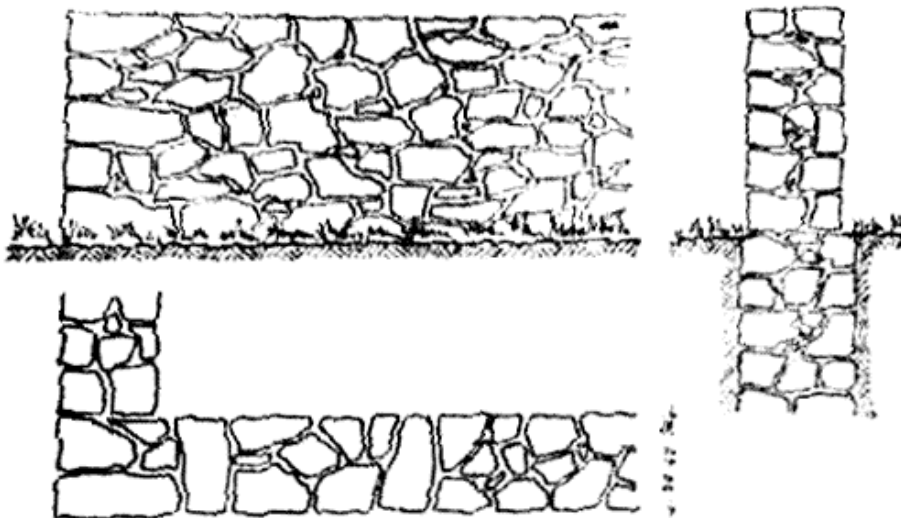


Slika 5: Zid načinjen od kamenih lomljenih ploča ima najveće karakteristike zida od lomljenog kamena. Lomljene ploče u nekim se krajevima dobivaju od škrljca, betonskog škrljca ili škrljastog granita. One se uz upotrebu mješavine maltera postavljaju u slojevima tako da ulaze jedna u drugu te oblikuju vodoravnu, a ipak valovitu površinu. Gornji sloj, kao i kod svih ostalih vrsta zidova, mora biti vodoravno postavljen.

Slika 6: S mnogo mašte i spretnosti mogu nastati i ekstravagantni zidovi poput ovog od prirodnog, lomljenog kamena postavljenog na visoku brid. U ovom su primjeru ploče slagane držeći se uzorka riblje kosti, a omeđene su pravilnim, kamenim blokovima. Pokrivanje ovakvog zida pločama neophodno je jer tako dobija na stabilnosti i pruža zaštitu od snijega i vode.

5.3.2. Zidovi od grubo priklesanog kamena

Za ove zidove upotrebljava se lomljeni kamen manjih i većih dimenzija kojima može lahko rukovati jedan čovjek. Dakako da se ovim nepravilno lomljenim komadima ne mogu izvesti pravilni vezovi, ali se ipak treba pridržavati općih pravila. Za početke, završetke i uglove treba odabrati bolje i veće komade kamena te ih grubo obraditi za postizanje boljih vezova.



Zidanje se vrši krečnim ili produžnim malterom. Malter mora potpuno obuhvatiti pojedini kamen. Nepravilnosti se ispravljaju umetanjem u malter sitnijih komada kamena (ivera), dobijenih prilikom grube obrade većih komada. Pojedini komadi kamena moraju biti stabilni, no nije dobro da se komadi radi stabilnosti podmeću iverima. Komadi se ne smiju međusobno dodirivati nego se i na najužem mjestu među komadima mora nalaziti malter.

Za bolje vezivanje treba stavljati vežnjake, po mogućnosti kroz cjelu debljinu zida. Nepravilnost slojeva treba na visini od 80-200 cm ispraviti horizontalnim slojevima (libažnim slojevima). Zidovi od grubo priklesanog lomljenog kamena kod nas se razmjerno mnogo upotrebljavaju, kako za građevinske tako i za arhitektonske objekte.

Ovakvi zidovi za stambene i slične zgrade moraju biti debeli 50 cm, ako su nosivi ili vanjski zidovi koji imaju istu funkciju kao zidovi od opeke debeli 38 cm. Povećanje debljine zidova u nižim etažama vrši se kao i kod zidova od opeke, ali povećanja moraju iznositi po 15 cm. No, ne preporučuje se ovu vrstu zidova primjenjivati na zgradama koje imaju više od tri etaže.

Vanjsko lice zidova od grubo priklesanog lomljenog kamena ne daje lijep izgled, pa se takvi zidovi obično malterišu, a zidovi na građevinskim objektima na kojima izgled lica zida nije od naročite važnosti ne malterišu se. Za debele zidove građevinskih objekata često

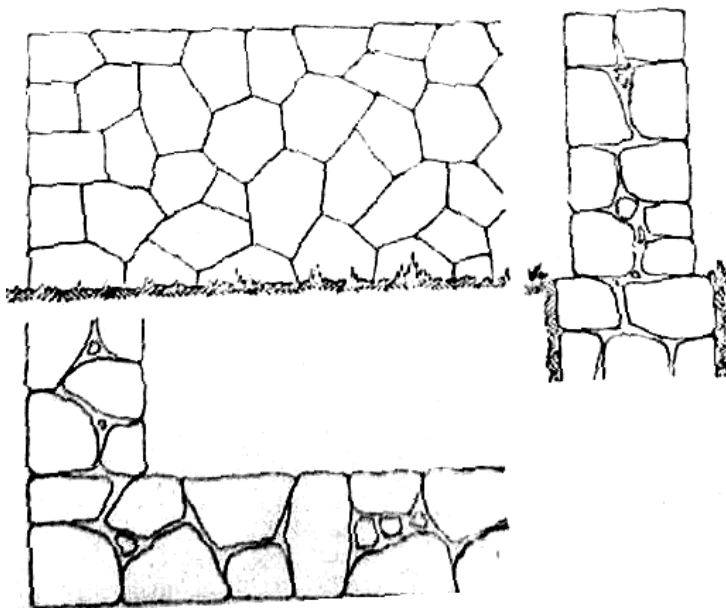
se na vanjsko lice zidova stavljaju bolje obrađeni komadi, a iza njih dublje u zidu grubo priklesani kamen.

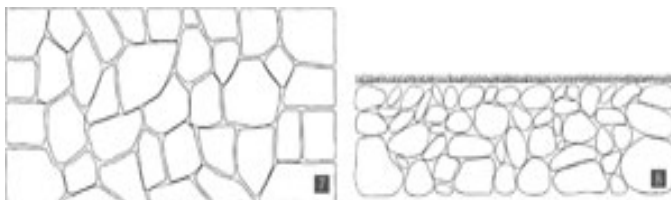
Ovi se zidovi takođe zidaju bez maltera kao suhozidi. Način zidanja u svemu je sličan zidanju opekom, samo na početne i završne komade jednog zida treba napinjati konopac i za lice i za naličje zida. Kamen mora biti čvrst, a prije ugradnje treba ga pokvasiti.

5.3.3. Kiklopski zidovi

Ovi zidovi zidaju se od kamena koji se pravilno lome, a manjom ili većom grubom obradom mogu se izvesti pravilniji krajevi na ležnjacima. Obično se komadi dotjeruju da im lica čine petorougao ili šestorougao površinu. Za uglove, početke i završetke grubo se obrađuju komadi. Sve ležajnice grubo se obrađuju do 15 cm duboko od lica zida, ali tako da tvore dosta pravilne i uske reške. I kod ove vrste zidova treba primjenjivati vežnjake kroz cjelu debljinu zida.

Ako se ova vrsta zidova zida većim poligonalnim komadima, onda takve zidove nazivamo kiklopski zidovi. Ako su mali komadi kamena pravilnijih površina, onda takve zidove nazivamo mozaički zidovi.



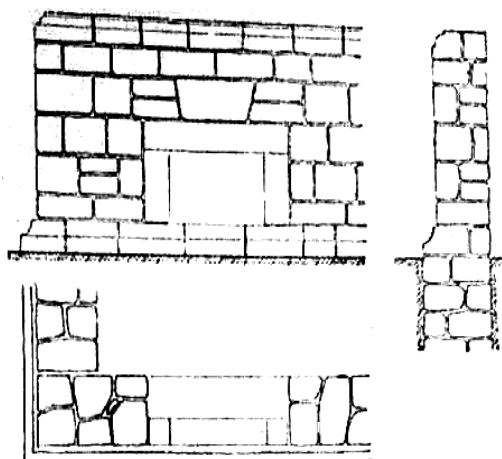


Slika 7: Podizanje ovakvog zida jedan je od najtežih građevinskih zadataka. Sastoji se od velikih, nepravilnih, okruglih ili poligonalnih, napuknutih kamena. Kod ovakvog se zida posebno upotrebljava granitno ili krečnjačko kamenje koje nije moguće obraditi čekićem. Nepravilno kamenje postavlja se tako da oblikuje, koliko je moguće, ravnomjernu površinu. Maleni razmaci popunjavaju se komadićima kamena (može se isklesati do pravih dimenzija), sve dok se ne dobije nepomična, kompaktna cjelina. Veliki kiklopski zidovi također se obzidavaju mješavinom maltera, ali tako da to ne dolazi do izražaja. Poželjno je da ovakve zidine daju dojam suhozida, odnosno prirodnog zida što ga na mjestu drži vlastita težina.

Slika 8: Na ovakvu ili slične verzije manjeg kiklopskog zida uglavnom ćemo naletjeti usjevnom predjelima Njemačke. Za takve se zidove najčešće pripremaju temelji te se pune međuprostori. Veći se zidovi grade s mješavinom maltera. Pokrov ovakvog zida najčešće je trava u roli, ali to mogu biti i trajnice, neko manje grmoliko bilje i slično. Zbog korijenja biljaka zid će dobiti na stabilnosti, premda je potreban i oprez: pritisak korijenja većeg bilja taj zid može i uništiti.

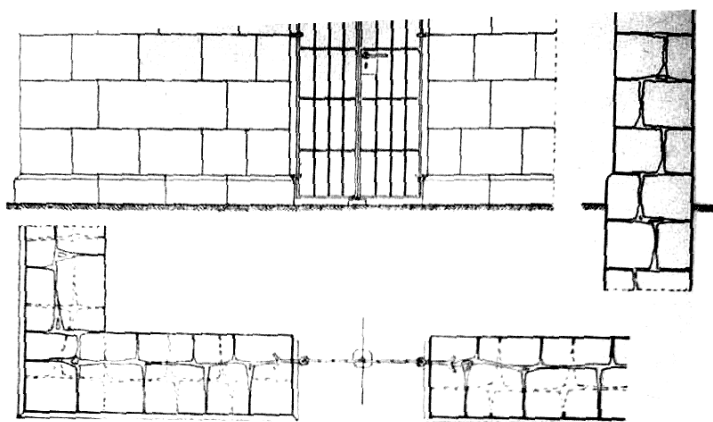
5.3.4. Slojni zidovi od grubo obrađenog kamena

Dosad navedene vrste zidova karakteristične su po nepravilnim komadima kamena kojima se ne mogu zidati pravilni slojevi, a time je nemoguća pravilnost vezova. Zbog toga ovakvi zidovi nemaju čvrstoću i trajnost, kakva bi se očekivala. Bolji i čvršći zidovi zidaju se obrađenim komadima kojima se mogu postići pravilni slojevi i pravilniji vez. Obrada komada može biti grublja ili finija, ali komadi istog sloja moraju biti jednako visoki. Takve zidove nazivamo slojni zidovi od kamena. Visina slojeva ovakvog zida obično se uzima 20 - 30 cm, a dužina pojedinog komada ne treba biti ispod 20 cm. Slika prikazuje dio presjeka slojnog zida od grubo obrađenog kamena sa otvorom kojemu je okvir od obrađenog kamena



5.3.5. Zidovi od klesanaca ili kvadera

Najbolji, najčvršći i najtrajniji zidovi od naravnog kamena zidaju se pravilno obrađenim i pravilno povezanim komadima kamena. To su zidovi od klesanaca ili kvadera. Njihova izvedba je razmjerno dugotrajna i vrlo skupa pa se rijetko zidaju zidovi koji su sastavljeni isključivo od klesanaca. Mnogo je češća upotreba klesanaca u zidovima koji se izvode manje obrađenim kamenom, betonom ili opekom, a klesanci se u takvim zidovima stavljaju samo na lice zida. To su mješoviti zidovi u kojima klesanci svojom čvrstoćom preuzimaju velika opterećenja, a daju zidovima ljepotu i takvu zaštitu od vanjskih utjecaja kakvu ne može dati nikakva fasada.



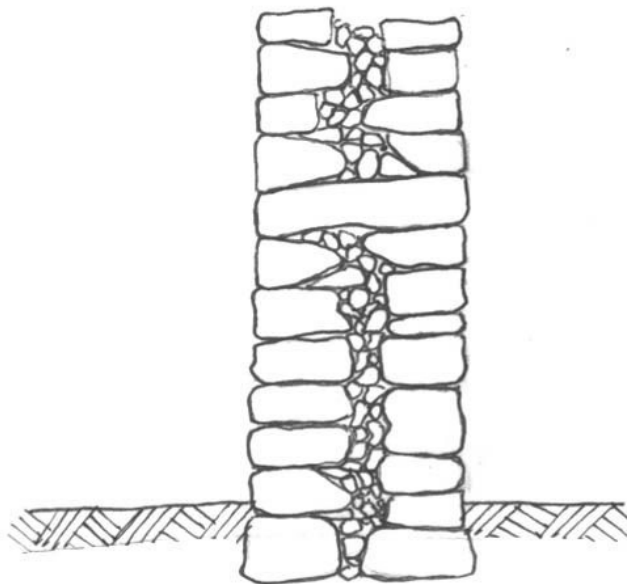
Dio tlocrta, izgleda i poprečnog presjeka ogradnog zida od klesanaca. Isprekidane linije su donji red kamena.

Najobičnije visine slojeva zidova od klesanaca na manjim objektima iznose 20-30 cm. pa prema tome možemo normalnu srednju visinu klesanaca uzeti sa 25 cm, a kod većih objekata još i više. Ako su na neki zid raspoloživi klesanci različitih visina, treba više klesanaca i slojeve izvesti na nižem djelu objekta, a manje klesance i slojeve u viši dio zida. No, ako se predvidi izrada klesanaca u dvije različite visine, onda se mogu naizmjenice zidati viši i niži.

Neki klesanci izrađuju se tako da su im sve stranice jednake, pa imaju oblik kocke. Češće se klesanci izrađuju u obliku paralelopipeda kojemu je širina veća od visine, a dužina veća od širine. Za pravilno djelovanje klesanca u zidu važan je odnos njegove visine prema širini i dužini. Tako klesanci od slabijih vrsta krečnjaka ne smiju imati širinu veću od jedne i po visine, ni dužinu veću od dvije njegove visine.

5.3.6. Suhozid

Suhozidom se nazivaju i teški zidovi jer ih na okupu drži vlastita težina. Iz tog je razloga vrlo važno da imaju pomične temelje jer tokom cijele godine «rade», što znači da se stalno pomiču. Stoga se suhozid gradi s mnogo pažnje i preciznosti.



5.3.7. Vezovi pojedinih djelova i spojeva zidova od kamena

Već smo spomenuli da se kod svih vrsta zidova od kamena u pogledu vezova treba pridržavati pravila za vezove opeke, te ih provesti koliko god to vrsta kamena i oblik komada dopušta.

Pravi uglovi, sudari i ukrštanja zidova izvode se primjenom pravila za vezove opeke u tim spojevima sa odabranim i bolje obrađenim komadima kamena.

Šiljasti uglovi, tupi uglovi, kosi sudari i kosa ukrštanja zidova od kamena također se zidaju primjenom pravila za vezove opeke u takvim spojevima, s posebnom obradom komada

5.3.8. Otvori u zidovima od kamena i njihovi završeci

Otvori u zidovima ostavljaju se najviše za ugradnju vrata i prozora. U zidovima od kamena ostavljaju se potrebne zidarske mjere otvora isto onako kako je opisano za za takve otvore u zidovima od opeke. Budući da su zidovi od kamena osjetljivi na veća opterećenja, treba paziti da između dvaju susjednih otvora ne ostanu prekratki djelovi zida koji onda preuzimaju funkciju stubova. Tu se, bezuvjetno moraju primjeniti pravila za izvedbu stubova od kamena. Načelno, u zidovima od kamena treba ostavljati manje otvore, tako da između dva susjedna otvora ostane dužina zida koji iznosi barem širinu jednog od tih otvora.

Otvori kojima na stranama ne trebaju pristupci ostavljaju se obično za ugradnju sobnih vrata. Strane takvih otvora sačinjavaju ravni počeci i završeci zidova koji se zidaju po poznatim pravilima.

Završeci gornjih strana otvora u zidovima od kamena vrlo su važne konstrukcije. Zidaju se na različite načine. Najvažniji su završeci različitim vrstama lukova i ravnim čeličnim ili armirano betonskim nosačima ili nadvojima.

Ravni lukovi i nadvoji zidaju se pomoću drvenih oplata, a lukovi s krivinama pomoću oblučila koja se izrađuju i podupiru onako kako je opisano kod pojedinih vrsta lukova i nadvoja nad otvorima zidova od opeke. Opća pravila za konstrukciju lukova i nadvoja nad otvorima u

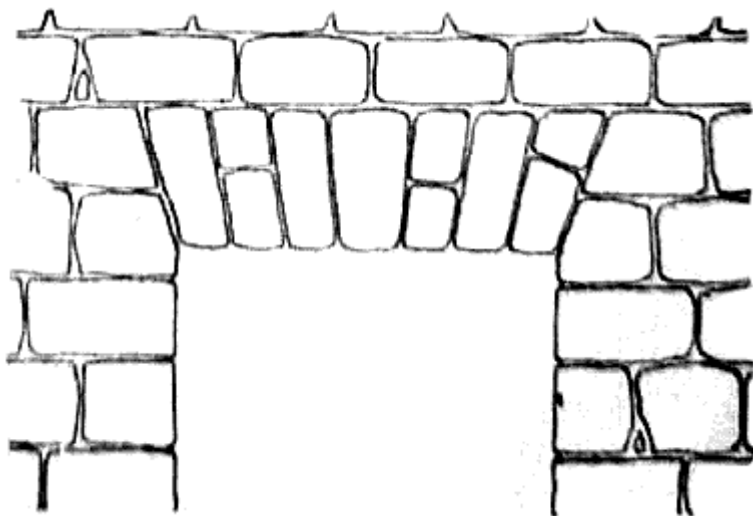
zidovima od kamena ista su kao kod zidova od opeke i treba ih se pridržavati kad god to dopušta narav kamena.

Za svaki luk kao i za svaki stub, komadi kamena moraju biti barem grubo dotjerani. Prema tome lukovi od kamena zidaju se od grubo i od fino obrađenog kamena, kao i od klesanca. Vezivo je obično produžni malter.

5.3.8.1. Ravni lukovi od kamena

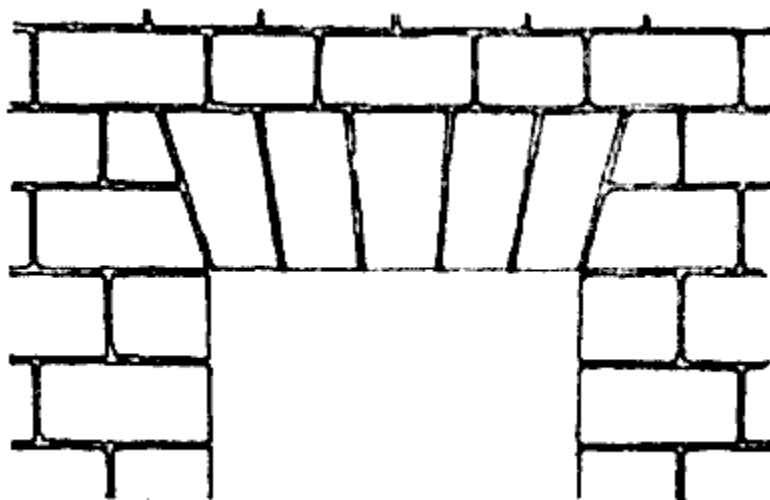
U zidovima od kamena vrlo često se nad otvorima izrađuju ravni lukovi iako oni po svojoj konstrukciji podnose samo manja opterećenja. No, velika prednost pravougaonih otvora, naročito za ugradbe i za iskorištenje pune širine otvora na cijeloj njegovoj visini, dovodi do šire primjene ravnih lukova.

Od grubo obrađenog kamena zida se ravni luk na ooplata poduprtoj stubovima sa sedlima tako da se najprije prirede uporišne plohe koje ne smiju biti strmije od 60° . Zatim sa obje strane počinje zidanje luka i tačno u sredini završi kamenom-zaglvakom. I kod ravnih lukova od kamena treba na donjoj strani izvesti uspon prema sredini, zbog njihovog slijeganja prilikom popuštanja oplata kad je dovršeno zidanje luka.



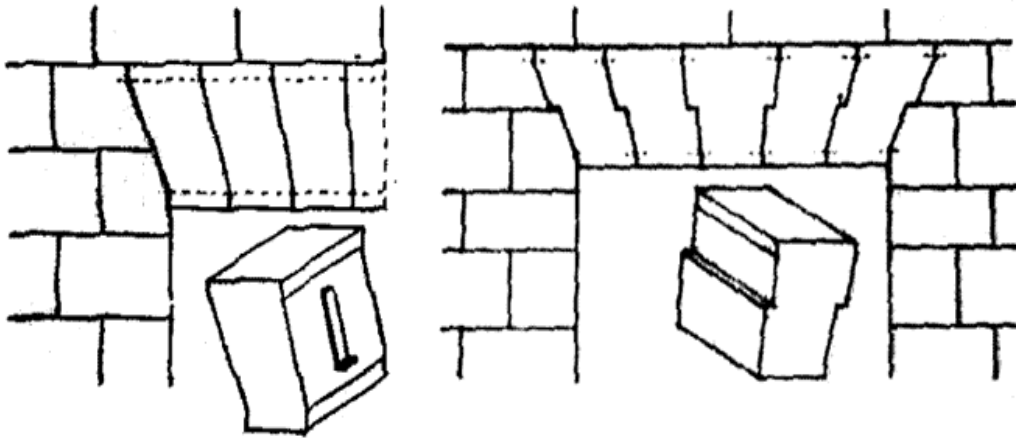
Izgled ravnog luka od kamena u zidu koji će se malterisati

Od fino obrađenog kamena i od klesanca lukovi se izvode od pravilno isklesanih komada koji zauzimaju cijelu širinu i visinu luka. Početni komadi kamena koji tvore uporišne plohe ovdje su sa oštrim uglovima što načelno nije dobro, no ovakva se nepravilnost dopušta kod zidova od kamena kad se njome postižu druge prednosti. Tako se u dole prikazanom primjeru postiže veća povezanost otvora neprekinutom slojnicom u visini luka, a to je za izgled mnogo ljepše nego da je ta slojnica uz otvor prekinuta. Osim toga, ovim načinom se postiglo da je debljina luka usklađena sa slojevima kamena u zidu.



Izgled luka od fino obrađenog kamena ili klesanca

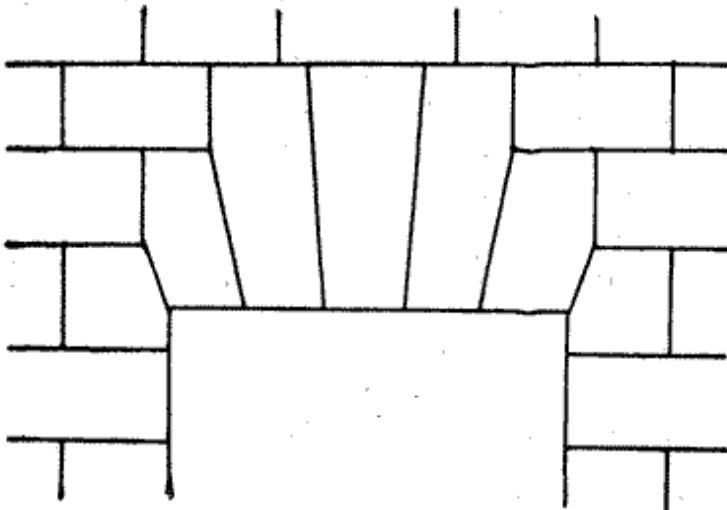
Za obrađeni kamen i klesance nisu zgodni uglovi manji od 90° jer se oštri bridovi lako odbijaju. Zbog toga se takvi uglovi kod klesanaca u lukovima mogu ispraviti klesanjem manjih okomitih ploha na mjestima šiljastih i tupih uglova kako prikazuje slika dole. U istu svrhu izrađuju se kose plohe klesanaca, kvakasto ili stepenasto, ovako izrađene komade nazivamo **kvakasti klesanci**.



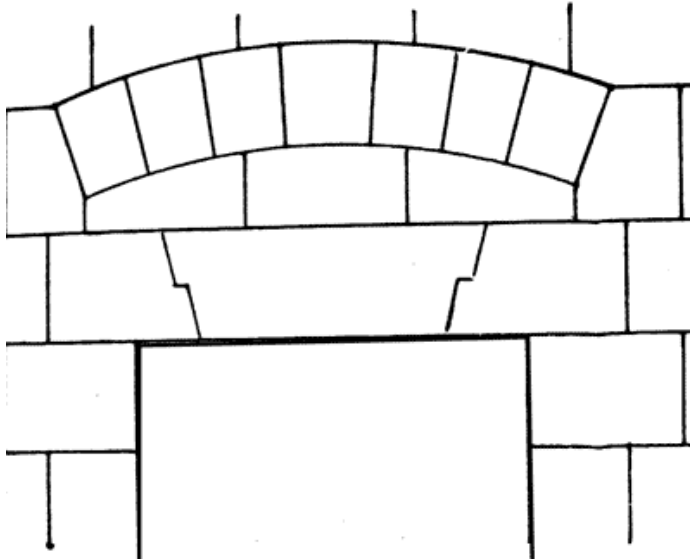
Nadprozornik od više načina obrade kamena klesanca

Razni oblici nadprozornika

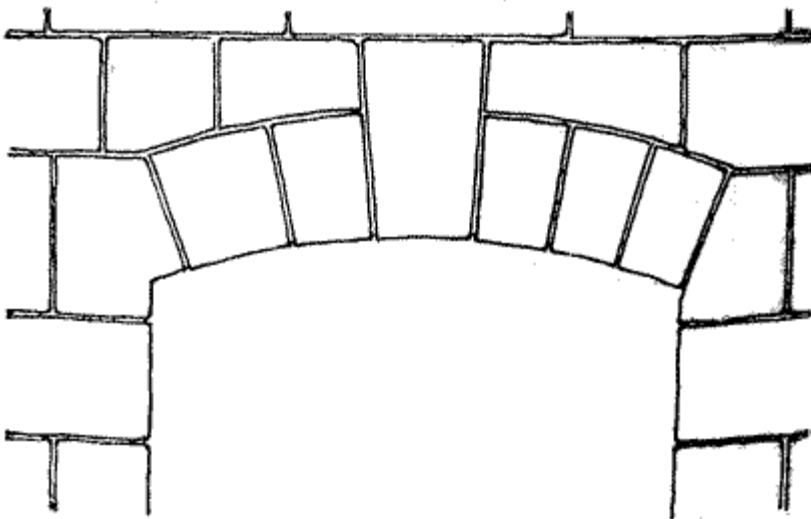
Izgled dijela ravnog luka s povećanom visinom zaglavka i njegovih susjednih komada



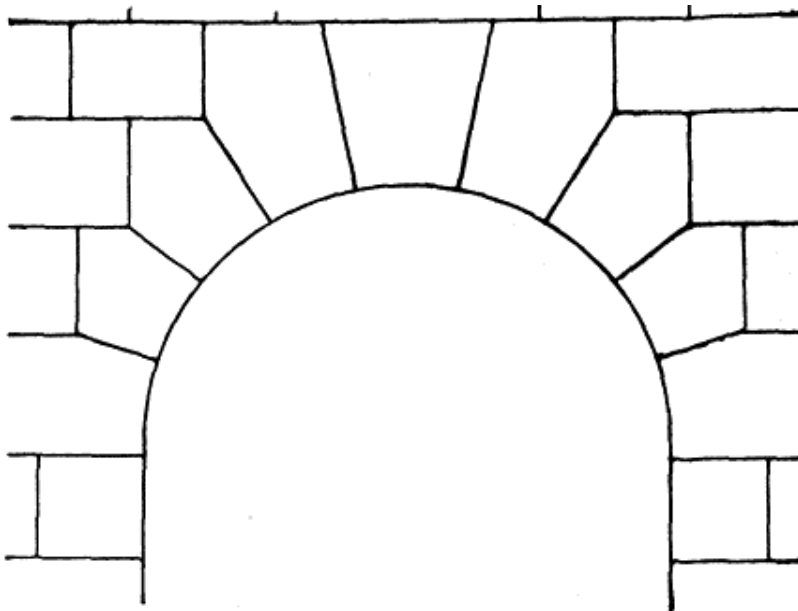
Izgled segmentnog luka povrh ravnog luka. Segmentni luk rasterećuje ravni luk.



Izgled segmentnog luka od fino obrađenog kamena ili klesanca s povišenim zaglavkom. Lijevo je uporište s petom, a desno bez pete



Izgled polukružnog luka od klesanca s petougaonim licima, a usklađeni su sa slojevima zida

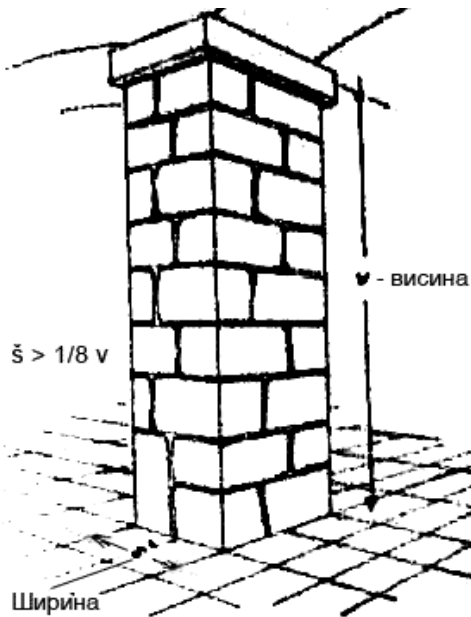


5.4. Stubovi od kamena

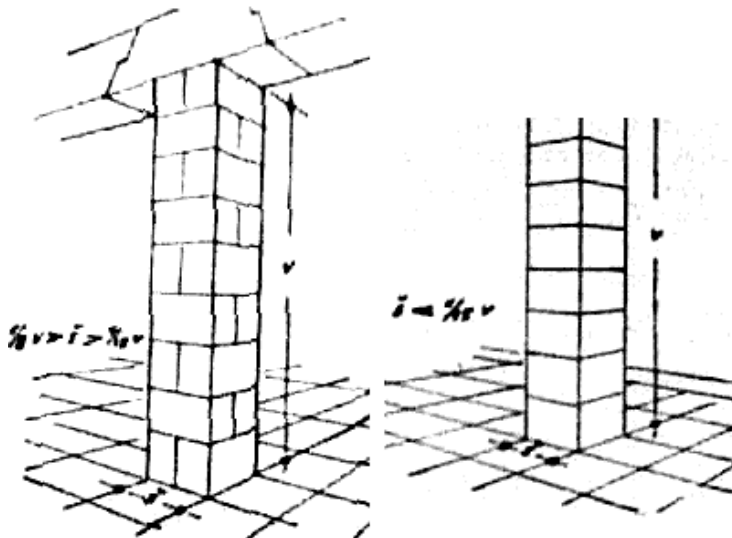
Stubovi su kratki zidovi kojima je gotovo uvijek glavna zadaća da preuzimaju veća opterećenja. Zbog svoje samostalnosti stubovi su mnogo opasniji za preuzimanje tereta nego isti toliki djelovi punog zida. Za stubove se mora upotrijebiti kamen koji ima odgovarajuću nosivost, a obrada pojedinih komada mora biti takva da se postignu horizontalne ležajnice i vertikalne sudarnice.

Prema tome ne smijemo zidati stub od nepravilno lomljenih komada kamena, nego samo od grubo i fino obrađenih komada.

Stubovi kojima je kraća stranica veća od jedne osmine ($1/8$) visine stuba mogu se izvesti od grubo obrađenog kamena s horizontalnim slojnicama i vertikalnim sudarnicama. To su razmjerno glomazni stubovi koje nazivamo **pilovi**.



Stubovi od klesanca. Stubovi kojima je jedna stranica manja od jedne osmine, a veća od jedne petnaestine visine stuba, moraju se izvesti od klesanca koji uz horizontalne ležajnice mora imati vertikalne sudarnice. Ako je kraća stranica manja od petnaestine visine onda se mora izvesti u horizontalnim slojevima bez sudarnica ili samo od nekoliko komada.



5.5. Krovovi od kamena

Od vremena prvog trajnog skloništa krov je bio element kojem je čovjek pridavao veliku važnost.

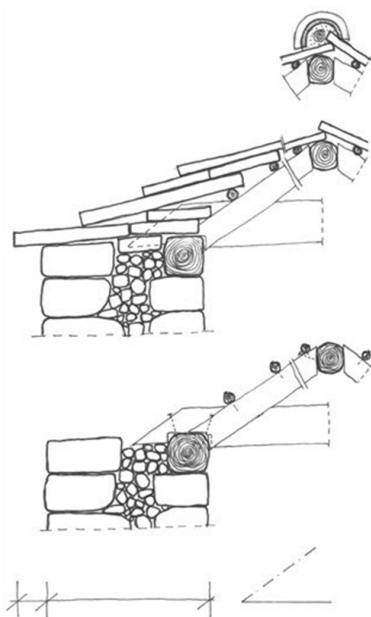
U početku služeći samo kao zaštita od vjetra, kiše i sunca, ubrzo je postao i estetski detalj, znak raspoznavanja, ne samo vlasnika, već i zajednice, kulture, podneblja. Od prvih oblika koji su odražavali samo funkcionalnost krova razvili su se oblici na kojima se odražavala vještina graditelja i kao umjetnika. Nije samo oblik bio taj koji je isticao konstrukciju krova, već je i izbor materijala pridonosio izgledu.

U historiji građevinarstva kamen je poznat kao jedan od najčešćih materijala. Međutim, kamen koji se koristi za gradnju zidova, bedema i sličnih masivnih konstrukcija nije podesan za pokrivanje krovova. Za tu se namjenu koriste kamene ploče koje se mogu naći u prirodi, rjeđe kao tankoslojni krečnjaci, a najčešće kao glineni škriljci.

Konstrukcija krova pastirske kamene kolibe preteča je tradicijske arhitekture krova pokrivenog kamenim pločama. Na stambenim objektima kamene ploče su obrađivane prije polaganja, ujednačavan im je oblik radi lakšeg i efikasnijeg slaganja. Ovakvi su se krovovi zalijevali krečom. Tanki sloj kreča na površini ploče vremenom se, pod uticajem ugljičnog dioksida iz zraka, pretvarao u kalcit i time je štitiio materijal kamenih pokrovnih ploča od uticaja atmosferilija. S druge strane, dodatni efekt bijelog krova je bila refleksija sunčevih zraka i smanjeno zagrijavanje krovne konstrukcije. Drvena potkonstrukcija krova pokrivenog kamenim pločama morala je biti robusnija i vrlo brzo je tradicionalan kameni krov bivao zamijenjen crijepom koji zahtijeva daleko lakše konstrukcije krovnih greda. Međutim, trend povratka tradicionalnim materijalima i oblicima vraća i kamene krovove, ali uz promijenjenu potkonstrukciju: umjesto drvene rešetke krovovi se izvode kao armirano-betonske plohe na koje se onda lijepe kamene ploče.

Kameni krovovi nisu privilegija samo mediteranskog bazena, već se mogu naći na svim stranama svijeta. Glineni škriljci, već spomenuti kao podesniji za ovu namjenu, ponegdje su obilježili kompletnu arhitekturu onih krajeva u kojima su se našla bogata nalazišta. Znameniti je tzv. „velški škriljac“ (welsh slate) čija su bogata nalazišta u sjevernom i srednjem Walesu u Velikoj Britaniji omogućila nastanak kompletne industrije iskopavanja, obrade i gradnje ovim materijalom. Od ovog materijala, koji se iskopavao u rudnicima, ali i sa površinskih

kopova, a nalazio se u slojevima raznih debljina, obradom su oblikovani elementi za gradnju i zidova i krovnih pokriva. Plavkastosive je postojane boje katalogizirane u osam nijansi, otporan na UV-zrake i hemikalije, vodonepropusan i stoga podesan za sve vanjske primjene. Ponegdje se koristio i za uređenje interijera. Klasična manufakturna proizvodnja ovog materijala davno je napuštena, ali moderna eksploatacija i obrada i danas čine ovaj materijal atraktivnim.

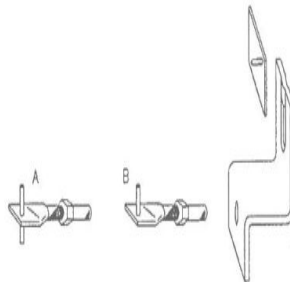
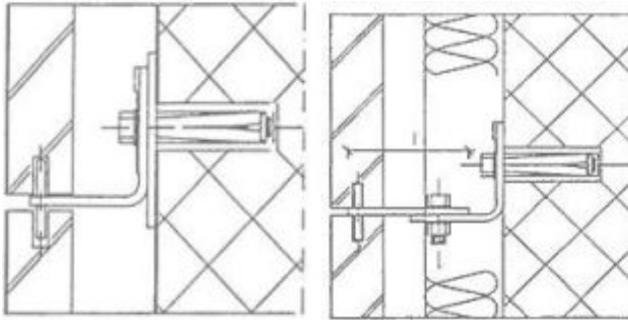


5.6. Kamene fasade

Kamene fasade spadaju u obloge od teških elementa i izrađuju se od prirodnog klesanog ili rezanog kamena, kao pojedinačni komadi ili gotovi dijelovi u vidu ozidanih panela. Mogu se postavljati suhim ili mokrim postupkom.

Mokri postupak se koristi onda kada fasada nije ventilisana, i danas se uglavnom primjenjuje na manjim objektima jer se spoljni zidovi oblažu klesanim kamenim blokovima na klasičan način zidanja kamenom. Kamene ploče mogu da budu debljine 2 ili više cm. Ugradnja se vrši u cementnom malteru ili ljepilu (kada je podloga ravna). U oba slučaja je potrebno izvršiti skriveno ankerisanje ploča za zid.

Suhi postupak, koji srećemo na savremenim objektima, podrazumijeva postojanje jake potkonstrukcije na koju se zatim profilima, kukama ili zavrtnjima kače precizno sječeni modularni kameni elementi. Ovaj postupak se koristi onda kada je fasada ventilisana, odnosno, postoji sloj vazduha između kamena i termoizolacije. U ovom slučaju minimalna debljina ploča je 3cm jer se kačenje ploča vrši sa strane (izuzetno kod pojedinih vrsta granita sitnozrne strukture moguće je da debljina ploča bude i 2cm, ali je ta vrsta kačenja-nošenja ploča znatno skuplja nego klasična sa strane). Kamen – granit ili mermer, mora da zadovoljava propisane standarde, odnosno da prvenstveno zadovolji zahtjevane parametre pritiska i savojne čvrstoće. Takođe, treba voditi računa da mermeri vremenom matiraju i gube boju, dok su kod granita boje i politura postojane. Kod klasičnog načina nošenja ventilisane kamene fasade, ako je fasadni zid noseći (a poželjno je da bude armiranobetonski zid), koriste se specijalni ankeri. Ukoliko je zid od npr. giter blokova, koriste se hemijski ankeri, ali je to rješenje znatno skuplje i još nije dovoljno eksploatisano u praksi. Ukoliko su noseći dijelovi na fasadnom zidu samo u nivou međuspratne konstrukcije (npr. kao kod skeletne gradnje), umjesto ankera se koristi potkonstrukcija. Najkvalitetniji ankeri i potkonstrukcija se prave od inoxa, mada mogu biti i od pocinkovanih profila, a posljednjih godina i od aluminijumskih profila. Uobičajeni slojevi ventilisane fasade od kamena su: kamen $d=3\text{cm}$, vazdušni prostor debljine 2 do 3cm, termoizolacija 8 do 10cm i konstrukcija zida. Optimalne dimenzije ploča su približno $60\times 80\text{cm}$, odnosno površine približno $0,5\text{m}^2$, a težine do 50 kg (svakako da mogu da budu i manje i veće).



Svakako da su kamene fasade jedan od najskupljih načina završne obrade imajući u vidu dodatne troškove postavljanja izolacije, neophodan visok kvalitet samog kamena, specifičnu težinu materijala, cijenu rada prilikom eksploatacije, obrade, postavljanja i transporta, posebno onda kada se govori o uvoznim mermerima i granitima iz najpoznatijih španskih, italijanskih, čileanskih i drugih kamenoloma. S druge strane, fasade od kvalitetnog kamena su pogodne za održavanje, tj. održavanje jedva da je potrebno, te su stoga i dobile prigodan pridjev – vječne. U teške elemente oblaganja ubrajaju se i fasade izrađene od keramičkih ploča i opeke kod kojih se postavljanje vrši oslanjanjem na

donju potkonstrukciju, skrivenu u fugama. Postoje i različiti dodatni načini kao što su sistemi sidrenja, konzole, šinske konstrukcije i sl.



Klasične fasade oblagane kamenim pločama, danas su potpuno zamjenjene ventilisanim fasadama.

Razvoj moderne arhitekture i novih građevinskih materijala omogućio je konstrukciju fasade koja ima dobru ventilaciju između obloge i zida, osigurava trajnost fasade, a izolacija sa spoljne strane zida osigurava dobru toplotnu zaštitu.

Na nosivu konstrukciju objekta (beton, puna ili šuplja opeka, čelična rešetka) postavlja se potkonstrukcija koja služi za nošenje fasadne obloge.

Nosivost potkonstrukcije zavisno od tipa obloge, težine, i rasporeda vješanja mora biti dokazana statičkim proračunom.

Potkonstrukcija se učvršćuje za nosivu konstrukciju preko fiksnih i kliznih tačaka.

Vješanje se postavlja na aluminijsku potkonstrukciju. Potrebno je osigurati potrebnu širinu prostora za pozadinsko provjetranje.

Ventilisane fasade ne prijanjaju direktno na zid ili konstrukciju. Danas su one skoro obavezni način oblaganja, najčešće poslovnih objekata, jer imaju dodatni sloj vazduha koji pruža izvrsnu izolaciju, naročito ljeti, čime se stvara visok stepen uštede energije. Princip ventilisane fasade ostaje isti bez obzira da li je spoljašnji omotač od lakih ili teških elemenata obloge.

Tip i izgled spojnice na kamenoj fasadi ovisi o veličini, debljini i površini finalno obrađenog kamena, kao i njegovom mjestu u građevini, a ovisno o okolišnim uslovimama i željenim estetskim efektima. Spojnice u zidu od pješčara izvode se s produžnim malterom. Površinski malter koji se završno obrađuje nakon izvedbe kamene obloge mora biti otporan na mraz, a imat čvrstoću kao i malter u spojnici. Konzistencija maltera mora osigurati očuvanje lica kamene obloge od prljanja malterom. Produžni malter se spravlja u omjeru 1:1:5-6 (dio cementa, dio kreča i 5-6 dijelova agregata). Širina spojnice u oblaganju klesancima je 5.0 mm. Za zidove od kamena kojima su lica grubo obrađena je do 10 mm. Maksimalna debljina maltera u spojnici je 13 mm. Prema debljini spojnice određuje se maksimalna veličina zrna agregata.

Ugrađena kamena obloga i građevina podložni su promjenama dimenzija. Deformacije i promjene oblika kamena provjetravane obloge pročelja pri hlađenju, sušenju, zagrijavanju i vlaženju moraju se kompenzirati u spojnicama i sidrima. Promjene koje nastaju po visini građevine prilagođene su izvedbom zbijenih spojnica. Promjene po dužini građevine uslijed djelovanja toplotnog uticaja neutraliziraju se izvođenjem dilatacionih spojnica.

5.7. Horizontalne kamene obloge

Pod mora biti ravan, ali ne suviše gladak niti klizav. Nasuprot tome, ne smije biti niti izrazito hrpav jer se time povećava habanje i stvaranje

prašine. U određenim slučajevima neki će se dodatni zahtjevi moći postići i određenim načinom izvedbe podne konstrukcije, a katkada čak i nosiva stropna konstrukcija preuzima neke zahtjeve (karakteristike toplinske i zvučne izolacije, osiguranje vodonepropusnosti, sistem osiguranja od električnog udara), ali ipak će većinu zahtjeva morati zadovoljiti prvenstveno sam završni sloj, odnosno podna obloga. Polažemo ga kad su svi važniji građevinski radovi završeni i kad su prostorije prema vani zatvorene.

Kamen, kao podna obloga, važi za prefinjeno i luksuzno rješenje. Podovi od prirodnog kamena nisu novost u građevinarstvu i dan danas možemo vidjeti građevine iz antičkog doba koje imaju kamene podove vrlo slične savremenim. Načini postavljanja kamenog poda se nisu mnogo promijenili, na to nisu uticali čak ni komercijalno proizvedeni kameni podovi.

Kameni podovi su vrlo zahvalni podovi za svaki dom i njegovu okućnicu te urede i ustanove. Historija upotrebe kamenih podova potiče još iz vremena stare Grčke i Rima. Zbog svoje dugotrajnosti i izdržljivosti ali i ljepote i elegancije kameni podovi oduvijek su korišteni u javnim objektima ali danas su uobičajeni i u privatnim porodičnim kućama. Otporni su na trošenje, vlagu i kemikalije.

Kamene podne obloge se dijele na dvije vrste: granite i mermere.

Graniti su najpogodniji za podnu namjenu, jer nisu porozni, teško se prljaju, a vrlo su tvrdi i otporni na habanje.

Mermeri su popularni zbog svoje atraktivne, blage boje i ujednačene strukture, međutim oni su vrlo porozni i habaju se. To habanje u početku može djelovati neznatno, ali u starim zgradama, gdje ima mermernih podova, mogu se primjetiti ulegnuća na mjestima najvećeg habanja. Na mermerne podove loše utiču razne kiseline (rastvaraju ga), pa ga treba čuvati od agresivnih sredstava za čišćenje

Kameni podovi su danas dostupni u velikom rasponu tekstura i boja. Kada se bira podna obloga, treba imati na umu da jedino kameni pod protokom vremena izgleda bolje. To je razlog zašto kameni podovi iz daleke prošlosti izgledaju zastrašujuće moderno.

Ako želimo da pod bude od kombinacije dvije ili više vrsta kamena, ploče moraju biti istih debljina. To bi trebalo da osigura savršeno ravan pod. Kao i u slučaju postavljanja keramičkih pločica, treba obratiti pažnju na deklaraciju proizvođača, tj. da li su ploče podne ili zidne.

Kameni podovi su vrlo kvalitetni i zbog toga mogu biti korišteni u svim prostorijama, a posebno su praktični za vlažne (kuhinja, kupatilo). Prednosti kamena su izuzetan izgled i lako održavanje.

Kamene podove uglavnom viđamo u luksuznim enterijerima i prostorijama, ali ovakvi podovi nisu nepristupačni. Kada se uzme u obzir njihova ljepota, praktičnost i dugotrajnost, ulaganje se isplati na duže staze.

5.7.1. Podovi od obrađenih kamenih ploča

Kamene ploče imaju korisne i higijenske osobine keramičkih pločica, ali izgledaju daleko dekorativnije. Kamene podne obloge mogu da traju vijekovima, ali su zato i nekoliko puta skuplje od drugih materijala.

Obloga od jednog tipa kamenih ploča može biti sastavljena od kvadratnih ili pravougaonih ploča pri čemu kvadratne mogu biti složene kvadratno ili kvadratno dijagonalno, a pravougaone u ravnomjernom pravougaonim ili naizmjeničnom (paralelnom i parketnom) vezu. Kod obloga od dva ili više tipova ploča pravilnog geometrijskog oblika koristi se kamen različitih boja i strukturnih karakteristika, a slažu se različite kombinacije kvadratnih, pravougaonih, i osmougaonih ploča istih ili različitih veličina. Rimski je slog (opus romano) pogodan za oblaganje većih površina, a složen je od kvadratnih i pravougaonih ploča raspoređenih bez geometrijskog reda.



Ukrasna vrijednost i dekorativnost obloge okućnice od jedne vrste kamena ovise o kvaliteti i izgledu površine tog kamena. Pri tome (za razliku od unutrašnjih podnih oblaganja) manje anomalije u boji i građi pojedinih ploča ne utiču bitno na skladnost cjelovitog izgleda obloge. Korištenjem različitih vrsta kamena postižu se različiti vizuelni efekti. Ukoliko te različite vrste kamena nemaju približno jednaku otpornost na habanje treba računati na mogućnost pojava neravnina i postepenog nadvisivanja kamenih ploča otpornijih na habanje.

Samo postavljanje kamenih ploča je mnogo zahtjevnije i teže od postavljanja keramičkih pločica, pogotovo ako na podu treba konstruisati neku šaru od više vrsta kamena. Po pravilu, kamene ploče se postavljaju sa minimalnim razmakom, a mora se voditi računa i o uklapanju prirodnih šara na kamenu.

Kamene ploče su mnogo deblje od keramičkih pločica- debljine kamenih ploča su oko 2 do 4 cm. Zbog velike debljine ploča, pažljivo planiranje nivoa osnove je vrlo bitno. Ništa ne može da pokvari utisak lijepog poda kao velika prelazna lajsna ili razlika u nivou na mjestu gde

se spajaju dvije različite vrste kamena. To otkriva nevještog izvođača i loše organizovan rad.



Podovi od kamenih ploča mogu se izvoditi iz kamenih blokova debljine 10-15 cm, položenih u pijesak ili suhi malter i iz kamenih ploča manje debljine (2-5 cm, ovisno o formatu ploča) položenih u suhi ili vlažan cementni malter.

Ovi podovi mogu biti vrlo različitih struktura, ovisno o vrsti kamena, formatu kamenih elemenata, obradi površine i načinu polaganja.

Podovi od kamenih ploča su vrlo lijepi i trajni i što je najvažnije kamena imamo u izobilju. Nema razloga da sa savremenim tehnologijama vađenja, obrade i transporta kamena, ti podovi budu skuplji od drvenih (obzirom da drvo postaje sve više deficitarno).

5.7.2. Pod od prirodnog kamena

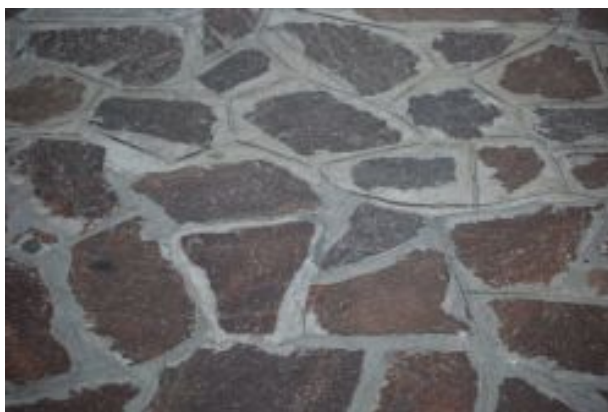
Danas se prirodni kamen u unutrašnjem i vanjskom prostoru najčešće polaže na ljepila na bazi specijalnih hidrauličnih veziva ili ljepilana reakcijskoj bazi. U kupatilima, na terasama i na vanjskim površinama kod kojih bi vlaga mogla da dospije ispod ploče od prirodnog kamena, na podlogu od estriha nanosi se hidroizolacioni premaz na cementnoj osnovi.

Pored izbora odgovarajućeg prirodnog kamena, pri popločavanju je važan i pravilan izbor sistema za polaganje kamena. Način polaganja, između ostalog, zavisi od mjesta ugradnje, vrste prirodnog kamena, njegovih tehničkih i fizičkih karakteristika. Klasično polaganje cementnim malterom sve se manje koristi prvenstveno zbog nedovoljne čvrstine i neravnomjernog očvršćivanja. Najstariji način polaganja



prirodnog kamena je polaganje direktno na cementni malter. Sloj debljine 3-5 cm vlažne mješavine pijeska 0-4 mm i cementa polijemo cementnim mlijekom i na njega polažemo kamene ploče. Mada se ovaj sistem do prije desetak godina najčešće upotrebljavao i za polaganje kamena u vanjskom prostoru, sada ga više ne

preporučujemo. Pošto se oblogom od kamena ne postiže zaptivanje vanjskih površina, u dužem periodu dolazi do prodiranja vode u malter, a voda koja se zimi zamrzava izaziva propadanje sloja estriha ispod maltera. Na spojevima kamenih ploča često dolazi do iscvjetavanja, a šalitru iz cementnog maltera se izlučuje na nižim površinama. Osim toga, sistem ne omogućava dovoljno čvrst spoj cementnog mlijeka i kamenih ploča koje manje upijaju kao što su npr. škrljac ili vještački kamen.



Danas se prirodni kamen u unutrašnjem i vanjskom prostoru najčešće polaže na ljepilana bazi specijalnih hidrauličnih veziva ili ljepila na reakcijskoj bazi. U kupatilima, na terasama i na vanjskim površinama kod kojih bi vlaga mogla da dospije ispod ploče od prirodnog kamena,

na podlogu od estriha nanosi se hidroizolacioni premaz na cementnoj osnovi . Ljepilo se bira s obzirom na:

- mjesto ugrađivanja kamena (unutrašnji prostor, vanjski prostor),
- podlogu na koju se lijepi kamen (npr. cementni estrih, metal),
- opterećenje površine,
- vrstu prirodnog kamena.

Ljepila na cementnoj osnovi razreda C1 su pogodna samo za polaganje kamena na unutrašnjim, malo opterećenim površinama. S obzirom da podloga od estriha često nije ravna, prije polaganja kamena treba da je izravnate masom za izravnavanje poda ili da upotrijebite debeloslojno ljepilo za polaganje. Pri polaganju svijetlog pješčanika može doći do bojenja kamena na površini, zato treba upotrebljavati bijela, brzovezujuća ljepila. Ako su kamene ploče na poleđini ojačane mrežicom i poliuretanskim premazom, prije polaganja na cementno ljepilo treba nanijeti prednamaz na poleđinu kamena ili kamen polagati na poliuretansko ljepilo kojie se upotrebljava za polaganje kamena na metalnu ili drvenu podlogu.

Sistem polaganja na drenažni beton koristi se pri polaganju kamena na vanjske površine ispod kojih nema podruma. Na drenažni noseći sloj od betona ili asfalta polažemo kamen na jednozrnasti beton od drobljenog kamena ili od okruglih zrna. Sistem je najpogodniji za polaganje na vanjskim površinama zbog toga jer:

- optimalno prenosi sile pošto zrna u betonu naliježu jedno na drugo,
- odvodi vodu koja se ne zadržava u betonu,
- omogućava otpornost na soljenje protiv zamrzavanja jer se voda ne zadržava.

5.7.3. Kaldrma od sitne kocke

Za gradnju puteva i oblaganje vanjskih horizontalnih gaznih površina korištene su, nekad više danas manje, kamene kocke i to: velike - dužine brida 14 - 20 cm; srednje - veličine 11 - 14 cm i najzad male kocke - veličine 6 - 13 mm. Budući da je kamen bio podvrgnut mehaničkim udarcima saobraćajnih sredstava i hemijskom djelovanju atmosferilija ugrađivan je kamen otporan na ta djelovanja. Najbolji je bio

eruptivni intruzivni kamen s prečnikom zrna oko 2 - 3 mm, i efuzivni s utruscima najviše 3 mm prečnika. Suviše sitnozrnasti eruptivni kamen postajao je pod udarnim opterećenjima gladak i klizav. Takav se ugrađivao samo u puteve s najviše 4,5 % uspona. Putevi s većim usponom, 4,5 - 6 %, gradili su se od kamena srednje veličine zrna. Kamen s izrazitom porfirskom i porfiroidnom strukturom nije korišten za kocku, jer porfirski kristali ispadaju od udaraca, ostavljajući manje ili veće udubine.



Prestankom ugradnje kamenih kocki u saobraćajnice one su zadržale svoju ulogu u oblaganju vanjskih horizontalnih gaznih površina, najviše u zemljama bogatim magmatskim posebno intruzivnim stijenama, u kojima je tradicija oblaganje kamenim kockama, a ne kamenim pločama. Izraziti primjer tradicijskog korištenja kamene kocke za vanjska horizontalna oblaganja je npr. Prag sa svojim karakterističnim tzv. "Praškim mozaikom" u koji se ugrađuju najčešće male kocke (stranice 5 cm) različitih vrsta kamena. Pri tom se najviše koriste graniti, ali također i ostale vrste kamena.

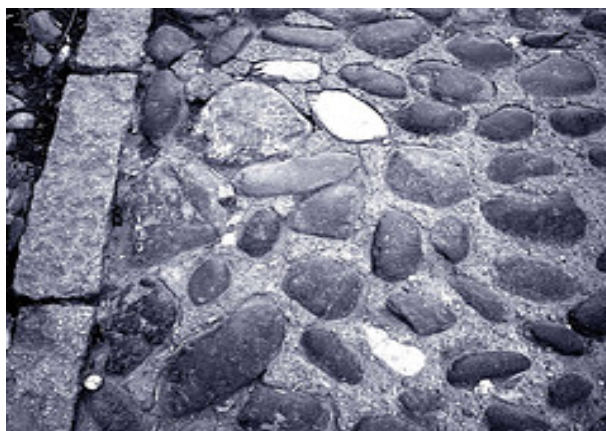
Zahvaljujući izradi kocke od tog kamena gubici u kamenolomu su mali, u odnosu na druga ležišta arhitektonsko-građevinskog kamena krečnjaka jer se, zbog dekorativnosti i izvanrednih fizičko-mehaničkih osobina, koriste i mali blokovi. Blokovi iznad 0,3 m³ obrađuju se uobičajenim načinom abrazivne obrade (raspilavanje, brušenje, poliranje), a od blokova i tombolona manjih dimenzija (ispod 0,3 m³) izrađuju se (piljenjem i cijepanjem) male kamene kocake, koje se ugrađuju u praške mozaike. Za istu se namjenu koristi i ružičasto zelenkasti do tamno crveni vapnenac naziva Suchomastsky mramor i zelenkasti do smeđe zeleni vapnenac naziva Zbuzansky mramor.

Kamena kocka se, osim oblaganja većih prostora urbanog okoliša, također koristi za uređenje okućnica, posebno staza unutar tih prostora. Budući da te površine više nisu podvrgnute intenzivnom saobraćajnom opterećenju kamen ne mora biti otporan na habanje, ali mora biti otporan na smrzavanje, te agresivno djelovanje soli za posipanje u zimsko vrijeme. Budući da je kamen silikatnog sastava (različiti graniti, gabri, sijeniti i dr.) otporan na agresivno djelovanje soli za posipanje, taj je kamen, u načelu, pogodan za vanjska horizontalna oblaganja. Naravno da to ne vrijedi za oblaganja u mediteranskom području gdje praktički nema smrzavanja i posipanja solju. U tim se područjima za tu svrhu koristi kamen karbonatnog sastava, različiti gusti vapnenci, vapnene breče i konglomerati.

Najčešće se koriste sitne kocke veličine 8-10 cm (granit, gabro, diorit, sijenit). Polazu se u sloj pijeska debljine 2-3 cm. Poslije čišćenja, spojnice zalivamo bitumenskom masom za zalijevanje spojnica. Reške između kocki (oko 1 cm) se ispunjavaju sitnim pijeskom pod pritiskom mlaza vode. Ne smiju se ispunjavati kamenim krhotinama. Rubni dijelovi obložne površine, mogu se dovršiti kamenim prizmama, a mogu se povisiti rubnim kamenima ili rubnjacima koji mogu biti ugrađeni u betonsku podlogu. Ugradnja može da se vrši na lukove i redove.

5.7.4. Kaldrma od oblutaka

Radi se kao i kaldrma od kocke, s tim što se spojnice zalijevaju cementnim mlijekom. Karakteristična je za popločavanje ulica i dvorišta turskog arhitektonskog naslijeđa.



5.7.5. Venecijanski mozaik- pod

Veoma često se za oblaganje okućnica venecijaner (rustičnim) mozaikom želi postići blago neravna površina, pa se za to koriste cijepane kamene ploče.

Veće komade lomljenog kamena, pravilno ili nepravilno, složenih u teraco ili cement- smjesi nazivamo „venecijanskim“ mozaikom. Debljina ovih poloča je od 1 do 3 cm, različitih su veličina, mogu biti i od različitih vrsta kamena, pravilnog ili nepravilnog oblika.

Kamen dobiven lomljenjem stijene nepravilnog je oblika, a prije ugradnje se samo neznatno obrađuje. Ako se lomi duž ploha slojevitosti, kako je slučaj slojevitih krečnjaka ili duž ploha škriljavosti u metamornih stijena izrazite škriljave teksture, tada ima dvije paralelne približno ravne površine. Tako obrađeni pločasti lomljeni kamen ima dvije grubo obrađene paralelne ležajne plohe i prednju vidljivu plohu ili lice lomljenca. Slojne plohe duž kojih je kamen cijepan mogu biti glatke, fino do grubo hrapave i valovite ovisno o uslovima sedimentacije. Ploče od piljenog kamena su pravilno obrađene, geometrijskog ili nepravilnog oblika.

Lomljeni kamen se postavlja na način kao i kocka. Budući da su horizontalne površine okućnica izložene uglavnom lakom opterećenju oblažu se kamenim pločama tako da se one polažu na zbijenu podlogu od šljunka i pijeska debljine do 30 cm. Prije stavljanja šljunčanog sloja potrebno je ukloniti humusni sloj i tlo iskopati do dubine najmanje 15 cm.





Podlogu od šljunka treba dobro i jednoliko nabiti. Ako je kamena obložna površina okućnice izložena samo pješačkom saobraćaju dovoljna je debljina podloznog šljunka i pijeska od 10 do 15 cm. Ako su ploče rezane obostrano, nakon polaganja se ravnjačom profiliraju i nabijaju pomoću drvenog nabijača preko drvene daske čime se postiže jednoliko prenošenje udaraca. Pri polaganju poligonalnih ploča koje su obično cijepane duž slojnih ploha, i zbog toga nejednolikih debljina, potrebna je posebna pozornost. Ploče manjih dimenzija ne leže sigurno u posteljici od pijeska već ih je potrebno polagati u posteljicu od maltera. Malter ne mora imati posebnu čvrstoću, nego se mora odlikovati dobrom elastičnošću.

Takav elastičan malter koji veoma dobro prijanja uz kamen je malter pripremljen od kreča i trscementa ili pucolanskog dodatka debljine 4 do 7 cm. Pri djelovanju padavina nema izlučivanja kreča. Malter se rasprostire iznad mehanički zbijenog tampona, a ploče se u njega fiksiraju udaranjem gumenim čekićem. Pri tome dio maltera ulazi u reške i ispunjava ih. Za malter se koristi riječni ili drobljeni kameni pijesak, portland ili pucolanski cement, te hidratizirani kreč. Ako se radi o većim površinama potrebno je obratiti pozornost na kvalitetu tla. Glinovita tla npr. usprkos zbijanju pri pripremi posteljice nakon nekoliko godina, zbog slijeganja popuštaju, zbog čega na površini kamene obloge nastaju neravnine. Takva se podloga mora, nakon kvalitetnog zbijanja, stabilizirati kroz izvjesno vrijeme, pa se tek nakon stabilizacije izvodi opločenje kamenim pločama polaganjem na malter.

Lomljene ploče se polažu na čvrstu betonsku podlogu u smjesu cementnog maltera (1: 3). Spojnice između lomljenih ploča se zalivaju teraco- smjesom sitnozrne strukture ili cementnom smjesom. Kada veže smjesa kojom su zalivene spojnice, površina poda se zaliva

rijetkim cementnim malterom da bi se popunile šupljine i pore. Pod se obrađuje nakon 48 sati.

Zbog malih opterećenja, nije primarna otpornost kamena na habanje, već na smrzavanje te agresivno djelovanje soli za posipanje (izuzev primjene u mediteranskom području) i otpornost na djelovanje atmosferilija. Najbolje je izabrati autohtoni kvalitetni zdravi kamen dotičnog područja.

Primjer kvalitetnog oblikovanja okućnice autohtonim kamenom krečnjakom sedimentnog postanka treba biti izveden tako da ne narušava zatečenu ljepotu krajolika, već je dopunjava dodatnim sadržajima.

Za oblaganja okućnica ne koriste se visoko kvalitetni obojeni mramori koji se odlikuju visokom estetskom vrijednošću. Taj je kamen prvenstveno namijenjen interijerima, bez obzira što se neke vrste koriste i u eksterijerima. Nepostojani su prema djelovanju atmosferilija, kad glačane površine gube sjaj, a stalnost boje ovisi o stabilnosti prirodnog pigmenta. Općenito se za oblaganje okućnica ne koristi brušeni i polirani kamen. Međutim, i tu ima iznimaka naročito kada se radi o kamenu silikatnog sastava, koji poliran zadržava dekorativnost, sjaj i nepromjenjivost izgleda i u uslovima onečišćene atmosfere, te se odlikuje trajnošću, pa se može primjeniti za oblaganje svih površina bez ograničenja.

5.7.6. Fugiranje horizontalnih obloga od kamena

Fugiranje se izvodi cementnim malterom po cijeloj dubini fuge. Ako se zimi površina posipa solju protiv zamrzavanja, malter treba da bude otporan na so da se čišćenjem ne pogoršava kvalitet maltera na površini. Zbog temperaturnih promjena i skupljanja betona, kod ploča položenih na drenažni beton uvijek dolazi do manjih pukotina na cementnoj masi za fugiranje .

5.7.7. Dilatacije kamenih obloga

Pri planiranju obloga od kamena treba pokloniti veliku pažnju planiranju i izvođenju dilatacionih fuga kojima se sprječava kasnije odstupanje ili pucanje ploča zbog skupljanja, otvrdnjavanja ili savijanja. Na svim mjestima na kojima se očekuju naponi u estrihu na koji se polažu obloge treba napraviti elastičnu fugu. Pored konstruktivnih spojeva i spojeva kamene obloge duž zidova ili stubova, potrebno je izvesti dilataciju estriha ako je površina veća od 25 m².

Za izradu dilatacionih fuga danas se najčešće upotrebljavaju elastične jednokomponentne zaptivne mase izrađene na poliuretanskoj osnovi koje očvršćavaju na vlazi.

Da bi se postigla optimalna elastičnost potreban je pravilan odnos između širine i dubine izvedene fuge koja mora da prijanja samo na stranice fuge. Zato prije izvođenja fuge treba na dno postaviti podlogu od pjenastog polietilena. Pogrešno izvedena fuga ne preuzima širenje položene obloge.

rastojanje između fuga u m	širina fuge u mm		dubina fuge u mm	
	osnovna	minimalna	dubina	tolerancija
do 2,0 m	15	10	8	± 2
od 2 do 3,5 m	20	15	10	± 2
od 3,5 do 5,0 m	25	20	12	± 2
od 5,0 do 6,0 m	30	25	15	± 2
od 6,0 do 8,0 m	35	30	15	± 2

1. Osnovna dimenzija za planiranje
2. Minimalna dimenzija u vreme izrade fuge masom za zaptivanje
3. Navedene vrednosti važe za konačne dimenzije fuge

Tabela 1: Dimenzionisanje dilatacionih fuga | Izvor: Otto-Chemie, 2004

Dilatacione fuge moraju biti pravilno dimenzionisane (tabela 1). Širina dilatacionog spoja zavisi od karakteristika zaptivne mase, izloženosti građevinskih elemenata, koeficijenta širenja položenog prirodnog kamena i rastojanja između dva dilataciona spoja. Širina fuge treba da bude od 10 mm do 30 mm.

Dilataciona masa preuzima do 25% rada fuge, pa ako je širina fuge suviše mala ili nije korišten prednamaz za bolji spoj sa kamenom

dolazi do pukotina između kamena i zaptivne mase ili kidanja zaptivne mase.

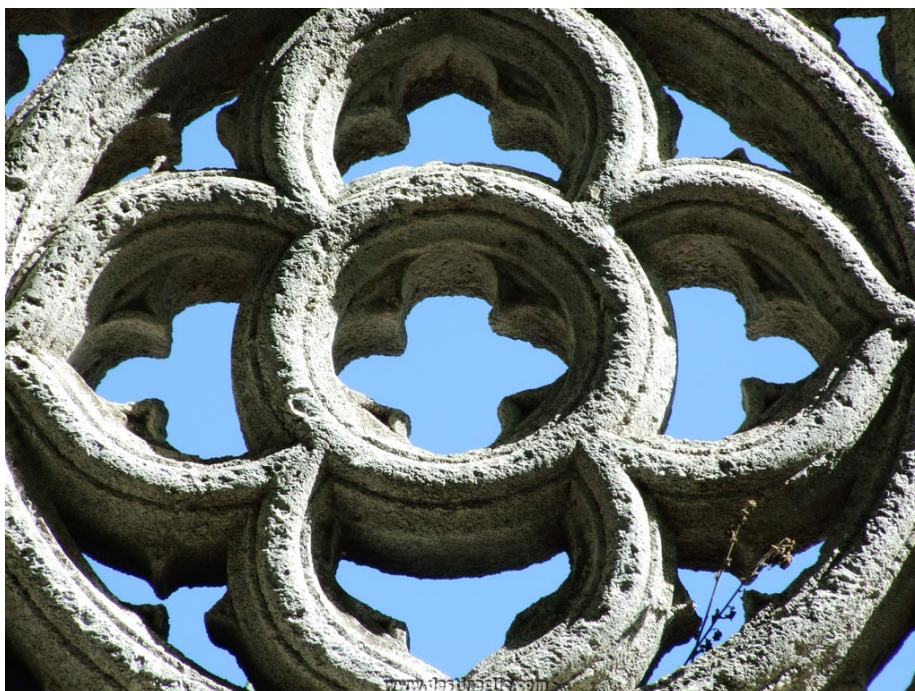
Pored dimenzionisanja dilatacione fuge važno je i kada smo je izradili i ispunili zaptivnom masom. Kada je vanjska temperatura visoka širenje kamena je najveće, zato zaptivna masa često ne izdrži skupljanje u hladnijim danima. Dilatacionu fugu moramo napraviti tačno iznad dilatacije na podlozi od estriha. Već i najmanje odstupanje može kasnije da dovede do pucanja kamene obloge na mjestu na kome se nalazi dilatacija podloge od estriha.

5.8. Ostale mogućnosti primjene kamena

5.8.1. Rozete

Najpoznatiji dvodimenzionalni (2D) detalji od kamena su svakako rozete. Osim glavne rozete, često i "sporedne" ili "male" rozete. Obično su male rozete jednostavnije od glavne rozete.





5.8.2. Kameni vijenci

Na građevinama sa zidovima od kamena, zidovima obloženim kamenim pločama i zidovima od pečene gline (fasadne opeke) vijenci su više ili manje izražene horizontalne pločaste istake. Imaju dekorativnu namjenu, a ujedno služe i za zaštitu nižih vertikalnih ploha pročelja od padavina.



5.8.3. Rustikalno građevinarstvo

Značajke kraških područja su u suho od kamena naslagane *ograde* koje kao mreža pokrivaju danas pretežno zapuštene obronke. Te su ograde, građene i na danas iznimno nedostupnim predjelima, građene ondje gdje je nekada bilo obrađivano zemljište. Kod velikih zemljišnih čestica izvađeno kamenje se stavljalno na kupove, *gromile*, a u ogradama, a češće u nevisokim gomilama suhozidom izrađivale male prostorije koje su prekrivane sitnim kamenjem.



6. RESTAURACIJA KAMENE GRAĐE

Restauracija kamene građe je timski posao koji se izvodi u saradnji s odgovarajućim stručnim saradnicima (restaurator-konzervator, klesar, kipar, dijagnostičar-hemičar konzervator, historičar umjetnosti, arheolog i drugi, ovisno o potrebama).



Svi radovi na kamenim artefaktima provode se uz konsultaciju s nadležnim konzervatorskim odjelom. Klesarska radionica je opremljena svim potrebnim mašinama, alatima i materijalima potrebnim za realizaciju restauratorsko-konzervatorskih radova: čišćenje kamena krečnjačkog, mramornog i granitnog sastava (različite metode i tehnike; mehaničko čišćenje, čišćenje pomoću hemijskih obloga, vodene pare...), konsolidiranje kamena različitog sastava (zaustaviti degradirajuće procese u kamenu), izrada rekonstrukcija u različitim vrstama kamena - prema postojećem stanju, te izrada replika određenih kamenih fragmenata...Svi radovi, koji se obavljaju u našoj radionici, popraćeni su opsežnom dokumentacijom, fotografskom i pismenom, koja prati umjetninu od zatečenog stanja do konačne prezentacije kroz svaku fazu ostvarenih radova.

7. ČIŠĆENJE I ODRŽAVANJE KAMENIH POVRŠINA

Uticaj prirodnih egzogenih faktora (sunce, mraz, kiša, voda, vjetar) i agresivnih produkata industrijskog kompleksa (izduvni gasovi, azotni, ugljični i drugi kiseli agensi) postaju sve više faktori koji destruktivno djeluju na kamen, posebno u uslovima vanjskog ambijenta.



S druge strane, uljepšavanje prostora u čovjekovom okruženju postaje potreba da urbanizuje vanjski ambijent (trgovi, ulice, parkovi, bašte, fasade), da oplemeni radni i životni prostor (biroi, kancelarije, kupatila, trpezarije itd.), daje psihološki mir čovjeku ako je urađen prema njegovom unutrašnjem egu.

Za čišćenje površina kamena od naslaga: voska, hrđe, kamenca, algi, mahovine, cementa, masnoće, potrebno je izvršiti odabir specijalnih sredstava za određene tipove materijala koja otklanjaju pojedine vrste nečistoća. Nakon čišćenja kamene površine potrebno je zaštititi. Površine nekih vrsta kamena su porozne-šupljikave kao spužva. Radi sve većeg atmosferskog zagađenja i sve češćeg izloženog agresivnog utjecaja okoline, kamene površine trebaju posebnu njegu i održavanje. Kako bi kamene površine dugotrajno izgledale čiste i uredne te jednostavno održavane, potrebno je kamen dubinski zaštititi.

Dubinska zaštita - impregnacija je postupak kojom dugoročno dubinski zaštićujemo porozne površine građevinskih materijala kao što su: mramor, prirodni-betonski kamen, cotto i opeka od upijanja vode, masnoća i ostalih vrsta nečistoća. Nanošenjem vodo ili masno odbojne zaštite-impregnacije, na površini se ne stvara film, već impregnacije prodire duboko u kamen, zatvara mikropore te sprječava upijanje vode i svih vrsta nečistoća, algi, mahovine i pljesni. Voda i u njoj otopljive štetne tvari jednostavno klize sa impregnirane površine. Površine stoga ostaju duže čiste, otpornije su na nečistoće i mrlje, lakše se čiste a sposobnost difuzije vodene pare i dalje ostaje sačuvana. Izgled tretiranih površina uopće se ne mijenja, osim ako sredstvo za impregnaciju ne sadrži posebne dodatke koji naglašavaju boju odnosno daju "mokar" izgled.

Održavanje - njega je postupak kojim površine prirodnih materijala: mramora i svih vrsta kamena, primjenom sredstava za njegu, održavamo čistim i sjajnim (naravno ovisno o završnoj obradi površine). Redovnom primjenom sredstava za održavanje, struktura boje kamena je ljepša i prirodnija, površina ima njegovan izgled i ujedno je otpornija na zaprljanja.

Širok spektar površinskih obrada omogućava izbor dekorativnih, funkcionalnih i praktičnih predmeta, građevinskih ploča, figura itd. Međutim, pojedine površinske obrade ostavljaju i destruktivne posljedice, tako da je kamen potrebno zaštititi različitim sredstvima.

U osnovi, sva sredstva za zaštitu koja se danas nude na tržištu, pored zaštitne, imaju i sljedeće funkcije:

- dekorativnost,
- dugotrajnost,
- arhaičan (staroliki) izgled,
- dobre fizičko- mehaničke karakteristike.

Vrsta površinske obrade određuje vrstu zaštitnog sredstva. Mjesto i način ugradnje su takođe značajni za izbor zaštitnog sredstva. Frekvencija saobraćaja i pješaka takođe su od značaja za primjenu odgovarajućeg zaštitnog sredstva.

Na tržištu se nude sljedeća zaštitna sredstva:

- impregnacioni premazi,
- voštani premazi,
- silikonska zaštitna sredstva,
- sredstva na bazi terpentinskih ulja,
- epoksidne smole,
- poliesterske smole.



Zaštitna sredstva imaju upotrebu:

- ograničenog (kratkog) vremenskog trajanja,
- vremena trajanja 5- 10 godina,
- dugog vremenskog trajanja.

Najkvalitetnija zaštitna sredstva su na bazi epoksidnih i poliesterskih premaza, koji, pored izvanrednih mehaničkih karakteristika, imaju i najveću trajnost. Ostala zaštitna sredstva imaju ograničen rok trajanja, tako da se u određenim vremenskim intervalima moraju ponovo upotrijebiti.

LITETATURA

- [1] Mirko Mksimović: Eksploatacija, ispitivanje i primjena arhitektonskog kamena, Beograd 2006
- [2] Joško Belamarić: Kamen naš svagdašnji, Split- Mostar 2012
- [3] Tatjana Najdhart: Građevinske konstrukcije za prvi i drugi razred srednje škole, Sarajevo 1997.
- [4] Lado Pletikosi: Primjena kamena u građevinarstvu,
- [5] www.korak.com
- [6] www.vizijadanas.com
- [7] www.gradimo.hr
- [8] www.energomaksystem.com

SADRŽAJ

1. O KAMENU	3
1.1. Prirodni kamen.....	3
1.1.1. Magmatske stijene	4
1.1.2. Sedimentne stijene	7
1.1.3. Metamorfne stijene	10
1.2. Vrste arhitektonsko- građevinskog kamena	11
1.2.1. Granit	11
1.2.2. Krečnjaci	13
1.2.3. Mramor.....	14
1.2.4. Jablanički granit	16
1.3. Dekorativnost kamena	17
1.4. Trajnost ugrađenog kamena	20
2. O ZANIMANJU KAMENOKLESAR	21
3. POVRŠINSKA OBRADA KAMENA.....	24
4. RUČNA OBRADA KAMENA	27
4.1. Alati za ručnu obradu kamena	29
4.2. Udarna obrada kamena	31
4.3. Ručno brušenje i poliranje kamena.....	38
4.4. Mjerni pribor.....	41
5. UPOTREBA KAMENA U GRAĐEVINARSTVU I ARHITEKTURI. 41	
5.1. Tehnički kamen.....	42
5.2. Arhitektonski kamen.....	44
5.3. Zidovi od prirodnog kamena	45
5.3.1. Zidovi od lomljenog kamena	46
5.3.2. Zidovi od grubo priklesanog kamena	47
5.3.3. Kiklopski zidovi.....	49

5.3.4. Slojni zidovi od grubo obrađenog kamena	50
5.3.5. Zidovi od klesanaca ili kvadera	51
5.3.6. Suhozid	52
5.3.7. Vezovi pojedinih djelova i spojeva zidova od kamena .	53
5.3.8. Otvori u zidovima od kamena i njihovi završeci.....	53
5.3.8.1. Ravni lukovi od kamena	54
5.4. Stubovi od kamena	58
5.5. Krovovi od kamena	60
5.6. Kamene fasade.....	62
5.7. Horizontalne kamene obloge	65
5.7.1. Podovi od obrađenih kamenih ploča	67
5.7.2. Pod od prirodnog kamena.....	69
5.7.3. Kaldrma od sitne kocke.....	71
5.7.4. Kaldrma od oblutaka	73
5.7.5. Venecijanski mozaik- pod	74
5.7.6. Fugiranje horizontalnih obloga od kamena	76
5.7.7. Dilatacije kamenih obloga	77
5.8. Ostale mogućnosti primjene kamena.....	78
5.8.1. Rozete	78
5.8.2. Kameni vijenci.....	79
5.8.3. Rustikalno građevinarstvo.....	80
6. RESTAURACIJA KAMENE GRAĐE	81
7. ČIŠĆENJE I ODRŽAVANJE KAMENIH POVŠINA	81
8. LITERATURA.....	85