



## TEHNIČKA VRIJEDNOST KAMENA HERCEGOVINE - TEHNIČKI KAMEN ZA PROIZVODNJU GRAĐEVINSKIH MATERIJALA I INDUSTRIJSKIH PROIZVODA

Izv. prof. dr. sc. **Azra Kurtović**, dipl. ing. građ.  
Građevinski fakultet Sarajevo Univerzitet u Sarajevu

**Sažetak:** Ležišta građevinskih materijala čine ležišta nemetalnih mineralnih sirovina, koja se koriste kao glavna, prateća ili samo kao dodaci za dobijanje različitih građevinskih materijala. Danas kamen predstavlja materijal koji se koristi u ogromnoj razmjeri, te se njegova godišnja potrošnja u svijetu izražava u hiljadama miliona tona.

Kamen dobijen iz čvrstih stijenskih masa u kamenolomu koristi se kao: građevinski materijal u obliku građevinskog (tehničkog i arhitektonsko-građevinskog) kamena; osnovna sirovina za proizvodnju raznih vrsta građevinskih materijala; osnovna sirovina ili sirovinska komponenta za proizvodnju raznih industrijskih proizvoda; topitelj pri raznim metalurškim procesima proizvodnje željeza i drugih metala.

**Ključne riječi:** nemetalne mineralne sirovine, tehnički kamen, građevinski materijali

## TECHNICAL VALUE OF THE HERZEGOVINA'S STONE - PROCESSED STONE FOR PRODUCTION OF CIVIL MATERIALS AND INDUSTRIAL PRODUCTS

**Abstract:** Deposits of building materials are deposits of non-metallic mineral raw materials, which are used as main, accompanying or just as additives for obtaining various building materials.

Today, the stone as a material is used in a wide range, and its annual consumption in the world is expressed in thousands of tons.

Stone obtained from solid rock masses in the quarry is used as: building material in the form of building (processed and civil – architectural) stone; basic raw material for production of various types of construction materials; basic raw material or raw material component for production of various industrial products; “melting” material for various metallurgical processes for production of iron and other metals.

**Key words:** non-metallic minerals, crushed stone, construction materials



## 1. UVOD

*Pravilnikom o tehničkim normativima za površinsku eksploataciju arhitektonsko-građevinskog kamena (ukrasnog kamena), tehničkog kamena, šljunka i pijeska i preradu arhitektonsko-građevinskog kamena („SL SFRJ“, broj 11/86) definisan je pojam tehničkog kamena, kao: „mineralna sirovina koja je dobijena iz sedimentnih, magmatskih i metamorfnih stijena, a koja se upotrebljava kao tehničko-građevinski kamen i u industriji za određene namjene“.*

*Pravilnikom o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnim sirovina i vođenju evidencije o njima („SL SFRJ“, broj 53/1979) propisuju se jedinstveni kriteriji za utvrđivanje rezervi čvrstih mineralnih sirovina, uslovi za razvrstavanje u kategorije i klase, način proračunavanja i evidentiranja i sadržaj elaborata o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunavanju rezervi čvrstih mineralnih sirovina.*

Prema sadašnjoj važećoj regulativi, u BiH se utvrđuju, razvrstavaju u klase i evidentiraju rezerve sljedećih čvrstih mineralnih sirovina: ugalj, biljni (bituminozni) škriljci, uran, bakar, olovo i cink, živa, antimon, crveni boksiti, željezo, mangan, niki i kobalt, hromit, zlato, volfram, molibden, kalaj, *magnezit, karbonatne stijene (dolomit, krečnjak i kreda)*, barit, natrijumove soli, kvarcne sirovine, kvarcni pijesak i kvarcni šljunak, talk i pirofilit, fosfati, bentoniti, vatrostalne i keramičke gline, kaolin, halozit, gips i anhidrit, hrizotil-azbest, fluorit, feldspat, grafit, volastonit, bijeli boksiti, dijatomit, perlit, sirovine za cementnu industriju (laporci i krečnjaci), tuf, *tehnički građevinski kamen*, arhitektonsko-građevinski kamen, opekarske gline, šljunak i pijesak.

Prema *Zakonu o geološkim istraživanjima* („SN FBiH“, broj 9/10 i 14/10), u *nemetalične* mineralne sirovine pripadaju: abrazivi, azbesti, barit, bentonit, bijeli boksit, cementni laporci, dijatomit, dolomit, feldspat, fluorit, gips, grafit, kreda, krečnjak, silicijske sirovine, keramičke i vatrostalne gline, keramzit, škriljci, liskuni, magnezit, opekarske gline, pirofiliti, sumpor, tuf, talk, tehničko-građevinski kamen, arhitektonsko-građevinski kamen, ukrasno i poludrago kamenje, šljunak i pijesak za građevinarstvo izvan vodenih tokova;

Danas kamen predstavlja materijal koji se koristi u ogromnoj razmjeri, te se njegova godišnja potrošnja u svijetu izražava u hiljadama miliona tona.

Kamen dobijen iz čvrstih stijenskih masa u kamenolomu odnosno iz naslaga klastičnih stijena koristi se kao:

- građevinski materijal u obliku građevinskog (tehničkog i arhitektonsko-građevinskog) kamena,
- osnovna sirovina za proizvodnju raznih vrsta građevinskih materijala,
- osnovna sirovina ili sirovinna komponenta za proizvodnju raznih industrijskih proizvoda,
- topitelj pri raznim metalurškim procesima proizvodnje željeza i drugih metala.

Krečnjaci su najkorisniji za čovjekove djelatnosti od svih stijena Zemljine kore. Prema novijim podacima krečnjaci čine 12% mase svih sedimentnih stijena Zemljine kore.

Teritorijalno najviše rasprostranjen kamen na području Hercegovine (gotovo 80%) je krečnjak. Najveće rasprostranjene imaju kredni i eocenski krečnjaci.

Primjena krečnjaka u određenim oblastima uslovljena je različitim svojstvima. Sve oblasti primjene, s obzirom na značaj pojedinih svojstava, mogu se razvrstati u slijedeće grupe:

- a) oblasti primjene kod kojih odlučujući značaj ima hemijski sastav koji mora biti poznat u detaljima za pojedinu namjenu (metalurgija, proizvodnja veziva, hemijska industrija, industrija stakla, punila). Fizičko-mehanička svojstva se utvrđuju u ograničenom obimu,
- b) oblast primjene za koju su važna fizičko-mehanička svojstva i u ograničenom obimu mineralni sastav (agregat za cementni i asfaltni beton)
- c) oblast primjene kod kojih odlučujući značaj imaju fizičko-mehanička svojstva i vremenska trajnost (putevi, zidanje, zastori željezničkih pruga, hidrotehnički radovi i sl.), oblast primjene kod koje pored fizičko-mehaničkih svojstava važnu ulogu imaju opći



izgled tj. dekorativna svojstva, obradljivost, mogućnost dobijanja monolita i mineralni sastav (arhitektonski kamen).

## 2. GRAĐEVINSKI MATERIJALI

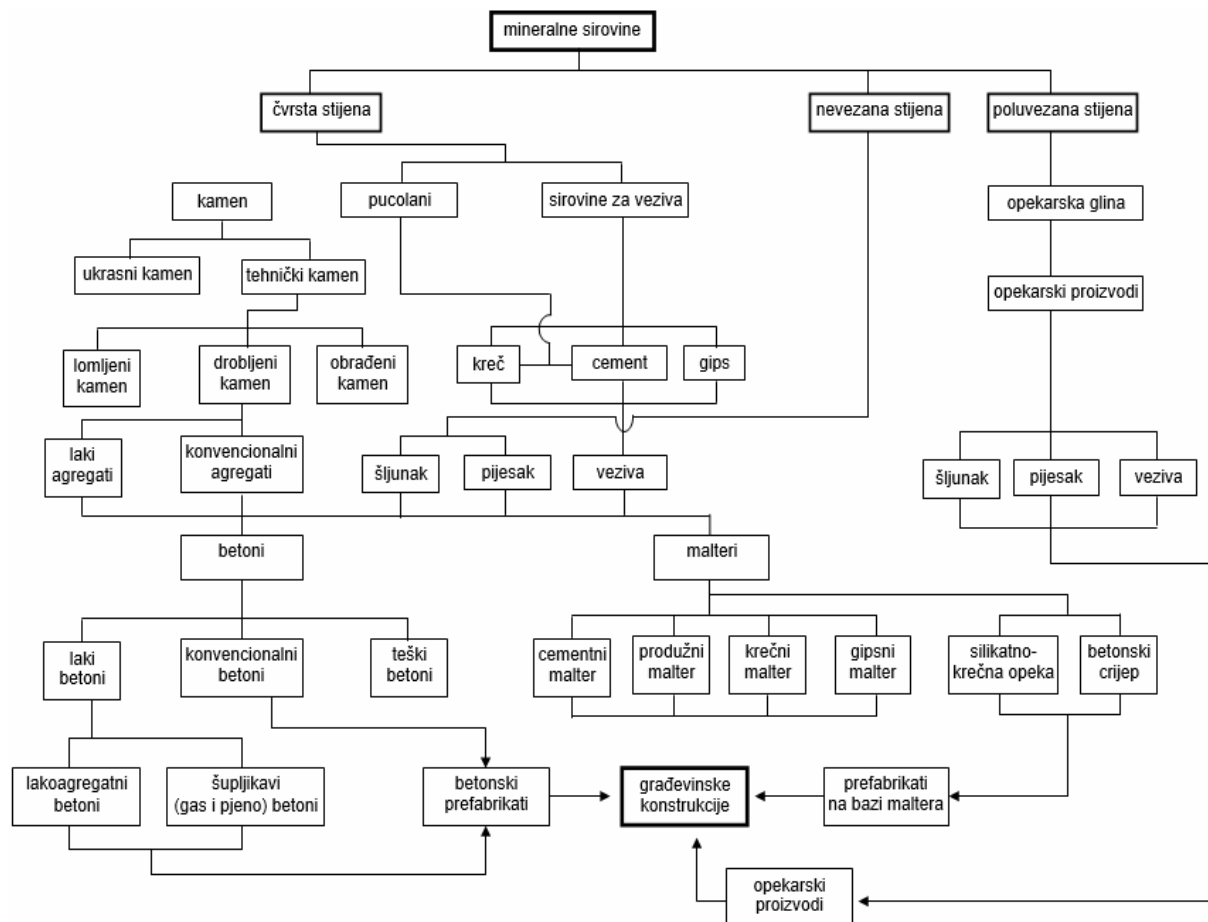
Ležišta građevinskih materijala čine ležišta nemetalnih mineralnih sirovina, koja se koriste kao glavna, prateća ili samo kao dodaci za dobijanje različitih građevinskih materijala. Glavne nemetalne sirovine u proizvodnji građevinskih materijala su sirovine koje većinski učestvuju u dobijanju različitih proizvoda građevinskih materijala. Takve nemetalne sirovine su laporci za dobijanje cementa, gline za proizvodnju raznih proizvoda u ciglarskoj industriji, krečnjaci i dolomiti za tehnički kamen i sl.

Prateće nemetalne sirovine su sirovine koje se dodaju ispod 10 % za dobijanje različitih paleta građevinskih proizvoda. To su krečnjaci i pisača kreda pri dobijanju cementa.

Dodaci su nemetalne mineralne sirovine koje učestvuju u veoma malom procentu u strukturi pri dobijanju različitih proizvoda građevinskih materijala. Njihovim dodavanjem poboljšava se kvalitet proizvoda. Radi se o sirovinama kao što su dijatomit, plovučac, mineralni pigmenti.

Podjela ležišta građevinskih materijala može se uslovno izvršiti na osnovu tehnološke obrade i upotrebe sirovine u građevinarstvu. Prema tome se nemetalne sirovine dijele na:

- prirodne (tehnološki neobrađene) građevinske materijale
- tehnološki obrađene građevinske materijale.



Slika 1. Generalna shema sistematizacije građevinskih materijala mineralnog porijekla



U prirodne građevinske materijale spadaju:

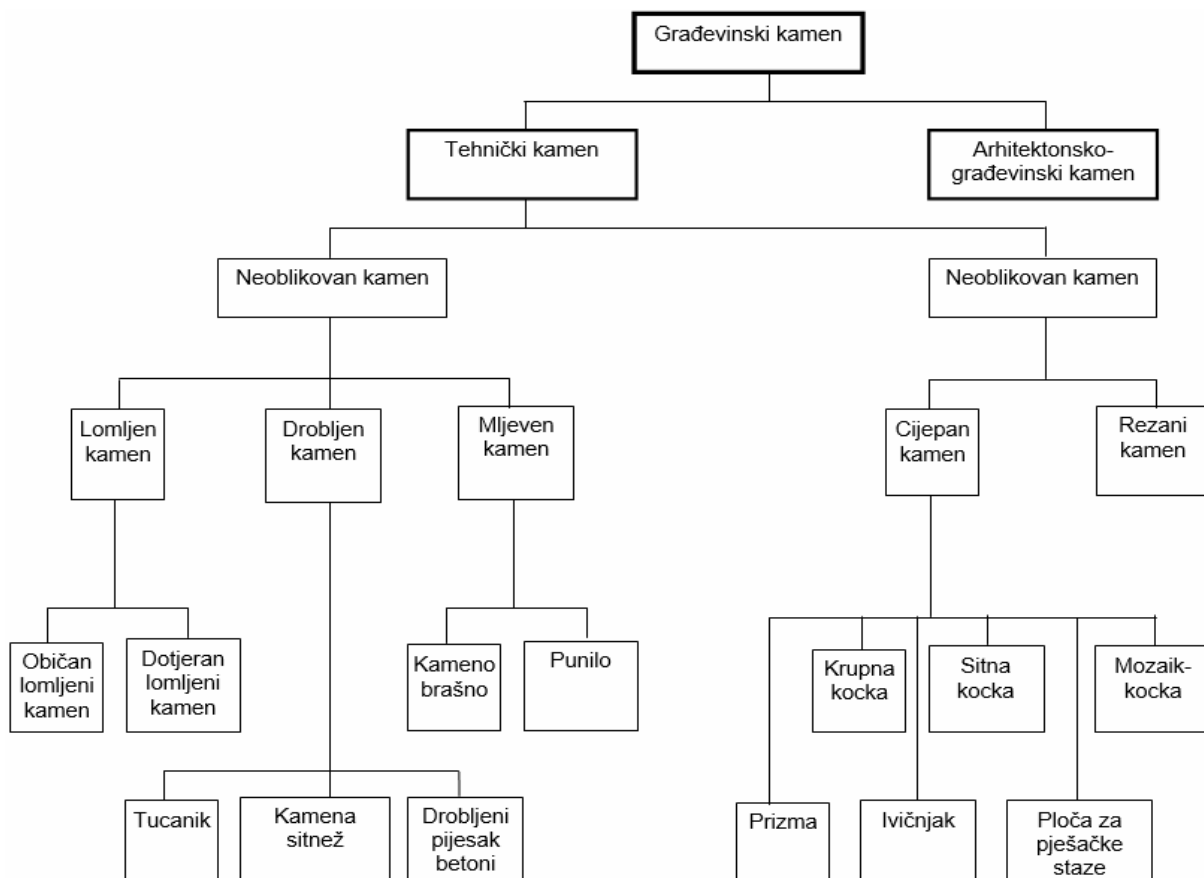
- arhitektonsko-građevinski kamen,
- tehnički kamen,
- pijesak i šljunak.

U tehnološki obrađene građevinske materijale spadaju:

- sirovine za proizvodnju vezivnih materijala,
- sirovine za proizvodnju termoizolacionih materijala i povećanje zapremine,
- sirovine za proizvodnju keramike,
- sirovine za proizvodnju vatrostalnih materijala,
- sirovine za proizvodnju stakla.

### 3. PRIRODNI GRAĐEVINSKI MATERIJALI – KAMEN SE U GRAĐEVINARSTVU KORISTI KAO TEHNIČKI I ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKI

S obzirom na oblasti primjene, ulogu u primjeni te kvalitetne zahtjeve koji iz toga proizilaze, generalno se izdvajaju dvije glavne grane industrije građevinskog kamena: tehnički i arhitektonski kamen. Te dvije grane imaju malo toga zajedničkog u načinu eksploatacije, preradi, namjeni i obliku upotrebe. Eksploatacija tehničkog kamena se zasniva uglavnom na razbijanju stijenske mase u lomljenik manje ili veće krupnoće, a eksploatacija arhitektonskog kamena se zasniva na dobijanju cjelovitih monolita velikih dimenzija pa je ograničena na stijenske mase koje takve mogućnosti pružaju.



Slika 2. Sistematizacija tehničkog kamena



Na svakom površinskom kopu arhitektonsko-građevinskog kamena u eksploataciji prisutna je čitava lepeza stijenskog materijala: od primarnih blokova, preko vangabaritnog lomljenog materijala, pa sve do kamene sitneži.

Drobljenjem se može valorizirati praktično sav kamen pod uslovom da je dekorativan i da ima dobra fizičko-mehanička svojstva. Selektivnu eksploataciju treba primijeniti da bi se iskoristio sav stijenski materijal iz ležišta.

Tabela 1. Sistematika tehničkog kamena prema obliku i dimenzijama [2]

<b>vrsta kamena</b>	<b>podvrsta kamena</b>	<b>Naziv asortimana</b>	<b>Oblik i dimenzije kamena/ kamenih agregata</b>
Lomljen kamen	običan lomljen kamen	kamen za nabačaj	nepravilnog oblika, velikih dimenzija
	lomljen kamen za zidanje	običan kamen	nepravilnog oblika, manjih dimen.
		pločasti kamen	nepravilnog oblika sa najmanje dvije ravne površine
		dotjeran kamen	nepravilnog oblika sa najmanje dvije ravne površine od kojih je vidna površina dotjerana dlijetom ili špicom
Drobljeni * kamen	kamen za izradu kol. konstrukcija	agregat za izradu donjih nosivih slojeva	
	kamen za proizvodnju separisanih agregata	primarno drobljen	do 300 mm
		sekundarno drobljen	do 60 mm
Separisani (kameni) agregat	agregat za visoko – i hidrogradnju	agregat za beton	0-4mm; 4-8mm; 8-16mm; 16-32mm; 32-60 mm
		agregat za cementno-betonske kolovoze	0-4mm; 4-8mm; 8-16mm; 16-32mm; 32-63 mm
	agregat za niskogradnju	agregat za asfalt betone	0-2mm; 0-4mm; 0-8mm; 0-11mm; 0-16mm; 0-22 mm
		agregat za zastore željezničkih pruga-tucanik	5-15mm; 15-25mm; 25-35,5mm; 35,5-65 mm
Mljeveni ** kamen	kamenno brašno za ugljovodonične mješavine	kamenno brašno	< 0,25 mm / iznimno 0,71 mm
		punilo (filer)	< 0,09 mm
Oblikovan kamen	polutesani kamen		pretežno paralelopipednog oblika ravnih površina
	tesani (cijepani) kamen	sitna kocka	ivice 8-10 cm
		krupna kocka	ivice 16-20 cm
		kocka za mozaik	ivice 4-60cm
		prizma	-
		ivičnjak	prizmatičnog oblika
	ploča za pješačke staze	kvadratnog ili pravougaonog oblika, debljine 10-17 cm	
naročito obrađen kamen	elementi za izradu kapitela, svodova, lukova, stubova		



Kao drobljeni, arhitektonsko-građevinski kamen ima primjenu za :

- teraco obradu građevinskih ploča i površina,
  - kulir obradu građevinskih ploča i površina
  - fasade od mljevenih kamenih agregata (završni malteri),
  - vrtne ambijente i ukrašavanje arhitektonskih sadržaja
- proizvode građevinske hemije.

Nazivi grus (fina kamena sitnež) i split (kamena sitnež od 15 mm do 30 mm) vrlo rijetko se koriste.

\*Izučavanje drobljivosti kamena je od značaja iz nekoliko razloga:

- povećava se broj materijala koji se primjenjuju u građevinarstvu,
- proširuje se arhitektonski sadržaj primjenom novih materijala,
- smanjuje se otpad u eksploataciji i preradi arhitektonsko-građevinskog kamena potpunim iskorištenjam kamena bez „ostatka“.

Usitnjavanjem miniranog kamena u drobilicama, različitim udarnim i mehaničkim postupcima dobija se drobljeni kamen različitog stepena krupnoće. U daljnem tehnološkom lancu izdrobljene granulacije se prosijavaju na različitim vrstama prosjevnih sita i dobijaju se razdvojene granulacije koje imaju široku primjenu.

U pogledu drobljivosti izdvajaju se teško drobljive, srednje drobljive, lako drobljive i nedrobljive vrste kamena.

Teško drobljive su stijene visoke udarne čvrstoće kakve su dijabazi, bazalti, kvarciti, porfiri i korniti.

Nedrobljive su mekane stijene. Kod njih se praktično provodi glačanje stijenskog materijala, a ne odlamanje. One se se bez problema izdrobiti i izmrviti, ali promjene koje se dešavaju u drobilicama su atipične za drobljenje. U ove stijene spadaju bigar, tufovi, mekani krečnjaci i dr.

U proizvodnji teraca i teraco ploča (vrsta vještačkog kamena) prema veličini zrna kameni agregat se razvrstava na krupnoće prema tabeli 2.

Tabela 2. Klasifikacija kamenog agregata u proizvodnji teraca [5], [6].

oznaka agregata	trgovački naziv	veličine zrna (mm)
00	kameno brašno	< 1
0	kameni griz	1-2
1	kamena sitnež	2-4
2	kamena sitnež	4-7
3	kamena sitnež	7-10
4	kamena sitnež- teraco i kulir zrno – rizla	>10

Teraco zrno poznatije kao „Rizla“ koristi se za dekoraciju staza u dvorištima, staza u parkovima, površinama ispred stambenih objekata, dekoraciju površina oko vrtnih jezera i dr. Proizvodnja teraca je opravdana iz više razloga:

- veliki broj ležišta ima lijepe karbonate u boji koje omogućavaju da teraco proizvod bude veoma dekorativnog izgleda,
- teraco podovi i frekventne površine se lako održavaju,
- trajnost teraca je dobra, posebno kada se kvalitetno uradi,
- otpornost na dinamičke udare i fizička oštećenja je dobra jer se teraco ploče rade od 3 cm debljine, a podloga je betonska,
- cijena teraca je znatno niža od glačanih građevinskih ploča.

Teraco građevinske ploče su isplative, dvije trećine ploča je cementno betonski materijal, a gornja gazeća površina je od kompozita teraco zrna i cementa.



Proizvodnja teraco ploča se odvija dosta brzo sa specijalnim mašinama sa kalupima u koje se pod pritiskom složi materijal, izvrši zapunjavanje i poslije 3-5 dana ploče se bruse i glačaju.

Nekada je tzv. liveni teraco na podovima bio vrhunski rad, doveden u svojoj perfekciji do umjetničkih dimenzija.

Proizvođači opreme za teraco tehnologiju ponudili su nove tipove mašina, a ponuda teraco zrna je velika. Teraco ploče se danas rade sa tri vrste veziva:

- cementnim,
- poliesterskim i
- epoksidnim smolama.

Dekorativnost se postiže primjenom raznovrsnih mogućnosti reprodukcije prirodnih materijala, oponašanja strukture, teksture i boje. Fizičko-mehanička svojstva su uvijek dobra, jedino se ne postiže visok sjaj i uglačanost cementnih teraco ploča jer cementno vezivo nema svojstvo poliranja.

Kulir završna obrada se dosta koristi na protivkliznim površinama i parapetnim dijelovima objekata gdje se očekuje veća trajnost s obzirom da se kulir radi u cement-malterskoj masi, koja se djelimično ispere vodenom maglom kako bi se dobio rustičan izgled. Za kulir se obično koriste krupnije granulacije (2-7 mm).

\*\* Naziv mljeveni kamen s obzirom na savremene proizvodne tehnologije nije uvijek odgovarajući, iako se najveće količine dobijaju postupkom dezintegracije pomoću mehaničkih tarnih elemenata (kugličnih, valjčastih, fino odbojnih mlinova). Fino usitnjavanje se može izvršiti i u fluidnom mlinu u kome fluid može biti komprimirani zrak (0,6 MPa -0,8 MPa) ili pregrijana vodena para visokog pritiska.

Prirodna mineralna brašna ili punila dobijaju se od mnogobrojnih nemetalnih materija kao što su barit, kaolin, talk, liskun (muskovit), silicijske stijene (kvarciti, dijatomit), karbonatne stijene i dr. Među nabrojanim, po značaju, danas se izdvajaju karbonatne stijene koje su najznačajnija nemetalna mineralna materija za proizvodnju prirodnog karbonatnog brašna.

Pod prirodnim karbonatnim brašnom se podrazumijeva spraseni (mikronizirani) proizvod od karbonatnih stijena. Vrste kamena koje se najviše koriste za proizvodnju kamenog brašna su različiti varijeteti hemijski vrlo čistih krečnjaka (kreda, mekani afanatični krečnjaci kakvi su litografski krečnjak, oolitski krečnjak i mekani krečnjaci mlađih geoloških formacija), dolomita i mramora.

Prema mineralnom karakteru karbonatnih stijena izdvajaju se dvije osnovne kategorije karbonatnog brašna-kalcijum karbonatno (kalcitno) i dolomitno brašno. S obzirom na fizičke karakteristike polaznih sirovina u kategoriji  $\text{CaCO}_3$  brašna, izdvajaju se podkategorije: kreda i kristalni  $\text{CaCO}_3$ . Suštinska razlika između ove dvije podkategorije je u strukturno-teksturnim svojstvima između krede i mramora (mermera), kao polaznih sirovina.

Kameno brašno predstavlja usitnjeni kameni materijal, sa česticama krupnoće ispod 0,200 mm, a kategoriše se prema veličini čestica na sljedeće klase:

- |                 |  |
|-----------------|--|
| 1. grubo        | čestice veličine ispod 200 $\mu\text{m}$ |
| 2. srednje fino | čestice veličine ispod 63 $\mu\text{m}$  |
| 1. fino         | čestice veličine ispod 45 $\mu\text{m}$  |
| 2. vrlo fino    | čestice veličine ispod 20 $\mu\text{m}$  |
| 3. super fino   | čestice veličine ispod 10 $\mu\text{m}$  |
| 4. ultra fino   | čestice veličine ispod 5 $\mu\text{m}$   |

Krečnjaci se u građevinarstvu koriste kao tehnički i arhitektonsko-građevinski kamen. Prema hemijskom sastavu krečnjaci u građevinarstvu klasificirani su na više klasa (tabela 3).



Tabela 3 Klasifikacija krečnjaka u građevinarstvu prema hemijskom sastavu [1]

Klasa kvaliteta	Sadržaj u %				
	CaO min.	MgO max.	SiO <sub>2</sub> max.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max.
Ekstra	55,5	0,10	0,05	0,01	0,001
I	55,0	0,30	0,10	0,05	0,002
II	55,0	0,50	0,30	0,10	0,003
III	55,0	0,80	0,50	0,20	0,020
IV	54,0	1,20	0,80	0,30	0,050
V	54,0	1,50	1,00	0,40	0,100

Krečnjaci gornje krede eksploatisali su se uglavnom na prostorima zapadne Hercegovine na lokalitetima Česića Draga kod Širokog Brijega, Bosiljna, Konjovca i Gradca kod Posušja te Crveni Grm kod Ljubuškog. Krečnjačka breča sjeveroistočno od Posušja sa komercijalnim nazivom Klenjak.

Dosadašnjim ispitivanjima kamena (biokalkarenit) sa lokaliteta Bosiljna utvrđen je relativni stepen bjeline u odnosu na standardni uzorak od 99%.

Hemijska analiza kamena Bosiljna, u pogledu glavnih sastojaka (tabela 4), odgovara prvoj kvaliteti kamena krečnjaka.

Kristalasti škriljci se upotrebljavaju u građevinarstvu kao obrađeni u vidu ploča za stepeništa, za pokrivanje krovova pojedinih stambenih objekata, pragove, prozorske okvire, obloga zidova i sl.

Tabela 4 Kemijska analiza kamena krečnjaka sa lokaliteta Bosiljna [7]

	Sadržaj u %
gubitak žarenjem	43,36
CaO	55,81
SiO <sub>2</sub>	0,07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07
SO <sub>3</sub>	0,31
MgO	0,23
CaCO <sub>3</sub>	98,66





#### 4. OSNOVNA SIROVINA ZA PROIZVODNJU RAZNIH VRSTA GRAĐEVINSKIH MATERIJALA

Tabela 5. Pregled prirodnih nemetalnih sirovina za proizvodnju građevinskih materijala [1]

<b>vrsta građevinskog materijala</b>	<b>korištena prirodna mineralna sirovina</b>
Cementi	karbonatne stijene (krečnjak, kreda, laporac), glinovite stijene (gline, sugline, lijes), opeke, trepeli, tuf, plovučac, gips i anhidrit
Azbestno-cementni proizvodi	azbestni koncentri
Materijal za krovove i hidroizolacioni materijal (terpapier, ruberoid, ljepenka)	osnovni pijesak, mljeveni liskun i talk
Armirano betonski i betonski elementi	tucanik, šljunak, građevinski pijesak, prirodni i laki zapunitelj
Blokovi za zidanje (krupni blokovi od aeriranog -porobetona, betonski i šljako-betonski blokovi za zidanje, blokovi od kamena)	rezani kamen (krečnjak, tuf, dolomit, pješčar), tucanik, šljunak, građevinski pijesak, laki zapunitelj
Građevinska opeka i crijep (pečena i silikatna opeka, keramički blokovi, paneli, crijep, blokovi i paneli od opeke)	teško topljive i lakotopljive gline, sugline, supjeskovi, lijes, dijatomit, građevinski pijesak, karbonatne stijene
Građevinska keramika (sanitarno-tehnički proizvodi od porcelana i fajansa, ploče za unutrašnje i spoljašnje oblaganje zidova, ploče za podove, keramičke kanalizacije i drenažne cijevi, materijali otporni na kiseline)	vatrostalne, teškotopljive i bentonitske gline, kvarcni pijesak
Nemetalični građevinski materijal (tucanik, šljunak, građevinski pijesak, pjeskovito-šljunkovite smjese, lomljeni kamen)	magmatske (granit, gabro i dr.), metamorfne (mermer, amfibolit i dr.), kompaktno sedimentne (kvarcni pješčar, krečnjak i dr. ) i rastresite sedimentne (kvarcni i mješoviti pjeskovi, pjeskovito-šljunkovite mješavine i dr. stijene)
Arhitektonsko-građevinski kamen (oblažuće i dekorativne ploče i dr. elementi od prirodnog kamena)	magmatske (granit, gabro i dr.), metamorfne (mermer, amfibolit i dr.), sedimentne (krečnjaci, konglomerati i dr. ) istijene, pijesak i tucanik od tih stijena)
Laki (porozni) zapunitelji (keramzit, agloporit, ekspanzirani perlit, vermikulit i šungizit, tucanik i pijesak od vulkanske šljake, plovučca, tufa, opeke, šljakni plovučac)	lakotopljive gline, sugline, argiliti, les, supijesak, perlit, šungitonosni škrljci, bentonit, vermikulit, vulkanski tufovi, šljake, plovučac, porozni bazalti, opeke, dijatomiti, trepeli
Krečnjački i gipsni vezujući materijali i proizvodi dobijeni od njih (kreč, gips, krečno-pucolanski i krečno-zgurasti /šljakni/cement)	Krečnjaci, gips, kreda, dijatomit, tepel, opeka, vulkanski pepeo, plovučac, tuf, tufo-breče, raspadnuti bazalti
Toplotno-izolacioni materijali (mineralna vuna, bazaltsko vlakno, dijatomitski, vermikulitski, perlitski i dr. toplotni i zvučni izolator)	Bazalt, dijabaz, diorit, sijenit, krečnjak, dolomit, glinoviti škrljci, dijatomit, vermikulit, perlit i dr.
Kaolinski koncentrat, feldspatski i kvarc-feldspatski materijali, mljeveni talk, drobljeni liskun, liskunska ljepenka i dr. liskunski proizvodi, grafit	Kaolin, pegmatit, granit, talk, liskun, muskovit, grafit, alkalni kaolini, albit, porcelanski kamen, perlit, liparit, volastonit
Proizvodi od stakla	kvarcni pijesak (staklarac), pješčar, dolomit, krečnjak, prirodna soda, perlit, liparit, opal-kristobali-tske stijene (siliciti), kvarcit
Betonski elementi, građevinski rastvori, asfaltbeton	Tucanik, šljunak, građevinski pijesak



## Kreč

Kreč je naziv za vezivo dobijeno umjerenim pečenjem (koje ne dovodi do sinterovanja) karbonatnih stijena. Živi kreč, pečeni kreč, negašeni ili komadni kreč je proizvod dobijen kalcinacijom krečnjaka ili dolomita i sastoji se od oksida kalcija odnosno oksida kalcija i magnezija pa se razlikuju:

- visoko kalcijski kreč sa više od 90 % CaO,
- kalcijski kreč sa 85% - 90% CaO,
- magnezijski kreč sa 10% do 25% MgO,
- visoko magnezijski kreč sa više od 25% MgO do max. 45% MgO ako je žaren čist dolomit.
- Prema savremenim shvatanjima u faktore koji imaju presudan uticaj na proces kalcinacije karbonatnih sirovina ubrajaju se:
  - faktori koji definišu kvalitet kamena,
  - faktori koji definišu ponašanje kamena u peći

Pod pojmom kalcinacije podrazumijeva se izraz za operaciju pri kojoj se zagrijavanjem istjeruje kristalna voda iz kristaliziranih soli. Pri tome se kristali te soli raspadaju u amorfan prah. U širem smislu, kalcinacija znači i žarenje, pri kojem ne dolazi samo do dehidriranja nego i do hemijskih promjena.

Ocjenjivan sa aspekta faktora koji definišu njegov kvalitet, od kamena koji se upotrebljava za proizvodnju živog kreča zahtjeva se da:

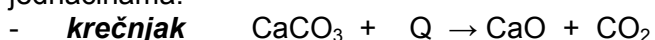
- ukupan sadržaj karbonata kalcijuma ( $\text{CaCO}_3$ ) i magnezijuma ( $\text{MgCO}_3$ ) ne bude manji od 95 %,
- sadržaj hemijskih nečistoća u obliku  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , alkalija i dr. ne bude veći od 5% kamen u pogledu granulometrijskog sastava i veličine maksimalnog zrna odgovara tipu peći u kojoj se vrši kalcinacija,
- u pogledu fizičkih svojstava, naročito u pogledu tvrdoće i čvrstoće, kamen odgovara tipu peći
- kamen onečišćen glinom mora se prethodno oprati,

Faktori koji definišu kvalitet kamena u peći su:

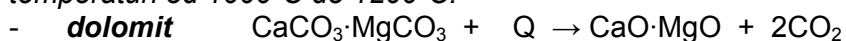
- dekrepitacija (prskanje) kamena pri njegovom termičkom tretiranju u peći (kamen treba da ima što manji stepen dekripitacije u peći pri procesu kalcinacije,
- otpornost kamena na habanje (zahtjeva se što veća otpornost na habanje),
- gubitak mase kamena (izbjegavati upotrebu kamena sa visokim sadržajem vlage jer veliki sadržaj vlage ometa proces termičkog tretiranja kamena u peći i dovodi do povećanog utroška toplotne energije.
- skupljanje kamena,
- promjena poroznosti kamena (što sporija promjena poroznosti kamena pri procesu pečenja, jer je ona osnovni uzrok neželjenog procesa prskanja kamena u male fragmente).
- promjena rasporeda u kristalnoj rešetki minerala od koji se kamen sastoji.

### **Osnovni principi ponašanja karbonata pri termičkom tretiranju**

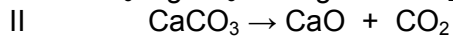
Osnovno hemijsko svojstvo karbonatnih stijena krečnjaka ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) i magnezita ( $\text{MgCO}_3$ ) je njihovo razlaganje pri termičkom tretiranju na temperaturama kalcinacije (dekarbonatizacije) na osnovni oksid i ugljen dioksid prema jednačinama:



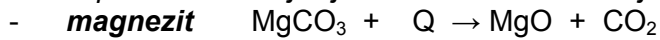
temperatura razlaganja kalcita iznosi  $898^\circ\text{C}$ , ali se u industrijskim pećima kreč peče na temperaturi od  $1000^\circ\text{C}$  do  $1200^\circ\text{C}$ .



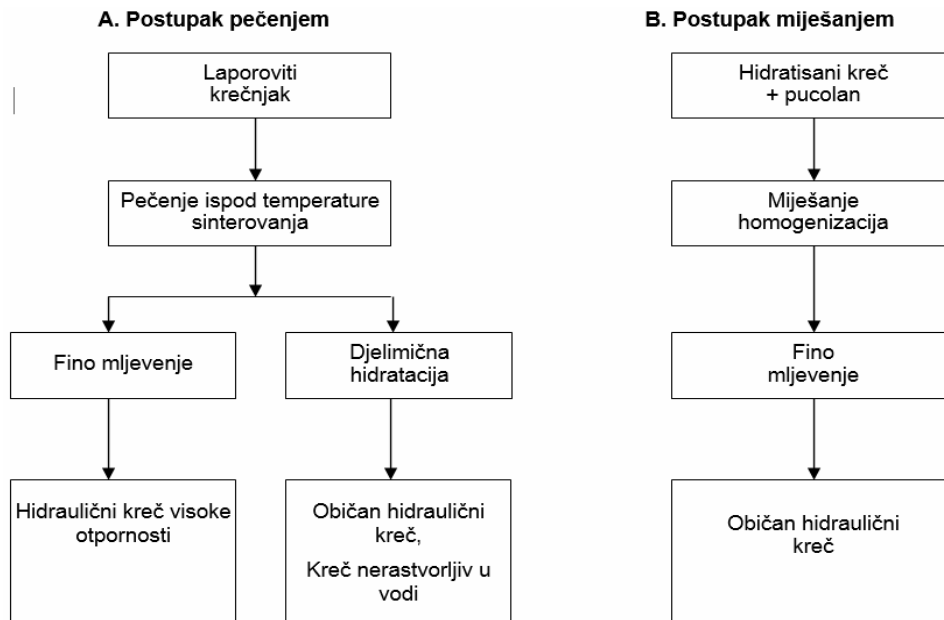
dekarbonatizacija dolomita je dosta složena i odvija se u dva stupnja:



za temperaturu disocijacije dolomita uzima se vrijednost od  $725^\circ\text{C}$ .



generalno je prihvaćeno da se disocijacija magnezita odvija u temperaturnom intervalu:  $400^\circ\text{C} - 480^\circ\text{C}$ .



Sl.3. Shema proizvodnje hidrauličnog kreča

Proces pečenja počinje dehidatacijom (oduzimanjem vode) glinovitim komponenti prisutnih u laporovitim krečnjacima.

### Hidraulični kreč koji se dobija postupkom pečenja

Osnovnu sirovinu za proizvodnju hidrauličnog kreča postupkom pečenja predstavljaju laporoviti krečnjaci sa sadržajem  $\text{CaCO}_3$  od 70% do 75%.

Dehidratacija ovih glinovitim komponenti koje su predstavljene glinama uglavnom ilitskog, rjeđe kaolinskog i montmorionitskog tipa, završava se u temperaturnom intervalu  $500^\circ\text{C} - 700^\circ\text{C}$ .

Intenzivna disocijacija kalcijum karbonata započinje poslije dehidratacije glinovite komponente, najintenzivnija je na temperaturi od  $900^\circ\text{C}$ , a završava na  $1200^\circ\text{C}$  kada dolazi do potpunog zasićenja kreča ( $\text{CaO}$ ) sa raspoloživim kiselim oksidima ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). U hidrauličnom kreču kalcijum-oksidi su dominantni vezivni elementi, dok hidraulični sastojci predstavljaju elemente koji mu daju karakter hidrauličnog veziva.

### Primjena kreča

Živi i hidratirani kreč predstavljaju proizvode čija upotreba po količini i značaju danas prevazilazi upotrebu mnogih industrijskih proizvoda uključujući i neke građevinske materijale. Naravno, proizvodnja kreča se ne može upoređivati sa proizvodnjom čvrstih i tečnih goriva (ugalj, nafta) koje se, skoro isključivo, upotrebljavaju za proizvodnju toplotne i elektroenergije.

Danas se kreč koristi u:

#### a) Građevinarstvu

- kao sirovinna komponenta za izradu krečnih, produžnih i gipsano-krečnih maltera



- kao vezivo koje se dodaje u glinovito tlo, u kojem stupa u reakciju sa alumo-silikatnim komponentama iz gline, višestruko povećavajući čvrstoće tla pri čemu krečom stabilizovani slojevi predstavljaju branu koja sprječava kretanje površinskih odnosno kapilarnih voda,
  - kao komponenta veziva, odnosno hidrauličnog kreča dobijenog miješanjem hidratisanog kreča i pucolanskih dodataka prirodnog ili vještačkog porijekla (elektrofilterski pepeo, troska iz termoelektrana),
  - u obliku injekcione mase (krečna suspenzija) koja se injektira u donji sloj postojećih kolovoznih konstrukcija čija se nosivost na taj način povećava. Efekat stabilizacije tla se zasniva na ionskoj difuziji prema kojoj kalcijevi ioni iz kreča migrirajući bočno i u vertikalnom pravcu stabiliziraju glinu na isti način kao što se to dešava pri stabilizaciji glinenog tla krečom u prahu odnosno krečnom suspenzijom.
- b) Industriji građevinskog materijala za proizvodnju
- hidrauličnog kreča,
  - suhih maltera,
  - ćelijastih i pjeno betona,
  - silikatno-krečne opeke;
- c) metalurškim procesima proizvodnje željeza, čelika, metalnog magnezija i kalcija, glinice i dr.
- d) procesima flotacije obojenih i drugih metala (bakra, zlata, srebra, žive i dr.) odnosno obogaćivanja uranijskih ruda,
- e) hemijskoj industriji pri proizvodnji sode (kaustične i kalcinirane), alkalija, kalcijum-karbida, neorganskih i organskih soli na bazi kalcija i magnezija, celuloze i papira, insekticida i pesticida, pigmenata i boja, sredstva, za bijeljenje, sapuna i masti, kože, gume i dr.
- f) industriji nemetala (staklo, sinter-magnezitnih opeka, silika opeka, silicijum-karbidnih opeka),
- g) industriji nafte i naftnih derivata kao sredstvo za neutralisanje nečistoća organskog porijekla (merkaptana) odnosno kao sredstvo za tretiranje industrijskih odnosno otpadnih voda nastalih pri eksploataciji nafte,
- h) industriji prehrambenih proizvoda (šećera, konzervisanog voća i povrća, mlijeka i mliječnih proizvoda, želatina i dr.). Prečišćavanje sirovog šećernog soka dobijenog iz šećerne repe obavlja se lučenjem i saturacijom. Pri lučenju se dodaje sirovom soku zagrijanom na oko 85°C krečno mlijeko ili živi kreč. Djelovanje kreča je mehaničko i hemijsko; kreč povlači za sobom sitne djeliće staničevine i bjelančevine koje su koagulirale zagrijavanjem soka; hemijsko djelovanje je mnogostrano-talože se bjelančevinaste i pektinske tvari netopljive u alkalnom mediju, neutraliziraju se slobodne kiseline i kisele soli, talože se kiseline čije su kalcijске soli netopljive (oksalna, fosfatna), većim ili manjim dijelom razaraju se bjelančevine koje se otapaju u alkalnom mediju, itd. Pošto se kreč dodaje u suvišku, dio šećera prelazi u kalcij-monosaharat, topljiv u vodi. Nakon lučenja izvodi se saturacija.
- i) kao sredstvo za tretiranje pijaćih i industrijskih voda postupkom hemijsko-biološkog prečišćavanja, neutralizacije, omekšavanja itd.
- j) kao sredstvo za tretiranje otpadnih voda i industrijskih otpadaka nastalih u metalurškim i industrijskim pogonima,
- k) kao sredstvo za poboljšavanje kvaliteta poljoprivrednog zemljišta postupkom kalcifikacije– neutralizacije kiselih zemljišta. Kalcifikacija je oblik meliorativne gnojidbe kojom se, obogaćivanjem tla kalcijem, reguliše njegova plodnost (npr. smanjuje kiselost, popravlja struktura). Za kalcifikaciju se upotrebljavaju različita krečna gnojiva (npr. živi ili gašeni kreč, krečnjak, dolomit, lapor)



## 5. KAMEN KAO OSNOVNA SIROVINA ILI SIROVINSKA KOMPONENTA U RAZLIČITIM SEGMENTIMA INDUSTRIJE

Čvrste stijene su našle značajnu primjenu u različitim oblastima industrije.

Broj petrografskih vrsta koje se koriste za različite potrebe u industriji vrlo je mali i ograničen je uglavnom na karbonatne stijene - krečnjake i dolomite.

Krečnjaci su najrasprostranjenije stijene i javljaju se u slojevima različitih debljina, od tankoslojevitih (od nekoliko desetina centimetara) do bankovitih slojeva (debljine više desetine metara), a često su i masivni. Najčešće su bijele boje, ali mogu imati različite primjese, što je rezultat prisustva različitih pigmenata. Krečnjaci su izgrađeni od kalcita /CaCO<sub>3</sub>/ ali su rijetko potpuno čisti. Pored kalcita u manjem obimu u građi krečnjaka učestvuje i aragonit. Najčešće primjese krečnjaka su gline, oksidi željeza i magnezija, kvarca ili organske materije.

Krečnjaci su veoma značajna mineralna sirovina, koja ima široku primjenu u različitim oblastima industrije.

U crnoj metalurgiji najveću primjenu imaju kalcijum-karbonatne stijene-krečnjaci i mermeri. U komadnom obliku (drobljenik) kalcijum-karbonatne stijene su osnovni dodatak kod topljenja kiselih željeznih ruda u procesu proizvodnje sirovog željeza.

Osnovni uslov za primjenu krečnjaka u metalurgiji je da je sadržaj CaO veći od 50% i da sadrži što manje štetnih primjesa (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> do 0,05%, SO<sub>3</sub> do 0,35 %, SiO<sub>2</sub> do 4% i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> do 3%).

Čvrstoća kamena na pritisak ne bi trebalo da je manja od 40 N/mm<sup>2</sup>. U visokim pećima komadi kamena su izloženi trenju i pritisku naliježuće mase u kretanju naniže, što kod kamena nedovoljne čvrstoće vodi ka usitnjavanju čime se otežava prolaz gasova i remeti normalno kretanje mješavine (ruda, gorivo, topitelj) kroz peć. Potrošnja kalcijum-karbonatnih stijena pri topljenju željeznih ruda iznosi od 0,4 tone do 0,9 tona po jednoj toni sirovog željeza.

U *hemijskoj industriji* krečnjaci se koriste za dobijanje kalcinirane sode (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) koja se u ogromnoj količini koristi u proizvodnji stakla, sapuna, tekstila i hemikalija; proizvodnja kalcij-karbida (CaC<sub>2</sub>) koji se upotrebljavao kao izvor acetilena i u izradi cijanamida (CaCN<sub>2</sub>) kao značajnog đubriva; proizvodnja mineralnih đubriva gdje se koristi kao tehnološka sirovina i kao punitelj koji proizvodu daje sipkavost.

Zahtjevi hemijske industrije se odnose uglavnom na primjese štetnih komponenti kao što su:

- SiO<sub>2</sub> od 1% do 3%,
- S od 0,05% do 0,15%,
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> od 0,006 % do 0,010 %
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+ Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> od 1% do 3%
- MgO od 0,8 % do 1,5%

Za primjenu krečnjaka u *industriji šećera* zahtjeva se:

- CaCO<sub>3</sub> više od 95%,
- SiO<sub>2</sub> do 2,5%
- gips do 2 %
- alkalije (K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O) do 0,25 %
- kao dodaci kod mineralnih kalcijumskih dodataka hrani za stoku i perad
- kao meliorant u cilju neutralisanja kiselosti zemljišta
- u staklarskoj industriji, sa oštrim ograničenjem u pogledu sadržaja željeza, TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i drugih komponenti koji su bliže definisane pravilima staklarske industrije.

Smatra se da su ležišta **Dolomita** (hemogena ležišta) u Bosni i Hercegovini nastala putem izdvajanja u morskim uslovima. Koriste se u vatrostalnoj industriji za izradu bazičnih opeka i blokova (martinovske peći, tomasovski konvertori) i u vidu metalurških prahova.



Vatrostalni dolomit je proizvod pečenja dolomita na visokoj temperaturi (do 1600°C). Osnovno svojstvo koje dolomit, kao sirovina, mora da zadovolji je njegova vatrostalnost poslije pečenja.

Vatrostalnost dolomita zavisi u osnovnom od njegovog hemijskog sastava, te sastava novoobrazovanih minerala pri pečenju. Dio tih minerala ima nižu temperaturu topljenja i doprinosi ubrzanom razaranju vatrostalnih dolomitskih proizvoda i masa. Povećani sadržaj SiO<sub>2</sub> i R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vodi ka smanjenju vatrostalnosti.

Dolomit najviše klase treba da sadrži minimalno 19% MgO, najviše 3,5% SiO<sub>2</sub>, najviše 4% R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, (1% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,2 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, i drugih oksida grupe).

Dolomit koji se koristi za upotrebu u metalurškim pećima treba da ima svojstva navedena u tabeli 6 [4].

Tabela 6. Zahtjevi kvaliteta dolomita za upotrebu u metalurškim pećima JUS B.B6.020

svojstva	vrijednosti
Vatrostalnost, SK, najmanje	35
Hemijski sastav	
MgO [%] najmanje	18
SiO <sub>2</sub> [%] najviše	3
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [%] najviše	5
Krupnoća zrna (%)	
< 5mm (najmanje)	5
5 – 15 mm	30-60
15-30 mm	30-60

Približno hemijski čist dolomit može se koristiti kao prečistač morske vode u slanu vodu po posebnom postupku.

Dolomit se koristi u farmaceutskom, gumarskom, keramičkom i drugom segmentu privrede. Karbonatne stijene su najznačajnija nemetalna mineralna materija za proizvodnju **prirodnog mineralnog brašna** (karbonatnog brašna) koje ima veoma širok spektar primjene.

Prirodna karbonatna brašna se koriste u mnogim proizvodnim oblastima pri čemu im je uloga različita.

*Industrija boja i lakova* koristi karbonatna brašna u oblasti masa za dletovanje, emulzionih i drugih dekorativnih boja, industrijskih antikorozivnih boja, pečenih emajla i boja, građevinskih površinskih premaza i dr. U ovoj oblasti primjene karbonatno brašno može imati ulogu

neaktivne komponente (punila) koja utiče na fizička svojstva krajnjeg proizvoda ili biti nosač koji kao sastojak boja daje specijalne efekte i modifikuje svojstva boja kakva su: sedimentacija, obradljivost i obrazovanje filma. Osnovna uloga veziva, glavnog sastojka boja i lakova, je stvaranje samog filma i njegova adhezija za podlogu. Kao vodeno vezivo najviše se koristi krečno mlijeko, suspenzija gašenog kreča Ca(OH)<sub>2</sub> u vodi. Vezivanje i očvršćavanje premaza izrađenog na bazi krečnog mlijeka zasniva se na isparavanju vode i hemijskoj reakciji:  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$

pri čemu se stvara sloj krečnjaka koji je otporan prema vodi i neotporan prema atmosferi i kišnici (kisele kiše) radi uticaja rastvorenih gasova: CO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub>.

*Industrija polimera* je veliki korisnik mineralnog brašna. U industriji proizvodnje elastomera i drugih polimera kakvi su polivinilhlorid, poliester i epoksidi mineralno brašno ima ulogu neaktivne komponente.

*Industrija papira* koristi kalcijum-karbonatno brašno u tehnološkom postupku proizvodnje papira kao punilo (poboljšava određena svojstva papira-bjelinu, primanje štamparske boje i trajnost papira), a u procesu premazivanja kao pokrivni pigment.

*U industriji abrazivnih sredstava* za čišćenje primjena kalcijum-karbonatnog brašna se zasniva na umjerenoj tvrdoći kalcita i njegovoj blagoj abrazivnosti.



*Industrija pesticida* koristi kalcijum-karbonatno brašno kao idealnog nosioca za rasturanje malih količina hemikalija na velikim površinama zemljišta (održava sipkavost pesticida).

*Industrija đubriva* koristi karbonatno brašno slično industriji pesticida, ali i kao neophodni regulator nekih svojstava kao, na primjer, eksplozivnost kod amon-nitrata. U proizvodnji azotnih đubriva (amon-nitrat) krečnjak se dodaje u vidu praha sa 50% čestica finoće ispod 0,03 mm. On je punilo sa ulogom da u gotovom proizvodu reguliše eksplozivnost, a istovremeno i poboljšivač kada se upotrebljava na kiselim zemljištima. U proizvodnji amon-nitrata zahtjeva se minimalni sadržaj  $R_2O_3$  (ispod 0,1%). Sadržaj  $SiO_2$  u krečnjaku je nepovoljan jer otežava oprašivanje i izaziva prekomjerno habanje obloga mlinova.

*Industrija životinjskih hranjiva* koristi kalcijum-karbonatno brašno kao značajnu dodatnu komponentu ishrane u industrijskom stočarstvu i peradarstvu.

*U industriji fine keramike* mineralno brašno nalazi primjenu u glazurama gdje ima ulogu topitelja, u keramičkim masama (biskvitu) ima ulogu da poveća bjelinu i smanji širenje usljed vlaženja.

*Građevinarstvo* koristi mineralno brašno kao sastavnu komponentu asfaltnih mješavina.

Kao oblasti primjene mogu se još navesti **poljoprivreda**-neutralizacija kiselih zemljišta, **farmaceutska industrija** i **industrija elektroda**.

**Industrija stakla** koristi kao sirovinsku komponentu krečnjak i dolomit. Postoje mnoge vrste stakla, ali ona obična, koja se koriste za izradu staklene ambalaže i ravnog stakla, izrađuju se od mješavine kalcijum-karbonata, natrijum-karbonata i kvarcnog pijeska. Ova mješavina se žari i dobija se viskozni rastop natrijum-kalcijum-silikata ( $2,5 SiO_2 \cdot 0,5 CaO \cdot 0,5 Na_2O$ ) koja se zatim oblikuje. Krečnjak se koristi u usitnjenom obliku u količini do 30 %. Dolomit se koristi uglavnom u proizvodnji prozorskog, tehničkog i ambalažnog stakla. Dolomit se uvodi u proizvodnju stakla kao izvor oksida Mg sa ciljem da se staklu poveća hemijska stabilnost i mehanička otpornost. Karbonatne stijene se za staklarsku industriju razvrstavaju u tri klase prema tabeli 7. i 8. [4]

Tabela 7. Klase kvaliteta kalcijum-karbonatnih stijena za industriju stakla JUS B.B6.020

Tip klase	Sadržaj u %				
	CaO min.	MgO max.	$Al_2O_3$ max.	$Fe_2O_3$ max.	gubitak žarenjem
Klasa I	53	1	0,5	0,02	43 - 44
Klasa II	52	2	0,8	0,05	
Klasa III	52	2	1,0	0,10	

Tabela 8. Klase kvaliteta dolomitskih stijena za industriju stakla JUS B.B6.020

Tip klase	Sadržaj u %				
	MgO min.	CaO max.	$Al_2O_3$ max.	$Fe_2O_3$ max.	gubitak žarenjem
Klasa I	20	30	0,5	0,02	45 - 47
Klasa II	18	30	0,8	0,05	
Klasa III	18	30	1,0	0,10	

**Kristalasti škriljci** su regionalno-metamorfizirane (metamorfne) stijene. Škriljave stijene najčešće se izučavaju kao kristalasti škriljci gdje pripadaju gnajsevi, mikašisti, filiti, argilošisti, te amfibolski, epidotitski, hloritski, talkni i drugi varijeteti škriljaca. Kristalasti škriljci se nazivaju stoga što su minerali koji čine stijenske mase prekrystalisali u odnosu na primarne minerale od kojih su nastali (različiti glinoviti materijali).

Škriljci imaju raznovrsnu primjenu u mnogim segmentima industrije. Primjena škriljaca u određenoj grani industrije ograničena je njegovim fizičko-mehaničkim svojstvima, te



mineraloškim i hemijskim sastavom svake pojedinačne stijenske mase, što je definisano tehničkim uslovima proizvođača. rveoma značajna mineralna sirovina, koja ima široku primjenu u različitim oblastima industrije.

Kristalasti škriljci se koriste u *elektroindustriji* kao izolacioni panel, dispečerske table i sl.

Kao fino mljeveni (brašno) koriste se kao punila u *industriji boja, linoleuma, nekih vrsta specijalnih betona*.

U proizvodnji *bitumenskih hidroizolacionih traka škriljci* se koriste kao posipni materijal. Za vanjsku stranu trake koristi se krupniji posip granulacije u zavisnosti od predviđene namjene, od 0,6mm do 3,5mm. Za unutrašnju stranu hidroizolacione trake upotrebljava se sitnija granulacija od 0,1 mm do 0,4 mm.

Primjena škriljca u proizvodnji bitumenskih traka uslovljena je njegovom postojanosti na atmosferske uticaje i stabilnost pri temperaturnim promjenama, pločastim oblikom zrna, eliminisanjem zaprljanosti čestica škriljca i postojanosti boje. Pločast oblik zrna škriljaca karakteriše se većim pokrivnim zahvatanjem po jedinici površine trake, dok se samo na čistim površinama škriljaca povećava trajnost bitumenskih proizvoda. Estetska vrijednost bitumenskih proizvoda uslovljena je i bojom škriljaca.

U građevinarstvu od drobljenog škriljca pečenjem na temperaturi od 1100°C do 1200°C dobija se porozni laki agregat (keramzit), a u kombinaciji sa zgurom i pepelom te drugim industrijskim otpadima u vazdušnoj struji ili u vodenoj pari dobija se materijal u obliku vlakna (mineralna vuna).

Upotrebljavaju se u smjesi sa drugim materijalima i livljenjem se dobijaju gleđosane pločice i opeke.

**Laporci** su krečnjačke stijene koje sadrže od 35% do 65% glinovite komponente ove stijene se od krečnjaka razlikuju i po izgledu i po načinu pojavljivanja. Laporci su sitnozrne stijene, žučkaste, sivkaste ili zelenkaste boje koje se javljaju najčešće u vidu slojeva male debljine. U tabeli 9 [1] je data klasifikacija krečnjačkih stijena prema odnosu glinovite i karbonatne komponente.

Laporci su u industriji osnovna sirovina za proizvodnju cementa.

**Pješčari i kvarciti** (sedimentna ležišta pješčara i metamorfna ležišta kvarcita).

Kvarciti se najviše koriste u *metalurgiji za dobijanje* dinas opeke (pečene vatrostalne silicijske opeke) i trebaju imati sadržaj silicija (SiO<sub>2</sub>) preko 95 % uz mali sadržaj štetnih komponenti (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> do 2% i CaO do 1,5%). Kvarciti koji se koriste za dobijanje vatrostalnog silka i za šamotne proizvode treba da ispunjava zahtjeve navedene u tabeli 10 [1].

Tabela 9. Klasifikacija krečnjačkih stijena prema odnosu glinovite i karbonatne komponente

stijena	sadržaj (%)	
	CaCO <sub>3</sub>	glinovita supstanca
krečnjak	100-95	5-0
laporoviti krečnjak	95-75	5-25
krečnjački laporac	75-65	25-35
laporac *	65-35	35-65
glinoviti laporac	35-15	65-85
laporoviti glinac	15-5	85-95
glinac	5-0	95-100

\*u industriji se koristi termin laporac za krečnjak sa sadržajem glinovite mase od 20%-50%

Kvarciti koji se koriste u **hemijskoj industriji** treba da su otporni na kiseline i da je sadržaj SiO<sub>2</sub> iznad 90 %. U industriji boja nalaze primjenu punila na bazi kvarcita.





Tabela 10. Zahtjevi za kvalitet kvarcita (razvrstavanje po kvaliteti ležišta – JUS B.F1.050)

Fizičko-hemijska svojstva	oznaka	
	KI	KII
Vatrostalnost, RP, najmanje	174	172
Gubitak žarenjem [%] najviše	0,5	0,5
SiO <sub>2</sub> [%] najmanje	98,5	97,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [%] najviše	1,0	1,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [%] najviše	0,6	1,0
CaO [%] najviše	0,3	0,5
MgO [%] najviše	0,2	0,3
gustina [kg/m <sup>3</sup> ] najmanje	2,63	2,63

### Staklarski i livarski pijesak

Pijesak predstavlja sitni nevezani materijal, zaobljenog zrna koji je pretrpio dug transport. Najkvalitetniji pijesci sa aspekta granulacije su pijesci koji imaju učešće zrna od 0,10mm do 0,30 mm odnosno 0,50 mm preko 90%.

Najveće količine pijeska se upotrebljavaju u livarskoj industriji za spravljanje kalupa i u staklarskoj za dobijanje različitih vrsta stakla.

Staklarski pijesak mora biti čist sa sadržajem:

- SiO<sub>2</sub> preko 98 %
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> do 0,035 %
- TiO<sub>2</sub> do 0,2%
- Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> do 0,0002%.

Sadržaj metalnih iona u staklarskom pijesku razvrstan je u četiri klase i nalazi se u granicama od najviše 3 mg za prvu do 15 mg najviše za četvrtu klasu.

Metalni ioni koji intenzivno boje staklo su mangan, kobalt, nikl, bakar, volfram, vanadij i dr.

U livarskom pijesku ograničen je sadržaj štetnih komponenti (glinovitih supstanci, sumpora, oksida alkalija i zemnoalkalija, oksida željeza).

### Vulkanska stakla

Vulkanska stakla su klastične stijene u kojima je materijal vulkanskog porijekla zapreminski prisutan više od 75% stijenskog materijala bez obzira da li je fragmentacija proizvod eksplozivne vulkanske aktivnosti (emisije piroklastičnog materijala), čisto egzogenih faktora ili su klastiti nastali kombinovanim vulkanogeno-sedimentnim procesima.

Vulkanska stakla su našla veliku primjenu u građevinarstvu, zbog svoje male gustine, dobitim akustičnim i termoizolacionim svojstvima (perlit, plovučac, tuf).

Plovučac je prirodno ekspanzirano vulkansko staklo koje pripada piroklastičnim stijenama.

Tufovi (neogeni - Ploče kod Livna) sadrže vulkansko staklo u rasponu od 60% do 90%. Kao prateći minerali javljaju se montmorilonit, kvarc, biotit, rjeđe epidot, hematit, amfiboli i pirokseni.

Hemijski sastav tufova:

- SiO<sub>2</sub> 60 % - 85 %
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5 % - 20 %
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,5 % - 3,5 %
- CaO 1 % - 3,5 %
- MgO 0,15 % - 1,5 %
- Alkalije (K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O) 1 % - 5 %

Tufovi su pucolanski materijali (zbirni sadržaj kvarca, aluminijum-oksida i željeznog-oksida je veći od 70%).



Napravljeni pucolanski cementi iz ležišta Ploča kod Livna pokazuju veću otpornost prema koroziji u agresivnim sredinama.

### Magnezit

Magnezit / $MgCO_3$  → 47,7% MgO i 52,3%  $CO_3$  / je najvažniji industrijski mineral magnezija. Ima primjenu u vatrostalnoj industriji, u industriji cementa, keramičkoj industriji, farmaceutskoj industriji, industriji šećera i drugim segmentima industrije. Magnezij kao veoma laki element široko se primjenjuje u vojnoj i drugim specijalnim industrijama.

Magnezij se u vatrostalnoj industriji koristi za izradu bazičnih opeka (magnezijskih, magnezijско-kromitskih, krom-magnezijskih i dr), za dobijanje metalurškog praška-sinter magnezita.

Razvrstavanje po kvaliteti magnezita dato je u tabeli 11. [1]

Tabela 11. Razvrstavanje magnezita po kvaliteti - JUS B.G5.020/1984

Fizičko-hemijska svojstva	oznaka			
	MSI	MSII	MSIII	MSIV
gubitak žarenjem [%] najmanje	49,0	49,0	49,0	49,0
$SiO_2$ [%] najviše	1,5	2,0	3,5	1,5
$Al_2O_3$ [%] najviše	0,2	0,3	0,4	0,3
$Fe_2O_3$ [%] najviše	0,7	1,0	1,0	1,0
CaO [%] najviše	1,5	2,5	3,0	4,0
MgO [%] najmanje	46,0	44,0	42,0	44,0
gustina [ $kg/m^3$ ]	2,8-3,0	2,8-3,0	2,8-3,0	2,8-3,0

**Kaolinit** se javlja u vidu zemljastih nepravilnih agregata. Kaolinit je identificiran kao sastojak u hercegovačkim boksitima. Njegova količina zna biti tako visoka, da boksiti prelaze u kaolinitno-boksitne glinovite sedimente.

Kaolinit je jedan od najrasprostranjenijih minerala glina i vrlo značajan industrijski mineral. Industrijski naziv „kaolin“ odnosi se na onečišćenu glinu u kojoj je kaolin (alumosilikat sa vodom) bitan sastojak. Zavisno od količine primjese, kaolin se koristi u prirodnom stanju, tj. bez prethodnog obogaćivanja, ili ga podvrgavaju čišćenju (separacija) pomoću vode ili na neki drugi način.

Bijele je boje, ili žute, odnosno crvenkaste koje potiču od oksida željeza, a zelenkaste do skoro crne boje dolaze od primjese organske materije. Kao prateći minerali u kaolinu se sreću kvarc i liskuni te plagioklasi, ilit, montmorilonit i drugi. U svim kaolinima prisutan je kvarc.

Ako su sekundarni kaolini duže transportovani, kvarc se javlja u sitnim zrnima kojeg je veoma teško izdvojiti iz osnovne kaolinske mase. Ukoliko je transport kaolina bio kraći tada je sastav sekundarnih kaolina približan primarnim – reliktnim kaolinima i matičnim magmatskim stijenama i uglavnom sa malo primjese.

Kaolin se upotrebljava u industriji porculana i elektroporculana, u livačkoj industriji i dr. U industriji papira kaolin se primjenjuje u svojstvu punila sa ciljem da se postigne glatka površina, veća gustoća i ljepši izgled papira. U nekim papirima ima i do 40% kaolinita. Znatne količine kaolina troše se u proizvodnji tekstila, gume, linoleuma, absorbenata i insekticida; kao dodatak raznim vrstama sapuna, grafitnoj masi za olovke i dr. Kvalitet kaolina opada sa primjesama pijeska i povećanim sadržajem oksida željeza.

U industriji fine keramike (porcelana i fajansa) postavljaju se zahtjevi u pogledu kvaliteta kaolina:

- $Fe_2O_3$  od 0,6 % - 1,5 %
- $TiO_2$  od 0,6 % - 1,2 %
- CaO do 0,8 %



- $\text{SO}_3$  do 0,3 %
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  poslije pečenja cca 70 %.
- da ne sadrži minerale koji se prilikom pečenja samostalno tope: pirit, siderit

### JABLANIČKI GABRO - zeoliti

U BiH mineral habazit je do danas nađen i dobro istražen samo u pukotinama jablaničkog gabra [3].

Habazit spada među one zeolite čiji je hemijski sastav dosta varijabilan. Osim habazita i drugi zeoliti (lomontit, natrolit, skolecit, stilbit i tomsonit) su identificirani u jablaničkom gabru u kamenolomu Ploče na lijevoj obali Neretve ispod brane. Zeoliti se pojavljuju u žilicama kao tipični pukotinski minerali.

Minerali zeolitne skupine imaju karakterističnu strukturu u kojoj postoje brojne, relativno velike šupljine, u kojima se nalazi zeolitna voda.

Za razliku od gline, koje imaju fleksibilnu strukturu, zeoliti imaju krute, trodimenzionalne strukturne jedinice (slične pčelinjoj sačnoj osnovi), koje su međusobno povezane kanalima/porama, kroz koje mogu da se kreću molekuli vode dok sama struktura ostaje nepromjenjena. Pošto su veličine pora/kanala približno uniformne, kristal zeolita ponaša se i kao molekulsko sito. U kanalima se nalaze pozitivno naelektrisani kationi koji mogu da se razmjene sa drugim ionima. Sposobnost razmjene kationa, jedno od najvažnijih svojstava zeolita, izražava se kapacitetom kationske izmjene i izuzetno je kod zeolita visok.

Osnovu kristalne strukture zeolita čine prstenovi  $\text{Si}_4\text{O}_{12}$  sastavljeni od četiri tetraedra. Između prstenova ostaju široki kanali u kojima se nalazi zeolitska voda, koja čini 10% - 25 % njihove mase. Zagrijavanjem ova voda napušta kanale, a pri povoljnim uslovima može ih ponovo napuniti. Ova osobina otpuštanja i primanja vode je postupna, tako da se mogu pratiti promjene optičkih i fizičkih osobina zeolita izazvanih zbog ovih promjena u sadržaju vode.

Nakon otpuštanja vode zeoliti mogu primati različite organske materije i da pri tome opet ne narušavaju svoju strukturu, osim što u manjoj mjeri mijenjaju svoje fizičke osobine.

Zeoliti, radi svog sastava, imaju osobine koje ga čine pogodnim za različite primjene: od adsorpcije gasova u smislu prečišćavanja polutanata do primjene u medicini radi uklanjanja toksina iz organizma. Prirodni zeoliti se koriste pri proizvodnji kisika i dušika iz zraka, za prečišćavanje kišnice, kao punila u industriji papira, kao punila u filterima za pročišćavanje vode za piće, kao selektivni ionski izmjenjivač, dijetalni dodatak stočnoj hrani, u pucolanskim cementima, za đubrenje i poboljšavanje tla, u povećanju korištenja obnovljive i otpadne energije, kao katalizatori i dr.

Prilikom razmatranja mogućnosti primjene, treba uzeti u obzir razlike među približno pedeset vrsta ovog minerala (klinoptiolit, analcim, mordenit, filipsit, hojlandit, habazit, natrolit.....) koji se razlikuju po fizičkim i hemijskim osobinama (različita kristalna struktura, gustina čestica, veličina molekulskih pora i dr.).



## LITERATURA

- [1] Kurtanović, D.: „Ležišta nemetalnih mineralnih sirovina“, Fakultet za metalurgiju i materijale Univerziteta u Sarajevu, Zenica 2000.
- [2] Brzaković, P.: „Priručnik za proizvodnju i primenu građevinskih materijala nemetalnog porekla“, Bakar – Bor, 2000.
- [3] Barić, Lj., Trubelja, F.: „Minerali Bosne i Hercegovine – Nesilikati“, „Svjetlost“, Sarajevo, 1984.
- [4] Bilbija, N., Matović, V.: „Primenjena petrografija svojstva i primene kamena“, „GK“ Beograd, 2009.
- [5] Bilbija, N.: „Tehnička petrografija svojstva i primene kamena“, „Naučna knjiga“, Beograd, 1984.
- [6] Maksimović, M.: „Eksploatacija, ispitivanje, primena arhitektonskog kamena“, „Contractor“, Beograd, 2006.
- [7] „Atest o ispitivanju kamena Bosiljna“, Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb, 1976.