

УНИВЕРЗИТЕТ "ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ" - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА РУДАРСТВО, ГЕОЛОГИЈА
И ПОЛИТЕХНИКА

Блажо Боев

Соња Лепиткова

**АРХИТЕКТОНСКО-ГРАДЕЖЕН
КАМЕН**

прв дел

Штип, 2008

Наслов:

АРХИТЕКТОНСКО-ГРАДЕЖЕН КАМЕН

Автори:

Проф. д-р Блажо Боев

Проф. д-р Соња Лепиткова

Издавач:

Универзитет "Гоце Делчев" - Штип

Факултет за рударство, геологија и политехника

Рецензенти:

Проф. д-р Ристо Стојанов

Проф. д-р Никола Думурџанов

Колор илустрации на АГК:

Иван Боев

Компјутерска подготовка и печат:

2-ри Август С - Штип

Тираж: 400 примероци

CIP - Каталогизација во публикација
НУ Библиотека "Гоце Делчев" - Штип

553.5:679.85(075.8)

БОЕВ, Блажо

Архитектонско-градежен камен. прв дел / Блажо Боев,
Соња Лепиткова. - Штип : Универзитет "Гоце Делчев", 2008
(Штип : "2-ри Август С"). 181 стр. : илустр. во боја ; 19 см

Тираж: 400. - Библиографија: стр. 181

ISBN 978-9989-2766-6-8

1. Лепиткова, Соња

а) Рударство - Архитектонско-градежен камен

COBISS MK-ID 512606708

СОДРЖИНА

Предговор	7
1. Геолошка или генетска класификација на карпите	9
1.1. Магматски или вулкански карпи	9
1.2. Седиментни карпи	15
1.2.1. Кластични седиментни карпи	16
1.2.2. Некластични седиментни карпи	20
1.3. Метаморфни карпи	28
1.3.1. Мермери	31
1.3.2. Шкрилци со низок степен на метаморфизам	32
1.3.3. Шкрилци со висок степен на метаморфизам	32
2. Комерцијална и практична поделба на архитектонско-градежниот камен	34
2.1. Гранити	34
2.2. Мермери	35
2.3. Меки карпи	36
2.4. Травертини	37
2.5. Оникси	37
2.6. Шкрилци	37
2.7. Песочници	37
3. Инженерска класификација на карпите	70
4. Петрографски својства на цврстите карпи	71
4.1. Минерален состав	71
4.2. Структура	71
4.3. Текстура	72
4.4. Испуканост	73
5. Технички својства на каменот	74
5.1. Физички својства	74
5.1.1. Боја	74
5.1.2. Густина	75
5.1.3. Порозност	77
5.1.4. Тврдина	79
5.2. Вода во каменот и односот на каменот спрема водата	82
5.2.1. Вода во цврстите карпи	82
5.2.2. Природна влажност	82
5.2.3. Способност за впивање на вода	83
5.2.4. Способност за всмукување на вода	85
5.2.5. Водопропустливост	86
5.3. Топлотни својства	87
5.3.1. Топлотна спроводливост	87
5.3.2. Специфична топлина	88
5.3.3. Топлотно ширење	88
5.3.4. Отпорност на оган	89
5.4. Пропустливост на гасови	90
5.5. Пропустливост на светлина	90

5.6. Акустични својства	91
5.7. Електрични својства	91
5.8. Магнетни својства	92
5.9. Радиоактивни својства	92
5.10. Механички својства	93
5.10.1. Напрегнување и деформации	93
5.10.2. Еластични својства	94
5.10.3. Цврстина	95
5.10.3.1. Цврстина на притисок	95
5.10.3.2. Цврстина на свиткување	97
5.10.3.3. Цврстина на смолкнување	98
5.10.3.4. Цврстина на затегнување	98
5.10.4. Пластични својства	99
5.10.5. Реолошки својства	99
5.10.6. Динамичка цврстина	100
5.11. Трајност на каменот во зависност од факторот време	100
5.11.1. Хемиско временско распаѓање	101
5.11.1.1. Предизвикувачи на хемиското временско распаѓање	101
5.11.1.2. Видови на хемиско временско распаѓање	102
5.11.2. Физичко временско распаѓање	103
5.11.2.1. Предизвикувачи на физичкото временско распаѓање	103
5.11.2.2. Механизам на разурнувачкото дејство на водата	104
5.11.3. Пропаѓање на каменот под влијанието на растенијата и животните	105
5.11.3.1. Влијание на растенијата	105
5.11.3.2. Влијание на животните	105
5.11.4. Влијание на климата на временското распаѓање на карпите	105
6. Употреба на архитектонско-градежниот камен	107
6.1. Употреба на архитектонско-градежниот камен во минатото на територијата на Македонија	109
7. Современа употреба на каменот	111
7.1. Каменот како градежен материјал	111
7.2. Каменот како суровина за производство на градежен материјал	114
7.2.1. Врзувачки материјал	115
7.2.1.1. Вар	115
7.2.1.2. Гипс	115
7.2.1.3. Портланд цемент	116
7.2.1.4. Хидраулична вар	117
7.2.2. Термоизолациски материјали	117
7.3. Индустриски камен	118
8. Употреба на магматските карпи	119
8.1. Гранити, гранодиорити и други магматски карпи	119

8.2. Диорити, монцонити, сиенити, алкални сиенити	120
8.3. Габро и слични карпи	121
8.4. Перидотити и слични карпи	121
8.5. Дацити, андезити, трахити	122
8.6. Базалти и дијабази	124
8.7. Вулканско стакло	125
9. Употреба на седиментните карпи	126
9.1. Бречи и конгломерати	126
9.2. Песочници	127
9.3. Варовници	129
9.4. Креда	130
9.5. Доломити	130
9.6. Бигор	131
9.7. Травертин	131
9.8. Мермерен оникс	132
9.9. Туфови	133
10. Употреба на метаморфните карпи	134
10.1. Мермери	134
10.2. Аргилошисти	135
10.3. Употреба на други метаморфни карпи	136
11. Употреба на неврзани карпи	138
11.1. Видови и основни карактеристики	138
11.2. Употреба и значајни својства на употребата	139
12. Работи на реставрација на каменот	140
13. Одржување на вградениот камен	148
13.1. Оштетување како последица на неправилно вградување	148
13.2. Негување на вградениот камен.....	151
14. Чистење на каменот	153
15. Истражување на наоѓалишта на камен	159
16. Вредносна оценка на наоѓалиштата на архитектонско-градежен камен	166
17. Екологија	175
18. Литература	181

ПРЕДГОВОР

Наместо воведен дел на предговорот ќе ја цитираме мислата на академик Ц.Фисковиќ кој вели: *Каменот од прајочето на човечката цивилизација на Земјата му бил на човеково оружје и алати, накит, куќа и гробница. Каменот бил еден од најважните изрази на неговото творештво од прајочето на човечката цивилизација иа се до денеска.* Во оваа длабоко искажана мисла во основа се дефинирани сите човечки потреби во поглед на најзастапениот материјал на Земјата, каменот. Денес модерната изградба на одделни објекти во кои се вградува одредена количина на камен подразбира многу солидно познавање на техничките и петрографските карактеристики на обликуваните и природните камења. Сведоци сме на поголем број на примери на неправилно избран или вграден природен камен, со што е деградирана вредноста и декоративноста на каменот, а како последица на тоа доаѓа и до оштетување или пак отпаѓање на одделни камени елементи. Поради тоа книгата-прирачник **АРХИТЕКТОНСКО ГРАДЕЖЕН КАМЕН** добро ќе им послужи на сите оние кои се занимаваат со каменот и тоа во широката лепеза на специјалисти од областа на геологијата, рударството, градежништвото, архитектурата и историјата на уметноста.

Градењето со природен камен е една од најстарите човечки градителски вештини и занаети. Остатоците на градби во камен и сочуваните објекти изградени од камен се сведоци на високо развиената технологија на градба со овој материјал. Природно каменот заедно со печената глина одсекогаш бил синоним за добар градежен материјал.

Современите градежни материјали (челик, армиран бетон, алуминиум и пластични материјали) го предодредија новиот однос кон природниот камен во градежништвото, што во делот на современата архитектура доведе до нови погледи во однос на вградувањето на овој материјал. Денеска природниот камен стана украсно заштитна облога на градежните објекти. Со начинот на обработка, технологијата и техниката на вградување природниот камен се прилагоди кон новите услови на современата градба. Техниката на сечење и обработка на каменот, која во последните десетина години доживеа права технолошка револуција, пред се со примената и масовната употреба на дијамантските алати, придонесе да дојде до тоа каменот да се обработува индустриски, па така на пазарот со својата цена, својства и квалитет стана конкурентен производ на другите материјали.

Проф д-р Блажо Боев

Проф д-р Соња Лепиткова

1. ГЕОЛОШКА ИЛИ ГЕНЕТСКА КЛАСИФИКАЦИЈА НА КАРПИТЕ

Карпите кои ја изградуваат литосферата или Земјината камена кора, генетски се класифицирани во три групи;

- **магматски или вулкански,**
- **седиментни и ,**
- **матаморфни карпи**

Алтернативно денеска, со оглед на значајната човечка активност, се издвојуваат и техногени карпи.

1.1. МАГАМАТСКИ ИЛИ ВУЛКАНСКИ КАРПИ

Магматските карпи настанале со кристализација или оцврстување на силикатните растопи, магми или лави, во литосферата или пак на нејзината површина. Со ладење и кристализација на магмата во подлабоките делови на литосферата настануваат интрузивни или плутонски магматски карпи. Интрузивните карпи се наречени по интрузија што значи втиснување, а плутонски по Плутон, грчкиот бог на подземјето.

Табела 1 : Поделба на магматските карпи

Хемиски состав	% SiO ₂	Главни минерали	Интрузивни карпи	Вулкански карпи
Кисели	70	кварц, К-фелдспат лискун кварц, Na-Ca фелдспат, лискун	гранит гранодиорит	риолит дацит
Неутрални	60	К-фелдспат, хорнбленда, лискун Na-Ca фелдспат, хорнбленда, лискун	сиенит диорит	трахит андезит
Базични	50	Ca-Na фелдспат, пироксен	габро	базалт
Ултрабазични	40	оливин	перидотит	пикрит

Со ладење и кристализација или оцврстување на лавата на површината на литосферата настануваат ефузивни или вулкански карпи. Ефузивни се наречени по ефузија што значи излевање, а вулкански по Вулкан, богот на огинот.

Интрузивните и ефузивните магматски карпи се разликуваат по посебниот начин на геолошкото појавување, текстурата и структурата. Поделбата на магматските карпи на основа на хемискиот состав е дадена во Табелата 1:

Гранит е широко распространета и техничка важна интрузивна магматска карпа со изразито зрнеста структура прикажана на (Сл. 1).



Сл.1. Микроскопска фотографија на гранит + Н

Гранитот се состои од кварц (20-40%), К-фелдспат, ортоклас или микроклин (50-80%), потоа биотит и поретко мусковит (3-10%). Акцесорните состојки во гранитот (до 3%) се апатит, циркон, турмалин, магнетит, рутил и др.

Бојата на гранитот е променлива во различни нијанси од бела до сива во зависност од количината на боените минерали, првенствено биотит па до црвенкасти нијанси од фелдспатите кои се пигментирани со хематит или зеленкасто обоени со хлорит или епидот.

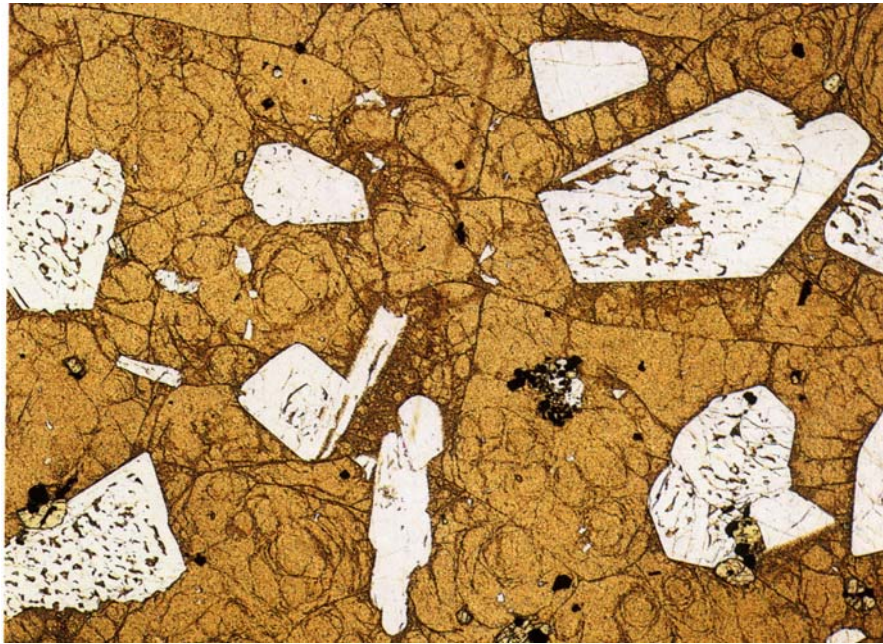
Од светски познатите вариетети на гранит да ги споменеме, **Assuan red** (Асуански црвени) од Египет, со крупни црвени кристали на К-фелдспат, поситни зеленкасто сиви кристали на Na-Ca фелдспат и сивкасти кристали на кварц, потоа **рапакиви** гранитите од Финска кои имаат орбикуларна структура со крупни црвенкасто кафеави К-фелдспати со кружен облик околу кои има венец од ситно искристализиран зеленкасто сивкаст Na-Ca фелдспат и биотит со сивкаст кварц во меѓупросторите.

Граните во Македонија се многу распространети, особено во Пелагонскиот метаморфен комплекс, потоа Варадарската зона, Српско-македонската маса и Западно-македонската зона. Се појавуваат разни структурно текстурни вариетети кои по боја се бели, преку сивкасти до зелени или пак розеникави.

Гранитот денес во светот масовно се применува како камен за облагање на сите површини и тоа без ограничувања. Важна карактеристика на гранитите е дека многу добро се полираат до висок сјај, ја задржуваат декоративноста, сјајот и непроменливоста на изгледот и во услови на нечиста атмосферска и урбана околина, а се

одликуваат по својата трајност во подолг временски период. Сето наведено придонесува за се поголемото вградување на гранитот, но треба да се внимава тој да не содржи поголема количина на биотит или да не содржи сулфидни минерали, како што е пиритот, или минерали на секундарните трансформации или промени по фелдспатите.

Риолит е вулкански еквивалент на гранитите кој има изразита порфирска структура (Сл.2).



Сл. 2.Микроскопска фотографија на риолит + Н

Содржи фенокристали или пак искршени кристали на кварц, К-фелдспат и биотит во густа основна маса која може да биде микрокристалеста, криптокристалеста до стаклеста. По боја се појавува во различни нијанси од светло сива до сива. Како архитектонско-градежен камен нема некое посебно значење.

Кварцпорфир е застарен термин, кој е се помалку во употреба, и се однесува на палеовулканските и предтерциерните карпи кои по својот состав одговараат на риолитите. Фелдспатите и боените минерали во кварцпорифирите по правило се силно променети, серицитизирани и каолинизирани, па поради тоа овие карпи имаат зеленкасти нијанси. Како архитектонско украсен и градежен камен немаат некое посебно значење.

Во групата на вулканските карпи се наоѓаат и неколку типови на карпи кои имаат изразито стаклести, односно, хијалински структури. Тоа се вулканските стакла кои се среќаваат под имињата **обсидијан, перлит, пливач-** вулканско стакло кое има многу мала волуменска маса, под 1 g/cm^3 , поради што може да плива по површината на водата.

Гранодиорит од гранитите се разликува по тоа што покрај кварцот кој се појавува во количина од (10-30%) содржи и Na-Ca фелдспат или плагиокласи (30-50%), а во помала количина и K-фелдспати (20-40%) а од боените минерали биотит и хорнбленда (5-20%) како и акцесорни минерали во количина до 3%.

Помеѓу гранитите и гранодиоритите кои се користат како архитектонско украсен и градежен камен во техничка смисла нема некоја посебна разлика, освен што употребата на гранодиоритите, поради нивната помала декоративност, е нешто помала.

Кај нас во Македонија во рамките на Пелагонскиот масив на повеќе места се експлоатираат гранити/гранодиорити, како што се Кукул, Крушевица и др.

Дацит е изливен, односно, вулкански еквивалент на гранодиоритите. Како архитектонско градежен камен не е од некое посебно значење.

Кварцпорифирит е постар термин за палеовулканските предтерциерни дацити и овој термин денеска веќе не се користи.

Сиенит тоа е интрузивна магматска карпа со зрнеста структура. Изградена е од K-фелдспат, ортоклас и микроклин (60-80%) и хорнбленда и биотит (20-40%), потоа акцесорни минерали апатит, магнетит, епидот и други (до 3%). Може да содржи и многу мали количини на плагиоклас.

По боја карпата е различно нијансирана сива, во зависност од количината на боените минерали може да биде црвенкаста кога K-фелдспати се пигментирани со хематит или зеленкаста доколку има поголема количина на епидот.

Трахит е изливен еквивалент на сиенитот. Како архитектонско градежен камен нема некое поголемо значење.

Порфир е застарен термин за палеовулканските предтерциерни трахити и тој термен денеска веќе не се користи.

Диорит е интрузивна магматска карпа со зрнеста структура.

Изградена е од Na-Ca фелдспати или интермедијарни плагиокласи во количина од (60-80%), амфибол и биотит (20-40%), потоа акцесорни минерали и магнетит (до 6%).

Земајќи го во предвид фактот дека содржи поголема количина на боени минерали како што се хорнбленда и биотит, диоритот има сива до темно сива боја.

Посебен варитет кај диоритите е кварцниот диорит или **тоналит** кој се состои од кварц (10-20%), Na-Ca фелдспати (50-70%), хорнбленда и биотит (15-30%) и акцесорни минерали (до 6%).

Треба да се спомене дека на Похорје се експлоатираат тоналити со сива боја, кои комерцијално се наречени *ојлојница сива*, со ситнозрнеста структура, често е испресечена со бели аплитски жили со дебелина од неколку сантиметри. Се применува како архитектонско градежен камен без ограничувања, се одликува со непроменливост на изгледот и трајноста под влијание на атмосферски прилики во урбаните средини.

Андезит е изливен, односно, вулкански еквивалент на диоритите. Има изразито порфирска структура. Се состои од фенокристали на плагиоклас, хорнбленда и биотит во сива основна маса со приближно ист состав. Поретко се употребува како архитектонско градежен камен.

Во Србија западно од Нови Пазар се експлоатираат андезитски лави кои се комерцијално наречени *џрахии*. Во каменот се забележуваат фенокристали на бело обоен плагиоклас и црна хорнбленда во црвенкасто кафеава основна маса со слабо нагласена флуидална текстура.

Порфирит е застарен термин за палеовулканските, предтерциерни андезити, кој денеска веќе не се употребува како термин.

Габро е интрузивна магматска карпа со зрнеста структура. Составена е од Ca-Na фелдспати или базични плагиокласи (40-70%), пироксени □ оливин и □ хорнбленда (20-50%), потоа акцесорни состојки и магнетит (до 10%).

Габрото има темно сива боја до црна, а може да биде и зеленкасто нијансиран. Големината на зрната е променлива, дури и во ист масив. Се одликува со својството дека може да се полира до исклучително висок сјај кога особено доаѓа до израз неговата црна боја. Може да се обработува полираната површина и со термички постапки. Тој претставува првокласен архитектонско градежен камен со широка лепаза на примена и употреба, а посебно се користи за меморијална архитектура и архитектурата на гробиштата.

Габро се експлоатира во близината на Јабланица и комерцијално е позната под името *јабланички грании*. Во пространиот масив на габро се експлоатира во неколку работилишта (Велја стена, Плоче, Падешница, Финдик). Ситнозрнестите вариетети на јабланичкиот габро се со изразена црна боја, додека покруно зрнестите вариетети имаат темно сива до зеленкасто нијансирана боја. Јабланичкиот габро се состои од базични плагиокласи, пироксени, оливини, хорнбленда и биотит.

Во групата на базичните магматски карпи припаѓа и **лабрадоритот**, кој претставува мономинерална карпа со крупнозрнеста структура изградена од плагиоклас лабрадор. Се одликува со лабрадоризирање и со плавкаст одсјај на одделните кристали на лабрадор во сивата основна маса на каменот.

Базалт е изливен еквивалент на габро, со флиудална текстура и порфирска структура.

Се состои од фенокристали на оливин, базичен плагиоклас и пироксени во темна афанатска основна маса.

Како архитектонско градежен камен има помало значење.

Дијабаз во минатото беше опишуван како палеовулкански предтерциерен базалт, меѓутоа тој термин во таа смисла денеска веќе не се употребува. Дијабазот спаѓа во групата на хипоабисалните карпи со изразито офитска структура која е претставена со просторно различно ориентирани базични олигоклази и интерстициски или меѓупросторни пироксени од типот на аугит.

Дијабазот во светот е најпознат црн архитектонско градежен и украсен камен кој најмногу се употребува во архитектурата на гробиштата. Свежите дијабази можат да се исполираат до брилијантно висок слај кој притоа останува трајно.

Мелафир е застарен термин за дијабазите и базалтите кои имаат мандолеста текстура.

Перидотит е ултрабазична интрузивна магматска карпа со зрнеста структура.

Изградена е од оливин (40-70%), пироксен (20-40%) и акцесорни минерали, главно хромит (до 15 %).

Дунит претставува мономинерална карпа изградена од оливин и акцесорен хромит.

Перидотитите скоро секогаш се послабо или посилено зафатени со процес на серпентинизација. По боја се црни, често зеленкасто нијансирани. Како архитектонско градежен камен немаат некоја поголема важност.

Пирокластични се магматски карпи кои генетски се поврзани за работата на вулканите, за постанокот на вулканските бречи и исфрлањето на поголема количина на вулкански пепел. Вулканскиот пепел кој се таложи во непосредна близина на вулканите со понатамошна негова литификација преминува во карпа која се нарекува **туф**.

Структурата на туфовите е литокластична, кога туфот содржи честички на карпи, кристалокластична кога содржи честички на минерали и витрокластична кога содржи честички на вулканско стакло.

Составот на туфовите одговара на составот на вулканските карпи со кој генетски е поврзан. Од тоа зависи и неговата боја. Риолитските и дацитските туфови се бели, сиви и розеникави, а трахитските и андезитските туфови по боја се сиви, зеленкасти, црвенкасто сиви и темносиви.

Различно обоените туфови, во зависност од техничките својства, се користат како архитектонско градежен камен. Основна карактеристика на овие карпи е таа дека со полирање неможе да се постигне задоволителен сјај.

Физичко-механичките својства на некои магматски карпи кои се експлоатираат и се користат како архитектонско градежен камен се прикажани на Табелата 2 :

Табела 2 : Физичко-механички својства на магматските карпи

Параметри	1	2	3	4	5
Цврстина на притисок МРа	211.9	278.0	227.0	81.0	252.0
Цврстина на свиткување МРа	12.7	-	-	13.0	24.3
Отпорност на абеење $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$	8.23	14.2	9.0	20.03	8.21
Густина kg/m^3	2700	2710	2720	2650	2880
Волуменска маса kg/m^3	2650	2690	2670	2220	2860
Порозност % вол	1.9	0.8	1.9	16.2	0.8
Впивање на вода % мас	0.38	0.27	0.31	4.08	0.23

1. Гранит-Књажевац
 2. Гранодиорит <Кукул> Прилеп
 3. Тоналит <оплотница сива> Нови Пазар
 4. Андезитска лава <трахит> Нови Пазар
- Габро <јабланички гранит > Јабланица

1.2. СЕДИМЕНТНИ КАРПИ

Седиментните карпи настанале на површината на литосферата како резултат на физичките, хемиските и биолошките процеси. Нивниот постанок е врзан за следните фази:

- распаѓање,
- транспорт,
- таложење, или седиментација,
- литификација, дијагнеза или скаменување

Распаѓањето на постојните карпи може да биде механичко или хемиско, односно под влијание на биолошките фактори.

Механичкото распаѓање е предизвикано од низа фактори, од температурните промени на површините на карпите, од механичкото влијание на водата при смрзнување. Со загревање и со ладење на карпите, нејзините состојки, минералите, го зголемуваат или го смалуваат својот волумен, со што слабее интергрануларната или врската помеѓу зрната. Со тоа во површинските делови на карпата настануваат фини, субмикроскопски до микроскопски пукнатинки, во кои водата при смрзнување или загревање ја продолжува настаната деградација на карпата. Механички дезинтегрираниот материјал може да остане на местото на распаѓање или може со дејство на водата или ветерот да биде транспортиран на помали и/или поголеми далечини.

Хемиското распаѓање или декомпозицијата е предизвикана со дејството на водата. Атмосферската вода која содржи јаглеродна киселина, кислород и некои други киселини ги раствора состојките на карпите, или ги претвора во нови минерали. При овие процеси настануваат различни растворливи карбонати и бикарбонати, односно, оксиди, хидроксиди и минерали на глина.

Дејството на организмите е двоврсно; механичко (со растењето на кореновите системи во пукнатините на карпите) и хемиско (под дејство на различни органски киселини).

Механички дезинтегрираниот и хемиски растворениот материјал од местото на распаѓање се транспортира, првенствено со водените текови, односно, со помош на ветрот или под дејство на ледниците. Механички дезинтегрираниот материјал при транспортот во водените текови природно се збогатува и се класифицира по големина и тежина. Процесот на фракционација е нагласен и при транспортот со помош на ветерот.

Седиментацијата како процес може да биде триврсна: механичка, хемиска и биохемиска. Транспортираните честички кои се валкаат или лебдеат во водената струја се таложат кога енергијата на транспортното средство ќе постане многу мала и таа не може понатаму да ги носи. Со збогатување на хемиските раствори во затворените лагуни, базените и езерата се зголемува концентрацијата на различните соли и притоа почнува нивната кристализација. Во водените средини организмите градат скелети од аоргански соединенија, првенствено калцит. Со изумирање на овие организми скелетите тонат на дното, при што настануваат калцитски милови кои се изградени од калцитен скелетен детритус.

Исталожените седименти, првенствено неврзани или растресити во процесот на **литификација, дијагенеза** или **скаменување** преминуваат во седиментни карпи. Земајќи го во предвид фактот дека процесот на седиментација претставува основна одлика на седиментните карпи, битна карактеристика на седиментните карпи е слоевитоста.

Седиментните карпи ги делиме на кластични и некластични. Во понатамошниот текст детално ќе ги опишаме само оние седиментни карпи кои се значајни како архитектонско градежен камен.

1.2.1. Кластични седиментни карпи

Бречи и конгломерати припаѓаат на крупнокластичните (псефити) каде големината на состојките изнесува преку 3 mm.

Значајно е тоа дека бречата се состои од аглести честички (Сл.3) додека конгломератите содржат заоблени честички (Сл.4). Бречите по својот постанок можат да бидат седиментни и тектонски.



Сл.3. Хетерогени бречи



Сл.4. Хетерогени конгломерати

Декоративните и техничките својства на бречите и конгломератите зависат од составот на честичките и карактерот на врзивната материја.

Како архитектонско градежен камен познати се мермерните, варовничките и доломитските бречи од различна стратиграфска припадност, од палеозоикот до палеогенот.

Мермерни бречи од палеозојска старост се:

венчац ѝлав, содржи фрагменти од мермер со сива боја, со зголемена содржина на графитична компонента во цементната маса, како и жилички на прозачен и бел калцит. Се експлоатира на планината Венчац кај Пожега.

црн маврово, содржи светло сиви и темно сиви фрагменти на мермер во цементна маса со окер боја. Се експлоатира кај селото Дуф кај Гостивар.

имѝераѝор, содржи издолжени ориентирани фрагменти од мермер со сива боја во цементна маса со окер и окер црвенкаста боја, како и бели калцитски жили. Се експлоатира кај селото Горна Баница кај Гостивар.

виѝез, содржи светло сиви фрагменти на мермер, просторно послабо ориентирани, во белкаста цементна маса. Се експлоатира кај селото Горна Баница кај Гостивар.

Мермерни бречи од кредна старост се :

бреча роѝочево, содржи фрагменти од мермери, првенствено со белкаста, поретко темносива, жолта, црвенкаста или кафеава боја со окер или плавкаст цемент. Се експлоатира кај селото Ропчево јужно од Белград.

Варовнички бречи од кредна старост се:

клењак, содржи фрагменти со кафеава боја во црвенкаст хематитско-лимонитски цемент. Се експлоатира кај Посушје.

романовац, црвенкасто сива до црвенкасто кафеава бреча која е испресечена со кафеави стилолити и прошарана со црвенкасто кафеави жици. Се сплоатира кај Обровац.

ѝуловац, кафеаво сива бреча прошарана со бели калцитски жили. Се експлоатира кај Обровац.

бреча, изразито полихромна бреча со фрагменти од бела, сива, темносива и црна боја, со кафеаво-црвенкасто пигментиран цемент. Се експлоатира во Габро кај Чачак.

румија, содржи фрагменти со кремаста, кафеава, темно-кафеава боја во кафеаво пигментиран цемент. Се експлоатира кај Бар.

Доломитска бреча од палеогена старост е :

оклад, содржи фрагменти од доломит со бела, жолтеникава, сива и кафеава сива боја. Се експлоатира кај селото Селце на Брач.

Варовнички конгломерати од палеогена старост се :

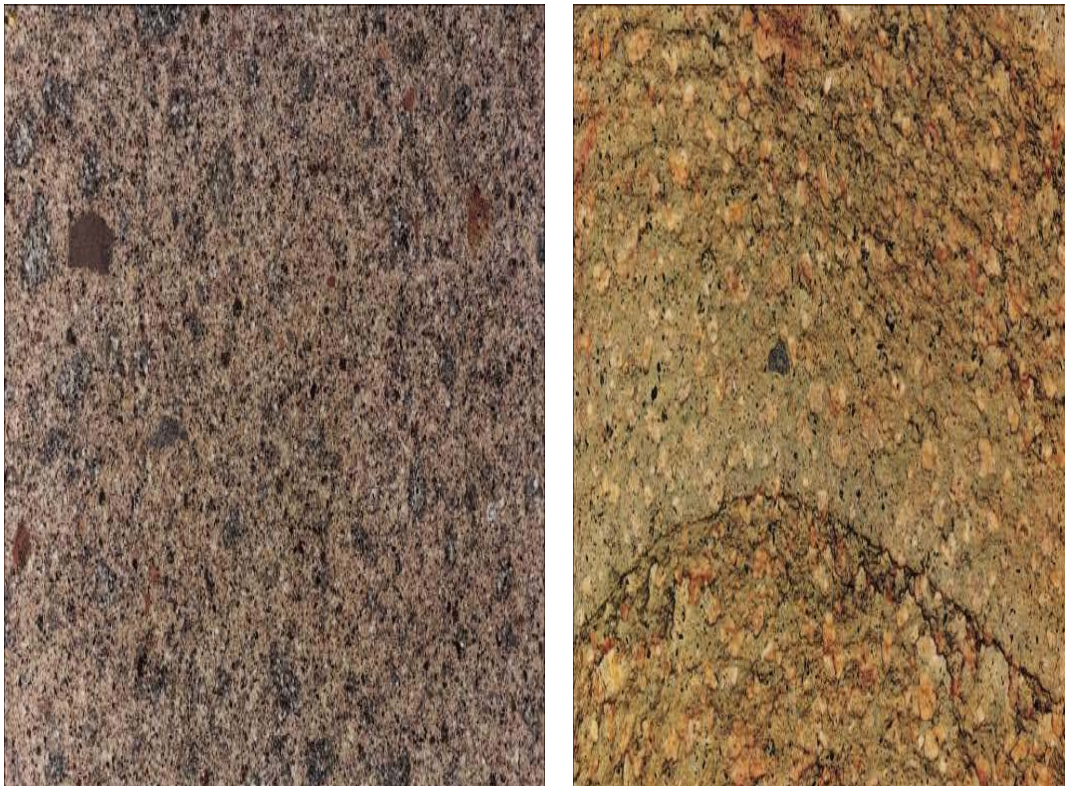
мулѝиколор, содржи фрагменти од бела, сива, розеникава и кафеава боја кои се цементираны со светлосив цемент. Се експлоатира кај Сињ.

розалиѝ, содржи фрагменти со кремаста, розеникава и кафеава боја во окерно црвенкаст цемент. Се експлоатира во селото Паково кај Дрниш.

мариѝи, се состои од различно сиво нијансирани фрагменти. Се експлоатира кај Обровац.

Варовничките бречи и конгломератите првенствено се употребуваат за облагање на ентериери, бидејќи некои од нив, на пример “оклад” се непостојани во екстериерот, или пак во надворешните услови ја губат својата декоративност.

Песочници припаѓаат на среднокластичните седиментни карпи (псамити) со големина на зрната од 0.3 до 3 mm (Сл. 5)



Сл. 5. Хетерогени песочници

Како архитектонско градежен камен денеска се употребуваат се поретко, иако во минатото, поради лесната експлоатација и обработка се користени во голема мера. Во поблиското минато беше познат **беловодскиот ѓесочник** кој се експлоатираше во околината на Крушевац.

Песочник од палеогенска старост е :

јадран зелен, тоа е биокалкарениот со сива боја и со маслинесто зеленкаста до маслинесто кафеава нијанса, содржи многу добро сортиран органоген и минерален детеритус кој е цементиран со калцит. Се експлоатира во Долен Долц, во близината на Дугопоље во околината на Сплит.

Физичко-механичките својства на некои од кластичните седиментни карпи, кои се користат како архитектонско градежен камен се прикажани во Табелата 3.

Табела 3 : Физичко-механички својства на кластичните седименти

Параметри	1	2	3	4	5	6	7	8
Цврстина на притисок МРа	79.0	141.2	210.0	155.0	192.0	166.0	176.1	151.0
Цврстина на свиткување МРа	11.9	10.6	-	11.0	7.2	12.5	12.3	18.1
Отпорност на абење $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$	31.59	27.62	24.53	17.41	22.85	15.8	16.0	14.6
Густина kg/m^3	2700	2700	2698	2740	2850	2727	2700	2709
Волуменска маса kg/m^3	2680	2680	2690	2610	2490	2691	2670	2681
Порозност % вол	0.8	0.8	0.3	4.8	12.7	1.32	1.1	1.1
Впивање на вода % мас	0.26	0.13	0.25	0.22	4.09	0.16	0.19	0.24

1. Мермерна бреча <венчац плав > Пожега
2. Мермерна бреча <император > Горна Баница, Гостивар
3. Варовничка бреча <клењак > Посушје
4. Варовничка бреча <румија > Бар
5. Доломитска бреча <оклад > Брач
6. Варовнички конгломерат <мултиколор > Сињ
7. Варовнички конгломерат <розалит > Паков Село, Дрниш
8. Биоклакарениот <јадран зелен > Долен Долац, Дугопоље

1.2.2. Некластични седиментни карпи

Карбонатни седиментни карпи, варовници и доломити

Карбонатните седиментни карпи, главно варовници, претставуваат посебно значајна група на карпи која се употребува како архитектонско градежен камен.

Варовници, во најголем дел настанале со органските процеси па поради тоа представуваат акумулации на аноргански делови од скелетот и скелетниот детритус на широката лепеза на микро и

макроорганизми. Таквите варовници ги нарекуваме органогени и обично ги именуваме по најмногубрјните фосилни остатоци кои се присутни во нив, на пример : корални варовници (по содржината на скелетите на корали); литотамниски варовници (по алгите литотамнии); фораминиферски варовници (по содржината на скелетите на фораминиферите); рудистни варовници (по содржината на скелетите и скелетниот детритус од рудистите), (Сл. 6).

Спрема деталната класификација на варовниците која се засновува на големината и потеклото на состојките, варовниците се состојат од алохеми кои се цементираны или се потопени во микритскиот калцит, калцитски мил или прозрачен спаритски калцит со покрупни димензии. Алохемите ги вклучуваат интракластите, концентрациите на калцит, потоа оолитите, пелетите, фосилните скелети и скелетниот детритус.



Сл. 6. Органогени варовници

Спрема оваа класификација на варовниците постојат следните типови :

биомикрит, детритус на фосилни скелети во микритски калцит,
биоспарит, детритус од фосилни скелети цементиран со спарикалцит,
интрамикрит, интракласти, агрегати од микросталест калцит во микритски калцит.

Класификацијата на варовниците која е заснована на структурните карактеристики, која во петрологијата на седиментните карпи се повеќе се употребува, ги разликува следните главни вариетети на варовници:

grainstone, тоа е варовник кој содржи грануларен материјал кој одговара на алохемите, без калцитски мил, тоа значи честичките на калцитот се помали од 20 микрометри.

packstone, тоа се варовници кои покрај грануларниот материјал содржат нешто матрикс, калцитен мил кој одговара на микритскиот калцит, но зрната се додирнуваат,

wackstone, е варовник кој содржи повеќе од 10% гранулиран материјал кој е потопен во матрикс од калцитен мил,

mudstone, е варовник кој е изграден од калцитен мил, значи микритски калцит, а може да содржи и помалку од 10% гранулиран материјал, значи алохеми,

boundstone, е варовник изграден од скелети на организми, литифициран на своето место, се означува како биолит, како на пример коралните гребени.

Освен наведените варовници постојат и така наречени **coquina** и **mikrocoquina** варовници, тоа се карпи кои се изградени во потполност од калцитски скелетен детритус со макро и микро димензии.

Сите наведени вариетети на варовници се одликуваат со соодветни визуелни карактеристики, односно, технички својства, од што зависи и нивната примена и декоративност како архитектонско градежен камен.

Варовниците можат да настанат и во условите на хемиските процеси, како на пример **травертинот** кој кристализира од топлите раствори богати со калциум бикарбонат.

Доломит, настанува првенствено со процесите на доломитизацијата или со метасоматоза на варовниците. Магнезиумот во јонска состојба во морската или метеорската вода го заменува калциумот во кристалната решетка на калцитот. Замената може да биде потполна или делумна, кога настануваат доломитични варовници. Процесот на доломитизација може да биде сингенетски, касногенетски и постгенетски процес.

Доломитите како хемиски седименти настануваат многу ретко, бидејќи за неговата кристализација од растворот се потребни посебни услови.

Бојата на карбонатните седименти зависи од присуството на пигменти. Тие пак се зависни од оксидациско-редукциските услови на седиментационата околина како и од сингенетските и постгенетските услови.

Главните пигменти на карбонатните карпи се :

- органогена, битуминозна супстанца која каменот го обојува во различни нијанси на сива, кафеава и црна боја,

- хематит, кој каменот го обојува во различни нијанси на црвенкаста и црвена боја,

- лимонитска супстанца која каменот го обојува во различните нијанси на жолтеникава боја.

Битуминозната супстанца е непостојан пигмент, па поради тоа варовниците обоени со неа не се употребуваат во екстериерот, туку само во облагањето на ентериерот.

Основните декоративни елементи на карбонатните карпи се :

- бојата, која зависи од содржината и просторниот распоред на природниот пигмент,
- скелетниот детритус со ситни и поголеми димензии, кој е вообичаено поинаку нијансиран од калцитскиот матрикс и често има стаклест сјај,
- послабо или посилено изразена слоевитост, која е нагласена со промената на бојата, а која воедно не е површина на дисконтинуитет,
- сплетови на прозрачни, бели или различно обоени калцитски жили,
- стилолити, творби кои наликуваат на врската на коските на главата, со забести меѓусебни додирнувања, кои се добро видливи во попречните пресеци, а кои обично се исполнети со глиновита супстанца. Овој елемент е многу декоративен но не и секогаш поволен структурен елемент од аспект на обработката на архитектонско градежниот камен.

Покрај калцитот и доломитот како главни минерали, карбонатните карпи содржат и други состојки, а посебно треба да се посвети внимание на оние кои се штетни. Тоа се првенствено сулфидните минерали, пирит и марказит, минералите на глина, како и прослојците или леќите од опал или калцедон.

Употребата на карбонатните седиментни карпи како архитектонско градежен камен зависи од нивните технички, односно физичко-механички карактеристики како и од климатската постојаност. Некои од нив, ако имаат непостојана боја, се употребуваат првенствено за облагање на ентериерот, а други ако не се отпорни на абелење се употребуваат за облагање на вертикални површини и т.н.

Карбонатните седиментни карпи кои се вградени на челните површини на зградите, односно во екстериерот, се изложени на дејството на агенсите на климата, па поради тоа на површината се променуваат, односно патинираат. Во урбаната средина патината која го штити каменот обично има земјесто сива боја, бидејќи има многу примеси, првенствено од отпадните продукти на согорувањето на цврстите горива, со што површината на каменот ја губи својата декоративност. Освен тоа, карбонатните седиментни карпи под влијанието на урбаната атмосфера и киселите дождови на површината се претвораат во калциски сулфат со вода, настануваат гнезда на прашиест гипс кои на површината скоро редовно се маскирани со цврста кора, а кое претставува многу сериозно оштетување. Челните површини на зградите кои се почесто изложени на врнежи од дожд, редовно се посветли, почисти и без поголеми количини на споменатите производи на урбаната атмосфера.

Карбонатните седиментни карпи кои се експлоатираат како архитектонско градежен камен се варовниците со различна страти-

графска припадност, првенствено од мезозојска, а најмногу горно кредна старост.

Карбонатни седиментни карпи од тријаска старост се :

хреша, густ варовник со крем боја, на места зеленкаст и црвенкасто пигментиран, испресечен со бели и сиви калцитски жици и стилолити исполнети со глиновита компонента. Се експлоатира североисточно од Сараево.

слајина, бел изразито сахароиден доломит, на места обоен со жолтеникави лимонитски флеку. Се експлоатира во близината на Фоча.

хошавље црвен, хошавље роза, хошавље сив, тоа се густе варовници со црвена, розеникава и сива боја. Се испресечени со калцитски жици и стилолити. Се користат првенствено за облагање на ентериери, се експлоатираат во близината на Шкофја Лока.

лесно брдо, густ, микритски варовник со светло розеникава до светло сива боја кој е испресечен со бели, сиви и светло црвени флеку и бројни калцитски и доломитски жици. Се употребува првенствено за ентериери, се експлоатира југозападно од Љубљана.

бела ружа, бел до розеникаво нијансиран сахароиден доломит, локално испресечен со калцитски жици. Се експлоатира југозападно од Нови Пазар.

сироѓојно црвен и сироѓојно свейол, густе варовници со црвена и сива боја со скелети од школки, содржат многубројни стилолити исполнети со црвени и сиви глиновити компоненти, како и калцитски жици. Се експлоатира јужно од Ужице.

скржуши, варовник со крем боја кој е различно нијансиран во окер и црвеникав тон. Декоративноста му ја даваат бројните остатоци и фрагменти од скелети на школки како и бројните стилолити, потоа жици од бел и црвеникав калцит. Се експлоатира во селото Скржути кај Ужице.

ју ѿоршоро, варовник со неуедначена сивкасто црна до црна боја со светли флеку и бројни црвенкасти стилолити како и бројни бели калцитски жици. Се употребува исклучително за облагање на ентериери и се експлоатира во близината на Ужице.

Варовници од јурска старост се :

бела роса, интрамикрит, содржи сивкасто розеникави и црвеникави интракласти во микритски калцит како и жилички од млечно бел калцит и црвеникави стилолити кои се паралелни со слоевитоста. Се сплоатира источно од Хан Песок.

кирмењак, густ микритски варовник или калцилутит, со боја на слонова коска а на места и сиво-плава боја. Специфичноста на каменот му ја даваат многубројните стилолити кои се паралелни си слоевитоста и се темно сиви по боја, а исполнети се со глиновити компоненти. Полираниот камен задобива порцелански изглед кој е познат како тип **орсера** или **врсарски**.

Се експлоатира во оселото Кирмењак во непосредна близина на Пореч.

црна кричка, густ микритски варовник, со темно сива до црна боја кој е прошаран од сплет на жици и сочива од провиден калцит со хематит. Има присуство на многубројни стилолити кои се со црвенкасто кафеава боја и се пигментирани со хематит и лимонит. Употребата е исклучително ограничена на ентериерот, а се експлоатира во близината на Дрниш.

неџрис фиориџо, биомикрит кој содржи бели издолжени скелети на школки во сиво црна микритска калцитска основа, пигментиран е со финодисперзирана битуминозна супстанца. Употребата е строго ограничена на ентериерот, а се експлоатира во селото Велиќ, југоисточно од Сињ.

унаројџ, интраспарит, содржи валчести црвени и црвено-кафеави интракласти со микритска градба кои се наоѓаат во потемно нијансиран цемент од спаритски калцит. На полираните површини има изглед на конгломерат, локално содржи калцитски жици. Се употребува првенствено за облагање на ентериери, а се експлоатира северозападно од Долен Лапец.

Варовници од долнокредна старост се :

долиџ, микритски варовник со крем боја, со ретки микроскелети кој е испресечен со многубројни жилички со различни бои од бела, сива, окер и црвенкаста. Се експлоатира во непосредна близина на Сплит.

осоје, биомикрит, содржи кафеав скелетен детритус во светло кафеава микритска основа како и жилички и гнезда на калцит. Се експлоатира јужно од Посушје.

рози мрамор, крупнозрнест мермерен варовник со розеникава боја, прошаран со бројни млечно бели калцитски жици, на места има бречаста текстура. Се употребува исклучително за облагање на ентериери. Се експлоатира северно од Посушје.

канфанар, онколитен варовник со жолта боја познат уште како истарски жолт, содржи потемни жолти валчести онкоиди со големина на лешници до ореви во светло жолт матрикс од микритски

калцит. Полираната површина има оревест изглед. Се експлоатира во околината на Канфанар.

селина, онколитен варовник, многу сличен на типот канфанар, но погуст и со помала порозност и водовпивност. Се експлоатира во околина на Селина во Истра.

џијовац, густ варовник со неуредно розеникаво црвени и крем црвени тонови, пегаст, со густа мрежа од бројни стилолити кои се исполнети со глиновита компонента. Се употребува за облагање на ентериери, а се експлоатира во околината на Књажевац.

џалилула, органоген варовник со светло кафеава боја, локално содржи крупни скелети на фосили како и сплет на фини стилолити со жолтеникава боја. Се експлоатира во околината на Књажевац.

Варовници од горнокредна старост се :

босилна, биоспарит, со бела до бело кремаста боја со крупен и ситен фосилен детритус со потемна нијанса и стаклест изглед. Се употребува првенствено за вертикални облагања и се експлоатира во близината на Слатина кај Посушје.

џаулиџ, биомикрит со кремаста до кафеава боја кој е испресечен со бројни бели калцитски жили и поретко со окер обоени стилолити. Се експлоатира во околината на Бихаќ.

кликовача, биомикрит, со кремаста до кафеава боја, во основа неуредно боја во која посебно се истакнуваат кафеавите и белите фрагменти на рудисти, се експлоатира во околината на Даниловград.

маџаџ, биоспарит со кремаста боја, содржи добро сортирани кафеави и бели скелети на фосили, а на места и покрупни фрагменти на школки со кафеава боја во основа од спаритски калцит. Се експлоатира југоисточно од Даниловград.

сивац, сивац венато, на пазарот познат како *adria grigio macchiato* и *adria grigio venato*, претставува доломитски варовник со уедначена сива боја, односно типот венато е прошаран со неправилни темни жици, поретко се воочуваат остатоци од прекристализирани фосили. Се експлоатира на островот Брач.

Варовници од квартерна старост се :

џраверџин кучково, травертин со различни нијанси на жолта боја и нагласена лентеста текстура. Многубројните шуплинки се

превиени со бела калцитска или кафеава лимонитска скрама. Се употребува првенствено за облагање на вертикални површини на екстериерот и ентериерот. Се експлоатира во селото Кучково во непосредна близина на Скопје.

травертин мајка, травертини со изразита лентеста текстура по боја сиво бели со нагласена шупликавост која е паралелна со слоевитоста. Се употребува првенствено за облагање на вертикални површини на ентериерот и екстериерот. Се експлоатира југозападно од Скопје.

травертин свиларе, травертин со изразита лентеста текстура, со окер кафеава боја, лентите се различно нијансирани а одделните делови се покампактни и без шуплинки додека останатите се изразито шупликави. Се експлоатира кај селото Свиларе кај Скопје.

оникс Мариово, мермерен оникс со светло кафеави до жолто кафеави бои кои се сменуваат како заталасани ленти со различна широчина, компактен и во тенки плочи провиден, се употребува за облагање на ентериери и за изработка на камена галантерија. Се експлоатира на подрачјето на Мариово, југоисточно од Прилеп.

Физичко-механичките карактеристики на варовниците кои се користат како архитектонско-градежен камен се прикажани во Табелата 4, а во Табелата 5 се прикажани физичко-механичките својства на некластичните седиментни карпи.

Табела 4 : Физичко-механички својства на некластични седименти

Параметри	1	2	3	4	5	6	7	8
Цврстина на притисок МРа	235.3	148.4	177.0	102.1	196.5	191.3	159.1	123.9
Цврстина на свиткување МРа	6.44	15.8	13.4	-	12.0	12.9	18.6	16.9
Отпорност на абење cm ³ /50cm ²	36.3	15.5	14.0	16.05	19.8	30.9	20.76	22.05
Густина kg/m ³	2850	2770	2711	2703	2740	2680	2750	2700
Волуменска маса kg/m ³	2710	2708	2682	2696	2659	2580	2520	2560
Порозност % вол	5.0	2.3	1.1	0.26	3.0	3.8	7.7	5.2
Впивање на вода % мас	0.6	0.1	0.24	0.15	0.64	1.17	2.32	0.95

1. доломит < **слатина** > Фоча
2. микритски варовник < **лесно брдо** > Љубљана
3. микритски варовник < **кирмењак** > Пореч
4. биомикрит < **осоје** > Посушје
5. онколитски варовник < **канфанар** > Канфанар
6. биомикрит < **кликовача** > Даниловград
7. доломитски варовник < **сивац** > Брач
8. биоспарит < **купиново унито** > Брач

Останати некластични седиментни карпи се :

- евапорити (анхидрит, гипс, соли),
- силициски седиментни карпи (рожнаци, радиоларит, дијатомит),
- железовити седиментни карпи и,
- фосфатни седиментни карпи

Табела 5 : Физичко-механички својства на некластични седименти

Параметри	9	10	11	12	13	14	15	16
Цврстина на притисок МРа	13.5	81.0	-	109.0	136.2	118.0	72.0	82.6
Цврстина на свиткување МРа	3.1	-	3.8	16.0	18.4	16.6	10.3	10.5
Отпорност на абење $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$	134.3	25.92	24.1	20.3	20.64	29.33	44.3	32.6
Густина kg/m^3	2690	2700	2730	2685	2750	2700	2703	2730
Волуменска маса kg/m^3	1660	2480	2350	2680	2510	2500	2377	2550
Порозност % вол	38.3	8.2	14.0	0.2	8.8	7.5	12.1	6.48
Впивање на вода % мас	16.82	1.73	2.3	0.1	2.48	1.06	4.0	1.72

9. интрабиоспарит < **бихаќит** > Бихаќ
10. травертин < **травертин кучково** > Скопје
11. травертин < **травертин матка** > Скопје
12. мермерен оникс < **оникс мариово** > Мариово, Прилеп
13. доломитски варовник < **сан гиоргио** > Брач
- 14.. биоспарит < **веселе фиорито** > Пучишќа
15. варовник < **винкуран унито** > Пула
16. биоспарит < **височани унито** > Дубровник

1.3. МЕТАМОРФНИ КАРПИ

Метаморфните карпи настануваат со метаморфоза или преобразба на веќе постојните карпи во литосферата, со промена на физичко-хемиските услови. Главни фактори на метаморфните процеси се температурата, притисокот и хемиски активниот флуид.

Зголемувањето на температурата е последица на геотермалниот градиент (средниот геотермален градиент во литосферата е приближно еднаков на 25°C на километар длабина) или на топлинското зрачење на магматските тела при нивното втиснување во литосферата, а во некои случаи и како последица на триењето на карпестите маси во литосферата долж раседните зони.

Притисокот во литосферата може да биде хидростатички или пак насочен-стрес. Во условите на хидростатичкиот притисок настануваат метаморфни карпи кои се одликуваат со хомогена текстура. Влијанието на насочениот притисок се манифестира со интензивното дробење и прекристализацијата на минералите по Рикеовиот принцип. Во овие услови настануваат шкрилести текстури, со субпаралелен просторен распоред на плочести и листести минерали.

Главниот активен флуид во метаморфните процеси е водата која може да го има следното потекло :

- метеорска или конатна вода во порите на седиментните карпи,
- вода од хидратизираните минерали, на пример минералите на групата на глини и др.,
- јувенилна вода од магматските тела, кои содржат и други лесно испарливи компоненти.

Метаморфните карпи, настануваат при прекристали-зација на минералите без присуство на феномени на топење и можат да имаат разноврсни структури од кои ќе споменеме некои:

- **гранобластична**, кога карпата се состои од минерали кои имаат приближно иста големина, со ваква структура се одликуваат мермерите и кварцитите,

- **лепидобластична**, кога карпата е изградена од листести минерали, како на пример лискунски шкрилец или микашист,

- **нематобластична**, кога карпата е изградена од влакнести минерали, како на пример амфиболит,

- **порфиروبластична**, кога карпата содржи крупни порфиробласти во поситна основа, како на пример, окцест гнајс со порфиروبластични микроклини во ситна основа од кварц, фелдспат и лискун.

Разликуваме неколку видови на метаморфизам и тоа :

- **катакластичен** или кинетички, се случува во услови на ниски температури и изразен насочен притисок-стрес, при што преовладува катаклазирање или дробење на минералите,

- **термален**, се случува при високи температури и релативно ниски притисоци, во непосредна близина на контактите со загреаните магматски тела,

- **динамотермален** или регионален, се случува во услови на зголемена температура и притисок, во главно стрес, при што настануваат карпи со изразито шкрилеста текстура, кристалести шкрилци,

- **плутонски**, се случува во услови на многу високи температури и големи хидростатички притисоци во подлабоките делови на литосферата каде метаморфизмот се граничи со почетокот на топењето на карпите.

Во петрологијата на метаморфните карпи се повеќе се употребува разликувањето на метаморфните карпи спрема метаморфните фации со критични минерални асоцијации за соодветни услови на притисок и температура. Така за високи температури (800-1000°C) и ниски притисоци се употребува терминот санидинска фација. За постепено зголемување на притисокот и температурата карактеристични се следните фации: фации на зелени шкрилци, епидот амфиболитска фација, гранулитска фација, еклогитска фација и т.н.

На основа на типот и интензитетот на метаморфизмот, метаморфните карпи се поделени во следните групи:

1. **Катакластити**, настануваат со механичка деформација под влијанието на насочениот притисок-стрес, прекристализацијата е послабо изразена. Во оваа група припаѓаат; милонитите-издробени карпи во гранулиран агрегат, настануваат во зоните на дислокациите; филонити-шкрилести карпи кои настануваат со дробење на кварц-фелдспатските карпи при што фелдспатите се серицитизирани, а обоените минерали се хлоритизирани.

2. **Хорнфелсти**, или корнити, настануваат во услови на контактната метаморфоза,

3. **Мермери**, настануваат во услови на контактниот или регионалниот метаморфизам на варовниците или доломитите. Во оваа група припаѓаат; циполините, тоа се мермери кои покрај калцитот содржат и лискуни; офикалцитот, агрегат на калцит и серпентинит.

4. **Кварцити**, настануваат во услови на контактниот и регионалниот метаморфизам на кварцните песочници.

5. **Шкрилци со низок степен на метаморфизам**, настануваат во услови на регионалниот метаморфизам, се одликуваат со шкрилеста текстура и главно лепидобластична структура. Во оваа група спаѓаат: аргилошистите, филитите и зелените шкрилци,

6. **Шкрилци со среден и висок степен на метаморфизам**, настануваат во услови на регионалниот и плутонскиот метаморфизам. Во оваа група спаѓаат; амфиболит, гнајс и гранулит.

Како архитектонско-градежен камен во светот и кај нас се експлоатираат поголем број на метаморфни карпи кои имаат нагласени декоративни својства а тоа воглавно се: мермерите, гнајсевите, кварцитите и серпентинитите.

Треба да се спомене дека од посебна важност како архитектонско-градежен камен се мермерите.

1.3.1. Мермери

- **кристалино**, сивкасто бел мермер со сиво пигментирани потесни и пошироки ленти и издолжени леќи, познат уште како студенички мермер, се експлоатира северозападно од манастирот Студеница.

- **плав тек**, мермер со бречовиден изглед, со светли фрагменти со неуедначени димензии кои се разделени со сивоцрн цемент. Графитичната компонента е концентрирана околу светлите фрагменти, локално содржи бели калцитски жици и млазеви на неправилни облици и остри граници. Се експлоатира кај селото Калениќ, северозападно од Пожега.

- **розе мермер**, мермер кој понекогаш има бречовиден изглед со издолжени фрагменти кои имаат лентеста градба при што се сменуваат сиви и црвени ленти со посветли и потемни розеникави бои. Овој мермер е проткаен со бројни темноцрвени и бели жици кои на места имаат неправилен леќест облик и неправилни концентрации на бел калцит. Се употребува првенствено за облагање на ентериери, а се експлоатира западно од Нови Пазар.

- **венчац бел**, мермер со белузнава боја на основата со сиво пигментирани дамки во вид на облаци кои во напречниот пресек имаат издолжени облици, понекогаш сивата пигментација има облик на вени, во потенки плочи е провиден, а се експлоатира југоисточно од Аранѓеловац.

- **чашка**, светло сив доломитски мермер со лентеста градба при што се сменуваат ленти со различен интензитет на пигментација со графитична материја, поретко е прошаран со бели и розеникави калцитски жици. Се експлоатира на Плетвар, североисточно од Прилеп.

- **дебреште**, мермер со темно сива до црна боја кој е нерамномерно пигментиран и има лентеста градба, изразито е крупнозрн, а се експлоатира кај селото Дебреште северозападно од Прилеп.

- **сивец и сивец калцитен**, доломитски мермер со изразито бела боја и сахароиден изглед. Има уедначена големина на зрната, вариететот сивец калцитен содржи вклучоци и леќи од сив калцит кој има стаклест сјај. Се експлоатира североисточно од Прилеп.

- **кристалина**, како и вариететите кристалина светла и кристалина темна се мермери кои имаат уедначена сива боја и на места имаат бели и темни дамки, а во некои делови се пигментирани со црна

нијанса. Вариететот кристалина темна се користи за облагање на ентериери, а се експлоатираат кај селото Падалиште во околината на Гостивар.

- **три цвета**, мермер со изразито полихромна особина, делумно бречовиден, доминантно црвеникав прошаран со помали зеленкасти и поголеми бели површини. Се експлоатира кај селото Падалиште, југоисточно од Гостивар.

- **миокази црн, миокази розе**, мермер темно сив до црн и розеникав со темноцрвени и розеникави нијанси, а на места се појавуваат и млечно бели неправилни гнезда на калцит. Проткаен е со неправилен сплет на жили на калцит а на места натрупувања на калцит кој може да биде обоен кафеаво или пак зеленкасто. Се експлоатира кај селото Миокази, источно од Кичево.

- **пласница**, бел мермер на места со слабо нагласена жолтеникава нијанса и финозрнеста градба. При полирање задобива висока сјајност и порцелански изглед на површините. Се експлоатира кај Пласница, источно од Кичево.

- **сребрена лисица**, сивкасто бел микрозрнест мермер со неправилни и валчести дамки ориентирани во паралелни низови. Се експлоатира кај Цер југоисточно од Кичево.

- **узунов**, нагласено бел микрозрнест мермер со слабо нагласена сивкаста пигментација во форма на дамки и жолтеникава лимонитска пигментација во форма на ленти. Се експлоатира кај Цер југоситочно до Кичево.

1.3.2. Шкрилци со низок степен на метаморфизам се :

Аргилошисти, по боја се црни имаат шкрилеста текстура и лепидобластична структура. Главни минерали од кои се изградени се; кварц и серицит-илит, а пигментот претставува графитична супстанца. Лесно се дели во тенки плочи по правецот на шкрилавоста. Основна примена има како материјал за изработка на плочи за покривање на кровови. Се експлоатира кај селото Кринина, јужно од Велес.

1.3.3. Шкрилец со висок степен на метаморфизам:

Биотитски гнајс < дреновци > има сивозеленкаста боја и изразито шкрилеста текстура, а структурата е гранобластична до лепидобластична. Има слабо нагласена окцеста градба со порфиробласти од К-фелдспат во поситнозрнеста основа изградена од кварц, фелдспат, биотит, амфибол и малку мусковит. Лесно се изделува паралелно со шкрилавоста при што се добиваат површини на цепење кои имаат рустичен изглед. Се експлоатираат северозападно од

Прилеп. Во Табелата 6 се прикажани физичко механичките карактеристики на некои мермери.

Табелата бр. 6. Физичко-механичките својства на некои мермери

Параметри	1	2	3	4	5
Цврстина на притисок МРа	102.8	100.6	224.0	223.1	109.0
Цврстина на свиткување МРа	-	12.1	-	-	-
Отпорност на абеење $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$	29.61	29.67	38.0	19.6	30.0
Густина kg/m^3	2710	2710	2880	2900	2750
Волуменска маса kg/m^3	2660	2690	2850	2860	2720
Порозност % вол	1.9	0.8	1.1	1.4	1.1
Впивање на вода % мас	0.16	0.26	0.19	0.06	0.12

1. Мермер < **плав тек** > Калениќ, Пожега
2. Мермер < **венчац бели** > Аранѓеловац
3. Доломитски мермер < **чашка** > Прилеп
4. Доломитски мермер < **сивец** > Прилеп
5. Мермер < **кристалина** > Падалиште, Гостивар

2. КОМЕРЦИЈАЛНА И ПРАКТИЧНА ПОДЕЛБА НА АРХИТЕКТОНСКО ГРАДЕЖНИОТ КАМЕН

Архитектонско градежниот камен кој се употребува како декоративно заштитен или декоративно функционален елемент кај градежните објекти за сите намени, потоа за архитектурата на спомен обележјата, архитектурата на гробиштата и вајарството, комерцијално се дели на две групи :

- гранити, група која ги опфаќа сите силикатни карпи без обзир на нивната генеза, главно магматски и метаморфни, и

- мермери, група која ги опфаќа сите карбонатни карпи, без обзир на генезата, како седиментните, значи варовници и доломити, така и мермерите во петролошка смисла, значи метаморфните карпи.

Проширена и практична поделба на карпите кои се употребуваат како архитектонско-градежен камен има прикажано (Билбија, 1984). Оваа поделба се заснива на петролошките карактеристики на карпите но сепак во себи ги вклучува и значајните елементи на каменот од аспект на физичко-механичките својства, обработливоста, примената и трајноста на каменот после неговото вградување.

2.1. ГРАНИТИ

Оваа група ги обединува сите изразито тврди силикатни карпи за обработка, а при тоа се користи технологијата за обработка на гранитите. Заедничкото својство им е трајноста и непроменливоста на изгледот, дури и кај обоените вариетети кои содржат стабилни природни пигменти. Во најголем дел се стругаат и полираат до висок сјај, но површините на лицето можат да се обработат и на други начини, на пример термички. Со оглед на физичко-механичките карактеристики имаат широка примена, и многу се употребуваат за облагање на хоризонтални и вертикални површини и во ентериерот и во екстериерот, за спомен обележја и за архитектура на гробиштата.

Имајќи ја во предвид тенденцијата во светот, дека поради наведените карактеристики на каменот оваа група на карпи се повеќе се употребува во архитектурата, ограниченоста на нашето производство се огледа во понудата на мал број на врсти на домашен камен, некои од нив поради монолитното сивило (прилепски гранити), немаат посебни декоративни одлики додека за некои кои имаат посебни декоративни одлики (гнајсевите од Дреновци) условите на наоѓалиштата не можат да осигурат посебни развојни можности. Од тој аспект како посебно интересен камен од групата на гранитите, а кои можат да понудат големи развојни потенцијали сепак остануваат гранитите на пелагонскиот метаморфен комплекс. Овој гранитски

компелкс во иднина ќе претставува посебен предизвик од аспект на архитектонско-градежниот камен во Република Македонија.

2.2. МЕРМЕРИ

Оваа група ги обединува категориите на тврди и средно тврди карбонатни, калцитски и доломитски, карпи од седиментно и метаморфно потекло. Тоа се карпи кои релативно многу добро и лесно се обработуваат со технологијата на обработка на мермерите. Во зависност од физичко-механичките својства имаат потесна или поширока примена. Непостојани се во однос на влијанието на атмосферилите, посебно во урбаната средина, кога полираните површини ја губат сјајноста, а постојаноста на бојата зависи од стабилноста на природниот пигмент. Бледеењето е посебно изразено, како со брзината така и со интензитетот, кај камените кои се пигментирани со органогена битуминозна материја. Каменот од оваа група е првенствено камен на ентериерот, без оглед на тоа што голем број од овие камења се употребуваат и за облагање во екстериерот.

Имајќи ги во предвид петролошките карактеристики, физичко-механичките својства и лесната обработка, во оваа група на карпи се издвоени четири подгрупи и тоа :

Мермери во петролошка смисла се метаморфни карпи со калцитски или доломитски состав. По правило се тоа компактни карпи, со хомогена или послабо и посилно нагласена шкрилеста текстура и лентест изглед при што треба да се спомене дека површините на шкрилавост не претставуваат површини на дисконтинуитет долж кои може да дојде до плочесто распаѓање. Имаат изразена гранобластична структура, со поситни или покрупни минерални зрна. За обработка, а посебно за скулптури, се поповолни среднозрнестите и ситнозрнестите структурни типови. Овој камен се употребува за облагање на ентериерите и екстериерите, посебно за облагање на вертикални површини, бидејќи нема доволно голема отпорност на абеење. Полираните површини во екстериерот многу брзо ја губат сјајноста, површините често стануваат фино рапави, но бојата ја задржуваат подолго време бидејќи содржат стабилни природни пигменти. Мермерите кои се различно нијансирани во сивата боја постепено бледеат, бидејќи како природен пигмент содржат графитична компонента која е постабилна од органската битуминозна компонента. Мермерите кои се експлоатираат во Македонија во најголем број на случаи припаѓаат на обоените вариетети, но од аспект на декоративност не можат да се оценат дека имаат посебен и единствен изглед. Во оваа подгрупа, поради својот особен изглед, белина и сахароидна структура, се истакнува доломитскиот мермер **сивец**, бидејќи е и наоѓалиште со големи развојни можности, а во него можат да се експлоатираат и големи блокови од високи комерцијални категории, што му дава посебна вредност.

Тврди варовници ги обфаќаат карбонатните седиментни карпи кои се компактни, цврсти и изразито отпорни на абеење, првенствено со микритска и биомикритска градба. Потешки се за обработка од мермерите во петролошка смисла. Можат да се полираат до висок сјај. Имајќи ги во предвид споменатите својства се применуваат за облагање на подови. Белите типови на густите варовници имаат примена и во ентериерите и во екстериерите. Обоените варовници, посебно кога како пигмент содржат органогена битуминозна супстанција, строго се ограничени за примена во ентериерите, поради нестабилноста на пигментот.

Средно тврди варовници ги обфаќаат карбонатните седиментни карпи кои се средно порозни, имаат средна тврдина и се помалку отпорни на абеење од претходната група. Лесно се обработуваат и полираат, но при полирањето не се постигнува толку голем сјај како кај камењата од претходната подгрупа. Се применуваат за облагање на вертикални површини во ентериерот и во екстериерот. И за оваа подгрупа важи истото како и за претходната дека во екстериерот не се применуваат материјалите кои се обоени со нестабилни природни пигменти. Имајќи ги во предвид физичко-механичките својства на оваа подгрупа на камен не се препорачува нивна употреба во облагање на хоризонтални површини.

Конгломерати и бречи ги обфаќаат компактните и цврстите кластични седиментни карпи од групата на псефитите главно со карбонатен состав. Од карактерот на кластичните фрагменти, честичките и поголемите парчиња, од врстата на цементот зависи нивната обработливост и сјај кој се постигнува при полирањето. Од овие елементи зависи и нивната декоративност. По декоративноста, со оглед на бојата на фрагментите се издвојуваат конгломерати **мултиколор** и **розалит**. Каменот од оваа подгрупа се употребува воглавно за облагање на ентериери.

2.3. МЕКИ КАРПИ

Во оваа група се наоѓаат првенствено карпите со карбонатен состав кои се одликуваат со значителна до висока порозност, мала цврстина и мала отпорност на абеење. Многу лесно се обработуваат, но не се полираат бидејќи не примаат сјај. Се применуваат исклучиво за облагање на вертикални површини, главно во ентериерот, но и во екстериерот каде се изложени на поголемо онечистување како резултат на урабана средина. Со оглед на високата порозност и постојаноста на мраз овие карпи треба детално лабораториски да се осознаат, а треба да се погледнат и на старите објекти каде се вградувани како би можеле да се дефинираат подетално нивните особини.

2.4. ТРАВЕРТИНИ

Овие карпи ја претставуваат групата на хемиски карбонатни седиментни карпи, кои како последица на генезата се одликуваат со остро нагласена лентеста градба и нагласена шупликавост. Лесно се обработуваат и добро се полираат. Се применуваат главно за облагање на вертикални површини во ентериерот и екстериерот. Во облозите на екстериерот се однесуваат како и останатите карбонатни карпи, а вградените материјали на старите објекти ја покажуваат сета постојаност и трајност на овие карпи во урбаната средина.

2.5. ОНИКСИ

Мермерниот оникс претставува група на хемиски карбонатни седименти. Компактни се и имаат изразена лентеста градба. Можат да бидат различно обоени, но претежно се зеленкасти или кафеаво нијансирани. Се полираат до висок сјај и се провидни. Се употребуваат првенствено за камена галантерија и полуксузно облагање на вертикалните површини на ентериерот.

2.6. ШКРИЛЦИ

Припаѓаат на групата на ниско-метаморфни карпи и имаат изразена шкрилеста текстура и лепидобластична структура. Паралелно со шкрилавоста можат многу лесно да се izdelуваат во плочи со дебелина од неколку милиметри. Во оваа група се наоѓаат аргилошистите кои во облик на тенки плочи се употребуваат за покривање на кровови.

2.7. ПЕСОЧНИЦИ

Во оваа група се опфатени кластичните седиментни карпи од групата на псамитите. По состав се силикатни или поретко карбонатни карпи. Поретко се обработуваат како архитектонско градежен камен, главно поради големата тврдина и поради тоа што не можат да се полираат, со исклучок кога имаат карбонатен состав.

Во понатамошниот текст како прилози ќе прикажеме некои од комерцијалните типови на архитектонско украсен камен кои можат да се најдат на светскиот пазар.

3. ИНЖИНЕРСКА КЛАСИФИКАЦИЈА НА КАРПИТЕ

Најчесто користена класификација во петрологијата е онаа која како основа ја зема генезата на карпите според која сите карпи во Земјината кора се поделени на магматски, седиментни и метаморфни.

Основните физички својства на карпите се условени од карактерот и физичката природа на врската помеѓу нивните минерални состојки или честички. Физичката состојба е основа за инженерската класификација на карпите. По таа основа сите карпи се поделени на три големи групи: **цврсти, врзани и неврзани.**

Кај цврстите карпи помеѓу минералните зрна постои јака врска формирана при кристализацијата или преку цементирање на материјата која потполно или делумно го исполнува просторот помеѓу минералните зрна.

Кај врзаните карпи врската помеѓу минералните честички се остварува преку опни на водата кои ги обвиткуваат честичките и се држаат со електромагнетни сили. При оптоварување доаѓа до деформација во облик на пластично смолкнување и компресија

Неврзаните карпи се растресити тела каде при оптоварувањето доаѓа до трајни деформации поврзани со преместување и зближување на зрната, нивно основно обележје и е водопропустливоста.

Во инженерството вообичаено и прифатено е да под поимот карпи се подразбира само цврста карпа, додека врзаните и неврзаните карпи се одредуваат под поимот почва. Помеѓу карпите и почвата постојат суштински разлики во физичките својства и физичките однесувања кои прават да инженерската класификација на карпите битно се разликува од геолошката во која под поимот карпи се подразбира секој природно настанат минерален агрегат кој е составен дел од Земјината кора. Поимот камен се разликува од поимот карпа. Каменот претставува мало парче карпа кој природно или вештачки е одвоен од карпата чие физичко однесување е различно од однесувањето на карпестата маса од кој е изваден.

4. ПЕТРОГРАФСКИ СВОЈСТВА НА ЦВРСТИТЕ КАРПИ

4.1. МИНЕРАЛЕН СОСТАВ

Минералот го дефинираме како анорганско тело со одредени физички својства и одреден хемиски состав со иклучок на некои форми на јаглен, сулфур и некои метали, сите минерали се хемиски соединенија на два или повеќе елементи во одреден тежински однос. Од елементите со своето учество доминира кислородот бидејќи земјината кора скоро во целина се состои од соединенија на кислород, особено силикати на Al, Na, Ca, Mg и Fe. Деталното познавање на минералниот состав на некој камен со оглед на познатите физички својства на минералот, може да биде добар показател на својствата на каменот. Својствата на минералот како што се хемискиот состав, тврдина, густина, правци на лепење, хемиска постојаност, можат да го одредат однесувањето на каменот под одредени услови.

Најголема постојаност имаат мономинералните кварцни карпи (кварцни песочници, кварцити). Кварцот е еден од најтврдите минерали кои се јавуваат како значајна состојка на каменот т.е. со зголемување на содржината на кварцот расте и тврдината на каменот, сите други почести минерали подложни се на распаѓање и растворање, зависно од средината во која се наоѓат. Изразено влијание на постојаноста на каменот имаат глините и сулфидите подложни на распаѓање. Зголемената содржина на лискуни ја смалуваат цврстината и постојаноста на каменот.

4.2. СТРУКТУРА

Структурата на некоја цврста карпа ја одразува големината, обликот и начинот на меѓусебното врзување на основните состојки т.е. карактеристики кои произлегуваат од процесот во кој настанала карпата, а од која зависат многу технички карактеристики на каменот.

Во основа зрната се механички поврзани преку контактните површини или преку цементна материја која го исполнува просторот, целосно или делумно, помеѓу минералните зрна. Цврстината на каменот зависи од големината на контактната површина и цврстината на цементната материја. Ситнозрнест камен има поголема цврстина од крупнозрнестиот изграден од ист материјал.

Од становиштето на механичката отпорност базалтот е карпа со најдобри својства. Настаната е со брзо ладење на магмата во површински услови и има претежно афанатична порфирска структура во која состојките се поврзани со кристализациони врски. Појавата на шуплини поради ширењето на водената пара или други гасови предизвикува намалување на цврстината и промена на другите карактеристики на овој и на слични врсти на камен.

Гранитот настанува со кристализација на магмата во земјината кора. Постепеното ладење во услови на големи длабочини доведува до формирање на мозаично распоредени меѓусебно поврзани зрна со доста изедначена величина. Неговата структура е зрнеста, па и механичките карактеристики се понеповолни од оние со микрорзности врсти на камен.

Песочниците се кластични седиментни карпи изградени од заоблени зрна од најотпорни минерали цементираны со калцит, железовито или силициско врзиво. Цврстината на песочникот зависи пред се од големината на фрагментите на кластичната фракција, нивната изедначеност и степенот на заобленост, карактерот и цврстината на цементната материја како и начинот на исполнување на просторот помеѓу фрагментите.

Глинените шкрилци се микро зрнести кластични карпи изградени од честички на кварц, минерали на глина, лискун и др. Збивањето и со него врзаната прекристализација, и даваат на глинената карпа кохезија која во реакција со водата не се губи во потполност како што е случај со глината. Слабите механички својства на глинените шкрилци доаѓаат поради нивната недоволна компактност – поголема концентracија на пори.

4.3. ТЕКСТУРА

Текстурата на некои цврсти карпи го одразува просторниот распоред на минералните состојки во нејзината маса и исполнетоста на просторот. Како основни текстури кои се однесуваат на распоредот на состојките, во петрографијата можат да се издвојат два типа: хомогена текстура, без предодредена насока, и насочена во која состојките покажуваат одредена ориентација во однос на некоја рамнина или правец. Хомогената текстура се карактеризира со значаен број на магматски и седиментни карпи, а насочената кај поголем број на метаморфни карпи. Текстурата која се однесува на исполнетоста на просторот може да се дефинира како: компактна-кога карпестата маса во целост е исполнета со цврста супстанца; порозна-кога карпата содржи пори; шупликава-кога содржи шуплини од правилен или неправилен облик. Постоенето на насочена текстура во некој камен доведува до анизотропија на физичко-механичките својства. При дробењето камен со насочена текстура дава фрагменти на плочести или издолжени форми. Камен со хомогена текстура во сите правци покажува исти својства.

Технички значајни својства на камен покажуваат повеќе еруптивни и седиментни карпи. Отстапување од изотропноста се покажува пред се во предодредената цепливост во одредени рамнини, а со тоа полесна и потешка обработливост по правци, при што гранитите, дацитите, андезитите и др. покажуваат подобра цепливост паралелна на пукнатините на лачење. Седиментните карпи со хомоген изглед, исто така полесно се цепат паралелно на слоевитоста во карпестата маса и по евентуално главните пукнатински правци.

4.4. ИСПУКАНОСТ

Повеќето карпести маси во текот на својата геолошка историја биле изложени на напрегања кои ги дефинираме како тектонски напрегања . Таквите напрегања предизвикале прскање или кршење или пластични деформации на карпестите маси, поради тоа една од основните карактеристики на цврстите карпести маси е нивната искршеност.

Континуитет или непрекинатост може да се земе како поим за означување отсуство на пукнатини и врски во некое парче камен со ограничени димензии. Степенот на непрекинатост влијае на кохезијата, а со самото тоа и на пренесување на распределбата на напрегањето низ целото тело. Истовремено влијае и на многу други технички и технолошки својства. Постоенето на дисконтинуитети доведува до изразени анизотропни својства.

5. ТЕХНИЧКИ СВОЈСТВА НА КАМЕНОТ

5.1. ФИЗИЧКИ СВОЈСТВА

5.1.1. Боја

Бојата е визуелно чувство и како такво не може да се мери. Физички стимуланс е светлината. Од гледна точка на физиката бојата значи спектрална распределба на емитираните и рефлектираните светлосни зраци од една површина. Карактеристиките на светлината која ја дефинира бојата можат да се изразат со одговарачки фотометрички величини, доминантна бранова должина, чистота, сето тоа спаѓа во областа на визуелно набљудување: сјај, нијанса и заситување. Сјај е својство на бојата по кое сме свесни за разликите при осветлувањето; нијанса претставува разлика помеѓу брановите должини; заситување претставува својство на чистота на дадена нијанса.

Бојата на магматските карпи потекнува од бојата на основните минерали кои ги образуваат тие карпи – фелдспат, кварц, лискун, хорнбленда и аугит. Во гранитите и сиенитите со својата висока застапеност (50-75%) носител на бојата е ортокласот кој може да биде со бела, розева или изразито црна боја. Потеклото на црната боја на ортокласот се препишува на малите додатоци на железо оксидот. Плагиокласот понекогаш со својата боја и голема содржина (преку 50%) дава темни до црни тонови на габрото и диоритот. Хорнблендата и аугитот поради содржината на фери и феро железо се носители на темнозелената и црна боја. Лискуните во ретки случаи се носители на основната боја поради нивната релативно мала застапеност. Со својата бела боја кварцот со фелдспатите е носител на сива и белузликава основна боја.

Минералите на железо се еден од најчестите пигменти на седиментните карпи тие се многу јаки обојувачи, присуството на само еден дел од процентот на карпите можат да им дадат светло жолта, темно жолта или црвена боја. Зелената боја на песочниците и зелената нијанса на варовниците потекнуваат од железниот хлорит или почесто глауконит. Органските супстанции можат да бидат внесени при образувањето на карпите, помали концентрации се манифестираат со сива боја, а поголемите концентрации даваат црна боја.

Еден број од метаморфните карпи поседуваат наследени, непроменети пигменти од магматските карпи од кои настанале. Нивната боја затоа е слична со бојата на магматските карпи. За промена на бојата можат да придонесат хлоритот, серицитот и актинолитот.

Седиментните карпи во процесот на метаморфизам воглавно трпат значајни промени поради промената на бочките компоненти. Сиво обоен варовник од фино распоредениот лимонит, ќе даде бел мермер со расфрлани ситни зрнца од хематит или магнетит. Темносивите или црни варовници со јагленородни пигменти може да преминат во бел мермер со концентрации на сивоцрн графит или потполно бел мермер ако дојде до потполна оксидација на јагленородната компонента.

Како техничко својство, бојата на каменот добива во значење само кога се во прашање одредени примени. Бојата и нејзината просторна

распореденост се декоративно својство на каменот и се многу значајни за неговата примена као обликуван елемент во архитектурата. Кај таквите примени боите и шарите, како и нивната реткост, му даваат на каменот одредена комерцијална вредност.

Стабилноста на бојата на седиментните карпи зависи од минералниот состав и стабилноста на пигментите. Силикатните седиментни карпи ако не содржат органска материја имаат воглавно стабилна боја. Карбонатните карпи можат брзо да се обезбојат поради хемиската нестабилност на пигментот. Погolem број на пигменти на метаморфните карпи се релативно постојани

5.1.2. Густина

Густината претставува однос на масата на цврстата фаза (m_o) спрема нејзиниот волумен (V_o).

$$\rho = m_o / V_o$$

Секој камен покрај цврстите фази содржи и шуплини во вид на најфини пори, или во вид на макро шуплини.

Волуменот на каменот, во негова природна состојба (V), подразбира волумен на цврста фаза (V_o) и волумен на сите шуплини (V_p). Поради тоа масата на единица волумен на цврста фаза треба да се разликува од масата на единица волумен во негова природна состојба. Односот на маса цврста фаза (m_o) спрема волуменот заедно со шуплините (V) се означува како волуменска густина.

$$\rho = m_o / V$$

Волуменската густина на каменот е секогаш помала од густината. Колку е каменот посиромашен со шуплини, неговата волуменската густина е поголема и поблиска до вредноста на густината. Спрема вредноста на волуменската густина каменот може да се подели на пет категории од изразито лесен до изразито тежок (табела бр.7).

Табела.7 Класификација на каменот според волуменската густина

Категорија	ρ (g/cm^3)
изразито лесен	помала од 1,0
лесен	1,0-1,5
средно тежок	1,5-2,5
тежок	2,5-3,0
изразито тежок	поголема од 3,0

Вредностите на некои волуменски густини дадени се во Табела 8.

Табела.8 Вредности на волуменската густина на најважните карпи

Карпи	ρ (g/cm ³)
гранит,гранодиорит,кварцдиорит	2.55-2.75
габро	2.80-3.10
дацит, андезит	2.50-2.75
базалт	2.85-3.10
серпентинит	2.40-2.90
мермер	2.65-2.72
варовник	2.20-2.70
доломит	2.65-2.80
песочник	2.40-2.60

Волуменската густина претставува техничка карактеристика на каменот која непосредно може да влијае на неговата примена. За градење на долински прегради, заштитни ѕидови од морските бранови и др. по правило се барат камења со поголема маса поради поголемата стабилност на таквите објекти. Камења со помала волуменска густина, како туф, бигор, порозен варовник, се употребуваат на места каде се бара термичка изолација и помали оптоварувања.

Примери на волуменска густина на некои карпи од наоѓалиштата во Македонија се дадени во следната табела 9:

Табела 9. Волуменска густина на некои врсти на камен

Наоѓалишта	Вредности на волуменската густина (ρ)
Гранит од наоѓалиштето “Кукул“	2.69 g / cm ³
Гранит од наоѓалиштето “Мраморани“	2.595 g / cm ³
Гранит од наоѓалиштето “Крушевица“	2.70 g / cm ³
Мермер од наоѓалиштето “Сивец“	2,63 - 2,73 g / sm ³
Мермер од наоѓалиштето “Дебреште“	2,65 g / cm ³
Мермер од наоѓалиштето “Чашка“	2.71 g / c m ³
Мермер од наоѓалиштето “Горна Бањица“	2.7 g / cm ³
Мермер од наоѓалиштето “Падалиште“	2.7 - 2.72 g / cm ³
Бречирани мермери од наоѓалиштето “Краста“	2.690 g / cm ³
Доломитизирани мермери од наоѓалиштето “ Сушички Мост“	2.7 g / cm ³
Оникс од наоѓалиштето “Манастир св.Илија“.	2,68 g / cm ³
Базалт од наоѓалиштето “Ежово Брдо“.	2.79 g / cm ³

5.1.3. Порозност

Секој камен без обзир на генезата или постгенетските промени содржи порен простор. Својството на каменот со кое се дефинира неговата содржина на порен простор се нарекува порозност (n). Квантитативно се изразува како однос, изразен во проценти, волуменот на сите шуплини содржани во каменот наспроти волуменот на тој камен во негова природна состојба, т.е. го означува шуплинскиот волумен во единица волумен. Така изразената порозност претставува права или апсолутна порозност која вообичаено се означува како порозност: $[n = (V - V_0) / V]$

Генетски гледано шуплините можат да бидат сингенетски (примарни), формирани при стварањето на карпите, или епигенетски (секундарни) настанати во текот на покасните геолошки процеси.

Според големината на шуплините се делат на: супер капиларни - со пори изнад 1 mm; капиларни - со пори од 0.0002 до 1mm и субкапиларни - со пори испод 0.0002 mm.

Преглед на категориите на камен спрема вредноста на порозност дадени се во табелата 10.

Табела.10 Категоризација на каменот спрема волуменот на порите

Категорија на камен	n во %
компактен	помало од 1
малку порозен	1 – 2.5
умерено порозен	2.5 – 5
доста порозен	5 – 10
изразито порозен	10 – 20
екстремно порозен	поголемо од 20

Порозноста на каменот се движи во широки граници, од делови на процентот до повеќе од 50%. Кај поголем број се движи од 1 до 20%.

Карактеристични вредности на порозност на некои врсти на камења се дадени во табелата 11.

Табела.11 Порозност на поедини врсти на камен

Врста на камен	n во %
Гранит	0.4-3.5
Габро	0.3-1.5
Андезит	0.5-5.5
Дацит	0.5-5.0
Базалт	0.1-1.0
Песочник	2.0-18.0
Варовник	0.4-20.0
Доломит	1.0-3.0
Мермер	0.4-2.0
Серпентинит	1.0-5.0

Карактеристика на плутонските карпи е малата порозност и се движи кај киселите од 0,1 до 3% ретко до 5%, а кај базичните и ултра-базичните карпи од 0,1 до 1%. Микрокапиларите кај овие карпи се наоѓаат вдолж допирните површини на минералните зрна и вдолж рамнините на цепливост на фелдспатите и другите минерали. Микропукнатинската порозност е карактеристична за карпи со присуство на кварц.

Вулканските карпи кои можат да имаат мноштво на шуплини како последица на ширење на водената пара и гасовите во фазата на оцврстување се карактеризират со широка скала на порозност и кај исти видови на петрографски врсти, најчесто се компактни до умерено порозни карпи.

Кај седиментните карпи можат да се сретнат сите категории на порозност, ова е засновано на хетерогеноста на оваа генетска група. Вулканогените кластични седименти по правило имаат голема порозност.

Порозноста на метаморфните карпи се смалува, од пониско метаморфните кон повисоко метаморфните карпи и тоа од 5 – 0.1 % . Во оваа генетска група не се среќаваат претставници со поголема порозност.

Примери на порозност на некои карпи од наоѓалиштата во Македонија се наведени во табелата 12.

Табела .12 Порозност на некои врсти на камен

Наоѓалишта во Македонија	Вредност на порозноста (n)
Гранит од наоѓалиштето “Кукул“	0.27 %
Мермер од наоѓалиштето “Сивец“	1.0 %
Мермер од наоѓалиштето “Дебреште“	1.20 %
Оникс од наоѓалиштето “Манастир св.Илија“.	0.50 %

Освен апсолутната, постои и поимот релативна или привидна порозност. Релативната порозност на каменот се дефинира како однос помеѓу волуменот на шуплините кои се исполнуваат со вода при атмосферски притисок спрема волуменот на каменот заедно со шуплините.

$$n_p = \frac{m_m - m_o}{V}$$

каде: n_p -маса на суво испитувано тело; m_m -маса на тело заситено со вода; V -волумен на испитувано тело

Порозноста е едно од најзначајните технички својства на каменот и од неа зависат голем дел на други особини. Секоја зголемена порозност наметнува потреба од внимание при оценувањето за примената на каменот во зависност од влијанијата на кои ќе биде изложен каменот при неговата употреба.

5.1.4. Тврдина

Под тврдина на каменот се подразбира неговата отпорност спрема механичките делувања на друго цврсто тело, предизвикано во основа од цврстината на кристалната структура на минералите, нивната големина и јачината на нивната меѓусебна врска. Во основа може да се разликуват тврдина спрема гребене, втискување и абење.

Тврдина спрема гребене е најстара и најпроста метода за утврдување на тврдината која се користи во минералогичката. Дефинирана е како способност на минералот да биде загребан од друг минерал. Поставена е произволна скала на тврдината заснована на десет познати петрогени минерали кои во природа се многу распространети и се наоѓаат како чисти без примеси, и можат да служат како еталони за споредување. Талкот како најмек добил тврдина 1, а дијамантот како најтврд 10, значи скалата има десет степени во која секој минерал може да го загребе минералот кој е од него со понизок степен на тврдина.

Во однос на количинското учество на основните минерали, вредноста на тврдината на карпите ќе зависи од тврдината на основните минерали, Табела 13.

Табела .13 Скала на тврдина на еталон минералите по Мос

Тврдина	Минерал	Можност за идентификација на тврдина
1	Талк	може да се гребне со нокт
2	Гипс	може да се гребне со нокт
3	калцит	може да се гребне со бакарна жица
4	флуорит	може да се гребне со бакарна жица
5	апатит	може да се гребне со стакло
6	ортоклас	може да се гребне со челичен нож
7	Кварц	не може да се гребне со челичен нож
8	Топаз	го сече стаклото
9	корунд	го сече стаклото
10	дијаманти	го сече стаклото

Тврдина при втискување - се дефинира како однос на одредена сила кога во површината на каменот се втискува некој втискувач и површината на настанатиот отисок, таа може да се дефинира и со трајниот длабински отисок кој е втиснат со втиснувачот под одредена сила е оставен во испитаниот материјал. Најчесто се наведуваат тврдините по Бринел, Викерс и Роквел.

Тврдина по Бринел - челично топче со пречник од 1-10 mm притиска на мазна површина од испитуваниот материјал со одредена сила за одредено време. Потоа се мери пречникот на настанатиот отисок.

Одредување на тврдината по Викерс - втискувачот има облик на права пирамида. Пирамидата е дијамантска со квадратна основа и агол помеѓу страните од 136°.

Тврдината по Роквел се одредува на основа на трајна длабина на отисок кој го прави втискувачот во облик на конус или топка. Како основа за одредување на тврдината се користи разликата помеѓу две длабини настанати при две различни сили на втискување. Тврдината по Роквел при втискување со конус скратено се обележува со HRC, а при испитување со топче HRB.

Тврдина одредена со динамичкото дејство на силите - Одредувањето на тврдината на динамичкото дејство на силата може да се заснива на мерење на отисок на топка или ваљак кој на површината на телото удираат со извесна кинетичка енергија. Методата на одредување на тврдината која се заснива на еластичното отскакање на тег со мала тежина. Склероскопската тврдина зависи од еластичните својства на каменот. Деформацијата на површината на местото на сударот ја намалува одбојната енергија, па од тоа отскокната висина за износ кој е еднаков на дел од енергијата кој се претвара во трајна деформација.

Уред за испитување на тврдината со постапка на еластично отскокнување најчесто се користи Шоров (Shore) склероскоп.

Тврдина спрема бушење е отпорност на некој минерал или камен спрема абење или стругање. Постапката разработена од Баушингер и Беме (Baushinger, Vöhme) се состои во тоа што примерокот на камен во облик на коцка со ивици 7,07 см (површина на страна приближно 50 cm²), една од своите страни се изложува на бушење на ротирачка хоризонтална брусна плоча при одреден притисок, број на ротации, растојание од ротациската осовина и со употреба на точно одредена врста на абразив и одредена негова количина.

Тврдината на абење или отпорност спрема абење се изразува како волуменски губиток на маса.

$$Na = \frac{m - m_1}{\rho} ; \quad (cm^3 / 50 cm^2)$$

каде: m- маса на испитуваното тело пред испитување; m₁-маса на испитуваното тело после испитување; ρ-волуменска густина.

Тврдината спрема абење не зависи од најтврдиот присутен минерал, туку од просечната тврдина на минералите, големината на зрната и јачината на врските помеѓу минералните зрна.

Класификација на каменот во поглед на тврдината на абење е дадено во табелата 14.

Табела 14. Класификација на карпите по тврдината на абење

категорија	Na cm ³ /50cm ²
изразито тврд	<5
многу тврд	5-10
тврд	10-20
умерено тврд	20-30

мек	30-40
изразито мек	>40

Просек на најчестите вредности на тврдина на абење на некои врсти на камен е даден во табела 15.

Табела.15 Тврдина на абење на некои врсти на камен

Врста на камен	На $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$
Гранит	5-10
Габро	6-10
Андезит	6-14
Дацит	5-12
Базалт	5-11
Песочник	7-20
Варовник	12-22
Доломит	11-18
Мермер	18-33

Конкретни примери на вредности на отпорност на абење на некои врсти на камења од наоѓалишта во Македонија се дадени табеларно (Табела 16).

Во индустријата на камен под поимот тврдина се подразбира различни видови на негова механичка отпорност во обработката – режењето, клесањето, брусењето, бушењето и др. Така сватената тврдина е едно од мерилата на технолошките својства на камените материјали. По отпорноста спрема режењето во класичната индустрија, каменот се класифицира како: мек, полутврд, тврд и многу тврд. Овој елемент во минатото претставувал посебана ограничувачка величина во поглед на обработката на исклучително тврдите камења. Меѓутоа денеска како резултат на големиот технолошки напредок и производството на современа опрема и нови технолошки материјали обработката и на нај тврдите камења не претставува некој посебен проблем.

Табела.16 Отпорност на абење на некои врсти на камења во наоѓалиштата во Македонија

Наоѓалишта	Вредност
Гранит од наоѓалиштето “Кукул“	14.2 $\text{cm}^3 / 50 \text{cm}^2$
Гранит од наоѓалиштето “Мраморани“	11.0 $\text{cm}^3 / 50 \text{cm}^2$
Гранит од наоѓалиштето “Крушевица“	9.70 $\text{cm}^3 / 50 \text{cm}^2$
Мермер од наоѓалиштето “Сивец“	59.00 $\text{cm}^3 / 50 \text{cm}^2$
Мермер од наоѓалиштето “Дебреште“	45.00 $\text{cm}^3 / 50 \text{cm}^2$
Мермер од наоѓалиштето “Падалиште“	30-32-33 $\text{cm}^3 / 50 \text{cm}^2$
Доломитизирани мермери од наоѓалиштето “Сушички Мост“	22.6 $\text{cm}^3 / 50 \text{cm}^2$

Оникс од наоѓалиштето “Манастир св.Илија“.	20.0 cm ³ / 50 cm ²
Базалт од наоѓалиштето “Ежово Брдо“.	11.8 cm ³ / 50 cm ²

5.2. ВОДА ВО КАМЕНОТ И ОДНОС НА КАМЕНОТ СПРЕМА ВОДАТА

5.2.1. Вода во цврстите карпи

Сите карпи во Земјината кора, во својата природна средина, содржат одредена количина на вода, која се наоѓа во различни форми. По степенот на нејзината подвижност, карактерот на врската и влијание на составот на карпите, можат во основа да се разликуваат: хемиски врзана, физички врзана и слободна вода. Присуството на хемиски врзана вода во цврстите карпи е условено од нивниот минерален состав, ако во кристалната решетка на минералите е вклучена во вид на неутрални молекули ја дефинираме како кристалациона вода. Се разликуваат два типа на кристалациона вода: Типична кристалациона вода и Зеолитска вода. Водата која е во кристалната решетка на минералот вклучена во вид на ОН јони претставува конститутивна вода. Постојењето на хемиски врзана вода во карпите се манифестира при нивното загревање.

Под физички врзана вода се подразбира водата врзана за површината на минералните честички која ги обвива во вид на најфини опни (филм), таа е присутна во главно во фино дисперзните глиновити карпи. По јачината на врската на водениот филм со површината на минералните честички се разликува цврсто и слабо врзана вода. Цврсто врзаната или апсорбираната вода одговара на хидроскопната вода, и е одредена со показателите на хидроскопност. Таа нема способност на преместување, има висока густина (до 1,74 g/cm³), ниска температура на мрзнење (-78°C) и ниска електроспроводливост. Се одстранува со загревање до температура од 110°C. Слабо врзаната вода заедно со цврсто врзаната вода претставува молекуларна влажност – количина на вода која се држи со силите на молекуларното привлекување на површината на честичките на карпите. Содржината на оваа вода се одредува со постапка на центрифугирање или други методи.

Слободната вода во карпите може да се наоѓа во вид на капиларна вода која се задржува во капиларните пори со силата на капиларноста и во вид на гравитациона вода која ги исполнува суперкапиларните пори и се движи низ нив со помош на силата на тежата или притисокот. Својствата на капиларната вода се разликуват од својствата на врзаната и гравитациона вода.

5.2.2. Природна влажност

Под природна влажност на карпите се подразбира содржина на некоја количина на вода во нивните пори која се отстранува при загревање на температура од 105°C.

Целата количина на вода која ја содржи некоја карпа во услови на нивната природна средина, претставува нејзина природна влажност. Содржината во подлабоките делови на карпестата маса е постојана. Во

површински услови таа е променлива и врзана со температурата, притисокот и влажноста на ваздухот и атмосферските врнежи.

Природната влажност на каменот се изразува преку односот на масата на вода содржана во неговите пори и масата на сувиот камен.

Значењето на природната влага за некои врсти на камен е големо за неговата обработка и постојаност. Во пракса содржината на природна влага ретко се мери.

5.2.3. Способност за впивање на вода

Под впивање на вода се подразбира способноста на каменот, потопен во вода под одредени услови, да прими во своите пори некоја количина на вода и во нив да ја задржи. Количината на вода што еден камен може да ја впије претставува максимална количина врзана, капиларна и гравитациона вода која е способен да ја прими и задржи во своите пори. Порите со големина од 1mm имаат способност да ја примаат и да ја задржат примената вода поради законот на капиларност кој владее во такви услови. Порите со големина поголема од 1mm немаат способност за задржување на водата или ја имаат за ограничено време. Впивањето на водата е дефинирано од масата на дестилирана вода која каменот може да ја впије при утврдена температура и атмосферски притисок спрема масата на сув камен:

$$w = \frac{m_m - m_o}{m_o} \cdot 100\%$$

каде: m_m – маса на каменот заситен со вода; m_o – маса на сув камен;
 w – впивање на вода во проценти на маса

Потполно заситување со вода кај некои врсти на камен се постигнува многу брзо, додека кај некои трае доста долго – преку 240 часа. Заситувањето со вода во најголема мерка зависи од големината на порите. Брзината со која каменот ја прима водата во себе е многу важна, и може да биде од големо влијание за постојаноста на каменот под дејство на мраз, бидејќи и по краток временски период на контакт со водата, најголем дел од порите е исполнет.

Во поглед на количината на вода која може да ја прими каменот во себе не постои некоја општо прифатена класификација. Можна поделба дадена е во табела бр.17.

Табела.17 Класификација на каменот спрема впивањето на вода

Категорија	w во % на маса
многу малку	помалку од 0.5
малку	0.5-1.0
умерено	1.0-2.5
осетно	2.5-5.0
големо	5.0-15.0
многу големо	15.0-30.0

екстремно големо

повеќе од 30

Нормалната вредност на впивање на вода во проценти на маса за некои врсти на камен се прикажани во табелата бр.18, а во Табела 19 се прикажани вредностите на впивање на вода во некои каменџе од Македонија.

Табела.18 Просечна вредност на впивање на вода на различни врсти на камен

Врста на камен	Впивање на вода во%
Гранит	0.2-0.7
Габро	0.2-0.4
Андезит	0.1-3.0
Дацит	0.2-1.5
Базалт	0.2-1.0
Песочник	0.1-4.5
Варовник	0.1-20.0
Доломит	0.3-2.5
Мермер	0.1-0.3
Серпентенит	0.1-0.5

Табела.19. Вредности на впивање на вода на некои видови на камења од наоѓалиштата од Македонија

Наоѓалишта	Впивање на вода
Гранит од наоѓалиштето “Мраморани“	0.350 %
Гранит од наоѓалиште “Крушевица“	0.171 %
Мермер од наоѓалиштето “Чашка“	0.10 %
Мермер од наоѓалиштето “Горна Бањица“	0.11 - 0.19 %
Мермер од наоѓалиштето “Падалиште“	0.22 - 0.28 %
Бречирани мермери од наоѓалиштето “Краста“	1.09 – 1.29 %
Доломитизирани мермери од наоѓалиштето “Сушички Мост“	0.11 – 0.19 %
Базалт од наоѓалиштето “Ежово Брдо“.	0.337 %

Впивањето на вода е едно од најзначајните технички својства на каменот. Водата во каменот прави повеќекратни дејства од кои најважни се нејзиното омекнувачко дејство и смалувањето на отпорноста спрема мразот. При ниски температури водата мрзне со што го зголемува својот волумен и на сидовите на порите врши притисок кој може да доведе до разорување.

Максималната количина на вода која порите на еден камен може да ја примаат се утврдува со опит на впивање под зголемен притисок – од 15МРа.

5.2.4. Способност на всмукување на вода (капиларност и хидроскопност)

Некои врсти на порозен камен имаат способност за примање на вода при делумен контакт т.е. со посредство на само еден дел од својата површина. До ширењето на водата во внатрешноста на каменот доаѓа со посредство на капиларните пори при познатиот феномен на капиларност - качување на течноста нагоре по сидот на капиларата. Течноста во капиларите не се потчинува под законите на силата на тежата и се подигнува одоздола па нагоре. Тоа е последица на односот на меѓумолекуларните сили (кохезија и адхезија).

Висината на искачување на течноста во капиларите зависи од природата на течноста, и е обратно пропорционална од полупречникот на капиларите, т.е. колку е капиларата потесна толку и висината на искачување ќе биде поголема. Капиларното движење на водата многу тешко се оценува бидејќи големината на порите и нивната распределба во системот, се тешко достапни за набљудување. Водата во капиларите се шири во хоризонтален и вертикален правец.

Способноста на апсорбирање на вода преку капиларите од влажното земјиште или делумен контакт со самата вода е неповолно својство на каменот. Заедно со водата во каменот можат да продрат и растворени соли, кои со испарувањето на водата со време ги исполнуваат порите и притоа се врши разорување на каменот.

Највисоката висина на капиларното искачување која во камените сидови може да биде постигната после долго време, неколку години, често е обележана со бел раб или темно влажен раб кое останува влажно, бидејќи концентрацијата на сол на тоа ниво тежи да ја држи влагата подолго време (Сл. 7).

Под хидроскопност на каменот се подразбира неговата способност да ја апсорбира водената пара од воздухот, таа зависи од содржината на микрокапиларите и минералниот состав.



Сл. 7. Влијание на капиларната влага од тлото

Количината на хидроскопна вода се зголемува или смалува во зависност од релативната влажност на воздухот. Способноста на хидроскопското впивање на влага се одредува со споредување на масата на исушени пробни тела со масата на истите после временски продолжена изложеност во просторот со воздух со зголемена влажност. При пад на температурата, на допирот на воздухот и ладните површини на камените материјали доаѓа до кондензирање на водената пареа од воздухот т.е. стварање на капки вода на нивната површина и потоа нејзино распространување во внатрешноста. Во одредени услови доаѓа и до кондензирање на водената пареа која се движи низ каменот при дифузните процеси.

5.2.5. Водопропустливост

Под водопропустливост се подразбира својството на каменот да низ својата внатрешност пропушти вода поради постоење на канали доволно пространи да овозможат проток на водата.

Како непропусен за вода се дефинира каменот, низ кој водата не може да помине поради недостаток на канали доволно пространи за премин на водата во одредени услови или ако истите не комуницираат. Во некој камен водата може да пројде, или низ каналите кои постојат помеѓу минералните зрна или низ пукнатинките кои го сечат.

Пропустливоста или непропустливоста за вода зависи од два услова и тоа: димензиите на порите и пукнатинките и од нивната меѓусебна поврзаност.

Во порите со димензија преку 1mm водата се движи слободно, под влијание на гравитацијата, потчинувајќи се на хидростатичките закони. Во порите со димензија испод 1mm движењето на водата е зависно од дејството на капиларните сили. Во субкапиларните пори, со димензиите испод 0.0002 mm нема движење на водата, бидејќи во нив како резултат на привлечната сила молекулите на водата допираат од едниот до другиот ѕид на порниот простор. Пропустливоста на вода може да биде генетско својство кое се развило во фазата на настанување на карпите или својство стекнато со геодинамичките процеси во земјината кора после нивното настанување.

Во природата е мал бројот на цврстите карпи кои гледани како монолити, пропуштаат вода при нормални услови (нормален притисок), такви се бигорот и травертинот. Пукнатинските системи ја прават карпата водопрпуслива која инаку е не пропустлива. Најфините пукнатинки можат да покажат извесна водопрпусливост дури при зголемен притисок.

Водопрпусливоста на каменот од гледна точка на неговата примена во градежништвото нема значење и во механиката на цврстите карпи ова својство практично не се утврдува.

5.3. ТОПЛОТНИ СВОЈСТВА

5.3.1. Топлотна спроводливост

Под топлотна спроводливост се подразбира својството на материјата да пренесе топлина низ својата средина. Во суштина тоа е процес на размена на кинетичка енергија при сударот на електрони (електронска топлотна спроводливост) или предавање на енергијата со осцилација на кристалната решетка од една честичка до друга (еластично осцилирање на честичката на решетката – фотонска топлотна спроводливост). Предавањето на топлината во каменот е во основа фотонска.

Во случај на стационарен топлотен проток во издвоен примерок на камен со температура на површините T_1 и T_2 ($T_1 > T_2$) количината на топлина Q која ќе помине од едната површина кон другата низ мала површина ΔS за време t е еднаква на:

$$Q = \lambda \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot t$$

каде: λ - коефициент на топлотна спроводливост на дадена материја; ΔT - разлика на температурата на површините; Δx - растојанието помеѓу површините.

Петрогените минерали кои се јавуваат како битни состојки на карпите имаат воопштено ниска вредност на λ - под 11.6 W/m°C. Меѓу нив кварцот поседува висока вредност (6.9 - 11.9) а лискунот ниска (0.37 – 0.74). Од тука присуството на кварц во компактните камења ја зголемува топлотната спроводливост додека зголемена содржина на лискуни влијае спротивно.

Порозноста има посебно влијание на топлотната спроводливост на каменот. Тоа значи дека каменот со голем број на капиларни и рамномерно распоредени пори, послабо ќе ја спроведува топлината од истиот камен кој не ги содржи. Најдобри изолаторски особини има каменот кај кој порите се меѓусебно изолирани.

Мермерот од наоѓалиштето “Сивец“ има топлотна спроводливост од 0.05 – 0.06 g kal.

Меѓу цврстите карпи можат да се издвојат врсти кои се карактеризираат со многу ниски вредности на топлотна спроводливост поради што се вбројуваат во многу добри изолатори. Топлотната спроводливост на каменот е од големо значење при неговата примена при сидувањето или кога има улога на термички изолатор. Како термоизолационен материјал може да се користат само некои врсти на камен во вид на блокови и плочи или во вид на агрегати.

5.3.2. Специфична топлина

Доведувањето на топлина на некое цврсто тело, доведува до зголемување на неговата температура. За одреден температурен градиент на одредена маса на тела со различна природа потребно е да се доведе различна количина на топлина. Количината на топлина (Q) која се доведува на телото поради загревање е пропорционална на масата на телото (m) и температурната разлика Δt :

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t \quad (J)$$

Константата “c“ зависи од природата на загреваното тело и се дефинира како *специфична топлина*, таа е бројно еднаква на количината на топлина потребна да единица на маса се загрее за 1°C (J/kg°C).

Специфичната топлина се движи во граници од 167 – 1046 J/kg°C. Со смалување на густината се забележува зголемување на специфичната топлина на минералите. Специфичната топлина не зависи од склопот на карпите ниту од порозноста.

Мермерот од наоѓалиштето “Сивец“ има вредност на специфичната топлина од 0.21 g kal.

5.3.3. Топлотно ширење

Каменот, има својство да се шири, односно собира со промената на неговата температура. Промената на димензијата за секој температурен степен се вика *коэффициент на топлотно ширење*, линеарно или волуменско зависно од тоа дали е одреден преку единица должина или волумен.

Линеарното издолжување (ΔL) на некој материјал сразмерно е на температурниот градиент (Δt), првобитната должина (L_0) и природата на материјалот, α - топлотен коэффициент на линеарно ширење:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta t$$

Минералите не се шират подеднакво во сите правци, со исклучок на аморфните минерали и минералите од тесералната система. Коефициентот на линеарно топлинско ширење на каменот е од редот на величината 10^{-6} и пониска за разлика од металите кај кои е од редот на 10^{-5} .

Топлотната деформација на каменот е многу важен елемент кој треба да се има во предвид при неговото користење, доколку тие се цврсто вклучени во некоја крута конструкција, неможноста да се издолжи преоѓа во внатрешен напон, кој може да го надмине допуштеното напрегање на притисок или предизвикува свивање на елементот доколку обликот е доволно приемчив.

За топлотната деформација на каменот потребно е да се води сметка посебно кај неговото користење со други материјали при архитектонските обликувања. Кај тенките камени облоги поставени на армирано-бетонска конструкција ($\alpha = 14 \cdot 10^{-6}$), поради инкомпатибилноста во поглед на термичкото ширење на тие два материјала може, доколку не се води сметка за тоа, да дојде до такви напрегања да облогата почне да паѓа.

Според коефициентот на топлинското линеарно ширење, главните врсти на камен се издвоени во три групи :

- 1) (со ширење до 0,75 mm/m) мермер, варовник, доломит, травертин.
- 2) (со ширење до 1,0 mm/m) трахит, габро, диорит, гранит, сиенит.
- 3) (со ширење до 1,25 mm/m) кварцит, порфирит, песочник.

Лабораториските испитувања на коефициентот на топлинското линеарно ширење покажуваат дека после неколку циклуса на загревање и ладење може да се очекува и околу 20% трајна деформација во однос на пресметаното издолжување.

5.3.4. Отпорност на оган

Изложен на влијанието на високи температури каменот подлегнува на одредени промени кои се огледаат во промените на неговите својства и конечно во неговата хемиската или физичката деструкција. Брзото зголемување на температурата, како за време на пожар каде за време од 1 час температурата се качува за повеќе стотини степени, се смета за исклучително неповолно.

Кварцот се шири околу четири пати повеќе од фелдспатите а два пати повеќе од хорнблендата, во услови на интензивно загревање тој се смета за еден од најкритичните минерали на карпите. Најголем степен на експанзија на кварцот е во областа на температурата од 573°C . Волуменското зголемување при 500°C произведува притисок од 100-250MPa. Ова кај карпите е недоволна цврстина на затегање и може да дојде до прскање.

Сите карпи со мала содржина на кварц, карбонатни минерали, ортоклас и натриумскиот плагиоклас, имаат релативно мало ширење со зголемувањето на температурата. Во тој поглед најпогодни се базичните вулкански карпи. Својствата кои придонесуваат да една карпа е отпорна на делувањето на оган се ситнозрноста и рамномерноста на распоредот на порите.

5.4. ПРОПУСТЛИВОСТ НА ГАСОВИ

Можат да се издвојат две врсти на движење на гасови низ карпите: *ефузија* - движењето на гасовите се врши низ порите; *дифузија* – кога гасовите се движат низ минералната супстанција. Движење на гасовите низ каменот со ефузија при нормален притисок постои кај релативно мал број врсти на карпи кои се карактеризираат со груба и шупликава порозност и при меѓусебна поврзаност на порите и шуплините. Движењето на гасовите со ефузија низ капиларните пори може да се оствари само при зголемен притисок. Пропустливи за гасови можат да се сметат бигорот, травертинот, порозниот песочник, порозниот варовник.

Камените материјали зависно од нивната порозност со дифузните процеси можат да пропуштат помала или поголема количина на водена пара, со зголемување на компактоста таа опаѓа. Повеќе камени материјали имаат релативно висок отпор кон дифузијата на водената пара, која расте со неговата топлотна спроводливост.

5.5. ПРОПУСТЛИВОСТ НА СВЕТЛИНА

Со поставување на тенки плочи од различни врсти на камен помеѓу извор на светлина и окото, се овозможува да на квалитативна основа процениме колку тие пропуштаат светлина. Некои материјали имаат својство да низ својата средина пропуштаат најголем дел од влезниот светлосен флукс што овозможува да предметите позади тенката плоча од таков материјал јасно се распознават, тогаш за нив викаме дека се *провидни*. За материјали кои имаат својство да пропуштаат еден дел од влезниот светлосен флукс низ својата средина, т.е. овозможува делумно да се прими светлината од изворот, но без јасно распознавање на неговиот облик, викаме дека се *прозрачни*. Меѓу петрографските типови по прозрачност се издвојат многу мермери и оникси кои поради тоа уште во античко време се користени како замена за стакло на прозорите. Кога прозрачниот камен во тенки плочи биде изложен на светлина се воочуваат сите особености на неговата шара. За материјали кои во потполност ја запираат светлината викаме дека се *непровидни*. Кај тие материјали светлоста не минува дури и при тенки ивици. Најголем број на петрографски врсти за светлината се непропустливи и притоа ги дефинираме како непровидни.

Големината на зрното, пигментот, инклузијата и главниот правец на ориентација на минералните зрна се главните чинители на проводноста за светлина кај калцитските зрнасти карпи (мермери и мермерен оникс). Пропустливоста на светлина е појака кога е нормална на слоевитоста отколку паралелна со неа. Ониксите во тој поглед можат да покажат отстапувања т.е. можат да имаат поголема прозрачност паралелна со слоевитоста. Влажната или полираната површина на мермерите помалку ја расипуваат светлината отколку сувата површина, па светлосната пропустливост на тој начин им се зголемува.

5.6. АКУСТИЧНИ СВОЈСТВА

Акустичните својства на каменот се дефинираат со неговата способност за звучна апсорпција, звучно – изолацииска моќ и звучна пропустливост.

Способноста на каменот да апсорбира звук зависи од неговата порозност и совршеноста во обработка на површината. Звучните бранови се запираат во порите на материјалот и тоа ги спречува да се вратат кон изворот на звук.

Под звучна изолација се подразбира способноста на каменот да спречи поминување на ваздушниот звук помеѓу изворот и местото на прием на звук. Каменот воглавно спаѓа во материјали со значајна површинска маса за која е потребна релативно висока иницирачка сила за да може да се предизвикаат вибрации и притоа звучните бранови да се пренесат во соседниот простор. Со својата значајна површинска маса каменот ефикасно ја спречува трансмисијата на звучните бранови на високите фреквенции. Фината и мазна површина на камен делува рефлексиски на звукот.

Под звучна пропустливост се подразбира способноста за пренесување на звук предизвикан со удар во соседниот простор. Звучната пропустливост на каменот зависи од неговата волуменска маса. Каменот со поголема волуменска маса е поповолен во поглед на звучната пропустливост.

Способноста за пренесување на звук предизвикан со удар, низ својата средина, на некој камен, зависи од неговата порозност. Спроводливоста расте со компактната.

Способноста на каменот да пренесат звучни бранови низ својата средина одредена е со неговите еластични карактеристики.

Кај слоевитите карпи со изразена структура присутна е анизотропија на простирањето на звучните бранови паралелно на слоевитоста, односно ориентацијата на состојките.

Одредувањето на брзината на простирање на звучните бранови, побудени на различни начини, се користи во рударството и геофизиката за собирање на податоци за состојбата на карпестите маси. Во лабораториите со посредство на брзината на простирање на звучните бранови се одредуваат еластичните својства на каменот. Тоа истовремено е недеструктивна метода за релативно оценување на некои физички својства (густина, цврстина, порозност).

5.7. ЕЛЕКТРИЧНИ СВОЈСТВА

Сите цврсти карпи имаат способност за спроведување на електрична струја која со оглед на природата на нивниот состав, се остварува со движење на електрони (електронска спроводливост). Тие се вбројуваат во категорија на полупроводници со различна проводливост. Способноста на карпите да спроведат електрична струја се изразува со нивниот отпор. Единица за мерење на специфичниот електричен отпор е “ом метар“.

Кај компактниот камен електро спроводливоста зависи од специфичниот електричен отпор на составните минерали, нивната

волуменска содржина и взаемното разместување. Присуството на минерали кои се добри спроводници (пирит, пиротин) можат значајно да ја зголемат електро спроводливоста на каменот.

Порозноста во принцип го зголемува специфичниот електричен отпор. Ако е порозноста претставена со меѓусебно поврзани пори кои можат да се занемарат до вредности од 0.8%, тогаш присуството на пукнатинки може да биде со значително влијание. Со промена на влажноста на каменот електричната спроводливост се менува. Дури и незначајна содржина на влага (до 0.5%) може да доведе до значително зголемување на електро спроводливоста. Електро спроводливоста на каменот, ако се има предвид дека тој во основа е многу слаб спроводник или дури диелектрик, нема практично значење во неговата примена како материјал за градење.

5.8. МАГНЕТНИ СВОЈСТВА

Магнетичноста на карпите се изразува со магнетскиот суцептибилитет (k) кој претставува однос меѓу интентитетот на магнетизација (I) кој карпата го примила, и јачината на магнетното поле (H) кое таа магнетизација го предизвикала:

$$k = \frac{I}{H}$$

Магнетскиот суцептибилитет на некои карпи зависи од многубројните фактори меѓу кои по своето значење се издвојува минералошкиот –минерален состав.

Минералите кои ги изградуваат карпите имаат различна вредност на магнетскиот суцептибилитет и се класифицираат на дијамагнетични, парамагнетични и феромагнетични. Магнетскиот суцептибилитет на дијамагнетичните минерали е променлива величина од -0.05 до $-1.5 \cdot 10^{-6}$ и во нив припаѓа кварцот, фелдспатите, калцитот, хиперстенот и др. Магнетскиот суцептибилитет на парамагнетните минерали (биотит, хорнбленда, аугит, пирит и др.) варира во границите од 0 до 50 (поретко до $150 \cdot 10^{-6}$). Феромагнетните минерали имаат многу високи вредности на “ k ” кои се движат од $(0.3 - 2.0) \cdot 10^{-3}$ кај магнетитот, $(0.2 - 20) \cdot 10^{-3}$ кај титаномагнетитот и $(7-20) \cdot 10^{-3}$ кај пиротинот.

Како и електричните така и магнетните својства на карпите имаат најголемо значење за геофизичките методи на истражување.

5.9. РАДИОАКТИВНИ СВОЈСТВА

За техничката примена на карпите оваа својство нема практично значење. Различните карпи со зрачењето (α -честици, протони, деутрони, неутрони или β -зраци), во зависност од нивниот минерален состав, примаат индуцирана радиоактивност. Здобиената радиоактивност ја задржуваат пократко или подолго во зависност од времето на полураспаѓање на настанатите радиоактивни изотопи. Земајќи воопшто, временското траење

на индуцираната радиоактивност на карпите е релативно кратко. Во тој поглед карбонатните карпи се неповолни во однос на силикатните.

Меѓутоа, мора да се има во предвид дека и незначителното присуство во карпите, на тешки метали и металите на ретките земји можат да направат, да карпите здобијат многу јака индуктивност и да ја задржат подолго време.

За техничката примена на карпите е важна и нивната способност за заштита од радиоактивност. Може да се каже дека тие се многу добар заштитник поради нивната голема густина која претставува многу значаен фактор за заштита од радијација. На пример мермерот е многу ефикасен градежен материјал за заштита од радијација и дека со извесно задебелување може да се споредува со оловото кое е најпозната заштитна бариера од радијација.

5.10. МЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА

5.10.1. Напрегање и деформации

Механичките својства на каменот се условени со реакцијата на каменот на силите кои на него дејствуваат. Надворешните сили кои на каменот дејствуваат предизвикуваат во каменот состојба на *напон* (σ) кој е еднаков на интензитетот на силата (F) која дејствува на него по единица површина (A) и состојбата на *деформација*, измена на линеарните величини, волуменот или обликот.

Напонот $\sigma = F/A$ е векторска величина, зависи од внатрешните својства на каменот, обликот на пробното тело и големината на надворешните сили. Силите кои дејствуваат во еден правец во пробното тело предизвикуваат линеарна напонска состојба која дејствува во два правца но во една рамнина. Деформацијата (ϵ) предизвикана со нормално напрегање се изразува преку релативна промена на линеарните величини на пробното тело:

$$\epsilon = \Delta l / l$$

каде: Δl – настаната промена во должина; l – првобитна должина

Деформациите можат да бидат разорувачки и неразорувачки. Разорувачките деформации доведуваат до рушење на внатрешните врски помеѓу минералните делови на каменот, додека неразорувачките им го менуваат обликот, димензиите и волуменот без нарушување на неговата непрекинатост. Неразорувачките деформации можат да бидат еластични и пластични.

Основите на теоријата на еластичност почиваат на претпоставката дека идеално еластична средина е во која сите деформации се моментални – престануваат по престанокот на силата која ги предизвикала.

Во реални околности сите материјали отстапуваат од идеално еластичните средини, по престанокот на напрегањето која ги надминува границите на еластичноста нема потполно враќање во првобитната положба и деформацијата останува трајна. Тој дел од деформацијата претставува пластична, односно трајна деформација на материјалот. Еластичниот дел од

деформацијата на камените материјали е врзан за волуменската деформација (на кристалните решетки на минералните зрна), додека пластичните деформации се врзани за промена на обликот како последица на деформацијата на кристалните зрна и преместување на материјата за сметка на порниот простор и другите дисконтинуитети. Кај таквите материјали цврстината може да биде над границата на еластичност. Вкупната деформација се состои од два дела – еластична (ϵ_e) и пластична (ϵ_p) деформација.

5.10.2. Еластични својства

Да се дефинира каменот, во смисол на еластичноста, потребно е да се познават две еластични константи од можните пет: модул на еластичноста (E); Поасоновиот коефициент (ν); модулот на смолкнување (G); волуменскиот модул на еластичноста (K); и Ламеовата константа (λ). Односот напон-деформација во подрачјето на еластичноста претставува модул на еластичноста $E = \sigma/\epsilon$, (MN/m^2). Ако наместо σ и ϵ се внесат вредностите F/A и $\Delta l/l$ ќе се добие формулата за пресметување на модулот на еластичност :

$$E = \frac{F \cdot l}{A \cdot \Delta l}$$

Од тука модулот на еластичност се карактеризира со отпорност на материјалот спрема деформациите. Доколку неговата вредност е поголема, дотолку е за еден пресек потребна поголема сила за да настане одредена деформација.

Во која мерка некој камен е близок со идеалната еластичност во праксата зависи од три чинители: хомогеноста, изотропијата и континуитетот.

Хомогеност е мерило на физичкиот континуитет, т.е. одраз на минералниот состав, големината на состојките и рамномерноста на нивниот распоред. Во еден хомоген камен, состојките се распоредени така да секој негов дел со ограничени домензии има физички својства кои се репрезент на целината. Тоа е одлика на финозрнестите вариетети на масивна текстура.

Изотропија е мерило на дирекционите својства на материјалот, т.е. истоветност на физичките својства во различни правци, и е одраз на просторниот распоред на состојките и деловите. Анизотропниот камен во различни правци различно ќе реагира на силата, а во зависност од степенот на анизотропија.

Континуитет (непрекинатост на средината) е мерило на постоење на пукнатинки, шуплини и споеви во каменот кои влијаат на неговата кохезија и рамномерност на пренесување на напрегањето низ целото тело. Постоењето на шуплини, пукнатинки, минерални исполнувања на некогашни пукнатини и стилолити доведуваат до појава на дисконтинуум и кај релативно мали парчиња. Континуумот може да го сметаме како еден финозрнест камен со масивна текстура во кој нема никакви дефекти во градбата.

Дефинирајќи го каменот во смисла на еластичноста преку неговиот модул на еластичност, како една од еластичните константи, можно е да се

издвојат три категории на камен: квазиеластични, полуеластични и нееластични.

Квазиеластичниот камен има вредност на E помеѓу $6-11 \cdot 10^4$ MN/m².

Такви можат да бидат финозрните, компактни и тврди камења, што е карактеристика на ситнозрните вариетети на интрузивните и ефузивните магматски карпи, некои метаморфни и компактни финозрности вариетети на седиментните карпи. Зоната на пластичните деформации практично не се воочува.

Полуеластичниот камен е со вредности на E од $4-6 \cdot 10^4$ MN/m². Такви можат да бидат грубозрните магматски и метаморфни карпи, потоа финозрните седиментни карпи со ниски вредности на порозност. Разорувачката деформација и претходи на зоната на пластични деформации.

Нееластичниот камен е со вредности на E од $4 \cdot 10^4$ MN/m² и ги опфаќа по малку цврстите карпи со големо присуство на пори, какви што се повеќе видови на седиментни карпи. Еластичните деформации се незначителни.

5.10.3. Цврстина

Цврстината на каменот во механичка смисла може да се дефинира како својство кое ја карактеризира неговата способност да се спротистави на делувањето на надворешни сили кои тежат да предизвикат деформација. Каменот престанува да биде цврст тогаш кога во него ќе дојде до разорување од поголем обем.

На цврстината на каменот влијае неговиот внатрешен склоп. Во камените материјали цврстината во основа се одредува со силата на меѓусебната кохезија на минералните честици а во прв ред зависи од нивните меѓусебни врски.

Цврстината на минералите кои го изградуваат каменот, ја дават цврстината на каменот. Присуството на минерали со голема цврстина како што е кварцот ($\sigma > 500$ MN/m²) ја зголемува цврстината, додека калцитот ($\sigma \approx 20$ MN/m²) и лискунот со своите вредности ја смалуваат. Најдобра цврстина имаат кварцните карпи со волуменска густина од 2650 kg/m³. Цврстината на кластичните карпи, кои можат да бидат богати со кварц, одредена е со цврстината на цементот, а не на кластичните фракции.

5.10.3.1. Цврстина на притисок

Претставува проста разорувачка деформација предизвикана на две сили кои тежат да се приближат со своето дејство. Тоа е напрегање кое е потребно да се здроби пробното тело на каменот со одредена големина слободно на своите страни (неограничен примерок). Цврстината на притисок може да се нарече и како цврстина на дробење во услови на статичко едноаксијално оптоварување.

Се пресметува по односот:

$$\beta_p = \frac{F}{A}$$

каде: F- сила која врши разорување; A- површина на пробното тело на која дејствува силата.

Вообичаен облик на пробните тела се коцка или цилиндар.

Еднооксијалната цврстина на притисок претставува најкористен (општ) показател за цврстината на каменот. Таа може да биде многу мала, како што е случај кај многу бигрови, помала од 5МПа, но и многу голема со над 300МПа.

Кај кртите матријали кршењата се моментални (распрскувачки) без претходни видливи деформации. Кај нееластичните матријали на кршењата им претходат значајни пластични деформации кои се огледаат во деформацијата на обликот кое макроскопски е тешко воочливо. Кршењата се неосетни и без посебни звучни ефекти.

Најголем број на петрографски врсти во зависност од особеностите на минералниот состав и склоп, имаат доста широка скала на цврстина на притисок и може да се класифицират во повеќе категории. Во механиката на каменот цврстината на притисок е многу значаен параметар за меѓусебни споредувања на различни петрографски врсти.

Еднооксијалната цврстина на притисок како општ показател на цврстината се користи како квантитативен показател на употребливоста на каменот во градежништвото. Реалната вредност на цврстината како мерило на употребливоста е мала ако се имаат во предвид стварните оптоварувања на вградениот камен.

Во следната табела број 20 е дадена цврстината на притисок на некои карпи од наоѓалиштата во Македонија во нивна сува состојба и во состојба на водозаситеност.

Табела.20 Цврстината на притисок на некои карпи од наоѓалиштата во Македонија

Наоѓалишта	Вредност на цврстината на притисок во сува состојба	Вредност на цврстината на притисок во водозаситена состојба
Гранит од наоѓалиштето “Кукул“	2780 kg / cm ²	2510 kg/cm ²
Гранит од наоѓалиштето “Мраморани“	87.20 МПа	83.109 МПа
Гранит од наоѓалиштето “Крушевица“	159.50 МПа	149.50 МПа
Мермер од наоѓалиштето “Сивец“	1534 N/cm ²	1456 N/cm ²
Мермер од наоѓалиштето “Дебреште“	926 N / cm ²	1044 N/cm ²
Мермер од наоѓалиштето “Чашка“	1090 kg/cm ²	1050 kg/cm ²
Мермер од наоѓалиштето “Горна Бањица“	830 kg / cm ²	940 kg/cm ²
Мермер од наоѓалиштето “Падалиште“	1120 - 1210 kg/cm ²	1006-1073 kg/cm ²
Бречирани мермери од наоѓалиштето “Краста“	306 – 390 g / cm ²	-
Доломитизирани мермери од наоѓалиштето “Сушички Мост“	83 МПа	94 МПа

Оникс од наоѓалиштето “Манастир св.Илија“.	109,0 N / mm ²	-
Базалт од наоѓалиштето “Ежово Брдо“.	201.10 МПа	189.90 МПа

Категоризацијата на каменот на шест категории на цврстина, спрема цврстината на притисок, дадена е во табела 21.

Табела.21 Категоризација на цврстината на каменот спрема цврстината на притисок

Категорија	Цврстина на притисок □p, МПа	Врста на карпа
Многу висока	Преку 250	базалти, дијабази, кварцити, ситнозрнест габро
Висока	150 – 250	компактни едри варовници, гранити, амфиболски шкрилци, андезити, дацити, компактни варовници, доломити и др.
Средно висока	100 – 150	умерено порозни варовници, оникси, умерено порозни песочници, мермери, серпентинити, крупнозрнести гнајсеви, ниско-кристалести шкрилци и др.
Умерена	50 – 100	порозни варовници, порозни песочници, травертини, туфови
Ниска	10 – 50	многу порозни варовници, глинци
Многу ниска	испод 10	бигор, креда

5.10.3.2. Цврстина на свиткување

Претставува проста деформација до која доаѓа кога делуваме со сила нормално на оската на испитуваното тело потпрено на две неподвижни точки.

Ако е F големина на силата под која пробното тело се крши и ако се “b“ и “h“ димензиите на напречниот пресек тогаш цврстината на свиткување е:

$$\beta_s = \frac{3}{2} \cdot \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2} \quad (\text{МПа})$$

Цврстината на свиткување во најголем број на случаи се движи во граници од 7 –20% од цврстината на притисок на истиот камен. Присуството на дисконтинуитети во вид на пукнатинки може вредноста на цврстината на свиткување значително да ја намали. Секоја нехомогеност на градбата исто така битно се одразува на границата на разорување и истата ја смалува. Влијанието на текстурите е од посебно значење ако се земе во предвид анизотропијата кај изразените текстури.

Цврстината на свиткување на некои врсти на камен кај некои наши наоѓалишта е дадена во табелата 22:

Цврстината на свиткување е битен фактор показател на цврстината за случаи на примена на каменот во вид на камени елементи како конзоли, балконски плочи, архитриви, степеници без подлога и др. Напрегањата на свиткување можат да се појават кај подни и фасадни облоги и со термичко влијание.

Табела. 22 Цврстина на свиткување на некои врсти на камен во наоѓалиштата во Македонија

Наоѓалишта	Вредност на цврстината на свиткување во сува состојба	Вредност на цврстината на свиткување во водозаситена состојба
Мермер од наоѓалиштето “Сивец“	95,8 N/cm ²	111,6 N/cm ²
Мермер од наоѓалиштето “Дебреште“	201,2 N / cm ³	161,2 N / cm ³
Оникс од наоѓалиштето “Манастир св.Илија“.	16,0 N / mm ²	-

5.10.3.3. Цврстина на смолкнување

Смолкнувањето е резултат на дејствување на сила која предизвикува лизгање на два непосредни блиски пресеци. Може да биде просто или сложено кога е производ на меѓусебно делување на напречните и нормалните сили.

Еднооксијалната цврстина на смолкнување (σ_{sm}) се утврдува во инженерската пракса со опит на смолкнување при пробивање - однос на големината на силата F која извршила смолкнување и површината A вдолж која дошло до смолкнување:

$$\sigma_{sm} = F / 2A \quad ; \quad (\text{MPa})$$

Цврстината на смолкнување на каменот се движи во граници од 10 – 25% од неговата цврстина на притисок. Кај финозрнестите црвени песочници со содржина на глиновита компонента и конгломерати, нормално на слоевитоста е 19,6 – 24.9% од σ_p , а паралелно на слоевитоста е 13.4 – 29,1% од σ_p . Кај камења со ориентирана текстура, посебно во случај на минерали со луспести форми може да биде присутна изразита анизотропија со осетно помала цврстина во правец паралелен на фолијацијата.

5.10.3.4. Цврстина на затегнување

Напрегањето предизвикано со делувањето на две сили кои тежат да се раздалечат со своето дејство доведува до разорувачки деформации кои ги дефинираме како цврстина на затегање. Тоа е напрегање на затегање кое е потребно за совладување на кохезионите врски помеѓу минералните

честички. Каменот многу слабо го издржува напрегањето на затегање. Неговата цврстина на затегање ретко надминува 10% од цврстината на притисок. Ова се објаснува со присуството на дефекти во градбата, нехомогеност на структурата на каменот, т.е. слабите сили на кохезија помеѓу минералните честички.

Во оцената на примена на каменот како материјал за градење, цврстината на каменот само во исклучителни случаи се дефинира со неговата цврстина на затегање, и ретко се користи во пракса.

5.10.4. Пластични својства

Пластичните деформации се појавуваат како резултат на лизгање вдоль постоечките рамнини во минералните зрна и каменот но без нарушување на непрекинатоста на материјата. Подрачјето на пластичното однесување се карактеризира со појавување на значајни и неповратни деформации во каменот

Пластичните својства на некој камен лежат во природата на неговиот состав. Нивното познавање е од големо значење за рударските работи. На дополнителна деформација на некоја пластична карпа, со цел на нејзино разорување, се троши повеќе енергија од разорувањето на некоја еластична карпа со иста вредност на цврстината. Од ова произлегува дека зголемувањето на цврстината на некоја карпа не значи и отежнување на работите (на пример минирање) на нив. Цврстите но крти карпи се повеќе подложни на динамичко разорување од помалку цврстите но високо пластични карпи.

5.10.5. Реолошки својства

Под реолошки својства се подразбират својства кои ги карактеризираат деформационите промени на материјалот при долготрајно оптоварување. Тие временски зависни деформации се феномени кои се дефинираат како течење (ползење) и релаксација.

Течење или *ползење* е својство кое се гледа во растот на деформацијата при временски постојано оптоварување кое е помало од разорувачкото. Се манифестира и при оптоварувања кои не ја надминуваат ни областа на еластичноста.

Релаксација е својство кое се гледа во тежнењето на деформираното тело за враќање на своите својства по престанокот на делувањето на силата на напрегање. Големината на тоа тежнење е во однос на големината на оптоварувањето и траењето на напрегањето. Периодот на релаксација за повеќе врсти на камен е многу долг.

Како основно реолошко својство на каменот се смета течењето. Големината на течење на некој камен зависи од неговиот модул на еластичност и големината на напрегањето.

Каменот изложен на временски долготрајни напрегања покажува промена на вредноста на механичките својства, што е од значење во анализата на неговите конструктивни својства. Познавањето на течењето на каменот добива на значење во камените облоги, кога камените плочи се нанесени на армирано бетонска носечка структура. Армираниот бетон има

значително повеќе изразено својство на течење. Најголем број на врсти на камен кои се користат во архитектурата имаат пониска вредност на течење од армираниот бетон, т.е. многу помалку се деформираат од него со што може да дојде до деформација на облогата како целина.

5.10.6. Динамичка цврстина

Во фазата на разорување на карпестата маса, која е вградена во некоја конструкција, каменот материјал може да биде изложен на променливо динамичко оптоварување (дејство на експлозија, удари при набивање на шинската конструкција, при дробењето и др.). Отпорноста на каменот на таквите напрегања кои често ги надминуваат големините на статичките напрегања кои каменот може да ги прими, е од посебно значење за изведување на работи во карпестите маси како и за примена на самиот камен.

Динамичкото оптоварување во основа се дефинира како брзина на дејствување на оптоварувањето и неговата способност да предизвика ударни бранови во каменот материјал. Ударите кои на некој начин дејствуваат како моментални – од ред на микро секунда – предизвикуваат во каменот комплексни напрегања кои битно се разликуваат од оние предизвикани низ подолг временски период и кои се дефинирани како статички.

Камените материјали можат да се спротиставуваат повеќе на динамичко оптоварување отколку на статичко оптоварување. Тешкотиите во точното дефинирање на динамичката цврстина за практична употреба, условиле голем број на стандардни опити кои можат да се споредуваат со параметрите на статичката цврстина на каменот.

Цврстината на удар на каменот или неговата ударна жилавост зависат во најголема мера од неговите структурни карактеристики. Со порастот на големината на зрното цврстината на удар опаѓа. Ова е особено изразено кај гранитите, габрото и карбонатните карпи. Мермерите, особено крупнозрните имаат нагласено слаба цврстина на удар. Најдобра цврстина покажуваат врстите со порфирска структура со ситни фенокристали. Ситнозрните офитски структури се многу поволни. Базалтите и дијабазите поради своите структури имаат многу високи вредности на цврстината на удар.

5.11. ТРАЈНОСТ НА КАМЕНОТ ВО ЗАВИСНОСТ ОД ФАКТОРОТ ВРЕМЕ

Временската трајност е отпорност на некој камен на физичко и хемиско влијание на средината во која се наоѓа и која тежи да го разори. Физичко-хемиските услови при кои карпите настанале се разликуваат од оние кои владеат во атмосферата на Земјината површина.

Разорувањето со текот на времето треба да се свати како производ на комплексни влијанија на хемиските и физичките фактори кои дејствуваат во одредени средини.

Физички фактори се оние од кои каменот само физички се разорува – кохезионата врска помеѓу минералните зрна и делови од каменот исчезнува.

Хемиски фактори се оние кои го менуваат хемизамот на каменот и неговиот минерален состав, а со тоа се менуваат и неговите првобитни својства. Физичката деградација го помага хемиското распаѓање бидејќи се зголемува нападнатата површина и го олеснува пристапот на водата, воздухот и др. (Сл.8).



Сл. 8. Распаѓање поради факторот време

Познавањето на временската трајност на каменот е предуслов за неговата оцена, примената на камен со временски недоволна трајност може да доведе до значајни штети во објектите во кои е вграден.

5.11.1. Хемиско временско пропаѓање

5.11.1.1. Предизвикувачи на хемиското временско пропаѓање

Основни предизвикувачи на хемиското временско пропаѓање на каменот на површината и над почвата, се атмосферата и дождовницата.

Атмосферата – нормално содржи околу 78% азот, 21% кислород, 1% CO₂, и други гасови, покрај тоа содржи и повеќе различни материи кои најчесто потекнуваат од човековата активност, од животот на луѓето и животните, растенијата и на материјалите, дел од овие потекнуваат и од природни извори. Главни извори на нечистотии поради човечката активност се :

- согорувањето на горивото во стационарните извори поради производство на топлина, топла вода, пареа или припрема на храна и производните процеси.
- согорување на горивото во мобилните извори на гориво поради транспорт на роба и луѓе (особено автомобилскиот сообраќај).

Дождовница – По својот пат таа ги испира присутните аеросоли и ги раствара присутните гасови. Хемискиот состав на дождовницата е тесно поврзан со атмосферата, богата со CO_2 и SO_2 можат да дадат многу кисела дождовница која е многу корозивна за многу видови на материјали па и за каменот. Степенот на апсорпција на аеросоли од атмосферата зависи од големината на дождовните капки, брзината на нивното паѓање, и патот кој го поминуваат. Поголема способност на апсорпција имаат дождови со капки со голема површина кои побавно минуваат низ атмосферата. Најголема способност на апсорпција има маглата која може да биде многу корозивна а за луѓето и отровна доколку е атмосферата екстремно загадена.

5.11.1.2. Видови на хемиско временско пропаѓање

Хемиското временско пропаѓање на каменот во зависност од неговиот минерален состав се одвива, со дејствување на дождовницата и атмосферата во два правца: растворање без остаток и разлагање по пат на испирање на лесно растворливите компоненти при што како краен продукт на распаѓање останува поотпорниот остаток.

Растворање - е потполно разлагање на некој минерал во некој растворувач на пример каква што е водата, минералната супстанца во некој растворувач ќе биде растворана се додека не се постигне заситување на растворот. Степенот на растворање зависи од растворливоста на минералната супстанца, од степенот на заситеност на растворот, од движењето на растворувачот, низ материјалот низ кој се раствора и го држи незаситен. На растворање на минералите влијаат и температурата и рН на растворувачот.

Кај варовниците и мермерите процесот на делување на CO_2 се состои од преобразување на цврстиот CaCO_3 во многу растворлив калциум бикарбонат. Ефектот на распаѓање може да се воочи на полираната површина по тоа што доаѓа до губиток на сјајот и стварање на рапава површина (кородирана површина). Рапавата површина е последица на брзото растворање вдолж допирните површини и по рамнините на цепливост на зрната што е особено видливо кај изразито зрнастите карпи, а значајно помалку кај финозрнастите и микрочесталестите. Кај обоените карбонатни карпи е воочливо и промената на бојата т.е. површината станува матна и добива светла нијанса.

Кај карбонатните карпи кои содржат минерали кои многу тешко се раствораат (кварц, епидот, лискун) нападнатата површина станува изразито рељефна. Со понатамошно растворање на карбонатот тие зрна стануваат потполно слободни и се однесуваат со ветерот или водата. Оваа појава се нарекува диференцијално растворање.

Разложување – е процес на хемиско пропаѓање кој е карактеристичен за силикатните карпи. Отпорноста на главните петрогени силикатни минерали спрема разложувањето со дејство на факторите и нивниот хемиски состав е многу различна.

Најмалку стабилни спрема хемиското разложување, меѓу главните петрогени минерали се оние кои први кристализират од магмата, при највисоки температури и кои имаат најголема енергија на кристалната решетка. Најголема стабилност покажуваат минералите кои кристализираат последни.

За праксата од најголемо значење е брзината со која одделни главни петрогени минерали се разложуваат. Првите знаци на временско пропаѓање на силикатните врсти на камен изложени во загадена атмосфера се манифестира со губиток на сјај, менување на бојата, свежината и тврдината на фелдспатите и фero-магнезиските силикати. Свеж силикатен камен во поглед на неговата хемиска трајност се смета за градежно погоден и отпорен и се мери во стотици години. Во пракса се познати и многу брзи пропаѓања на некои врсти на базалт, кај кои и при кратко време изложени на слободна атмосфера се појавуваат сиви флеку како прв знак на разорување.

5.11.2. Физичко временско пропаѓање

5.11.2.1. Предизвикувачи на физичкото временско пропаѓање

Основните предизвикувачи на физичкото временско пропаѓање на некој камен се, влагата со сите свои појави. Влагата и солта можат да имаат влијание на различното ширење и собирање на минералите кое е поврзано за температурните промени на воздухот и сончањето.

Влага во каменот - може да се најде во камените зидови, облоги и споменици, може да потекнува и од различни извори. Како извори можат да се наведат почвата, атмосферата и дождот.

Влагата од почвата - е онаа која со посредство на капиларните пори се шири во внатрешноста на каменот директно од почвата. Влагата се движи кон отворените краеве на капиларите и може, во зависност од нивото на подземната вода и капиларната способност на самиот камен, да дојде до одредена височина. Влагата која доаѓа од почвата може да содржи лесно растворливи соли кои се присутни во почвата, и со себе ги внесува во каменот. Најголемата височина на капиларното искачување е често обележана со бел раб од солта или темен влажен раб кои останува влажен поради концентрацијата на сол на тоа ниво, која тежи да ја држи влагата подолго време (Сл. 9).



Сл. 9. Пропаѓање на каменот поради влијание на влагата

Влага од атмосферата – Со кондензирањето од воздух со релативна висока влажност, на површината на ладниот камен може да се депонира значајна количина на влага која веднаш почнува со своето движење во внатрешноста на порниот простор.

Влагата од дождот - може да ги допре сите незаштитени површини од камениот ѕид или облога, и е најважен извор на влага на површината на каменот. Траењето на дождот и маглата можат да бидат и подолги со што се стварат услови за потполно заситување на порите кои се способни да ја задржат водата.

Способноста на примање на влага од почвата е карактеристика на фино порозните врсти на камен како што се песочниците, фино порозните варовници и туфови. Компактниот камен е добра бариера за продор на водата од почвата.

5.11.2.2. Механизам на разурнувачкото дејствување на водата

Наизменично влажнење и сушење. Со влажнењето каменот се шири, гранитот од 0.0004 до 0.009%, мермерот од 0.001 до 0.0025%, кварцниот песочник од 0.01 до 0.044%. Се смета дека наизменичното влажнење и сушење може да биде причина за разорување на каменот, исто така и присуството на врзана вода допринесува до процесот на разорување.

Промена на температурата. Исто така може да придонесе за физичка деградација на каменот. При загревањето водата во порите се шири, ова ширење е поголемо од она на цврстата материја, и во тие пори каде што има заситување со вода доаѓа до значајно затегнувачко напрегнување.

Осончувањето на каменот кој содржи во себе капиларна влага исто така доведува до физичка деградација. Распаѓањето на карпата во пустинските подрачја се препишува на различното ширење на минералите во карпата.

Дејствувањето на мразот. Физичкото разорување од дејствувањето на мразот е најистакнат чинител на физичкото разорување на каменот во подрачја на умерено хумидна клима. Овој агенс може да биде таков да каменот кој се карактеризира со пори со одредени големини и меѓусебна поврзаност на истите во услови на нивна исполнетост со вода, го разорува каменот за многу краток период. При појава на разорување на каменот со дејствување на мразот доаѓа до познатиот феномен на волуменско ширење на водата при преод од течна во тврда фаза.

Растворливи соли и нивното дејство. Растворливите соли се познати како важни агенси при физичкото разорување. Во природата се карактеристични за подрачја со аридна клима. Водата која капиларно се подига кон површината носи со себе компоненти кои ги растворила во длабоките делови и ги депонира како солни талози во зоните блиски на површината. Во подрачјата со умерено хумидна клима појавата на растворливи соли на површината на карпите во природата е ретка и се среќава на отворени површини на каменоломи или природни изданоци.

Извори на растворливи соли во камените материјали на градбите можат да бидат различни, да водат потекло од самиот камен во кои се наоѓат како негова природна сојстојка или можат да бидат донесени од почвата, од улицата, од површината на каменот на кој се нашле како производ на содејство на каменот со загадената атмосфера и од други конструктивни материјали. Најважни извори се почвата, и конструкциони материјали како што се цементот опеката и сл.

5.11.3. Пропаѓање на каменот под влијание на растенијата и животните

5.11.3.1. Влијание на растенијата

Растителниот свет е составен од многу едноставни организми како што се бактериите, простите алги, лишаите, мовта и сл. кои може да се населат на површината на сите врсти на камен, разорувајќи го првенствено со биохемиското дејствување. Со својата животна активност произведуваат јагленородна, азотна, сулфурна и некои други слаби киселини кои ги напаѓат минералите. Со распаѓање на мртвата вегетација настануваат органски киселини. Провлекувајќи се низ минералните зрна и низ порите, растителниот свет ги шири меѓупросторите отварајќи пат за другите агенси на разорување. Нивното присуство, со затварање на отворените краеве на капиларите, го спречува доброто и брзо исушување и се зголемува задржувањето на влагата. Присуството на вегетација во каменот, во естетски смисол, делува неубаво што е особено изразено на камените споменици.

5.11.3.2. Влијание на животните

Непосредно влијание на некоја фауна на каменот е познато само во водена средина со дејството на некои животни кои се способни со механичко или со хемиско дејствување, односно нагризување, да го дупчат каменот. Такви се некои школки од класата Pelecipoda, некои морски ежови и сунѓери.

Индиректното влијание на животните се огледа првенствено во загадувањето на камените површини со изметот. Градските населби кои се населени со колонии од некои врсти птици, чиј измет содржи фосфореста и азотна киселина го нагризуват каменот. Се стварат и органски киселини кои исто така дејствуват кородирачки.

5.11.4. Влијание на климата на временското распаѓање на каменот

Од досега кажаното за хемиското и физичкото временско пропаѓање на каменот произлегува да некои чинители на временското пропаѓање во различни климатски услови можат да имат помало или поголемо влијание или потполно да изостанат. Количината на врнежите и нивната распределба во текот на годината, разликата во температурата на воздухот во текот на денот и во текот на годината, температурата на водата и составот на атмосферата се одлучувачките климатски фактори во временското пропаѓање на каменот.

Градските услови можат да се сметат за поостри за разлика од оние кои се вонградски. Релативната влажност е помала поради смалување на зелените површини. Маглата особено влијае поради тоа што ги раствара од атмосферата загадувачките компоненти и постанува агресивна. Составот на воздухот е со зголемена содржина на CO_2 , SO_2 и други агресивни компоненти, битно ја менува киселоста на дождот и маглата, т.е. ја зајакнува нивната агресивност.

6. УПОТРЕБА НА АРХИТЕКТОНСКО ГРАДЕЖНИОТ КАМЕН ВО МИНАТОТО

Употребата на каменот потекнува од праисториско, време кога прачовекот станал мисловно суштество, кој намерно го кршел каменот за да добие остри предмети кој потоа ги употребувал како орудија.

Новите услови на живот барале поголема употреба на каменот. Паралелно со духовниот развој кој се одвивал во поволни природни услови, се граделе и првите архитектонски објекти. Неолитски споменици *меѓалии* (грчки мега-голем, литос-камен) можат да се сретнат на многу места во светот. Поставувани се поединечно (менхири) или групно (редови, кругови), необработени (бетили) или обработени (стели, обелисци).

За постоењето на цивилизација во поедините епохи дознаваме од останатите храмови, гробови и други објекти кој го надживеале своето време и останале до денес, благодарение на постојаноста на материјалот од кој се изградени.

По долината на Нил, која е богата со разни видови на камен се развила Египетската цивилизација, каде каменот играл важна улога во архитектурата. Египјаните кој верувале во задгробниот живот, за тие потреби граделе храмови, пирамиди и споменици од камен.

Кај Сакара западно од Каиро за време на владетелот Цесер изградена е величествена кралска гробница од камен. Во тоа светилиште во кое се појавуваат и првите Египетски колони, доминира степенестата пирамида која покрива површина од 120.6 x 107.3 m и висина од 60 m. На статуата на Цесер најден е натпис од нејзиниот творец кој се смета за првиот архитект, а самиот комплекс Сакара е прво смислено архитектонско дело.

На просторот околу Сакара и Гиза денес има остатоци од 67 огромни пирамиди од камен кој претставувале гробници на големите египетски фараони. Најпозната и најголема од нив е Кеопсовата пирамида позната и како едно од седумте светски чуда. Основата има 54300 m² со висина од 146.70m. Во пирамидата употребени се 2 521000m³ камен. Варовничките блокови имале маса од 2.5-3 t.

За време на фараоните од новото Египетско царство архитектурата доживеала свој максимум. Составен дел од храмовите биле обелисците (грчки обелос-копје), кој претставуваат монолитни квадратни столбови со мал пирамидален врв. Најстариот обелиск и денес стои на своето древно место испред храмот на Богот на сонцето. Овој храм е стар скоро 4 милениуми. Најголем и најпознат обелиск е *Лайперано* во Рим. Тој е висок 32.23 m, со волумен од 175 m³ и маса од 460t. Сите обелисци во Египет изградени се од асуански гранит, кој и

ден денес се употребува. Асуанските каменоломи се едни од најстарите во светот.

Еѓипѓаните низ целиот период од своето царство останале верни на градбата со камен. Ни една покасна цивилизација не оставила толку споменици како Еѓипѓаните. Со изумирањето на египетската цивилизација се намалила и употребата на каменот.

Каменот бил користен како градежен материјал и кај другите цивилизации во светот. На подрачјето на Феникија, Месопотамија и Египет постојат многу архитектонски остатоци. Во Микена доминираат сидови со огромни блокови кои имаат маса од неколку тона.

Каменот повторно интензивно почнал да се употребува во архитектурата кај Грците. Еѓипѓаните кој биле големи мајстори за вадење и транспортирање на монолити со големи димензии, претежно го употребувале гранитот и порфиритот. За разлика од нив Хелените се ориентирале на мермерот кој го имало во големи количини на нивната територија.

Грчката уметност својот максимум го достигнува за време на Перикле. Под влијание на Грчката архитектура, покасно и самостојно на подрачјето на централна Италија, северно од Рим се развива уметноста на Етрурците. Тие граделе градови, кули, мостови, водоводи, канали со масовна употреба на камен кој им стоел на располагање (туф, песочник, варовник и травертин).

Во периодот на римското царство се продолжило со употреба на каменот, се развиваат нови конструкции, но исто така се појавуваат и нови градежни материјали. Покрај каменот се употребува и малтер. Во Рим се останати голем број на објекти изградени пред 2000 год. кој и денес имаат одредена намена. Величествени се урнатините од Колосеумот во Рим изграден од травертин, кој и денес се експлоатира од подрачјето Багни ди Тиволи. Тоа е еден од најстарите и најпознати каменоломи во светот.

На крајот на X век во западна Европа се развила романската архитектура, во која се употребувале камен и малтер. Најмногу биле употребувани гранитите и креда со светли тонови додека варовникот, шкрилците, мермерот и песочниците поретко се употребувани. Најдобар пример за романската архитектура е црквата Св.Марко во Венеција.

Во XII век во Франција се развил готскиот стил на архитектура. Тоа е времето на најдобрите мајстори во камен, кој пораснале во големи конструктори. Готските мајстори за зидање го употребувале оној камен кој бил поволен за обработка (мермер, песочник и др.). Најубавите дела од готската архитектура се наоѓаат во Франција и Англија.

Во XV век, прво во Италија а подоцна и во цела Европа, се развива нов стил кој се базира на класичната архитектура, и овде каменот има главна улога во монументалната градба, тоа е времето на ренесансата, во кое имало многу голема употреба на каменот, со што заживува работата во каменоломите.

Во текот на XIX век покрај каменот и дрвото како главен градежен материјал се употребува и челик, бетон, стакло и др. Каменот во архитектурата останува декоративен и функционален елемент. Во таа улога тој останува и денес како еден од најдрагоцените материјали.

6.1. УПОТРБА НА АРХИТЕКТОНСКО – ГРАДЕЖЕН КАМЕН ВО МИНАТОТО НА ТЕРИТОРИЈАТА НА МАКЕДОНИЈА

Од геолошкиот период на раниот холоцен, во кој живеел неолитскиот човек на нашта територија пронајдени се значајни материјални остатоци кој сведочат за употребата на каменот.

Античкиот период на нашата територија е познат по интензивната употреба на каменот за монументални објекти, водоводи, мостови, поплочување на патишта, скулптури и сакрални објекти. За овие објекти сведочат многубројните археолошки наоѓалишта на нашата територија. За присуството на Римјаните, нивната архитектура и употребата на каменот постојат бројни наоди. Хераклеа денешна Битола е создадена во средината на IV век п.н.е. (Филип II Македонски), се развива два века подоцна по доаѓањето на Римјаните додека максимумот го доживува на почетокот на вториот век до средината на третиот век од нашата ера. Столбовите, капителите, скулптурите и материјалот за зидање се од бел сахароиден доломитски мермер од подрачјето на Прилеп. Таму и денес можат да се пронајдат стари римски работи. Прилепскиот мермер и денес е еден од најценетите по својата бела боја познат под името *Сивец*. Употребуван е и во изградбата на Стоби кај Градско. Капители од бел мермер биле поставувани на столбови од црвена мермерна бреча која се експлоатирала на тоа подрачје.

Во текот на XIV и XV век Османлиските Турци ги окупирале источните делови од нашата земја и таму ја рашириле исламската архитектура. Од тоа време се останати многубројни османлиски споменици, помеѓу кој доминираат џамиите, саат кулите, мавзолеите, безистените, амамите и мостовите. Еден од најпознатите објекти изграден од камен (мек варовник и бигор) е Даутпашиновиот амам во Скопје, како и камениот мост во Скопје кој е изграден од травертини од околина на Скопје. Со појавата на други градежни материјали, каменот на нашата територија го губи своето значење. Се употребува во некои сакрални објекти, додека во архитектурата се употребува како декор (Сл. 10, 11).



Сл. 10. Црква “Св.Четириесет Маченици“



Сл. 11. Безистенот во Штип

7. СОВРЕМЕНА УПОТРЕБА НА КАМЕНОТ

Употребата на каменот започнала уште од праисториско време, од страна на примитивниот човек. Со развојот на индустријата се повеќе се употребува каменот. Количините кои годишно се употребуваат за различни цели се мерат во милиони тони.

Најголем корисник на каменот денес, како и во минатото е градежништвото. Употребата на каменот како градежен материјал и како примарна суровина за добивање на градежен материјал, повеќекратно ги надминува количините кои се употребуваат во различните индустриски гранки.

Генерално можат да се издвојат три области во кои се употребува каменот:

- камен како градежен материјал
- камен како примарна суровина за производство на градежен материјал
- камен во индустријата.

Каменот се употребува во најразлични форми: од монолити со големи димензии до камен во прав со големина на честичките до $4\mu\text{m}$. Во некои области каменот се употребува во многу големи количини (насипи, брани, патишта), додека во други неговата употреба е симболична (прав за производство на електроди, прехранбена индустрија и др).

7.1. КАМЕНОТ КАКО ГРАДЕЖЕН МАТЕРИЈАЛ

Каменот како градежен материјал се употребува во различни форми како што се: кршен камен, дробен камен, мелен камен, цепен и индустриски обработен камен. Од моментот на неговото вадење од карпестата маса до неговата употреба помалку или повеќе се изложува на механичка обработка, со која не се менуваат неговите физички, механички и хемиски особини.

Според областите на употреба каменот е поделен на:

- **технички камен** и
- **архитектонски камен.**

Под **технички камен** се подразбира каменот кој се употребува во инженерски конструкции. Зависно од тоа на какви влијанија ќе биде изложен, каменот мора да поседува одредени физичко-механички особини.

Значајни области во кои каменот се употребува се: изработка на хидрообјекти, патишта, железнички пруги, бетонски конструкции, сидови и др.

Изработка на *хидројекти* (вештачки акумулации, брани, регулирање на водотеци и др). Во сите случаи каменот е во постојан или повремени контакт со водата. Исто така објектите се под дејство и на другите надворешни услови. При хидротехничките работи поради

нивното економско значење и големите вложувања, каменот кој се употребува треба да биде со проверен квалитет. Без разлика на тоа во какви услови и средини ќе се најде, предност треба да му се даде на свежиот и компактен камен, со голема волуменска маса. Како најквалитетни карпи се: свежите магматски карпи, гнајсеви, амфиболити, амфиболитски шкрилци, компактни варовници и др. За некој хидротехнички објект може да се употреби и кршен камен со димензии над еден метар кубен. Тенко слоестите и плочести карпи не се употребуваат.

За некој хидротехнички работи потребни се големи количини на камен, кој тешко може да се пронајде на економски оправдани растојанија. Во тој случај во деловите од конструкцијата може да се употреби камен со послаб квалитет но затоа надворешните површини треба да се поплочат со квалитетен камен за да се заштитат од атмосферските влијанија.

Изработка на *патишта*. Каменот и денес како и во минатото претставува основен материјал при изградба на патишта. За тие цели се употребуваат големи количини камен. Според улогата што ја има во изградбата на патните конструкции а во зависност од климатските услови и од сообраќајното оптеретување каменот мора да поседува одреден квалитет.

За изградбата на патишта, многу пертрографски видови кои се распространети во Земјината кора, претставуваат неупотреблив или ограничено употреблив материјал. Такви се: микашистите, филитичните шкрилци, аргилити, серпентинити и лапорци.

Варовниците, доломитите, ефузивните магматски карпи и др. се најчесто употребувани карпи, додека гранитот, мермерот и амфиболитите се со ограничена употреба. Песокливо-чакалестите карпи исто така можат да се употребат при изградбата на патишта.

Во современите патни конструкции според улогата што ја имаат се издвојуваат следните составни делови: основа, подлога и површински дел. Кај некои конструкции подлогата се состои од горен и долен носечки слој. Долниот носечки слој претставува тампониран слој кој го спречува капиларното движење на водата кон горниот слој. За изградбата на овој слој се употребува песокливо-чакалест материјал и дробен камен со одредена големина.

Горниот носечки слој е наменет за да го пренесе оптоварувањето на долниот слој т.е. на основата. Според начинот на изработка може да биде од набиен камен или со додаток на цемент и битумен. Каменот мора да биде свеж и компактен, да не прима вода односно во текот на изградбата и покасно треба да има механичка и временска отпорност. Карбонатните карпи со висока механичка отпорност и компактноста денес претставуваат најупотребуван материјал при изградба на патна подлога.

Поради комплексните влијанија на кој е изложен површинскиот слој од патот, тој се изработува од различен материјал и на различни начини. Постојат слоеви кој се набивани под дејство на вода (макадан), слоеви изградени од ситни и крупни коцки и слоеви обложени со јагленоводороди и бетонско цементен материјал. Како

современи патни површини се сметаат оние кои се изработени во комбинација од јагленоводороди и цементно-бетонски материјали.

При изградбата на сообраќајниците големо внимание треба да се посвети на каменот, бидејќи од него зависи квалитетот, векот на употреба и возните особини на патот. Имајќи во предвид дека каменот учествува со 85% во изградбата на патиштата, од таму и големата употреба на истиот.

Изработка на железнички пруги. Во изградбата на железнички пруги се употребува камен со голема волуменска маса, голема ударна цврстина и временска отпорност. За најповолни се сметаат дијабазите, базалтите и амфиболитите. Од економски причини можат да се употребат и помалку поволни карпи како што се компактните варовници. Карбонатните карпи многу лесно се преситнуваат под праговите поради меѓусебното триење доаѓа до абеење на зрната, посебно е изразено кај бетонските прагови. Најчесто се употребува дробен камен со големина на зрната од 31.5/63 mm. За изградба и за одржување на железничките пруги се употребуваат големи количини на камен.

Бетонски конструкции. Под бетон се подразбира стврдната бетонска смеса составена од камен како инертен материјал, цемент како врзовен материјал, вода која е неопходна за хидратизирачките процеси (стврднување и врзување) и додатоци ко ги подобруват неговите особини.

Камениот агрегат за изработка на бетон може да биде од природно потекло (гласијално, флувијално) или добиен со дробеење на камен. Количински претставува најважна компонента на бетонот (над 85% од вкупниот волумен), но сепак има многу мало влијание на особините на бетонот, иако во некои случаи својствата на бетонот можат да зависат од особините на агрегатот (тежок или лесен бетон). Примарно дејство на својствата на бетонот има цементот иако неговото учество е околу 10%.

Поради одалеченоста на алувијалните наоѓалишта од големите потрошувачки центри, нивната исцрпливост, поради заштитата на обработливите површини и на животната средина, денес како агрегат за бетон се повеќе се употребува дробен камен.

Сидани камени конструкции. Изградбата на камени конструкции (мостови, сидови, столбови и др) во кој каменот во комбинација со некое сврзувачко средство го превзема целото оптоварување денес многу ретко се изведува. Може да се изведува само локално кај некои носечки сидови на некои пониски згради (темелни сидови, приземје) оградни сидови, потпорни сидови и др. За тие цели се употребуваат кршен камен, плочест камен и др.

За сидани каменести конструкции може да се упоречат скоро сите карпи кои ја имаат потребната тврдина и временска отпорност. Песочниците, варовниците, гранитите и сличните карпи се најчесто употребувани, исто така и бигорот може да има широка употреба поради лесната обработка и експлоатација.

Под *архитектонски камен* се подразбира камен кој во градежните конструкции има декоративно-функционална улога.

Каменот во ѕиданите конструкции се употребува како основен материјал со конструктивно-функционална улога додека во современите конструкции се употребува за поплочување и за други декоративни и заштитни цели. Кај класичните конструкции каменот се употребува во вид на мосовни елементи, додека во современите тој се употребува во вид на тенки плочи (2-4 cm). Со употребата на архитектонскиот камен се решаваат многу декоративни, функционални и практични проблеми како што се отпорност на подните и степенести површини од надворешни влијанија.

За да може да се употреби каменот во архитектурата потребно е да исполнува одредени критериуми како што се:

-декоративен критериум кој претставува показател за општиот изглед и естетската вредност на каменот. Иако субјективен овој показател е многу важен за економската вредност на наоѓалиштата.

-употребливост е критериум кој зависи од физичко-механичките својства и од временската издржливост.

-можност за индустриска преработка, за оваа намена каменот мора да биде во вид на монолит со големи димензии кои се економски оправдани.

Според употребата архитектонскиот камен е поделен на две основни групи:

1. камен за надворешна (екстериер) употреба и
2. камен за внатрешна (ентериер) употреба.

Во првата група спаѓаат сите видови на камен кои во текот на употребата се физички и хемиски постојани т.е. да не се менуваат под дејство на атмосферски влијанија. Во другата група спаѓаат сите видови на камен кои со текот на времето го менуваат својот изглед. Во секојдневната пракса во индустријата за камен прифатена е поделбата на сите карпи на “гранити” и “мермери”.

Под “гранит” не се подразбира само гранитот туку и сите магматски карпи, било интрузивни или вулкански и некои силикатни метаморфни карпи кои поради големата тврдина, отпорноста при сечење и полирање можат да се изедначат со гранитите. Во оваа група спаѓа гранитот, сиенитот, диоритот, порфирит, дијабаз, габро, гнајс и др.

Во групата на ”мермери” спаѓат покрај вистинските мермери и сите други карбонатни карпи т.е. карпи кои се со многу помала тврдина од гранитите и кои лесно се сечат и полираат.

7.2 КАМЕНОТ КАКО СУРОВИНА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ГРАДЕЖЕН МАТЕРИЈАЛ

По пат на термичка обработка каменот ги менува своите основни особини (физички, механички, хемиски) и се здобива со нови. Некои карпи ја губат цврстината и се претвораат во прав, кој во допир со водата повторно преминува во ”камен”, некои испуштајќи ја водата повеќе пати го зголемуваат волуменот. Порано таквите производи се

употребувале само во градежништвото, но покасно нивната употреба е многу проширена.

Можат да се издвојат две основни категории на производи за градежништвото и тоа: врзувачки материјал (воздушен и хидрауличен) и термоизолационен материјал.

7.2.1. Врзувачки материјал

Одредени карпести материјали кои термички ќе се обработат а потоа се спрашат и помешат со вода даваат кашеста маса која има способност да се стврднува. Истовремено таквата маса има способност да се прилепи за други материјали како што се камен, челик и други и да ги поврзе во една цврста целина. Материјалите во вид на прав кој ги имаат овие особини припаѓаат на хидратизирачките врзувачки материјали. Стврднувањето е физичко-хемиски процес. Сите хидратизирачки врзувачки материјали според средината во која се стврдуваат се поделени во две основни групи:

- а) воздушен врзувачки материјал, кој може да се стврдне само на воздух (вар и гипс)
- б) хидрауличен врзувачки материјал, кој може да се стврдне на воздух и во вода (цемент, хидраулична вар)

7.2.1.1. Вар

Вар или воздушна вар претставува врзувачки материјал, добиен со умерено печење на карбонатни карпи кои содржат до 8% глинести примеси. Варта се употребува во различни форми.

Жива вар, печена вар, негасена вар се производи добиени од доломит или варовник и се состојат од оксиди на калциум т.е. оксиди на калциум и магнезиум.

Употребата на варта е многу широка, како врзивен материјал во градежништвото се употребувала уште од најстарите цивилизации. Со развојот на индустријата употребата на вар станува се поширока, се употребува како:

- топител во металургијата (железо, челик, обоени метали)
- компонента во хемиската индустрија (сода и алкалии, целулоза, хартија, инсектициди)
- реагенс во прехранбената индустрија (шеќер, желатин)
- компонента во индустријата за неметали (стакло, синтер)
- неутрализатор и ѓубриво во аграрот (неутрализација на кисели почви, потхранување на растенија)
- омекнувач, пречистувач, коагулатор и неутрализатор во индустријата за техничка вода и вода за пиење.

7.2.1.2 Гипс

Со печење на агрегат од гипс на различни температури се добива врзивен материјал со различни технички својства во зависност од температурата и постапката на печење. При загревањето гипсот

делумно или целосно дехидратира. Со дехидратација на гипсот ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) се добива хемихидратна форма која има особина да се поврати во претходната форма со додавање на вода.

Гипсот заедно со варта се најстари врзувачки материјали. Гипсот го употребувале старите Египјани. Денес тој има голема употреба во градежништвото (блокови за зидање, гипсени картонски плочи и како малтер).

Освен во градежништвото гипсот се употребува и во индустријата за порцелан, машинската индустрија и металургијата (оформување на калапи). Во медицината се употребува медицински гипс кој бргу се стврдува, има голема белина и не содржи примеси. Гипсот може да се употреби и во природна форма за производство на цемент (ја регулира брзината на врзување).

7.2.1.3 Портланд цемент

Името го добил од страна на англичанецот Смитон (Smeaton) кој овој производ го споредувал со познатиот камен од Портланд. Овој цемент претставува врзувачки материјал на денешницата, со светско производство од неколку стотини милиони тони. Се добива со фино мелење на цементен клинкер, помешан со гипсен камен (3-5%).

Цементен клинкер претставува производ добиен со печење до синтерување на суровинска смеса од која ќе се добијат доволни количини на калциум силикат, калциум алуминат и ферит. Гипсот се додава за да ја регулира брзината на врзување и за зголемување на цврстината. Портланд цементот содржи и други хидраулични или инертни додатоци кој ги подобрува својствата на цементот. Количината на овие додатоци (природен пуцолан и згура) е ограничена.

Задолжителни и основни оксиди во суровинската смеса за формирање на цементен клинкер се CaO , SiO_2 , Al_2O_3 и Fe_2O_3 . Нивната содржина е од 95-97%. Освен овие оксиди во зависност од употребената суровина во клинкерот може да има во мали количини и алкалии, MgO , TiO_2 , Mn_2O_3 , SO_3 и P_2O_5 .

Примарни суровини за производство на цемент се: лапорец, лапор и варовник.

Освен нормалниот портланд цемент се произведуваат и повеќе видови на специјален портланд цемент. Својствата на таквите производи зависат од видот на минералните компоненти и додатоците. Технологијата на нивното производство се разликува од онаа кај нормалниот портланд цемент.

Брзоврзувачкиот цемент се одликува со голема тврдина уште во раната фаза. Некои типови на овој цемент имаат голема тврдина (70-80MPa)

Сулфатно отпорен портланд цемент. Овој цемент се одликува со посебен состав на суровинската маса.

Бел и обоен портланд цемент. Сивата боја на нормалниот цемент потекнува од содржината на железните оксиди. За да се добие бел

цемент се употребува варовник со малку железо ($0.25 \text{ Fe}_2\text{O}_3$), каолин или туфозни карпи.

Пуцолански портланд цемент се добива со мелење на нормален клинкер, кисело активен додаток и суров гипс.

7.2.1.4. Хидраулична вар

Хидрауличната вар претставува производ добиен со печење (до синтерување) на лапоровити варовници кои содржат 6-25% глинести и ситни песочни примеси. При печење на такви суровини се создават CaO , силикати, алуминати и алумоферит кој на добиениот производ му ги дава хидрауличните особини.

Хемискиот состав на лапорскиот варовник кој претставува појдовна суровина за производство на хидраулична вар може да биде: SiO_2 -15%, CaO -46%, Fe_2O_3 -3%, MgO -1%.

Најчеста форма во која се употребува хидрауличната вар е прав добиен со мелење на печениот производ. Вар со хидраулични особини може да се добие и со додавање на кисели активни минерали (пуцолан). Материјалите со пуцолански особини кои ги среќаваме во природата се познати како природни пуцолани.

7.2.2. Термоизолациски материјали

Помеѓу многубројните индустриски производи кои се употребуваат како термички изолатори, посебно во градежништвото, еден дел се со минерално потекло и припаѓат во категоријата на цврсти карпи. Некои од нив можат да се употребат во природна форма, но најголем број се преработуваат за да се добијат термоизолациони особини. Како природни термоизолациони карпи кои најчесто се употребуваат се тн. *ѝливачи*. Од термоизолационите материјали добиени од тврди карпи најчесто се употребуваат: *ексѝандиран ѝерлиѝ* и *минерална волна*.

Примарна суровина за добивање на *ексѝандиран ѝерлиѝ* е секоја стаклеста карпа која има особини силно и нагло да го зголемува волуменот при загревање. Таква карпа е перлитот (вулканско стакло со риолитски состав со 2-5% вода) со изразена перлитска структура, за кое се знае уште од 1800 г.

Експандираниот перлит најмногу се употребува за изработка на термоизолационен бетон, малтер со цемент и гипс како врзовен материјал. Тој како и пливачот е лесен агрегат.

Минерална волна. Помеѓу различните типови на влакнести термо-изолациони материјали (стаклена волна, волна од згура, минерална волна) со своите особини и можности за употреба се издвојува минералната волна. Минералната волна се добива од базични магматски карпи (базалт, дијабаз). Овие карпи лесно се топат на температура од 1400 до 1500°C и даваат растоп со мала вискозност. Од растопената маса со помош на различни технолошки постапки може да се добијат влакна.

Хемискиот и минеролошкиот состав на базалтот и дијабазот претставува основен показател за нивниот квалитет.

Најповолни се базалтите и дијабазите со следниов состав: SiO_2 -48%, Al_2O_3 -15%, Fe_2O_3 -6.5%, MgO -7.5%, CaO -11%, K_2O , Na_2O -2%, TiO_2 -1%.

7.3. ИНДУСТРИСКИ КАМЕН

Тврдите карпи се употребуваат во различни индустриски гранки. Големиот број на можностите за директна или индиректна употреба на тврдите карпи ја отежнува класификацијата бидејќи не е можно да се набројат сите области во кои се употребуваат.

Бројот на петрографските видови кои се употребуваат за различни потреби во индустријата е многу мал и може да се сведе само на неколку карбонатни карпи (варовници и доломити). Во некои индустриски гранки нивната употреба може да биде во големи количини. Тие можат да се јават како суровинска компонента, минерален додаток во готовиот производ или додаток за различни потреби во процесот на производството. Можат да се издвојат следните групи на корисници: металургија, хемиска индустрија, производство на минерални ѓубрива, стакло и огноотпорна индустрија.

8. УПОТРЕБА НА МАГМАТСКИТЕ КАРПИ

Магматските карпи имаат широка употреба во многу области. Најмногу се употребуваат во градежништвото. Употребата на плутонските (длабински) и вулканските карпи е голема, исто така и жичните карпи имаат голема употреба, но таа е ограничена поради нивната помала застапеност во земјината кора.

Физичко-механичките особини на плутонските и вулканските карпи се од големо значење за нивната употреба. Исто така големо влијание имат и бојата и минералниот состав.

Во индустријата на архитектонски камен најголем број од магматските карпи се познати под името *гранити*, ова име има пошироко значење во оваа област отколку во петрологијата. Според бојата се издвојуваат *гранити* кои ги опфаќаат магматските карпи со помал индекс на бојата (гранит, сиенит, гранодиорит, кварцдиорит) и *црни гранити* со поголем индекс на бојата (габро, дијабаз, базалт).

Магматските карпи со мали исклучоци поседуваат слични особини кои се од големо значење за нивната експлоатација, обработка и употреба. Тие се карактеризираат со јасна линеација. Можат да поседуваат изразена цепливост во еден или повеќе правци, која е многу битна при обработката на каменот со цепање.

Во магматските карпи, посебно во плутонските можат да се најдат други карпи (ксенолити) кои имаат влијание на декоративните особини и на нивната употреба. При употребата на овие карпи во вајарството и архитектурата, ксенолитите и било која друга нехомогеност го нарушува изгледот, па од тие причини се неповолни за употреба. На вредноста на карпите можат да влијаат и поедини текстурни особини како што се ритмичноста, магматската ламинација, линеарните текстури на течење и др.

8.1. ГРАНИТИ, ГРАНОДИОРИТИ И ДРУГИ МАГМАТСКИ КАРПИ

Бојата, структурните форми, големата механична отпорност, тврдината, временската издржливост, можноста за одредени видови на обработка и поволните форми за лачење, гранитот и сличните карпи од секогаш го привлекувале вниманието на човекот. Меѓутоа нивната употреба никогаш не била во соодветен однос со нивната застапеност во Земјината кора. Нивната употреба секогаш била поврзана за градежништвото, каде се употребуваат како технички и архитектонски камен.

Според физичко-механичките особини гранитот и сличните карпи припаѓат во групата на карпи со голема цврстина, тврдина и временска отпорност. Со поволни физичко-механички особини се издвојуваат ситнозрните варијетети. Поволни се за сите видови на површинска обработка. Свежите гранити можат да се полираат до

висока сјајност. Карпите со висока содржина на лискуни се неповолни за полирање поради лошиот изглед на полираните површини.

Како технички камен гранитите го изгубиле значењето кое го имале во блиското минато. Големо значење во минатото имале поради производството на камени коцки, ивичњаци и др. благодарение на големата цврстина, отпорноста на абење, временската постојаност и способноста да се цепат. Лесно се експлоатирале посебно гранитите со поволни форми на лачење, како што се плочи, столбови, призми и др. Употребата на овие форми е потисната со појавувањето на асфалтот, бетонот и цементот во кој каменот се употребува во здробена форма.

Свежите гранитски карпи со добри физичко-механички особини можат да се употребат како технички камен во следниве случаи:

- како кршен и профилиран камен за хидротехничките работи
- како профилиран камен за обложување на тунели и потпорни ѕидови
- како дробен камен за железнички пруги
- како дробен камен за бетонски работи
- за изработка на коцки, ивичњаци и друго
- за сите видови на ѕидарски работи во нискоградбата

Гранитите денес најмногу се употребуваат во индустријата за архитектонски камен. Масовната употреба на гранитот и на другите магматски карпи, како архитектонски камен е предизвикана од големиот развој на технологијата за обработка на силикатни карпи. Со тоа се постигнати подобри услови за вадење на монолити од карпестите маси, висок степен на искористување при експлоатацијата и преработката, временската постојаност, декоративноста и друго. Постојаноста на карпите на атмосферските влијанија е битна при изборот на каменот. Ова е посебно изразено на елементите од гранит вградени во близина на земјината површина каде има зголемена влажност.

Предуслов за правилен избор на гранитот е неговата свежина, отсуството на сулфидни минерали, ниска содржина на лискуниот и употребата на површински обработки кои нема да остават негативни последици во површинскиот слој.

Покрај големата распространетост на гранитските карпи во нашата земја во архитектурата се со ограничена употреба поради малата застапеност на декоративните варијатети. Ретки се појавите на едрозрнести и порфиرويدни варијатети со обоени фелдспати. Преовладуваат сивите и ситни зрнести варијатети со мала декоративност.

8.2. ДИОРИТИ, МОНЦОНИТИ, СИЕНИТИ, АЛКАЛНИ СИЕНИТИ

Според изгледот, физичко-механичките особини и областите на употреба оваа група на карпи е многу блиска со претходната. Овие карпи многу ретко се појавуваат и тоа како ободни фаации поврзани за големите гранитски, гранодиоритски и тоналитски масиви, поретко

како релативно мали интрузии, дајкови и силиви и многу ретко како големи тела (алкално сиенитски масиви), поради тоа имаат и мала употреба. Најчесто се со светли бои, како што се алкалните сиенити кои во природата се многу ретки. Алкалните сиенити денес се употребуваат како архитектонски камен. Нефелин сиенитите благодарение на својот минерален состав (албит, микроклин, нефелин, биотит), претставуваат добар извор на алуминиум и алкалии во некои индустриски гранки, посебно во индустријата за стакло и керамика. Тврдината и белината го прават многу погоден за употреба во индустријата за бои и пластични маси. Најмногу се употребува во индустријата за стакло во вид на песок. Содржината на Al_2O_3 делува како стабилизатор. Во керамичката индустрија служи како додаток за синтерување. Во нашата земја има појави на диорити и сиенити, но не се експлоатираат.

8.3. ГАБРО И СЛИЧНИ КАРПИ

Габрото е многу распространета плутонска карпа која може да се најде во сите геолошки периоди од прекамбриум до терциер. Можат да се појават во многу големи интрузии, слично како гранитите, но и во мали маси.

Габрото е познат како многу добар технички и архитектонски камен. Како технички камен може да се употребува за изградба на хидрообјекти, патишта и како обработен камен за сите видови на зидање. Практични се за цепање и клесање.

Габрото и сличните карпи многу повеќе се употребува како архитектонски камен. Поради темната боја, понекогаш и црни се употребуваат како камен за изградба на надгробни споменици. Со своите декоративни особини се издвојува *лабрадоритиоид*, едрознест варијатет во кој е присутен плагиокласот лабрадор. Карактеристично за овој минерал кога се појавува во едри зрна е раскошната игра на светлината.

Габрото може многу добро да се полира и се добива голема сјајност посебно кај лабрадоритот. Нивна лоша особина е групирањето на светлите и обоените минерали во вид на слоеви или траки. Често се јавуваат и неправилни сеагрегации на светлите и обоените минерали кои лошо делуваат на естетските карактеристики на каменот.

Габрото и другите слични карпи кои се присутни во нашата земја до денес не нашле употреба поради слабата декоративност и неможност да се добијат монолити со големи димензии.

8.4. ПЕРИДОТИТИ И СЛИЧНИ КАРПИ

Перидотитите и другите ултрабазични карпи, во сооднос на нивната распространетост се најмногу употребувани магматски карпи. Поради едро зрнестата структура, слабите механички особини и тешката обработка перидотитите не се употребуваат како технички

или архитектонски камен. Серпенинизацијата која често ги прати перидотитите неповолно влијае на механичките и технолошките особини. Целосно серпентинизираните перидотити (серпентинит) претставуваат слаб градежен камен и немаат значајна употреба.

Серпентинитите можат да имаат декоративно зелена боја, таквите видови можат да се употребат како архитектонски камен, но многу тешко можат да се најдат карпести маси од кој ќе се добијат монолити кои ќе можат да се употребат во индустријата. Перидотитите и серпентинитите кои се присутни во нашата земја немаат економско значење како градежен камен.

Комерцијално значење во индустријата имаат оливинските карпи (дунити). Нивната комерцијална употреба е од поново време. Дунитите се употребуваат за производство на базични огноотпорни производи кои се познати како оливински или форстеритски огноотпорни материјали

8.5. ДАЦИТИ, АНДЕНЗИТИ, ТРАХИТИ

Вулканските карпи со кисел интермедијарен состав го немаат она значење во употребата што го имаат плутонските еквиваленти на тие магми, по физичко-механичките особини може да бидат многу слични, но и различни. Кај вулканските карпи можни се големи разлики во физичко-механичките особини како последица на структурно-текстурните особини. Свежиот дацит или андезит може да има изразена цврстина и компактност, но и слаба механичка отпорност и голема порозност. Со поволни физичко-механички особини се издвојуваат вариететите кај кои основната маса е во целост искристализирана и е без големи фенокристали. Појавата на стакло негативно влијае на некои особини, посебно на динамичката и термичка отпорност. Познато е дека вулканските карпи со стаклеста маса помалку или повеќе имаат школкасто прекршување кое е показател за добивање на плочесто-лушпести форми при дробењето. Употребата на овие карпи е условена од физичко-механичките особини или од општиот изглед.

Тие се употребуваат претежно како технички камен во сите области во градежништвото и сосема ограничено како архитектонски камен. Ограничената употреба во архитектурата и вајарството се должи на малиот број на декоративни видови по боја и општиот изглед.

Помеѓу вулканските карпи од кисели и интермедијарни магми во нашата земја најголемо значење имаат дацитско-андензитските карпи кои се чести и многу значајни како носители на сулфидни оруднувања. Овие карпи на просторите на Република Македонија се со терциерна старост. Денес дацитско-андензитските карпи најмногу се употребуваат за производство на минерални агрегати потребни при изградбата на патишта но и како функционално и градежен елемент (Сл.11,12).



Сл. 11. Употреба на андезит како функционално-декоративен елемент



Сл. 12. Употреба на андезит како функционално-декоративен елемент

8.6. БАЗАЛТИ И ДИЈАБАЗИ

Помеѓу вулканските базични карпи доминираат базалтите и дијабазите при што базалтот е најраспространета и најпозната вулканска карпа. Базалтите се типични вулкански карпи додека дијабазите преовладуваат кај плитките интрузивни дајкови и силиви, и едните и другите можат да се појават на големи простори. Базалтите се со изразена порфирска структура која може да се набљудува под микроскоп и можат да имаат голема компактноста но и порозноста со бројни празнини исполнети со гасови. Дијабазите кои се со ситно зрнеста, среднозрнеста, порфирска и офитска структура се со голема компактноста. Дијабазите и компактните базалти спаѓаат меѓу најцврстите карпи воопшто.

Отпорноста на притисок и удар, тврдината, компактното и временската постојаност се основни карактеристики на дијабазите и компактните базалти, поради кои се употребуваат за производство на висококвалитетни минерални агрегати за изградба на патишта. Тоа се карпи од кои се добива најквалитетен дробен камен за специјален бетон, изградба на железнички пруги, патишта и друго. Базалтите со поволно лачење и со изразена цепливост се употребуваат за изработка на цепено профилиран камен (Сл.13).

Дијабазите се најпознати црни архитектонски камења кои најмногу се употребуваат за изградба на надгробни споменици. Свежиот дијабаз може да се полира и при тоа да дава површини со голема сјајност кои се постојани на надворешни атмосферски влијанија.

На нашата територија базалтите и дијабазите се доста распространети карпи. Базалт се експлоатира во каменоломот Ежово Брдо кај Штип.



Сл. 13. Употреба на базалтот како конструктивен елемент

8.7. ВУЛКАНСКО СТАКЛО

Помеѓу поголемиот број на типови на стаклести карпи, како што се обсидијан, пештајн, перлит, пливач, витрофир и др. некои од нив поради своите особини имаат посебно економско значење. Како такви се издвојуваат пливачот и перлитот.

Пливачоџи, претставува производ на нагло ладење на лава богата со силициум, кој има изглед на стврдната карпа со многубројни шуплини одвоени една од друга со фина стаклеста мембрана, и е со волуменска маса од 1gr/cm^3 , има можност да лебди на површината на водата и поради тоа има голема употреба. Се употребува како средство за полирање како термоизолационен материјал и како пуцолан.

Во здробена и спрашена форма денес се употребува како средство за брусење и полирање. Во зрнеста форма се употребува за изработка на брусеве во индустријата за камен и за терацо производи, а во форма на прав се употребува како полнител во индустријата за абразивни средства за чистење.

Дробениот пливач, поради малата волуменска маса претставува лесен минерален агрегат кој се употребува за изработка на термоизолационен малтер и бетон или за изработка на лесен конструктивен бетон.

Спрашениот пливач претставува добар природен пуцолан т.е. има особина да го врзува вишокот на калциум хидрооксид кога ќе се додаде на цементот, ја зголемува отпорноста од корозивното дејство на морската вода и ги спречува несаканите реакции помеѓу компонентите на бетонскиот агрегат и алкалиите од портланд цементот.

Во нашата земја има појава на пливач на северните падини на Кожув, но овие појави детално не се истражени.

Перлиџи, според петрографската дефиниција претставува вулканско стакло со риолитски состав со 2-5% врзана вода и со карактеристичен систем од концентрично свероидни пукнатини настанати поради собирање на стаклото при ладење. Интерференцијата на светлината помеѓу неговите слоеви и дава на карпите седефаст до восочен сјај. Комерцијалната вредност на перлитот е во способноста да се шири при нагло загревање при што доаѓа до повеќекратно зголемување на волуменот. Експандираниот перлит е со волуменска маса помала од 1gr/cm^3 . Коефициентот на топлотна проводливост на температура од 10°C изнесува 0.035W/mK . Ниската топлотна проводливост на малтерот и бетонот од перлит и дава добри термоизолациони особини.

Освен како термоизолационен материјал експандираниот перлит се употребува и за други потреби. Во мемјоделството се употребува за подобрувањена физичките особина на почвата. Експандираниот перлит е многу добар полнител за изолација, материјал за филтри, полнител на бои и друго.

Обсидијан, и другите вулкански стакла немаат практична употреба.

9. УПОТРЕБА НА СЕДИМЕНТНИТЕ КАРПИ

Седиментните карпи имаат големо значење за животот на современиот човек. Според содржините кои се експлоатираат од Земјината кора, вкупната вредност и различната употреба, тие се наоѓаат на прво место пред магматските и метаморфните карпи.

За употребата на седиментните карпи важен е нивниот хемиски состав и нивната чистота. Тие претставуваат значаен градежен материјал со широка употреба, извор на суровини за производство на различни врзувачки материјали (портланд цемент) и значајна компонента во повеќе индустриски гранки.

Седиментните карпи можат да бидат со многу голема цврстина (над 300MPa) и компактноста, но и со мала цврстина и многу голема порозност. Бидејќи тие можат да настанат со механичка акумулација на минералите и парчиња од карпи и со хемиско и биохемиско таложење, имаат бројни структурни и текстурни форми. Поради тоа тешко може да се издвои некоја заедничка карактеристика која е битна за нивната експлоатација, обработка и употреба. Тие поради малата тврдина лесно се експлоатираат. Од ова отстапуваат одредени песочници, конгломерати и силициски карпи во кои е отежнато бушењето. Цепливоста е изразена само кај некој видови, истата пречи при експлоатацијата на монолити.

9.1. БРЕЧИ И КОНГЛОМЕРАТИ

Помеѓу бројните типови на едрокластични карпи, практично значење имаат само оние кои се литолошки едноставни и кај кои постои еднородност во кластичните фракции и цементот. Најголемо значење имаат бречите и конгломератите со карбонатен состав. Поретко се употребуваат бречите со некарбонатни фрагменти како што се серпентинските бречи.

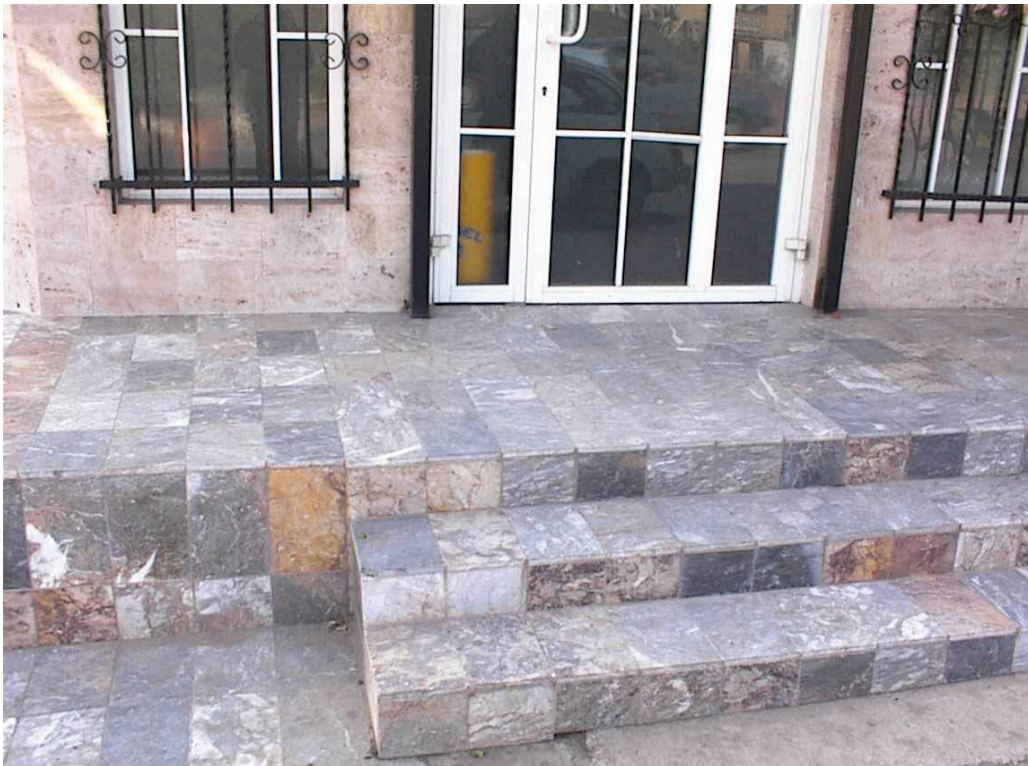
Неповолноста на литолошки комплексните конгломерати и бречи се должи на тешкиот начин на нивната обработка.

Добро цементираните, компактни и литолошки еднородни едрокластични карпи можат да имаат добри физичко-механички особини и да најдат употреба како технички камен.

Кога се хемиски чисти можат да се употребат како и останатите карбонатни карпи. Во најголема мера тие се употребуваат како архитектонски камен. Можат да бидат со многу декоративен изглед поради различната боја на фрагментите, оваа појава е присутна кај конгломератите. Овие карпи во минатото за тие цели се употребувале многу повеќе отколку денес. Намалениот интерес од страна на архитектите се должи на појавата на одреден бетон со слични карактеристики.

На подрачјето на нашата земја познати се повеќе видови на декоративни и квалитетни едрокласични карпи кои се употребувани како архитектонско-градежен камен (Сл.14). Во градбата на Стоби се

употребувани црвени бречи, кои се експлоатирани од тоа подрачје. Мермерни бречи со добра декоративност има и во близина на Гостивар (Витез, Имератор, Три цвета и др). Тоа се комерцијални имиња на мермерните бречи.



Сл. 14. Употреба на мермерна бреча кај хоризонтална површина

9.2. ПЕСОЧНИЦИ

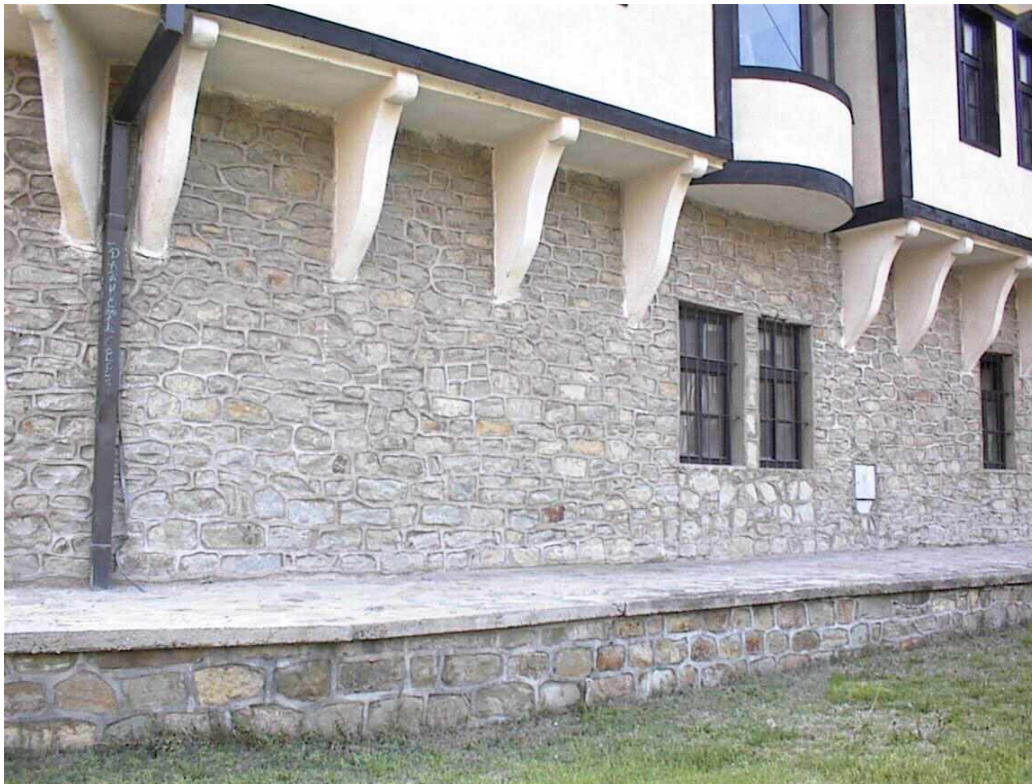
Песочниците се распространети карпи кои се среќаваат скоро во сите геолошки периоди од прекамбриум до неоген. Цели интервали од поедини периоди, литолошки се претставени исклучиво со песочници. Поради услоеноста и лесната експлоатација тие од секогаш го привлекувале човекот, но нивната употреба во минатото и денес е релативно мала во однос на нивната распространетост. Само мал дел од овие карпи претставува поволен материјал за употреба. Поради разликите во минералниот состав, начинот на врзувањето, исполнетоста на порите и големината на зрната, кај песочниците постојат големи разлики во физичко-механичките особини. Песочниците можат да бидат многу порозни, но и компактни карпи. Можат да имаат голема тврдина, познати се песочници и со мала тврдина. Нивната отпорност од атмосферските влијанија зависи од порозноста и природата на цементот.

Најквалитетни се песочниците со силициски цемент. Можат да имаат голема тврдина, цврстина и голема временска отпорност. Големата тврдина смета при експлоатацијата и обработката. Поради

тоа ја ограничуваат употребата во градежништвото. Ако се цепат добро можат да се употребуваат како цепено оформен камен (коцки, ивичњаци)(Сл.15,16).

Песочниците со варовнички цемент ја немаат тврдината, цврстината и временската издржливост на песочниците со силициски цемент, поради тоа полесно се обработуваат и имаат поголема употреба во градежништвото.

Песочниците со варовнички цемент се употребуваат и како скулпторски и архитектонски камен. Поради ограничената временска постојаност и неповолната цврстина на цементот песочниците се трошни и имаат ограничена употреба кај фреквентните површини. По правило песочниците не се полираат. Песочниците со варовнички цемент не се употребуваат како дробен камен поради малата цврстина. Тие можат да се употребат како камен за брусење.



Сл. 15. Употреба на песочник како градежен материјал

Глинестите материи имаат негативно влијание, бидејќи ја намалуваат временската постојаност на песочниците, поради тоа тие не се употребуваат како градежен камен. Песочниците ги има во терциерниот и кредниот флиш, во лијаските, пермските и карбонските наслаги.



Сл. 16. Употреба на песочник како декоративно-функционален елемент

9.3. ВАРОВНИЦИ

Од сите карпи во Земјината кора варовниците се најмногу употребувани од страна на човекот. Нивното значење може да се согледа од вкупната употреба, која ги надминува содржините на останатите цврсти карпи заедно. Карбонатите се карпи со голема вредност, но кај нас поради големата застапеност вредноста и е намалена. Во некои земји во кои варовниците се помалку застапени, вар добиваат со печење на наслаги од школки.

Варовникот е многу добар градежен материјал, основна компонента при производство на хидрауличен врзувачки материјал и основна суровина за добивање на калциум и јаглен диоксид. Општо можат да се издвојат следните најзначајни области на употреба:

- технички камен (хидротехнички објекти, изградба на патишта, железнички пруги)
- архитектонски камен
- производство на врзувачки материјал (вар и цемент)
- металургија (топители)
- хемиска индустрија (калцинирана сода, минерални ѓубрива)
- индустрија за стакло
- индустрија за шеќер (вар и CO_2)

Компактните и умерено порозни варовници може да се полираат и при тоа да се добијат површини со висок сјај. Најдобар сјај се добива кај варовниците со волуменска маса поголема од 2.30 gr/cm^3 .

Варовниците можат да имаат различна боја, да бидат бели (нивната природна боја), но најчесто се обоени црни, сиви, сивосини, кафенкасти, црвени и зеленкасти. Можат да бидат еднобојни но и со нехомогена пигментација. Бојата и нивната распореденост се главен фактор за економската вредност на варовниците во архитектурата.

Кај нас варовниците ги има во западните делови од државата. Во некои земји искористувањето и преработката на варовниците претставува значајна стопанска гранка. Пример за тоа е добивањето на архитектонски камен во Франција, Италија, Шпанија и Белгија.

9.4. КРЕДА

Кредата претставува вариетет на карбонат, која по своите особини се разликува од останатите карбонатни карпи. Таа е мека, слабо цементирана финозрнеста карпа со земјаст прекршок. Кредата е хемиски многу чиста карбонатна карпа, изградена претежно од лушпи на морски микроорганизми (коколити и фораминифери) со големина до 10 μm . Лушпите на микроорганизмите се изградени од кристалест калцит со големина на зрната од 1 μm . Кохезионата врска помеѓу кристалите на калцитот е многу слаба. Таквата особина кредата ја прави физички поспецифична во однос на останатите карбонатни карпи. Вистинската креда настанала во мезозоик за време на горна креда кога се формирани дебели наслаги на креда во тогашното Северно Европско море (северна и средна Европа).

Економското значење на кредата е во белата боја, хемиската чистота, порозноста и малата тврдина.

Најзначајни области во кои се употребува микронизирана креда се: индустрија за хартија (полнител, покривен пигмент), индустрија за бои, индустрија за полимери (полиестер, PVC), индустрија за пестициди и др. Вистинска креда во литолошка смисла на нашата територија нема.

9.5. ДОЛОМИТИ

Слично како и варовниците и доломитите, кои се многу помалку застапени во Земјината кора, можат да бидат многу чисти или со одредена содржина на CaCO_3 , SiO_2 , глини и др. Теоретски чистиот доломит содржи 21.9% MgO , 30.4% CaO и 47.7% CO_2 . Такви доломити се многу ретки. Обично содржат одреден процент на CaCO_3 , па според тоа помеѓу чистиот доломит и варовниците постојат преодни карпи кои во зависност од содржината на MgO односно CaO се нарекуват доломитични варовници или калцитски доломити.

Употребата на доломитите не е толку распространета како кај варовниците. Во некои области на употреба како на пример областа на технички камен можат да имаат исто значење како и варовниците. Доломитот најчесто се употребува во следниве области:

- Ниско градба (патишта, железнички пруги) доломитот се употребува во здробена форма со различна големина на зрната.
- Бетон. Се употребува во вид на дробен камен, ако во доломитите има глиновити материи тие можат да реагираат со алкалиите од цементот во присуство на влага и да предизвикаат распаѓање на бетонот.
- Изработка на хидротехнички објекти. Се употребува во вид на кршен камен за насипи и како обработен камен за обложување.
- Архитектонски камен. Многу ретко се употребува бидејќи ги нема оние бои и шари што се присутни кај варовниците. Немаат способност да даваат сјајни површини при полирање.
- Производство на огноотпорни материјали.
- Производство на врзувачки материјал (доломитска вар).

Доломитските карпи се присутни во сите геолошки периоди, но најзастапени се во мезозоик. Можат да се појават во многу широки и дебели маси.

9.6. БИГОР

Настанува со издвојување од студени води богати со калциум бикарбонат. Бигорот се издвојува на површините на одредени растенија (трева, билки). Издвоениот CaCO_3 во вид на калцит ги покрива растенијата и формира релативно цврста многу шупликава карпа. Неправилните и цевкасти шуплини со големи димензии кои настанале како резултат на изумирањето на вегетацијата, на бигорот му го даваат специфичниот шупликаво-сунѓерест изглед, мала волуменска маса и многу голема порозност. Лесната обработка и малата маса биле основни фактори за употребата на бигорот во градежништвото. Кај многу објекти бигорот повеќе стотини години останал непроменет, но кај некои објекти е забележана дезинтеграција поради атмосферските влијанија.

Кај нас бигорот го има во околината на Водно, кај манастирот Матка и во непосредна близина на Катланово. Бигорот во минатото се употребувал во црквената архитектура, денес тој се употребува како декоративен градежен материјал.

9.7. ТРАВЕРТИН

Како и бигорот и травертинот настанува од раствори богати со калциум бикарбонат, но за разлика од бигорот травертинот се издвојува од термални извори. Травертинот по одредени особини се разликува од бигорот. Се карактеризира со умерена шупликавост и изразена лентеста градба. Лентите можат да бидат различно обоени и наизменично да се менуваат. Травертинот е среднотврда карпа и лесно се обработува. Релативно добро се полира до висок сјај. Можат да бидат бели или со кафенкасто црвени нијанси.

Травертинот во минатото па и денес има голема вредност како архитектонски камен, може да се појави во вид на големи масиви од кои може да се добијат монолити со големи димензии. Исто така претставува добар скулптурски камен.

Најпознат травертин во светот е римскиот травертин *travertino romano* кај се експлоатира на подрачјето Тиволи во близина на Рим. Од тој травертини се градени Марцелиусовиот театар и Колосеумот во Рим.

Кај нас се познати окересто-кафените траверини присутни во областа Кучково и Свилари кај Скопје и Липково кај Куманово. Исто така појава на травертин има на Матка кај Скопје. Со травертинот од Кучково се обложени старата железичка станица во Скопје, оделни објекти во Штип (Сл. 16) и др. поштата во Љубљана, филозофскиот факултет во Белград и др. Травертинот може да се употреби и за подни површини кои не се многу фреквентни. Кај тие површини шуплините можат да се пополнат со специјален кит.



Сл.16. Употреба на травертин како декор на фасада

9.8. МЕРМЕРЕН ОНИКС

Мермерниот оникс настанува од топли извори на минерална вода богата со кациум бикарбонат. Калциум карбонатот е издвоен како калцит, поретко арагонит во вид на влакнести индивидуи поради тоа влакнестата структура и лентестата градба се главни карактеристики на мермерниот оникс. Мермерниот оникс е провиден, компактен и способен да се полира до голема сјајност. Познат е и шупликов оникс кај кој празините се пополнети со скрама од бел арагонит. Декора-

тивноста на ониксот му ја даваат убавите бои, кои можат да бидат зелени, бели, розеви, зеленкасто сини и кафенкасти. Бојата кај некои видови е непостојана, зелениот оникс во текот на времето добива кафенкаста боја поради оксидацијата на фero-железото во фери-железо.

Кај старите објекти се забележуваат и физички промени на мермерниот оникс. Ониксот е многу добар декоративен архитектонски материјал за вертикални ентериерски површини. За да се истакне лентестата градба, ониксот се сече во плочи нормално на слоевитоста. За хоризонтални површини не се употребува бидејќи има слаба отпорност на абeње. Се употребува за изработка на украсни предмети (вазни, столни лампи и др) и бижутерија.

Најпознатите наоѓалишта на оникс се наоѓат во Аргентина, Бразил и Пакистан. Во нашата земја позната е појавата на кафенкаст оникс кај Мариово кој се експлоатира повремено. Појава на зелен оникс има во селото Лешок кај Тетово, но ониксот го има во мали количини и не се експлоатира.

9.9. ТУФОВИ

Природата на честиците од кои се изградени туфовите, меѓусебниот однос и големината на честиците во стаклото, кристалите и карпите се фактори поради кои под ова име се крие голема група на карпи кои претставуваат пирокластичен материјал со гранулација на песок до најфина пепел. Можат да бидат бели или во боја (сиви, зелени, црвени). Заедничка особина на типичните туфови е големата порозност, меѓусебната поврзаност на порите малата тврдина и слабата механичка отпорност. Можат да бидат со многу мала цврстина од неколку десетина МРа и екстремно голема порозност. Таквите туфови се лош градежен материјал. Во минатото тврдите туфови се употребувале за зидање, денес тие ретко се употребуваат. Туфот претставува добар топлотен изолатор. Туфовите богати со силициум можат да се употребат како материјал за полирање во вид на полнител. Употребата на туфот како лесен агрегат за бетон не се практикува поради капиларноста и слабата механичка отпорност. Современата употреба на туфот е во индустријата за цемент, како многу добар природен пуцолан. Содржината на туфот во тие производи е до 30% од вкупната маса.

Високо силициските туфови можат да се употребат за производство на калциум силикатни производи (блокови, цигли). Тоа се производи на база на силикатен материјал до 90%, негасена вар и вода. Од досегашните искуства употребата на туфот во екстериерот е неповолна бидејќи влагата и мразот можат релативно брзо да го распадат.

10. УПОТРЕБА НА МЕТАМОРФНИТЕ КАРПИ

Општо земено ова е најмалку употребувана група на карпи од која само неколку претставници нашле употреба. Употребата се базира на декоративните особини, убавите бои и шари, хемиската чистина, текстурните особини кои овозможуваат добивање на одредени форми и др. Можат да бидат со многу различни физичко-механички особини но без екстремни разлики како што имаат другите генетски групи. Порозноста не е својствена на ниедна метаморфна карпа. Карпите со низок степен на метаморфизам како што се аргилошистите и некои шкрилци, се многу компактни.

Шкрилавоста како најспецифична текстура кај метаморфните карпи може да смета при употребата, но постојат и производи во кои шкрилавоста е како основа за употребата. Поради шкрилавоста во процесот на дробење се добиват плочести до издолжени парчиња кои неможат да се употребат за изградба на патишта, железнички пруги или за бетон. Спротивно на ова добро изразената способност за делење во плочести парчиња претставува предуслов за употребата на некои шкрилци. Таквата способност за делење во вид на табли не ја поседува ни една друга цврста карпа. Шкрилестата и тракаста структура, многу метаморфни карпи ги прават нехомогени и анизотропни. Според економското значење се издвојуваат мермерите и аргилошистите.

10.1. МЕРМЕРИ

Мермерите заедно со гранитите и варовниците се најпознати карпи кои се употребуваат како архитектонски камен. Нивната употреба и можноста за обработка ја откриле мајсторите и уметниците од античка Грција кои твореле во мермер.

Во областа на архитектурата и скулптурските работи, значењето на мермерот останало непроменето и во денешно време. Во ниеден друг камен не се обединети сите оние особини што ги поседува мермерот: раскошниот изглед кој доаѓа од убавите бои и шари, можноста да се изработуваат скулптурски детали, провидноста, лесната обрабока, брилијантниот сјај на полираните површини од кои се рефлектира светлината и др.

Употребата на мермерот е широка. Најмногу се употребува како архитектонски камен во вид на тенки плочи како ентериер и екстериер (Сл.17). Се употребува во монументалната градба (надгробни споменици, орнаментални елементи). Кога се употребува за екстериер мермерот може да се раствори поради климатските услови на средината (загаденост на атмосферата).



Сл. 17. Употреба на мермерот за хоризонтални и вертикални површини

Поради нивната добра обработливост, белата боја и структурата мермерите останале најважен и највреден скулпторски камен. Како технички камен имат ограничена употреба поради недоволната тврдина и големото абење. Во изградбата на патишта употребата е ограничена, само некои релативно тврди и цврсти доломитски мермери можат да се употребат за патишта со мало сообраќајно оптеретување. Се употребува како агрегат за бетон и терацо.

Употребата на мермерот во индустријата е идентична со употребата на варовниците. Се употребува за добивање на карбонатно брашно бидејќи е хемиски чист и има бела боја.

Мермерите во нашата земја се многу распространети во старите геолошки периоди, но бројот на наоѓалишта кои се експлоатираат е мал поради тектонската раздробеност на карпестите маси. Најпознати наоѓалишта има кај Прилеп и Гостивар.

Снежно белиот доломитски мермер од подрачјето на Прилеп го употребувале Римјаните при изградбата на античка Хераклеа. Под комерцијалното име *Сивец* прилепскиот мермер е најпознат бел мермер на светскиот пазар.

10.2. АРГИЛОШИСТИ

Петролошки аргилошистите се дефинираат како карпи кои настанале со низок степен на метаморфизам од глинести шкрилци, глинци и поретко туфозни карпи. Структурата им е афанатична до

ситно зрнеста, најголемиот број на минералните зрна се со големина до 1 mm. Под дејство на насочен притисок во еден правец добиват шкрилеста текстура која овозможува издвојување на тенки плочи по должината на блиски паралелни, релативно глатки планарни површини.

Таквата нагласена совршена цепливост на аргилишитите е главен предуслов за нивната употреба во минатото. Може да се каже дека тие претставуваат најстар материјал за покривање на кровови кои и денес се употребуваат.

Употребата на аргилошитите се должи на добрите физичко механички особини што ги поседуваат. Имаат мала порозност до 2% и се дефинираат како компактни карпи. Поради малата порозност малку ја адсорбираат водата, не ја пропуштаат и кога се во многу тенки плочи како што се покривните плочи.

Современата употреба на аргилошитите е разновидна. Се употребуваат во различни форми, цепени плочи, цепени плочи со посебна форма, гранулирани и спрашени. Главно се употребуваат како плочи за покривање. Гранулите се употребуваат за изработка на покривни лепенки додека правот се употребува како полнител.

Кога се наменети за покривање потребни е добро да се цепат т.е. треба да имат правилна планарна текстура. Ако текстурата е набрана, површините на цепење се нерамни и неповолни за употреба.

Аргилошитите од подрачјето на Велес се со правилна планарна текстура и лесно се цепат.

Аргилошитите се повеќе се употребуваат и во архитектурата поради естетскиот изглед. Тие се со голема отпорност при механички дејства, имаат добра временска постојаност, површините на плочите не се лизгаат поради што употребата за поплочување е голема. Се употребуваат за прозорски рамки, подови и др. Поради малата отпорност на абење не се употребуваат кај прометните површини. Најпознатите и најквалитетни аргилошисти се експлоатираат на подрачјето на Велс (Англија). Кај нас во сосема ограничена количина се експлоатираат аргилошисти на подрачјето на Велес.

10.3. УПОТРЕБА НА ДРУГИ МЕТАМОРФНИ КАРПИ

Шкрилци. Со ова име генерално се опфатени голем број на карпи, кај кои главна карактеристика е шкрилавоста. Тие можат да бидат со полиминерален или мономинерален состав. Употребата на шкрилците зависи од нивниот минерален состав и способноста за лесно издвојување во тенки плочи поради шкрилавата текстура.

Кварцните шкрилци, серицитските и зелените шкрилци се употребуваат како архитектонски камен во форма на плочи. Некои кварцни шкрилци се употребуваат кај подните површини поради нискиот коефициент на абење, рапавоста и антилизгавиот карактер на површината. Имат добра временска постојаност па поради тоа може да се употребат и во екстериерот.

Кварциџи. Тоа се карпи поврзани за постарите геолошки периоди. Минеролошки се доста чисти со повеќе од 98% SiO₂ и големина на зрната од 0.1-0.2mm. Тие претставуваат најдобра суровина за производство на *силика оџека* (кисели огноотпорни производи) кои се употребуваат кај кокните и металуршките печки.

Кварцитот се употребува и за производство на феросилициум кој има широка намена во индустријата. Микронизираниот кварцит се употребува за производство на порцелан, глазура, емаил, како полнител во боите и како абразив во средствата за чистење.

11. УПОТРЕБА НА НЕВРЗАНИ КАРПИ

11.1. ВИДОВИ И ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Неврзаните кластични карпи настануват со механичка акумулација на кластичниот или териген материјал во процесот на површинското механичко распаѓање на карпите, кои се разоткриени на земјината површина под дејство на егзогените фактори.

Кластичниот материјал од местото на распаѓање до неговата акумулација може да се транспортира на повеќе начини: гравитација, со вода, ветер и под дејство на мразот. Гравитациониот транспорт се изведува по стрмните и голи падини, а во нивното подножје доаѓа до акумулација (сипари). Поради краткиот транспорт парчињата се остри и незаоблени. Акумулираниот материјал е слабо класиран, со големина на парчињата над 2mm. Кластичниот материјал кој настанал на овој начин е познат под името *дробина*.

Водениот транспорт на кластичниот материјал во природата е најмногу распространет.

Заобленоста е основна карактеристика на кластичниот материјал кој се транспортира со водени текови. Степенот на заобленоста може да биде различен во зависност од должината на транспортот, тврдината и механичната отпорност на парчињата.

Фракцијата со големи парчиња од кластичен материјал која е транспортирана по воден пат и акумулирана во алувијалните наноси е позната под името *чакал*.

Ситниот кластичен материјал познат е како *песок*. Тој може да се дефинира како растресит ситнокластичен или псамитски седимент составен од заоблени минерални парчиња.

Според средината во која се таложат чакалот и песокот можат да се издвојат како езерски и марински седименти.

Кластичниот материјал може да се транспортира и со помош на мраз во глечерите. На челото на глечерите, каде доаѓа до топење на мразот се собира (таложат) некласиран кластичен материјал, познат под името *моренски* материјал. Парчињата од карпестиот материјал се со аглести или полуаглести форми. Моренскиот материјал може да биде зафатен со водени текови и да се транспортира и депонира како флувијално-гласијален седимент.

Еолскиот транспорт на кластичниот материјал карактеристичен е за пустинските подрачја. Еолските седименти се изградени од ситнозрнест песок со добра сортираност и заобленост. Минералниот состав на песокот може да биде различен во однос на петрографската градба на теренот и да биде збогатен со минерали со голема механичка отпорност и тврдина.

11.2. УПОТРЕБА И ЗНАЧАЈНИ СВОЈСТВА ЗА УПОТРЕБА

Најголемо значење помеѓу обичните неврзани кластични карпи имаат чакалот и песокот. Тие имаат широка употреба во градежништвото како минерална компонента за бетон во изградбата на патишта, аеродромски писти, за различни типови на малтер и др. Главната употреба на песокот и чакалот е како агрегат во бетонот со содржина од 80-85%. Бетон со неорганички врзвен материјал претставува вештачки каменест материјал добиен со оформување и стврдување на правилно приготвена бетонска смеса составена од врзвен материјал, вода, минерален агрегат и одредени додатоци.

Составот на бетонската смеса мора да го осигури бетонот во одреден временски период од дејството на мраз, водопропустливоста и др. Според видот на врзовниот материјал најмногу се употребува цементниот бетон, за кој обично се употребува терминот бетон.

Под терминот бетон истовремено се подразбира и нормалниот бетон т.е. бетонот во кој се употребува природен агрегат (чакал, песок) или дробен агрегат. Мерка за квалитетот на бетонот е марката на бетонот (МБ), која се дефинира како тврдина при притисок на бетонска коцка стара 28 дена. Бетон со марка 25 (МБ-25) претставува бетон со тврдина при притисок од 25 МПа. Под армиран бетон се подразбира нормален бетон со железна арматура која ја подобрува цврстината на бетонските конструкции.

Природниот агрегат кој се употребува за припремање на бетон потребно е да исполнува одредени минимални барања со кои ќе се добие саканиот квалитет и временската постојаност на бетонот, имајќи во предвид, во какви услови ќе се најде истиот. За изработка на бетон природните агрегати не можат да се употребуваат во формата во која се наоѓаат во природата, освен за бетон со марка до 15. Тие по пат на сепарација се разделуваат на фракции и со нивна комбинација се добива саканиот гранулометрички состав при изработката на бетонска смеса.

12. РАБОТИ НА РЕСТАВРАЦИЈА НА КАМЕНОТ

Каменот кој е вграден во сакралните и профано објекти и градби има, во зависност од низа на фактори, своја трајност и животен век. Визуелното следење на изгледот и состојбата на вградениот камен во подалечното и поблиското минато ја потврдува констатацијата на денешното негово брзо пропаѓање. Ова го објаснуваме со тоа што на вградениот камен заедно со вековните влијанија на атмосферата денеска се поголемо е влијанието и на низа на техногените фактори и човекот. Тоа се главно киселите дождови кои содржат низа на природно настанати, но и техногено произведени киселини, главно јаглеводородна, сулфуреста и сулфурна.

Ако сакаме нашите материјални добра во каменот, кои сме ги наследиле, да ги зачуваме за идните генерации мораме или да ги заштитиме со познатите конзерваторски работи или пак да ги обновиме со изведба на одредена количина на реставраторски работи. Тука нема да се впуштаме во опишувањето на широко прифатените, но од некои и оспорувани реставраторски работи и постапки кои се користат во заштитата на спомениците на културата. Во кратки црти ќе ги споменеме само основните поставки на реставраторските работи.

Реставраторските работи се спроведуваат со строго одреден редослед со придржување кон одредени правила и постапки. Секоја реставраторска работа се состои од фази кои логично следат една по друга.

1. **фотограметриско снимање** на градбата или објектот претходи на сите реставраторски работи. Фотограметриската слика во различни размери претставува основа на која се нанесуваат сите потребни податоци кои се неопходни за изведувањето на реставраторските работи. Фотограметриското снимање на целата градба или пак на некои нејзини делови не е потребно доколку постои сочувана графичка документација за истиот. Таа документација може да послужи на место фотограметриската слика. Некои недостатоци доколку постојат тие можат повторно да се снимаат и со тоа документацијата да се докомплетира. Пожелно е да се изврши контрола во однос на тоа колку изведбата на објектот е веродостојна на постојната документација, и до колку постојат отстапувања истите би требало да се наведат.

2. **одредба на врстата на каменот и визуелно утврдување на состојбата на вградениот камен**, оваа активност треба да се спроведе многу внимателно. Во зависност од димензиите на градбата за тој преглед е обично потребно да се монтира скеле или прегледот може да се изврши со помош на подвижни скелиња или пак со протвпожарни кошници.

На фотограметриската подлога со посебни ознаки (бои или сенки) се забележува врстата на каменот. Пожелно е на прикладните, визуелно неистакнати места да се земат мали примероци за микроскопски испитувања и детална одредба на каменот.

На фотограметриската скица со посебни ознаки се обележуваат сите врсти на трошење и оштетување на каменот. Секој камен елемент кој треба да биде заменет добива своја нумеричка ознака. На трошните и оштетените делови од каменот се земаат примероци на основа на кои со одделни лабораториски истражувања се одредуваат производите на трошење и оштетување.

Корисно е со методот на сондирање да се определи и длабочината и карактерот на трошењето и оштетувањето на каменот, со што се добиваат многу корисни информации во однос на длабочината до која треба вградениот камен да се замени со нов.

Собраните примероци од каменот и јадрата од сондирањето детално се анализираат :

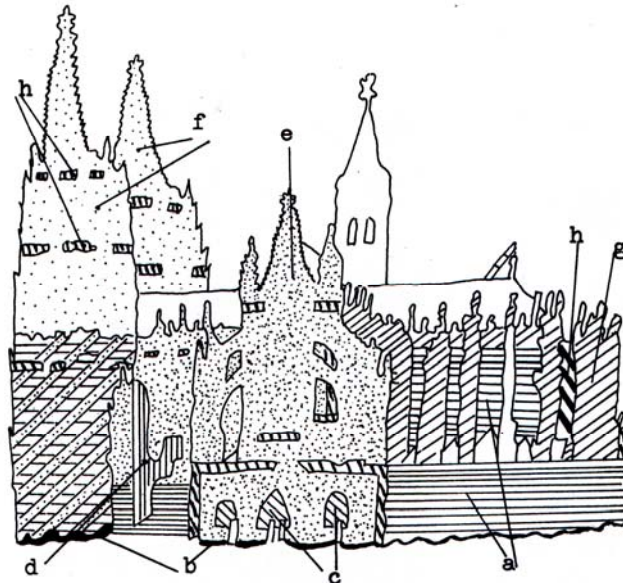
- микроскопски (по потреба се применуваат рентгенски или други методи) како би можел да се одреди составот на каменот и составот на ново настанатите минерални асоцијации кои се производ на влијанието на штетните природни и техногени агенси на каменот,
- хемиски, поради утврдување на составот и количината на новонастанатите соли во каменот.

Заедно со овие анализи потребно е да се одреди: густината, волуменската маса, порозноста и водовпивноста. Познавањето на овие физички својства е потребно поради споредбените анализи кои треба да се направат со локациите од каде потекнува вградениот камен во објектот кој е предмет на реставрација.

Во нашите простори и пошироко во медитеранот челата на сакралните и профано градби, од антиката па до денес, се главно изградени од варовници или пак мермери. На овие материјали обично им се знае и потеклото, со што одредбата на изворноста на каменот е поедноставена. Поретки се градбите, кои посебно во енетриерите, претставуваат права збирка на различни врсти на камен.

Познати се примери во светот, каде челните површини на објектот се изградени од неколку врсти на камен, на пример катедралата во Келн, во Германија (Сл.18). На јужното чело вградени се осум врсти на камен; трахит од Драхенфелс (со него е започната градбата во 1248 година), стензелберски трахит, шјалдорферски песочник, оберкиршнерски песочник, маински органоген варовник, савониерски варовник, мајенска базалтна лава и лондорферска базалтна лава. Земајќи ги во предвид различните својства и отпорност

на вградениот камен на атмосферската урбана средина, многу јасно станува сложеноста на раставрацијата на таквиот објект.

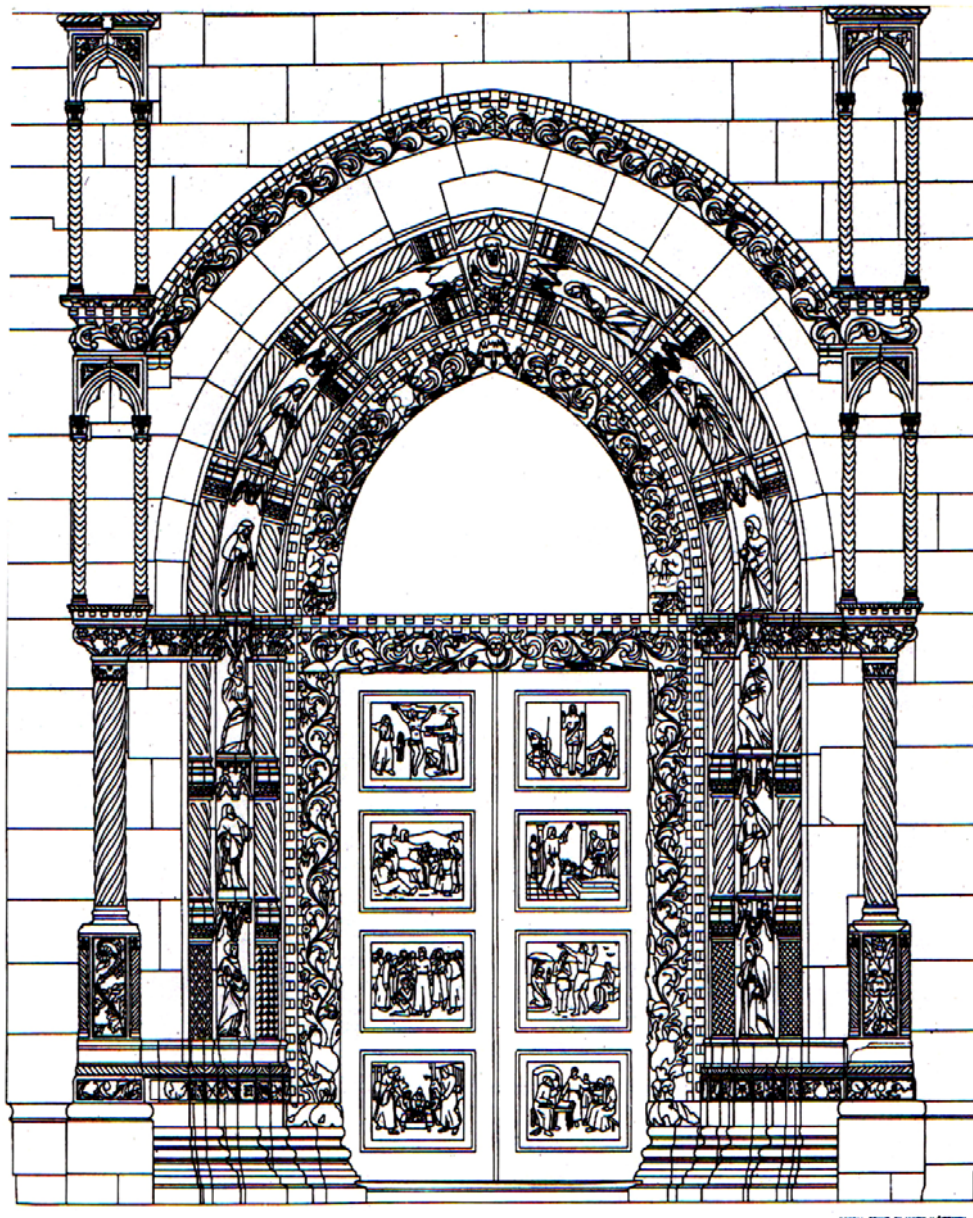


Сл. 18. Јужното чело на катедралата во Келн, врсти на вграден камен (Rumpf, 1983)

- a. Трахит од Драхенфелс, бавно се троши, средно отпорен
- b. Мајенска базалтна лава, отпорна
- c. Стензелберски трахит, средно отпорен
- d. Лондорферска базалтна лава, отпорна
- e. Шлајдорфелски песочник, нее отпорен
- f. Оберкиршенски песочник, отпорен
- g. Маински органоген варовник, нее отпорен
- h. Савонирски варовник, отпоре

Како пример на изведувањето на оваа фаза ќе ги наведеме реставраторските работи на Заводот за Реставрација на Хрватска кои се изведни на катедралата во Шибеник. Изработената фотограметриска скица им послужила како подлога на која се забележани сите потребни податоци. Фотограметриската скица на влезот (Сл.19) е само дел на целокупната изведена работа. На прозирни фолии се нанесени податоците, онолку колку што биле познати, кои делови од влезот во минатото биле реставрирани. Исто така се внесени и податоците за трошењето на каменот.

Со спроведените истражувања, утврдено е дека челата и влезовите, вклучувајќи ја и пластиката и скулптурите се изградени од рудистни варовници од типот **унито** а поретко **фиорито** од каменоломите на островот Брач. Опишани се изворните дефекти на вградениот камен кои генетски се поврзани за широкиот интервал на збиднувања за време на седиментацијата и тектонските процеси.



Сл.19.Фотограметриска скица на главниот влез на катедралата во Шибеник

На скулптурите и пластиката на влезовите утврдени се следните оштетувања:

- песковито ронење,
- луспење,
- влијание на организмите и,
- инфилтрација на аеросолите

Песковито ронење е резултат на различната отпорност на калцитскиот матрикс и калцитскиот скелетен детритус. Калцитскиот матрикс е помалку отпорен. Под влијание на температурните промени, атмосферилите, капките од морската вода која содржи соли, слабеа

интергранулациската врска, поради што калцитскиот матрикс се рони. Поради тоа што скелетниот детритус е повеќе отпорен површината на каменот станува рапава.

Луспење е претставено со одделување на луспи со различна дебелина. По својот изглед оваа појава наликува на појавите кои се случуваат при влијанието на мразот. Меѓутоа поради фактот на климатските прилики во Шибеник поверојатно е дека луспењето е последица на кристализацијата на солите во зоните непосредно под патинираните површини на каменот. На места луспењето е резултат и на кристализацијата на гипсот, кој е докажан во одделни примероци.

Шупликавост е последица на растворањето на калцитот заедно со проширувањето на порниот простор.

Влијание на организмите е претставено како механичко и хемиско.

Инфилтрација на аеросилите е многу изразено. Аеросолта е насобрана во кафеавите и црни корички на каменот како и во калцитските исцедувања и калцитската сига. Во површинските корички, исцедувањата и сигите, утврдено е присуство на калцит, гипс, хематит, црни минерали и црни топчести творби. Аеросолта на места е инфилтрирана во самиот камен па на места ја наоѓаме и во интергрануларните порни простори како и долж пукнатините на цепливост во покрупните кристали на спаритскиот калцит. Инфилтрираната аеросол содржи железни и мангански оксиди и хидроксици и честички на кварц и јаглерод. Тоа е очигледен доказ на влијанието на фабриката за феролегури на загадувањето на околината како и на оштетувањето на старите споменици на културата.

Во склопот на работите анализиран е и врзивниот (морт) материјал на камените плочи на покривот на катедралата. Мортот има црвенкасто розеникава боја и е ситно гранулиран. Во полнилото се присутни компонентите како што се четички од ромбодарски калцити, малку кварц, калцитски скелети на фораминифери како и неколку зрнца на апатит и мусковит, серицит и хлорит. Приметените состојки на мортот се честички на црвенкаста опека, парчиња од вулканско стакло со витрокластична структура и кристалокласти на кристобалит.

3. Одбирање на каменот за замена на елементите е релативно лесна работа ако се задоволени следните услови:

- ако се знае потеклото на каменот,
- ако каменоломите од кои каменот се експлоатирал се сеуште активни,

- ако каменот има соодветен состав од аспект на неговото користење за облагање на челни површини,
- ако каменот во соодветните климатски услови и урбана средина има прифатлив животен век.

Ако овие услови не се исполнети, тогаш во соработка со специјалистите(конзерватор,архитект, историчар на уметноста, вајар, археолог, петрограф), се врши одбирање на каменот кој:

- визуелно по боја и градба одговара на каменот што се менува и,
- одговара по своите физички и механички својства, трајност и животен век.

4. Скелиња и дигалки се потребни за реставраторските работи кои се изведуваат на објектите во согласност со изготвената документација. Во поблиското минато околу градбите се издигнувале големи дрвени скелиња кои денес се заменети со метални.

Проектантите на скелињата мораат да ги добијат следните информации:

- масата на најголемиот можен камен елемент кој се вградува,
- котите на местата каде треба дадените елементи да се вградат,
- широчина на работните платои на скелињата како би можело да се манипулира со блоковите,
- далечината на работните платоа од зидот на градбата и,
- начинот на транспортот на камените елементи од дигалката до местата на вградување.

Скелињата и дигалката треба да се зацврстат во конструкцијата на градбата. Ако зацврстувањето се врши со помош на анкерисување во зидот на конструкцијата, тогаш е пожелно за таа намена да се искористат дупнатините кои ќе се изведат за подетално да се согледаат длабинските промени на каменот.

5. Симнување на камените елементи посебно на оние со најдобро сочувана пластика треба да се врши многу внимателно како би можело до максимум да се одбегнат можните оштетувања.

Камените елементи се симнуваат така што од конструкцијата се одвојуваат долж споевите или пак со дијамантска пила во целина или во делови се режат. Употребата на пнеуматските алатки треба во потполност да се забрани. Наместо пнеуматските алатки треба да се применат хидрауличките дупчачки чекани. Работата на хидрауличката опрема во основа ја смалува можноста за оштетување и тоа како во конструкцијата така и во камените елементи кои се симнуваат, а кои претставуваат модели за изработка на новите елементи.

Ако оштетените камени елементи се воедно и конструктивни, треба да се внимава со нивното симнување да не се наруши стабилноста на тој дел на објектот.

При симнувањето на оштетените камени елементи треба да се внимава на начинот на кој тие се поврзувани меѓусебно и со конструкцијата на објектот. Секој симнат камен елемент или некој негов дел добива свој број кој одговара на нумеричката бројка на фазата. На сите симнати камени елементи се мерат нивните димензии (должина, широчина, височина) и се изработуваат скици во мерка 1:10 и шаблони во мерка 1:1.

6. Новите камени елементи и пластиката се изработува, до колку е тоа возможно машински, а крајната завршна обработка се изведува редовно рачно. Колку ќе биде рачната обработка а колку машинската во основа зависи од сложеноста на пластиката и елементот кој се изработува.

За секој камен елемент мора да постои соодветен пишуван документ или работен налог кој задолжително ги содржи следните податоци:

- број на работниот налог со дата и име на каменорезецот или вајарот,
- број на договорот или име на нарачателот,
- врста на каменот,
- име на местото на камениот елемент во објектот,
- бројот на камениот елемент кој е поврзан за нумеричката бројка на фазата,
- димензиите на камениот елемент (должина, широчина, височина, волумен),
- цртежи на шаблоните во мерка 1:10
- аксонометриска слика на камениот елемент,
- начин на обработка на лицето на камениот елемент,
- дата на почетокот на изработката,
- дата на завршетокот на изработката.

Со ова за секој објект кој се реставрира се добива за трајно чување соодветен и популен документиран материјал.

Кога камените елементи се изработуваат од камен кој има нагласена шкрилавост или слоевитост, треба да се внимава на нивната ориентација при изработката и вградувањето. Освен во ретки прилики слоевитоста и шкрилавоста треба при вградувањето на елементите да бидат хоризонтално поставени.

Оштетените камени елементи кои имаат релативно сложен изглед, камената пластика и скулптурите најпрво се обликуваат, ако е тоа можно во првобитната состојба. Ова обликување се изведува на база на постојните слики и фотографии кои се изработени пред поголемото оштетување на објектот, или на база на оценката на историчарот на уметноста, архитектот и вајарот. Денеска е возможно и машински да се обликуваат и најсложените форми на база на пресликување на постојните.

7. Новите камени елементи се вградуваат во целина или делумно, последователно во зависност од состојбата на внатрешниот дел на каменот во објектот.

Широчината на вертикалните и хоризонталните контактни површини помеѓу камените елементи треба да одговараат на изворните.

Начинот на закачувањето и обликот на држачите треба да се прилагодат на конструкцијата и притоа да не влијаат на статиката на објектот.

Старата техника на зидање во Грција со клесани камени елементи се одликувала со тоа што камените елементи помеѓу себе се поврзувале со метални спојници. Во конструкцијата на објектот клесаниот камен помеѓу себе хоризонтално е поврзуван со метални спојници а вертикално со клинови. Столбовите исто така вертикално се поврзувани со метални клинови. Користениот кородирачки метален материјал доведувал до оштетување и пукање на камените елементи.

Камените елементи хоризонтално можат да се поврзат и со конкавно-конвексни жлебови, со правоаголни или триаголни чепови или со метални плочи со облик на ластовичина опашка. Поврзувањето е посигурно ако камените елементи се поврзат со метални обични или двокрилни пијавици.

8. Со реконструкцијата на идните поколенија практично одново им се подигнуваат споменичките обележја, кои во минатото биле уништени во природните катастрофи или во војните или пак со човековото невнимание. Реконструкцијата се изведува на основа на добро простудираниот постојни податоци, пишани документи и материјалните остатоци.

Како пример на ваква работа можеме да ја наведеме реконструкцијата на стариот Свети Климентов храм на Плаошник во Охрид, каде на темелите на старата црква, а на база на анализираните пишани и материјални остатоци е поново изграден овој храм како столб на македонската духовна култура и писменост.

13. ОДРЖУВАЊЕ НА ВГРАДЕНИОТ КАМЕН

Во понатамошниот текст во кратки црти ќе ги споменеме основните моменти кои се важни за одржувањето на каменот од аспект на негова поголема трајност и стабилност на изворните декоративни и архитектонски особини.

13.1. ОШТЕТУВАЊЕ КАКО ПОСЛЕДИЦА НА НЕПРАВИЛНО ВГРАДУВАЊЕ

Исправното вградување на камените плочи и елементи, заедно со придржувањето кон сите правила кои произлегуваат од својствата на каменот и законитостите на физиката на зградата, еден е од темелните услови за животниот век на вградениот камен. Тука ќе ги споменеме некои од воочените недостатоци, пропусти и непридржување кон упатствата или недозволените отстапувања од проектот за облагање.

На изборот на каменот не се посветува доволно внимание. Бојата на каменот, неговите шари и визуелен изглед најчесто е темелно и единствено барање на проектантите при изборот на каменот кој ќе се вгради во објектот. Кај таквиот избор се занемаруваат останатите својства на каменот кои се одлучувачки за неговото однесување и неговиот животен век после вградувањето. Одбирањето на начинот на поврзувањето, решавањето на поедините детали на вградувањето, како и останатите елементи на техниката на облагање кои се битни за квалитетот на изведбата на сите работи, се препуштаат на изведувачот на камените работи. Честите оштетувања на камените облоги кои се последица на нестручноста во изведбата, неупатените редовни ги толкуваат со недобриот квалитет на вградениот камен. На барање на проектантите, изведувачите на работите, челните површини ги облагаат со полирани плочи од варовник и мермер. Приближно после една година на изложеност на таквите плочи на влијанието на атмосферилите и температурните промени политурата исчезнува а површините на плочите стануваат рапави.

Од останатите пропусти ќе ја споменеме и недоволната **селективност** на материјалот, било тоа во погонот на преработката, или пак после дотурот на градилиштето. Како пример на недоволна селекција, или нејзина одсутност, ќе го споменеме следниот пример. Деловен објект кој е обложен со гранит во кои има гнезда или пак расфрлани зрна на пирит. Пиритот кој е непостојан во оксидациските услови, се претвора во лимонитска супстанца а како последица се појавува исцедување по должината на лицето на плочите. На место на некогашната златно жолта боја на пиритот денеска е тоа една материја со кафеава боја со неправилни исцедувања и целокупната површина на плочата задобива кафеаво нерамномерно распоредена боја. Со тоа

украшните елементи на гранитот се загубени, а целокупната градба задобива еден многу некусен изглед.

При облагањето на нагазните површини во екстериерот или ентериерот често, задоволувајќи го само визуелниот изглед, се грешат, бидејќи вградениот камен е различно отпорен на абеење (Сл.20). Подовите во разни простории се обложени со различни видови на камен, еден од карбонатен состав друг од силикатен, така да после одредено време површината постанува многу нерамна поради фактот на различната отпорност на абеење на материјалите.

Каменот и од исто наоѓалиште не одговара секогаш на еталонот, туку постојат некогаш и многу големи отстапувања и тоа како по изглед така и по својствата. Чест е случајот, да при облагањето каменот не се одбира.



Сл.20. Пример на абеење на нагазна површина на скалило

Не се посветува доволно внимание на воочливите варијации во бојата или во градбата. Без никаков ред се вградуваат плочи кои во многу отстапуваат една од друга, со што обложените површини ја губат декоративноста. Освен тоа потребна е и контрола на плочите во поглед на отстапувањата од димензиите на правиот агол.

Неисправно изведената подлога на камените плочи може да предизвика значителни оштетувања.

Влезното скалило на компанијата ИНА во Загреб е изведено во зимски услови. Поради тоа на материјалот на постелицата, како би можела да се снижи точката на мрзнење, е додадена сол. На така изведената постелица се положени камените плочи на скалилата и челата. Со илачувањето на солта од постелицата и нејзината миграција во каменот, варовник, доаѓа до распаѓање на каменот и тој практички се грусифицира. Оваа скалило во целост е заменето со ново.

За облагање на подни и вертикални површини во изведба со заливање се користи миловит песок со гранулација 0/0.5 mm. По прописите гранулометрискиот состав на песокот треба да биде 0/4 mm. Мортот со миловит песок не обезбедува прописна марка, нити прилепливост на камената плоча. На цементниот морт за постелицата се додава хидратизирана вар. Со тоа мортот подобро се обработува и се неутрализира дејството на слободните алкалии од портланд цементот.

Големите површини на плоштадите, задолжително треба да се облаѓаат со контрола на геодетски инструменти. Со тоа и надолжно и напречно се осигурува правилниот паден агол кој е потребен за одведување на водата од дождовите. Постоечката пракса, да таквите облаѓања се изведуваат со либела и летва, доведува до значителни отстапувања во однос на проектираните агли. Слично е и со вертикалните облаѓања, и во тие случаи наместо со либела задолжително треба да се користи висок.

Облаѓањето на челните површини кои се проветруваат мораат да бидат изведени строго вертикално, со услов да конструкцијата на градбата биде вертикална. Во спротивно може да се случи камената облога на места да налегне на зидот на конструкцијата, со што камената облога веќе не е проветрувана.

Има случаи, кога армирано-бетонската конструкција на носечките зидови на објектите пред облаѓањето мора да се клесат, бидејќи не е осигурена вертилноста. Кога на носечкиот зид на објектот не е осигурена вертикалноста камените плочи може да налегнат директно на топлинската изолација. Во тој случај позади камената плоча нема подпритисок, па дождовницата низ анкерите го кваси изолациониот слој и се исцедува низ тој слој и носечкиот зид. Бидејќи во тој дел на конструкцијата нема струење на воздухот со тоа го нема ни потребното сушење на топлинската изолација и носечкиот зид.

Проектантите и изведувачите секогаш не посветуваат доволно внимание на **димензиите на камените плочи.**

Камените плочи на градилиштето се доставуваат на палети кои имаат декларирани ознаки во однос на нормите. Производителите, пред пакувањето на плочите на палетите и нивниот транспорт, не ги контролоираат димензиите на плочите и нивното отстапување од димензиите на правиот агол. Таквите отстапувања се одразуваат на нерамнините на површините и на неуедначеноста на споевите и широчината на фугите. Заедно со проверката на отстапувањата од димензиите на правиот агол би требало да се изврши и контрола на дефектите, како и отстапувањата од договорените еталонски вредности.

Не се посветува секогаш доволно внимание на дебелината на камените плочи и на начинот на нивното вградување во подножните делови на објектите и околу прозорите на подрумските простории. Поради тоа се случува таквите плочи да бидат значително оштетени при складирањето на огрегот во подрумските простории.

На фугите и дилатациските простори обично не му се посветува доволно внимание, или тие се занемаруваат. Последица на таквата невнимателност можат да бидат значителни оштетувања на челните површини на зградите. Доколку се занемари оваа потреба од постоење на дилатациски простори и истите се исплонат во тој случај доаѓа до значително оштетување на ивиците на плочите или пак доаѓа до нивно пукање.

Помеѓу камените плочи на облогата секогаш не се иведуваат фуѓи со доволна широчина, со што се спречува нормалната работа на плочите под

влијанието на температурните промени. Ова во каменот предизвикува напрегање, што во крајна линија доведува до деформација на плочите и нивно кршење.

Под притисок на проектантите изведувачите често на подовите ставаат камени плочи со различни димензии со изведба без фуги. Таквата изведба е недозволена од аспект на физичката состојба на материјалот при температурните промени, наводенувањето и сушењето на плочите а секако дека не постои и простор преку кој може да се налее цементното млеко како би можело полесно плочите да се зацврстат. Со нормите е допуштено отстапување од $\pm 1 \text{ mm}$ за плочи со димензии од 40 cm. Овие отстапувања знаат да бидат многу поголеми. Поради тоа е неопходно да се остави фуга од околу 2 mm. Со тоа се осигурува подобро налегање на цементното млеко, не се воочува толку многу отстапувањето на плочите од пропишаните димензии од димензиите на правиот агол и притоа нема опасност од оштетувања на ивиците на плочите.

Дилатациите на хоризонталните и вертикалните камени работи треба да бидат така изведени да притоа осигураваат функционалност, трајност и естетески изглед.

Закачување на камените плочи е операција на која треба да и се посвети посебно внимание.

Сидрата, како носивни елементи на камените плочи, се изработуваат од некородирачки челик. Праксата, дека типот на сидрот треба да се избере само на основа на масата на камената плоча, треба дефинитивно да се напушти. Сидрот треба да се одбере на основа на рачунските показатели притоа земајќи го во предвид влијанието на ветерот на камената плоча како и цврстината на каменот на свивање и цврстината на каменот на кршење околу точката на закачување.

Во светот со **проектирање на камените облоги** се занимаваат специјализирани консалтинг куќи. Овие куќи го преземаат надзорот на изведувачките работи на објектот и во текот на работата ги решаваат сите настанати проблеми во однос на вградувањето на каменот материјал. Го контролираат квалитетот на доставениот материјал и го осигуруваат квалитетот на изведбата на работите.

Во нашата земја нема стручен надзор над изведбата на камените работи. Стручната надзорна служба вообичаено се изведува во рамките на градежниот надзор, но без доволно познавање на проблематиката. Градењето со камен е посебна специфика поради што е потребно посебно знаење од областите на петрологијата и техничката петрографија на архитектонско градежниот камен.

13.2. НЕГУВАЊЕ НА ВГРАДЕНИОТ КАМЕН

Темелното одржување и негата на вградениот камен претставува неговата површинска заштита од влијанието на широкиот спектар на надворешни чинители од природно и техногено потекло. Таквата заштита се

постигнува со поставување на хидрофобен или водоодбоен слој на површината на каменот кој го заштитува каменот првенствено од можната пенетрација на водата. Со тоа се постигнува и смалување на можноста од исполнување на меѓупорните простори со нечистотии и аеросоли. Применетото средство не смее да го промени изгледот на каменот. Порите во каменот не смеат потполно да се затворат, туку мора да се обезбеди дифузија на влагата.

Сигурно е дека, површините на вградениот камен се обработувале со посебни постапки, како би можело тие да постанат хидрофобни, уште од античкото време. Во античките рецептури како материјали со кој се обработувал каменот како би можел да биде водоодбоен се споменуваат високот и смолата. Во средниот век како средство за заштита на мермерните скулптури се споменува **цера кола**, веројатно мешавина на восок и смола. Исто така во средниот век се употребува и сместа од природен восок, колофониум и сандарак или смеса од колофониум, мед, восок и овчко масло.

Колофониумот е жолтеникава до кафеава смола која се добива како остаток при дестилацијата на терпентинот.

Сандарак е прозирна смола со остар мирис која се излачува од дрвото сандарак во облик на мали жолтеникави зрна со изглед на солзи, а се употребува и за лакирање и како мирис.

Во XVI век се споменува мешавина од сандарак, ореово масло и темјан а по желба и алауна и стипса. Во XVII како средство за заштита се споменува и варени саѓи во урина. Употребата на овој филтрат денеска го објаснува наоѓањето на оксалатите на површините на каменот во градбите од тоа време.

Денеска постојат бројни производи за заштита на каменот на база на силикон и акрилати, потоа воскови како и машини кои имаат опрема за механичко чистење, дозирање на хемиски средства и исперување со вода, како и уреди за вшмукување на целокупната маса која се појавува при перењето на каменот. Начините на употреба на споменатите производи се наоѓаат во упатствата на производителите. Пред употребата на таквите производи потребно е да се испита нивната киселост. Камените кои имаат карбонатен состав не би требало да се третираат со кисели препарати односно препарати кои имаат киселост помала од 7.

14. ЧИСТЕЊЕ НА КАМЕНОТ

Каменот кој е вграден во било кои деловни градби се чисти првенствено, иако не и единствено, поради естетските причини. Подните површини во градбите кои се обложени со камен се чистат редовно, па со тоа е помала веројатноста да на нив се насобере нечистотија како што е тоа случај на вертикалните површини, како во екстериерот така и во ентериерот.

Челните камени градби во урбаните средини редовно се онечистуваат и така на површината или пак во при површинските делови порниот простор е исполнет со разноврсни состојци. Исталожените ситни честички, посебно во деловите кои се заштитени од удирањето на дождовните капки, можат да створат наслаги дебели и до неколку сантиметри. Овие наслаги се со различен состав и во основа го остликуваат влијанието на поблиската и подалечната урбана околина. Ако се исталожат на порзоните варовници тогаш можат да се испреpletат со неправилните или слоевитите калцитски агрегати и притоа постануваат цврсти т.н. красти. Треба да се спомене дека ваквите творби ни во кој случај не можат да се поистоветат со терминот патина на каменот.

Патина, има двоврсно потекло и можеме да ја сметаме за примарна и секундарна.

Примарната патина настанува на површината на каменот со кристализација на растворените соли кои се присутни во влагата на каменот. Овие соли во процесот на сушење, заедно со влагата, мигрираат кон површината на каменот каде кристализираат. Доколку каменот е по порозен, или содржи поголема количина на влага, веројатноста е поголема дека ќе има поголемо растворање на солите а со тоа и поголема количина на патина. Логично е, дека густоот камен со мала порозност и мала количина на камена влага не може значајно да патинира.

Секундарната патина е карактеристика за високо порозните варовници кои имаат меѓусебно поврзани порни простори а со тоа имаат и полесна можност за дифузија на водата. Дождовницата која е богата со јаглен диоксид во таквите варовници го претвара калцитот во растворлив калциум хидрокарбонат, кој при сушењето мигрира кон површината каде поновно кристализира како калцит, формирајќи цврста кора. На тој начин високо порозните варовници со текот на времето или стареењето, на својата површина ги подобруваат механичките својства, формирајќи патина.

Спрема тоа двете опишани патинирања во основа добро влијаат врз животниот век на вградениот камен.

Теоретски гледано кога се случува процесот на патинирање, во чиста урбана средина, тогаш формираната корица ќе има бела до сива боја. Во урбаната средина која се одликува со поголеми загадувања патината во себе вградува и поголем број на честички кои имаат

различно потекло и состав, на пример честички на саѓи. Поради тоа ваквата патина има различни нијанси на сива, темно сива или пак црна боја.

По должината на челата кои се изложени на влијанието на дождовите нечистотиите делумно се испираат и притоа се формираат вертикални посветли ленти. Опишаниот процес и појава во многу го нарушуваат естетскиот изглед на челните површини на градбите и го деградираат вградениот камен. Со чистењето на челните површини би требало да се врати барем делумно правобитниот изглед на каменот.

Површините на камените облоги на ентериерот исто така можат да се онечистат. Тоа редовно се случува долж изворите на топлинското зрачење и онечистувањето во основа зависи од карактерот на горивото кое се користи во затворените простории на ентериерот.

Површините кои се обложени со камен можат да се чистат со :

- перење,
- механички постапки,
- хемиски постапки,
- посебни постапки

Перење е наједноставниот начин на чистење и постапка со најмал ризик на можно оштетување на камената облога и појава на непожелни последици. Камената облога може да се пере со млаз на вода, со прскање или со четкање. Се користи четка од бронза. Ни во кој случај четката не може да биде изработена од челична жица, не само поради нејзината грубост, туку и поради можноста од откинување на челичните влакна и нивно останување во порниот простор на каменот. Покаското влажнење на тие влакна ќе предизвика непожелна корозија и појава на кафеави дамки на лимонит на лицето на каменот.

За успешно се смета перењето кое се изведува со воден млаз во форма на водена магла а кое се постигнува со атомизирање на водата со посебни млазници. Притисокот на млазот на водата е до 110 КРа. Ваквиот млаз се означува како мал волумен и голем притисок. Обично перењето се изведува со ладна вода.

Ако при перењето се употребуваат детергенти тогаш се користи топла вода. Детергентите треба да се изберат на база на составот на каменот:

- каменот кој е карбонатен по својот состав се пере со неутрални детергенти,
- каменот кој има силикатен состав се пере со кисели детергенти.

Топлата вода без детергенти нема поголема ефикасност при перењето од ладната вода. Перењето со водена пареа е многу слично на перењето со топла вода, со таа разлика што сушењето е многу побрзо бидејќи водената пареа на каменот брзо се кондензира.

Со топла вода и сапун кој има неутрален карактер се чистат масните флеку. Со детергенти кои имаат неутрална рН вредност и со четкање се чистат флеките од дим и саѓи.

Треба да се спомене дека при перењето камената облога се изложува на големи удари на поголема количина на вода што може да доведе и до појава на некои неповолни појави:

- водата може во порниот простор да раствори уште некоја количина од евентуално заостаната растворлива сол која после сушењето ќе мигрира кон површината на камената облога,
- со невнимателна работа може да дојде до исперување на врзивниот материјал помеѓу плочите,
- ако камената облога остане подолго време влажна на површината можат да се развијат зелени или црвени алги.

Камената облога на екстериерите се пере само за време на топлите сезони, а никако во зима.

Перење со вода се препорачува за следните камени облоги:

- варовнички, вклучувајќи перење со сапуни кои имаат неутрална рН вредност или со сода,
- мермерни и,
- гранитски, за полираниот гранит се препорачува воден млаз под висок притисок и топла вода со сапуни кои имаат неутрална рН вредност.

Површините на каменот после чистењето со неутрални сапуни, детергенти или со сода, треба добро да се исперат со вода.

Механичките постапки на чистењето на каменот се различни од процесот на перењето. Засновани се на абразивното дејство на алатките или абразивното средство.

Наједноставните постапки се рачното суво стругање и четкање, во зависност од алатката која се користи. Стругањето и четкањето можат и машински да се изведуваат при што се користи ротирачки диск од карборундум или жичена четка. Карборундумот на дискот може да има различна гранулација а со тоа и стругањето може да биде грубо или пак да се полира. Оваа постапка успешно се применува на рамни површини.

Другиот начин на механичко чистење е пескарењето кое може да биде суво или мокро. Пескарењето се изведува под притисок на млазот од 3 до 14 kPa. Резултатите на пескарењето зависат од притисокот на воздухот во млазниците, големината и типот на млазниците, типот и гранулацијата на абразивното средство како и од насочувањето на млазот на абразивот.

Како абразиви се употребуваат: кварцен песок, како најевтин но истовремено и најопасен материјал (силикоза), карборундум, прашиност Al_2O_3 , бакарни и железни струготини, стакло, доломит, оливин, талк и здробени корички од јајца, ореви или лешници.

Кога пескарењето е мокро тогаш се избегнува големата количина на прашина.

Пескарењето успешно и брзо се изведува на челните рамни површини.

Пескарењето се препорачува за чистење на кварцни песочници и во комбинација со перење кај густите варовници. Не се препорачува за чистење на сложени профилации и пластика. За таквите делови на челата од градбите се користат посебни апаратури со мали и тесно насочени млазници.

Со механичката постапка се чисти каменот оној момент кога со методите на перење не се постигнат задоволителни резултати. Недостатокот а дури и штетноста на пескарењето се манифестира со одстранувањето на патината, површинската заштита на каменот. Не се препорачува пескарењето на облогите на челата кои се изведени од тенки камени плочи. Треба да се има предвид дека при едно пескарење со абразијата може да се одстрани приближно 2 mm од лицето на камената плоча.

Механичките постапки не би требало да се користат при чистењето на меките камења, слабо врзаните и порозните песочници како и порозните варовници.

Хемиски постапки на чистење на каменот се засновуваат на примената на киселите и базичните препарати.

Кварцните песочници и неполираните гранити се чистат со флуорводородна киселина, HF. Оваа киселина реагира со главната компонента на гранитите и кварцните песочници, кварцот, SiO₂. Притоа настанува SiF₄ кој од површината на каменот добро се исперува со вода. После овој процес на чистење површината на каменот е солидно освежена.

Ако каменот содржи железовити компоненти, тогаш на површината можат да се појават кафеави дамки. Тие можат да се редуцираат, но не и да се елиминираат, со додавање на фосфорна киселина на флуорводородната киселина.

При работата со флуорводородната киселина потребни се мерки на внимателност и сигурност.

Гранитот може да се чисти и со амониум бифлуорид (2 до 10% раствор), исто така применувајќи посебни мерки на сигурност.

Варовниците и мермерите можат да се чистат и со каустична сода (натриум хидроксид), во оној случај кога другите методи не даваат задоволителни резултати.

Каменот со силикатен состав може да се чисти и со разредена солна киселина.

Methyl cycloxyloleat со pH (10.5-11.5) кој се растопува во вода и притоа не се пени, многу успешно ги чисти флеките и пенетрира во порниот простор на каменот. Се употребува за чистење на флеку од масло, уље, катран и смола на варовниците, мермерите и камените со силикатен состав.

Флеките од кафе се чистат со емулзија од 1 дел на глицерин и 4 дела на вода.

Флеките од уље можат да се чистат со сунѓер натопен во бел спирит или methyl shloroform.

Флеките од асфалт, битумен и катран се чистат со бензин или бензол.

Флеките од дрво (танини) се чистат со перење и четкање со раствор на оксална киселина во вода, со концентрација 1:40.

На каменот на фонтаните преку кои се слева тврда вода се таложи бела корица од калциум карбонат. Каменот на фонтаната со тоа го губи својот изглед, сјај и декоративност. Таквата кора треба повремено да се исчисти. Таа не се чисти со механички постапки туку со оцетна киселина во која е растворлива. Чистењето е едноставно кога коричката се наоѓа на камен кој има силикатен состав на кој оцетната киселина не делува. Посебна внимателност е потребна кога калцитната коричка треба да се исчисти од каменот кој има карбонатен состав кој исто така е растворлив во оцетна киселина. Во тој случај постои опасност од оштетување на камената облога на фонтаната. Оваа опасност од оштетување се намалува со внимателно чистење и со разблажување на оцетната киселина.

Со слична постапка, со употреба на посебни кисели препарати, се одстрануваат и коричките од цемент и вар кои се наоѓаат на камената облога а кои се резултат на невнимателната работа на изведувачите при вградувањето на каменот. Концентрацијата на киселиот препарат во водата се прилагодува на составот на каменот.

Кај сите наведени начини на чистење после употребата на хемиските реагенси, потребно е каменот добро да се испере со вода.

Посебни методи на чистење се методата на ултразвук, ласерите и облогите.

Чистењето со ултразвук се применува околу 30 години и тоа главно во работилниците и лабораториите. Алатот за чистење има ултразвучна вибрирачка глава низ која поминува млаз на вода. Вибрациите предизвикуваат кавитација, па површината на каменот се чисти со вода која е кавитирана, полна е со воздушни меурчиња.

Истражувањата кои се однесуваат на чистењето на каменот со ласер, се спроведуваат во последните 20 години.

За чистењето на флеку можат да се приготват и посебни облоги.

Многу извалканите варовници и мермери се чистат со облоги кои се припремаат од атапулгит или сепиолит. Облогата се припрема така што атапулгитот или сепиолитот помалку се додава во вода (никако обратно), додека не постане паста. Со така приготвената паста се покриваат извалканите варовници или мермери. После неколку недели облогата се симнува. Во некои случаи, во зависност од карактерот на нечистотиите кои се присутни на каменот, облогата може да делува и после неколку дена.

Атапулгитот и сепиолитот припаѓаат во минералите на глина во групата на палигорскитот и тие претставуваат многу јаки апсорбенти.

Облогите за чистење на флеките од дим и саѓи се состојат од пасти кои се припремени со натриум трифосфати и хлорна вар, или паста припремена од метил хлороформ. Облогите кои се припремени со хлорна вар (прашок за избледување) не се употребуваат за чистење на камен кој е обоен со нестабилни пигменти.

Флеките од дим се чистат со облога припремена од етилен диамин-тетра-ацетилна киселина со атапулгит.

Мермерите и варовниците кои се извалкани со флеку од бакарните споеви се чистат со облога која се состои од посебно припремена паста на атапулгит. На растворот кој се состои од 70 грама амониум хлорид, 570 грама концентриран амонијак дополнето до 1 литар вода се додава 37 грама етилен диамин-тетра-ацетилна киселина и помалку прашинест атапулгит се додека не постане паста. Извалканиот дел на каменот, после доброто перење со вода, се намачкува со приготвената паста и се остава таа да се исуши. Исушената паста се симнува со дрвена лопатка и каменот добро се исперува со вода. Оваа постапка се повторува неколку пати.

Кафеавите флеку на варовниците и мермерите кои се настанати како резултатот на корозијата на железото исто така се чистат со посебно приготвени облоги.

Едниот начин на припрема на облогите е: 7 делови на глицерин и 1 дел на натриум цитрат се помешаат со шест делови на топла вода и се додава атапулгит се додека не настане паста. Вака приготвената паста се става на флеката и се остава да се исуши, после што се симнува со дрвена лопатка. Постапката се повторува неколку пати. Другиот начин на приготвување на облогата е : паста од натриум хидросулфит и атапулгит се става на флеката која претходно е натопена со раствор од 1 дел на натриум цитрат во 6 делови на вода. Пастата од каменот се симнува после нејзиното исушување а каменот добро се исперува со вода.

Флеките од мастило се чистат со приготвени облоги: жешка смеса од натриум перборат со креда и суспензија од креда во амонијак.

На флеките од уље на мермерот се ставаат облоги припремени од 1 дел ацетон и 1 дел амил ацетат со атапулгит.

Облогата за чистење на флеку од масти и уља се припрема од 1 дел на натриум трифосфат и 1 дел на натриум перборат со 3 дела на талк.

Флеките од изметот на гулабите се чистат со облога која е припремена од метил хлороформ или метилен хлорид со атапулгит.

Гумите за жвакање, кои се изгазени и прилепени на каменот се покриваат со сув мраз, се смрзнуваат и се отргнуваат од каменот.

Посебен проблем на чистење претставуваат графитите. Редовно се пишуваат и цртат со прскање поради што пигментот навлегува во порниот простор на каменот, интергрануларно, по должината на ситните пукнатинки или пак во пукнатините на цепливоста на минералите ако каменот е обработуван со ударна техника. Ако графитите не можат да се исчистат со раствор од натриум трифосфат во вода (концентрација 1:5) тогаш треба да се проба со облога која е припремана со натриум хидроксид и атапулгит.

Денеска хемиската индустрија произведува многубројни декларираны средства кои се употребуваат за чистење на каменот кои на пазарот можат да се најдат под различни комерцијални имиња. Ефикасноста на овие препрати е различна.

15. ИСТРАЖУВАЊЕ НА НАОЃАЛИШТАТА НА КАМЕН

Има многу малку наоѓалишта на минерални суровини, па така и наоѓалишта на архитектонско-градежен камен кои се однапред толку многу познати за да може да се пристапи кон нивно отварање и откопување без претходно да се спроведат истражувачки активности. Можноста за искористување на некое наоѓалиште на архитектонско-градежен камен зависи од: квалитетот (вклучувајќи ја и декоративноста) и количините на архитектонско-градежниот камен, геолошко-тектонските услови, географската положба, техничко-економските услови, како и општите општествени и еколошки моменти.

Квалитетот на архитектонско-градежениот камен мора да биде таков, така што неговата примена мора да доведе до економски исплатлива инвестиција. При определувањето на квалитетот треба да се има во предвид дека квалитетот на карпестата маса не мора да биде насекаде ист. Количината на квалитетниот материјал во наоѓалиштето мора да биде толкава и да биде концентрирана на подрачје со чија експлоатација можат да се обезбедат позитивни економски резултати. Спрема тоа, при истражувањето на некое наоѓалиште потребно е покрај квалитетот на каменот да се утврди и дебелината и положбата, обликот и протегањето на експлоатабилната карпеста маса. Истражувањето во таа смисла мора да се води во насока да со што помали финансиски средства се добијат што пореални податоци. На работите кои се предвидени при истражувањето на архитектонско-градежниот камен не треба премногу да се штеди ниту временски ниту материјално. Мора да се спомене дека потрошените финансиски средства за истражување се далеку помали од последиците кои што можат да настанат со неправилното отварање и покасната работа во многу тешки услови, а сето тоа поради недоволниот обем на истражување и нејасните иноформации кои се однесуваат на самото наоѓалиште.

Геолошко-тектонските услови можат да имаат поголемо или пак помало влијание на рентабилноста при отворањето на наоѓалиштето или пак во некои случаи дури и да го оневозможат самото отворање. Кај активните каменоломи, зголемувањето на тектонската испуканост на карпите може многу негативно да влијае на економската рентабилност на самиот коп. Затоа е потребно многу добро да се познаваат составот и карактерот на кровинските делови од наоѓалиштето, самиот експлоатационен дел на наоѓалиштето како и подинските делови на карпестите маси. Исто така е многу важно да се познаваат хидрографските услови, тектониката и структурниот склоп на наоѓалиштето. Паралелно со утврдувањето на квалитетот и количината на каменот по правило паралелно се утврдува и обликот и положбата на експлоатационите резерви. Тоа се основните податоци на база на кои може да се донесе принципиелна одлука, дали тоа наоѓалиште е економска категорија, дали може на него да се отвори

коп и колкав ќе биде неговиот век на експлоатација. Меѓутоа пред да се донесе одлука за отворање треба да се има во предвид дека треба да се разгледаат уште многу други елементи кои можат да влијаат на самото рентабилно работење на објектот.

Местото каде ќе се отвори копот не може да се одбере по нашата желба, како што е тоа случај со изградбата на поголем број на постројки кај останатите гранки на стопанството. Местото на копот е секогаш поврзано со наоѓалиштето. Поради тоа и можноста за отворање на некој коп, односно неговата економски успешна работа, зависи и од географските прилики, односно климатските прилики на дадениот крај како и инфраструктурното поврзување на самиот објект.

Карактерот на наоѓалиштето во секој случај има големо влијание во техничко-економска смисла. На денешниот степен на развојот на техниката и технологијата скоро секое наоѓалиште може површински или подземно да се отвори и разработи. Маѓутоа веднаш се поставува прашањето дали таквата инвестиција дедениот каменолом може да ја поднесе и дали работата под такви услови ќе биде економски исплатлива. Потребно е да се утврди кога инвестиционите трошкови ќе се амортизираат и како тие ќе влијаат на производните трошкови. Во еден случај одлучувачки трошкови можат да бидат инвестициите, а во друг производните трошкови. Оваа во многу зависи од планираниот век на експлоатација како и од годишното производство.

Општите општествени и еколошки услови на подрачјето на кое се наоѓа наоѓалиштето исто така влијаат на можноста на отворањето и успешната работа на каменоломот. Регионалната (локалната) политика на развојот на дадениот крај, елементите на просторното планирање како и еколошките одлики, сопственоста и цената на земјиштето, можноста за снабдување со вода и со енергија, постојната инфраструктура, положбата на можните консументи и сл, се моменти кои треба да се имаат во предвид при отворањето на каменеоломот.

Сите овие моменти се важни да се спознаат и да се квантифицираат, односно да се изразат во бројки на коштање уште во фазата на самото истражување на наоѓалиштето бидејќи се многу важни пори донесувањето на одлуката за отворање на каменоломот.

Рударски ризици

Во склопот на истражувањето на каменот треба да се рачуна и на моментот на појава на помали или поголеми ризици. На основа на уловите кои владеат во наоѓалиштето треба да се смета и на можноста на пример на појава на зголемени притисоци, појава на поголеми тектонски дисконтинуитети, појава на поголема количина на пукнатински системи, појава на поголема количина на вода и т.н.

Под поимот на ризик се обфатени сите оние моменти кои можат да се случат, а чие појавување не може толку детално да се предвиди. Можност на појава на овие моменти мора да се земе во предвид и тоа во границите од постоење на веројатност до можност на појава. Поради

појавата на овие моменти е неопходно многу детално да истражи наоѓалиштето на камен, односно што е можно повеќе да се доближеме да вистината за карактерот на даденото наоѓалиште.

Фази во истражувањето на наоѓалиштата на камен

Пронаоѓањето и истражувањето на наоѓалиштата на архитектонско-градежен камен се состои од следните фази: прогнозирање, проспекција и истражување.

Прогнозирање

Во оваа фаза на истражување се издвојуваат и се оценуваат перспективните (потенцијалните) локации на кои можат да се најдат наоѓалишта на архитектонско-градежен камен. На база на резултатите од фазата на прогнозирање се одбираат терените кои во рударско-геолошко-технички и економски поглед се најповолни за спроведување на наредните фази на истражување. Во Република Македонија просторниот распоред на геолошките формации е релативно добро познат на основа на деталните геолошки карти и тие представуваат доволно добра основа на база на која може да се спроведе фазата на прогнозирање и да се утврдат локациите кои се перспективни за понатамошни истражувања.

Проспекција

Проспекцијата или прегледот на теренот се изведува со цел да се одредат и одберат појавите или деловите на карпестите маси на кои може да се спроведе фазата на истражување. Спрема тоа, проспекцијата представува збир од геолошки активности на база на кои треба да се востанови дали на дадениот терен на основа на геолошките формации, тектониката, површинскиот изглед на карпите има можност за постоење на наоѓалиште на квалитетен камен и во која насока би требало да се изведуваат истражувањата. Овие работи во основа ги изведуваат геолозите и така наречените проспектори. При секоја проспекција геолозите и проспекторите се користат со искуствата кои постојата при определувањето на карактеристичните надворешни појави на карпите а кои во основа укажуваат на можноста од постоење на наоѓалиште на квалитетен камен, како што се на пример, морфолошките облици на теренот, површинските процеси на трошење на карпите и т.н.

На теренот многу често можат да се забележат уште на прв поглед изразените разлики во обликот на површните, бидејќи геоморфологијата на дадениот терен е одраз на неговата структурна градба. Ако на пример, појавата на бројни вртачи е основна одлика на геоморфологијата на теренот тогаш тој терен е тектонски доста силно обработен (оштетен), бидејќи појавата на вртачите е последица на интензивното трошење на таквите издробени зони. Тоа во секој случај не значи дека на таквиот терен нема квалитетен архитектонско-

градежен камен, бидејќи помеѓу зоните на интензивна тектоника во секој случај можеме да имаме појава на зони кои се тектонски сочувани и во кои може да се планира експлоатација а при тоа соседните зони во кои има вртачи можат да послужат како делови за одлагање на јаловината.

Понатаму, треба да се спомене дека под влијание на атмосфер-рилиите површините на теренот можат да бидат карстифицирани, така што горните површини на слоевите задобиваат различни облици во зависност од степенот на карстификацијата. Деталното познавање на механизмите на постанокот на површинските промени на карпите е во основа клучот за многу добро изведување на фазата ана проспекцијата. Затоа оваа фаза треба да ја изведуваат многу стручно обучени лица (геолози, проспектори) кои можат безусловно да ги раздвојат сите генетски феномени кои се значајни за појавата на површинските манифестации а кои се поврзани со длабинската тектоника, односно структурен склоп.

Донесување на заклучоци кои се однесуваат на примерна големината и количината на блокови во наоѓалиштето само на основа на проспекциските индикатори во основа е неоправдано и не е пожелно да се работи. Воочените мазни површини на горните површини на слоевитоста, потоа тектонската оштетеност на површинските изда-ноци, појавата на пукнатини кои просторно ограничуваат површини кои имаат значителни димензии дури и тие да се воочени на каменоломи кои се наоѓаат во непосредна близина на теренот кој се истражува, не мора да бидат некоја голема гаранција за величината на блоковите кои ќе се добијат во идната фаза на експлоатација. Искуствата кои се добиени со експлоатацијата во нашите каменоломи ја сугерираат можноста дека заклучоците кои се донесуваат за величината на блоковите само на база на видливите површински дисконтинуитети не се доволни и не се еднозначно одредени и затоа се потребни и длабински согледувања кои се обезбедуваат во фазата на истражувањето.

Проспекцијата се состои од две фази и тоа: фаза на рекогносцирање и фаза на детална проспекција.

Во фазата на рекогносцирање се пронаоѓаат и се регистрираат појавите на архитектонско-градежен камен. Се утврдува положбата на карпестиот масив, евентуалната серија на слоеви кои можат да бидат значајни за фазата на истражување, потоа општите геолошки услови на нивното залегнување а исто така се издвојуваат и оние делови на теренот кои се инетерсни од аспект на површинска експлоатација.

Во фазата на деталната проспекција подетално се оценуваат и проучуваат откриените појави и деловите на карпестите маси на кои ќе се продолжи со истражување. Со користење на природните изданоци во оваа фаза можат да се изведат и многу едноставни рударски истражувачки работи со кои ќе се добие општа слика за условите на залегнувањето на карпестите маси, потоа ориентациони карактеристики кои се однесуваат на квалитетот на каменот, постајаноста на неговите својства, како и ориентационите количини на камен. Проспекциските активности се изведуваат по профили или по мрежа,

што зависи од конкретните геолошки услови на теренот а по длабина овие активности се изведуваат до појава на здрава, нераспадната карпеста маса. Во текот на проспекцијата се прави напор да се добијат основни податоци кои се однесуваат на: генетскиот и економскиот тип на наоѓалиштето на архитетосно-градежен камен; условите на залегнување на карпестите маси; составот и градбата на карпестата маса; степенот на оштетеност и испуканост; физичко-механичките карактеристики на каменот; степенот на декоративност; рударско-техничките услови за одкопување.

Истражување

Основната цел на фазата на истражување е откривање на економски интересни наоѓалишта на архитетонско-градежен камен и добивање на податоци кои се неопходни за проектирање и изведување на експлоатационите работи. Во оваа фаза постојат три стадиуми и тоа: претходни истражувања; детални истражувања и експлоатациони истражувања.

Претходните истражувања се спроведуваат на деловите од теренот кои се позитивно оценети во фазата на деталната проспекција. Резултатите од овие истражувања треба да бидат приближни, а во истовреме и доволно веродостојни во поглед на проценката на перспективноста на даденото наоѓалиште во поглед на експлоатација. Со овие истражувања во основа се одредуваат C_1 или делумно B категорија на резерви.

Со овие истражувања се обфатени површинските делови на наоѓалиштето, одредувањето на неговата моќност, специфичностите на градбата и составот, се издвојуваат литолошките типови на карпи, се утврдува основниот ситем на пукнатини и прслини, длабочината на раздробената и растрошена зона, се определува можниот степен на искорстеност на карпестата маса, се утврдува квалитетот на каменот и се проучуваат хидрогеолошките карактеристики на наоѓалиштето.

За време на стадиумот на претходните истражувања потребно е да се спроведува сукцесивно инструментално литолошко картирање во мерка 1:10 000 или 1:5000 а ако може и во мерка 1:1000. Мерката во основа зависи од површината на наоѓалиштето, релефните карактеристики и сложеноста на геолошката градба.

После изучувањето на површинските делови на наоѓалиштето, утврдувањето на елементите на залегнување како и контурите на карпестите маси, се истражуваат подлабоките делови на наоѓалиштето со методата на истражно дупчење. Густината и распоредот на мрежата на истражувачките работи, како и нивниот карактер и длабина зависат од геолошките одлики на наоѓалиштето. Одлучувачко влијание притоа имаат обликот и димензиите на наоѓалиштето, постојаноста во моќноста како и квалитетот на каменот. Во случаи кога димензиите на наоѓалиштето се поголеми и квалитативните показатели на каменот се постојани, мрежата на истражни работи може да биде многу поретка, но во рамките на законски утврдените критериуми.

Посложените услови на залегнување на наоѓалиштето, големите разлики во облиците, димензиите и градбата на карпестата маса, големата променливост во квалитативните карактеристики на каменот, бараат многу поголема стручност при истражувањето и голема инвентивност на геолозите во изборот на врстите на истражните работи, нивната густина како и распоредот на мрежата на истражни работи.

Примероците од камен од истражувачките работи како и јадрата од истражните дупнатини морат да бидат такви за да може на основа на нив да се добијат веродостојни физичко-механички карактеристики на сите литолошки типови кои постојат во наоѓалиштето. При овие истражувања исто така се одредува и декоративноста на каменот неговата променливост по длабина.

Степенот на искористливост на карпестата маса мора да се определи ориентационо на база на проучувањето на структурниот склоп, состојбата на јадрата од истражните дупнатини, како и на основа на аналогича со евентуално постојните соседни каменоломи.

Во текот на овие истражувања се одредуваат податоците кои биле ориентационо одредени во фазата на деталната проспекција на пример: дебелината на откривката во услови на површинско одкопување, приближната количина на комерцијални блокови, рударските и комуникациските услови.

Деталните истражувања се спроведуваат на наоѓалишта кои се позитивно оценети во стадиумот на претходните истражувања. Со овие истражувања се обезбедуваат резерви од А и В категорија. Исто како и претходните и деталните истражувања се спроведуваат постепено; во почетокот до резерви до В категорија а потоа до резерви од А категорија. Детално треба да се истражи оној дел од наоѓалиштето кој најпрво ќе се откопува. Sprema тоа, површината со утврдените резерви од А категорија треба да има таква положба на теренот кој што овозможува отварање на каменоломот.

Основната разлика помеѓу претходните и деталните истражувања е во тоа што претходните истражувања овозможуваат да се изведе генерална оценка на наоѓалиштето во целина, а деталните истражувања овозможуваат изведување на диференцијална оценка на одредени делови од наоѓалиштето. При фазата на утврдување на густината на истражните работи треба да се има во предвид законската регулатива но истовремено треба да се имаат во предвид и геолошките карактеристики како што се податоците за постојаноста на дебелината, условите на залегнување и квалитативните карактеристики на каменот. Премногу густата мрежа на истражни работи доведува до непотребно трошење на средства, а премногу ретката мрежа на истражни работи не обезбедува доволно квалитетни информации кои се однесуваат на специфичната градба на наоѓалиштето или промените во квалитетот на каменот, елементи кои можат многу да влијаат на иднината на каменоломот.

Пробна експлоатација

Во рамките на деталните истражувања пожелно е да се вклопи и пробната експлоатација, со која најдобро може да се утврди коефициентот на искористувањето на наоѓалиштето, технолошките параметри на преработката на блоковите како и процентот на добивање на плочи од единица на волумен на даден блок. Покрај определувањето на процентот на добивање на блокови со стандардни димензии, потребно е да се одреди и процентот на добиените блокови чии димензии отстапуваат од стандардните, како и процентот на отпадниот материјал. Гоемината на пробната експлоатација зависи од градбата на наоѓалиштето.

Во стадиумот на деталните истражувања минималната количина на извадени блокови треба да изнесува околу 100 m^3 . При сложена геолошка градба на наоѓалиштето и присуства на различни карактеристики на архитектонско-градежниот камен потребната количина на блокови која треба да се извади во фазата на пробната експлоатација треба да изнесува од 200 до 300 m^3 .

Освен определувањето на степенот на добивањето на блокови од целокупната карпеста маса, при пробната експлоатација потребно е да се определи и степенот на искористување при обработката. За таа цел е потребно да дел од извадените блокови бидат исечени во плочи со различна дебелина како би можело да се утврди степенот на искористување. За таа цел се одбираат типични блокови во количина од околу 10 m^3 , при што освен утврдувањето на процентот на добивање на сурови плочи, се одредува и: способноста на сечење, стружење и полирање на каменот, потоа процентот на искористувањето на суровите плочи, односно количината на готовите производи, односно загубите настанати при кроењето на плочите, кантирањето како и полирањето.

Многу важен показател кој треба да се одреди при одредувањето на искористувањето на блоковите, е доносот помеѓу стварниот и теоретскиот процент на добивањето на плочи во m^2 од 1 m^3 блок, при што се зема во предвид дебелината на плочите како и загубите поради широчината на резот.

Земајќи го во обзир податокот дека при експлоатацијата на каменот се добива голема количина на јаловински материјал секако дека е многу важно и прашањето за целосно искористување на материјалот, односно можноста за искористување на јаловинскиот материјал како технички камен или како суровина за други намени.

16. ВРЕДНОСНА ОЦЕНКА НА НАОЃАЛИШТАТА НА АРХИТЕКТОНСКО-ГРАДЕЖЕН КАМЕН

Вредносната оценка на наоѓалиштата на архитектоско-градежен камен е многу важно прашање како и вредносната оценка на било кое друго наоѓалиште на минерални суровини. Оваа оценка во основа се изведува на база на рударско-геолошките и техничко-технолошките (употребливи и преработувачки) критериуми. Бидејќи употребливоста на архитектонско-градежниот камен зависи и од неговата декоративност тогаш при вредносната оценка се зема во предвид и овој критериум. На пазарот, на вредноста на финалниот производ од камен покрај трошковите на експлоатација и финална преработка влијаат и елементите на декоративноста на каменот. Каменот кој по својот изглед може да се дефинира како “ексклузивен” може да постигне далеку поголема цена одколку цената која што би ја постигнал доколку не би имал елементи на ексклузивност.

Рударско-геолошки критериуми

Рударско-геолошките критериуми даваат податоци за: големината на наоѓалиштето; блоковитоста на карпестата маса; уедначеноста на камената маса во наоѓалиштето; коефициентот на искористување на карпестата маса.

Големина на наоѓалиштето

Големината на наоѓалиштето; односно количината на експлоатационите резерви мора да ги оправдат вложувањата на средствата за неговото истражување, отворање, разработка и експлоатација. Векот на експлоатација на наоѓалиштето, односно снабдувањето на пазарот со камен од тоа наоѓалиште мора да биде толку големо за да може да ги оправда вложувањата. Животниот век на каменоломот зависи од количината на минералната суровина во наоѓалиштето и од годишниот капацитет на каменоломот. Sprema тоа, при вредносната оценка на наоѓалиштето во зависност од неговата големина, треба да се зема во предвид не само неговата големина туку и можностите за развој на наоѓалиштето кои дозволуваат доволно големо производство.

Имајќи ја во предвид зафатнината (количината) на експлоатационата карпеста маса, како и можноста за организирање на одредено производство, наоѓалиштата на архитектоско-градежен камен грубо можат да се поделат на три групи и тоа: големи, средни и мали.

1. Големи наоѓалишта се оние кај кои експлоатационите резерви се проценуваат на повеќе од 1.000.000 м³, со можност за организирање на производство од преку 10.000 м³/год. Такви наоѓалишта во Република Македонија се: Сивец, Бела Пола, Беловодица, Мелница, Вепрчани, Крушевица, Кокре, Мраморани и др.

2. Средни наоѓалишта се оние кај кои експлоатационите резерви се проценуваат на повеќе од 300 000 м³, а годишниот капацитет е преку 3000 м³ комерцијални блокови. Во оваа група можат да се сврстат наоѓалиштата: Сурун, Самарница, ониксите во Мариово, травертините во Скопско, Кумановско и др.

3. Мали наоѓалишта се оние кај кои експлоатационите резерви не поминуваат количина од 300 000 м³ како и непостоење на можност за организирање на поголемо производство до 3000 м³ годишно комерцијални блокови. Вакви наоѓалишта се: травертините во Велме, Кучково, сиенитите во Ресенско, мермерите во Кавадаречко и др.

Компактност на карпестата маса

Многу битен квалитативен показател кој е составен дел на рударско-геолошките критериуми е компактната на карпестата маса во наоѓалиштето, односно можноста за добивање на камени блокови со одредени димензии. Овој показател произлегува токму од специфичноста во производството на архитектонско-градежниот камен а таа е дека од карпестата маса мора да се добива правилно обликуван блок, кој притоа мора да има и одреден квалитет. Поради тоа овој показател е многу значаен за современата технологија на индустриската преработка на камените блокови во плочи и елементи за монументална и меморијална архитектура.

Можноста за добивање на блокови зависи од склопот на карпестата маса како генетска карактеристика и од тектонскиот склоп како постегентско обележје. Треба да се спомене дека на база на склопот на карпата како генетски критериум многу лесно може да се дефинираат елементите за експлоатација на каменот додека дефинирањето на просторната положба на секундарните планарни дисконтинуитети е доста сложена работа. Понекогаш тектонската оштетеност на карпестата маса може да биде толку голема така што од карпестата маса не можат да се добиваат големи блокови а во некои случаи не можат да се добиваат и мали блокови.

На свертскиот пазар на архитектонско-градежен камен е усвоен поимот комерцијални блокови. Тоа се камени блокови кои имаат одредени признати елементи кои се битни за финализацијата па како такви тие блокови можат да се пласираат на пазарот. Под тие вредности се подразбираат квалитетот и големината на блокот. Под квалитет не се подразбираат само физичко-механичките карактеристики, туку и компактната на блокот, која подразбира што помалку видливи и невидливи дисконтинуитети во блокот. Големината на блокот сама за себе не значи многу бидејќи таа е поврзана со квалитетот, кој се однесува на неговата компактност и физичко-механички својства. За дефинирањето на големината на блокот првенствено е битна неговата должина, а потоа и широчина и височина. Широчината и височината на блокот е битна кај некои врсти на камен кои имаат специфичен склоп, кој бара сечење на блокот долж одредени правци. Широчината и височината на блокот имаат важност и при изработката на некои елементи во меморијалната архитектура и

вајарството. Пожелно е да помеѓу димензиите на комерцијалните блокови, должината (d), широчината (s), и висината (v) има однос, $d:s:v=1:1/2:1/2$ до $1:1/2:1/3$.

На основа на пазарните критериуми блоковите и плочите од камен, мермер и гранит се разврстуваат во следните категории:

I.	должина преку	3.00 м
II.	должина од	2.50 м до 2.99 м
III.	должина од	2.0 м до 2.49 м
IV.	должина од	1.50 м до 1.99 м
V.	должина од	1.0 м до 1.49 м
VI.	должина испод	0.99 м

На основа на критериумот на компактност на карпестата маса, односно можноста за добивање на блокови, наоѓалиштата најчесто се класифицираат во четири групи:

A. Наоѓалишта со многу големи можности. Тоа се наоѓалишта од кои можат да се експлоатираат блокови со исклучително големи димензии и кои можат да се сечат по желба. Такви се наоѓалиштата Крушевица и Кокре.

B. Наоѓалишта со големи можности. Во овие наоѓалишта многу тешко можат да се експлоатираат блокови кои имаат исклучителни димензии, но затоа во многу големи количини можат да се вадат блокови од високи комерцијални категории. Такви се на пример наоѓалиштата: Сивец, Бела Пола, Беловодица, и др.

V. Наоѓалишта со ограничени можности. Од овие наоѓалишта не можат да се вадат големи количини на блокови од високи комерцијални категории, туку само пониски категории до 2 м должина. Во оваа категорија спаѓаат најголемиот дел од нашите наоѓалишта на архитектонско-градежен камен.

G. Наоѓалишта на томболони. Томболоните представуваат целовити или квазицеловити блкови со неправилни облици и блокови со правилни облици а мали димензии, најчесто под 1 м³. Наоѓалиштата на томболони се значи наоѓалишта од кои се вадат блокови со неправилни облици, кои се изделни долж природните планарни дисконтинуитети. Од тие неправилни блокови можат ограничено да се обработат и правилни блокови од најниски категории. Томболоните се појавуваат и како нуспроиводи во наоѓалиштата во кои се добиваат поголеми комерцијални блокови но притоа обично понатамошната обработка на овие томболони е неисплатлива со исклучок кога каменот има исклучителна декоративна вредност.

Треба да се спомене дека оваа класификација не се однесува на каменот, кој поради реткоста или посебната декоративност има голема вредност, како што се на пример ониксите или мемерите со ретки шари и бои. Во такви случаи каменот обично комерцијално се разврстува по масата а не по должината, односно волуменот.

Хомогеност на камената маса во наоѓалиштето

Овој критериум нема пресудно значење за оценката на карпестата маса во наоѓалиштето, но најчесто влијае на трошковите на експлоатација, а со тоа и на вредноста на каменот. Нехомогеноста на камената маса во наоѓалиштето може да се огледа преку нехомогеноста во изгледот и преку нехомогеноста во квалитетот на каменот.

Карпестата маса во наоѓалиштето може да биде, хомогена на основа на општиот изглед, а може да биде и помалку или повеќе нехомогена. Тоа значи дека при експлоатацијата или преработката треба/не треба да се издвојуваат делови од каменот кои битно се разликуваат помеѓу себе. Во наоѓалиштата на бел мермер обично не се врши издвојување на каменот по својата хомогеност додека во наоѓалиштата во кои материјалите не се хомогени обично се врши раздвојување на каменот по значајните карактеристики на пазарот.

На основа на хомогеноста на камената маса во наоѓалиштето, се издвојуваат три групи на наоѓалишта:

1. Наоѓалишта во кој камената маса има хомоген изглед, во овие наоѓалишта обично не се издвојуваат било какви елементи на основа на кои се разврстува камената маса по категории,

2. Наоѓалишта со умерена хомогеност, во овие наоѓалишта обично не се издвојуваат некои посебни типови на камен но сепак се присутни некои умерени разлики во изгледот кои можат да се толерираат.

3. Нехомогени наоѓалишта, во овие наоѓалишта мора да се издвојуваат посебни типови на каменот, бидејќи постојат особени разлики во општиот изглед на каменот.

Штедрост на карпестата маса

Овој критериум е показател на вредноста и економичноста на наоѓалиштето, па поради тоа има посебна важност како за време на истражувачките активности така и за време на експлоатацијата на наоѓалиштето. Тој ја одразува количината на комерцијалните блокови во карпестата маса, односно го дефинира коефициентот на искористување на минералната суровина. Овој коефициент многу тешко може да се одреди за време на истражувачките активности. Тој обично се одредува за време на експлоатацијата на наоѓалиштето. При површинската експлоатација искористувањето на карпестата маса може да се набљудува од два аспекта и тоа како бруто маса и како нето маса после одбивањето на раскривката. Важна улога, од која зависи експлоатацијата на наоѓалиштето со површински коп, има количината на раскривката.

Количината на јаловинската маса која мора да се извади за да може да се откопа единица количина на корисна минерална суровина се нарекува коефициент на раскривка. Спрема тоа коефициентот на раскривка е односот помеѓу волуменот (во m^3) на јаловинската маса (V_0) која го покрива делот на карпестата маса кој е предвиден за

експлоатација и волуменот (во m^3) на дадениот експлоатабилен дел на карпестата маса (V_g). Коефициентот на откривка е даден со формулата:

$$K_0 = V_0 / V_g$$

Искористувањето на корисната минерална суровина се изразува преку коефициентот на искористување. Коефициентот на искористување представува односот од зафатнината на сите комерцијални блокови (V_e) кои се извадени од експлоатабилниот дел на карпестата маса и зафатнината на експлоатабилната маса (V_g).

$$K_i = V_e / V_g$$

Разликата од вкупните и искористените количини на експлоатабилната карпеста маса во наоѓалиштето се загуби на масата, односно тоа е коефициентот на загуби.

$$K_g = 1 - K_i$$

Вкупната штедрост на наоѓалиштето, односно вкупниот коефициент на штедрост на карпестата маса е односот на зафатнината на комерцијалните блокови (експлоатациони резерви) и зафатнината на вкупната карпеста маса (V_u) во наоѓалиштето (експлоатабилниот дел + раскривката).

$$K_u = V_e / V_u = V_e / (V_0 + V_g)$$

За да можеме да добиеме поконкретна слика за наведените параметри ќе прикажеме еден конкретен пример: При истражувањето на едно наоѓалиште се утврдени вкупни резерви на карпеста маса (геолошки резерви) од 1.254.000 m^3 . Одобрените експлоатабилни резерви се во количина од 291.000 m^3 , а количината на откривка е 172.000 m^3 .

Коефициентот на откривка во овој случај изнесува:

$$K_0 = V_0 / V_g = 172.000 / 1.254.000 = 0.137$$

Откривката во овој каменолом представува површински испукан слој на мермер со дебелина од 1 до 2 м, па поради тоа е добиен и релативно поволен однос на откривката во однос на вкупната количина на карпеста маса која ќе се зафати со експлоатација (1:0.137).

Коефициентот на откривка во нашите наоѓалишта на архитектонско-градежен камен е доста променлив и тоа некои наоѓалишта воопшто и немаат откривка додека во некои наоѓалишта дебелината на раскривката изнесува и преку 20 метри.

Коефициентот на искористување на корисната минерална суровина во конкретниот случај изнесува:

$$K_i = V_e / V_g = 291.000 / 1.254.000 = 0.23$$

Коефициентот на загуби изнесува:

$$K_g = 1 - K_i = 1 - 0.23 = 0.77$$

Спрема тоа коефициентот на искористување е 0.23 или изразен во проценти 23%, а коефициентот на загуби е 0.77, односно губитоците во наоѓалиштето се 77%. Тоа значи дека од вкупната експлоатабилна карпсета маса ќе се добијат 23 % на комерцијални блокови, додека 77% ќе представува јаловина од експлоатациониот слој, односно загуба на суровината во форма на мали неправилни блокови и поситен материјал.

Треба да се спомене дека коефициентот на искористувањето е променлив од наоѓалиште до наоѓалиште. Меѓутоа, овие варијации не се толку изразени како кај коефициентот на раскривка, поради што пресментаниот коефициент на искористување би требало да се смета како приближен вредносен репрезент на нашите наоѓалишта.

Вкупниот коефициент на штедрост на наоѓалиштето е:

$$K_u = V_e / V_0 + V_g = 291\,000 / 172\,000 + 1.254\,000 = 0.20$$

Спрема тоа од вкупната количина на карпестата маса (раскривка+експлоатационен дел) која ќе се зафати со експлоатација ќе се добијат 20 % на комерцијални блокови.

Преработувачки критериум

Во индустријата на каменот битно е да се експлоатираат блокови чиј квалитет овозможува нивна економична индустриска преработка. Економичната преработка бара блок од кој може да се сечат плочи со димензии на блокот и во количина која одговара на неговата зафатнина. Присуството на најфините дисконтинуитети со помала или поголема должина може во многу да ја намали вредноста на блокот, бидејќи се намалува неговото искористување.

Преработувачки квалитет на блокот, се однесува на неговите внатрешни карактеристики, односно неговата целовитост или компактноста, хомогеност на бојата, рамномерноста на карактеристичните шари, хомогеност или нехомогеност на склопот, присуството на вклучоци кои го нарушуваат изгледот на површината на плочата, и слично. Присуството на фини пукнатинки во основа го намалува искористувањето на блокот поради кршењето на плочите, односно ја намалува употребната вредност на блокот, додека неуредноста на склопот, бојата и шарите бара да се воводе селекција на плочите што во основа ја намалува декоративноста на материјалот. Важни се две карактеристики: постоење на фини пукнатинки кои се помалку или повеќе видливи и постојаноста или хомогеноста на изгледот за дадената врста на камен. На основа на споменатите критериуми како и правилата на пазарот блоковите и плочите од гранит и мермер наменети за пазар се класифицираат во три групи:

I-група; представуваат блокови кај кои со сечење се добиваат плочи кои се еднакви со димензиите на блокот со искористување од 85 до 95%. Сите добиени плочи можат да се употребат за стругање и полирање. Во оваа група од 1 м³ на блок со гатерисување од можните 40 м² можат да се добијат 34 до 36 м² плочи со дебелина од 2 см. Се подразбира дека добиените плочи не смеат да имаат никакви дефекти во градбата и дека мораат да имаат изглед кој е типичан за дадената врста на камен, во границита на толеранција. Толеранцијата е малку по голема во полихроматските типови на камен.

II-група; тоа се блокови кај кои со гатерисување се добива искористување од 75 до 85%, односно од 1 м³ на блок се добиваат 30 до 34 м² на плочи со дебелина од 2 см. Квалитетот на плочите во однос на стругањето и полирањето одговара на квалитетот на првата група. Намалената квадратура на плочите доаѓа од тоа што во блокот може да има некои микродефекти кои во основа ја намалуваат и вредноста на блокот.

III-група; тоа се блокови од кои се добиваат помалку од 75 % од теоретската можност за добивање на плочи, значи дека од 1 м³ се добиваат после гатерисување помалку од 30 м² на плочи. Поради неуредноста на структурно-текстурните карактеристики, неуредноста на бојата, порозноста и шупликавоста не можат да се добијат квалитетно сечени плочи, ниту пак плочи кои ги имаат основните димензии на блокот. За време на сечењето на блоковите долж фините пукнатинки доаѓа до раздвојување на масата на плочите.

Критериум за употреба

Со овој критериум се дефинира можноста и широчината на примена на некој камен зависно од неговите физичко-механички својства, временската постојаност на изгледот, како и постојаноста и трајноста воопшто. Во истовреме овој критериум е важен и за изборот на обработката (сечење, стругање, полирање, различни начини на површинска обработка) за дадената врста на камен. Овој критериум не го подразбира само познавањето на физичко-механичките својства туку го подразбира и познавањето на петрографските особености на каменот. Најголема вредност има каменот кој со текот на времето не го менува својот изглед и кој има широки можности за примена во архитектурата и уметноста. Во однос на критериумот на употреба каменот се разврстува во четири категории:

а) Сестрана примена во архитектурата и уметноста, изгледот не се променува на надворешната атмосфера. Се однесува воглавно на гранити и на некои силикатни карпи.

б) На вертикални површини примена неограничена, а на хоризонтални ограничена. На надворешната атмосфера изгледот се менува, но притоа не се нарушуваат основните архитектонски

вредности. Се однесува на мермери со светли бои, трватерини и варовници.

ц) Се применува само на вертикални површини, надворешни и внатрешни. Се однесува воглавно на меки варовници и туфови.

д) Се применува само во ентериери, се однесува главно на обоените варовници кои во надворешната атмосфера се многу непостојани.

Критериум на декоративност

Архитектонско-градежниот камен, со својот минерален состав, свежина, цврстина и однесување кон атмосферилите мора во потполност да одговара на местото на кое ќе биде вграден. Од друга (декоративна) страна мора со својот изглед хармонично да ја надополнува архитектонската композиција на градбата, а во вајарството во потполност треба да одговара на замислата на вајарот кој го обликува уметничкото дело.

Критериумот на декоративност спрема тоа се засновува на општиот изглед на каменот и естетските вредности кои произлегуваат од тоа. Тој во основа е субјективен критериум, бидејќи објективно не може да се мери, но истовремено е многу значаен за пазарната вредност на каменот. Показателот на пазарната вредност е побарувачката која произлегува од реткоста на бојата, шарите и изгледот воопшто.

По критериумот на декоративност, односно изгледот и уникатноста на изгледот, каменот обично се разврстува во четири групи:

- а) камен со исклучителен и единствен изглед,
- б) камен со специфичен но не исклучителен и единствен изглед, бидејќи можат да се најдат комерцијални врсти со сличен изглед,
- ц) камен кој е декоративен по боите и шарите, но е карактеристичен за дадената врста поради што во различни видови се појавува на пазарот,
- д) камен обичен по својот изглед, не се одликува со некои посебни естетски вредности.

Општа класификација на наоѓалиштата на камен

Основните барања на развиениот пазар за некоја врста на камен се: да по својот изглед може да се дефинира како многу вреден, потоа да задовулува одредени категории по големина и квалитет на блоковите, но исто така да постои и сигурност и стабилност на снабдувањето на пазарот без некои поголеми изненадувања. На основа на овие барања на пазарот наоѓалиштата на архитектонско-градежен камен можат да рангираат како:

А- светски значајни (тука можат да се класифицираат оние наоѓалишта кои со каменот кој се произведува од нив на светскиот пазар му даде посебен белег. Како на пример: шведскиот долерит, под комерцијално име ebony black, црвениот шведски гранит imperijal red, норвешкиот лабрадорит blue pearl, италијанскиот травертин travertino romano, прилепскиот сивец, sives, и др.

Б- ограничено светски значајни (се сврстуваат оние наоѓалишта од кои се добива камен кој е предмет на меѓународна трговија, но не пошироко познат).

Ц) национално значајни (се сврстуваат оние наоѓалишта од кој се добива камен кој има висока категорија во однос на големината но по својот изглед е обичен).

Д) Локално значајни (се оние наоѓалишта од кој се добива камен кој се продава многу ограничено и локално).

17. ЕКОЛОГИЈА

Рударската индустрија има значителна улога во збирот на човековите активности кои негативно влијаат на природните екосистеми. Констатација е дека оваа влијание е поизразено во фазата на подготовка и преработка на минералните сировини, одколку во фазата на нивното добивање.

Исто така треба да се спомене дека површинската експлоатација, во однос на подземната, покажува далеку поголемо влијание на средината се разбира доколку се оптимални технологиите за експлоатација).

Влијанието на површинските копови по правило ги надминува границите на просторот во кој истите се изработени, предизвикувајќи промени во нивната блиска и подалечна околина.

Штетните влијанија се разликуваат според интензитетот, просторната разместеност, ареалот на влијанието и времетраењето.

Како резултат на овие штетни влијанија обично деградацијата на целокупниот еко-систем се огледа преку загадувањето и девестирањето на земјиштето, водата и воздухот. На оваа мора да се додадат и значителните социолошки влијанија кога коповите се наоѓаат во или непосредно до урбаните центри.

Штетните влијанија на површинската експлоатација врз околината, зависно од медиумот на кој дејствуваат, генерално можеме да ги класифицираме на следниот начин:

* влијание врз водите, кое се изразува низ:

-промена на режимот на подземните и површинските води, како во зоната на копот така и во границите кои се многу пошироки од зоната на откопување, што резултира со пресушување на некои извори и бунари кои се користат за снабдување со питка вода, намалување на плодноста на почвата и слегнување на теренот.

-можност за миграција на некои штетни компоненти, а со тоа и загадување на околните подземни и површински води.

* влијание врз воздухот, кое се изразува низ:

-загадување на воздухот со лебдечки фракции на минерална прашина (цврсти честички), разни штетни гасови (SO_x , NO_x , CO), волатили со органски компоненти и други штетни материи,

-промене на микроклимата и создавање на зони со специфична микроклима,

*влијанието врз земјиштето, кое се изразува низ:

-промена на микрорелефот и орографијата на теренот, како резултат на што се менауваат пејсажните и естетските вредности на зоната зафатена со рударска активност,

-завземање на квалитетно земјоделско земјиште,

-промена на педолошкиот и геолошкиот состав

Влијание врз водите

Генерално, влијанието на рударските активности врз подземните и површински води, се изразува низ следниве појави:

- промена на нивниот природен режим, односно зголемување или намалување на протокот на вода, промена на правецот на струјните патеки и сл.,
- промена на квалитетот на водите, односно физичко и хемиско загадување на водотеците.

Квантијативни влијанија

Започнувањето на рударските активности на секој површински коп условува претходно одвојување на зоната на активностите, со цел да се обезбеди поголема стабилност на работната средина како и нормални услови за функциони на механизацијата.

Тоа подразбира од една страна свртување (девијација) на површинските водотеци (постојани или повремени) надвор од зоната на копот и неговото обезбедување од атмосферските води од нивното сливно подрачје, а од друга страна спуштање на нивото на подземните води под нивото на активните етажи. Доколку постојат постојани или повремени површински водотеци кои гравитираат во зоната на копот, тогаш се градат девијациони канали со кои овие водотеци се пренасочуваат. Влијанието на ваквите операции на преместување на водотеците врз живиот свет (растителен и животински) во нив е директно и обично резултира со големи промени (оштетувања) на водниот еко систем. Новите речни корита зависно од геолошките карактеристики на средината низ која минуваат можат да се покажат како нестабилни, односно по подложни на ерозија. Можните промени на морфологијата на водотеците влијаат директно врз нивниот струен карактер. Тоа може да резултира со зголемена потенцијалност на поплавување на местата каде настануваат проширувањата или спуштањата на коритото на каналот. Исто така и зголемена количина на седименти во водата може да влијае врз карактерот на струење на водотекот зголемувајќи ја неговата потенцијалност за поплавување во уште пошироки граници од претходно споменатата појава. Спуштањето на нивото на подземните води под нивото на активните етажи зависно од нивната длабочина се врши со градба на бунарски системи или дренажи зависно од нивната длабочина.

Работната средина на сите копови на АГК е изразит хидро изолатор па така во пракса ретко се случува да бидат нарушени подземните водотеци. Дополнително на тоа активните копови се лоцирани во ридски терени доста сиромашни со површински водотеци.

На тој начин најголем дел од штетните влијанија врз водите се редуцираат во голема мерка. Како единствен проблем може да се истакне исклучиво зголемената количина на седименти во водата кои се последица на испуштање на технолошките води во околните водотеци. Тоа може да влијае врз карактерот на струење на водотекот зголемувајќи ја неговата потенцијалност за поплавување. Имено, со

нивното таложење во коритото во помирните делови на течението, се формираат природни (вештачки) брани па при поголеми протоци, тие постануваат потенцијални места на излевање.

Квалитетивни влијанија

Во процесот на откопување на минерални сировини по пат на површинска експлоатација доаѓа до создавање на големи отворени површини и експозиција на некои лесно реактивни минерали.

Дополнително свежите отворени површини се мошне подложни на ерозија, како резултат на што доаѓа до значително зголемување на концентрацијата на цврстите честички, како седименти во рудничките води.

Овие и слични појави директно влијаат на квалитетот на водите и живиот свет во нив. Како резултат на зголемување на киселоста, концентрацијата на метали и седименти, доаѓа до редуција на кислородот во водата, намалување на нејзината транспарентност и блокирање на основните процеси на размена на материи во водниот еко систем. Обично тоа резултира со целосно уништување на водниот жив свет.

Работната средина кај АГК ретко содржи минерали кои би можеле да доведат до поголемо загадување и нарушување на квалитетот на водата, па од аспект на хемиско загадување на водите експлоатацијата на АГК е практично бенигна. Хемискиот состав на мермерите генерално е таков да не постои потенцијалност за појава на киселост или друга хемиска контаминација на рудничките води. Непостоењето на сулфидните минерали, практично ја исклучува можноста за минерализација и закиселување на рудничките води.

Проблем може да претставува испуштањето на одредени хемикалии и супстанции од опремата (возилата и машините) кои се користат на коповите како што се горивата, моторните масла, антифриз и сл.

Проблем од аспект на механичката чистота на водите се секако зголемените концентрации на седименти во водите, кои имаат штетно влијание на водниот свет и во голема мера може да го деградираат еко системот.

Влијание врз воздухот

Кај површинската експлоатација, како резултат на одвивање на технолошкиот процес односно откопувањето на земјините маси, нивниот транспорт и повторно одлагање, доаѓа до издвојување на лебдечки минерални честички. Посебно значаен фактор во загадувањето на воздухот се масовните операции на минирање при кои покрај прашина и гасови доаѓа и до појава на ударен бран и вибрации (звук), кој дополнително во голема мера придонесуваат на вкупниот негативен ефект на поблиската околина.

До издвојување на штетни материи со кој се загадува воздухот, а пред се на прашина, доаѓа и при другите операции кои се дел од

процесот на валоризација на минералната суровина. Тука се вклучени операциите на уситнување, пречистување, збогатување и примарна обработка на минералните суровини.

Ова е посебно изразено кај експлоатацијата на АГК, поради специфичната технологија која се применува. Дополнително на тоа сите површини од кои во технолошкиот процес е одстранета вегетацијата, стануваат подложни на еолска ерозија. Оваа појава е посебно изразена кај одлагалиштата на јаловинскиот материјал, поради изразената нехомогеност на одложениот материјал и големите и стрмни површини кои претставуваат можеби најголеми извори на прашина. Карактеристиките на материјалот, како и технологијата применета при експлоатацијата е таква да најголем дел од овие минерални честички се со големи димензии, без тенденција и можност да станат аеросоли. Сепак при нивното товарање, транспортирање и одлагање доаѓа до издвојување на минерална прашина, односно честички кои се респирабилни и кои лесно се транспортираат со воздушните струења па така и подолго патуваат пред да се исталожат.

Загадувањето со штетни гасови и волатили кои се емитираат од моторите со внатрешно согорување е локално и лимитирано е само на работната средина. Тоа се должи на релативно малата (по моќност) механизација придвижувана од мотори со внатрешно согорување така и на малиот број вакви уреди. Минералната прашина површинскиот коп која лесно се транспортира со воздушните струења ќе биде спречена со претходно прскање со вода или супресанти и сл.

Влијание врз рељефот и почвата

Како што претходно е споменато, влијанието на откопувањето на АГК по пат на површинска експлоатација врз земјиштето се изразува генерално низ завземање на земјоделско земјиште, промена на педолошкиот и геолошки состав и промената на микро рељефот и орографијата на теренот.

Завземање на земјиштето и промена на педолошкиот и геолошкиот состав

Завземањето на земјоделските површини за потребите на рударските активности е еден од најгорчливите проблеми. Најголем дел од коповите на АГК по димензии се помали во однос на површинските копови на другите минерални суровини. Исто така овие копови генерално се лоцирани во ридести и карпести предели, каде површинскиот покривач е со слаб квалитет и земјиштето нема висока пазарна вредност.

Земјиштето по дефиниција, е најгорниот разложен дел од литосферата, кој се карактеризира со биотичка способност. По прецизно, земјиштето претставува природна форма настаната во долгиот геолошки развој, со особини кои имаат својство на жив организам. Тоа има свој солум, со различна моќност, кој лежи на матичниот геолошки супстрат.

Солумот на земјиштето е носител на неговата биотичка способност, т.е. плодност. Оптималните услови за развој на постоечкиот природно создаден органски свет, како и за високо продуктивното земјоделско производство можни се само во природните не нарушени земјишни средини. Како што претходно опишавме за добивање на АГК по пат на површинска експлоатација неопходно е најпрвин да се отстрани површинскиот покривач кој го покрива материјалот-предмет на експлоатација.

Дебелината на тој слој кај наоѓалиштето на АГК е релативно мала и ретко надминува 5 до 10 м. Сепак со ваквото прекопување на земјиштето, доаѓа до промена на неговата морфолошка структура односно до мешање на слоевите.

При тоа солумот, ќе биде уништен односно измешан и покриен со материјалот од матичниот супстрат кој има многу слаба или никаква биотичка способност.

На тој начин природните биолошки репродуктивни земјишта се заменети со нови, вештачки создадени земјишта познати како техногени земјишта или конкретно депосоли.

Депосолите, без опсежни дополнителни мерки за обновување на нивната репродуктивност се практично мртви за многу долг временски период. Нивната спонтана (природна) рекултивација, односно обновувањето на еко системот кој постоел пред започнувањето на рударските активности генерално е долготраен (повеќе десетици години) и неизвесен процес.

Вакво негативно влијание на рударските активности е непосредно или неизбежно, заради што истото претставува еден од најнеповолните еколошки ефекти на површинската експлоатација врз природната средина.

Сепак и во овој случај поради релативно помалите димензии на копот, како и спецификите на применетата технологија, и оваа штетност е релативно ограничена.

Промена на релјефот

Прекопувањето на земјиштето со голем интензитет, со цел да се дојде до корисната минерална компонента резултира со разместување на огромни земјени маси.

Самото преместување на овие маси доведува до значителни временски и трајни промени на пејсажно-естетските карактеристики на зафатените зони.

Овие рударски активности (со кој се менува природно создадениот микрорелјеф), условираат создавање на нови вештачки релјефни форми, кои обично драстично се разликуваат од околните природни форми.

Новосоздадените форми поради нивната различност од околните природни релјефни форми, директно влијаат врз микроклиматските услови, како во зафатената зона така и пошироко.

Исто така новата орографија условува и развој на нов еко систем, кој ќе биде различен од околните природно створени екосистеми, па дури и во целосна спротивност со нив.

Треба да се спомене дека од не помала важност се и естетските карактеристики на новосоздадените форми, посебно во случевите кога со рударските активности се зафатени предели со посебни природни и пејсажни вредности (национални паркови, околината на урбаните зони и сл.)

Општо земено, промните на релјефот имаат мултифункционално и мулти димензионално влијание на зафатените просторни целини и на нивната околина.

18. ЛИТЕРАТУРА

- Ashurst, J., Ashurst, N., 1988: Practical building conseravtion
Vol. 1. Stone masonry, 100 str, 17. sl. Hmpshire, 1988
- Best, M, G., 1982 : Igneous and Metamorphic Petrology
630 str. 440 sl. New York, San Francisco, 1982
- Билбија,Н., 1982 : Студија стања и могуќности проширења
производње у области природног камена у СФРЈ
42 стр. 92 табели, Београд 1982
- Билбија, Н., 1983 : Техничка петрографија
стр. 239, 119 сл. 65 табели, Боеград, 1983
- Боев, Б., Стојанов, Р., 1994 : Петрографија
170 стр, 65 слики, Штип, 1994
- Боев, Б., Миловановиќ, Д., 2001: Тектоника на плочи и
магматизам
170 стр. 99 слики, Штип, 2001
- Боев, Б., Стојанов, Р., 1996 : Петрологија на метаморфните
карпи
223 стр. 43 слики, Штип, 1996
- Bohmer, F., Mosen, E., Pilkahn, E., 1987 : Supplementary education
in the stone carving profesion
632 str, 365 sliki, Donau, 1987
- Salvatori, N., 1983 : Stone working techniques
280 str, Container Corporation, Marina di Massa, 1983
- Shadmon, A., 1989 : Stone : An Intruduction
140 str. 57. crtezi i 55 sliki, London, 1989
- Шестановиќ, С., 1990 : Основи на геологија и петрологија
Примена во градежништвото
236 сътр. 141 сл. Школска книга Загреб, 1990
- Тишљар, Ј., 1987 : Петрологија на седиментни карпи
247 стр. 11. таб. Техничка книга, Загреб, 1987
- Winkler, E.M., 1973 : Stone; Properties, Durability in Mans
Environment, 23 str. 150 sl. Springer Verlag, 1973