

# Fizikalno mehanička svojstva arhitektonsko građevnog kamena Istarske županije

---

**Petriško, Mateo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:843912>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-21**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Preddiplomski studij rudarstva

**FIZIKALNO MEHANIČKA SVOJSTVA ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG  
KAMENA ISTARSKE ŽUPANIJE**

Završni rad

Mateo Petriško

R-4251

Zagreb, 2021.

FIZIKALNO MEHANIČKA SVOJSTVA ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG KAMENA ISTARSKE  
ŽUPANIJE

Mateo Petriško

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za rudarstvo i geotehniku  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Rudarstvo u Istarskoj županiji ima dugu povijest. Započelo je još u predantičko doba te je bilo veoma važno u doba Rimljana. Eksploatacija arhitektonsko građevnog kamena u Istri je aktivna još i danas. Cilj ovog rada je pobliže opisati fizikalno mehanička svojstva arhitektonsko građevnog kamena Istarske županije. Uspoređivale su se različite vrste arhitektonsko građevnog kamena Istre iz Gornje Jure, Donje Krede i Gornje Krede. Fizikalno mehanička svojstva koja su se uspoređivala su bila: jednoosna tlačna čvrstoća u suhom stanju, jednoosna tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju, gustoća, volumna gustoća, poroznost i upijanje vode. Uspoređena je i međusobna linearna zavisnost fizikalno mehaničkih svojstava. Eksploatacijska polja čiji kamen je uspoređivan su: Kirmenjak, Kanfanar, Selina, Tri jezerca, Bale, Lucija, Grožnjan-Kornarija, Valtura, Vinkuran, Marčana i Prodol. Utvrđeno je postojanje srednje jake povezanosti između jednoosne tlačne čvrstoće u suhom stanju o volumnoj gustoći, postojanje slabe obrnute povezanosti između jednoosne tlačne čvrstoće u suhom stanju i poroznosti. Postoji obrnuta slaba povezanost između jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zasićenom stanju o poroznosti te obrnuta jaka povezanost između jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zasićenom stanju o upijanju vode.

Ključne riječi: Rudarstvo, Istarska županija, arhitektonsko građevni kamen, fizikalno mehanička svojstva

Završni rad sadrži: 27 stranice, 11 tablica, 13 slika, 0 priloga, i 23 reference.

Jezik izvornika: hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr.sc. Trpimir Kujundžić, redoviti profesor RGN fakulteta

Ocjenjivači: Dr.sc. Trpimir Kujundžić, redoviti profesor RGN fakulteta.  
Dr.sc. Zlatko Briševac, docent RGN fakulteta  
Dr.sc. Tomislav Korman, docent RGN fakulteta

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. POVIJESNI PRIKAZ EKSPLOATACIJE I UPOTREBE KAMENA U ISTRI .....	1
3. AKTIVNA EKSPLOATACIJSKA POLJA ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG KAMENA.....	3
3.1. Grožnjan-Kornarija.....	3
3.2. Kamenolom Kirmenjak .....	4
3.3. Kamenolom Kanfanar .....	6
3.4. Kamenolom Marčana .....	8
3.5. Kamenolom Valtura .....	8
3.6. Kamenolom Lucija .....	9
4. BRISANA EKSPLOATACIJSKA POLJA ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG KAMENA ISTARSKJE ŽUPANIJE.....	10
4.1. Kamenolom Prodol.....	10
4.2. Kamenolom Vinkuran .....	11
4.3. Kamenolom Tri jezerca .....	12
4.4. Kamenolom Bale .....	13
5. FIZIKALNO MEHANIČKA SVOJSTVA ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG KAMENA ISTARSKJE ŽUPANIJE.....	13
6. ISPITIVANJE MEĐUSOBNE ZAVISNOSTI FIZIKALNO MEHANIČKIH SVOJSTAVA .....	22
7. ANALIZA REZULTATA.....	24
8. ZAKLJUČAK.....	25
9. POPIS LITERATURE.....	26

## POPIS SLIKA

Slika 3-1 Kamenolom Grožnjan-Kornarija .....	3
Slika 3-2 Kamenolom Kirmenjak.....	5
Slika 3-3 Kamenolom Kirmenjak Jug .....	5
Slika 3-4 Kamen Kirmenjak.....	6
Slika 3-5 Kamenolom Kanfanar i Selina.....	7
Slika 3-6 Kamenolom Valtura.....	9
Slika 3-7 1) Današnji izgled kamenoloma Lucija 1 i 2) ulaz u kamenolom Lucija 2 .....	10
Slika 4-1 Kamenolom Vinkuran.....	12
Slika 4-2 Kamenolom Tri jezerca .....	12
Slika 6-1 Zavisnost jednoosne tlačne čvrstoće u suhom stanju o volumnoj gustoći .....	22
Slika 6-2 Zavisnost jednoosne tlačne čvrstoće u suhom stanju o poroznosti.....	22
Slika 6-3 Zavisnost jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zastićenom stanju o poroznosti...23	
Slika 6-4 Zavisnost jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zasićenom stanju o upijanju vode.....	23

## POPIS TABLICA

Tablica 5-1 Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Vinkuran.....	13
Tablica 5-2 Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Marčana.....	14
Tablica 5-3 Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Prodol.....	15
Tablica 5-4 Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Valtura.....	15
Tablica 5-5 Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Kirmenjak) .....	16
Tablica 5-6 Fizikalno mehanička svojstva kamena Istarski žuti .....	17
Tablica 5-7 Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Lucija .....	18
Tablica 5-8 Fizikalno mehanička svojstva kamena Kornarija .....	18
Tablica 5-9 Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Bale .....	19
Tablica 5-10 Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Tri jezerca .....	19
Tablica 5-11 Zbirna tablica fizikalno mehaničkih svojstava.....	20

## POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I JEDINICA

Oznaka	Jedinica	Opis
-	<i>MPa</i>	<i>srednja čvrstoća na savijanje</i>
-	<i>MPa</i>	<i>srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja</i>
-	<i>MPa</i>	<i>srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju</i>
$\varphi$	<i>vol. %</i>	<i>poroznost</i>
$\rho$	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	<i>gustoća</i>
<i>A</i>	<i>ha</i>	<i>površina</i>
-	<i>Mpa</i>	<i>srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju</i>
-	<i>mas. %</i>	<i>upijanje vode</i>
$\rho$	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	<i>prostorna masa</i>
-	<i>cm<sup>3</sup>/50cm<sup>2</sup></i>	<i>otpornost na habanje po Bohme-u</i>
<i>t</i>	<i>°C</i>	<i>temperatura</i>
<i>R<sup>2</sup></i>	-	<i>koeficijent determinacije</i>

## **1. UVOD**

U ovome radu pokušat će se malo bolje prikazati pojedina eksploatacijska polja arhitektonsko građevnog kamena u Istarskoj županiji. Ta grana djelatnosti od prošlosti je bila jako značajna u razvoju Istarske županije i zapošljavala je veliki broj ljudi. S godinama je taj trend gospodarenja mineralnim sirovinama sve više dobivao na značaju i rastao i tako je 2010. godine iznosio 3,9% godišnje stope rasta od 2010-2015 se predviđao dodatni porast od 4,8%, a nakon 2015 godine očekuje se stopa rasta od oko 4% godišnje. Dostupne količine arhitektonsko građevnog kamena sa stanjem u 2012 godini iznosile su 6 712 994m<sup>3</sup>. Prema podacima potencijalne vrijednosti za eksploataciju arhitektonsko građevnog kamena iznose 9 milijardi kuna godišnje (Hrvatski geološki institut, 2013). Spomenuti će se aktivna i brisana polja koja se pojavljuju zajedno s njihovim fizikalno mehaničkim svojstvima i područjima na kojima su pogodni za upotrebu kako sada tako i u prošlosti. Aktivna su ona koja imaju koncesiju za eksploataciju i odobrene rudarske aktivnosti. U Istri prevladavaju različiti vapnenci i mramori ( naziv u komercijalnom smislu za karbonatne klastite). Ovisno o tome gdje je kamen eksploatiran imat će određena svojstva karakteristična za to područje. Ali jedna bitna karakteristika koja ih mora povezivati je blokovitost odnosno cjelovitost stijenske mase koja mora postojati kako bi bio pogodan za industrijsko iskorištavanje inače vrijednost jako opada i ponekad neovisno o količinama koje postoje je upitna isplativost njegovog korištenja. Spomenut će se ujedno glavni i najveći kamenolomi u kojima se već odvija eksploatacija ili oni koji su tek na putu da postanu aktivni. Ti kamenolomi su: Kirmenjak, Kanfanar, Selina, Tri jezerca, Bale, Lucija, Kornarija, Valtura (unito i fiorito), Vinkuran (unito i fiorito), Marčana i Prodol (Vrkljan et al.,2008).

## **2. POVIJESNI PRIKAZ EKSPLOATACIJE I UPOTREBE KAMENA U ISTRI**

Kamen kao sirovina koja se dobivala iz prirode se počeo upotrebljavati i jedna je od najdužih čovjekovih djelatnosti i u Hrvatskoj. Kamen se počeo vaditi kako bi se upotrebljavao u graditeljstvu i kamenoklesarstvu još od predantičkog doba kada su se još formirale grčke kolonije, a poseban razvoj se pojavljuje u doba Rimljana. Važan primjer upotrebe kamena je sama Arena u Puli. Ona je dokaz vađenja kamena u obliku blokova. Također veliki dio palača u Veneciji (a i sama obala) je izgrađena od istarskog gornjojurskog vapnenca koji je poznat pod nazivom Orsera.

Za vrijeme talijanske i austrougarske vladavine koristio se donjokredni vapnenac s otočića Sveti Jeronim, vjerojatno i u Negrinu nazvan Istarski žuti ili Giallo d' Istria koji se koristio u Trstu, Beču i Budimpešti. Veliki procvat se razvija nakon Drugog svjetskog rata kada se osniva tvrtka Kamen u Pazinu 1954. godine. Za vrijeme tog procvata kamen se „brao“ na skoro 150 mjesta. Neki kamenolomi koji su i danas u pogonu su kamenolomi gornjotitonskog vapnenca kao Kirmenjak (nekadašnji Orsera), donjo aptski Istarski Žuti u kamenolomima koji se nalaze u blizini Kanfanara, Korenića i Seline te turonski tipa Valtura u kamenolomu kod Valture. Klesarstvo je bilo poznato u Hrvatskoj još u Grčko-Ilirskom dobu. Brojne su građevine rađene od autohtonog kamena, a posebno se ističe kultura u Vivači u Istri iz šestog stoljeća. Geološka građa Istre vrlo je slikovito i detaljno prikazana što se može vidjeti po brojnim radovima i kartama koje su se pojavile u proteklih 200 godina. Najviše podataka se može naći u kartama i tumačima listova Osnovne geološke karte (OGK) koje su istraživane jos prije 60 godina, a objavljene prije svega 30 godina. Prema Vrkljan et al. (2008) povijest stvaranja Istre, tektonika, stratigrafija i mineralne sirovine su detaljno opisani u šest tumača: Pula (Polšak, 1970), Cres (Magaš, 1973), Rovinj (Polšak et al., 1973), Labin (Šikić et al., 1973), Trst (Pleničar, 1973) i Ilirska Bistrica (Šikić et al., 1975). Također, važno je istaknuti i ostala istraživanja: Polšak (1965a, 1965b, 1967), Šikić i Blašković (1965), Magdalenić (1972). Jako je važno istaknuti i spomenuti nešto stariju raspravu o geologiji istočno-sjeveroistočne Istre od M. Salopeka i o klasičnoj ljuskavoj građi Ćićarije i Učke (Salopek, 1954). Mali zastoj se pojavljuje od sredine šezdesetih do druge polovice osamdesetih godina, ali zato već u sedamdesetim godinama dolazi do pomaka. Također se održavaju i neki međunarodni i domaći skupovi u kojima se prikazuju radovi s novim činjenicama o Istri. Kasnije početkom osamdesetih godina započela su istraživanja za novu geološku kartu Hrvatske u mjerilu 1:50000, a ta se istraživanja nastavljaju i danas. To se objavljivalo u brojnim domaćim i inozemnim časopisima (Velić i Tišljar, 1988; Marinčić i Matičec, 1988, 1989, 1991,...). Osim navedenih većih istraživanja bila su značajna i manja lokalna istraživanja i radovi (Vrkljan et al., 2008).

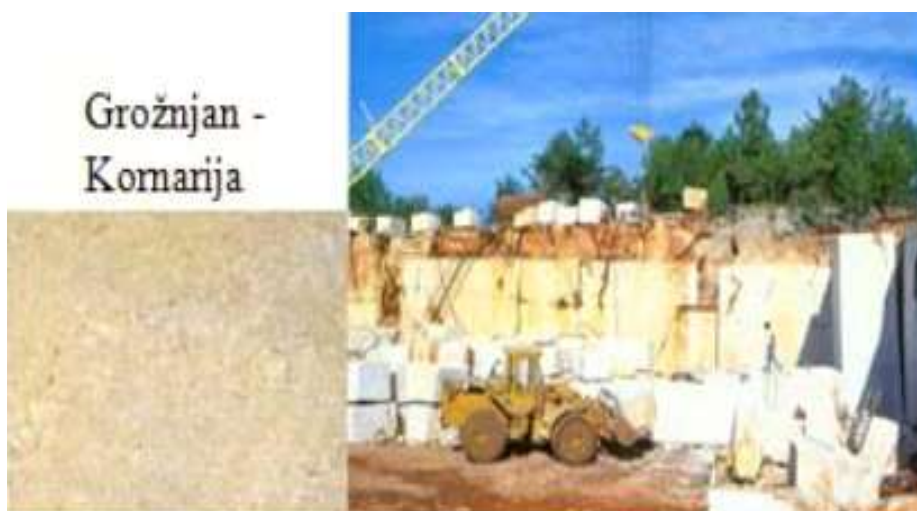


### 3. AKTIVNA EKSPLOATACIJSKA POLJA ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG KAMENA

Među aktivna eksploatacijska polja na području Istre mogu se istaknuti: Grožnjan-Kornarija (oznaka E3 62), Kirmenjak-Jug (E2 90), Kanfanar-Jug (E2 89), Kirmenjak-Sjever (E3 60), Valkarin (E3 59), Marčana (E4 45), Lucija 2 (E3 61), Kanfanar-Sjever (E3 55), Valtura-Ližnjan (E3 46), Selina 4 (E2 88), Kanfanar-Dvigrad (E3 54), Lucija 1 (E2 91) (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2021).

#### 3.1. Grožnjan-Kornarija

To je jedan od 12 kamenoloma koji se nalaze pod tvrtkom “Kamen“, a eksploatira se kamen pod nazivom “Statutario“, “Unito“ i “Fiorito“. Na sjevernom prostoru Grožnjana u području Savudrija-Buje-Buzet proteže se jedan od dva poteza kvarcnih naslaga. Debljina je od 1-6 metara, a sastoji se od oko 65% kvarcnog pješčenjaka a preostali dio je nevezani kvarc i pijesak. Na tom eksploatacijskom polju je utvrđeno 24 350m<sup>3</sup> bilančnih rezervi (Lončar et al., 2016). Sam kamenolom se nalazi nekoliko kilometara jugoistočno od sela Marušići. U njemu se eksploatira pločasti tankoslojeviti (lomljeni) vapnenac cenomanske starosti. Ukupna debljina stijenske mase je oko 15 metara. Sam kamen ima inačice u teksturi kao što su: granitelo, školjkasti ili fiorito, bijeli ili unito i bastardo što je mješavina unita i fiorita. Kamen koji se eksploatira je organogeni vapnenac ili biomikrit svijetlosivkasto-smeđe boje, ali masivne teksture. Nepravilnog je loma, tvrdoće po Mohsovoj skali 3, malih pukotina veličine do 1mm, a mogu se naći mikrofosili i mikritsko vezivo. U Fioritu se mogu pronaći nepovezane pukotine koje su od 0,1-1 mm (Vrkljan et al., 2008)



**Slika 3-1** Kamenolom Grožnjan-Kornarija (izvor: Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Republici Hrvatskoj, Kujundžić, 2013)

### **3.2. Kamenolom Kirmenjak**

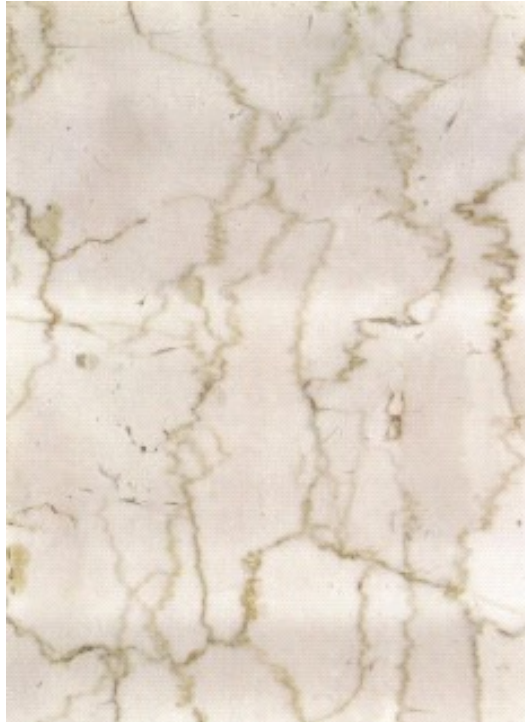
Ova vrsta kamena vrlo je značajna u višestoljetnoj prošlosti jer su se od njega gradila razna povijesna mjesta i građevine. Kao primjer može se istaknuti grad Venecija za kojeg se pretpostavlja da je 80% kamena Kirmenjaka korišteno pri gradnji, Eufrazijeva bazilika u Poreču, razne kule i zidine diljem gradova. Kamen je dobio naziv po selu u čijoj okolini se kamenolom nalazi, a neki od naziva su Orsera, Pietra d' Istria, Istarski cvijet, ...Vapnenac je svijetlosmeđe boje, dekorativna stilolitska tekstura koja se posebno ističe kad se blokovi režu okomito na slojevitost. Danas se u naslagama nalaze 3 odobrena eksploatacijska polja: Kirmenjak sjever, Kirmenjak jug i Valkarin. Kamenolom Kirmenjak ima blag pad slojeva prema istoku-sjeveroistoku. Stijena je gusta sa školjkastim lomom, bijele ili svijetlo sive boje pa do svijetlo smeđe. Same pukotine koje su prisutne koje su nastale prilikom isušivanja daju posebnu dekorativnost, ali to je i veliki problem jer dolazi do raslojavanja. Ali to nije jedini problem jer s porastom dubine su primijećene mikroprslinae koje smanjuju komercijalne efekte. Prisutne su dvije podvarijante površinskog otkopavanja: eksploatacija niskim etažama i eksploatacija visokim etažama. Kamen je masivan, ispresijecan stilolitskim žilicama smeđe boje, plitkoškoljkastog loma, glatkog preloma, tvrdoće po Mohsovoj skali 4. Potvrđeno je da je kamen dobre tlačne čvrstoće, otporan na habanje, ima malo upijanje vode, otpornost na mraz i dobru čvrstoću na savijanje. Rezultati pokazuju da kamenolom Kirmenjak spada među najkvalitetnije arhitektonsko-građevne kamenolome u ovim dijelovima Europe. Gušći je od ostalih, otporniji, postojaniji na frekventnim površinama i jako otporan na utjecaje morske vode što se ističe kod Venecije. Takva vrsta kamena prisutna je samo u Hrvatskoj i može se naći na zapadnom dijelu Istre. Problem je što je ograničena eksploatacija jer zbog naseljenih mjesta nije bitno samo dali negdje ima kamena i kakve je kvalitete već dali se smije eksploatirati. On je uočen na područjima kao Rovinj i Poreč u okolini Limskog kanala koji je i prirodno zaštićeno područje (Vrkljan et al., 2008).



**Slika 3-2** Kamenolom Kirmenjak (izvor: Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Republici Hrvatskoj, Kujundžić, 2013)



**Slika 3-3** Kamenolom Kirmenjak Jug (Turistička zajednica grada Rovinja-Rovigno, 2020)

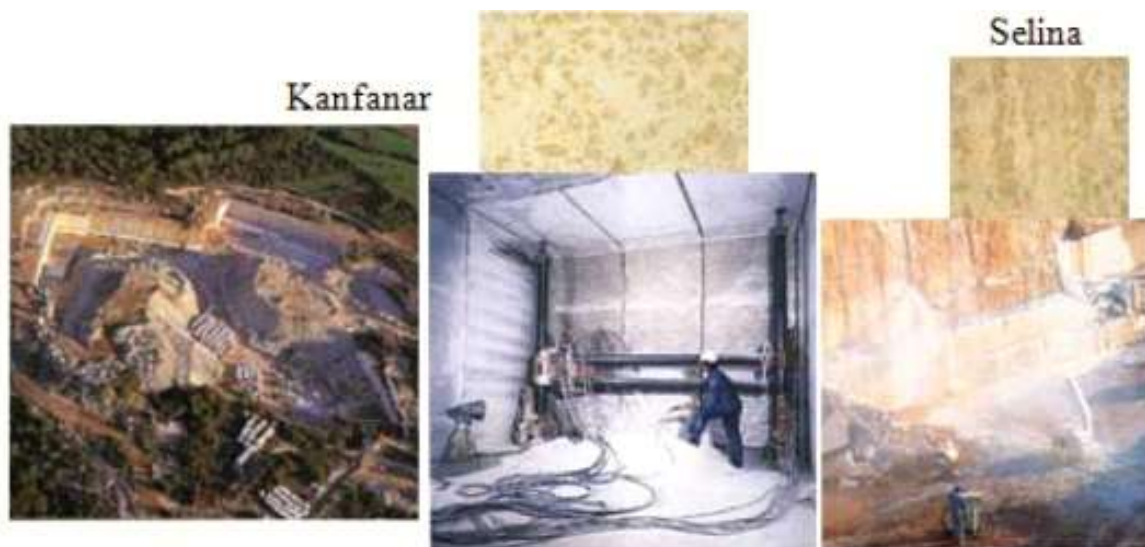


**Slika 3-4** Kamen Kirmenjak (izvor: Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Republici Hrvatskoj, Kujundžić, 2013)

### **3.3. Kamenolom Kanfanar**

Kamenolom Kanfanar jug pripada među najveće i najvažnije kamenolome koji je otvoren u naslagama litostratigrafske jedinice Kanfanar. Stijena je izrazito stilolitizirana zbog čega se na mjestima gdje je prisutno jače trošenje raslojava najčešće debljine 1m. Vađenje blokova je počelo još 1998. godine i traje još i danas (Turistička zajednica grada Rovinja-Rovigno, 2020). Smješten je na obje strane ceste koja povezuje Kanfanar i Rovinj. Danas je ležište Kanfanar podijeljeno na 3 polja: Kanfanar-Dvigrad, Kanfanar-Sjever i Kanfanar-Jug. Eksploatacija se odvija površinskim i podzemnim načinom otkopavanja. Istarski žuti se još eksploatira u kamenolomu Selina. Danas su u upotrebi kamenolomi Kanfanar i kamenolom Selina, a u pripremi su i za reaktiviranje kamenolomi Bale i Tri Jezerca. Slojevi su uslojeni horizontalno ili su jako blago nagnuti, svijetlo smeđe do žute boje i relativno su jako zdravi što omogućava dobivanje velikih blokova. Ležište je ispresijecano pukotinama koje se prostiru u dubinu. Samo ležište je dosta neujednačene kvalitete, slojevi se razlikuju estetski, drugačija su fizikalno-mehanička svojstva. Na mjestu na kojima nema čvrste veze između slojeva, odvajanje se odvija pomoću klinova ili uslijed djelovanja bočnog pritiska pomoću zračnih jastuka. Razlikuju se 3 stratigrafska člana: podina, produktivni sloj i krovina. Sam kamen ima pastelno žućkastu boju u kojemu se primjećuju ostatci školjaka.

Što su slojevi niže tj. što se nalaze dublje to su oni traženiji i cjenjeniji. Tako sloj 6 je estetski najkvalitetniji jer u njemu ima najviše fosilnih ostataka pa se zato zove orašasti. Kamen je gust, masivan, burno reagira s razblaženom solnom kiselinom, po Mohsovoj skali je 3. Sam kamen zbog svojih svojstava se može koristiti i za vanjsko i unutarnje oblaganje. Dobra su mu fizikalno mehanička svojstva, zbog malog upijanja vode dobar je za upotrebu jer se jako teško smrzava i zbog toga se može koristiti pod jako niskim temperaturama. Kamen Selina spada u najtvrdje varijante Istarskog žutog, svijetlo smeđe je boje, a u svijetlijim primjercima se mogu uočiti okrugli i izduženi onkoidi tamnijeg tona. Pod mikroskopom se mogu uočiti stilolitski šavovi. Kamen je pravilnog do plitko školjkastog loma, a površina je glatka. Oštećenja se prilikom upotrebe mogu spriječiti tako da se pridoda samo toliko malo cementa vapnu da se postigne odgovarajuća čvrstoća jer se dodavanjem cementa stvaraju kemijske reakcije koje dovode do nagrizanja polirane površine kamena. Razlike kod Kanfanara i Seline nisu velike. Sam Kanfanar je manje cijenjen zbog svoga estetskog ugođaja, ali njegova povoljna cijena i niski troškovi proizvodnje dovode do veće potražnje i primijene. (Vrkljan et al.,2008)



**Slika 3-5** Kamenolom Kanfanar i Selina (izvor: Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Republici Hrvatskoj, Kujundžić, 2013)

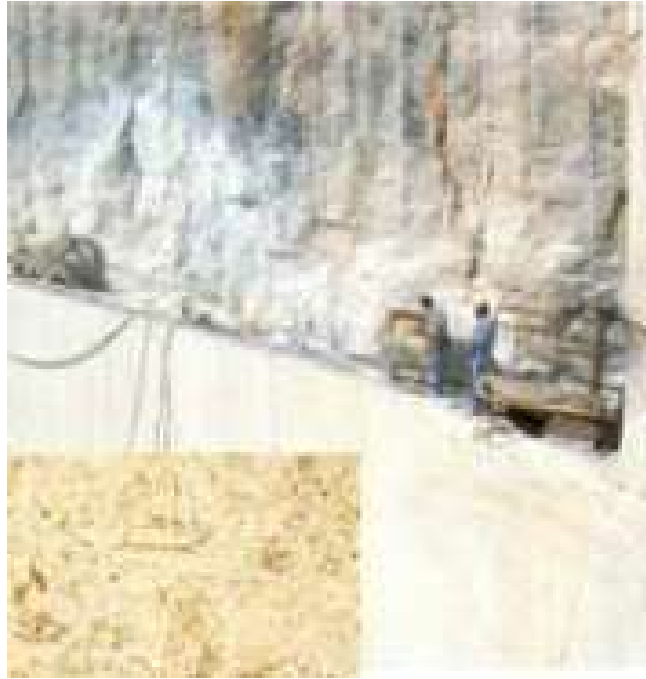
### **3.4. Kamenolom Marčana**

To je polje koje se prostire na 42,35 ha. U ležištu se pojavljuju 3 inačice kamena: sitnošupljikavi bijeli školjkasti vapnenac, masivni bijeli kompaktni vapnenac i krupnoškoljkasti šupljikavi vapnenac. Veliki razvoj se dogodio za vrijeme Austro-Ugarske. Taj kamen je jako tražen u klesarstvu i kiparstvu gdje se koristi pri izradi masivnih elemenata. Kamen je pogodan za vertikalno oblaganje (Vrkljan et al., 2008). Stijena je unatoč jakim rekristalizacijama dosta porozna. Mogu se pronaći fragmenti školjaka koji su većinom rudisti. Sam vapnenac je u kamenolomu dosta raspucan zbog čega se teže vade blokovi. Inače je bijeli materijal visoke čistoće (Pranjić et al., 2018). Podzemna eksploatacija se izvodi na način da se ne učvršćuje podzemni prostor i ne podupire jer bi to poskupilo same troškove proizvodnje. To je primjenjivo samo na područjima gdje je isključivo zdrava stijena što ovdje nije bio baš slučaj pa nije eksploatacija bila opravdana. Ali zato je površinska eksploatacija bila puno opravdanija jer je bila sigurnija, rentabilnija, racionalnije je bilo iskorištenje što je donosilo veću korist i manje troškove. Mineralna sirovina je utvrđena plitko ispod terena i prostire se u kosim slojevima (Pranjić, 2018).

### **3.5. Kamenolom Valtura**

Danas je kamenolom aktivan na dva dijela, a to su Valtura 1 ili kamenolom stari i Valtura 2. Mineralna sirovina je rudistni vapnenac turonske starosti. Kamen može biti svijetlosmeđ pa sve do bijele boje i ispunjen ljušturama rudista. Na tržištu se nalaze 3 inačice koje su poznate kao: Valtura fiorito, Valtura polufiorito i Valtura unito. Poznati objekt koji je sagrađen od ovog kamena je hotel Internacional u Crikvenici, dio zida kod željezničkog kolodvora u Zagrebu, marina Haludovo, itd.

Kamen Valtura unito je po sastavu vapnenac ili biokalkrudit, a Valtura fiorito je vapnena breča. Boja mu je bijela sa malom žučkastom primijesom. Valtura unito je fine zrnaste strukture koja je homogena a mogu se naći žučkasti klastiti koji su dimenzije nekoliko milimetara. U Valturi fiorito su vidljivi pod mikroskopom klasti skeleta ljuštura i mikrofosila. Valtura ima pravilan lom dok kod unita je fin prijelom, a kod fiorita grubo hrapav. Tvrdoća po Mohsovoj skali kod unita je malo veća i iznosi 3 dok kod fiorita ona iznosi 2,5. (Vrkljan et al., 2008). To je jako privlačan vapnenac koji se ističe svojim svojstvima i ponovo bude našao svoju ulogu da se počne iskorištavati jer se povećava potreba za kamenom s takvim svojstvima (Vrkljan et al., 2008).



**Slika 3-6** Kamenolom Valtura (izvor: Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Republici Hrvatskoj, Kujundžić, 2013)

### **3.6. Kamenolom Lucija**

Kamenolom je otvoren 1975. godine i to je bila nova vrsta kamena koja se koristila u tvrtci Kamen Pazin. To je debelo uslojeni bituminozni vapnenac koji je tamnosive boje s ljušturama rudista. Eksploatacija se odvija na dva područja: Lucija 2 i Lucija 1. Kamenolom Lucija 2 je otvoren osamdesetih godina 20. stoljeća. Kod kamenoloma Lucija 1 je eksploatacija bila prekinuta 2000. godine, a trenutno je i kamenolom Lucija 2 zatvoren zbog lošijeg iskorištenja materijala. Za razliku od Lucije 1, kamenolom Lucija 2 zbog novih tehnologija se bude ponovo eksploatirao. Kamenolom Lucija 1 je gotovo u potpunosti iscrpljen. Djelovanjem tektonike smanjila se kvaliteta kamena, samo upijanje je slabije, mogućnost poliranja je smanjena i ona predstavlja ustvari veliki škart. Makroskopski kamen je sive boje s nepravilnim bioklastima svijetlosmeđe-oker boje. Nepravilni proslojci koji se pojavljuju izgledaju kao tamno sive do crne niti kojima je kamen ispresijecan po površini. Pod mikroskopom se mogu vidjeti ljušturre fosila i dobro očuvane foraminifere u osnovi dok je unutrašnjost izgrađena od sparikalcita. Kamen je plitkog i pravilnog loma i grubo hrapave prijelomne površine.

Tvrdoća po Mohsu je između 3 i 3,5. Kvalitetan kamen Lucija dobro se može obrađivati, poliranjem se može postići visoki sjaj koji daje lijep estetski ugođaj i kamen koji se upotrijebi u objektima je velike trajnosti. Mana mu je jer prilikom vanjske upotrebe, djelovanjem atmosferilija gubi boju. Upijanje vode kamena je veliko i iznosi 2,84% pa blokovi prilikom temperatura od 0°C se raspucaju. Kamen se prerađuje piljenjem okomito na slojnice (Vrkljan et al., 2008).



Slika 3-7 1) Današnji izgled kamenoloma Lucija 1 i 2) ulaz u kamenolom Lucija 2 (Turistička zajednica grada Rovinja-Rovigno, 2020)

#### **4. BRISANA EKSPLOATACIJSKA POLJA ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG KAMENA ISTARSKE ŽUPANIJE**

7. Tu spadaju kamenolomi: Prodol (E4 30), Bale (E4 51), Vinkuran (E2 87), Selina 1 (E3 56) i Tri Jezerca (E3 57) (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2021).

##### **4.1. Kamenolom Prodol**

To je eksploatacijsko polje koje se prostiralo na 27,5 ha. Ležište pripada gornje cenomanskim rudistnim vapnencima. Kamenolom je postao aktivan tek 2002. godine od kada počinju istražni radovi i probna proizvodnja. Sam kamenolom spada u mekane masivne vapnence. Kamen se ističe time što je jako pogodan za kifarstvo.

Kamen se ugrađivao na nekim objektima u Puli (Vrkljan et al., 2008). Po kamenolomu je vidljivo da nije vađeno puno blokova. Vidljiva je izmjena sitnozrnastih, srednjezrnastih i krupnozrnastih bioklastičnih vapnenaca. Stijena je produkt razaranja grebena i mogu se naći krupni fragmenti ili čak cijele ljuštore rudista. Kao nusprodukt se ističe tehničko građevni kamen najšire primjene.



## 4.2. Kamenolom Vinkuran

To je najstariji kamenolom na području Istre i bio je jako značajan pri izgradnji Arene u Puli i brojnih drugih objekata u Hrvatskoj. Osim toga, on se zbog svojih svojstava upotrebljavao u kiparstvu. Kamenolom se nalazi na samom jugu Pule. Jalovište se nalazi u blizini kamenoloma. Na vrhu se nalazi 15 metara debela otkrivka koja je školjkasti kredni vapnenac. Otkrivka je rastrošena i to je razlikuje od eksploatacijskog sloja. Eksploatacija se odvijala u prošlosti površinski, a u današnje vrijeme se pokušalo prijeći na podzemni način eksploatiranja. Oba sloja su ispresijecana šupljinama i kavernama, a sam kamen je ispresijecan i venama. Vinkuran se dijeli na Vinkuran unito i Vinkuran fiorito. Karakteristike fiorita su što je jasno vidljiva školjkasta tekstura, ali fiorito je po pitanju fizičko mehaničkih svojstava lošiji od unita. Vinkuran unito po sastavu pripada u vapnence ili kalkarenite dok je fiorito brečasti vapnenac ili kalkarenit. Bijele je boje sa blagom žučkastom nijansom, a tekstura je homogena. Gledajući pod mikroskopom fiorito mogu se uočiti bioklasti vezani cementom i kalcitnim matriksom. Bioklasti su zapunjeni radijalno zrakastim matriksom. Kod unita je lom pravilan i prijelom fino hrapav dok kod fiorita je lom nepravilan i grub. Još jedna razlika u izgledu je što kod unita su jedva primjetni fosili pa se može reći da je homogena površina, a kod fiorita je puno fosilnih organizama. Vinkuran je po tvrdoći Mohsove skale 3. Kamen spada pod mekane kamene i ima veliku sposobnost upijanja vode jer je porozan i šupljikav. Ali to ne utječe na smrzavanje jer su te pore dosta dobro povezane pa se voda ne zadržava u porama. Ako i dođe do toga da se zadrži voda opet ne dođe do razaranja jer su pore velike i ne dolazi do tlačenja stijenci. To je važno istaknuti da je to samo primjenjivo kod raspiljenih ploča, a ne kod blokova pa bi se oni morali sklanjati pri temperaturama ispod 0°C. Od njega je izgrađen amfiteatar u Puli, Sergijev slavoluk i mnogi drugi spomenici (Vrkljan et al.,2008).



**Slika 4-1** Kamenolom Vinkuran (izvor: Ležišta arhitektonsko-građevnog kamena u Republici Hrvatskoj, Kujundžić, 2013)

### **4.3. Kamenolom Tri jezera**

Kamenolom je smješten na vrhu formacije Kanfanar. Kamenolom trenutno nije aktivan. Kamenolom na vrhu izgleda čvrsto i kompaktno. Kamen koji se eksploatirao koristio se za oblaganje eksterijera i interijera, zidanje i prilikom restauracijskih radova.



**Slika 4-2** Kamenolom Tri jezera (Vrkljan et al., 2008)

#### 4.4. Kamenolom Bale

Kamenolom je pozicioniran u naslagama donjoaptske litostratigrafske formacije Kanfanar. Po svojim svojstvima je jako otporan na habanje, školjkastog je loma i po svojoj boji je žućkasto siv. Na mjestima na kojima je bilo duže djelovanje atmosferilija se raslojavalo po stilolitima. Na vrhu su vidljivi glinovito zelenkasti tragovi . Nema kontinuiteta u pružanju, ali postoje veliki potencijali za eksploataciju arhitektonsko građevnog kamena. Polje je u posjedu firme Kamen d.d Pazin. Komercijalni naziv je Istarski žuti, a kamen se koristi prilikom oblaganja interijera i eksterijera, zidanja i restauratorskih radova (Vrkljan et al., 2008).

### 5. FIZIKALNO MEHANIČKA SVOJSTVA ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG KAMENA ISTARSKE ŽUPANIJE

Tablica 5-1 Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Vinkuran (Vrkljan et al., 2008)

Vinkuran fiorito	Vrijednosti
Srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	38.2
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	32.5
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	29.5
Srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	5.3
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	79.5
Upijanje vode (mas.%)	6
Prostorna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2200
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2690
Poroznost (vol.%)	18.2
postojanost na mrazu	-

Vinkuran unito	Vrijednosti
Srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	72
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	63.2
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	68
Srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	10.3
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	44.3
Upijanje vode (mas.%)	4
Prostorna masa ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	2380
Gustoća ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	2800
Poroznost (vol.%)	11.85
postojanost na mrazu	-

**Tablica 5-2** Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Marčana (Vrkljan et al., 2008)

Kamenolom Marčana	Vrijednost
srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	60.7
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	44.2
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	59.7
srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	-
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	65.6
upijanje vode (mas.%)	3.716
postojanost na mrazu	-
prostorna masa ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	2381
Gustoća ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	2696
Poroznost (vol.%)	11.68

**Tablica 5-3** Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Prodol (Vrkljan et al., 2008)

Kamenolom Prodol	Vrijednosti
srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	33
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	31
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	30
srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	5
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	33.2
upijanje vode (mas.%)	5.3
postojanost na mrazu	
prostorna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2234
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2620
Poroznost (vol.%)	14.7

**Tablica 5-4** Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Valtura (Vrkljan et al., 2008)

Kamenolom Valtura fiorito	Vrijednosti
srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	55
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	48,8
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	41
srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	8.1
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	39.9
upijanje vode (mas.%)	5.78
postojanost na mrazu	Postojan
prostorna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2454
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2480
Poroznost (vol.%)	5.78

Kamenolom Valtura unito	Vrijednosti
srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (Mpa)	101
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	66.5
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	42.5
srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	11.6
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	45.1
upijanje vode (mas.%)	3.08
postojanost na mrazu	Postojan
prostorna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2294
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2393
Poroznost (vol.%)	3.08

**Tablica 5-5** Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Kirmenjak (Vrkljan et al., 2008)

Kamenolom Kirmenjak	Vrijednosti
srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	168
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	112.7
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	120.5
srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	12.4
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	19.33
upijanje vode (mas.%)	0.573
postojanost na mrazu	Postojan
prostorna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2294
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2706
Poroznost (vol.%)	1.552

**Tablica 5-6** Fizikalno mehanička svojstva kamena Istarski žuti (Vrkljan et al., 2008)

Kamenolom Kanfanar	Vrijednosti
srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	160
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	127
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	118
srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	9
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	19.1
upijanje vode (mas.%)	0.16
postojanost na mrazu	Postojan
prostorna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2667
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2712
Poroznost (vol.%)	1.7

Kamenolom Selina	Vrijednosti
srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	168
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	112.7
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	120.5
srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	12.4
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	19.33
upijanje vode (mas.%)	0.573
postojanost na mrazu	Postojan
prostorna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2664
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2706
Poroznost (vol.%)	1.552

**Tablica 5-7** Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Lucija (Vrkljan et al., 2008)

Kamenolom Lucija	Vrijednosti
srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	161
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	123
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	111.5
srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	13.4
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	28.1
upijanje vode (mas.%)	2.84
postojanost na mrazu	-
prostorna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2420
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2700
Poroznost (vol.%)	10.37

**Tablica 5-8** Fizikalno mehanička svojstva kamena Kornarija (Vrkljan et al., 2008)

Kamenolom Kornarija	Vrijednosti
srednja tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	147
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	152
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	119
srednja čvrstoća na savijanje (MPa)	8.8
Otpornost na habanje struganjem ( $\text{cm}^3/50\text{cm}^2$ )	18.5
upijanje vode (mas.%)	0.293
postojanost na mrazu	-
prostorna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2670
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2704
Poroznost (vol.%)	12.57



**Tablica 5-9** Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Bale (Vrkljan et al., 2008)

Kamenolom Bale	Vrijednosti
tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	130.9
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	104.4
srednja tlačna čvrstoća poslije smrzavanja (MPa)	136.2
otpornost na habanje po Bohme-u ( $\text{cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ )	16.1
čvrstoća na savijanje	13.2
upijanje vode (mas.%)	0.176
obujmna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2689
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2723

**Tablica 5-10** Fizikalno mehanička svojstva kamenoloma Tri jezerca (Vrkljan et al., 2008)

Kamenolom Tri jezerca	Vrijednosti
tlačna čvrstoća u suhom stanju (MPa)	141.1-165.7
srednja tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju (MPa)	110.9-147.6
tlačna čvrstoća nakon smrzavanja (MPa)	138.4-185.6
otpornost na habanje po Bohme-u ( $\text{cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$ )	18.8
upijanje vode (mas.%)	0.527
obujmna masa ( $\text{kg/m}^3$ )	2667
Gustoća ( $\text{kg/m}^3$ )	2709

**Tablica 5-11** Zbirna tablica fizikalno mehaničkih svojstava

Naziv polja	Jednoosna tlačna čvrstoća u suhom stanju [MPa]	Jednoosna tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju [MPa]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Volumna gustoća [kg/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ vol. [%]	Upijanje vode mas. [%]
Kirmenjask (Gornja Jura)	168	112.7	2706	2294	1.552	0.573
Donja Kreda						
Kanfanar	160	127	2712	2667	1.7	0.16
Selina	168	112.7	2706	2664	1.552	0.573
Tri jezerca	141.2-165.7	110.9-147.6	2709	2667	-	0.527
Bale	130.9	104.4	2723	2689	-	0.176
Gornja Kreda						
Lucija	161	123	2700	2420	10.37	2.84
Kornarija	147	152	2704	2470	12.57	0.293
Valtura unito	101	66.5	2393	2294	3.08	3.08
Valtura fiorito	55	48.8	2480	2454	5.78	5.78
Vinkuran unito	72	63.2	2800	2380	11.85	4.0
Vinkuran fiorito	38.2	32.5	2690	2200	18.2	6
Marčana	60.7	44.2	2696	2381	11.68	3.716
Prodol	33	31	2620	2234	14.7	-

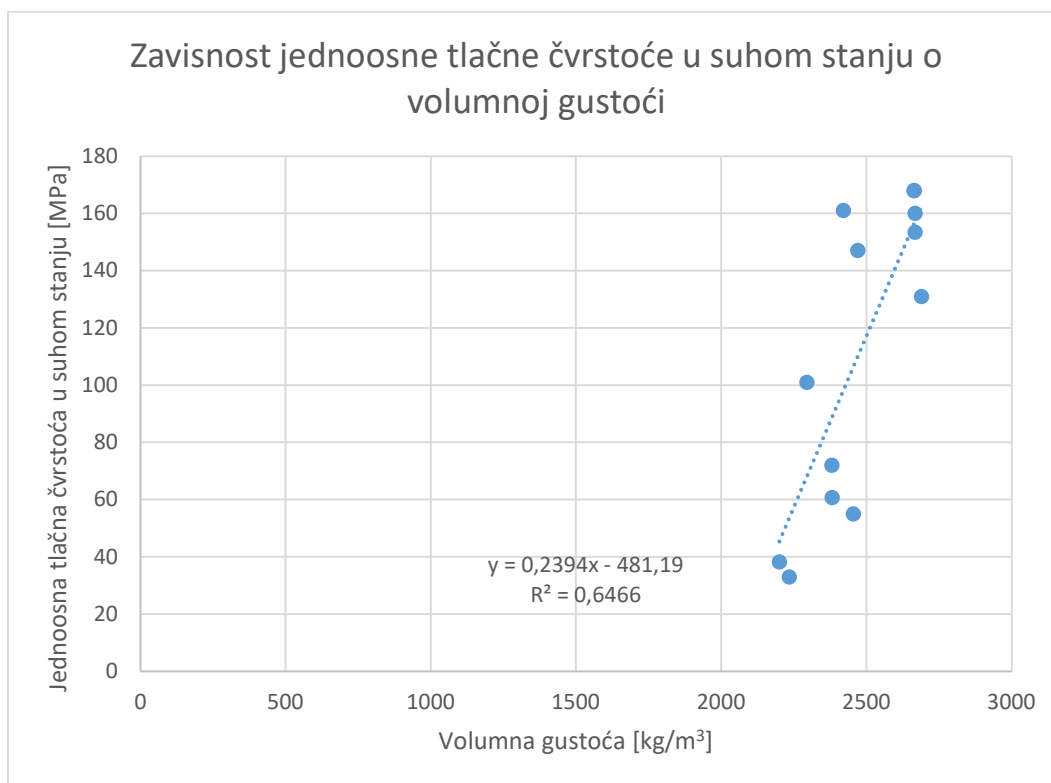
Kamen koji se eksploatira iz kamenoloma Vinkuran, Valtura, Marčana i Prodol spada u mekane kamene koji imaju veliku poroznost zbog svoje šupljikavosti. Oni imaju malu čvrstoću i karakterizira ih slaba otpornost na habanje. Kamen se lagano obrađuje, ali ne može se dobiti sjaj. Unutar kamenoloma Vinkuran možemo vidjeti odstupanja prilikom otpornosti na habanje. Vinkuran unito ima manju otpornost na struganje u odnosu na fiorito. Kamen iz Kirmenjaka predstavlja suprotnost gore navedenim kamenolomima jer ima dobru otpornost na habanje, dobre je tlačne čvrstoće i ima malu sposobnost upijanja vode što povoljno djeluje na njegovu otpornost na mraz. Kamen iz Kirmenjaka je povoljne čvrstoće na savijanje koja iznosi 12,4 MPa. Kamen iz Kanfanara je suprotnost mekanim kamenima jer poliranjem se postiže visoki sjaj što kod njih nije slučaj. Kamen koji se eksploatira iz kamenoloma Kanfanar ima sposobnost da malo upija vodu zbog čega se koristi i za vanjsku i za unutrašnju upotrebu. Također kamen je velike gustoće. Kamen Selina spada među najtvrdje inačice vapnenca Istarski žuti sa svojom tvrdoćom po Mohsu koja iznosi 4. Razlika između kamena iz kamenoloma Kanfanar i Selina je jako malena. Oba su postojana na mrazu, približno jednake poroznosti, otpornosti na habanje struganjem samo što je kamen Kanfanar manje cijenjen zbog svojeg estetskog ugođaja. Kamen iz kamenoloma Lucija je u odnosu na mekane kamene velike sposobnosti poliranja, ali im je zajedničko da su oboje dosta dobri na habanje. Kamen se zbog velikog upijanja raspucava na temperaturama nižim od 0°C.

Može se zaključiti da kamen iz Gornje Jure ima dosta veliku jednoosnu tlačnu čvrstoću u suhom stanju, veliku jednoosnu tlačnu čvrstoću u zasićenom stanju, visoku gustoću, visoku volumnu gustoću, no nisku poroznost i upijanje vode.

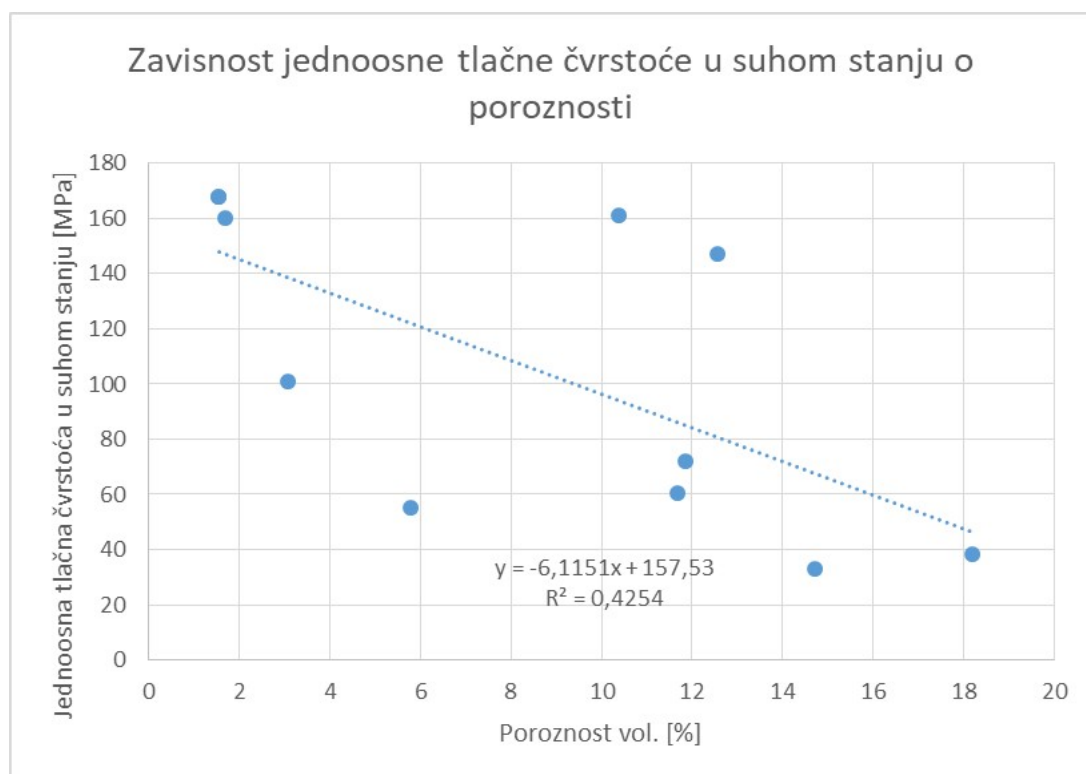
Također se može zaključiti da kamen iz Donje Krede ima dosta veliku jednoosnu tlačnu čvrstoću u suhom stanju, veliku jednoosnu tlačnu čvrstoću u zasićenom stanju, visoku gustoću, visoku volumnu gustoću, no nisku poroznost i upijanje vode.

Kamen iz Gornje Krede ima dosta veliki raspon jednoosne tlačne čvrstoće u suhom stanju, veliki raspon jednoosne tlačne čvrstoće u zasićenom stanju, visoku gustoću, manju volumnu gustoću nego kamen iz Gornje Jure i Gornje krede, no veću poroznost od njih. Iznos upijanja vode je varijabilan, no dosta visok.

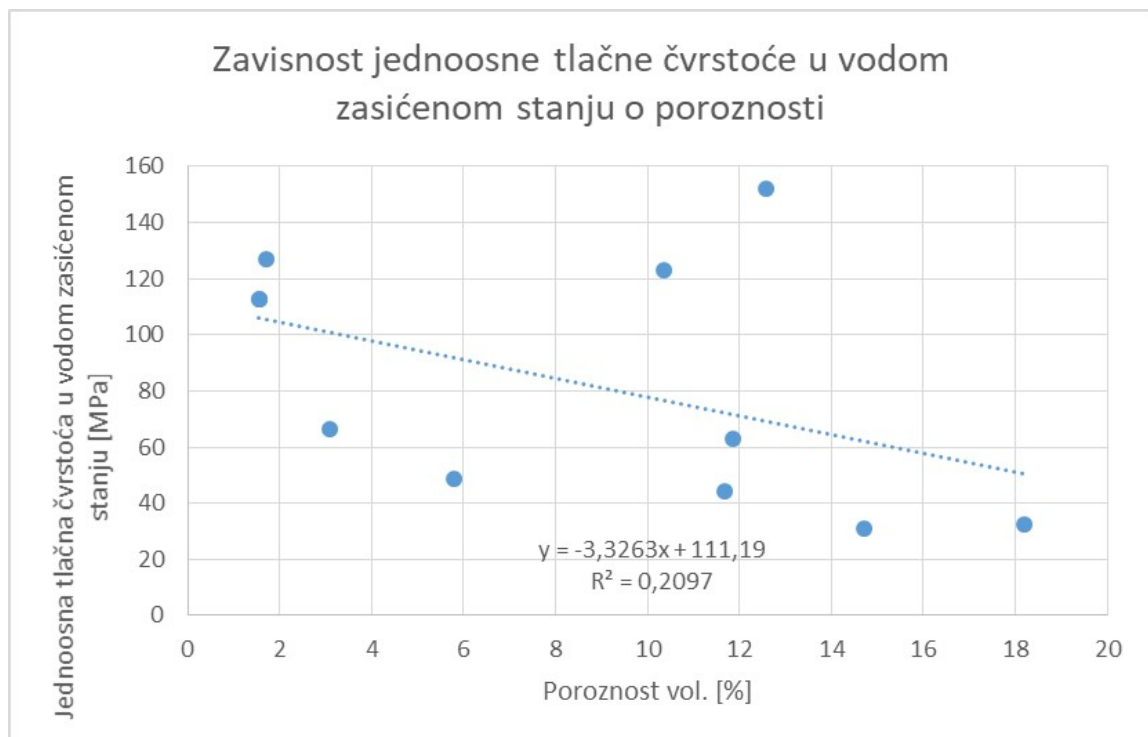
## 6. ISPITIVANJE MEĐUSOBNE ZAVISNOSTI FIZIKALNO MEHANIČKIH SVOJSTAVA



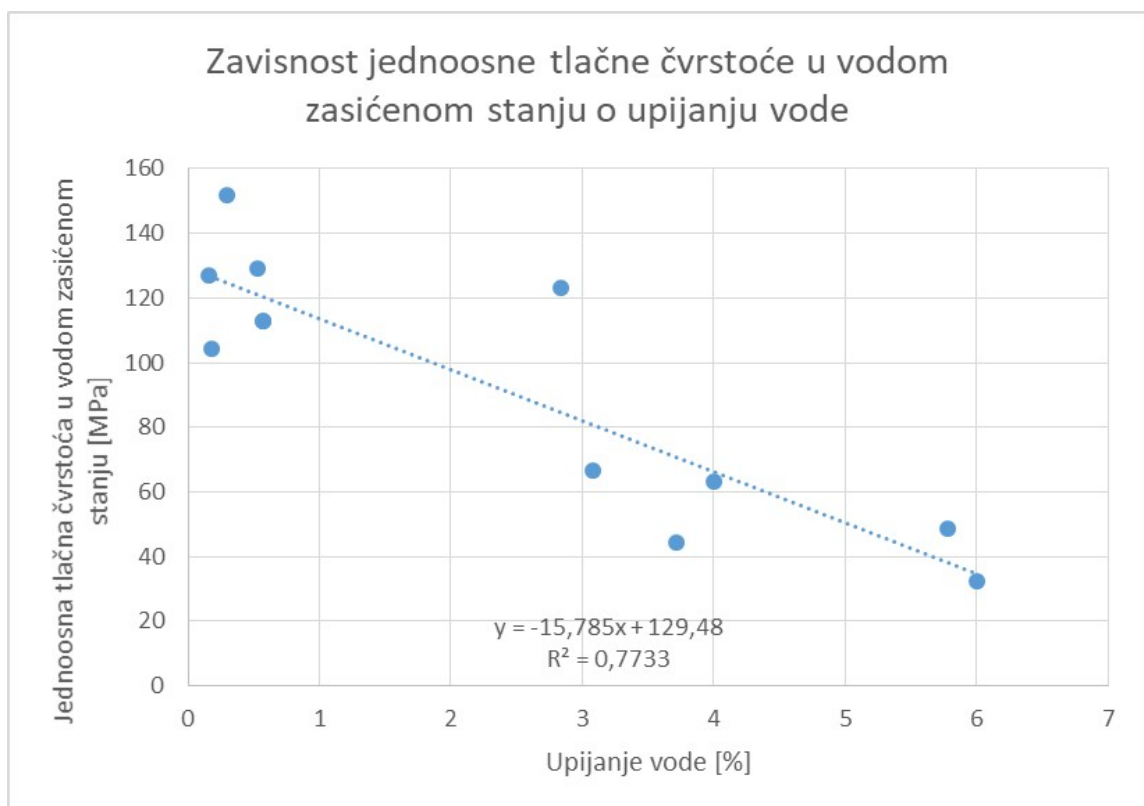
Slika 6-1 Zavisnost jednoosne tlačne čvrstoće u suhom stanju o volumnoj gustoći



Slika 6-2 Zavisnost jednoosne tlačne čvrstoće u suhom stanju o poroznosti



Slika 6-3 Zavisnost jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zasićenom stanju o poroznosti



Slika 6-4 Zavisnost jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zasićenom stanju o upijanju vode

## 7. ANALIZA REZULTATA

Analizom podataka koji su dobiveni u dijagramu jednoosne tlačne čvrstoće u suhom stanju o volumnoj gustoći možemo zaključiti da je prisutna srednje jaka ovisnost zbog vrijednosti koeficijenta determinacije  $R^2$  koja iznosi približno oko 0,6. Što je veća volumna gustoća to je veća tlačna čvrstoća. Na dijagramu zavisnosti jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zasićenom stanju o poroznosti može se vidjeti slaba obrnuto proporcionalna zavisnost. S rastom postotka poroznosti postoji trend padanja vrijednosti jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zasićenom stanju. U dijagramu koji prikazuje zavisnost jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zasićenom stanju o upijanju vode može se vidjeti da postoji zavisnosti odnosno da je zavisnost obrnuta te jaka. S porastom upijanja vode vidimo da je jednoosna tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju manja. Može se zaključiti da je tlačna čvrstoća manja u vodom zasićenom stanju. Koeficijent  $R^2$  nazivamo i koeficijent determinacije i on govori kolika je povezanost između pojedinih varijabli. Može ići u rasponu od 0-1 pri čemu je vrijednost 1 potpuna zavisnost, a 0 znači da uopće nema povezanosti. Do 0,5 je slaba a od 0,5-0,7 srednje jaka povezanost, a od 0,7-1 je jaka povezanost. Kod nas u dijagramima se mogu vidjeti svi rasponi osim potpune zavisnosti koja je rijedak slučaj (Frančeski, 2016).

## 8. ZAKLJUČAK

U ovome radu su opisani kamenolomi i fizikalno mehanička svojstva arhitektonsko građevnog kamena s područja Istarske županije. Važnost eksploatacije arhitektonsko građevnog kamena sa tog područja je jako velika kao i za svijet. Od njega su izgrađene brojne građevine upravo zbog njegovih specifičnih svojstava i jedinstvenosti. Nakon što su opisana svojstva pojedinog kamena napravljeni su dijagrami zavisnosti tih svojstava.

Kamen iz kamenoloma Kirmenjak i Selina imaju najveću srednju tlačnu čvrstoću u suhom stanju (168 MPa), dok kamen unutar kamenoloma Prodol ima najmanju (33 MPa). Unutar kamenoloma Valtura se nalaze različiti varijeteti kamena značajnom razlikom u jednoosnoj tlačnoj čvrstoći. Isto vrijedi i za kamen iz kamenoloma Vinkuran. Jednoosna tlačna čvrstoća u vodom zasićenom stanju je najveća u kamenu kamenoloma Tri jezera, a najmanja u kamenu kamenoloma Prodol. Najveću gustoću ima kamen Vinkuran unito, dok najmanju ima kamen Valtura unito. Najveću volumnu gustoću ima kamen iz kamenoloma Bale, a najmanju kamen Vinkuran fiorito. Najveću poroznost ima kamen Vinkuran fiorito, dok najmanju kamen iz kamenoloma Kirmenjak i Selina. Najveće upijanje vode ima kamen Vinkuran fiorito, dok najmanju ima kamen iz kamenoloma Kanfanar.

Uviđa se kako postoji srednje jaka povezanost između jednoosne tlačne čvrstoće u suhom stanju o volumnoj gustoći ( $R^2=0,6466$ ). Postoji slaba obrnuta povezanost između jednoosne tlačne čvrstoće u suhom stanju i poroznosti ( $R^2=0,4254$ ). Postoji obrnuta slaba povezanost između jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zasićenom stanju o poroznosti ( $R^2=0,2097$ ). Postoji obrnuta jaka povezanost između jednoosne tlačne čvrstoće u vodom zasićenom stanju o upijanju vode ( $R^2=0,7733$ ).

## 9. POPIS LITERATURE

Frančeski, Joško (2016): Eksperimentalno i numeričko modeliranje procesa deformiranja epruvete za savijanje u tri točke, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, str. 44-45

Hrvatski geološki institut (2013): Rudarsko-geološka studija potencijala i gospodarenja mineralnim sirovinama Istarske zupanije

Kujundžić, Trpimir (2013.): Ležišta arhitektonsko - građevnog kamena u Republici hrvatskoj // Hercegovina - zemlja kamena / Prskalo, Maja (ur.). Mostar: Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, 2013. str. 1-18

Lončar, Igor; Ljubičić, Gorana; Senjanović, Ante; Tutek, Vladimir (2016.): Izmjene i dopune prostornog plana uređenja općine Grožnjan, Geoprojekt d.d. Opatija, Zagreb

Magaš, N. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Cres L33–113 (Basic Geologic Map of SFRY 1:100.000 – Geology of the Cres sheet).– Geološki zavod Zagreb (1965), Savezni geol. zavod Beograd, str. 42

Magdalenčić, Z. (1972): Sedimentologija fliških naslaga srednje Istre (Sedimentology of central Istria flysch deposits). *Acta geologica*, 7/2, str. 34

Marinčić, S., Matičec, D. (1988): Žljebasti tektoglifi (Gutterlike tectoglyphs).– *Geol. vjesnik*, 41, str. 219–229, Zagreb.

Marinčić, S., Matičec, D. (1989): Kolapsne strukture u boksitnim jamama Istre (Collapse structures in bauxite pits of Istria).– *Geol. vjesnik*, 42, str. 121–131, Zagreb.

Marinčić, S., Matičec, D. (1991): Tektonika i kinematika deformacija na primjeru Istre (Tectonics and kinematic of deformations – an istrian model).– *Geol. vjesnik*, 44, str. 247–268, Zagreb.

Pleničar, M. (1973): Radiolites from the Cretaceous beds of Slovenia, Part I.– *Geologija*, str. 16, 187–226, Ljubljana

Polšak, A. (1965a): Stratigrafija jurskih i krednih naslaga srednje Istre (Stratigraphie des couches jurassiques et crétacées de l'Istrie centrale).– *Geol. vjesnik*, 18/1, str. 167–184, Zagreb

Polšak, A. (1965b): Geologija južne Istre s osobitim obzirom na biostratigrafiju krednih naslaga (Géologie de l'Istrie méridionale spécialement par rapport à la biostratigraphie des couches crétacées).– *Geol. vjesnik*, 18/2, str. 415–510, Zagreb.

Polšak, A. (1967): Kredna makrofauna južne Istre (Macrofaune crétacée de l'Istrie méridionale, Yougoslavie).– *Paleont. Jugoslav.*, 8, str. 1–218, Zagreb



Polšak, A. (1970): *Offneria rhodanica* du Cretace inferieur de la Lika en Croatie (*Offneria rhodanica* from the Lower Cretaceous of Lika in Croatia – in French)– *Geol. vjesnik*, 23, str. 145–149

Pranjić, J. (2018.): *STUDIJA O UTJECAJU NA OKOLIŠ EKSPLOATACIJE ARHITEKTONSKO – GRAĐEVNOG KAMENA NA DIJELU EKSPLOATACIJSKOG POLJA "MARČANA"* - netehnički sažetak, SPP d.o.o., Varaždin

Polšak, A., Šikić D. (1973): *Osnovna geološka karta SFRJ, tumač za list Rovinj* (Basic Geological Map of SFRY, Guide for sheet Rovinj – in Croatian)– Savezni geološki zavod, Beograd

Pranjić, I., Deluka-Tibljaš, A., Cuculić, M., Skender, R.(2018.): *Pavement Surface Macrotecture Analysis*, Proceedings of the 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure CETRA 2018., str. 359-367, Zadar, Croatia

Šikić, K., Basch, O. (1975): *Geološka zbivanja od paleozoika do kvartara u zapadnom dijelu Zagrebačke regije* (Geological events from Palaeozoic to Quaternary in the western part of Zagreb region – in Croatian)– II godišnji znanstveni skup sekcije za primjenjenu geologiju, geofiziku i geokemiju, Znanstveni savjet za naftu JAZU, str. 69–86

Šikić, D., Blašković, I. (1965): *Naslage donje krede u Učki, Čićariji i Hrvatskom primorju* (Schichten der unteren Kreide in dem Gebiet von Učka und Čićarija Sowie im Kro-atischen Küstenland).– *Acta geol.*, 5, str. 353–358, Zagreb.

Šikić, D., Polšak, A. (1973): *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Labin, L 33-101*. Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd

Velić, I., Tišljarić, J. (1988): *Litostratigrafske jedinice u dogeru i malmu zapadne Istre* (Lithostratigraphic units in the Dogger and Malm of western Istria).– *Geol. vjesnik*, 41, str. 25–49, Zagreb

Vrkljan, Darko; Velić, Josipa; Dunda, Siniša; Kujundžić, Trpimir; Rajković, Damir; Karasalihović, Daria; Krejči, Marko; Škrlec, Vinko; Klanfar, Mario (2008): *Studija potreba i opravdanosti eksploatacije mineralnih sirovina na prostoru Istarske županije*, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb

Web stranice:

Dunda, S., Kujundžić, T., Globan, M., Matošin, V. *Eksploatacija arhitektonsko građevnog kamena*, Digitalni udžbenik, URL:  
[http://rgn.hr/~tkorman/nids\\_tkorman/Kamen/knjiga.html](http://rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Kamen/knjiga.html) (11.8.2021.)



KLASA: 602-04/21-01/241  
URBROJ: 251-70-11-21-2  
U Zagrebu, 13.09.2021.

**Mateo Petriško, student**

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/241, URBROJ: 251-70-11-21-1 od 16.04.2021. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

### FIZIKALNO MEHANIČKA SVOJSTVA ARHITEKTONSKO GRAĐEVNOG KAMENA ISTARSKÉ ŽUPANIJE

Za voditelja ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Prof.dr.sc. Trpimir Kujundžić nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Voditelj

(potpis)

Prof.dr.sc. Trpimir Kujundžić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Doc.dr.sc. Dubravko  
Domitrović

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Dalibor  
Kuhinek

(titula, ime i prezime)