

# Važnost ispitivanja kapilarne vodoupojnosti prirodnog kamena

---

**Tomašić, Ivan; Lukić, Dražen; Peček, Nataša; Kršinić, Ana**

*Source / Izvornik:* **Klesarstvo i graditeljstvo, 2009, 20, 17 - 27**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:169:761715>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-30**



*Repository / Repozitorij:*

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





Ivan Tomašić, Dražen Lukić, Nataša Peček, Ana Kršinić  
Zagreb

## VAŽNOST ISPITIVANJA KAPILARNE VODOUPOJNOSTI PRIRODNOG KAMENA

UDK: 622.35  
522.08

*Rukopis primljen u tisak 15. 11. 2009.*  
*Izvorni znanstveni članak*  
*Original scientific paper*

U radu su prikazani rezultati određivanja kapilarne vodoupojnosti na uzorcima prirodnog kamena izraženi u  $\text{g/m}^2$  površine kamena u odnosu na kvadratni korijen vremena izražen u  $\text{s}^{0.5}$  ili u  $\text{g/m}^2$  površine kamena u odnosu na vrijeme u minutama. Ispitivanje je obavljeno metodom opisanom u normi koja je prihvaćena na razini Europske zajednice i danas je važeća u Hrvatskoj (norma HRN EN 1925:1999). Dobiveni i prikazani rezultati mogli bi biti korisni pri ugradnji prirodnog kamena. Posebice se to odnosi na moguću orijentaciju kamenih elemenata prilikom ugradnje u vlažnim uvjetima.

### UVOD

Kapilarno upijanje vode jedno je od najznačajnijih fizikalnih svojstva prirodnog kamena. Poznat je negativan utjecaj vode na mnoga važna fizikalna i mehanička svojstva kamena. Razmekšava ga i smanjuje mu čvrstoću i otpornost na habanje i smrzavanje. Kamen s povećanom relativnom poroznošću, a time i većim upijanjem, osjetljiviji je i manje postojan. Negativne posljedice su utoliko veće u koliko su upijanje vode i njegova poroznost veći. Također su bitne strukturno-petrografske značajke, odnosno vrsta, veličina i raspored mineralnih sastojaka, homogenost, kao i veličina, oblik i međusobna povezanost sustava pora u prirodnom kamenu.

Stoga brzina i količina kapilarno upijene vode i njeno zadržavanje u porama znatno utječu na postojanost pojedinih varijeteta prirodnog kamena. Ukoliko se kapilarno upije-

na voda dulje zadrži u porama kamena pri temperaturama nižim od 0°C kristalizira led. Rastom kristala leda i povećanjem volumena leda dolazi do negativnog učinka na postojanost kamena. Isto vrijedi i za soli različitog porijekla koje na različite načine mogu ući u kamen. Ukoliko pri ugradnji različito orijentiramo sustav pora u kamenu mijenjati će se brzina upijanja, količina upijene vode i njeno zadržavanje u kamenu.

Kapilarno upijanje vode u uvjetima ugradnje kamena može se dogoditi na različite načine. U konstrukcijama prirodni kamen može biti direktno izložen utjecaju oborina ili posredno utjecaju kapilarnog upijanja vode iz tla preko temeljne konstrukcije. Vlažna potkonstrukcija može također biti izvor kapilarnog upijanja vode u kamenu. Voda u kamenu može biti posljedica relativne vlažnosti, tlaka i temperature zraka. U prirodi do kapilarnog upijanja vode može doći u uvjetima normalnog atmosferskog tlaka ali i pod povećanim tlakom pod utjecajem snažnog vjetra koji utiskuje vodu kišnicu u sustav pora prirodnog kamena.

U laboratorijskim se uvjetima kamen djelomično ili potpuno potapa u vodu, a kapilarno se upijanje može izvoditi pod normalnim i povećanim tlakom. Kapilarnim dizanjem vode iz vlažnog tla ili vlažne betonske podloge u kamen se unose i otopljene štetne soli. Isparavanjem vode i kristalizacijom tih soli u porama kamena nastaju vrlo nepovoljni kristalizacijski tlakovi koji u kamenu izazivaju naprezanja i brojna oštećenja.

## PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Brojni istraživači dali su veliki doprinos pri definiranju oblika i veličine pora, petrografskih i strukturno-teksturnih značajki kamena važnih za kapilarnu vodoupojnost.

Pore presjeka od 20-6  $\mu\text{m}$  (0,02-0,006 mm) omogućuju kapilarno dizanje vode od 3-10 m, a one presjeka od 6-2  $\mu\text{m}$  (0,006-0,002 mm) od 10-30 m (M a m i l l a n, 1981, iz Winkler 1997). Horizontalno gibanje vode pritom je dvostruko brže od vertikalnog.

F i t z n e r, 1988 (iz Winkler, 1997) opisuje i uspoređuje značajke pora u pješčenjaku iz jednog njemačkog kamenoloma s uzorcima istog kamena uzetog iz građevine. Utvrdio je da kod uzoraka kamena izloženih procesima trošenja i presjeka pora manjih od 0,1  $\mu\text{m}$  nema oštećenja jer nema upijanja vode.

Utjecaj strukturno teksturnih značajki i dijagenetskih procesa na poroznost prirodnog karbonatnog kamena istraživali su T o m a š i ć & Ž e n k o, 1993. Upijanje vode i relativna ili otvorena poroznost određivani su u uvjetima atmosferskog tlaka i dodatno pod podtlakom. Autori su utvrdili da se relativna i apsolutna poroznost mijenjaju ovisno o strukturi kamena pojedinih varijeteta, te da se povećanjem tlaka može povećati količina upijene vode, a time i relativna poroznost. Povećanje količine upijene vode pod podtlakom tumači se rasporedom, povezanošću i presjekom pora u sustavu pora nekog varijeteta kamena.

C h o q u e t t e & P r a y (1970) razradili su podjelu pora kod karbonatnih stijena prema tipovima koristeći kao glavne kriterije sličan geometrijski oblik i način postanka. Kod vapnenca i dolomita razlikuje se primarna i sekundarna poroznost. Primarne pore mogu biti međuzrnske, unutarzrnske, zatvorene i međukristalne. Sekundarne pore ili pore postsedimentacijskog podrijetla mogu biti šupljinske ili "vug" pore, te pore oblika kaverne, kanala i rasjeda.

Važnost kasnodijagenetske dolomitizacije na porast sekundarne međukristalne poroznosti ukazuje G a s k e l l iz C h i l i n g a r e t a l., 1967).

T i š l j a r (1987) ističe važnost određivanja značajki stilolitskih šavova (debljine, kontinuiteta, visine amplitude i gustoće pojavljivanja). Stiloliti koji su vrlo česti u brojnim varijetetima karbonatnog prirodnog kamena, predstavljaju više ili manje izražene barijere u pravcu okomitom na njih, ali su isto tako dobri kanali za cirkulaciju fluida paralelno s njima, ovisno o utjecaju tektonike te o ispunjenosti glinom ili bitumenom.

L e i g h t o n & P e n d e x t e r (1962) ističu četiri komponente koje utječu na strukturna svojstva vapnenca: zrno, vapnenjački mulj (mikrit), cement i pore. Ukazali su na ovisnost značajki pornog prostora o značajkama pakiranja, sortiranja i vrsti međusobnih kontakata kristalnih i zrnastih sastojaka kamena.

T o m a š i ć i d r. (1997) su analizirali mikroblokove pomoću elektronskog mikroskopa u andezitima i spilitiziranim dijabazima, te utjecaj istih na fizičko-mehanička svojstva, pogotovo poroznost. Utvrdili su da su mikroblokovi razmjerno cjeloviti i da su to dobro povezani deformirani kristalni individui i kataklazirani kristalni agregati s pojavom jasno vidljive interkristalne poroznosti. Posljedica je to postdijagenetskih, posebno tektonskih procesa ili prirodno izazvanih stresova i deformacija u kamenu.

T o m a š i ć i d r. (2000) su analizirali trahite-trahandezite koji se koriste kao prirodni kamen. Odredili su oslabljene međukristalne veze i nehomogenosti posebice naprsline i pukotine ispunjene sekundarnim željeznim oksidima i hidroksidima. Sve navedeno je utjecalo na povećanje nehomogenosti i poroznosti, odnosno na povećano upijanje vode u kamenu.

S i d r a b a i d r. (2004) su ispitivali kapilarno upijanje i sušenje u ovisnosti o orijentaciji slojevitosti rimskog travertina upotrebljavanog u baltičkim zemljama, posebice Latviji. Travertin ugrađen u spomenicima Latvije je vrlo porozan (otvorena poroznost je 8,60%, a ukupna poroznost 15,39%), što utječe na njegovu postojanost tijekom vremena. Naglašena uslojenost travertina utječe negativno na njegovu homogenost te upijanje vode i sušenje. Koeficijent kapilarnog upijanja vode je oko dva puta viši u smjeru paralelno sa slojevitošću ( $4,3\text{g/m}^2\text{s}^{1/2}$ ) od smjera okomito na slojevitost ( $2,58\text{g/m}^2\text{s}^{1/2}$ ). Indeks sušenja je dva puta niži u smjeru paralelno sa slojevitošću od smjera okomito na slojevitost, što ukazuje na brži gubitak vode u smjeru paralelno sa slojevitošću. Autori su dokazali da pravilna orijentacija slojevitosti kod ugradnje blokova travertina u spomenike može znatno pridonijeti otpornosti i postojanosti kamena na trošenje u tijeku djelovanja vanjskih čimbenika.

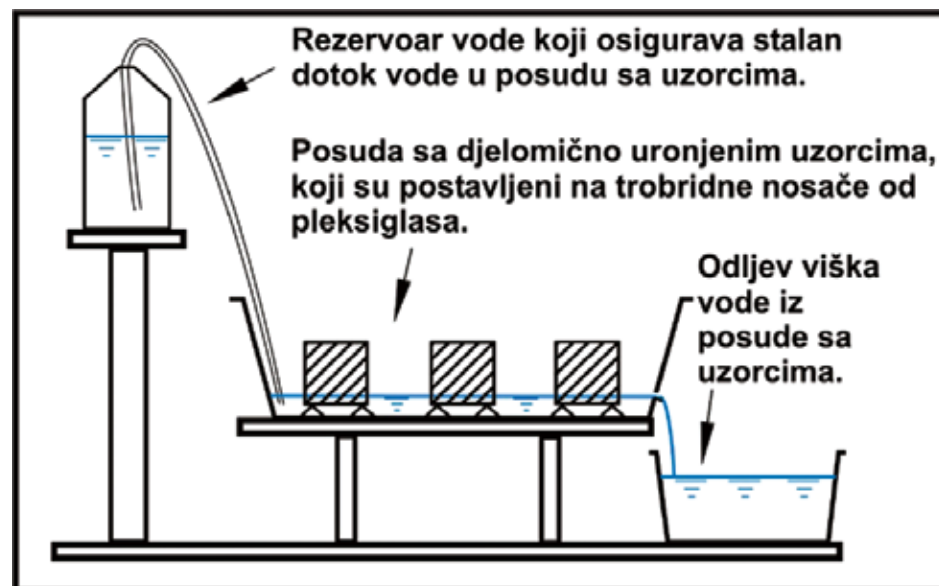
## OPIS ISPITIVANJA

Ispitivanju su podvrgnuti domaći varijeteti karbonatnog prirodnog kamena *Kanfarnar (istarski žuti)* i *Seget* iz istoimenih kamenoloma odnosno ležišta u Istri i kraj Trogira.

U tom je pogledu, prema normi HRN EN 1925:1999 (*Metode ispitivanja prirodnog kamena – Određivanje koeficijenta upijanja vode kapilarnošću*), izrađen odgovarajući uređaj za ispitivanje. Kao uređaj za uranjanje uzorka korištena je posuda od pleksiglasa (sl.1). S obzirom da je s bazne strane uzorka bilo potrebno osigurati nesmetano upijanje vode na dno su posude stavljene izdužene prizme od pleksiglasa na čije su oštre ivice položene kocke ispitnih uzoraka kamena. Osigurano je stalno dotjecanje vode iz posude lijevo, te stalna razina vode  $3\pm 1$  mm i otjecanje viška vode iz posude s uzorcima u posudu desno.

Pokušaj je to stjecanja novih iskustava s obzirom da nova hrvatska i europska norma HRN EN 1925:1999 nije do sada značajnije primjenjivana kod nas.

Predviđeni vremenski razmaci mjerenja mase upijene vode ovise o vrsti kamena. Za kamen s visokim upijanjem vode predviđeni su vremenski razmaci  $t_i$ : 1, 3, 5, 10, 30, 60,



Sl. 1. Uređaj za ispitivanje kapilarno upijene vode u vremenskim razmacima

480, 1440 minuta. Za kamen s niskim upijanjem predviđeni su vremenski razmaci: 30, 60, 180, 480 1440, 2880, 4320 minuta. U tom su pogledu varijeteti *Kanfanar (istarski žuti)* i *Seget* ispitivani prema vremenskim razmacima za kamen s visokim upijanjem vode.

Uzorci za ispitivanje sušeni su do stalne mase u ventilirajućoj sušnici pri temperaturi od  $70 \pm 5$  °C. Nakon toga su do potapanja u vodu držani u eksikatoru. Potom su uzorci vagani i mjerena im je površina koja se prikazuje u kvadratnim metrima.

Temeljni zahtjev norme je da se jedna stranica odgovarajućeg pripravka kamena uroni u vodu do visine kocke  $3 \pm 1$  mm. Za jedno ispitivanje korišteno je 6 pripravaka kamena s obrađenim stranicama dimenzija  $5 \times 5 \times 5$  (cm).

Vaganje se obavljalo s točnošću od 0,01 gram. Tijekom uranjanja mjereno je povećanje mase upijene vode u zavisnosti od vremena. Na sl. 2 prikazani su uzorci uronjeni u vodu do razine  $3 \pm 1$  mm.

#### Prikazivanje rezultata

Vrijednosti kapilarnog upijanja vode uzoraka se prikazuju grafički. Na ordinati grafa se prikazuje masa kapilarno upijene vode u gramima podijeljena s površinom potopljene stranice uzorka izraženom u metrima kvadratnim ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) dok je na apscisi grafa prikazano vrijeme potrebno za upijanje vode izraženo kao kvadratni korijen vremena u  $\text{s}^{0.5}$  (sl. 3 i



Sl. 2. Pripravci u posudi od pleksiglasa uronjeni u vodu do razine  $3 \pm 1$  mm

5).

Istovremeno, na slikama 4 i 6, prikazani su grafovi koji imaju iste vrijednosti na ordinati, dok su na apscisi prikazani vremenski intervali mjerenja kapilarne vodoupojnosti prikazani u minutama. Ovaj se način pokazao boljim i lakšim pri interpretaciji dobivenih rezultata.

Pri ispitivanju mjerene su slijedeće veličine i pritom su korišteni simboli:

$m_i$  = masa uzorka i upijene vode za vrijeme testiranja (g)

$m_d$  = masa suhog uzorka (g)

$A$  = površina uronjene strane u vodi ( $\text{m}^2$ )

$t_i$  = vrijeme između jednog i drugog mjerenja mase  $m_i$  (s)

$y$  - upijanje vode u  $\text{g}/\text{m}^2$

$x$  - kvadratni korijen vremena u  $\text{s}^{0.5}$

$x$  - vrijeme (min)

Petrografske značajke uzoraka i rezultati ispitivanja

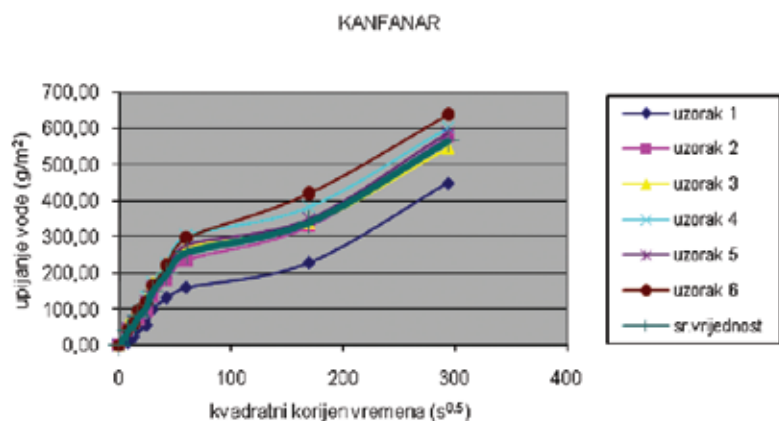
Kako bi se što bolje ocijenili rezultati vrijednosti kapilarnog upijanja na uzorcima su još ispitani: upijanje vode, prostorna masa, relativna i apsolutna poroznost, te gustoća. Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Fizička svojstva ispitivanih uzoraka

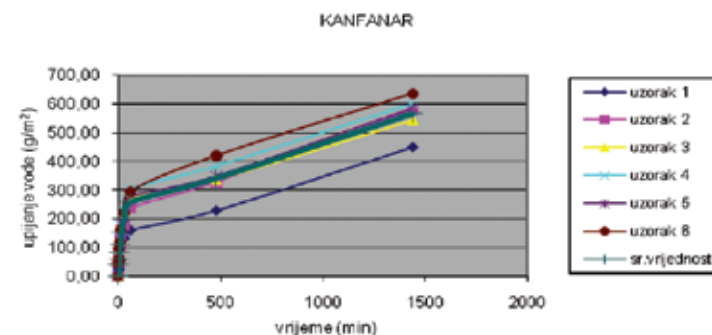
Fizička svojstva		<i>Kanfanar</i> ( <i>istarski žuti</i> )	<i>Seget</i>
Upijanje vode	(mas. %)	0,702	1,738
Prostorna masa	(g/cm <sup>3</sup> )	2,648	2,526
Relativna poroznost	(vol. %)	1,859	4,390
Apsolutna poroznost	(vol. %)	2,274	6,789
Gustoća	(g/cm <sup>3</sup> )	2,71	2,71

U tijeku izrade petrografskih analiza istaknute su različite značajke važne za vodopojnost prirodnog kamena, posebno one koje se odnose na sastav, strukturu i teksturu te sustav pora.

*Kanfanar*–(*istarski žuti*). Prirodni kamen *Kanfanar* je žučkastosmedkasti vapnenac donjokredne starosti (apt), školjkasta do nepravilna i grubo do fino hrapava prijeloma. Petrografski su to stilolitizirani onkolitni vapnenci odnosno onkoidni floatstone-i. To je u stvari onkolitni vapnenac onkomikrudit u kojem se nehomogeno (paralelno) nižu tamno-žučkastosmedkasti onkoidi omeđeni brojnim stilolitskim šavovima. Stilolitski su šavovi izuzetno dobro povezani, a što je moguće vidjeti i pod lupom. Onkoidi su gusti i predstavljaju vodenu barijeru. Voda se duž stilolita, ali i oko onkoida, kreće vrlo dobro i brzo. Stiloliti a tako i onkoidi pokazuju pružanje i nizanje, ukazujući tako na izrazito nehomogenu građu ovog kamena. Prirodni kamen Istarski žuti eksploatira se na većem broju radilišta u kamenolomu Kanfanar nedaleko sela Kanfanar u Istri. Grafovi na slikama 3 i 4 prikazuju tijek ispitivanja kapilarnog upijanja vode.



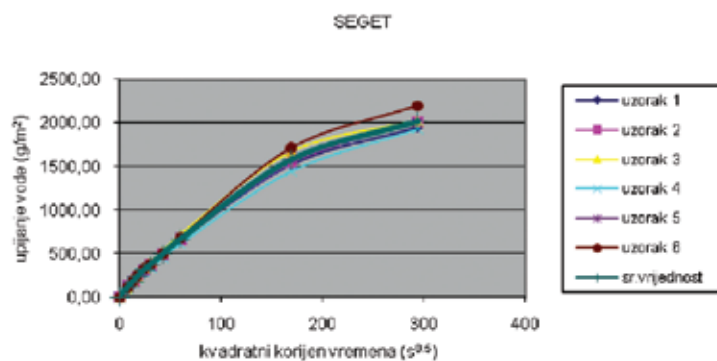
Sl. 3. Grafički prikaz kapilarnog upijanja vode u g/m<sup>2</sup> vode za prirodni kamen Kanfanar kao funkcija kvadratnog korijena vremena (s<sup>0,5</sup>)



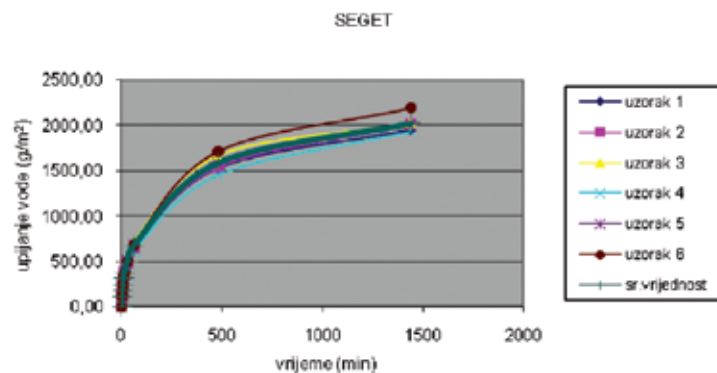
Sl. 4. Grafički prikaz kapilarnog upijanja vode u g/m<sup>2</sup> za prirodni kamen Kanfanar kao funkcija vremena (min)

Vapnenac *Kanfanar* pokazuje znatno manje kapilarno upijanje u odnosu na vapnenac *Seget*, posebice u prvih 60 s<sup>0,5</sup> (60 min) u količini od 257 g/m<sup>2</sup>. Slijedi usporevanje upijanja vode koje doseže 341 g/m<sup>2</sup> nakon 170 s<sup>0,5</sup> ili 480 min. Rast je nakon toga opet nešto veći. Prikazani grafovi (sl. 3 i 4) pokazuju na veliku razliku u kapilarnom upijanju *Kanfanara* u odnosu na *Seget* (sl. 5 i 6). Vodopojnost *Kanfanara* rezultat je brojnih „otvorenih“ stilolita koji okružuju onkoide i čine mrežu pora koja se generalno podudara sa slojevitošću ali i u smjeru suprotnom (”kontra”) slojevitosti. I na kraju nakon 294 s<sup>0,5</sup> na sl. 3 odnosno 1440 min na sl. 4, srednje kapilarno upijanje doseže do 565 g/m<sup>2</sup> što je vjerojatno blizu maksimuma. Kapilarno je upijanje utvrđeno okomito na nizanje onkoida odnosno okomito na slojevitost. Sl. 4 nesumnjivo pokazuje rezultate koji se lakše čitaju i povezuju sa strukturno petrografskim značajkama nego li je to slučaj sa slikom 3, a koja je izrađena prema europskoj normi. Očigledno je da se kod ovog varijeteta prirodnog kamena značajno upijanje vode događa vrlo brzo u vremenu od prvih 60 minuta (cca 45 %). Nakon zasićenja stilolita, međuzmske pore unutar pretežito mikritne osnove ispunjavaju se znatno sporije. Odstupanja intenziteta kapilarnog upijanja vode u g/m<sup>2</sup> od srednje vrijednosti dosežu do cca 20 % što je dokaz da kamen nije u potpunosti ujednačen te da su moguće određene strukturne razlike od uzorka do uzorka.

*Seget*. Prirodni kamen *Seget* je vapnenac homogene do mikroslojevite građe, u osnovi žučkastobijel i sivkast, grubohrapavih površina prijeloma. Prošaran je brojnim pjegasto-mrljastim trakama (ispunjenim bioklastima) plavkastih nijansi. Pojedini varijeteti sadrže vidljive pore u nizu. Takve pore se jače ističu poslije dužeg vremena nakon ugradnje. Po toj je značajki poznat u Hrvatskoj i u svijetu. Mikroslojevitost u pravilu ukazuje na nehomogenost što je loše svojstvo kamena. Međutim, ovaj tip nehomogenosti uzrokovan mikroslojevitošću nije opasan stoga što je prijelaz različitih veličina bioklasta, od bijelih prema plavkastim nijansama, postupan uz dobro proraštanje. Ovakav tip mikroslojevitosti može se nazvati i pseudomikroslojevitošću s obzirom na postupnost prijelaza. U kamenolomu postoje fino, grubo i krupno zrnasti varijeteti kamena. Određen je kao rudistni vapnenac tipa bioklastični packstone do grainstone, odnosno mikrokokit (biomikrit do bisparit) gornjokredne starosti. Eksploatira se u kamenolomima *Seget* i *Kučićeva kava* kraj *Trogira*. Grafovi na slikama 5 i 6 prikazuju tijek ispitivanja kapilarnog upijanja vode.



Sl. 5. Grafički prikaz kapilarnog upijanja vode u  $\text{g/m}^2$  za prirodni kamen Seget kao funkcija kvadratnog korijena vremena ( $\text{s}^{0,5}$ )



Sl. 6. Grafički prikaz kapilarnog upijanja vode u  $\text{g/m}^2$  za prirodni kamen Seget kao funkcija vremena (min)

Prirodni kamen *Seget*, s vrlo izraženom međuzrnskom poroznošću, pokazuje znatno veće kapilarno upijanje vode od varijeteta *Kanfana*. Nakon  $294 \text{ s}^{0,5}$  (sl. 5), odnosno nakon 1440 min (sl. 6), postiže maksimum kapilarnog upijanja vode po jedinici površine odnosno  $2019 \text{ g/m}^2$ . Prividna anizotropija odnosno nehomogeno nizanje bioklasta različitih dimenzija u pripravcima je tijekom ispitivanja bilo orijentirano dijagonalno (pod kutom od  $30^\circ$ ). U kamenolomu *Seget* ovaj se varijetet tradicionalno eksploatira horizontalnim i vertikalnim rezovima tako da je položaj strukturnih elemenata u blokovima vidljiv redovito pod nagibom od  $30^\circ$ . Oblik krivulja pokazuje da kapilarno upijanje vode ima homogene značajke i pored toga što sustav pora nije u potpunosti homogen zbog nehomogenog nizanja bioklasta. Prema obliku krivulje može se zaključiti da sustav sadrži pore s postepenim prijelazom od onih većega presjeka prema manjem. U prvih 100 minuta kapilarno upijanje doseže  $750 \text{ g/m}^2$ , što je znatno više nego li je to kod prethodnog varijeteta.

Prema grafu na sl. 6 može se zaključiti da je preko 78 % kapilarno upijene vode ( $>1500 \text{ g/m}^2$ ) postignuto nakon 480 min što je jedna od veoma važnih značajki analizira-

nog pripravka kamena. Nakon 30 min postiže upijanje vode preko  $530 \text{ g/m}^2$  što je znatno više u odnosu na varijetet *Kanfana* koji u prvih 60 min postiže kapilarno upijanje u iznosu od  $257 \text{ g/m}^2$  (u prvih 30 min oko  $138 \text{ g/m}^2$ ).

## ZAKLJUČAK

Često upotrebljavani te na domaćem i stranom tržištu poznati i cijenjeni varijeteti prirodnog kamena *Kanfana* i *Seget* ukazuju na značajne razlike u kapilarnoj vodoupojnosti izraženoj u gramima po  $\text{m}^2$  površine kamena (sl. 3, 4, 5 i 6). Taj podatak ne znači nužno da je jedan od njih dobre, a drugi loše kakvoće. Svaki od navedenih varijeteta prirodnog ili arhitektonsko-građevnog kamena, s obzirom na istaknute značajke, treba promatrati različito u različitim uvjetima ugradnje.

Ako se temeljem podataka u tablici 1. analizira udio relativne poroznosti u apsolutnoj može se zaključiti da između ispitivanih varijeteta postoje zanimljive razlike. Posebno se ističe prirodni kamen *Kanfana* koji ima bitno drugačiji udio relativne poroznosti u odnosu na apsolutnu poroznost prema varijetetu *Seget*. Kod varijeteta *Kanfana* taj udio iznosi 82 % u odnosu na 65 % kod *Segeta*.

Iako se kod ispitivanja kapilarnog upijanja vode uzorci ne uranjaju u potpunosti u vodu, konačna količina upijene vode u  $\text{g/m}^2$  površine kamena trebala bi biti gotovo proporcionalna količini upijene vode klasičnim postupkom izraženo u mas. %. Što je kapilarno upijanje vode veće, veće je i klasično upijanje.

Istraživanje je pokazalo da postoje jasne granice u kakvoći pojedinih varijeteta kamena s obzirom na raspored i ukupni obujam pora. Kameni varijeteti mogu sadržavati razne tipove pora te mogu i ne moraju imati slične vrijednosti apsolutne i relativne (otvorene) poroznosti. Prostorni raspored, povezanost i veličina presjeka pora u kamenu stoga su vrlo važni. Utječu na količinu i brzinu upijene vode. Dobiveni rezultati pokazuju da struktura kamena u jednom slučaju može blokirati kapilarno upijanje vode a u drugom ga povećati.

Neosporno je da raspodjela pora, veličina njihovih presjeka i ukupni obujam, čine jedno od najvažnijih fizičkih svojstva kamena. Indirektno sustav pora, posebice kad je zapunjen vodom, solima ili ledom, utječe na mehanička svojstva kamena. Vidljivo je to danas na brojnim oštećenjima na ugrađenom kamenu, posebno na površinama izloženim oborinama i slično.

Postavlja se pitanje kako koristiti dobivene rezultate. Važnost određivanja kapilarnog upijanja vode trebalo bi razmatrati i u skladu s klimatskim promjenama u jednome danu, ali i u kraćim vremenskim razmacima kada su moguće velike promjene u odnosu na temperaturu, vlažnost, oborine i mraz. To su razdoblja u kojima je otapanje, kretanje i ponovno deponiranje topivih soli pojačano. Sa spomenutim promjenama potrebno je usporediti vrijeme upijanja, zadržavanja, cijedenja i sušenja kamena u konstrukcijama. U tom pogledu je prikaz rezultata kapilarnog upijanja u minutama pogodniji. Između ispitivanih uzoraka postoje velike razlike u količini kapilarno upijene vode. Kod *Kanfana* upijanje je izvedeno u smjeru slojevitosti, baš onako kako se taj varijetet orijentira kod ugradnje zbog dekorativnih značajki. Kod varijeteta *Kanfana* dominiraju stiloliti, orijentirani u svim pravcima ponajviše duž slojevitosti.

Takav pristup upućuje nas da bi, s obzirom na nehomogenost, uzorke trebalo ispitivati okomito i paralelno sa slojevitošću i drugim anizotropnim elementima. Za takva ispitivanja treba imati birane i reprezentativne uzorke. Na cijedenje vode iz kamena i su-

šenje utječu nagle klimatske promjene. Opasno je ako do smrzavanja dolazi dok je kamen još ispunjen vodom. Stoga bi u budućnosti, za neke varijetete kamena, ispitivanja trebalo proširiti i na mjerenje vremena sušenja.

Utvrđene značajke kapilarne vodoupojnosti prirodnog kamena potrebno je koristiti prije ugradnje. Njihovo uzimanje u obzir trebao bi biti temelj značajke upotrebe kamena u graditeljstvu. Istraživanje je pokazalo da varijetetima prirodnog kamena *Kanfana* i *Seget* treba osigurati cijeđenje (odvodnju) u nekim konstrukcijama izloženim povremenom ili učestalom vlaženju.

Odgovarajućim načinom ugradnje, ispitivanim se varijetetima kamena, posebno u otežanim uvjetima, može produžiti vijek postojanosti dva do tri puta. Slično se može zaključiti i za mnoge druge varijetete našeg prirodnog kamena, pretežito karbonatnog sastava, a koji su nešto osjetljiviji nakon ugradnje u odnosu na silikatni kamen. Posebice se to odnosi na orijentaciju kamenih elemenata u odnosu na različite čimbenike koji utječu na propadanje kamena posebice u vlažnim uvjetima.

#### LITERATURA:

- Chilingar, G.V., Bissell, H.J. & Wolf, K.H. (1967): "The diagenesis of carbonate rocks". In: Larsen, G. & Hilingar, G.V. (ed.), *Diagenesis in Sediments*. – Elsevier Publ. Co.
- Choquette, P.W. & Pray, L.C. (1970): "Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates". *Amer. Assoc. Petro. Geoll. Bull.*, 54, 207-250.
- Fitzner, B. (1988), iz Winkler, E.M. (1997): *Stone in Architecture (Properties, Durability)*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- HRN EN 1925 (1999), Metode ispitivanja prirodnog kamena – određivanje koeficijenta kapilarnog upijanja vode.
- Leighton, M.V. & Pendexter, C. (1962): "Carbonate rock types". In: Ham, W.E.(ed.), *Classification of Carbonate Rock.- Am. Assoc. Petrol. Geologists, Mem.*, 1, 33-61.
- Mamillan, M. (1981), iz Winkler, E.M. (1997): *Stone in Architecture (Properties, Durability)*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- Sidraba, I., Normandin, K.C., Cultrone, G. & Scheffler, M.J. (2004): "Climatological and regional weathering of Roman travertine. Proceedings of the International Conference Lux Lapis (Light and Stone) 2002." :*Architectural and sculptural stone in cultural landscape*, 211-228. Charles University in Prague, The Karolinum Press, Prague.
- Tišljar, J. (1987): *Petrologija sedimentnih stijena*. Sveučilište u Zagrebu, 242 str., Zagreb.
- Tomašić, I. & Ženko, T. (1993): "Utjecaj strukturno teksturnih značajki i dijagenetskih procesa na poroznost arhitektonskog kamena". *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, Vol. 5, 165-172; Zagreb.
- Tomašić, I., Fistrić, M. & Vrkljan, M. (1997): "Estimation of resistance of stone Aggregates to Recrushing". *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 9, 41-47, Zagreb.
- Tomašić, I., Vrkljan, M., Helinger, G., Bušić, M. & Tibljaš, D. (2000): "Postojanost trahit-trahandezita ugrađenog na pješačko-kolničkoj konstrukciji". *Rudarsko-geološko-naftni fakultet*, Vol. 12, 89-98, Zagreb.
- Winkler, E.M. (1997): *Stone in Architecture (Properties, Durability)*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.

## IMPORTANCE OF TESTING CAPILLARY WATER ABSORPTION OF STONE

### Summary

The research presents results of water absorption determination of natural stone samples by capillarity.

Two Croatian natural stone carbonate varieties were analysed for this paper, *Kanfana* from quarry in Istria and *Seget* from quarry near Trogir.

Natural stone *Kanfana* (*Istrian Yellow*) is tawny colour limestone petrographically defined as stylolitized oncoid floatstone.

Natural stone *Seget* is limestone from homogenous to microbedded structure with visible pores, white to yellow in colour. In some parts it has stripes in bluish tone consist of bioclasts.

Analysed samples of domestic (Croatian) natural stone varieties show considerable differences in water absorption (expressed in g/m<sup>2</sup>) showed as a function of square root of time expressed in seconds (s<sup>0.5</sup>) or as a function of elapsed time in minutes. Testing was performed by method specified in European standard EN 1925:1999 accepted in European Union and in Croatia. Gained results shown in this article could be very useful during in-building, especially concerning the various orientations of stone elements in different stone construction. That could decrease the negative influence of different factors during the stone decay especially in wet conditions.