

Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture

Jure Lasić

Projekt Baza – Brotis arhi zajednica, Brotis d.o.o. Čitluk, mag. oecol., jure.lasic@brotis.eu

Katarina Šimunović

Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu, Split, univ. bacc. ing. arch., katarinasimunovic1507@gmail.com

Sažetak: Keramika se izdvaja kao jedan od najvažnijih materijala u građevinarstvu, arhitekturi, industriji i umjetnosti, a njene prednosti u usporedbi s kamenom i drvetom čine je izuzetno vrijednom zbog raznovrsne primjene i dugotrajnosti. Jedna od ključnih prednosti keramike je njena otpornost na vlagu, kemikalije i visoke temperature, gdje kamen i drvo mogu biti podložni oštećenjima uslijed vlage ili truljenja. Keramički materijali su izuzetno laki za održavanje i mogu se jednostavno čistiti bez upotrebe jakih kemikalija. Keramika nudi širok spektar dizajnerskih mogućnosti i razne površinske obrade koje i diktiraju njenu primjenu u prostoru. Moguće je kreirati razne boje, oblike i teksture, što omogućava prilagodbu različitim stilovima interijera i eksterijera. Ova estetska fleksibilnost čini keramiku omiljenim izborom za arhitekte i dizajnere, dok kamen i drvo, iako lijepi, mogu biti ograničeni u svojoj paleti i dizajnerskim mogućnostima. Keramika se može reciklirati, a njeni resursi su često lako dostupni što doprinosi njenoj sve većoj popularnosti u suvremenoj primjeni. Njena prilagodljivost i dugotrajnost omogućavaju ne samo funkcionalnost, već i estetski doprinos svakom prostoru.

Ključne riječi: keramika, proizvodni proces, vezivi materijal, tehnička svojstva keramike, standardi i certifikati

Ceramics as an important element of design and architecture

Abstract: Ceramics stands out as one of the most important materials in construction, architecture, industry, and art, and their advantages compared to stone and wood make them exceptionally valuable due to their versatile application and durability. One of the key advantages of ceramics is their resistance to moisture, chemicals, and high temperatures, where stone and wood can be susceptible to damage from moisture or decay. Ceramic materials are exceptionally easy to maintain and can be easily cleaned without the use of strong chemicals. Ceramics offer a wide range of design possibilities and various surface finishes that dictate their application in space. It is possible to create different colors, shapes, and textures, allowing adaptation to different interior and exterior styles. This aesthetic flexibility makes ceramics a popular choice for architects and designers, while stone and wood, although attractive, can be limited in their range and design possibilities. Ceramics are recyclable, and their resources are often readily available, contributing to their growing popularity in modern applications. Their adaptability and durability provide not only functionality but also an aesthetic touch to any space.

Key words: ceramics, production process, binding material, technical properties of ceramics, standards and certificates

Lasić, J., Šimunović, K.

Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture

1. UVOD

U ovom stručnom radu obrađena je tema keramike kao materijala, njenog načina proizvodnje i njene pravilne primjene od interijera do eksterijera. Riječ keramika dolazi od grčke riječi *keramos*, koja je označavala glinu kao materijal ili proizvode izrađene od pečene gline. Osnovni materijali keramike uključuju glinu, feldspat¹ i kvarcni pijesak, koji se pečenjem pretvaraju u čvrste i izdržljive proizvode. Ova transformacija ne samo da daje keramici karakterističnu čvrstoću i otpornost na habanje, već i omogućava raznolike oblike i estetske završne obrade. Pored svoje funkcionalnosti, keramika se često koristi i kao medij za umjetničko izražavanje istražujući njene mogućnosti kroz različite tehničke obrade i stilove. Ovaj spoj tradicije i inovacije čini keramiku fascinantnim predmetom studija i istraživanja te u ovom kontekstu, keramika ostaje ključni dio ljudske kulture, simbol kreativnosti i vještine kroz vjekove [1].

Pored keramike u fazi njene primjene na projektima u ovom radu bit će obrađen i kratak osvrt na vezivni materijal i ulogu ljepila za keramiku, fuga, silikona, hidroizolacije, itd. Budući da i keramika EU proizvodnje prolazi kroz provjere i kontrole kvalitete prije puštanja na tržište, u radu će se navesti glavne regulative i certifikati koje i vezivni materijal mora imati kako bi zadovoljio zahtijevanu kvalitetu i bio adekvatna podrška za keramiku.

1.1. Keramika kroz povijest

Keramika je jedan od najstarijih ljudskih materijala, a njen razvoj može se pratiti kroz stoljeća. Najstariji poznati dokaz upotrebe keramike potječe iz istočne Azije i datira približno 18.000 godina iz razdoblja kasnog paleolitika. U špilji Xianrendong u kineskoj provinciji Jiangxi pronađeni su fragmenti grubo oblikovanih keramičkih posuda koje su vjerojatno korištene za kuhanje ili skladištenje hrane (slika 1).



Slika 1. Najstariji keramički fragment pronađen u špilji Xianrendong

Za vrijeme neolitskog doba, oko 10.000 p.n.e., ljudi su počeli koristiti keramiku za izradu posuđa za čuvanje hrane i vode, što je bilo ključno za razvoj poljoprivrede i stacionarnog

¹ Feldspat je grupa minerala koji čine oko 60% Zemljine kore, što ih čini najzastupljenijim mineralima u kori. Oni su silikati koji sadrže elemente kao što su kalij (K), natrij (Na), kalcij (Ca), i aluminij (Al), a često se koriste u industriji keramike, stakla i građevinskih materijala. Feldspati su važni jer poboljšavaju otpornost keramike na toplinu i utječu na boju i prozornost staklenih i keramičkih proizvoda.

Lasić, J., Šimunović, K.

Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture

načina života. Ove rane posude često su bile ukrašene različitim motivima, što ukazuje na rast estetske svijesti i kulturnih normi. U antici, keramika je postala bitan dio svakodnevnog života. U staroj Grčkoj razvijen je poseban stil keramike poznat kao "crvenofiguralna" i "crnofiguralna" keramika, koja je bila ukrašena složenim slikama i pričama iz mitologije. Za vrijeme srednjeg vijeka keramika se dalje razvijala u različitim kulturama, uključujući kinesku, gdje je stvorena fina porculanska keramika koja se i danas smatra jednim od najcjenjenijih oblika.

S industrijskom revolucijom u 18. stoljeću, proizvodnja keramike postaje masovnija, a nove tehnike pečenja i glaziranja omogućavaju stvaranje raznovrsnih oblika i boja. Danas, keramika se koristi ne samo u domaćinstvima, već i u industrijskim primjenama, tehnologiji i umjetnosti, čineći je jednim od najvažnijih materijala u ljudskoj kulturi [2].

1.2. Razvoj metoda izrade keramike kroz povijest

Terracotta (lat. *terra* – zemlja, *cotta* – pečena, što u konačnici možemo prevoditi kao pečena zemlja) je tradicionalni materijal koji se povijesno koristio za oblaganje zidova i podova, a tragovi njene primjene nalaze se danas i u Hrvatskoj, primjerice u ranokršćanskoj bazilici u Poreču iz 6. stoljeća (slika 2.). S vremenom su razvijene tehnike oslikavanja površine terracotte, koje su uključivale dodatno pečenje nakon nanošenja glazura, što je omogućilo stvaranje majolika još jednog poznatog načina izrade keramike - vrste keramičkih pločica poznatih po bijeloj glazuri s plavim cvjetnim motivima.



Slika 2. Eufrazijeva ranokršćanska bazilika u Poreču

Tehnološki razvoj doveo je do pojave dviju metoda pečenja: monocotture i bicotture. Monocottura uključuje proizvodni proces keramike koristeći jedno pečenje tijekom procesa izrade, dok bicottura zahtijeva dvostruko pečenje. Razlika između ovih metoda ogleda se u apsorpciji vode. Kod monocotture postotak upijanja vode u rasponu od 3% do 6%, dok kod bicotture ta vrijednost doseže od 10% do 15% pa u nekim slučajevima i više što smanjuje kvalitetu i trajnost krajnjeg proizvoda te je ta metoda s vremenom napuštena. Bicottura se svojevrsno ranije koristila kao oblik tehnološkog procesa gdje je bila podjela poslova najviše radi uštede na njemu. Naime, određene tvornice su proizvodile tijelo pločice dok su druge radile površinsku glazuru pa je zbog toga dolazilo do duplog pečenja. Ovaj proces je naravno izbačen zbog zadržavanja velikog postotka vode unutar tijela pločice čime ona zapravo gubi na svojim svojstvima kvalitete. Mikroskopski kada promotrimo keramiku koja je napravljena

Lasić, J., Šimunović, K.

Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture

procesom bicotture, moguće je uočiti oblike nalik šupljikavom siru, a zbog tankih veza između rupa prilikom prvog smrzavanja pločica dolazilo bi do pucanja što je bio najočitiji pokazatelj da postupak izrade nije zadovoljavajući. Iako se na prvu pomisao čini da bi dva puta pečena pločica trebala imati bolja tehnološka svojstva to ovdje nije slučaj. Zbog toga jednom pečena pločica procesom monocotture prihvaćena je kao najbolja. Ovaj proces se dalje razvijao kroz predstojeće godine upravo zbog razvoja tehnologije, odnosno samih peći koje su iz godine u godinu postajale duže, a i sami se postupak pečenja s vremenom regulirao i postajao sve bolji i bolji.

Zadnjih 50ak godina dolazi do pojave gres porculana. Gres porculan predstavlja inovaciju u oblaganju s izuzetno niskom razinom upijanja vode ispod 1% što je s vremenom postala Europska norma za ovu vrstu keramičkih obloga, a kod pojedinih suvremenih proizvođača dodatnim razvojem tehnologije postotak apsorpcije vode ide ispod 0,01%. Njihovom pojavom na tržištu katkada je dolazilo je do pogrešnog poimanja proizvoda. Krivo poimanje se odnosilo na to da je gres porculan keramika u čijem sastavu materijala ima i mljevenog granita koji mu daje čvrstoću i nizak stupanj apsorpcije vode. To naravno nije slučaj jer gres porculani su proizvodi razvoja keramike kroz povijest koji je najviše rezultiran razvojem tehnologije proizvodnog procesa (temperatura pečenja, dužine pečenja, prešanja i sl.) [1].

2. OSNOVNI SASTOJCI KERAMIKE

Keramika se kao materijal dobiva miješanjem gline, kvarcnog pijeska i feldspata, tj. kaolina² što su glavni sastojci. Kao takva glina ima funkciju osiguranja plastičnosti tijela keramike, kvarcni pijesak predstavlja osiguranje kostura dok karbonati i feldspati doprinose staklastosti keramike. Sastav keramike isključivo radi zadovoljavanja njezine bolje kvalitete najčešće uključuje omjer različitih glina različitih lokaliteta i to najčešće udio od 50% ukrajinske i 50% njemačke gline, kako bi se na taj način osigurala postojanost kvalitete promatrane keramike.

Glina kao osnovni materijal za izradu keramike po definiciji je hidratizirani alumosilikat pomiješan s kvarcnim pijeskom, vapnencem i željeznim oksidima. Posebne karakteristike gline uključuju visok stupanj upijanja vode (čak do 80%), visoku plastičnost i ljepljivost, sposobnost zadržavanja oblika nakon pečenja te zatezanje prilikom sušenja. Primjena gline pratila je sami razvoj tehnološkog procesa i usporedni razvoj keramike od crvene gline koja se ranije koristila kao glavni i jedini materijal, a danas se sve više mijenja bijelom glinom koja je po samom kemijskom sastavu kvalitetnija i skuplja te daje bolje i kvalitetnije proizvode u konačnici. Glina je materijal koji se prirodno eksploatira iz prirode, a kako je ranije navedeno različiti lokaliteti određuju i njenu kvalitetu. Što se tiče europskih zemalja najpoznatija prirodna nalazišta gline su Ukrajina, Češka, Rusija, Njemačka i Turska.

Kada se postavlja pitanje zašto je bitna kvaliteta gline prije svega glinu treba sagledati kao prirodni materijal koji je nesavršen jer nema ista svojstva kao kamen i ostali prirodni materijali. Ako se primjerice glina kopa na 10 metara dubine već na 11 metara ista može imati odstupanja u kvaliteti koja se moraju zbog toga testirati prije puštanja u proizvodnju. Bolje gline su one koje imaju odgovarajući stupanj čistoće postignut kontroliranjem veličine čestica i sadržaja vlage potrebnog za daljnju obradu. Dobra kvaliteta gline bitna je radi tehnološkog procesa jer se glina već prilikom prvog prešanja skupi u postotku od 5% do 6%. U sastavu keramike pijesak predstavlja regulator skupljanja dok se feldspati znaju skupiti čak i do 50% [2].

² Kaolin je vrsta mineralne gline koja se sastoji prvenstveno od minerala kaolinit, odnosno hidriranog aluminijum-silikata. Ova glina je obično bijele boje, ali može imati i druge nijanse, u zavisnosti od prisutnosti raznih nečistoća. Koristi se u proizvodnji porculana, keramike, cigle i pločica zbog svoje bijele boje i sposobnosti da izdrži visoke temperature.

3. PROIZVODNI PROCES KERAMIKE

U proizvodnji keramičkih pločica najzastupljenije su tri tehnike oblikovanja gline: prešanje, ekstrudiranje i lijevanje. Prešanje je najčešće korištena metoda u kojoj se materijal formira kalupom s obje strane i obrađuje uz zadani pritisak. Sadržaj vlage u ovakvom procesu je od 5% do 6%. Ekstrudiranje, napredna tehnika, koristi trakasti oblik gline koja se reže na fragmente sa sadržajem vlage između 15% i 20%. Lijevanje, koje se smatra inferiornijim procesom jer se njime dobivaju proizvodi različite debljine i veličine, karakterizira udio vlage između 30% i 35% te kao takvo rezultira varijabilnom masom zbog prirode izlijevanja [3].

3.1. Proces obrade gline

Cijeli proizvodni proces obrade gline započinje doziranjem sirovine koju bageri transportiraju u lijevke gdje se glina u zadanom omjeru miješa s vodom. Materijal se miješa i melje u nekoliko komora kako bi se postupno usitnio kroz niz sita gušće mreže. Na taj se način provodi selekcija granula prema veličini, sve do željene granulacije, a važna stavka je njihovo održavanje zbog sprječavanja začepjenja pora. Isti je slučaj i s vagama jer ih je potrebno redovito baždariti i mijenjati kako ne bi svojim odstupanjima ometale proizvodni proces i narušavale točne omjere materijala. Tijekom usitnjavanja u prvoj komori granule su dimenzijski najveće te, uz prisustvo tekućine i sita, padaju u drugu komoru, gdje se ponovno odvajaju veće granule od manjih. Manje granule zatim prelaze u treću komoru, gdje poprimaju zaobljeniji oblik sličan ping-pong lopticama (slika 3). Tijekom procesa usitnjavanja kroz komore iz materijala se izdvaja aluminijev silikat, a na kraju i samo željezo, kako bi se izbjegle kasnije nepravilnosti na površini konačnih proizvoda.



Slika 3. Usitnjene granule iz treće komore

3.2. Obrada tlakom i temperaturom za stvaranje granula

Nakon procesa usitnjavanja kroz sita, smjesa poprima kašasti oblik i smješta se u bazene (slika 4), gdje se ponovno dodatno miješa kako bi se svaki od sastojaka pravilno sjedinio. Svaka smjesa sadrži različitu kombinaciju materijala, ovisno o tome što je planirano za proizvodnju. Nakon toga, dio smjese prebacuje se u silose, odnosno lijevke, u kojima su smješteni plamenici. Tamo temperature dosežu do 550 °C dok tlak iznosi između 15 i 20 bara. U sirovinu se ubrizgava tekućina, a kombinacija tlaka i temperature u tom procesu stvara

Lasić, J., Šimunović, K.

Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture

granule sferičnog oblika i postotka vlage od 5% do 6 % kako bi se kasnije lakše oblikovale. Tijekom prešanja, ako materijal ne sadrži dovoljno vlage, nije ga moguće sabiti – u protivnom se zbijaju samo čestice praha. Tako nastale granule pohranjuju se u silose odakle nastavljaju u proces prešanja.



Slika 4. Prikaz bazena sa sjedinjenom smjesom

3.3. Proces prešanja

U procesu prešanja (slika 5) granule se sabijaju u kompaktnu smjesu u obliku ploče, prije samog procesa dekoriranja. Danas postoje dvije metode prešanja, suho i polusuho prešanje, a razlika među njima je u tlaku. Tijekom prešanja ne samo da se sabija sastav, već se i deformiraju čestice, što dovodi do njihovog usitnjavanja unutar ukupnog volumena. Proces prešanja podijeljen je u dvije faze. Prva faza predstavlja preliminarno sabijanje smjese, pri čemu se smanjuje tlak kako bi se uklonio zrak istisnut iz smjese. Druga faza dovršava postupak i stvara biskvit koji zadržava oblik. Proces se izvodi pomoću kalupa, čija leđa mogu biti u obliku linija, saća, mreža i slično, dok se lice prilagođava ovisno o tome želi li se postići glatka ili neka druga struktura. Snaga prešanja također se s vremenom razvijala, a danas u prosjeku iznosi oko 8600 t/m². U boljim tvornicama snaga presa kreće se oko 8600 t/m², a nerijetko doseže i do 26 000 t/m². Nakon prešanja slijedi postupak dehidracije, tijekom kojeg prešana pločica putuje u komoru sa spiralama, gdje je temperatura medija komore 120 °C, kako bi se iz nje izvukla vlaga. Ovaj postupak iznimno je važan jer je potrebno ukloniti vlagu u postotku od 5% do 6 %, koja je bila neophodna za postupak prešanja. Ako bi vlaga zaostala u kasnijem procesu pečenja to bi rezultiralo pucanjem pločice.

Lasić, J., Šimunović, K.

Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture



Slika 5. Proces prešanja

3.4. Proces dekoriranja

Tehnologije za proces dekoriranja također su se mijenjale kroz povijest, a prva od njih bila je sitotisak. Riječ je o platnu s rupicama, na koje se boja nanosila pomicanjem lopatice lijevo-desno, ostavljajući otisak na površini pločice. S razvojem tehnologije, sitotisak su zamijenili valjci (pr. Rotocolor valjak), koji su bili dužine od 90 do 350 cm, a u jednom proizvodnom procesu koristilo ih se između 5 i čak 15. Razlika među valjcima bila je u "količini dizajna" – prilikom procesa dekoriranja prvi valjak ostavljao je prvi sloj dizajna, zatim drugi, treći itd., pri čemu je svaki valjak nanosio svoj sloj. Što se tiče ponavljanja uzoraka, slični dijelovi pojavili bi se tek nakon svakog 124. ponavljanja dizajna. Boja se ulijevala izravno u valjak, omogućujući precizno doziranje boje tijekom aplikacije. Razlika između sitotiska i Rotocolor valjka (slika 6) bila je u tome što je sitotisak imao vidljiv raster, dok je kod Rotocolor valjka to bio slučaj samo ako se koristilo povećalo.



Slika 6. Rotocolor valjak za dekoriranje

Lasić, J., Šimunović, K.

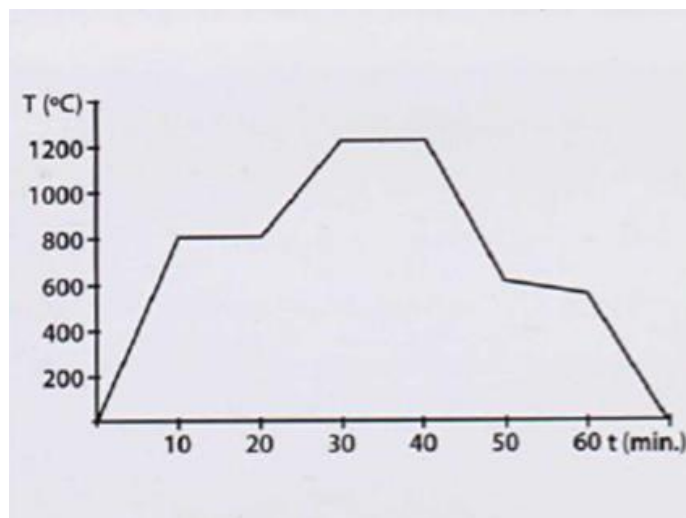
Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture

Najnoviji proces dekoriranja, koji se danas najčešće koristi, jest Inkjet printer. Ovaj uređaj koristi dizajn oblikovan u grafičkim programima, omogućujući ispis bilo kojeg željenog uzorka. Ujedno je riječ o jeftinijoj i ekološki prihvatljivijoj opciji zbog jednostavnijeg procesa pripreme dizajna novih kolekcija. Inkjet printer sastoji se od velike glave u kojoj se boja nalazi u tekućem stanju i dozira se računalno, prema unaprijed definiranom dizajnu. Prije uvođenja Inkjet tehnologije, a u nekim tvornicama i danas, u proizvodnom se procesu koristila metoda nanošenja glazura na površinski sloj keramike. Glazura je bila smjesa s upijajućim solima koje su prodirale duboko u pločicu i kasnije se polirale kako bi pločica dobila tzv. *full-body* efekt. Danas je velik broj tvornica odustao od te metode jer su neglazirane pločice znatno kvalitetnije. Tvornice koje i dalje koriste glazure često nakon dekoriranja štampom nanose sloj stakla (tj. fino mljevenog stakla) na površinu pločice prije samog pečenja. Ovaj sloj pruža sjajnu završnu obradu, no ima isključivo estetsku funkciju. Ako se takva pločica postavi u prostor s visokim prometom ljudi (npr. atrij), površinski sloj stakla s vremenom će se istrošiti ili oštetiti. Do oštećenja može doći i ako pločica dođe u kontakt s kamenčićem od kvarca u obući – kvarcni kamen na Mohsovoj skali tvrdoće ima vrijednost 8 ili 9, dok je tvrdoća stakla znatno niža, što uzrokuje njegovo ljuštenje i uništavanje.

3.5. Proces pečenja

Nakon što je pločica pripremljena u pogledu omjera materijala, prešanja i dekoriranja, slijedi najvažniji proces koji određuje njezinu kvalitetu, a to je proces pečenja. Drugi značajan faktor jest vremensko trajanje pečenja kroz koje pločica prolazi. Općenito, što je proces duži, to je kvaliteta pločice veća. Prve modernije peći za keramiku bile su dužine od 90 do 100 metara, no razvojem tehnologije ovaj segment je unaprijeđen, tako da danas prosječna dužina peći iznosi 120 metara, dok u boljim tvornicama one dosežu i 150 metara. Kod pečenja pločica velikih formata dužina peći mora biti još veća zbog njihove površine, pa u tim slučajevima peći mogu doseći i do 250 metara. Unutar peći nalaze se valjci koji vode pločicu kroz cijeli postupak, a izrađeni su od bijelih alumina koji podnose izuzetno visoke temperature. Budući da su kontinuirano izloženi toplini zbog održavanja kvalitete procesa potrebno ih je redovito mijenjati kako ne bi narušavali proizvodni postupak. Temperatura kroz koju pločica prolazi započinje od nule i postupno raste kako se kreće kroz peć. Na temperaturama do 200°C dolazi do isparavanja zaostale vlage, a na 300 do 400°C izgaraju organske tvari poput organskog ugljika i humusa. Pri 500°C sagorijevaju kaolinit i drugi prirodni minerali prisutni u glini, dok na 700 do 800°C izgara sav preostali koks. Iznad 800°C dolazi do raspada glinenih komponenti u okside uz stvaranje silicija i glinice. Razmak između pločica koje ulaze u peć mora biti najmanje 1 cm jer, kada dosegnu najvišu temperaturu, pločice i valjci postaju užareni i djeluju kao jedno tijelo. U centralnom dijelu peći smješteni su plamenici, postavljeni iznad i ispod, gdje se postiže najviša temperatura od 1250°C. Na toj temperaturi pločica ostaje određeno vrijeme. Nakon toga, temperatura počinje opadati i, jednako kao što je postupno rasla, mora se postupno smanjivati. Vrlo je važno regulirati uvjete proizvodnog procesa u kojem se keramika peče, jer atmosferski uvjeti, poput vlage i temperature prostorije, mogu znatno utjecati na proces pečenja, a samim time i na kvalitetu krajnjeg proizvoda.

Ponekad razlika u temperaturi (slika 7.) od samo 1 °C može značajno utjecati na ton i kalibar pločice, stoga je ključno precizno pratiti te parametre. Pločica izlazi iz peći s temperaturom od 120 °C i postupno se hladi do atmosferske temperature kako bi mogla nastaviti daljnje procese obrade.



Slika 7. Temperaturna krivulja kod procesa pečenja

Posebno je važno napomenuti da pri hlađenju, dok temperatura ne padne na 560°C, proces mora biti postupan i ne smije se odvijati prebrzo. Ako bi se temperatura naglo spustila, moglo bi doći do pucanja ili savijanja pločice. Peći unutar tvornica nikada se ne gase i rade neprekidno, 24 sata dnevno. Jedina iznimka je tijekom održavanja pogona i uvođenja novih tehnologija, no i to se pažljivo kontrolira, budući da je zaustavljanje procesa pečenja (slika 8.) vrlo skupo. Energent koji se koristi jest prirodni plin, a za kvalitetu keramike također je vrlo važna duljina pečenja. Ona uvelike ovisi o debljini pločice – primjerice, za pločicu debljine 10 mm minimalno je potrebno oko 50 minuta pečenja, za pločicu od 14 mm 90 minuta, dok za pločicu od 20 mm proces pečenja traje čak 4 sata.



Slika 8. Peć u kojoj se odvija proces pečenja

3.6. Proces provjere čvrstoće pečene pločice

Nakon što je pločica završila proces pečenja i postigla sobnu, atmosfersku temperaturu, ista prolazi kroz još jedan proces provjere prije daljnje obrade za završnu površinsku obradu. To je proces provjere čvrstoće, u kojem se pločica tretira batom težine 160 kg. Ova provjera provodi se isključivo u slučaju da u pločici tijekom pečenja slučajno ostane molekula zraka, jer se ona nakon pečenja više ne može ukloniti. Bat je izrađen od tvrde plastike, a tijekom provjere zategne se i udara o površinu pločice. Ako pločica nema zaostalih molekula zraka, prolazi test i ide u daljnji proces obrade, a ako pukne, taj se dio odvaja u poseban spremnik i kasnije reciklira u proizvodnji. Ova provjera iznimno je važna kako bi se spriječile greške u proizvodnji i kako bi kvaliteta pločice bila neupitna.

3.7. Retificiranje

Pločica, ako je prošla kontrolu čvrstoće, ide na proces retificiranja, koji joj daje točan kalibar i usavršava njezine rubove, što kasnije olakšava njezinu primjenu pri postavljanju. Retificiranje (slika 9) nekada je bio skup proces, no danas je, razvojem tehnologije, taj segment pojednostavljen i predstavlja bitan dio proizvodnje.



Slika 9. Proces retifikacije pločica

Proces retificiranja odvija se tako da pločica nakon kontrole linijom dolazi u područje retificiranja gdje se nalaze tri zone diskova. Prvi disk odstranjuje višak na rubovima uzrokovan prešanjem i pečenjem pločice, drugi disk oblikuje rub pločice, a treći disk zaglađuje površinu, nakon čega dva kutna brusa stvaraju blago zakošenje na samom rubu kako retificirana pločica ne bi bila preoštra, što prilikom primjene može biti problem (rezanje i rukovanje). Često postoji pogrešna percepcija da se pločice u ovom procesu laserski režu na željenu dimenziju, no to nije točno jer laser ne može rezati ni retificirati pločicu. Njegova je uloga diktiranje pravca rezanja, dok ostali dio posla obavljaju dijamantni rezači, koji su dio diskova u procesu retificiranja. Na kraju retificiranja senzor provjerava i precizira kalibar.

Radi dodatne provjere uvodi se i ručna kontrola, pri kojoj se svaki 500. komad provjerava je li retifikacija pravilno izvedena i odgovara li kalibar pločice. Osim provjere kalibra, uvijek se provjerava i ortogonalnost kutova, jesu li ispravni ili se pločica u proizvodnom procesu iskrivila.

EU norma za odstupanje u kalibrima iznosi 5 % u odnosu na format pločice. Tako je, primjerice, za pločicu formata 30 cm × 30 cm dozvoljeno odstupanje u kalibru od 1,5 mm. U proizvodnji se uvijek teži monokalibru, odnosno nastoji se da sve pločice budu istog kalibra. Primjerice, za pločicu formata 60 cm × 60 cm njezin je kalup zapravo 72 cm, jer se tijekom proizvodnog procesa (dehidracija, sušenje, pečenje itd.) gubi voda, a samim time i volumen, što uzrokuje dimenzijsko smanjenje pločice. Samo u fazama prije retificiranja procjenjuje se da se pločica smanji za 10 cm, dok su preostala 2 cm rezervirana za proces retificiranja. Proces retificiranja vrlo je važan za primjenu pločice, posebice pri određivanju fuge. Za neretificiranu pločicu fuga mora biti 3 mm, dok za retificiranu mora biti 2 mm. Fuga je odgovorna za ispravljanje sustava i potencijalno izbjegavanje problema. Danas je razvijen leveling sustav s odstojnicima, kajlama i pratećom opremom, koji pomaže pri ugradnji keramike. Još je važnije što fuga omogućuje dilataciju. Dilatacije u estrihu moraju pratiti dilatacije pločica, jer ako se sustavi ne poklope, može doći do pucanja. Estrih kao podloga ima mogućnost širenja i skupljanja u različitim vremenskim uvjetima, dok keramika tu prilagodljivost nema, zbog čega su fuge od ključne važnosti. Upravo zato što estrih ima mogućnost skupljanja

Lasić, J., Šimunović, K.

Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture

i širenja, dilatacije se izvode svakih 4 m × 4 m u unutarnjim prostorima, odnosno 3 m × 5 m u vanjskim prostorima.

3.8. Poliranje

Poliranje je, prije svega, površinska obrada pločice, a danas u tehnologijama razlikujemo klasično poliranje i polupoliranje. Klasično poliranje izvodi se s dva velika diska s dijamantnim brusovima, koji površinski skidaju 0,5 mm pločice, nakon čega 40 glava daje finalni sjaj (svaka se sastoji od 6 brusova koji poliraju pločicu, a sama granulacija ide od grublje 140 do najfinije 4000). Danas neke tvornice koriste 30 glava u početnom poliranju radi uštede u proizvodnom procesu, a postupak upotpunjuju primjenom stakla u funkciji zaglađivanja mikropora. Takva se proizvodnja smatra jeftinijom, a proizvod je možda jednostavniji za održavanje zbog staklaste površinske strukture, no ipak to nije proizvod iste kvalitete kao onaj bez stakla. Naime, pri većoj primjeni stakla te u kontaktu s čvršćim tvarima (prema Mohsovoj skali) dolazi do lakšeg oštećenja površine. Proces polupoliranja izvodi se s 5 – do 20 glava, pri čemu se ne koriste dijamantni brusovi, već metalni u kombinaciji sa spužvama, koji daju omekšanu površinu s blagim sjajem (bez visokog sjaja). Danas tehnologije poliranja idu od *lapatto* – grubo polirane pločice, kod koje se postupak izvodi tvrdim diskovima. Ako pločica ima površinski žlijeb, polira se samo vrh, dok sitne rupice ostaju i daju joj grublju strukturu. Takve pločice teže su za održavanje, ali se primjenjuju isključivo u vanjskim prostorima zbog protukliznosti. Najmekša obrada pločice u današnjem tehnološkom procesu je *satinato*, pri kojoj se koriste mekše spužve i četke. Za razliku od *lapatto* obrade, polira se cijeli površinski sloj (neovisno o tome ima li žlijbove ili ne), čime se postiže ujednačena završna obrada, mekana na dodir, što je čini prikladnom za interijere u kojima je važno osigurati lakše održavanje.



Slika 10. Linije pogona za poliranje

Proces poliranja prethodno prikazan na slici 10. povezan je s PEI oznakama, koje se odnose na glazirane pločice i određuju koliko okretaja u minuti je potrebno za njihovu površinsku obradu. Pri tome se razlikuju sljedeće oznake:

- PEI 0 – 150 okretaja u minuti
- PEI 5 – čak 18 000 okretaja u minuti

Za razliku od glaziranih pločica, tehnološki i kvalitativno su uvijek bolje neglazirane pločice, koje imaju bolja svojstva otpornosti na habanje (s garancijom korištenja i do 30

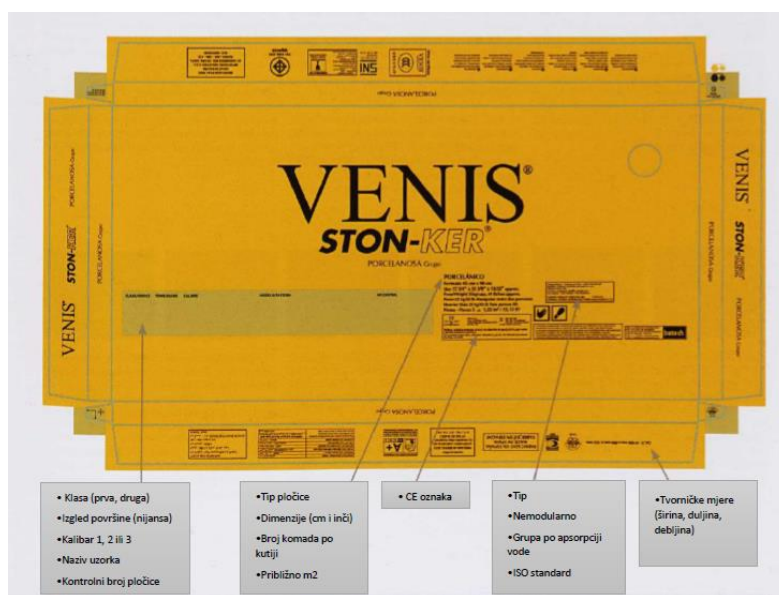
Lasić, J., Šimunović, K.

Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture

godina), a i sam tisak u procesu dekoracije prodire dublje u pločicu. Važno je napomenuti da tijekom procesa poliranja nastaju sitne mikropore, koje se prilikom ugradnje pločice moraju očistiti od zaostale mase za fugiranje i prašine. Taj postupak treba obaviti unutar 24 do 48 sati nakon ugradnje pločica, jer ako se mikropore ne očiste, može doći do stvaranja kamenca, koji će s vremenom promijeniti izgled pločice u smislu potamnjenja, ovisno o primjeni i atmosferskim uvjetima. Današnja sredstva za čišćenje keramike sadrže solnu kiselinu, što s jedne strane pomaže jer ona uništava i otapa zaostali kamenac, no s druge strane može oštetiti fugu. Zato je kod prvog pranja vrlo važno dobro isprati površinu čistom vodom kako ne bi došlo do oštećenja fuge. Danas neki proizvođači, kako bi zatvorili sitne mikropore u proizvodnom procesu, koriste mljeveno staklo fine granulacije, koje dodatno zatvara mikropore. Nakon procesa poliranja, pločice velikih formata idu na dodatno ojačanje putem implementacije sitne mrežice na tijelu pločice, čime se poboljšavaju njezina svojstva za primjenu na fasadama i u prostorima s većom uporabom (podovi, kuhinjske ploče, itd.). Završna faza uključuje nanošenje površinske antibakterijske zaštite – danas je to Microban tehnologija, koja se temelji na srebrnim ionima i ima glavnu funkciju sprječavanja razmnožavanja bakterija na površini što olakšava primjenu i održavanje.

3.9. Pakiranje

Nakon što je proizvodni proces završen pločica je prošla kroz sve prethodno opisane faze i provjere slijedi proces pakiranja gdje se pločice odlažu prvo u kartonske kutije, a nakon toga u palete spremne za daljnji transport. Prije pakiranja svaka pločica dobiva svoj tehnički list koji predstavlja odraz kolekcije unutar koje je proizvedena, ali i odraz uvjeta unutar kojih je proizvedena. Tehnički list odgovara za kvalitetu pločice te je bitan segment specifikacije za projekte, ali i reklamaciju ukoliko dođe do nje. Svaki paket pločica kao i tehnički list mora sadržavati najbitnije podatke o pločici, ali i o rezultatima proizvodnog procesa. Pod spomenutim podacima podrazumijeva se naziv pločice, ton, kalibar, klasa, šifra pločice, odgovorna osoba za kontrolu kvalitete, datum i vrijeme proizvodnje i sl. Pločice se nakon pakiranja slažu na paletu, paleta se plastificira radi dodatne zaštite i odvozi u skladište gdje svaka pločica ima svoje paletno mjesto odakle se kasnije uzima za transport [4]. Na slici 11. prikazan je primjer paketa sa svim informacijama o proizvodu.



Slika 11. Primjer paketa sa svim informacijama o proizvodu

4. TEHNIČKE RAZLIKE IZMEĐU KERAMIKE I GRES PORCULANA

U ovom dijelu rada bit će prikazane neke od tehničkih karakteristika koje odlikuju keramiku i gres porculan te temeljne tehničke razlike među njima.

Prva od njih je gustoća koja je po definiciji veličina određena kao količnik mase i volumena nekog tijela. Nisu i ne mora značiti da su deblji formati uvijek veće gustoće jer se često mogu pronaći primjeri gdje je vidno tanja pločica (npr. 5 mm) teža nego što je to slučaj sa debljom (npr. 1cm ili više) i to je naravno povezano sa procesom prešanja. Zato kada govorimo o gustoći ona je povezana sa načinom izrade te tako nije ista za keramičke pločice i gres porculanske pločice. Stupanj gustoće kod gres porculanskih pločica je znatno veći pa je samim time i stupanj primjene u projektima širi (kao podne i zidne obloge za interijer i eksterijer). Kod keramičkih pločica stupanj gustoće je niži i upravo radi toga i uža primjena (kao zidne obloge za interijer), no kod njih za razliku od gres porculanskih pločica možemo raditi razne aplikacije kao što su razni reljefi, strukture, oblici i sl.

Pored gustoće jedna od glavnih karakteristika je i čvrstoća koja je predstavljena kroz tri parametra, a to su čvrstoća na savijanje, udarna snaga i tvrdoća. Parametar čvrstoće na savijanje razlikuje se za keramičke i gres porculanske pločice jer je koeficijent kod keramike oko 25 MPa dok je kod gres porculana kreće od 40 MPa do 49 MPa. Parametar udarne snage nema brojčanu vrijednost, ali zbog parametra gustoće prilikom izrade gres porculan ima bolju udarnu snagu od keramičkih pločica zbog čega se često primjenjuje za podove. Parametar tvrdoće mjeri se po Mohsovoj minerala od 1 do 10 gdje keramika ima tvrdoću od 4 do 6 dok gres porculanske pločice imaju tvrdoću 7 kao kvarc.

Otpornost na habanje (abraziju) PEI³ je podijeljena prema klasama i primjeni na osnovu opterećenja kako slijedi

- PEI 0 – minimalna trajnost (oblaganje zidova),
- PEI 1 – primjena za zidove ili eventualno podove gdje je niska frekventnost,
- PEI 2 – obloga podova ili zidova stambenih prostorija,
- PEI 3 – obloga koja je otporna na habanje (za prostorije koje imaju pristup ulici ili frekventne zone kao npr. uredi i sl.),
- PEI 4 – primjena u stambenim i komercijalnim uvjetima (hoteli, restorani, trgovine i sl.),
- PEI 5 – primjena za javne površine sa visokim stupnjem frekventnosti (zračne luke, shopping centri).

Otpornost na smrzavanje je sposobnost materijala da izdrži višestruke temperaturne promjene od minusa do plusa, pogotovo važno za vanjsku oblogu u eksterijeru. Ispitivanja se vrše za temperature od -20 do +20°C kroz cikluse. Keramičke pločice mogu izdržati 25 do čak 125 ciklusa promjene temperature iz -20 do +20°C dok gres porculanske izdržavaju čak 300 ovakvih ciklusa.

Poroznost je predstavljena kao koeficijent količine vode koji pločica može primiti na osnovu njenog sastava. Ona se ispituje na način da se proizvedena pločica stavi u vodu na 24h. Poroznost se označava oznakom E pri čemu postoje sljedeći tipovi pločica ovisno o postotku poroznosti:

- 0,5% - tu su svrstane gres porculanske pločice koje ne upijaju vodu, otporne su na mraz (svojstvo apsorpcije vode usko povezano sa time), imaju manje pore (voda se ne može u većoj mjeri širiti po tijelu pločice što je u nepovoljnim uvjetima kao što je led, snijeg i sl. prednost jer ne dovode do pucanja),
- 0,5 – 3%- tu su keramičke pločice koje blago upijaju – monocottura
- 3% - 10 % i više - tu su keramičke pločice koje upijaju vodu – monoporosa.

³ PEI (Porcelain Enamel Institute) - Institut za porculansku emajlaciju

Nadalje, protukliznost je svojstvo površine pločica da pruže sigurno prianjanje pod nogama ili obućom, smanjujući rizik od klizanja. Ovo svojstvo posebno je važno u prostorima gdje su podovi često mokri ili skloni prljanju, poput kupaonica, kuhinja, terasa, bazena ili industrijskih prostora. Izbor pločica s odgovarajućom razinom protukliznosti ovisi o specifičnim potrebama prostora i sigurnosnim standardima. Standard za javne objekte u EU za protukliznost je R10. Protukliznost se određuje sa njemačkim testom na kosini gdje se podna obloga premaže uljem ili sapunicom i određuje na dva testa i to:

- test obućom (gdje je podloga premazana uljem) pri čemu postoji klasifikacija u grupe na osnovi nagibnog kuta kosine i to:

- o 3-10° - R9,
- o 10-19° - R10,
- o 19-27° - R11,
- o 27-35° - R12,
- o preko 35° - R13,

- test na bosu nogu (gdje je podloga premazana sapunicom) pri čemu postoje tri klasifikacijske skupine prema efektu klizanja. Prilikom testa osoba se kreće preko podloge naprijed i natrag dok se podna obloga sve više naginje dok se osoba ne posklizne hodajući sitnim koracima, a taj postignuti kut nagiba je zapravo mjera protukliznosti koje daju klasifikacijsku grupu kako slijedi:

- o A – najmanji nagib s kutom do 12° - korištenje keramike s ovom oznakom za područja opterećena vlagom (tuševi), mokri hodnici, dna bazena i sl.,
- o B – veći nagib s kutom do 18° - korištenje keramike s ovom oznakom za područja opterećena vlagom (tuševi), mokri hodnici, dna bazena i sl.,
- o C – najveći nagib s kutom do 24° - korištenje keramike s ovom oznakom je za vrlo skliske podne obloge kao pr. stepenice za ulazak u bazene i sl.

Protukliznost je obrnuto-proporcionalna s čišćenjem i održavanjem tako da što pločica ima višu ocjenu protukliznosti teže se i održava te je zbog toga bitno prvo pranje nakon postavljanja (radi mikropora) [3].

5. CERTIFIKATI I EKO OZNAKE ZA KERAMIKU

Certifikati koje keramičke pločice trebaju imati ovise o njihovoj namjeni, zakonodavstvu određene zemlje i standardima kvalitete. Međutim, postoje neki univerzalni certifikati i standardi koji su ključni za osiguranje sigurnosti, kvalitete i održivosti, a među njima najvažniji su:

- ISO 10545 - međunarodni standard za ispitivanje keramičkih pločica koji obuhvaća karakteristike poput otpornosti na habanje, apsorpcije vode, kemijske otpornosti i otpornosti na lomljenje i savijanje.
- CE oznaka - obavezna oznaka za proizvode koji se prodaju na europskom tržištu. Ova oznaka potvrđuje da pločice zadovoljavaju osnovne sigurnosne zahtjeve EU direktiva.
- LEED - certifikat koji vrednuje doprinos proizvoda održivom razvoju i gradnji. Pločice certificirane LEED oznakom pokazuju nisku emisiju štetnih tvari i koriste reciklirane materijale.
- Ecolabel - EU oznaka za proizvode koji zadovoljavaju visoke ekološke standarde, poput niske emisije CO₂ i minimalnog utjecaja na okoliš.
- GREENGUARD - potvrda da pločice ne ispuštaju štetne hlapljive organske spojeve (VOC), čime se osigurava bolja kvaliteta zraka u zatvorenom prostoru.
- NSF - certifikat za pločice namijenjene prehrambenim i medicinskim prostorima, osiguravajući lako čišćenje i otpornost na bakterije.

- Carbon footprint – oznaka za emisije karbonskih produkata u prvom redu emisije stakleničkih plinova prilikom procesa proizvodnje pločica.
- ISO 14021 – oznaka proizvoda dobivenih od recikliranog materijala (glina ili ostali sastojci potrebni za proizvodnju pločica ili pločice koje nisu prošle provjeru kontrole kvalitete).
- ISO 50001 – oznaka standarda za smanjenje potrošnje energije i emisije stakleničkih plinova.
- ISO 9001 – oznaka za estetske i tehničke karakteristike kroz sustave kontrole kvalitete te za dizajn, distribuciju i sl.
- EPD – ekološke deklaracije za razgradnju proizvoda (standard za područja graditeljstva koji objašnjava novi održivi model za smanjenje utjecaja na okoliš).

Pri odabiru pločica, važno je provjeriti imaju li one relevantne certifikate za sigurnost, kvalitetu i ekološku prihvatljivost, osobito ako će se koristiti u specifičnim uvjetima (poput mokrih ili vanjskih prostora). Pločice koje zadovoljavaju ove standarde ne samo da osiguravaju dugotrajnost već i dodatnu sigurnost i održivost [4].

6. INSTALACIJA KERAMIKE

Postavljanje keramike je čest i važan građevinski zahvat koji se primjenjuje u gotovo svim vrstama prostora – od stambenih do poslovnih i javnih objekata. Osim što pločice pružaju estetsku vrijednost, one su i praktične zbog svoje otpornosti na vlagu, habanje i jednostavnog održavanja. Kako bi krajnji rezultat bio kvalitetan i dugotrajan, važno je pravilno slijediti sve korake procesa postavljanja keramike. Stoga, u nastavku ovog rada prikazane su neke od glavnih preporuka i uvjeta koje moraju biti zadovoljene kako bi instalacija pločica (slika 12.) bila uspješna, a sam sustav instalacije bio kvalitetno napravljen.

1. Postavljanje keramičkih pločica treba izvršiti kvalificirano osoblje s dokazanim iskustvom i odgovarajućim alatima i opremom kao što su nazubljene lopatice, odstojnici i kajle za pločice, gumeni čekići i vakuumske čašice za ugradnju te gumene lopatice, spužve i posude za fugiranje, itd.

2. Potrebno je provjeriti jesu li podloga i baza koje se prekrivaju stabilne i pogodne za polaganje keramičkih pločica. Preporuka je da se svi vlažni prostori hidroizoliraju.

3. Površine koje se oblažu moraju biti potpuno očišćene od prašine ili bilo kojih drugih tvari koje bi mogle utjecati na prianjanje pločica.

4. Radno mjesto mora biti dovoljno osvijetljeno kako bi instalacija bila uspješna, osobito rubovi između pločica. Električna rasvjeta gradilišta koja se preporučuje za osvijetljivanje treba projicirati svjetlost jaču od normalne.

5. Potrebno je odabrati vrstu ljepila ovisno o uvjetima i pločicama koje se koriste. Izbor pločica i ljepila ključni su za naknadno izvođenje cjelokupnog procesa postavljanja. Čimbenici koje treba uzeti u obzir su vrsta keramičkog materijala, format pločica, podloga i krajnja namjena (bilo koji promet kojem će biti izložen, sigurnosni zahtjevi u pogledu padova i sl.).

6. Jedini preporučeni sustav pričvršćivanja je ugradnja na tanki sloj pomoću nazubljene lopatice. Tehnika dvostrukog lijepljenja (ljepilo se nanosi i na podlogu i na stražnju stranu keramičkih pločica) preporučuje se za pločice formata većeg od 1000 cm². Bitno je ukloniti sve tragove vezivnog materijala koji mogu ostati na površini pločice prije postavljanja, pazeći da fuga ostane čista kako bi se olakšalo fugiranje. Nije preporučljivo koristiti metalne alate ili tupe predmete za čišćenje koji bi mogle oštetiti površinu pločica.

7. Prilikom rukovanja potrebno je posebno paziti da ne bi došlo do grebanja, lomljenja ili pucanja pločica, a osobito retificiranih. Prije instalacije, uvijek je još jednom potrebno provjeriti jesu li pločice bez nekih nedostataka.

8. Fuge za fugiranje trebaju biti najmanje 1,5 mm za unutarnje podove i 3 mm za vanjsko popločavanje. Za instalacije s pomaknutim fugama, pločice je potrebno rasporediti na

sustav 3/4. Preporuka je i korištenje samonivelirajućih odstoynika za pločice. Prije korištenja, za sustav denivelacijskih prijelaza potrebno je izvršiti preliminarni test pločicama koje će se postavljati i provjeriti separatore tijekom procesa loma jer se pločica oštećuje. To je posebno često kod reljefnih ili retificiranih pločica.

9. Potrebno je slijediti preporuke proizvođača u pogledu pripreme i upotrebe ljepila. Ljepilo u većoj debljini nije preporučeno i ne nanosi se više nego što je navedeno na tehničkom listu proizvoda. Također je potrebno provjeriti sposobnost vlaženja ljepila na keramičku pločicu s jedne na drugu stranu pokretom. Ljepilo ispod pločica ravnomjerno se raspoređuje jer različite debljine mogu uzrokovati defekte na rubovima uzrokovane različitim skupljanjem vezivnog materijala. Prilikom postavljanja u blizini prethodno instaliranih pločica, potrebno je procijeniti je li moguće skupljanje što je onda potrebno kompenzirati.

10. Rubne spojeve koji se pojavljuju na kutovima, promjene razine popločavanja i druge promjene materijala treba pokriti oblogom od pločica ili samom pločicom i zabrtviti fleksibilnim brtvilom. Minimalna širina fuge u ovom slučaju treba biti 8 mm.

11. Potrebno je voditi računa o strukturnim spojevima jer dilatacijske zglobove treba postaviti prema uputama.

12. Tijekom instalacije i na kraju dana odnosno prije stvrdnjavanja vezivnog materijala potrebno je provjeriti kvalitetu obavljenih radova. Ispravljanje bilo kakvih nedostataka se radi pomoću vakuumske čašice i gumenih čekića.

13. Prije fugiranja potrebno je provjeriti je li vezni materijal očvrsnuo nakon čega se uklanjaju odstoynici i kajle, čisti se prostor fuge po dužini, širini i dubini te se provjerom potvrđuje da fuga slučajno nije vlažna.

14. Fuge treba izvoditi kada su pločice potpuno pričvršćene na supstrat što se tiče popločavanja pri čemu je nužno slijediti preporuke proizvođača ljepila kako bi se osiguralo dovoljno vremena prije postavljanja poda po kojemu će se hodati ili koji će biti izložen određenom opterećenju. Na taj način će se izbjeći pomicanje i/ili lom.

15. Materijal i odabrani alati ne smiju oštećivati površinu pločica i potrebno je nanijeti fug masu pomoću gumene lopatice.

16. Nakon fugiranja potrebno je pričekati da se fug masa počne sušiti, a zatim ju je potrebno očistiti navlaženom spužvom u čistoj vodi. Ne smije se dopustiti da se smjesa za fugiranje stvrdne na pločici, posebno na teksturiranim pločicama, niti se smije fuga natapati viškom vode.

17. Važno je i zaštititi popločenje od preranog opterećenja, druge konstrukcije, lošeg vremena, ogrebotina, abrazije, udaraca i slično.

18. Za čišćenje uvijek se koristite proizvodi kompatibilni s kemijskom otpornošću pločica. Pri tome se ne preporučuje korištenje jakih deterdženta koji sadrže abrazive ili sredstva za čišćenje koja sadrže fluorovodičnu kiselinu (HF). Ova kiselina nagriza glazuru i kao takva može uzrokovati nepopravljivu štetu na pločicama [3].



Slika 12. Proces instalacije pločica

7. FUNKCIJA VEZIVNIH MATERIJALA

Vezivni materijali su od velikog značaja u industriji keramike, građevinarstva, arhitekture i sličnih djelatnosti jer osiguravaju trajno povezivanje, zaštitu i estetski završetak keramičkih proizvoda. Ovisno o tipu proizvoda i njihovoj primjeni u nastavku ovog rada bit će opisani neki od ključnih vezivnih materijala kao što su ljepila za keramiku, fuge, hidroizolacija, silikoni i drugi najčešće korišteni vezivni materijali.

Ljepila za keramiku koriste za spajanje keramičkih pločica i drugih keramičkih elemenata na različite podloge, kao što su beton, gips, ili drvo. Njihove glavne funkcije uključuju:

- snažno prijanjanje - osiguravaju čvrsto prijanjanje između keramike i podloge čime se povećava otpornost na mehanička opterećenja i vibracije,
- fleksibilnost - mnogi proizvodi su formulirani s fleksibilnim sastavom što im omogućava da podnesu pomjeranja i naprezanja bez pucanja,
- otpornost na vlagu i smrzavanje - kvalitetna ljepila otporna su na vlagu i temperature što ih čini pogodnim za upotrebu u vlažnim prostorijama, kao što su kupaoalice, kuhinje ili vanjski prostori.

Fuge su vezivni materijali koji se koriste za popunjavanje praznina između keramičkih pločica nakon postavljanja. Njihove funkcije uključuju:

- estetiku - fuge daju završni izgled keramičkim podovima i zidovima, a dostupne su u različitim bojama i teksturama,
- zaštitu od prodiranja vode - kvalitetne fuge sprječavaju prodiranje vode i vlage, čime se smanjuje rizik od oštećenja podloge i formiranja plijesni,
- smanjenje naprezanja - fuge omogućavaju malo pomjeranje između pločica, što smanjuje rizik od pucanja keramike zbog naprezanja, pr. potresi.

Hidroizolacija je proces zaštite građevinskih elemenata od prodiranja vode. U keramici, hidroizolacijski materijali su važni za:

- zaštitu podloga - sprečavaju prodiranje vode u podlogu što može dovesti do oštećenja strukture i smanjenja trajnosti,
- održavanje unutrašnjosti suhom - u kupaoalicama, kuhinjama i sl., hidroizolacija pomaže u održavanju suhe unutrašnjosti sprečavajući tako pojavu vlage i plijesni,
- povećanje dugotrajnosti - korištenjem hidroizolacijskih materijala produžuje se vijek trajanja keramičkih pločica i podloga.

Silikoni su fleksibilni materijali koji se koriste za brtvljenje ili zaštitu spojeva u keramičkim konstrukcijama. Njihove ključne funkcije su:

- brtvljenje⁴ - silikoni sprječavaju prodor vode i vlage u spojeve između keramičkih elemenata i drugih materijala,
- fleksibilnost - zbog svoje elastičnosti silikoni mogu podnijeti pomjeranja i vibracije bez pucanja, što ih čini idealnim za upotrebu u vlažnim prostorijama,
- otpornost na kemikalije - silikoni su otporni na mnoge kemikalije i temperature što ih čini pogodnim za upotrebu u različitim okruženjima.

Pored već navedenih, postoje i drugi vezivni materijali koji se koriste u keramici, a to su:

- cementne smjese - koriste se za lijepljenje težih keramičkih pločica, kao i u građevinskim radovima, pružajući tako visoku čvrstoću i otpornost na pritisak,
- epoksidna ljepila - ova ljepila su izuzetno jaka i otporna na kemikalije što ih čini pogodnim za industrijske primjene i podloge koje su izložene teškim uvjetima, a često se koriste primjerice u bazenima radi konstantnog kontakta s vodenim medijem.

⁴ Brtvljenje označava proces zatvaranja spojeva, pukotina ili otvora kako bi se spriječio prolaz tekućina, plinova, prašine ili drugih čestica. U različitim industrijama i primjenama koriste se posebni materijali i metode za brtvljenje kako bi se osigurala zaštita, otpornost i dugotrajnost sustava, uređaja ili građevinskih elemenata.

Uloga vezivnih materijala u keramici je višestruka i ključna za postizanje trajnosti, funkcionalnosti i estetike keramičkih proizvoda. Od ljepila i fuga do hidroizolacija i silikona, svaki materijal doprinosi poboljšanju performansi i dugotrajnosti keramičkih instalacija. Razumijevanje ovih materijala omogućava bolje planiranje i izvođenje keramičkih radova što u konačnici vodi do kvalitetnijih i dugotrajnijih rješenja. U nastavku ovog rada bit će riječ o regulativama i certifikatima koje vezivni materijali moraju imati kako bi zadovoljili svoju, ali i kvalitetu proizvoda s kojim se koriste. Sve regulative propisane su europskim standardima, a važni su radi specificiranja na projektima, a posebice na onima unutar zemalja Europske unije.

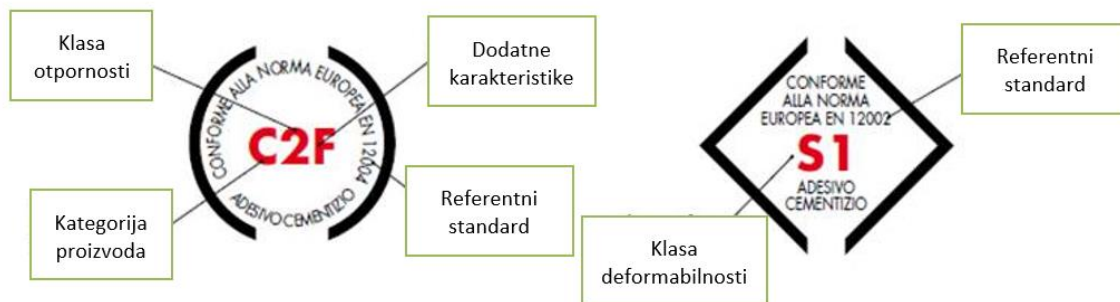
8. EUROPSKE REGULATIVE ZA VEZIVNI MATERIJAL

Proizvođači visokokvalitetnih građevinskih materijala, uključujući vezivne materijale za keramiku i kamen, moraju zadovoljiti stroge europske regulative kako bi njihovi proizvodi bili sigurni, pouzdani i prikladni za tržište Europske unije. Ove regulative obuhvaćaju tehničke, zdravstvene i ekološke zahtjeve koji osiguravaju da su materijali u skladu s propisanim standardima. U nastavku slijedi pregled ključnih europskih normi i certifikata koje vezivni materijali trebaju posjedovati, a to su:

- CPR 305/2011 regulativa je regulativa koja je obavezna za neke vrste građevinskih materijala, a posebno za proizvode i sustave za popravak i obnovu betonskih konstrukcija te za estrihe i žbuke među koje se ubrajaju i vezivni materijali za postavljanje keramike na podove i zidove. Ovi građevinski materijali moraju imati oznaku CE na svojim pakovanjima kako bi se mogli prodavati na području Europske Unije. Da bi pakovanje imalo oznaku CE proizvođač mora posjedovati izjavu o sukladnosti s referentnim standardima i mora dokazati da je ispunio te standarde putem specifičnih ispitivanja. Sirovine, procesi proizvodnje i upitni proizvodi također moraju biti kontrolirani prema planu periodičnih ispitivanja koja su definirana zakonom. Stoga, usuglašenost s regulativom CPR 305/2011 osigurava kvalitetu proizvoda i njihovu prikladnost za namjene koje proizvođač navodi.
- Regulativa EN 12004:2017 je regulativa kojom se utvrđuju kriteriji i metode ispitivanja za klasifikaciju ljepila za keramiku za podove i zidove te srodne materijale. Prema ovoj regulativi ljepila se dijele u 3 kategorije koje su označene slovima abecede kako slijedi:
 - C = cementna - praškasta ljepila na bazi cementa koja se miješaju s vodom ili drugim odgovarajućim tekućinama u trenutku korištenja na gradilištu.
 - D = disperzivna - paste ljepila na bazi sintetičkih polimera u vodenoj disperziji. Ova su ljepila spremna za upotrebu.
 - R = reaktivna - ljepila koja se sastoje od dva ili više spojeva koja se moraju miješati u trenutku korištenja na gradilištu.

Za svaku od kategorija postoje posebne klasifikacije na temelju rezultata ispitivanja otpornosti. Pri tome klasa 1 predstavlja normalno ljepilo koje doseže minimalne zahtijevane razine otpornosti u svim ispitivanjima dok klasa 2 predstavlja ljepilo super snage s višom otpornosti od one zahtijevane. Regulative također specificiraju dodatne karakteristike koje ljepila klase 1 i 2 imaju (slika 13) a one su:

 - E = produženo vrijeme otvaranja,
 - T = otpornost na klizanje,
 - F = brzo stvrdnjavanje.



Slika 13. Primjer regulative EN 12004:2017

Ova regulativa između ostalog utvrđuje i kriterije ispitivanja i metode za klasifikaciju ljepila za podne i zidne obloge u keramici i sličnim materijalima na temelju njihove deformabilnosti. Tako se ljepila dijele u dvije skupine kako slijedi:

- S1 = deformabilna ljepila - ljepila koja dosežu deformabilnost od $\geq 2,5$ mm u specifičnim ispitivanjima,
- S2 = visoko deformabilna ljepila - ljepila koja dosežu deformabilnost od ≥ 5 mm u specifičnim ispitivanjima.
- CPR 305/2011 regulativa je regulativa kojom se utvrđuje da ljepila za podove i obloge ispunjavaju minimalne zahtjeve ispitivanja u skladu s EN 12004 te da su sirovine, procesi proizvodnje i gotovi proizvodi podložni kontrolnom planu, uključujući specifična ispitivanja i periodičnost. Neke od dodatnih propisanih karakteristika ljepila prema ovoj regulativi su:
 - brzo sušeće verzije,
 - bijela, super bijela ili siva ljepila,
 - ljepila bez pijeska (za mozaike),
 - ljepila s ograničenim prašinom,
 - verzije ljepila u dvije konzistencije,
 - jednoslojna i dvoslojna ljepila,
 - ljepila ojačana vlaknima,
 - lagana ljepila,
 - ljepila s dodatkom Microbana kao tehnologije koja sprječava rast i razvoj bakterija na određenim površinama.

Na slici 14. prikazana je tablica pravilnog odabira ljepila prema njegovoj primjeni.

Lasić, J., Šimunović, K.
Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture

	EN 12004	C2 TE S1	C2 TE S2	C2F TE S2	C2 TE S1	C2 TE S1	C2 TE S1	C2 TE S1	C2F T S1	C2F S1	C2 TE	C2 TE	C2 TE	C2F
Glavne karakteristike														
Max. debljina (mm)	15	20	30	20	20	20	20	15	15	20	15	10	10	15
Veliki format	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
Intenzivni promet	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
Vodonepropusnost bazen	120	120	90	90	90	60	90	90	90	90	30	30	NE	30
Beton	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	60	60	60	60
Sredstva za postizanje vodonepropusnosti	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	30	30	NE	30
Estri i Zanka	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	90	90	60	90
Stari pod	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	30*	30*	NE	30*
Beton	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	120	120	90	120
Sredstva za postizanje vodonepropusnosti	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	120	90	60	90
Grizana podloga	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120**	90**	60**	90**
Estri i Zanka	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	120	120	90	120
Tekuci estri	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	90	90	60	90
Sukci pisa	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	90	60	30	60
Stari pod	360	360	360	360	120	120	120	120	120	120	90*	90*	60*	90*

Niska prašnost

Opačano vlaknima

Otklono

Pranjenjivi omjer snijega

Antimikrobna tehnologija

CERTIFIKATI

EMISSIOMI DANS L'AIR INTERIEUR

Duljina veće strane (cm)

≤ 30	≤ 90
≤ 60	≤ 120
	≤ 360

Slika 14. Tablica pravilnog odabira ljepljiva prema primjeni

- Regulativa EN 13888 je regulativa kojom se utvrđuju kriteriji ispitivanja i metode za klasifikaciju fuga (slika 15) za keramičke pločice i slične materijale. Prema ovoj regulativi fuge se dijele u dvije kategorije sa sljedećim oznakama:
 - CG = cementne - praškaste fuge na bazi cementa koje se miješaju s vodom ili odgovarajućom tekućinom u trenutku korištenja na gradilištu. Za proizvode u ovoj kategoriji postoje dvije posebne klasifikacije na temelju rezultata ispitivanja, a to su klasa 1 i klasa 2. Klasa 1 označava normalnu fugu koja doseže minimalne zahtijevane razine u svim ispitivanjima dok klasa 2 označava fugu sa smanjenom apsorpcijom vode i visokom otpornošću na abraziju.
 - RG = reaktivne - fuge koje se sastoje od dva ili više spojeva koja se moraju miješati u trenutku korištenja na gradilištu.

Na slici 15. prikazana je klasifikacija fuga prema ovoj normi.



Slika 15. Klasifikacija fuga

- Regulativa EN 14891:2017 je regulativa koja utvrđuje kriterije, metode ispitivanja i zahtjeve za evaluaciju usuglašenosti, klasifikaciju i oznaku tekućih aplikacija vodonepropusnih proizvoda za upotrebu ispod keramičkih pločica povezanih ljepljivima. Prema ovoj regulativi proizvodi se klasificiraju u tri vrste:
 - CM - cementni tekući vodonepropusni proizvodi,
 - DM - disperzivni tekući vodonepropusni proizvodi,
 - RM - vodonepropusni proizvodi na bazi reaktivne smole.

Da bi se proizvod usklađivao s normom, mora imati između ostalog, čvrstoću prijanjanja $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ u svim ispitivanjima, mostnu otpornost $\geq 0,75 \text{ mm}$ i ne smije omogućiti prodor vode. Za svaku vrstu osigurane su sljedeće dodatne značajke:

- O - proizvodi s mostnom otpornošću $\geq 0,75 \text{ mm}$ pri niskim temperaturama (-5°C),
- P - proizvodi koji imaju minimalnu otpornost na prijanjanje $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$, čak i nakon ispitivanja s kloriranom vodom.
- Regulativa UNI 11493:2017 je regulativa koja služi kao vodič za izradu profesionalnog poda ili obloge koja može osigurati dugoročnu primjenu. Sastoji se od dva dijela:
 - Dio 1. "Upute za dizajn, instalaciju i održavanje", definira kvalitetu i izvedbu keramičkih pločica, pruža pravila i upute za odabir materijala, dizajn, instalaciju, upotrebu i održavanje te specifična tipična rješenja u skladu s normama, kako bi se osigurali i održali potrebni nivoi kvalitete i izvedbe tijekom vremena. Primjenjuje se na sve vrste keramičkih pločica. Neki osnovni zahtjevi koji se nalaze unutar njega uključuju: značajke i zahtjeve keramičkih pločica: pravilnost, trajnost, održivost, sigurnost,
 - zahtjeve vezane uz podloge: starenje, uvjeti, kompaktno stanje, otpornost, dimenzijska pravilnost, završna obrada površine i vlažnost,
 - odabir i specifikacija pločica, ljepila, materijala za fuge i tehnika instalacije vezanih uz podatke o projektu,
 - zahtjeve vezane uz raspored instalacije, kao što su minimalna širina fuge,
 - zahtjeve vezani uz spojeve,
 - dizajnerska rješenja za neka značajna rješenja: grijani podovi, bazeni, terase, fasade, postavljanje velikih formata pločica,
 - postavljanje: verifikacije, provjere i procedure,
 - upute za pravilno održavanje.
 - Dio 2. "Znanje, vještine i kompetencije za instalatere keramičkih podnih i zidnih pločica", definira ulogu instalatera, ističući osnovne zahtjeve zajedno s tijelom znanja, vještina i kompetencija.
- Regulativa EN 13813 je regulativa kojom se utvrđuju kriteriji ispitivanja i metode (slika 16.) za klasifikaciju premiješanih mortova⁵ za estrihe kako slijedi:
 - CT = premiješani mortovi za cementne estrije - praškasti mort na bazi cementa koji se miješa s vodom u trenutku korištenja na gradilištu,
 - C = otpornost na pritisak nakon 28 dana (N/mm^2),
 - F = otpornost na savijanje nakon 28 dana (N/mm^2),
 - A1 fl = otpornost na plamen.



Slika 16. Klasifikacija mortova

⁵ Građevinski mort je smjesa koja se koristi za spajanje građevinskih elemenata, poput cigle, kamena ili keramičkih pločica. Sastoji se od vezivnog materijala (cement, vapno), agregata (pijeska) i vode.

- Regulative EN 1504 i CPR 305/2011 utvrđuju kriterije i zahtjeve za ocjenu sukladnosti, klasifikaciju i opis proizvoda za zaštitu i obnovu betonskih struktura. Sastoji se od 10 dijelova, a u nastavku su kratko prikazani neki od najvažnijih:
 - dio 2 - specificira zahtjeve za identifikaciju, izvedbu (uključujući aspekte trajnosti), sigurnost i ocjenu sukladnosti proizvoda i sustava koji se koriste za zaštitu betonskih površina, kako bi se povećala trajnost betonskih struktura i armiranog betona, kao i za novi beton te za radove održavanja i obnove,
 - dio 3 – proizvodi se klasificiraju kao strukturirani i nestrukturirani proizvodi i dijele se u klase kako slijedi Klasa R4 / Klasa R3 | Klasa R2 / Klasa R1. Da bi se klasificirali kao klasa R4 i R3 proizvodi moraju imati veću otpornost u svim propisanim ispitivanjima u odnosu na proizvode klase R2 i R1, moraju imati viši elastični modul od ograničenja postavljenih standardom te moraju proći ispitivanje otpornosti na karbonizaciju,
 - dio 5 - definira i specificira zahtjeve u vezi s proizvodima i sustavima koji, kada se injektiraju u betonski element, obnavljaju integritet i trajnost strukture, koristeći se za ispunjavanje pukotina, šupljina i međuprostora u betonu radi prijenosa sila (kategorija F), za duktilno ispunjavanje pukotina, šupljina i međuprostora u betonu (kategorija D) te za ekspanzivno ispunjavanje pukotina, šupljina i međuprostora u betonu (kategorija S),
 - dio 7 - standard specificira zahtjeve za identifikaciju i izvedbu (uključujući trajnost) proizvoda i sustava koji se koriste za aktivne premaze ili barijerne premaze za zaštitu postojećeg armiranog čelika koji nije premazan i zakopan u betonskim strukturama koje se obnavljaju [5].

9. ZAKLJUČAK

Arhitektura je mnogo više od oblikovanja prostora i podizanja građevina. Ona oblikuje način na koji promatramo svijet oko sebe i utječe na naše svakodnevne živote, od toga kako se krećemo kroz prostor do toga kako se osjećamo unutar njega. Materijali igraju ključnu ulogu u arhitekturi jer odabir materijala definira karakter i ugođaj prostora. Isti prostor, oblikovan različitim materijalima, može u potpunosti promijeniti atmosferu i doživljaj korisnika. Pažljivo promišljeni odabir omogućava arhitektima i dizajnerima da izraze jedinstvene ideje, stvarajući prostore koji su ne samo funkcionalni već i estetski privlačni. Njihova dostupnost omogućuje stvaranje održivih prostora koji odgovaraju današnjim potrebama i odgovorno koriste resurse.

Keramika je posebno zanimljiv primjer materijala koji je prošao kroz veliki razvoj. Nekada korištena gotovo isključivo kao zidna ili podna obloga, keramika je danas jedan od najvažnijih materijala u modernoj arhitekturi i dizajnu. Zahvaljujući tehnološkim inovacijama, keramika se danas koristi i za fasadne sustave, dekorativne panele, pa čak i namještaj. Sposobnost keramike da oponaša druge materijale – poput kamena, drveta ili metala omogućuje dizajnerima da postiču različite estetske učinke bez ugrožavanja kvalitete ili trajnosti. Osim toga, keramika je ekološki održiva, otporna na vatru, vodu i vremenske uvjete što je čini savršenim izborom za suvremene zgrade koje zahtijevaju trajnost i nisku razinu održavanja. Uz sve te mogućnosti, arhitektura se danas nalazi u poziciji da postane još odgovornija i inovativnija nego prije. Kvaliteta materijala, njihova održivost i estetske vrijednosti igraju ključnu ulogu u oblikovanju prostora budućnosti. Arhitekti, koji danas imaju pristup bogatom spektru materijala, nisu više ograničeni tradicionalnim tehnikama i stilovima, već mogu istraživati nove mogućnosti i stvarati inovativne, održive prostore. U konačnici, arhitektura i dizajn materijala i dalje će se razvijati, obogaćujući naše prostore, kako unutarnje, tako i vanjske, i stvarajući okruženje koje reflektira vrijednosti suvremenog društva – odgovornost, inovativnost i estetiku.

Lasić, J., Šimunović, K.

Keramika kao bitan element dizajna i arhitekture

LITERATURA

1. Filetin, T., Kramer, I.: Tehnička keramika, 2. izdanje. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2005.
2. Ćurković, L.: Keramika, beton i drvo – skripta, Zagreb, 2011.
3. URL 1: <https://www.porcelanosa.com/en/> (Pristupljeno: 22.5.2025.)
4. URL 2: <https://www.panaria.net/> (Pristupljeno: 22.5.2025.)
5. URL 3: <https://www.laticrete.com/> (Pristupljeno: 22.5.2025.)