Sanacija kamenih fasada

Huljev, Antonio

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:952899

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište Sjever

Završni rad br. 287/GR/2017

Sanacija kamenih fasada

Antonio Huljev 4287/601

Varaždin, rujan 2017. godine

Sveučilište Sjever

Graditeljstvo

Završni rad br. 287/GR/2017

Sanacija kamenih fasada

Student

Antonio Huljev 4287/601

Mentor

Antonija Bogadi, dipl.ing.arh

Varaždin, rujan 2017. godine

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ANTONIO HULJEV *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom SANACIJA UMJETNIH FASADA *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ANTONIO HULJEV *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom SANACIJA UMJETNIH FASADA *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

(vlastoručni potpis)

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR-42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za graditeljstvo

PRISTUPNIK: Antonio Huljev | MATIČNI BROJ: 4287/601

DATUM: | KOLEGIJ: Zavrsni radovi i instalacije u graditeljstvu

NASLOV RADA: Sanacija kamenih fasada

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Stone facade restorations

MENTOR: Antonija Bogadi | ZVANJE: predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA:
1. prof.dr.sc. Božo Soldo
2. mr.sc. Vladimir Jakopec, predavač
3. Antonija Bogadi, predavač
4. Aleksej Aniskin, viši predavač
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 287/GR/2017

OPIS:

Pristupnik u radu izlaze nacine izvedbe sanacije kamenih fasada, sa posebnim naglaskom na izvedbu hidroizolacije, toplinske izolacije i kamene omotnice. Potrebno je graficki i tekstualno obrazloziti izvedbu vaznih konstruktivnih spojeva, npr. spoj vanjskog zida sa tlom, spoj vanjskog zida sa krovom, spoj vanjskog zida sa prozorom, na nacin da je vidljiva upotreba, polozaj i karakteristike razlicitih gradevinskih materijala. Temu je potrebno obraditi po slijedecim cjelinama: 1. Uporeba kamena kao fasadne obloge - karakteristike materijala, najcesce upotrebljavane vrste kamena u Hrvatskoj; 2. Izvedba sanacije kamenih fasada - nacini izvedbe sa arhitektonskim detaljima, 3. Sanacija kamenih fasada u Hrvatskoj - programi, subvencionirane potpore.

ZADATAK URUČEN: 10.3.2017. | POTPIS MENTORA:

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

Predgovor

Zahvaljujem se svojoj mentorici, dipl.ing.arh. Antoniji Bogadi, pred., na pruženoj pomoći tijekom izrade završnog rada, ali isto tako i tijekom svih kolegija koje je vodila. Zahvaljujem se na nesebičnom trudu kojeg je uložila da bi prenijela svoje znanje.

Također zahvaljujem se svim profesorima i asistentima Sveučilišta Sjever na studiju Graditeljstva na stečenim znanjima koje su mi prenijeli tijekom studiranja.

Na kraju zahvaljujem se svojoj obitelji na pruženom strpljenju i podršci tijekom dugogodišnjeg studiranja.

Sažetak

Predmet završnog rada je sanacija kamenih fasada. Kroz rad pokazuje se efikasnost i ekonomičnost kamenih fasada. Kamen je kroz povijest bio osnovni građevinski materijal u Hrvatskoj i svijetu. Najpoznatiji Hrvatski kamen je s otoka Brača od kojeg su napravljene znamenitosti diljem svijeta i Hrvatske. Rad prikazuje i objašnjava način postavljanja i način izvedbe kamenih fasada. Ekonomski utjecaj na smanjenje toplinske energije izgradnjom ventiliranih kamenih fasada. Isplativost građenja ventiliranih kamenih fasada i financijske potpore Republike Hrvatske i Europske Unije.

Ključne riječi: kamen, sanacija, arhitektonsko građevni kamen, fasada, kulturna baština, sidra, potkonstrukcija, subvencije

Abstract

The topic of this bachelor thesis elaborates on the restoration of stone facades. The work displays the efficiency and economic efficiency/ profitability of stone facades. Throughout history stone is a substantial building material, not only in Croatia but all over the world. The most known Croatian stone is mined from the quarries of the island of Brac, and was used for the construction for a great number of sights worldwide. This thesis indicates and explains detailed the construction of stone facades. Moreover it illustrates the economic impact on the energy efficiency and especially on the lowering of thermal energy by building ventilating stone facades. Furthermore the cost effectiveness of the extension of ventilating stone facades and the subvention through the Republic of Croatia and the European Union are discussed.

Key words: stone, restoration, architectural stone, facade, Cultural Heritage, anchor, substructure, subvention

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Upotreba kamena kao fasadne obloge 2
   2.1. Karakteristike materijala 2
   2.2. Najčešće upotrebljavane vrste kamena u Hrvatskoj 3
   2.3. Očuvanje kulturne baštine 8
3. Izvedba sanacije kamenih fasada 11
   3.1. Sanacija kamenih fasada 12
   3.2. Sanacija zidova ispod kamene fasade 16
   3.3. Saniranje podnožja fasade 18
   3.4. Ventilirane kamene fasade 20
   3.5. Postavljanje ventilirane kamene fasade sidrenjem 24
   3.6. Sidra 25
   3.7. Postavljanje ventilirane kamene fasade na potkonstrukciju 26
   3.8. Oblaganje kamenim pločama 29
   3.9. Načini izvedbe s arhitektonskim detaljima 31
4. Sanacija kamenih fasada u Hrvatskoj 34
   4.1. Programi 35
   4.2. Program energetske obnove obiteljskih kuća 35
   4.3. Program ruralnog razvoja poljoprivrednog gospodarstva i poslovanja 35
   4.4. Subvencionirane potpore 35
5. Zaključak 37
6. Literatura: 39
7. Popis slika: 40

1. Uvod

Kamen je jedan od najstarijih i još uvijek najaktualnijih građevinskih materijala. Usko je povezan s razvojem građevinarstva. Čovjek ga je od najstarijih vremena koristio i odabirao prema njegovim karakterističnim svojstvima. Kamen je imao ulogu nosivog elementa, dok se danas koristi kao završna obloga na građevini. Fasada je u prošlosti imala dekorativnu ulogu. Danas fasada povećava energetsku učinkovitost i štiti objekt produljujući životni vijek građevine.

2. Upotreba kamena kao fasadne obloge

2.1. Karakteristike materijala

Građevni kamen je dio Zemljine kore litosfere. Odvaja se na prirodan ili umjetan način. On je mineralni agregat određene teksture, strukture, fizičkih, mehaničkih i geoloških karakteristika.

Gustoća kamena je omjer njegove mase i volumena koja se kreće od 2.5 do 3.0 g/cm³. Kamen zbog svoje gustoće od 2500 do 3000 kg/m³ možemo okarakterizirati od laganog do izrazito teškog. Otpornost na habanje ispituje se brušenjem uzorka propisanim abrazivnim materijalom standardiziranim postupcima. Ispitivanje otpornosti kamena na mraz vrši se u 25 ciklusa naizmjeničnim smrzavanjem na -20ºC i odmrzavanjem na +15 ºC. Razaranje kamena dolazi kod temperatura od 570 ºC.

Kamen je sirovina koja se prema primjeni može svrstati u arhitektonsko-građevni kamen i tehnički kamen.

Tehnički kamen se najčešće rabi kao drobljeni, različitih frakcija za izradu betona, ali i dobro zbijen kao podloga svim građevinskim objektima, posebno cestama i željezničkim prugama.

Arhitektonsko-građevni kamen vadi se u blokovima. Reže se na tanke ploče koje se koriste za zidane elemente, za vanjsko i unutarnje oblaganje, koristi se kao dekorativni kamen za obloge pročelja ili unutrašnjih dijelova objekta.

2.2. Najčešće upotrebljavane vrste kamena u Hrvatskoj

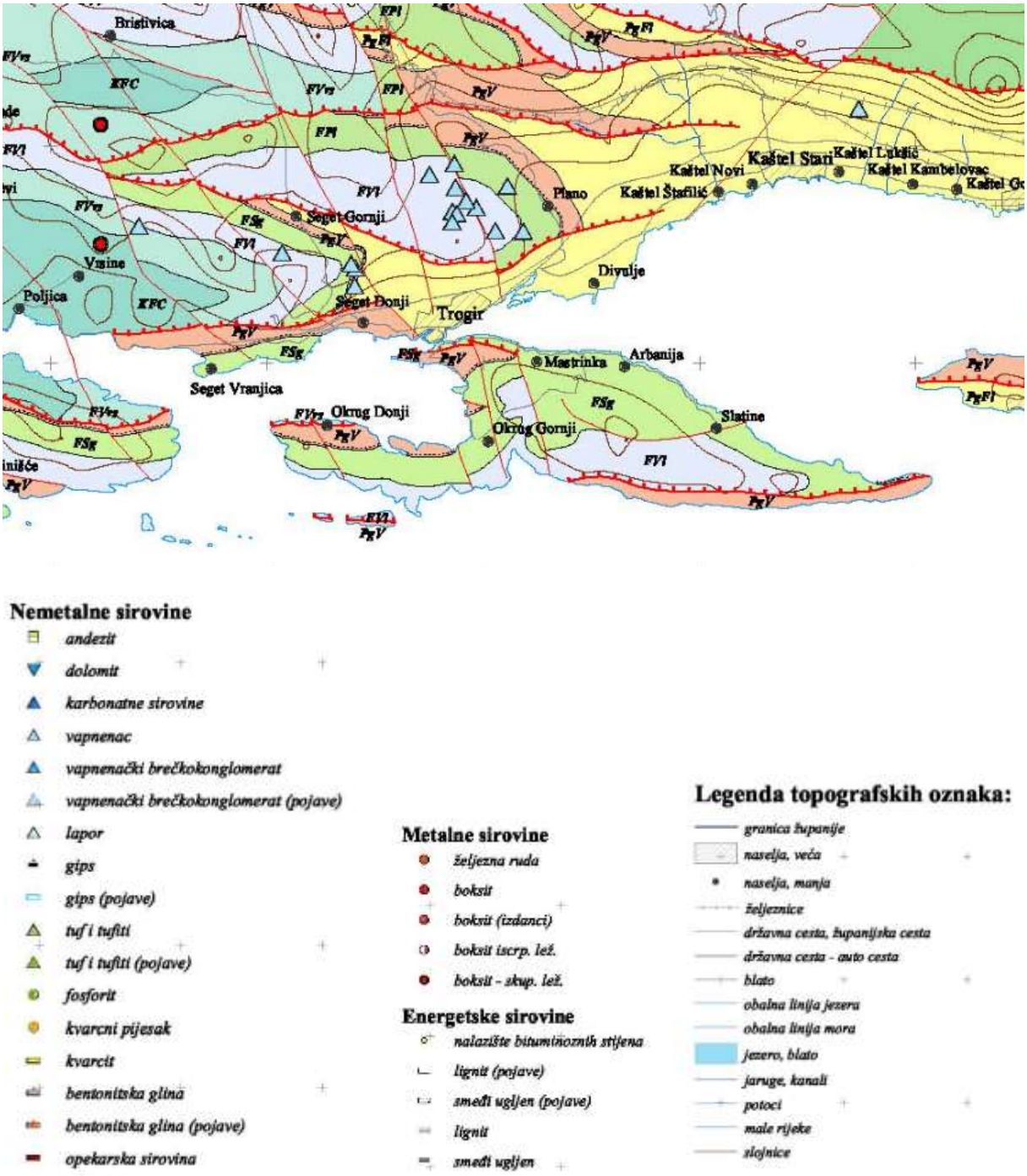
Na slici 1 prikazana je regionalna podjela arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj.



LEGENDA:
Opći geotehnički pojasi Dinarida sa označenim regijama ležišta arhitektonsko-građevnog kamena:
1. Spojno područje Dinarida i Alpa
2. Pred-alpski strukturni kompleks. Panonska struktura
3. Strukturalni kompleks Unutarnjih Dinarida
4. Strukturalni kompleks dinarskog karbonatnog platoa
5. Strukturalni kompleks jadranskog karbonatnog platoa

Slika 1. Regionalna podjela arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj

Kamenolomi se rasprostiru diljem Hrvatske u približno 150 kamenoloma. Najviše ih je u području Dalmacije koja je poznata po svojim kontinentalnim i otočnim kamenolomima.



Slika 2. Litosferska karta s ležištima mineralnih sirovina okolice Trogira

Najpoznatiji kontinentalni kamenolomi su u okolici Trogira (Slika 2) kamenolomi Plano (Slika 3), Seget (Slika 4) i Vrsine (Slika 5).



Slika 3. Kamenolom Plano



Slika 4. Kamenolom Seget



Slika 5. Kamenolom Vrsine

Boja kamena je uvjetovana bojom dominantnog minerala pri čemu ti minerali imaju značajnu ulogu te prisustvo fino dispergiranih pigmenata pojedinih materijala. Spektar boja stijena je zbog toga vrlo širok i raznolik.

Otočni kamen najpoznatiji u Hrvatskoj i u svijetu je Brački kamen. Od kojeg su izgrađene znamenitosti diljem Hrvatske i svijeta među kojima su: Dioklecijanova carska palača u Splitu (Slika 8), Šibenska katedrala svetog Jakova (Slika 8), Papin oltar, Bijela kuća u Washingtonu, zgrade Parlamenta u Beču i Budimpešti (Slika 9).

U kamenolom Punta-Barbakan koji se nalazi sa sjeverne strane otoka Brača pokraj mjesta Pušić eksploatira se bijeli bračk mramor (Slika 6), graditeljima poznat još iz antičkih vremena. Veličina kamenoloma Punta-Barbakan vidljiva je na slici 7. Bijeli bračk kamen-mramor, komercijalno se pojavljuje pod nazivom veselje unito i veselje fiorito.



Slika 6. Kamenolom Punta-Barbakan i bijeli bračk mramor



Slika 7. Kamenolom Punta-Barbakan pogled s mora

Katedrala Sv. Jakova u Šibeniku (Slika 8) je jedinstveni spomenik sakralnog graditeljstva, uvršten u UNESCO-v popis svjetske baštine. Jedina je katedrala u cijeloj Europi izgrađena isključivo od kamena, bez uporabe vezivne žbuke i drvenih konstruktivnih elemenata.

Dioklecijanova carska palača u Splitu (Slika 8) jedna je od najznačajnijih antičkih građevina, najveća i najbolje sačuvana kasnoantička palača na svijetu. Zauzima 40 000 metara kvadratnih.



Slika 8. Katedrala sv. Jakova u Šibeniku i Dioklecijanova carska palača u Splitu



Slika 9. Zgrada parlamenta u Budimpešti

2.3. Očuvanje kulturne baštine

Kulturna baština, materijalna i nematerijalna, zajedničko je bogatstvo čovječanstva u svojoj raznolikosti i posebnosti, a njena zaštita jedan je od važnih čimbenika za prepoznavanje, definiranje i afirmaciju kulturnog identiteta.

Kulturnu baštinu čine pokretna i nepokretna kulturna dobra od umjetničkoga, povijesnoga, paleontološkoga, arheološkoga, antropološkog i znanstvenog značenja.

Vrijednosti kulturne baštine prepoznajemo kao starosne, povijesne, kulturne, umjetničke i autentične.



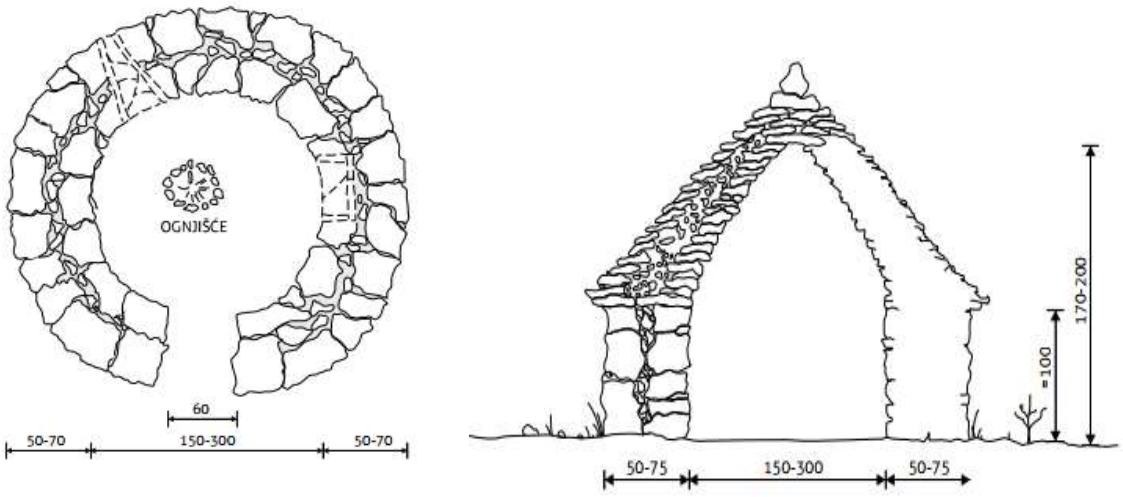
Slika 10. Suhozid između vinograda i maslinika u Primoštenu

Graditeljska kulturna baština izložena je trajnim utjecajima i pritiscima modernizacije te je zbog svoje materijalne strukture osobito osjetljiva i sklona propadanju.

U Dalmaciji kroz povijest kamen je najupotrebljivaniji građevinski materijal koji je bio dostupan diljem regije. Prve kamene konstrukcije gradile su se slaganjem kamena bez vezivnog sredstva. Takve kamene konstrukcije su suhozidi i bunje koje su ostale očuvane do danas.

Suhozid ima višenamjensku ulogu odvajanja. Odvaja susjedne parcele, odvaja različite poljoprivredne kulture (slika 10) i odvaja poljoprivrednu parcelu od parcele namijenjene za stoku.





Slika 11. Bunja

Konstrukcija bunje (slika 11) podrazumijeva suhozidni način građenja kamenom bez vezivnoga sredstva na kružnoj osnovi, gdje se kameni prstenovi podižu u kružni zid s otvorom za vrata, ponekad i za male prozore, a zatim se krugovi pločastoga kamenja sužuju na način tzv. lažnoga svoda i tvore klobuk.

Hrvati su povijesno vezani uz kamen. Očuvanje kamene kulture predstavlja očuvanje kulture življenja.

Procesi globalizacije i dubokih preobrazbi u društvu uvelike utječu na povijesne seoske cjeline. U 20. stoljeću zbog migracije iz sela u gradove neka su sela opustjela i građevine su prepuštene zubu vremena. U novije se vrijeme s trendom etnoturizma ta naselja pokušavaju oživjeti, no zbog nedostatnog poznavanja karakterističnih obilježja graditeljske etnobaštine ishod je često neprimjerena obnova.

Republika Hrvatska ima cilj zaštiti i očuvati kulturnu baštinu. Natječaji za financiranje se raspisuju jednom godišnje preko Ministarstva kulture. S obzirom na vrstu kulturnih dobara prijaviti se može: Program zaštite i očuvanja nepokretnih kulturnih dobara, Program zaštite i očuvanja arheološke baštine, Program zaštite i očuvanja pokretnih kulturnih dobara i Program zaštite i očuvanja nematerijalnih kulturnih dobara.

Zahtjev za uvrštenje kulturnoga dobra u Program zaštite i očuvanja kulturnih dobara dostavljaju vlasnici i nositelji prava te drugi imatelji kulturnoga dobra, općine, gradovi i županije na čijem se području nalazi kulturno dobro.

3. Izvedba sanacije kamenih fasada

Nove tehnologije u industriji obrade kamena omogućavaju vađenje velikih kamenih blokova koji se kasnije režu na komercijalne veličine. Kamene ploče dijelimo na debele i tanke ploče. Debele ploče debljine su 5, 10, 15 centimetara dok su tanke ploče debljine 2-5 centimetra.

Pila za rezanje kamenih blokova prikazana na slici 12. ima pilu promjera 120 do 300 centimetara s dijamantnom oštricom. Može rezati ploče veličine do 135 centimetara.



Slika 12. Piljenje kamenih blokova

Kamene fasade su jedan od najskupljih načina završne obrade vanjskih zidova konstrukcije. Kameni elementi mogu biti pojedinačni manji komadi ili gotove fasadne obloge.

Kamene fasade mogu se postavljati mokrim ili suhim postupkom. Suhi postupak je način ugradnje ventiliranih kamenih fasada postavljanjem kamenih ploča sidrenjem ili potkonstrukcijom. Mokrim postupkom kamene ploče se ugrađuju vezivnim sredstvom direktno na vanjsku konstrukciju građevine.

3.1. Sanacija kamenih fasada

Kamene ploče tijekom vremena i pod utjecajem vanjskih vremenskih uvjeta gube sjaj i površinski se oštete. Pojedine ploče mogu biti u potpunosti uništene. Vezivno sredstvo koje povezuje ploču i konstrukciju gubi svoja vezivna svojstva (Slika 13).



Slika 13. Popuštanje vezivnog sredstva između kamene ploče i konstrukcije

Prilikom pojave pukotina na kamenoj fasadi (Slika 14) mora se utvrditi točan uzrok nastanka pukotine. Pritom u obzir treba uzeti širinu, izgled i vrijeme nastanka pukotina. Uzroci nastajanja pukotina mogu se pronaći u nepravilnoj izvedbi ili su uvjetovani vanjskim mehaničkim i hidrotermičkim utjecajima.



Slika 14. Pojava pukotina na kamenoj fasadi

Oštećene, šuplje i labave ploče treba potpuno skinut (Slika 16). Zid treba temeljito očistiti pomoću čelične četke, grube četke, metle i sličnih proizvoda. Time se postiže nosiva podloga pogodna za ponovno nanošenje nove žbuke.



Slika 15. Skidanje labavih ploča i neodgovarajućeg veziva

Prije nanošenja nove žbuke potrebno je podlogu dobro navlažiti pomoću crijeva za vodu, prskalice za špricanje stabala, soboslikarske četke ili sličnim pomagalima. Za vrijeme žbukanja podloga mora biti vlažna.

Šupljine ili pukotine u žbuci se mogu ispuniti hidraulično-vapnenim mortom za injektiranje. Hidraulično-vapneni mort za injektiranje služi za konsolidiranje oslabljenog zida ili starih žbuka. Ugrađuje se ručno ili strojno, pod tlakom ili bez tlaka.



Slika 16. Zaglađivanje fuga sa žlicom



Slika 17. Fugiranje vrećicom i ručno zaglađivanje površine

Hidraulično-vapneni mort za fuge nabaciti prikladnom žlicom u fuge (Slika 16). Mort se priprema u odgovarajućoj konzistenciji, tako da se fuga dobro zapuni bez ostataka šupljina, a da mort ne curi i ne kapa na površinu kamena. Fuge se nikako ne smiju zapunjavati do iste ravnine s kamenom pločom, već iza ploče da ploča ostane vidljiva. Mort se može nanositi strojno, pomoću pištolja za mort ili odgovarajuće vrećice (Slika 17) za nanošenje fuga. Male šupljine u fugama mogu se ručno zapuniti (Slika 18).



Slika 18. Ručno punjenje fuga

Hidraulično-vapneni špric mort se nanosi u cijelosti preko cijele površine u konzistenciji prilagođenoj upojnosti podloge. Ako nije drugačije određeno, špric mort ili vezivni most se nanose u debljini od 3 do 5 milimetara preko cijele površine. Njihovom ugradnjom treba se postići hrapava (Slika 19) i prionjiva površina.



Slika 19. Postavljanje kamenih ploča na hrapavu površinu

Nanošenje špric morta ne smatra se slojem žbuke. Podložna žbuka se na njega može nanositi najranije nakon 5 do 6 sati. U slučaju zida od lomljenog kamena ili mješovitog zida, može koristiti hidraulično-vapnena podložna žbuka za renoviranje. Prije žbukanja špric mort se mora dobro osušiti.

Pojedinačne slojeve vapnene žbuke ne nanose se u debljini većoj od debljine trostrukog promjera najvećeg zrna. Žbuke za renoviranje se nanose u slojevima od 15 do najviše 20 milimetara. Donji slojevi žbuke se lagano poravnavaju žlicom, nikada ne zaglađuju. Vapnene žbuke se uvijek ugrađuju u više slojeva. Vrijeme stajanja između slojeva žbuke je oko 24 sata. Ako je površinski sloj jako suh, podložnu žbuku prije svakog radnog koraka treba navlažiti.

3.2. Sanacija zidova ispod kamene fasade

Staru žbuku obiti do 1 metar iznad vidljive granice oštećenja, a fuge zida izdubiti do 2 centimetra. Zamijeniti oštećeno kamenje. Podlogu očistiti četkom (Slika 20), a oštećena mjesta ogoliti. Mjesta za injektiranje morta biraju se ovisno o vrsti zida i o težini oštećenja. Kod kamenih zidova vrše se bušenja duž prolaska fuga. Rupe temeljito očistiti komprimiranim zrakom. Zatvoriti sve spojeve, pukotine i prekide na kojima bi moglo doći do istjecanja ubrizganog morta.



Slika 20. Ručno čišćenje kamenog zida četkom

Mort se ubrizgava pomoću mehaničkih pumpi (Slika 21) ili šprica sa širokim nastavkom za ubrizgavanje. Praznine se ispunjavaju započevši od donjeg ruba zida i nastaviti prema gornjim dijelovima. Time se omogućava izlazak zraka iz unutrašnjosti zida. Vrijeme čekanja prije postavljanja kamenih fasadnih ploča iznosi 2 tjedna.



Slika 21. Ubrizgavanje morta mehaničkom pumpom

Mort za zidanje i špric radi se u omjeru 1:2 do 1:2,5. Podložna žbuka se radi u omjeru 1:3 do 1:4. Dok se fina žbuka miješa u omjeru 1:3,5 do 1:4,5. Gašeno vapno može zamijeniti do 30 % udjela veziva. Omjeri se odnose na zapremnine pijeska i čiste vode na jedan kilogram vapna.

Hidraulično vapno i pijesak zamiješaju se u miješalici. Naknadno se dodaje čista voda do postizanja homogene smjese. Po potrebi se dodaje gašeno vapno koje ima svrhu poboljšavanja obrade i ugradnje.

U smjesu se mogu dodati aditivi kao što su usporivači, ubrzivači, sredstva za stvaranje pora zraka, pigmenti, pomoćna sredstva za ugradnju i drugi.

3.3. Saniranje podnožja fasade

Oštećenja podnožja fasade nije samo kod starih građevina nego ih nalazimo i kod novogradnje. Najčešći uzrok je vlaga jer je podnožje fasade izloženo većim opterećenjima nego ostatak fasade. Oštećenja u podnožju fasade se dugoročno isključuju ako se zona podnožja građevine planira prema pravilima struke, stručno izvede i potom održava.

Ako se žbuke za podnožja nanose ispod površine terena, potrebno ih je zaštititi od kapilarne vlage korištenjem zaštitnog premaza. Nanosi se na cijelu površinu do 10 cm iznad površine terena. Radi sprječavanja mehaničkih oštećenja podnožje zaštititi postavljanjem drenažnih ploča ili čepaste folije (Slika 22).



Slika 22. Čepasta folija

Za vrijeme izvođenja hidroizolacije oko objekta ravnanje podloge smije se izvoditi samo do 20 cm ispod gornje razine podnožja. Cijelom dužinom podnožja fasade kao drenažni sloj izvodi se minimalno 20 centimetara duboka i minimalno 30 centimetara široki drenažni sloj koristeći oblutke 30 do 63 milimetra (Slika 23). Pločnike oko građevine treba izvoditi s odgovarajućim padom i konstriktivnim odvajanjem od objekta. Područje neposredno uz vanjski zid ne smije se zasipati zemljom.



Slika 23. Drenažni sloj od oblutaka

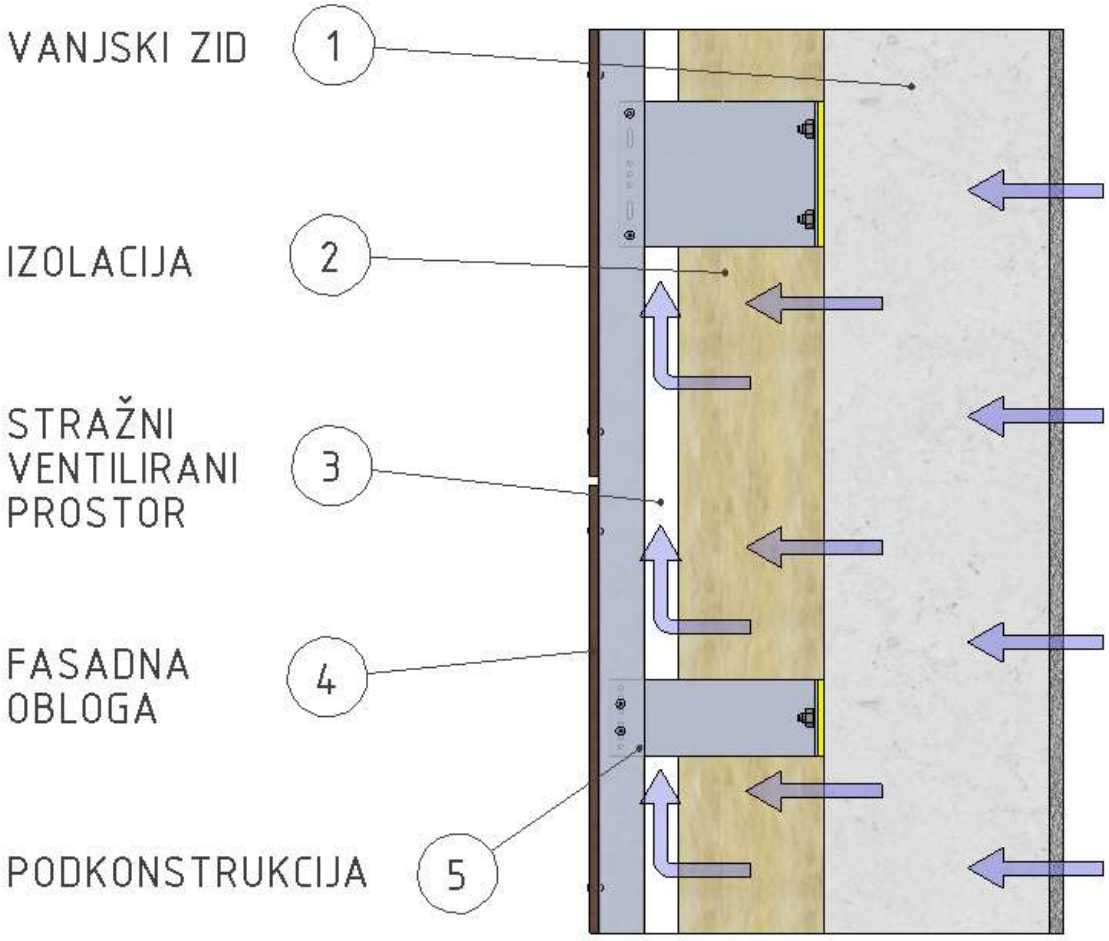
Nakon sanacije podnožja fasade, pripreme podloge i vremena stajanja od 7 dana nanosi se podložna žbuka s porama debljine nanosa od 2 centimetra. Podloga se horizontalno nazubiti zupčastim gleterom (Slika 24) radi optimalnog prianjanja. Postavljaju se kamene ploče počevši odozdola prema gore. Prije ugradnje kamene ploče se navlaže kako ne bi povukle vlagu iz žbuke. Postepenim postavljanjem dopušta se donjem redu ploča da poprimi traženu čvrstoću prije prelaska na sljedeći red.



Slika 24. Horizontalno nazubljena podloga zupčastim gleterom

3.4. Ventilirane kamene fasade

Ventilirane fasade nisu novost u graditeljstvu. Narodi koji žive na sjeveru u hladnijoj klimi stoljećima koriste dvostruku konstrukciju drvene obloge s otvorenim fugama. Početkom 20. stoljeća počinje istraživanje modernizacije ventiliranih fasada.



Slika 25. Presjek ventilirane fasade

Ventilirana fasada je obloga koja je odvojena od nosive konstrukcije građevine. Elementi ventilirane fasade (Slika 25) su izolacija, ventilirani prostor, fasadna obloga, potkonstrukcija ili sidra.

Prostor koji se ostavlja prazan je ventilirani zračni prostor. Na slici 25. naznačeno rednim brojem 3 kao stražnji ventilirani prostor. Ventilirani zračni prostor ima višestruku funkciju. Doprinosi toplinskoj izolaciji u ljetnom i zimskom periodu. Pod utjecajem termičkih i dinamičkih sila zrak se kreće od dna prema vrhu ventiliranog zračnog prostora koji se u literaturi koristi terminom „efekt dimnjaka“. Zračni prostor između fasadne obloge i toplinske izolacije ostavlja se 2 do 4 centimetra.

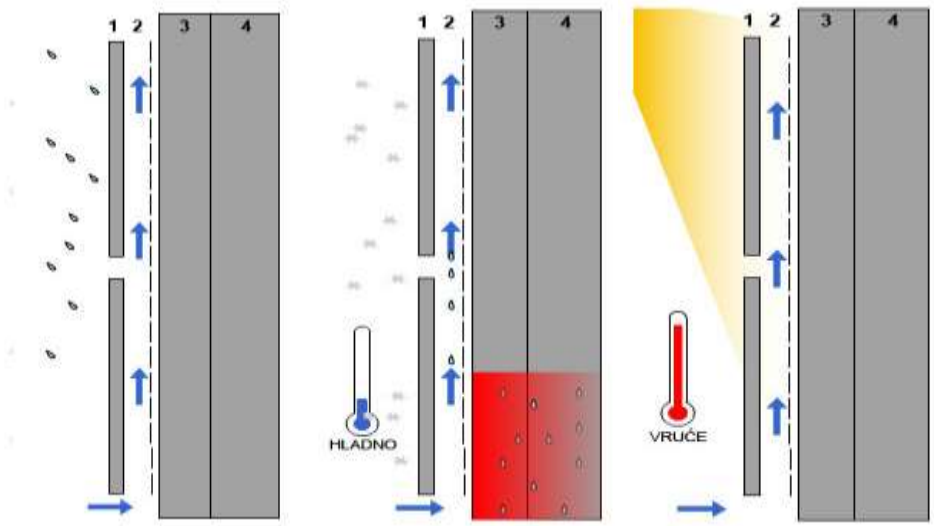
Tehnologija rezanja i montaže omogućava upotrebu iznimno tankih kamenih ploča koje se učvršćuju sidrenjem za postojeću konstrukciju.

Kamene ploče postavljaju se nakon što se zid ili konstrukcija slegne i osuši. Unutarnja ploha ploče odmiče se od konstrukcije. Prostor između ostavlja se prazan. Ako bi se ploče povezale sa zidom s cementnim mortom, mogle bi upiti cementno mlijeko. U tom slučaju na prednjoj strani ploče nastale bi mrlje, promjene boje ili gubitak sjaja pa bi takve ploče bile upropaštene.



Slika 26. Ventilirajuća kamena fasada Zagrebačka banka Špansko, Zagreb

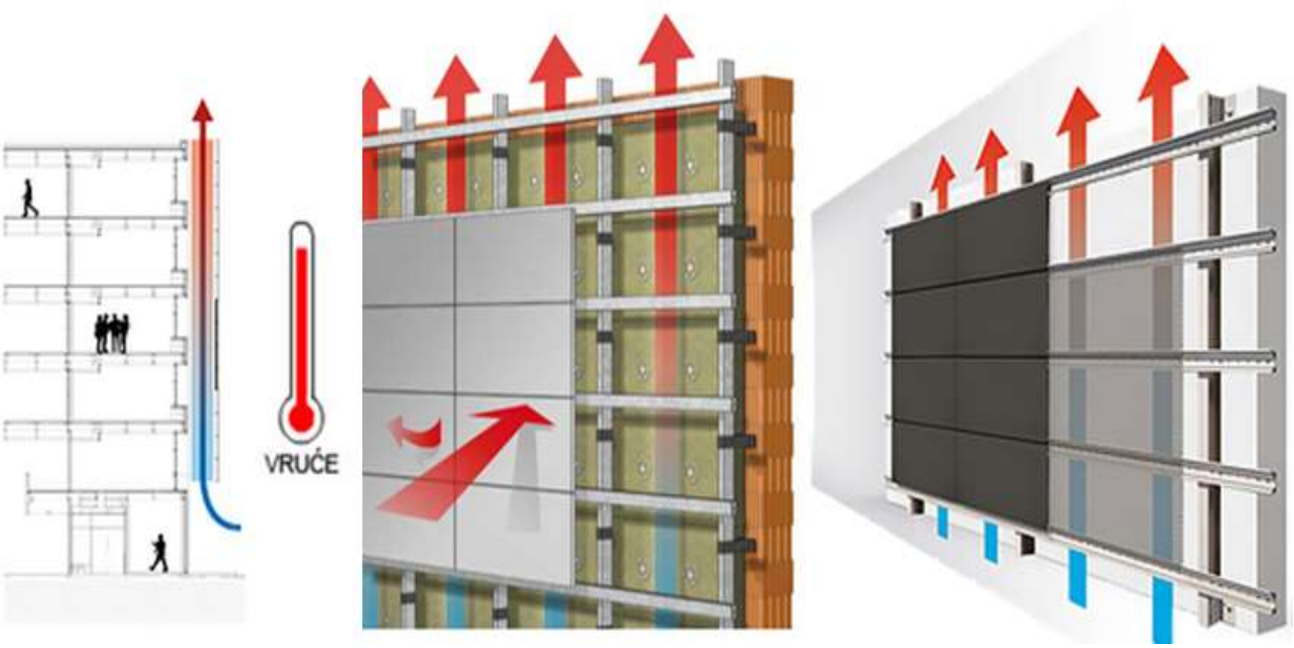
Ventilirane fasade stvaraju dvostruku konstrukciju vanjskih zidova. Ventilirani zračni prostor između kamenih ploča i konstrukcije služi da se minimalizira utjecaj vanjskih vremenskih uvjeta.



Slika 27. Ventilirani prostor pod utjecajem vanjskih vremenskih uvjeta

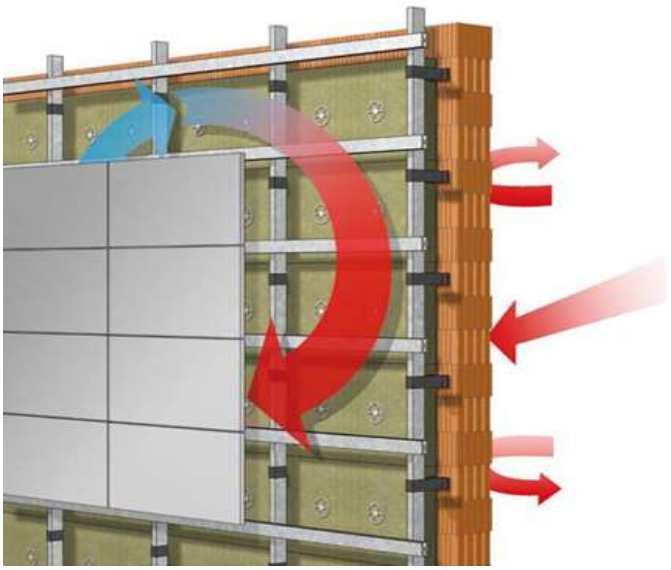
Kiša koja uđe i kondenzirana vodena para odvodi se kroz ventilirani zračni prostor (Slika 27). Zrak unutar projektiranog ventiliranog prostora cirkulira zbog razlike tlakova i razlike temperature kroz visinu objekta.

Topli zrak kod visokih ljetnih temperatura stvara vakuum koji omogućava ulaz svježijeg i hladnijeg zraka u ventilirani fasadni prostor. Hladni zrak struji kroz ventilirani zračni prostor i hladi vanjske stijenke objekta (Slika 28).



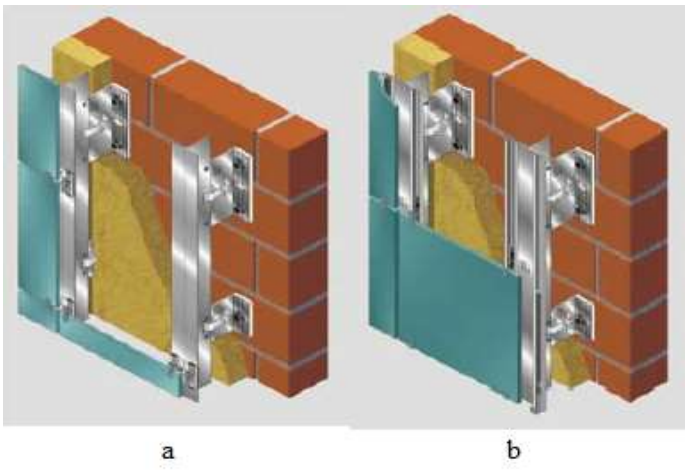
Slika 28. Ventilirana fasada kod visokih temperatura

Zimi kod niskih temperatura hladan zrak strujanjem kroz ventilirani prostor grije se pod utjecajem temperature objekta (Slika 29). Vanjski zidovi ostaju suhi zbog kondenziranja vodene pare s unutarnje strane fasadne ploče.



Slika 29. Ventilirana fasada kod zimskih niskih temperatura

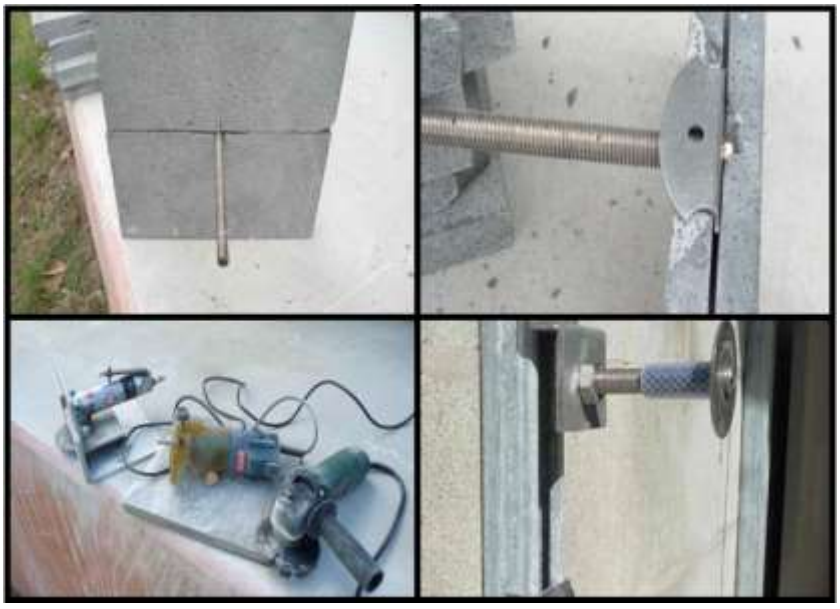
Ploče mogu biti postavljene s vidljivim držačima, s vidljivim kopčama (Slika 30) ili s nevidljivim sidrima.



Slika 30. Ploče sa: a) vidljivim držačima, b) vidljivim kopčama

Ploče postavljene s vidljivim držačima su ekonomski najisplativiji i najjednostavniji način ugradnje ventilirane fasade. Vertikalne T-profile postavljamo na L-profile koji se pričvršćuju za vanjsku konstrukciju građevine. Držači su od nehrđajućeg čelika u koje se ubacuje gumeni umetak da ploča elastično naliježe.

Ploče s vidljivim kopčama ugrađuju se na aluminijsku potkonstrukciju na kojoj se nalaze kanali za lagano ugrađivanje ploča. Ploče su lako zamjenjive. Neopenska guma se ugrađuje u aluminijski kanal ispod ploča za sprječavanje vibracije i klizanja. Način ugradnje s kopčama može jednostavno i po relativno maloj cijeni nadograditi kako bi dobili sistem s nevidljivim držačima (Slika 31). Minimalna debljina ploča mora biti 12 milimetara. Ploče se bočno zarezuju i u utore se ugrađuju kopče.



Slika 31. Zarezana ploča s nevidljivim držačem

3.5. Postavljanje ventilirane kamene fasade sidrenjem

Minimalna propisana debljina ploča ventilirajuće fasade pričvršćena sidrima iznosi 30 milimetara. Ploče koje od vertikale odstupaju više od 60° zahtjeva se minimalna debljina 40 milimetara.

Sidra povezuju ploču izravno s konstrukcijom (Slika 32) na koju se postavljaju. Sidra se ugrađuju na vanjsku konstrukciju građevine. Pločama se s gornje i donje strane buše rupe, te se postavljaju na prethodno ugrađena sidra.



Slika 32. Kamena ploča učvršćena sidrima

Svaka ploča se s konstrukcijom povezuje s dva sidra na vrhu ploče i s dva sidra na dnu ploče (Slika 33). Donja dva sidra su nosiva dok su gornja dva pridržavajuća. Donja sidra preuzimaju masu ploče i opterećenja vjetrom.

Minimalna dubina rupe u zidu je 6 centimetara, a u pločama za trnove najmanje 2 centimetra. Razmak između sidra ne smije biti veći od 40 centimetara. Najmanja udaljenost od ruba ploče 10 centimetara.



Slika 33. Postavljanje kamenih ploča na pročelje građevine

3.6. Sidra

Sidra omogućavaju brzu ugradnju ploča. Veličina i vrsta sidra (Slika 34) ovisi o težini i formatu ploče, udaljenosti od podloge i vrsti podloge na koju se ugrađuje. Sidra su izrađena od nehrđajućeg čelika. Sidra moraju biti atestirana i posjedovati statički proračun nosivosti. Ovisno o kraku od podloge nosivost sidra je 30 do 75 kilograma.



Slika 34. Sidra

3.7. Postavljanje ventilirane kamene fasade na potkonstrukciju

Vanjski zid objekta na koji se postavlja ventilirajuća fasada potrebno je kvalitetno i detaljno izmjeriti. Na vanjske zidove objekta precizno se montira aluminijska potkonstrukcija. Da bi vertikalne i horizontalne fuge na završenoj fasadi imale jednak razmak (Slika 35) potrebna je milimetarska preciznost.



Slika 35. Ventilirajuća kamena fasada Zagrebačka banka Špansko, Zagreb

Na kamenu ploču sa stražnje strane se ugrađuje nosač (Slika 36). Nosač se za ploču učvršćuje tiplom. Svakoj ploči se ugrađuje četiri nosača. Gornja dva nosača preuzimaju masu ploče, opterećenja od vjetra i drugih vremenskih utjecaja. Nosači koji se ugrađuju na donji dio ploče služe za pridržavanje u ravnini. Ploča s nosačima se postavlja na potkonstrukciju (Slika 37) i učvršćuje se šarafom.



Slika 36. Nosač ploče



Slika 37. Postavljene kamene ploče na potkonstrukciju

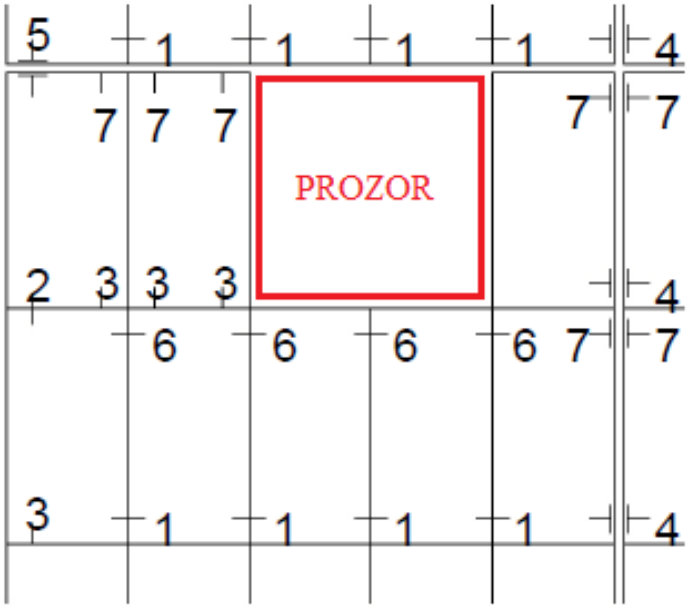
Horizontalne i vertikalne tračnice se postavljaju na potkonstrukciju. Potkonstrukcija i tračnice su izrađene od nehrđajućeg čelika i aluminijske legure. Tračnice su dužine najviše 6 metara na kojima je svakih 30 milimetara probušena rupa za podešavanje sidra za postavljanje kamenih ploča.

Prostor između vanjskog zida objekta i fasadne ploče koristi se za postavljanje izolacijskog materijala (Slika 38). Utjecajem strujanja zraka u ventiliranom zračnom prostoru suše se kapljice kiše i kondenzirane vodene pare koja se može naći u tom prostoru. Zato izolacijski materijal ostaje očuvan i učinkovit kroz dugi niz godina.



Slika 38. Postavljanje izolacije ispod ploča ventilirane kamene fasade

Minimalna širina ventiliranog zračnog prostora je 40 milimetara, ali u praksi se koristi 60 milimetara.



Slika 39. Spoj ventilirane fasade i prozora

Oznake od 1 do 7 na slici 39 odnose se na nosače kamenih ploča ovisno o njihovoj funkciji i položaju.

3.8. Oblaganje kamenim pločama

Građevine su nekad bile građene isključivo od kamena. Tehnologijom obrade kamenih blokova obogaćeno je rezanje iznimno tankih kamenih ploča. Kamen je izgubio ulogu nosivog konstrukcijskog elementa, ali je dobio fizikalnu i estetsku funkciju.

Kamene ploče koje se upotrebljavaju za vanjsku oblogu zidova moraju biti najmanje debljine 30 milimetara. Za unutrašnju upotrebu mogu se koristiti ploče debljine od 10 milimetara.

Prije početka oblaganja ploča potrebno je detaljno pregledati konstrukciju na koju se postavlja. Utvrditi stanje zidova konstrukcije, kvalitetu podloge i neravnine. Lice kamene ploče može biti polirano, fino ili grubo brušeno. Cementni mort za postavu se koristi u omjeru 1:2 do 1:3. Za ispunu fuga (Slika 41) može se koristiti bijeli cement i kameno brašno od vapnenca. Fugiranje se vrši nakon ugradnje ploča.



Slika 40. Oblaganje kamenim pločama

Za određivanje fiksne udaljenosti ploče od zida koristi se „pogača“ od gustog cementnog morta koji se stavlja na ploču neposredno prije ugradnje. Tijekom ugradnje mora biti popunjena sva ispuna iza kamene ploče. Za osiguravanje jednakih razmaka (fuga) između ploča koriste se klinovi (Slika 40).

Ploče se postavljaju odozdola prema gore. Oblaganje je spor postupak jer mort treba poprimiti traženu čvrstoću da bi mogli prijeći na gornji red.



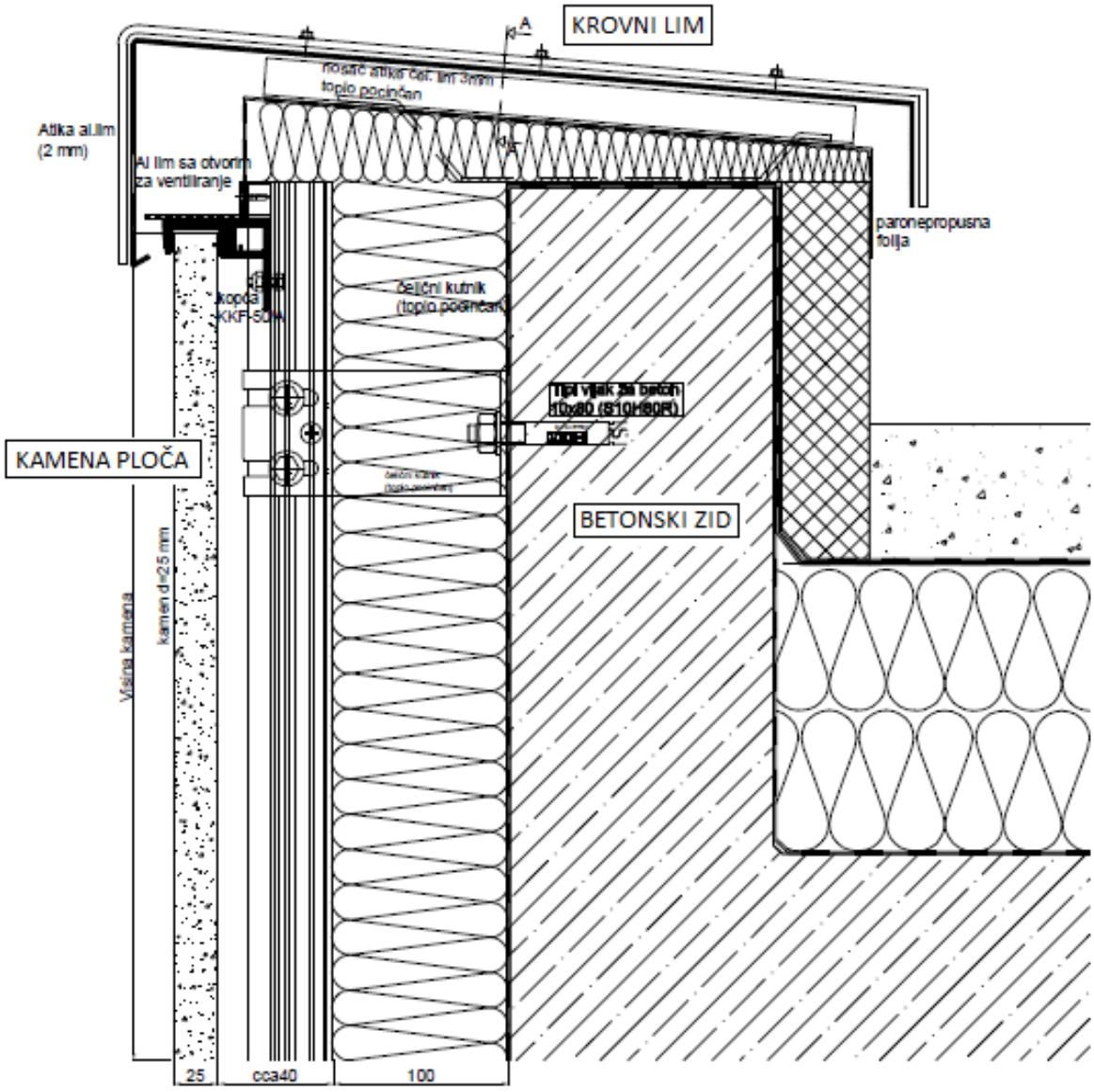
Slika 41. Fugiranje

3.9. Načini izvedbe s arhitektonskim detaljima

Širina zračnog prostora je dovoljna za izolacijske materijale raznih debljina. Mogu se postići izolacijske vrijednosti za niskoenergetske kuće. U skladu s energetskim potrebama izolacija poboljšava održavanje temperature unutar građevine. Smanjujući potrošnju energenata smanjuju se emisije CO2.

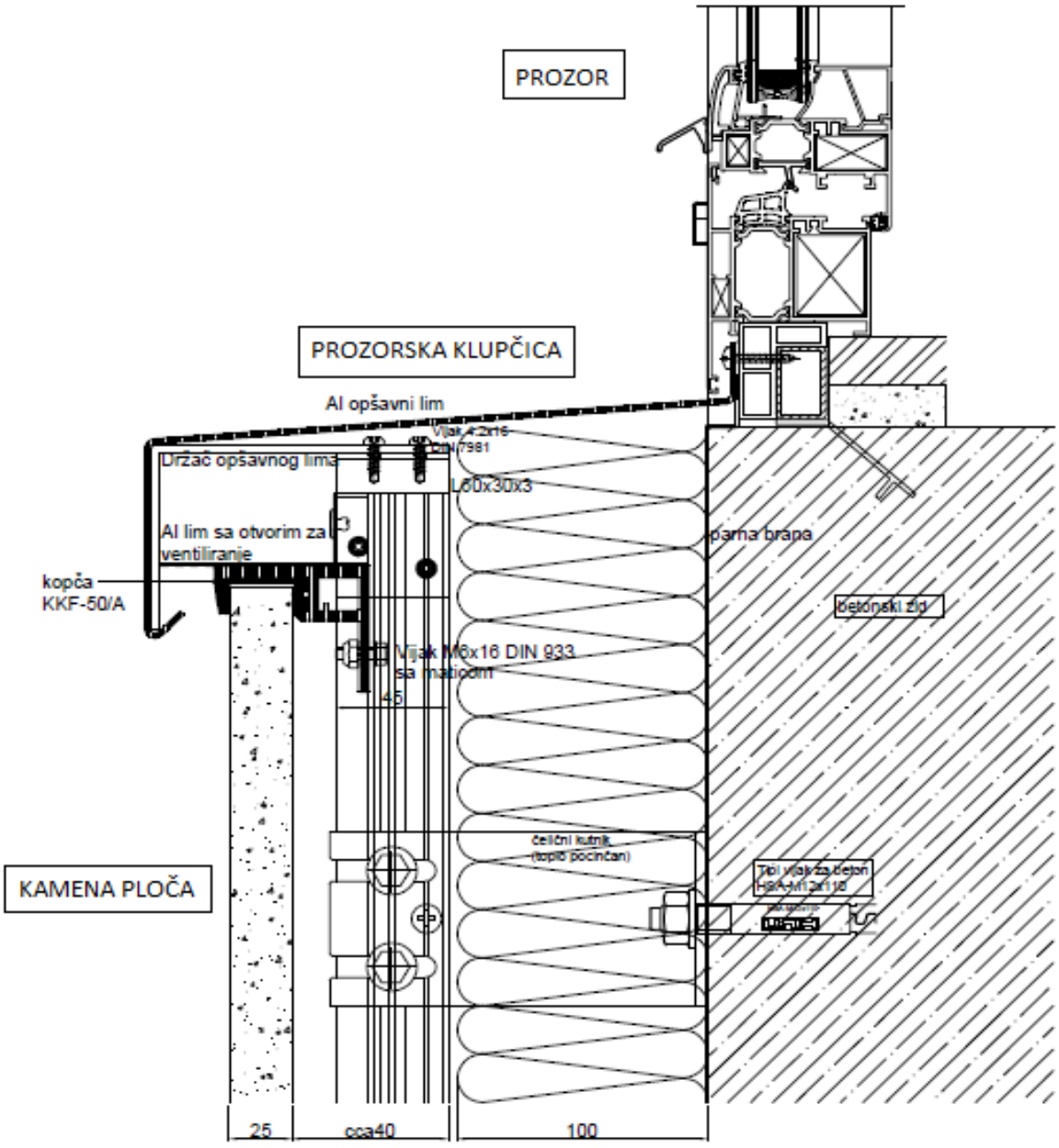
Vanjski sloj toplinske izolacije se štiti mineralnom vunom, paropropusnom folijom ili pojačanom mineralnom vunom.

Zaštita od buke ovisno o debljini i vrsti izolacijskog materijala, dimenziji i debljini kamene ploče i veličini otvora između ploča može dosegnuti 14 dB.



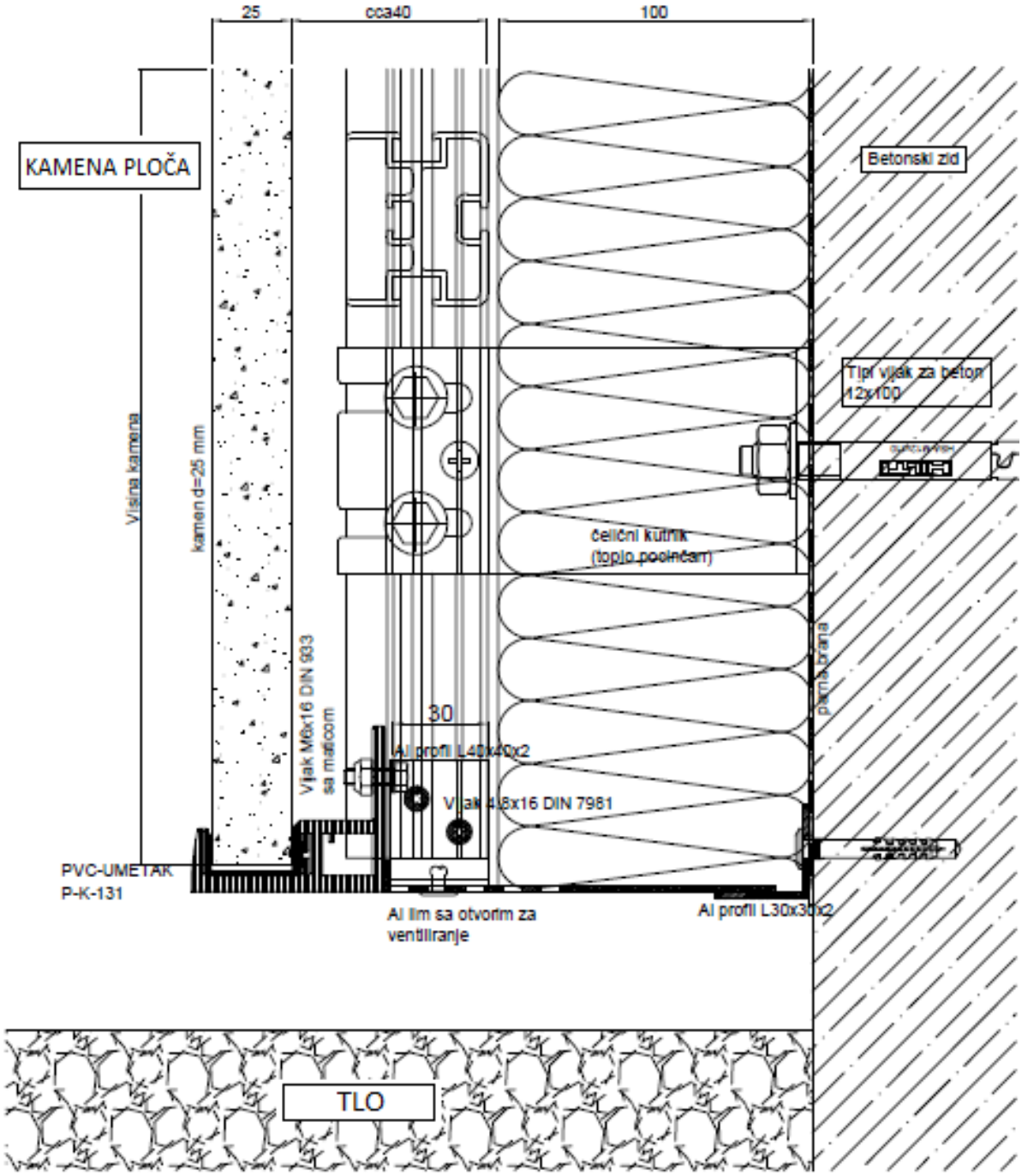
Slika 42. Vertikalni presjek spoja ventilirane fasade i krova

Na slikama 42, 43 i 44 prikazani su karakteristični presjeci s arhitektonskim detaljima. Na vanjski zid objekta postavlja se paropropusna folija koja služi za sprječavanje ulaska vodene pare u termoizolaciju. Paropropusna folija sprječava propadanje termoizolacije zaustavljanjem prodora vlage u izolacijske materijale. Kroz paropropusnu foliju mogu proći parne molekule, ali ne i kapljice vode.



Slika 43. Spoj ventilirane fasade i prozorske klupčice

Izolacijsko sredstvo koje se ugrađuje je mineralna vuna. Mineralnom vunom se podrazumijevaju staklena vuna i kamena vuna. Mineralna vuna je vlaknasti, anorganski i sintetski materijal, mineralnog porijekla. Razlika između staklene i kamene vune je u sirovini od koje se dobivaju, tehnološkom postupku i krajnjim osobinama materijala. Glavna sirovina od koje se dobiva staklena vuna je kvarcni pijesak s dodatkom recikliranog stakla. Kamena vuna se dobiva od kamenih minerala, dolomita, bazalta i dijabaza s dodatkom koksa.



Slika 44. Spoj ventilirane fasade s tlom

4. Sanacija kamenih fasada u Hrvatskoj

Cijena kamena na tržištu ovisi o standardu naručenih elemenata, dostupnosti i raspoloživosti određenog kamena, kvaliteti kamenog bloka, trendovima na tržištu i drugim elementima. Cijena obrade kamenih ploča ovisi o traženim dimenzijama i tvrdoći samog kamena.

Troškovi gradnje kamenih ventiliranih fasada ovise o dimenzijama ploče, težini ploče, načinu učvršćivanja, vrsti sidra i potkonstrukcije, izolaciji, obliku građevine. Troškovi ugradnje se povećavaju ako je građevina oblog oblika zbog rezanja kamenih ploča.

Cijena kamene ploče debljine 3 centimetra kreće se od 20 do 70 eura/m². Konačna cijena kamenih ploča koje se ugrađuju ovisi o dodatnoj obradi kamenih ploča. Troškovi dodatne obrade kamenih ploča prikazane su u tablici na slici 45.

DODATNA OBRADA					
Debljina ploče (cm)	Tip obrade	Nadoplata (EUR/m²)	Debljina ploče (cm)	Tip obrade	Nadoplata (EUR/m²)
2-7	brušenje gr. 60-320	3,0	2-7	paljeno antico	12.0
> 8	brušenje gr. 60-320	6.0	> 8	paljeno antico	16.0
2-7	kitovanje i poliranje	4.5		pjeskarenje (pločom)	7.0
> 8	kitovanje i poliranje	8.5	2-7	pjes. pločom + antiko	12.0
2-7	reziniranje i poliranje	6.0	> 8	pjes. pločom + antiko	16.0
> 8	reziniranje i poliranje	10.0		štokovano	6.0
	reziniranje	4.5	2-7	štokovano + antiko	11.0
2-7	antiko gr. 60-320	5.0	> 8	štokovano + antiko	15.0
> 8	antiko gr. 60-320	9.0		špicanje strojno	21.0
	paljeno	7.0		špicanje ručno	42.0

Slika 45. Tablica dodatnih naplata obrade kamenih ploča

4.1. Programi

Obiteljske kuće imaju potrošnju od 40% ukupne potrošnje energije na nacionalnoj razini. Većina obiteljskih kuća u Hrvatskoj izgrađena je prije 1987. godine koje imaju lošu toplinsku izolaciju, E razred i niže. Takvim objektima moguće je smanjenje potrošnje energenata do 60%.

4.2. Program energetske obnove obiteljskih kuća

Vlada Republike Hrvatske, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja i Ministarstvo zaštite okoliša i prirode donijeli su 2014. godine Program energetske obnove obiteljskih kuća, kojeg provodi Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost.

Prijavu na natječaj ostvaruju kuće bruto površine do 600 m² ili najviše 3 stambene jedinice kojima je više od 50% površine namijenjeno stanovanju.

4.3. Program ruralnog razvoja poljoprivrednog gospodarstva i poslovanja

Ukupna alokacija za Program ruralnog razvoja 2014.-2020. iznosi 2 383 milijarde eura, od čega će se 2 026 milijardi eura financirati iz Europskog fonda za ruralni razvoj, a ostatak iz sredstava nacionalnog proračuna Republike Hrvatske.

Ministarstvo poljoprivrede Programom ruralnog razvoja poljoprivrednog gospodarstva i poslovanja Mjerom 6. osigurava financijske potpore. Podmjera 6.4. ulaganja u razvoj nepoljoprivrednih djelatnosti u ruralnim područjima odnosi se na ulaganja u turizmu. Korisnik potpore mora biti upisan u Upisnik poljoprivrednih gospodarstava najmanje jednu godinu prije podnošenja Zahtjeva za potporu. Poljoprivredno gospodarstvo mora iskazati ekonomski rezultat od najmanje 2000 eura. Ulaganja se provode u naseljima s najviše 5000 stanovnika u području jedinice lokalne samouprave u kojoj je sjedište poljoprivrednog gospodarstva.

4.4. Subvencionirane potpore

Republika Hrvatska i strukturni fondovi Europske unije omogućavaju financijsku pomoć.

Program energetske obnove obiteljskih kuća objavljuje poziv prema godišnjem planu programa poticaja u prosincu za sljedeću kalendarsku godinu. Predviđen iznos potpore je u rasponu od 20 000 kuna do 200 000 kuna što predstavlja do 60% (Slika 46) ukupnih troškova radova na objektu za energetsku obnovu.

U 2016. godini je program sufinanciranja dodatno prilagođen, zbog korištenja sredstava europskih fondova u okviru Operativnog programa Konkurentnost i kohezija. Hrvatskoj je za obnovu stambenog sektora do 2020. godine dostupno 100 milijuna eura, od čega je 30 milijuna eura namijenjeno obnovi obiteljskih kuća.

Financijska pomoć se odnosi na zamjenu stolarije, ugradnja kondenzacijskog kotla, ugradnja sustava za korištenje obnovljivih izvora energije i toplinska zaštita ovojnice grijanog prostora. U toplinsku zaštitu ovojnice grijanog prostora su svrstani vanjski zidovi.

Vrsta mjere	Iznos sufinanciranja (2015.)		
	40%	60%	80%
	SVA OSTALA PODRUČJA	BRDSKO-PLANINSKA PODRUČJA, 2. SKUPINA OTOKA	PODRUČJA POSEBNE DRŽAVNE SKRBI, 1. SKUPINA OTOKA
TOPLINSKA ZAŠTITA VANJSKE OVOJNICE	do 30.000 kn	do 45.000 kn	do 60.000 kn
ZAMJENA VANJSKE STOLARIJE	do 30.000 kn	do 45.000 kn	do 60.000 kn
UGRADNJA PLINSKIH KONDENZACIJSKIH KOTLOVA	do 12.000 kn	do 18.000 kn	do 24.000 kn
UGRADNJA SUSTAVA ZA KORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	do 12.000 kn	do 18.000 kn	do 24.000 kn
UKUPNO	do 84.000 kn	do 126.000 kn	do 168.000 kn

Slika 46. Tablica subvencioniranja za energetsku obnovu obiteljskih kuća

Mjera 6 Programa ruralnog razvoja poljoprivrednog gospodarstva i poslovanja pruža financijsku potporu. Podmjerom 6.4. po projektu se pruža potpora u iznosu do 70% ukupnih troškova. Po prijavljenom korisniku najniža potpora je 3500 eura, dok najviša 200 000 eura. Potpora za pokretanje i razvoj nepoljoprivredne djelatnosti unutar podmjere 6.4.može se dodijeliti jednom tijekom programskog razdoblja 2014-2020 za jednu nepoljoprivrednu djelatnost po jednom korisniku.

5. Zaključak

Kamen je osnovni građevinski materijal koji se koristio u prošlosti, koristi se danas i koristit će se u budućnosti. Kamen kao građevinski materijal upotrebljava se u niskogradnji i visokogradnji. Koristi se za izgradnju cesta, željeznica, brana, lukobrana, obaloutvrda kao i u izgradnji niza drugih objekata. Kamen je sastavni dio betona. Možemo ga svrstati u neobnovljiva prirodna bogatstva.

Kamen je bio osnovni temelj arhitekture koja je izgradila brojne građevine pa i gradove diljem svijeta. Arhitektonsko-građevni kamen pojavom novih tehnologija građenja izgubio je ulogu nosivog elementa, ali je dobio novu ulogu ukrasno zaštitne obloge nosive konstrukcije izvedene od drugih materijala.

Oblaganje pročelja objekta kamenim pločama je zahtjevan i kompleksan projekt. Kod izrade kamenih fasada ključan je odabir kvalitetnog i adekvatnog vezivnog sredstva. Najčešći razlog sanacija kamenih fasada je nestručno i neadekvatno korištenje vezivnog sredstva. Krajnja cijena kamene fasade se povećava ako je potrebna sanacija pojedinih dijelova fasade, a u nekim slučajevima i cijelih fasada.

Načinom postavljanja ventiliranih kamenih fasada omogućuje se odvodnja kiše i kondenzirane vodene pare kroz fuge koje se ostavljaju između kamenih ploča. Cirkulacija zraka u ventiliranom zračnom prostoru iza kamenih ploča pogodna je za sve vremenske uvjete. Tijekom ljeta vrući zrak stvara vakuum omogućavajući svježijem i hladnijem zraku ulazak u ventilirani zračni prostor, smanjujući potrošnju energije potrebne za hlađenje unutarnjih prostora zgrade. Hladni zrak kod niskih zimskih temperatura koji ulazi u ventilirani zračni prostor miješa se s toplim zrakom nastalim pod utjecajem temperature građevine. Miješanje zraka omogućava da vanjski zidovi ostanu suhi jer se vodena para kondenzira s unutarnje strane fasadne kamene ploče, a količina energije potrebne za grijanje unutarnjih prostora građevine smanjuje se.Vanjski zidovi po svim vremenskim uvjetima ostaju suhi što doprinosi njihovoj očuvanosti tijekom godina.

Kamene fasade su jedan od najskupljih načina završne obrade građevine. Cijena u konačnici može biti visoka ako odlučimo kamene ploče dodatno obrađivati.

Prednost ventilirane kamene fasade naspram konvencionalnih fasada je veća ekonomska isplativost, građevina duži period zadržava vrijednost i izgled, jednostavnije i jeftinije održavanje, točnija procjena troškova popravka i renovacije, radovi nisu uvjetovani vanjskim vremenskim uvjetima, postavljanjem novih kamenih ploča stare i upotrebljene ploče se mogu reciklirati.

Vlada Republike Hrvatske i nadležna Ministarstva nemaju program poticanja sanacije fasadnih sistema kamenim oblogama. Financijska pomoć kod izgradnje takvih projekata svrstana je u druge programe i fondove.

Republika Hrvatska preko Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja i Ministarstvo zaštite okoliša i prirode Programom energetske obnove obiteljskih kuća, kojeg provodi Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost pruža financijsku pomoć kod izgradnje nove i energetski učinkovitije fasade. Bespovratna sredstva u iznosu do 60% ukupnog iznosa radova na fasadi.

Programom ruralnog razvoja poljoprivrednog gospodarstva i poslovanja Podmjerom 6.4. po projektu se pruža potpora u iznosu do 70% ukupnih troškova.

Prijavom na Programe financijske pomoći od strane Republike Hrvatske i strukturnih fondova Europske Unije možemo osigurati sredstva za financijsku pomoć kod izgradnje kamenih fasada.

6. Literatura:

1. S. Dunda: Digitalni udžbenik: Eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena, RGN fakultet, Zagreb 2003
2. B. Crnković, Lj.Šarić: Građenje prirodnim kamenom, Zagreb, 2003.
3. B. Tušar: Kamenolomi i okoliš, Građevinar 54 (2002) 6, 355-363
4. D. Krasić et al: Rudarska djelatnost u Republici Hrvatskoj, Klesarstvo i graditeljstvo (2005)
5. Zakon o zaštiti okoliša, NN 82/94.
6. N. Žunec, D. Krasić: Atlas rudarstva Republike Hrvatske 2006, Zagreb, 2006.
7. S. Dunda: Obrada arhitektonsko-građevnog kamena, Zagreb, 1989.
8. Mirko Maksimović: Eksploatacija, ispitivanje i primjena arhitektonskog kamena, Beograd 2006
9. www.min-kulture.hr
10. Hrvatski geološki institut
11. www.size-projekti.hr
12. www.siteproject.hr
13. www.armatura.hr
14. www.leo-inox.hr
15. L. Pletikosi: Primjena kamena u graditeljstvu
16. www.enu.fzoeu.hr
17. www.fzoeu.hr
18. www.mgipu.hr
19. www.ruralnirazvoj.hr

7. Popis slika:

Slika 1. Regionalna podjela arhitektonsko-građevnog kamena u Hrvatskoj - Primjena kamena u graditeljstvu Lado Pletikosi

Slika 2. Litosferska karta s ležištima mineralnih sirovina okolice Trogira - Hrvatski geološki institut

Slika 3. Kamenolom Plano - http://adriakamen.hr/

Slika 4. Kamenolom Seget - http://delta-dragun.hr/2015/12/10/kamenolom-za-ekspolataciju-kamena-sveti-nikola/

Slika 5. Kamenolom Vrsine - http://www.stonecontact.com/quarries-4707/vertigo-limestone-vrsine-quarry

Slika 6. Kamenolom Punta-Barbakan i bijeli bračk mramor - http://www.adriaticroatia.com/hr/apartmani/island-brac/

Slika 7. Kamenolom Punta-Barbakan pogled s mora - http://www.panoramio.com/photo/22380889

Slika 8. Katedrala sv. Jakova u Šibeniku i Dioklecijanova carska palača u Splitu - http://www.voyagevirtuel.co.uk/croatie/sibenik-38.php i http://www.visitadriatic.eu/hrvatske-regije/unesco-destinacije/dioklecijanova-palaca-i-srednjovjekovni-split/

Slika 9. Zgrada parlamenta u Budimpešti - http://milicinakuhinja.blogspot.hr/2016/02/

Slika 10. Suhozid između vinograda i maslinika u Primoštenu - http://blog.dnevnik.hr/broduboci/2009/03/1626042323/primostenski-vinogradi.html

Slika 11. Bunja - http://hotspots.net.hr/2014/11/suhozidi-kamena-cipka-zuljevitih-dlanova/ i Tihomira Stepinac Fabijanić - Kažun kao prepoznatljiv element identiteta Istre

Slika 12. Piljenje kamenih blokova - http://hr.marblepolishingabrasives.com/diamond-saw-blade/granite-saw-blade/diamond-saw-blade-for-granite-block-cutting.html

Slika 13. Popuštanje vezivnog sretstva između kamene ploče i konstrukcije - https://www.lawnsite.com/attachments/stone4-jpg.202611/

Slika 14. Pojava pukotina na kamenoj fasadi - http://anglinsfoundationrepairs.com/wordpress/wp-content/gallery/masonry/SAM_1629.jpg

Slika 15. Skidanje labavih ploča i neodgovarajučeg veziva - https://www.lawnsite.com/attachments/stone2-jpg.202608/

Slika 16. Zaglađivanje fuga sa žlicom - https://i.ytimg.com/vi/Oz0ThlFmr0g/maxresdefault.jpg

Slika 17. Fugiranje frečicom i ručno zaglađivanje površine - https://i.ytimg.com/vi/JwzsrBD4tiE/maxresdefault.jpg i https://i.ytimg.com/vi/ucfiAl1V_EQ/maxresdefault.jpg

Slika 18. Ručno punjnje fuga - https://i.ytimg.com/vi/sXl6ekWCpTk/hqdefault.jpg

Slika 19. Postavljanje kamenih ploča na hrapavu površinu - http://www.sakrete.com/imagecache/compFull/stone-veneer-mortar8-setting-stone_3.jpg

Slika 20. Ručno čišćenje kamenog zida četkom - Priručnik za sustave renoviranja i saniranja

Slika 21. Ubrizgavanje morta mehaničkom pumpom - https://i.ytimg.com/vi/bK9hoTebGj0/hqdefault.jpg i https://i.ytimg.com/vi/aEvA-5Ojqvg/hqdefault.jpg

Slika 22. Čepasta folija - http://mmc.bolha.com/0/image/201505/201857/CEPKASTA-CEPASTA-GUMBASTA-FOLIJA-MEMBRANA_57ab3232ac269.jpg

Slika 23. Drenažni sloj od oblutaka - http://www.blesk2.si/wp-content/uploads/2013/02/P1051075-1024x768.jpg

Slika 24. Horizontalno nazubljena podloga zupčastim gleterom - https://i.ytimg.com/vi/YPfjBmjnJSE/hqdefault.jpg

Slika 25. Presjek ventilirane fasade - http://www.econ.hr/rainscreen3.php

Slika 26. Ventilirajuća kamena fasada Zagrebačka banka Špansko, Zagreb - Privatno

Slika 27. Ventilirani prostor pod utjecajem vanjskih vrmenskih uvjeta - http://www.size-projekti.hr/ventilirane-fasade-p10

Slika 28. Ventilirana fasada kod visokih temperatura - http://kompozitnimaterijali.com/ventilirajuca-fasada/

Slika 29. Ventilirana fasada kod zimskih niskih temperatura - http://www.siteproject.hr/ventilirane-fasade/

Slika 30. Ploče sa: a) vidljivim držačima, b) vidljivim kopčama - Tehničko veleučilište u Zagrebu - Toplinska zaštita pročelja- dr.sc. Zoran Veršić, dip.ing.arh

Slika 31. Zarezana ploča s nevidljivim držačem - http://www.stoneclip.com/

Slika 32. Kamena ploča učvršćena sidrima - https://kuwaitstone.blogspot.hr/2016/07/stone.marble.contractor.html

Slika 33. Postavljanje kamenih ploča na pročelje građevine - https://kuwaitstone.blogspot.hr/2016/07/stone.marble.contractor.html i http://ba.chinaaoz.com/stone-brackets/stainless-steel-stone-brackets/stainlsess-steel-z-bracket-for-nature-stone-cl.html

Slika 34. Sidra - http://ba.chinaaoz.com/stone-brackets/stainless-steel-stone-brackets/stainlsess-steel-z-bracket-for-nature-stone-cl.html i http://th.oursmetal.com/stone-brackets/stainless-steel-stone-brackets/stainlsess-steel-z-bracket-for-nature-stone-cl.html i Tehničko veleučilište u Zagrebu - Toplinska zaštita pročelja- dr.sc. Zoran Veršić, dip.ing.arh

Slika 35. Ventilirajuća kamena fasada Zagrebačka banka Špansko, Zagreb - Privatno

Slika 36. Nosač ploče - SBS Tehnički katalog i http://www.sbs.com.hr/proizvod/pregled/naziv/ventilirana-kamena-fasada/

Slika 37. Slika 25. Postavljene kamenene ploče na podkonstrukciju - http://keilanchor.com/

Slika 38. Postavljanje izolacije ispod ploča ventilirane kamene fasade - http://en.billiton.ru/razdeli_sayta/ot/montazh_fasadov/

Slika 39. Vertikalni presjek spoja ventilirane fasade i krova - FEAL katalog - fasadni sistemi i ventilirajuće fasadne obloge

Slika 40. Oblaganje kamenim pločama - http://www.kamen-benkovac.hr/wp-content/uploads/2013/10/3.-Nanosenje-ljepila-na-kamen.jpg

Slika 41. Fugiranje - http://www.crostone.hr/new/postavljanje_uradisam.php

Slika 42. Spoj ventilirane fasade i prozora - Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, Zavod za prometnice, organizaciju i tehnologiju građenja i arhitekturu

Slika 43. Spoj ventilirane fasade i prozorske klupčice - - FEAL katalog - fasadni sistemi i ventilirajuće fasadne obloge

Slika 44. Spoj ventilirane fasade s tlom - - FEAL katalog - fasadni sistemi i ventilirajuće fasadne obloge

Slika 45. Tablica dodatnih naplata obrade kamenih ploča - L. Pletikosi: Primjena kamena u graditeljstvu

Slika 46. Tablica subvencioniranja za energetsku obnovu obiteljskih kuća - http://energetska-obnova.hr/