

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

– STRUKOVNI DIO –



PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE ZIDAR

IMPRESSUM:**Urednica:**

prof.dr.sc. Ivana Banjad Pečur, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Autori:

Tatjana Lukman, *Graditeljska škola Čakovec*

Darinka Kalšan, *Graditeljska škola Čakovec*

doc.dr.sc. Bojan Milovanović, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Recenzenti:

Ivana Carević, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

prof.dr.sc. Ivana Banjad Pečur, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Dizajn i prijelom:

Antonija Čičak

ISBN:

978-953-6272-94-5

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 000954434.

Tisak:

TISKARA ZELINA d.d.

Katarine Krizmanić 1, 10380 Sveti Ivan Zelina

Odgovornost za sadržaj ove publikacije preuzimaju isključivo autori. Njihov sadržaj ne odražava nužno službena stajališta Europske unije. EASME niti Europska komisija nisu odgovorni za bilo kakvo korištenje sadržanim informacijama.

Nakladnik:

Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

Sva prava pridržavaju autori i urednica. Niti jedan dio ove knjige ne smije se reproducirati ili distribuirati bez dopuštenja autora i urednice.

Zagreb, 2016.



PRIRUČNIK ZA TRENERE / **ZIDAR**



Usljed nedostatka odgovarajuće stručno osposobljenih radnika na hrvatskom tržištu, prepoznata je potreba za **usavršavanjem/osposobljavanjem/prekvalifikacijom radne snage** za energetske učinkovitu obnovu i gradnju zgrada, koji će time jamčiti za kvalitetnu izvedbu. S obzirom na navedeno, u okviru europske inicijative Build Up Skills pokrenut je projekt CROSKILLS, koji je podijeljen u dvije faze. U prvoj fazi izrađena je Analiza stanja u zgradarstvu Hrvatske i vještina građevinskih radnika u energetske učinkovitosti, uspostavljena Nacionalna kvalifikacijska platforma te izrađene Nacionalne smjernice za kontinuiranu izobrazbu građevinskih radnika u energetske učinkovitosti, koje je podržalo više od 20 nacionalnih institucija i sektorskih organizacija.

Opći cilj projekta CROSKILLS jest uspostaviti sveobuhvatni program kvalifikacija i osposobljavanja građevinskih radnika, kako bi se omogućilo cjeloživotno osposobljavanje radnika u području energetske učinkovitosti te sustavna evaluacija kvalificirane radne snage u državi. Projektom CROSKILLS obuhvaćeno je sljedećih šest prioriteta građevinskih zanimanja: ZIDAR, FASADER, KROVOPOKRIVAČ, SOBOSLIKAR LIČILAC, MONTER SUHE GRADNJE I TESAR.

Jedna od važnih karika za uspostavljanje sveobuhvatnog programa kvalifikacija i osposobljavanja građevinskih radnika jest **obuka trenera** koji bi svoja novostečena znanja i vještine trebali prenijeti na jednu od skupina prioriteta građevinskih zanimanja. Priručnici za šest prioriteta građevinskih zanimanja za obuku trenera podijeljeni su na ZAJEDNIČKI DIO, s cjelinama koje su jednake za sva zanimanja, te STRUKOVNI DIO s cjelinama koje se odnose na jedno od prioriteta građevinskih zanimanja u području energetske učinkovitosti.

Ovaj priručnik namijenjen je svima onima koji imaju znanja iz zanimanja ZIDAR, s ciljem da ih dodatno usavrše u području energetske učinkovitosti. Obučavanje trenera za prenošenje potrebnih vještina i znanja drugima predstavlja osnovu za uspješnu realizaciju projekta CROSKILLS.



STRUKOVNI DIO KONTINUIRANE IZOBRAZBE GRAĐEVINSKIH RADNIKA U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI ZA ZANIMANJE ZIDAR, OBUHVAĆA SLJEDEĆE CJELINE I TEME, NAMIJENJENE TEORIJSKOJ NASTAVI:

Poglavlje **UVOD U ZIDARSKU STRUKU** objašnjava djelatnost zidara, te kojim se strojevima, priborom i alatima služi. Potpoglavlje **ZIDARSKI MATERIJALI** daje pregled građevnih proizvoda namijenjeni za gradnju zgrada u svrhu racionalnog korištenja energije i toplinske zaštita: obrađene su opeke koje se koriste kao toplinsko-izolacijski građevni proizvod (Laipor, Protherm, Ytong građevni proizvodi), ostali materijali za zidanje (ljepila, mortovi, žbuke, te beton i armirani beton). Potpoglavlje **ZIDANJE JEDNOSTAVNIH ELEMENATA** daje osnovne zidarske pojmove, osnovna pravila zidanja, te zidanje šupljim betonskim blokovima. Obrađena je i tema zidanja zidova blokovima pojačanje toplinske izolacije (zidanje plinobetonom - kao Ytong, zidanje opekarskim termo blokovima - kao Porothersm). Zidanja su objašnjena korak po korak, te vizualno (slikama) prikazana.

Poglavlje **ZIDANE KONSTRUKCIJE** daje **OSNOVNA SVOJSTVA ZIDANIH ELEMENATA** (dopuštena odstupanja dimenzija, geometrijski podaci o zidnim elementima, obujamska masa, tlačna čvrstoća, toplinska svojstva, trajnost, vodoupojnost, sadržaj aktivnih topljivih soli, reakcija pri požaru, paropropusnost i zvučna izolacija), **UPUTE ZA UGRADNJU ZIDNIH ELEMENATA** koje uključuju organizaciju građenja, pripremne radove, početak gradnje, izvođenje zidarskih radova, zidanje nosivih zidova, povezivanje vanjskih i unutarnjih nosivih zidova, pregradne zidove, spojeve nosivih i pregradnih zidova i ugradnju nadvoja. Dane su upute za ugradnju nadvoja, stropne sustave, postupci njege i zaštite tijekom izvedbe zida i normativi gradnje.

Poglavlje **IZOLACIJA ZGRADE** na početku obrađuje **IZOLACIJSKE MATERIJALE** podijeljene prema vrsti izolacije (**MATERIJALI ZA HIDROIZOLACIJU ZGRADE, MATERIJALI ZA TOPLINSKU IZOLACIJU, MATERIJALI ZA AKUSTIČNU IZOLACIJU**).

U poglavlju **IZOLACIJA TEMELJA I PODOVA** objašnjeno je zašto je bitna izolacija temelja i podova te je pojašnjena izrada plivajućeg poda.

Poglavlje **PRIMJENA IZOLACIJSKIH MATERIJALA, ETICS SUSTAVI** objašnjava što je to ETICS sustav, strukturu, podloge, osnovne faze izvo-

đenja s izvršenim predpripremnim faza prije samog izvođenja, postavljanje toplinsko-izolacijskih ploča i lamela (ljepljenje, mehaničko pričvršćenje, izbor pričvrsnica, bušenje rupa, broj pričvrsnica, shema postavljanja, postavljanje pričvrsnica, armaturni sloj sa staklenom mrežicom, mort za armaturni sloj, miješanje morta za armaturni sloj, dijagonalno armiranje, izvedba rubova i kutova, spoj krova i zida, ugradnja prozorske klupčice, pričvršćivanje elemenata, završno-dekorativna žbuka, stupanj refleksije, nanošenje predpre-maza, nanošenje završno-dekorativne žbuke, završno-dekorativna žbuka za podnožje). Prikazani su zahtjevi za podloge, ovisno o vrsti podloge.

Jedan od važnijih dijelova poglavlja **IZOLACIJA ZGRADE** je i potpoglavlje **GREŠKE PRI IZVOĐENJU ETICS SUSTAVA** gdje su slikovno prikazane greške prilikom izvođenja. Kod izolacije zgrade u potpoglavlju **UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE** dani su zahtjevi pravilne ugradnje stolarije, te opisani sustavi brtvljenja: pomoću RAL PVC letvica, pomoću folija i ekspandirajuće brtve, pomoću folija te pomoću brtvenih traka. Navedene su i posljedice nepravilne ugradnje vanjske stolarije. **PREDGOTOVLJENI SUSTAVI** daju pregled predgotovljenih betonskih zidnih panela, zatim predgotovljenih betonskih zidnih panela tipa ECO-SANDWICH®, brtvljenje betonskih zidnih panela, te obrađuju i predgotovljene drvene zidne panele i obnovu postojećih zgrada predgotovljenim drvenim zidnim panelima. Jedan od načina gradnje koji se također pojavljuje na tržištu je izolirana oplata za beton koja se u različitim oblicima izvedbe koristi za gradnju vanjskih zidova s betoniranjem na gradilištu, te je obrađena u sklopu potpoglavlja **IZOLIRANA OPLATA ZA BETON – ICF**.

Kao dio cjeline **IZOLACIJA ZGRADE** dano je poglavlje **KROVOVI**, koje uključuje Ravnne krovove. Kod **RAVNIH KROVOVA**, kod kojih se pojavljuju značajne greške tokom izvođenja, obrađeni su funkcionalni slojevi ravnog krova, detalji veza i prodora krova, te najčešći problemi koji se pojavljuju kod ravnih krovova. Prikazani su i zeleni ravni krovovi: prednosti njegove primjene i slojevi zelenog ravnog krova.



Croatian labour market lacks adequately qualified workers in the field of energy efficiency. Consequently, a need has been identified for basic **training / specialisation / retraining** of the workforce (craftsmen, entrepreneurs) in energy efficiency i.e. in refurbishment and construction of new buildings, thus guaranteeing for high quality performance. Poor workmanship as well as the requirement for highly skilled workers for constructing nZEBs are the basis of the European initiative Build Up Skills, which started the CROSKILLS project, divided in two phases: CROSKILLS Pillar I and CROSKILLS Pillar II. During the Pillar I stage, Status Quo Analysis of the building sector in Croatia was performed where skills of construction workers in the field of energy efficiency and renewable sources of energy were assessed, and the National Qualification Platform established, which derived the National Roadmap for Lifelong Education of the Construction Workers in the Field of Energy Efficiency. The National Roadmap was endorsed by more than 20 national institutions and sectoral organizations.

The main goal of the CROSKILLS project is to establish a large-scale qualification and training scheme for Croatian blue-collar building workers, in order to enable lifelong training of workers in the field of energy efficiency and the systematic evaluation of skilled workforce in Croatia. CROSKILLS project targets 6 priority construction professions: BRICKLAYERS, PLASTERERS, ROOFERS, CARPENTERS, HOUSE PAINTERS and DRYWALL SYSTEM INSTALLERS.

An important link in the establishment of a comprehensive worker qualification and training scheme is the **training of trainers**. These trainers would transfer their newly acquired knowledge and skills to one of the priority construction professions (blue-collar workers). Each of the manuals for 6 priority professions consists of two parts: COMMON SECTIONS covering topics that are equally relevant for all occupations, and PROFESSION-SPECIFIC SECTIONS covering knowledge that a particular profession has to master in the field of energy efficiency

This manual is intended for all those possessing certain knowledge in the profession of MASONRY and BRICKLAYING, with interest for further training and improvement in the field of energy efficiency. Training of trainers is the basis for successful implementation of the CROSKILLS goals where trainers will be adequately instructed and advised for the transfer of necessary skills and knowledge to blue-collar workers.



PROFESSION-SPECIFIC SECTIONS OF THE MANUAL FOR BRICKLAYERS IN THE FIELD OF ENERGY EFFICIENCY INCLUDE THE FOLLOWING TOPICS, INTENDED MAINLY FOR THEORETICAL PART OF THE EDUCATION:

The chapter **INTRODUCTION TO MASONRY AND BRICKLAYING** explains the bricklayer's profession, and the machines, accessories and tools used. The chapter on **MASONRY MATERIALS** gives an overview of construction products intended for the construction of buildings for the purpose of rational use of energy and thermal protection: bricks that are used as heat-insulating construction product (Laipor, Protherm, AAC construction products), other masonry materials (adhesives, mortars, plaster, concrete and reinforced concrete). Subchapter **LAYING OF SIMPLE ELEMENTS** provides basic masonry and bricklaying terminology, basic rules of masonry, and laying of hollow concrete blocks. The topic of laying building blocks with reinforced thermal insulation capacities (aerated concrete – such as Ytong, thermal building blocks – such as Porotherm) is also tackled. Masonry process is explained step by step, and illustrated visually with pictures.

The section on **MASONRY STRUCTURES** provides **BASIC PROPERTIES OF MASONRY ELEMENTS** (dimensional tolerances, geometrical data of wall elements, volume weight, compressive strength, thermal properties, durability, water absorption capacity, content of active soluble salts, reaction to fire, vapour permeability and sound insulation), as well as **INSTRUCTIONS FOR WALL ELEMENTS INSTALLATION**, which include the construction management, preparation works, the start of construction, masonry works, laying of bearing walls, connecting the outer and inner bearing walls, partition walls, compounds bearing and partition walls and installation of lintel. Instructions are given for the mounting of lintels, ceiling systems, processes of care and protection during the performance of masonry works, as well as construction norms.

The section **INSULATION OF THE BUILDING** includes **INSULATION MATERIALS** divided by insulation type: **HYDROINSULATION MATERIALS**, **THERMAL INSULATION MATERIALS** and **ACOUSTIC INSULATION MATERIALS**.

INSULATION OF FOUNDATIONS AND FLOORS section answers the question why insulation of the foundations and floors is so important, and also describes installation of the floating floor.

Section APPLICATION OF INSULATION MATERIALS, ETICS SYSTEMS

provides the definition of ETICS systems, structures, surfaces, basic application stages including preparatory stage, application of thermal insulation panels and slices (applying the adhesive mortar, anchoring, selection of the anchors, drilling the anchors holes, number of anchors, anchoring pattern, setting the anchors, reinforced base coat with glass fibre mesh, base coat with reinforcement, mixing the base coat, diagonal reinforcement, formation of edges and corners, connection of roof and wall, window sill connections, fixing the elements, finishing coat, lightness coefficient, application of the system primer and finishing coat, finishing coats for the base and perimeter area). Preparation of the substrate depending on its type is also explained.

One of the most relevant aspects of **BUILDING INSULATION** is dealt with in the chapter **MISTAKES DURING APPLICATION OF ETICS SYSTEMS** where most common mistakes and consequences of the poor workmanship are illustrated. The **MOUNTING OF EXTERIOR JOINERY** chapter reviews the requirements for proper joinery mounting and describes several sealing systems - using RAL PVC bars, using foil and intumescent strips, using foil, and using seal strips. The chapter also explains the consequences of incorrect joinery mounting. **PREFABRICATED SYSTEMS** chapter provide an overview of prefabricated concrete wall panels, prefabricated ECO-SANDWICH® type concrete wall panels, sealing of concrete wall panels, prefabricated wooden wall panels as well as reconstruction of existing buildings with prefabricated wooden wall panels. One of the building methods present on the market is the insulated concrete formwork which in its various forms is applied in the construction of exterior walls with on-site concrete laying, reviewed in the chapter on **INSULATED CONCRETE FORMS – ICF**.

The **INSULATION OF BUILDINGS** section includes a chapter on **ROOFING** and Flat roofs. The **FLAT ROOFS** chapter discusses the common construction mistakes, functional roof layers, details of connections and projections in roofs, and some of the most common problems occurring with flat roofs as well as the repairing options. Green flat roofs are also described: green roof layers, as well as advantages of their application.

1 UVOD U ZIDARSKU STRUKU	17
1.1 DJELATNOST ZIDARA	17
1.2 ZIDARSKI ALAT, PROBOR I STROJEVI	19
1.3 ZIDARSKI MATERIJALI	24
1.3.1 Vrste opeke	25
1.3.2 Ostali proizvodi za zidanje	31
1.3.3 Mortovi	36
1.3.4 Žbuke	37
1.3.5 Beton i armirani beton	38
1.4 ZIDANJE JEDNOSTAVNIH ELEMENATA	44
1.4.1 Osnovni zidarski pojmovi	44
1.4.2 Osnovna pravila zidanja	45
1.4.3 Glavni vezovi/slogovi	45
1.4.4 Zidanje šupljim betonskim blokovima	48
1.4.5 Zidanje zidova blokovima pojačane toplinske izolacije	50
2 ZIDANE KONSTRUKCIJE	59
2.1 UVOD/OSNOVNI POJMOVI	59
2.2 ZIDNI ELEMENTI	59
2.3 OSNOVNA SVOJSTVA ZIDNIH ELEMENATA	60
2.3.1 Dopuštena odstupanja dimenzija	60
2.3.2 Geometrijski podaci o zidnim elementima	61
2.3.3 Obujamska masa	62
2.3.4 Tlačna čvrstoća	63
2.3.5 Toplinska svojstva	63
2.3.6 Trajnost	63
2.3.7 Vodopojnost	64
2.3.8 Sadržaj aktivnih topljivih soli	64
2.3.9 Reakcija pri požaru	64
2.3.10 Paropropusnost	64
2.3.11 Zvučna izolacija	65
2.4 UPUTE ZA GRADNJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA	69
2.4.1 Organizacija gradilišta	69
2.4.2 Pripremni radovi	69
2.4.3 Početak gradnje	69
2.4.4 Izvođenje zidarskih radova	70
2.4.5 Nosivi zidovi - zidanje	71
2.4.6 Povezivanje vanjskih i unutarnjih nosivih zidova	73
2.4.7 Pregradni zidovi	73
2.4.8 Spojevi nosivih i pregradnih zidova	74
2.4.9 Ugradnja nadvoja	75
2.5 STROPNI SUSTAV	76
2.6 POSTUPCI NJEGE I ZAŠTITE TIJEKOM IZVEDBE ZIDA	77

3 IZOLACIJA ZGRADE	83
3.1 IZOLACIJSKI MATERIJALI	83
3.1.1 Materijali za hidroizolaciju zgrade (HI)	83
3.1.2 Materijali za toplinsku izolaciju zgrade (TI).....	86
3.1.3 Materijali za zvučnu izolaciju zgrade (ZI)	91
3.2 IZOLACIJA TEMELJA I PODOVA	95
3.2.1 Izolacija temelja.....	95
3.2.2 Toplinska izolacija podova	96
3.3 ETICS SUSTAVI	100
3.3.1 Povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju – ETICS.....	100
3.3.2 Greške pri izvođenju ETICS sustava.....	151
3.4 UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE.....	168
3.4.1 Sustav brtvljenja pomoću folija i ekspanzirajuće brtve.....	169
3.4.2 Sustav brtvljenja pomoću folija.....	169
3.4.3 Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka	170
3.4.4 Sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica.....	172
3.5 PREDGOTOVLJENI SUSTAVI	173
3.5.1 Predgotovljeni betonski zidni paneli	173
3.5.2 Predgotovljeni betonski zidni paneli – tip ECO-SANDWICH®.....	176
3.5.3 Brtvljenje predgotovljenih betonskih zidnih panela.....	180
3.5.4 Predgotovljeni drveni zidni paneli	185
3.5.5 Obnova postojećih zgrada korištenjem predgotovljenih drvenih panela	187
3.6 IZOLIRANA OPLATA ZA BETON - ICF.....	192
3.7 KROVOVI	195
3.7.1 Ravni krovovi.....	195
4 REFERENCE	211

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE ZIDAR**



**UVOD U ZIDARSKU
STRUKU**

1 UVOD U ZIDARSKU STRUKU

1.1 DJELATNOST ZIDARA

Zanimanje zidar ima veliku važnost kod izvedbe svih zgrada jer izvodi niz poslova na njima. Glavni poslovi su mu:

- zidanje (zidova, stupova, dimnjaka, lukova, svodova od opeke i drugih materijala), *Slika 1-1*;
- unutarnje i vanjsko žbukanje, *Slika 1-2* i *Slika 1-3*;
- izvedba podnih podloga (estriha/glazura) i vanjskih staza, *Slika 1-4* i *Slika 1-5*;
- izvedba betonskih i AB elemenata (temelji, stupovi, grede, serklaži, nadvoji), *Slika 1-6*;

Osim glavnih, sudjeluje ili izvodi i sljedeće poslove:

- postava nanosne skele (u suradnji s geodetima), *Slika 1-7*;
- postava svih vrsta izolacija (hidroizolacija, termoizolacija, akustična izolacija), *Slika 1-8*, *Slika 1-9*, *Slika 1-10*;
- ugradnja konstrukcija za zatvaranje otvora (stolarije i bravarije), *Slika 1-11*;
- montaža i demontaža svih vrsta (konstrukcija za rad na visini), *Slika 1-12*.

Poslovi zidara podrazumijevaju i:

- čitanje i tumačenje projekata i skica
- praćenje ugrađenih količina materijala



Slika 1-1 Zidanje [1]



Slika 1-2 Unutarnje žbukanje [2]



Slika 1-3 Fasadno žbukanje [3]



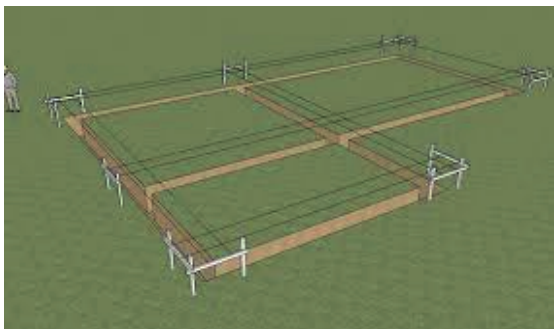
Slika 1-4 Izvedba podnih podloga [4]



Slika 1-5 Izvedba vanjskih staza [5]



Slika 1-6 Betoniranje [6]



Slika 1-7 Postava nanosne skele [7]



Slika 1-8 Izvedba hidroizolacije [8]



Slika 1-9 Izvedba plivajućih podova [9]



Slika 1-10 Izvedba toplinskih sustava fasade [10]



Slika 1-11 Ugradnja stolarije [11]



Slika 1-12 Postava skela [12]

1.2 ZIDARSKI ALAT, PROBOR I STROJEVI

Kako bi što brže i učinkovitije izvodio svoje poslove, zidar se pri njima služi raznim alatima, priborom, strojevima i pomoćnim sredstvima, (Slika 1-13 - Slika 1-48).

SPRAVE ZA MJERENJE I VIZIRANJE



Za mjerenje dimenzija manjih elemenata

Slika 1-13 Sklopivi metar [13]



Za mjerenje većih dimenzija

Slika 1-14 Mjerna traka [14]



Za određivanje i provjeru vertikalnosti

Slika 1-15 Visak [15]



Za određivanje i provjeru vodoravnosti, okomitosti i kuta od 45°

Slika 1-16 Libela [16]



Za prenošenje horizontale na veću udaljenost

Slika 1-17 Cijevna libela – vodena vaga [17]



Za određivanje i provjeru pravog kuta

Slika 1-18 Kutnik – fiksni [18]



Za provjeru ravnine, ravnanje žbuke i betona

Slika 1-19 Zidarska ravnilica [19]



Za određivanje pravca

Slika 1-20 Konopac - špaga [20]



Za određivanje i provjeru svih kutova

Slika 1-21 Kutnik - pokretni

SPRAVE ZA MJERENJE I VIZIRANJE

Za viziranje i prenošenje visina

Slika 1-22 Laser za viziranje i prenošenje - za prenošenje horizontale i vertikale [21]

ZIDARSKI ALAT

Za stavljanje morta, bacanje grube žbuke

Slika 1-23 Zidarska žlica [22]



Za stavljanje morta, bacanje fine žbuke

Slika 1-24 Zidarska tavnica - mala [23]



Za pretovar morta i žbuke iz tački u mortarku

Slika 1-15 Zidarska tavnica - velika [24]



Za lomljenje i poravnavanje opeke

Slika 1-26 Zidarski čekić [25]



Za zaglađivanje žbuke i betona (plastične, drvene, čelične)

Slika 1-27 Zidarska gladilica [26]



Za zaglađivanje "fuga". Raznih je oblika

Slika 1-28 Reškalicica [27]

ZIDARSKI ALAT



Za utiskivanje pomoćnih profila za žbukanje

Slika 1-29 Valjak za utiskivanje [28]



Za rezanje metalnih profila za žbukanje

Slika 1-30 Škare za profile [28]



Za ručno miješanje malih količina morta, betona

Slika 1-31 Greblica / zgrtalo [29]



Za probijanje rupa i kanala

Slika 1-32 Dlijeto i špica [30]



Za zacrtavanje položaja, provjeru debljine reški

Slika 1-33 Zidarska olovka [31]

POMAGALA



Za močenje fine žbuke prilikom zглаđivanja

Slika 1-34 Četka [32]



Za prosijavanje pijeska i fine žbuke

Slika 1-35 Zidarsko sito [33]



Za držanje malih količina morta, žbuke

Slika 1-36 Mortarka [34]

RUČNA TRANSPORTNA SREDSTVA

Za ručni transport malih količina materijala

Slika 1-37 Kanta [35]



Za transport većih količina materijala

Slika 1-38 Tačke – ručna kolica [36]



Za transport većih količina materijala

Slika 1-39 „JAPANER“ – japanska kolica [37]

GRAĐEVINSKI STROJEVI

Za miješanje morta, žbuke, betona

Slika 1-40 Mješalica za mort/beton [38]



Za zbijanje svježeg betona

Slika 1-41 Pervibrator [39]



Za zbijanje svježeg betona

Slika 1-42 Oplatni vibrator [38]



Slika 1-43 Vibro ploča za šljunak [40]



Slika 1-44 Vibro ploča za beton [41]



Slika 1-45 Stroj za žbukanje [42]

GRAĐEVINSKI STROJEVI



Za prijevoz betona iz betonare do gradilišta

Slika 1-46 Auto miješalica [43]



Za ugradnju betona pod pritiskom na visinu

Slika 1-47 Auto pumpa [44]



Za podizanje tereta na gradilištu

Slika 1-48 Građevinski lift [45]

PITANJA:

1. Čemu služi visak?
2. Čemu služi libela?
3. Koje alate koristimo za stavljanje morta kod zidanja?
4. Koje alate koristimo za žbukanje?
5. Čime zaglađujemo žbuku i beton?
6. Kojim alatom razbijamo opeku?
7. Čime se koristimo da bismo opeke složili u pravac?
8. Čime provjeravamo pravi a čime ostale kutove?
9. Čime prenosimo točke iste nadmorske visine na veću udaljenost?
10. Čime kod fugiranja zaglađujemo fuge?
11. Čemu služi zgrtalo?
12. Nabroji ručna transportna sredstva na gradilištu?
13. Čemu služi auto miješalica?
14. Čemu služi auto pumpa?
15. Kojim strojem se na gradilištu priprema mort, žbuka i beton?

1.3 ZIDARSKI MATERIJALI

Materijali se u zgradarstvu prema njihovoj namjeni dijele na konstrukcijske materijale, nekonstrukcijske materijale, veziva, materijale za obloge i zaštite, (Slike 1-49, 1-50 i 1-51). Građevni proizvodi namijenjeni za ugradnju u zgradi, čija svrha je racionalno korištenje energije i toplinske zaštite, dijele se na:

- toplinsko-izolacijske građevinske proizvode,
- povezane sustave za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS)
 - na osnovi ekspaniranog polistirena i
 - na osnovi mineralne vune,
- ziđe i proizvode za zidanje.



Slika 1-49 Opeka [48]



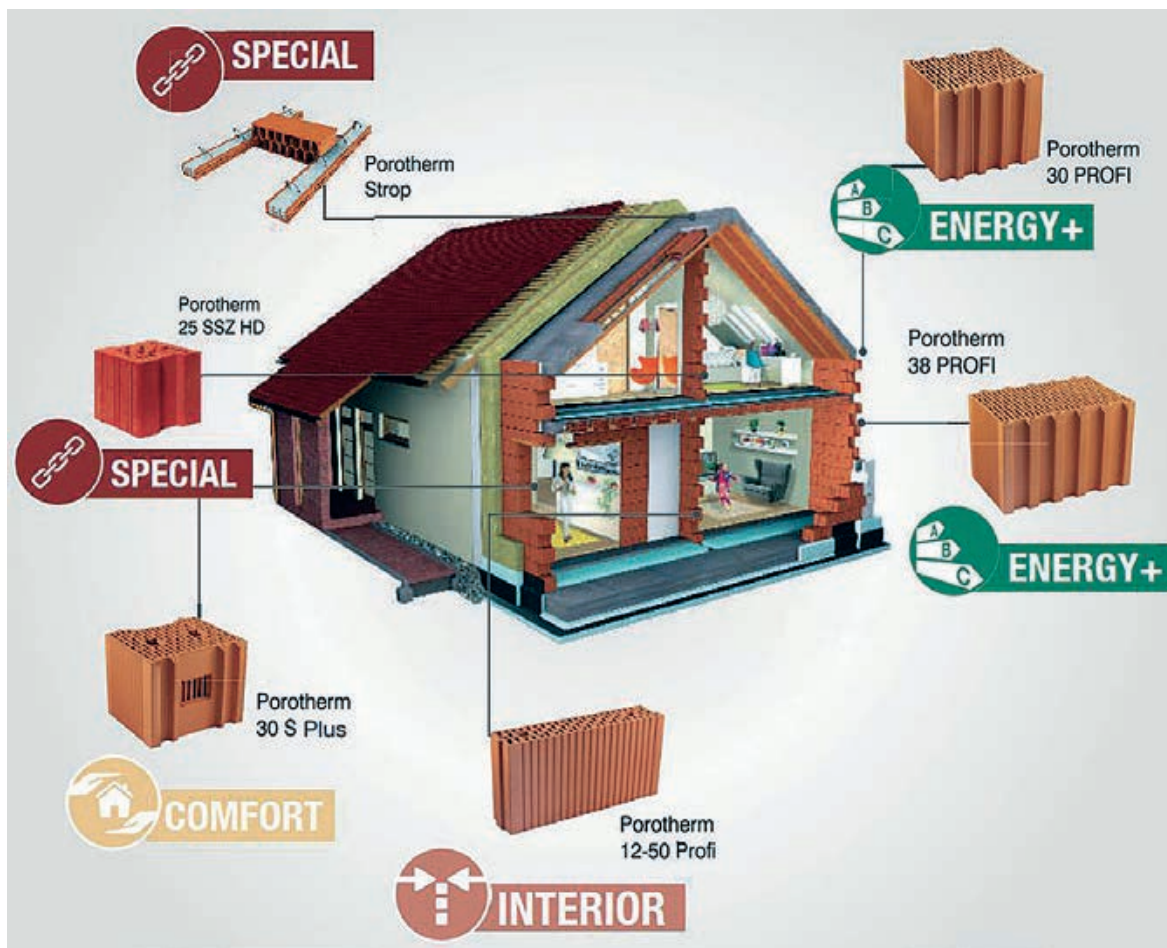
Slika 1-50 Vezivo [46]



Slika 1-51 Toplinskoizolacijski proizvod [47]

1.3.1 Vrste opeke

Na slikama 1-52 do 1-55, te u tablicama 1-1 do 1-4 prikazani su primjeri različitih vrsta opeke.



Slika 1-52 Spektar opekarskih proizvoda [48]



**OPEKA
OBIČNOG
FORMATA**



25×12×6,5 cm

- najstarija opeka
- uglavnom za dimnjake, stupove, nenasive zidove
- mala, njome se sporo zida, tradicionalna; može biti fasadna (ne žbuka se)

	<p>ŠUPLJI OPEKARSKI BLOKOVI</p> <hr/> <p>29×19×19 cm</p>	<ul style="list-style-type: none"> - klasična opeka za zidanje nosivih zidova - s njom se brže zida, manja potrošnja morta
	<p>OPEKARSKI TERMO BLOKOVI</p> <hr/> <p>30×25×23,8 cm 38×25×23,8 cm</p>	<ul style="list-style-type: none"> - opeka velikog formata POROTHERM - sve više se koristi za nosive zidove - bolji je toplinski izolator od šupljih opekarskih blokova
	<p>ŠUPLJE PREGRADNE PLOČE</p> <hr/> <p>8 (10 ili 12) ×59×23,8 cm</p>	<ul style="list-style-type: none"> - glavna opeka za pregradne zidove

Tablica 1-1 Neke od vrste opeke [48]

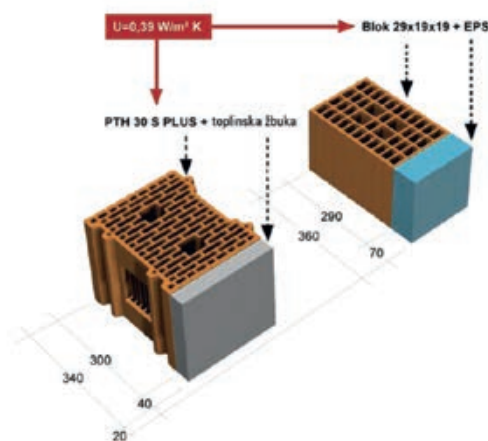
TERMO BLOKOVI		
<p>POROTHERM 45 S P+E</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Dimenzije (cm): 45×25×23,8 - Debljina zida (cm): 45 - NF (kom): 13,73 - Masa cca. (kg): 19,4 - Tlačna čvrstoća (N/mm²): 10,0 - Potrošnja opeke (kom/m²): 16,0 - Potrošnja opeke (kom/m³): 35,6 - Utrošak morta (l/m²): 57,0 - Toplinska provodljivost λ(W/mK)*: 0,16 - Koeficijent prolaska topl. U (W/m²K)*: 0,33

TERMO BLOKOVI		
<p>POROTHERM 38 S P+E PLUS</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Dimenzije (cm): 38×25×23,8 - Debljina zida (cm): 38 - NF (kom): 11,59 - Masa cca. (kg): 17,0 - Tlačna čvrstoća (N/mm²): 10,0 - Potrošnja opeke (kom/m²): 16,0 - Potrošnja opeke (kom/m³): 42,1 - Utrošak morta (l/m²): 47,0 - Toplinska provodljivost λ(W/mK)*: 0,139 - Koeficijent prolaska topl. U (W/m²K)*: 0,35
<p>POROTHERM 25 S P + E</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Dimenzije (cm): 25×37,5×23,8 - Debljina zida (cm): 25 - NF (kom): 11,44 - Masa cca. (kg): 16,5 - Tlačna čvrstoća (N/mm²): 10,0 - Potrošnja opeke (kom/m²): 10,7 - Potrošnja opeke (kom/m³): 42,7 - Utrošak morta (l/m²): 27,0 - Toplinska provodljivost λ(W/mK)**: 0,31 - Koeficijent prolaska topl. U (W/m²K)**: 1,03




* zidano s toplinskim mortom $\lambda = 0,19$ W/mK

** zidano s produžnim mortom $\lambda = 0,80$ W/mK

Tablica 1-2 Termo blokovi [48]



Slika 1-53 Usporedba sustava Porotherm 30 S Plus blok opeke s toplinskom žbukom i klasične blok opeke sa 7 cm EPS-a [48]




BLOK OPEKE S POBOLJŠANIM TOPLINSKIM SVOJSTVIMA		
<p>POROTHERM 38 PROFİ</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Dimenzije (cm): 38×25×24,9 - Debljina zida (cm): 38 - NF (kom): 12,13 - Masa cca. (kg): 17,6 - Tlačna čvrstoća (N/mm²): 10,0 - Potrošnja opeke (kom/m²): 16,0 - Potrošnja opeke (kom/m³): 42,1 - Utrošak morta (l/m²): 4,0 - Toplinska provodljivost λ(W/mK): 0,136 - Koeficijent prolaska topl. U (W/m²K): 0,34
<p>POROTHERM 30 PROFİ</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Dimenzije (cm): 30×25×24,9 - Debljina zida (cm): 30 - NF (kom): 9,60 - Masa cca. (kg): 17,0 - Tlačna čvrstoća (N/mm²): 10,0 - Potrošnja opeke (kom/m²): 16,0 - Potrošnja opeke (kom/m³): 53,3 - Utrošak morta (l/m²): 3,0 - Toplinska provodljivost λ(W/mK): 0,195 - Koeficijent prolaska topl. U (W/m²K): 0,59
<p>POROTHERM 25-38 PROFİ</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Dimenzije (cm): 25×37,5×24,9 - Debljina zida (cm): 25 - NF (kom): 12,00 - Masa cca. (kg): 18,6 - Tlačna čvrstoća (N/mm²): 10,0 - Potrošnja opeke (kom/m²): 10,5 - Potrošnja opeke (kom/m³): 42,7 - Utrošak morta (l/m²): 2,5 - Toplinska provodljivost λ(W/mK): 0,237 - Koeficijent prolaska topl. U (W/m²K): 0,82

Tablica 1-3 Blok opeke s poboljšanim toplinskim svojstvima [48]

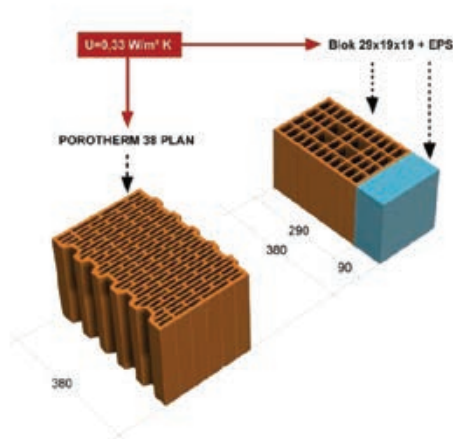


- Tlačna čvrstoća (N/mm²): 7,5
- Dimenzije (cm): 25×37,5×24,9
- Duljina (m): 25
- Masa (kg/kom): 17,6
- Potrošnja opeke (kom/m²): 10,5
- Utrošak morta (l/m²): tankoslojni mort ca. 2,5
- Utrošak DRYFIX.extra (doza/m²): 0,2
- Toplinska provodljivost λ (W/mK)*: 0,077

Slika 1-54 Porotherm 25-38 W.i Objekt Profi [48]

VEZIVNA SREDSTVA		
<p>POROTHERM TM 50</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Pakiranje vreća (l): 50 - Količina mokrog morta (l): 40 - Temperatura zraka i materijala: ne ispod +5°C - Tlačna čvrstoća (N/mm²): ≥ 5 - Toplinska provodljivost λ(W/mK): 0,19 - Jedna paleta = 50 vreća = 2,5 m³
<p>POROTHERM TANKOSLOJNI MORT</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Pakiranje vreća (kg): 25 - Količina mokrog morta (l): 21 - Temperatura zraka i materijala: ne ispod +5°C - Tlačna čvrstoća (N/mm²): ≥ 10 - Toplinska provodljivost λ(W/mK): 0,47
<p>POROTHERM DRYFIX.EXTRA</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Sadržaj (ml): 750 - Temperatura zraka i materijala: ne ispod -5°C - Toplinska provodljivost λ(W/mK): 0,036 - Vrijeme ugradnje (18°C/60%RH) cca. 5-10 min - Vrijeme vezanja (18°C/60%RH) nakon cca. 20 min - Utrošak materijala 17<d<50 cm: 5 m² zida/doza - Utrošak materijala 10<d<12 cm: 10 m² zida/doza

Tablica 1-4 Vezivna sredstva [48]



Slika 1-55 Usporedba sustava Porotherm 38 Profi blok opeke i klasične blok opeke sa 9 cm EPS-a [48]

POROTHERM PROFI brušena opeka ima malu toplinsku provodljivost (λ) te je precizno brušena s obje strane kontroliranim kompjuterskim procesom. Zidanje opeke je vrlo jednostavno, brzo i precizno. Kao vezivno sredstvo koriste se tankoslojni mort debljine 1 mm i POROTHERM DRYFIX.extra pjena koji osiguravaju mali koeficijent prolaska topline (U-vrijednost), manji utrošak materijala za zidanje, a zbog suhe i brze gradnje zgrade su prije spremne za useljenje, u odnosu na klasičnu gradnju mortom (Slika 1-56).

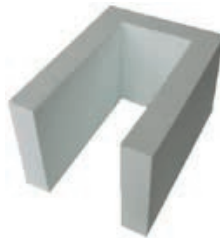


Slika 1-56 Kuća građena Porotherm Profi sustavom [48], [49]

Uz navedene vrste opeke, kod zidanja se koriste i drugi proizvodi, koji služe za bržu, jednostavniju i učinkovitiju gradnju, kao što su na primjer posebni proizvodi za omeđeno zide, Porotherm serklaž (Slika 1-59). Posebni proizvodi za omeđeno zide prikazani su na slikama 1-57 do 1-60.



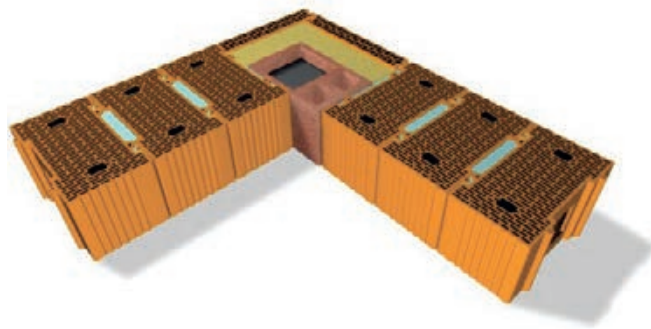
Slika 1-57 Betonski kut [48]



Slika 1-58 Dryfix kut [48]



Slika 1-59 Porotherm vodoravni serklaž [48]



Slika 1-60 Primjer korištenja posebnih proizvoda za omeđeno zide [48]




1.3.2 Ostali proizvodi za zidanje

Tablica 1-5 prikazuje ostale proizvode za zidanje.

OSTALI MATERIJALI ZA ZIDANJE		
<p>BLOKOVI OD PLINOBETONA</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Dvostruko bolji toplinski izolatori (TI) - Za fasadne zidove
<p>ŠUPLJI BETONSKI BLOKOVI</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Slaba TI, ali čvrsti i vodootporni. Za podrumске zidove
<p>ŠUPLJI LAKO BETONSKI BLOKOVI</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Isto kao i šuplji betonski blokovi, ali bolja TI
<p>KAMEN</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Tradicionalan, skup, čvrst, loša TI

Tablica 1-5 Ostali materijali za zidanje [50], [51], [52], [53]

Primjer blokova od laganoagregatnog betona koji se mogu pronaći na hrvatskom tržištu su na primjer Liapor blokovi, Liapor K-plus termo blok, Liapor SL-plus termo blok, te LiaTop.e - A++, *Tablica 1-6.*

PRIMJER BLOKOVA OD LAGANOAGREGATNOG BETONA:		
LIAPOR BLOK		<ul style="list-style-type: none"> - Debljina zida (d) = 100 – 250 mm - Gustoća (ρ) = 900 / 1.100 kg/m³ - Toplinska provodljivost (λ) = 0,36/0,53 W/(mK) - Faktor otpora difuziji vodene pare (μ) = 5/15 - Zvučna izolacija (R'_w,R) = 46 – 63 dB - Reakcija na požar = A1 - Otpornost na požar = F 180 / F 240 min. - Tlačna čvrstoća = 6,0 / 11,0 N/mm²
LIAPOR K-PLUS TERMO BLOK		<ul style="list-style-type: none"> - Debljina zida (d) = 300 – 490 mm - Gustoća (ρ) = 450 / 700 kg/m³ - Toplinska provodljivost (λ) = 0,11/0,15 W/(mK) - Koeficijent prolaska topline U= 0,21–0,42 W/m²K - Faktor otpora difuziji vodene pare (μ) = 5/10 - Zvučna izolacija (R'_w,R) = 44 – 51 dB - Reakcija na požar = A1 - Otpornost na požar = F 180 / F 240 min. - Tlačna čvrstoća = 2,5 / 6,0 N/mm²
LIAPOR SL-PLUS TERMO BLOK		<ul style="list-style-type: none"> - Debljina zida (d) = 365 – 490 mm - Gustoća (ρ) = 450 / 550 kg/m³ - Toplinska provodljivost (λ) = 0,09-0,11 W/(mK) - Koeficijent prolaska topline U= 0,17–0,32 W/m²K - Faktor otpora difuziji vodene pare (μ) = 5/10 - Zvučna izolacija (R'_w,R) = 46 – 49 dB - Reakcija na požar = A1 - Otpornost na požar = F 180 / F 240 min. - Tlačna čvrstoća = 2,5 / 4,0 N/mm² - Potrebna količina = 16 kom/m² - Mineralna ispuna – Geolyth (λ) = 0,035 W/mK

Tablica 1-6 Primjer blokova od laganoagregatnog betona [54]

PRIMJER BLOKOVA OD LAGANOAGREGATNOG BETONA:

LIATOP.E -
A++ BLOK

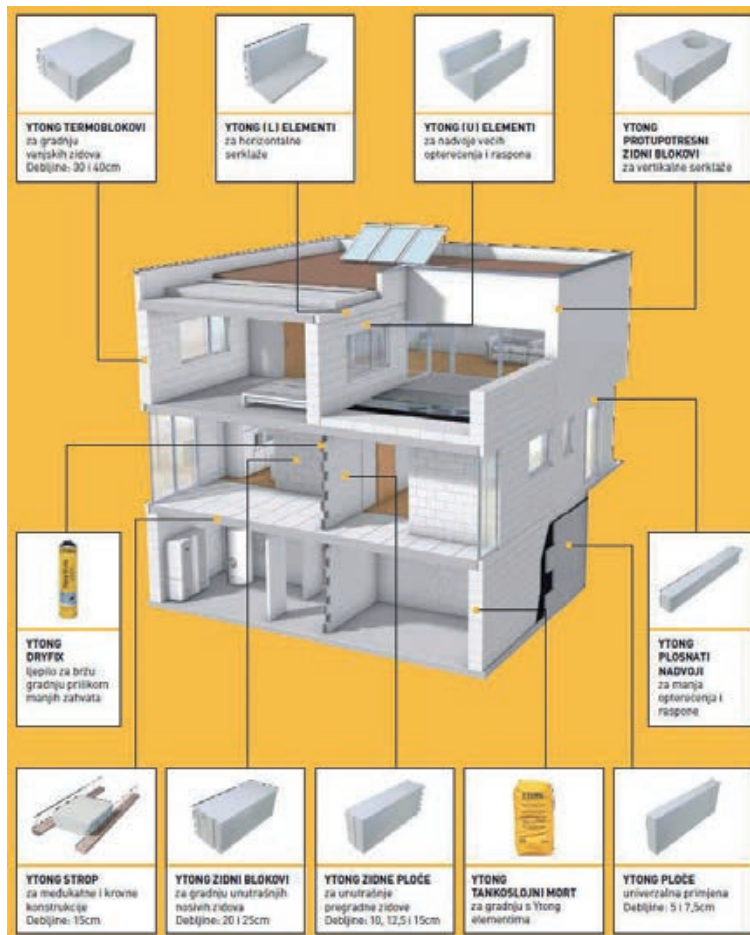
- Debljina zida (d) = 490 – 560 mm
- Gustoća (ρ) = 600 / 900 / 1100 kg/m³
- Toplinska provodljivost (λ) = 0,05/0,06 W/(mK)
- Koeficijent prolaska topline U = 0,10 – 0,12 W/m²K
- Faktor otpora difuziji vodene pare (μ) = 5/10
- Zvučna izolacija (R'w,R) = 53 – 64 dB
- Reakcija na požar = A1
- Otpornost na požar = F 180 / F 240 min.
- Tlačna čvrstoća = 3,0 / 6,0 / 11,0 N/mm²
- Potrebna količina = 15 kom/m²
- Liapor LAC (λ) = 0,14 – 0,28 – 0,36 W/(mK)
Toplinska izolacija (λ) = 0,031 W/(mK)

Tablica 1-6 Primjer blokova od laganoagregatnog betona [54]



Slika 1-61 Kuća građena LiaTop.e - A++ blokovima [54]

YTONG je građevinski materijal od porobetona i podrazumijeva asortiman elemenata za gradnju energetski učinkovitih zgrada. Karakteriziraju ga mala gustoća, laka obradivost, negorivost i otpornost u požaru, otpornost na zamrzavanje, plinopropusnost. Ovisno o vrsti proizvoda, variraju mu mehaničke značajke (tlačna čvrstoća), kao i toplinska svojstva (toplinska provodljivost) (Tablica 1-6). Kao vezno sredstvo koriste se tankoslojni mortovi te jednokomponentno poliuretansko ljepilo tipa Dryfix kod zidanja nenosivih unutrašnjih zidova.



Slika 1-62 Različiti proizvodi od porobetona [50]

Polimercementna ljepila

Polimercementna ljepila za toplinske sustave (ETICS) koriste se za lijepljenje izolacijskih ploča i izradu temeljnog sloja završne žbuke kod izvedbe povezanih sustava za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS). Lijepljenje se izvodi gotovim, tvornički pripremljenim polimercementnim mortom ili pastoznim disperzijskim ljepilom. Njihov je sastav obično sljedeći: cement, pijesak granulacije do 2,0 mm, punila, dodaci, mikroarmaturna vlakna.

Funkcija morta za lijepljenje je osigurati dobru čvrstoću prijanjanja na različitim podlogama i stvoriti čvrstu vezu između podloge i toplinskoizolacijskog materijala. Prilikom miješanja morta za lijepljenje treba se pridržavati uputa proizvođača (tehnička uputa, upute na pakiranju). To vrijedi i za pastozna ljepila za koja proizvođač propisuje dodavanje cementa.

Izuzetno je bitno naglasiti kako je pri izvođenju ETICS sustava potrebno koristiti certificirane sustave proizvođača, što znači kako je potrebno koristiti isključivo materijale i proizvode (od ljepila, staklene mrežice, toplinske izolacije te završnih slojeva) koje preporučuje proizvođač certificiranog ETICS sustava, bez iznimke.

Završno-dekorativni sloj

Kod odabira ogovarajućeg proizvoda za fasadu, podnožje ili unutarnje zidove i stropove potrebno je poznavati mnoge detalje, zato će se navesti najbitnije stvari o završnim žbukama i bojama.

Najbitniji čimbenici pri odabiru materijala jesu primjena žbuke, je li primjena unutarnja ili vanjska i koristi li se za podnožja ili fasade, kao i koristi li se žbuka za sanacije ili novogradnje.

U odnosu na fasadu, voda ima višestruko jači utjecaj na površinu podnožja. Zato se predlaže isključivo primjena materijala koji su razvijeni za podnožja.

Kod odabira žbuke za površinu fasade u slučaju sanacije, obvezna je primjena paropropusne žbuke. U slučaju vlažnih zidova također je obvezna primjena paropropusne završne žbuke, jer u slučaju primjene paronepropusne završne žbuke, postoji veliki rizik da će nakon godinu-dvije nabubriti i odljuštiti se.

U slučaju sanacije povijesnih spomenika, često se propisuje primjena silikatnih završnih žbuka ili fasadnih boja. U slučaju novogradnje, kod završnih žbuka valja pozornost obratiti na sljedeće:

- Tehnička svojstva:
 - Paropropusnost,
 - Vrsta veziva (mineralni, umjetna smola, silikon, silikat).
- Vrstu temeljne žbuke:
 - Obična temeljna žbuka/ Lagana temeljna žbuka,
 - Toplinsko-izolacijska žbuka,
 - Povezani sustav za vanjsku toplinsku izolaciju,
 - Sanirni sustav za odvlaživanje,
 - Posebni vezivni mort za renoviranje starih fasada (Renti).
- Otpornost na klimatske utjecaje
- Izgled:
 - Boja (ovisno od proizvodu može se izabrati čak 470 boja),
 - Struktura (zrnasta / zaribana),
 - Veličina zrna (1; 2; 2,5 i 4 mm).

Završno-dekorativni sloj ETICS sustava čine predpremaz i završno-dekorativna žbuka koja, ovisno o vrsti korištenog veziva, može biti:

- plemenita mineralna žbuka,
- silikatna,
- silikatno-silikonska,
- silikonska, ili
- akrilatna žbuka.

Odabirom veličine zrna i gore navedenog veziva moguće je dobiti različite vrste tekstura i strukture žbuke. O debljini i vrsti završno-dekorativnog sloja ovise i svojstva i funkcionalnost čitavog ETICS sustava. Upute o ugradnji završno-dekorativnog sloja dane su u poglavlju koje govori o izolaciji ETICS sustavima.

Sanirni sustavi

Veliki dio starih zgrada je zidan bez hidroizolacije te iz tog razloga radovi održavanja i saniranja zahtijevaju stručnost i posebne materijale. Ovo osiguravaju tzv. žbuke za odvlaživanje i sanaciju koje se proizvode s preciznim odnosom sastojaka i strogom kontrolom tvorničkog procesa proizvodnje. Kod ovih žbuka je vrlo bitan visoki udio pora, kako bi se u njima mogle taložiti soli koje izbijaju iz zida kroz dugi period.

1.3.3 Mortovi

Mort je spojno sredstvo za povezivanje opeke i blokova. Sastav morta podrazumijeva:

- vezivo (vapno, cement ili oba),
- ispunu (pijesak, mljeveni kamen)- bez kemikalija i organskih tvari,
- vod-u (čistu) – pokreće proces vezivanja (očvršćivanja) veziva.

Mortovi se prema proizvodnji dijele na:

a) tradicionalne – pripremaju se na gradilištu u volumenskim omjerima (mjere se lopatom ili kantom); nisu ujednačenog sastava

b) industrijski proizveden/gotove - pripremaju se u tvornici u masenim omjerima; prednost im je u brzini pripreme, ujednačenoj kakvoći, urednosti radnog prostora (obični, šamotni, estrisi ...)

VRSTE MORTA		
VAPNENI	- vapno - pijesak - voda	- slaba čvrstoća - sporo veže - svjetlo siva boja
PRODUŽNO - CEMENTNI	- cement - vapno - pijesak - voda	- dobra čvrstoća - umjereno veže - siva boja
CEMENTNI	- cement - pijesak - voda	- najbolja čvrstoća - brzo veže - tamno siva boja

Tablica 1-7 Vrste morta

Najčešći u praksi je produžno – cementni mort (Tablica 1-7). Tako se zove zato jer u njemu vapno produkuje vrijeme do početka vezivanja cementa.

1.3.4 Žbuke

Žbuka je materijal napravljen od istih sastojaka kao i mort, samo se koristi za žbukanje, *Tablica 1-8*.

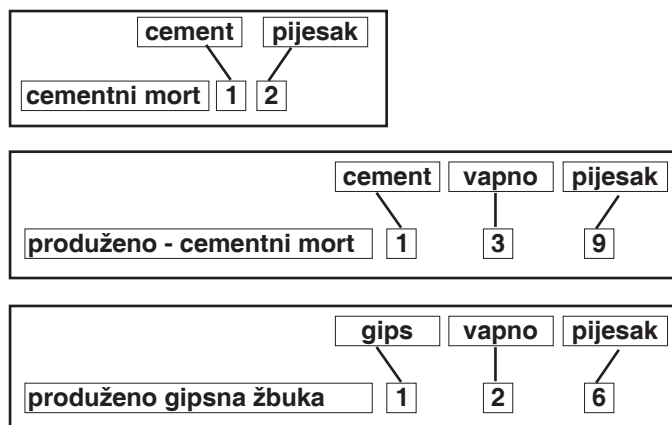
VRSTE ŽBUKE		
VAPNENA	<ul style="list-style-type: none"> - vapno - pijesak - voda 	<ul style="list-style-type: none"> - jako upija vlagu - za unutarnje žbukanje suhih prostorija
PRODUŽNO - CEMENTNA	<ul style="list-style-type: none"> - cement - vapno - pijesak - voda 	<ul style="list-style-type: none"> - malo upija vlagu - za sva žbukanja osim soklova i sportskih dvorana
CEMENTNA	<ul style="list-style-type: none"> - cement - pijesak - voda 	<ul style="list-style-type: none"> - ne upija vlagu - za žbukanje soklova i sportskih dvorana
PRODUŽNO - GIPSNA	<ul style="list-style-type: none"> - gips - vapno - pijesak - voda 	<ul style="list-style-type: none"> - jako upija vlagu - za unutarnje žbukanje suhih prostorija

Tablica 1-8 Vrste žbuka

Omjeri tradicionalnih mortova/žbuka određuju se kantom ili lopatom prema pravilima:

- omjer uvijek započinje brojem 1
- prvi broj u omjeru uvijek se odnosi na vezivo, a zadnji na pijesak
- ako se koriste dva veziva, na prvom mjestu u omjeru piše se ono koje brže veže
- voda se u omjeru ne izražava

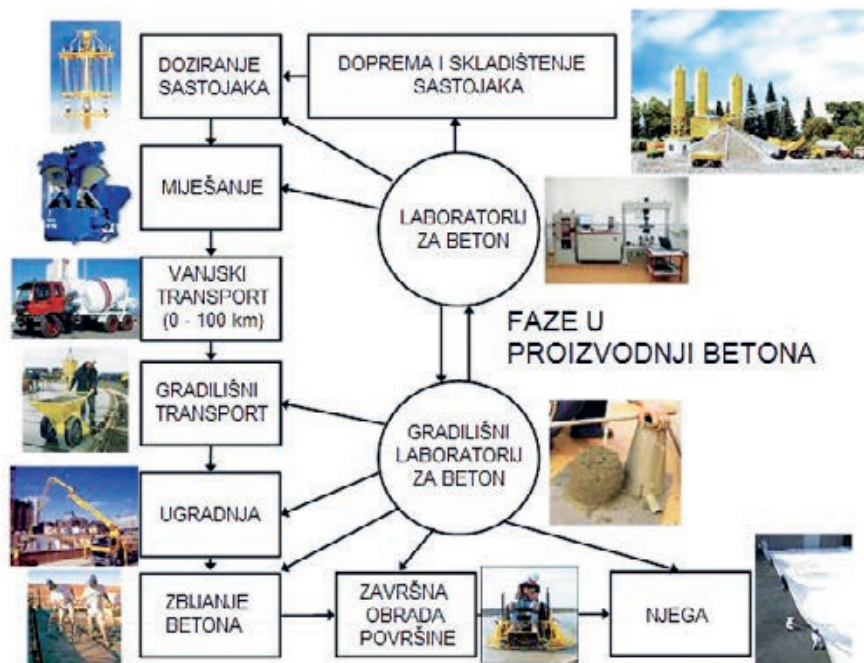
npr:



Industrijske proizvedeni/gotoovi mortovi proizvode se tvornički. Često su u upotrebi, a pogotovo posebne žbuke (žbuke za strojno žbukanje, fasadne, hidroizolacijske, toplinske...).

1.3.5 Beton i armirani beton

Osnovne komponente za izradu betona su cement, agregat i voda, a često se za poboljšavanje svojstava u svježem i očvrnulom stanju primjenjuju i različiti mineralni i kemijski dodaci. Agregat u betonu čini približno 65 – 75 % volumena i kemijski je praktično inertan. Ostatak sačinjava vezivo (najčešće cement), voda koja zajedno s vezivom (cementom) tvori pastu, a kasnije očvrnuli cementni kamen koji sljepljuje zrna agregata te zrak koji je zahvaćen miješanjem ili namjerno uvučen. Svi materijali koji se koriste za proizvodnju betona moraju imati dokumentaciju iz koje se vidi da odgovaraju namjeni te da isporučitelj raspolaže ispravama o sukladnosti za njihovu proizvodnju. *Slika 1-63* prikazuje faze proizvodnje i ugradnje betona.



Slika 1-63 Faze u proizvodnji betona [55]

Obični betoni imaju volumensku masu (gustoću) od 2000 do 2600 kg/m³, lagani od 800 do 2000 kg/m³, a teški betoni veće od 2600 kg/m³. Lagani betoni se primjenjuju kao ispuna pri sanacijskim radovima kada se ne smije povećati vlastita težina konstrukcijskog elementa, za pregrade, fasadne elemente, ali i za elemente s poboljšanim toplinsko-izolacijskim svojstvima (lagani betoni od ekspaniranog polistirena), za zidne elemente pasivnih kuća (elementi od glinopora) i sl.

Za izradu betona upotrebljavaju se sljedeće frakcije agregata:

- 0 – 4 mm
- 4 – 8 mm
- 8 – 16 mm

- 16 – 32 mm
- 32 – 63 mm
- 63 – 125 mm

Lagani betoni proizvode se od laganih agregata, koji mogu biti:

- prirodne sirovine:
 - glinopor (ekspandirana i pečena glina)
 - ekspandirani škrljavci
 - perlit
 - vermikulit
- sekundarne sirovine u industriji:
 - krupni pepeo iz termoelektrana
 - ekspandirana zgura iz proizvodnje sirovog željeza
 - drobljena opeka
 - pluto
- ekspandirani polimeri:
 - polistiren, poliuretan.

Granulometrijski sastav predstavlja raspodjelu veličine zrna u ukupnom sastavu agregata i on treba biti takav da se postigne što veća gustoća zbijanja zrna odnosno što gušće pakiranje zrna, koje će u betonu dati minimum šupljina.

Primjerni laganih agregata dani su na slikama 1-64 - 1-70.



Slika 1-64 Ekspandirana glina [54]



Slika 1-65 Leteći pepeo [56]



Slika 1-66 Zgura [55]



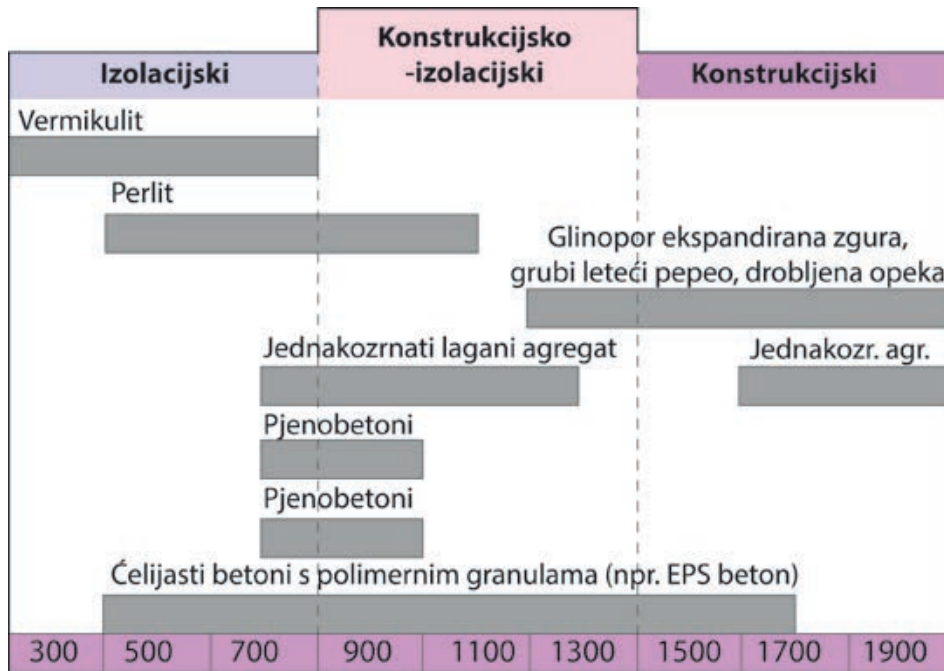
Slika 1-67 Ekspandirani polistiren [55]



Slika 1-68 Vermikulit [55]



Slika 1-69 Perlit [55]



Slika 1-70 Vrste i gustoće laganih betona ovisno o vrsti proizvodnje [55]

Primjeri elemenata izrađenih od laganog betona:



Slika 1-71 Betonski blokovi – agregat glinopor [57]



Slika 1-72 Betonski elementi od plinobetona [58]



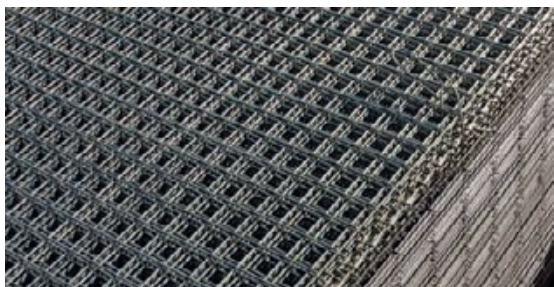
Slika 1-73 Velikoplošni zidni element – obični agregat i EPS [59]

Beton ima dovoljnu tlačnu čvrstoću za preuzimanje proračunskih tlačnih opterećenja, ali mu je vlačna čvrstoća vrlo mala, čini približno 10 % tlačne čvrstoće. Za preuzimanje vlačnih napreznja u konstrukcijskim elementima, primjenjuje se armatura.

Čelik za armiranje obično se isporučuje se u obliku šipki i tvornički proizvedenih zavarenih armaturnih mreža.



Slika 1-74 a) Šipke [60]



Slika 1-74 b) Tvornički proizvedene zavarene armature mreže [61]

Beton treba ugraditi i zbiti tako da sva armatura i ugrađeni predmeti budu dobro obuhvaćeni betonom. Pri tome treba paziti da se beton pravilno zapuni i zbije na mjestima promjene presjeka, uskim presjecima, mjestima zgusnute armature i radnim reškama. Završna obrada je faza u proizvodnji betona koja se nastavlja nakon vibriranja s ciljem postizanja zahtijevane teksture, izgleda i trajnosti površine betona.

Tijekom završne obrade površine svježeg betona treba slijediti nekoliko pravila:

- sa završnom obradom treba pričekati dok ne završi izdvajanje vode, kod betona za koje se vidi da su skloni tome. Ako se započne sa završnom obradom, a još uvijek ima izdvajanja vode, na površini očvrsnulog betona mogu se očekivati defekti u obliku mrvljenja, ljuštenja i nasumičnih pukotina površine betona;
- sa završnom obradom treba početi prije nego što s površine nestane sav sloj vode koji se izdvojio kao rezultat zbijanja svježeg betona;
- male površine se mogu obraditi ručnom gladilicom, a veće površine rotirajućim lopaticama ili dugom letvom;
- površine koje trebaju imati izraženu teksturu, većinom prometne površine, nakon ravnjanja treba obraditi zahtijevanom tehnikom ili drugim tehnikama kod tzv. arhitektonskih betona, kao vidljiv agregat, obojenje površine metodom otiska i dr.;
- nikada ne posipati vodom ili cementom površinu betona nakon završetka završne obrade, jer to može uzrokovati mrvljenje i ljuštenje očvrsnulog betona.



a)



b)



c)



d)



e)

Slika 1-75 Tehnike završne obrade površine betona: **a)** ručna obrada, **b)** obrada rotirajućim lopaticama [62], **c)** obrada letvama [63], **d)** obrada hrapavljenjem [64], **e)** uzdužno brazdanje površine betona [65]

Njega betona jest osiguravanje zadovoljavajućeg sadržaja vlažnosti i temperature u betonu određeno vrijeme neposredno nakon ugradnje i završne obrade kako bi se postigla zahtijevana svojstva očvrstnulo betona.

Ako je temperatura okoliša ispod $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura betona u vrijeme ugradnje ne smije biti manja od $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperaturu betona treba održavati ne manjom od $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ tijekom daljnja 3 dana.

Ako to nije moguće, beton se mora zaštititi sve dok ne postigne odgovarajuću čvrstoću.

Njega površine svježeg betona moguća je:

- prskanjem vodom (Slika 1-77),
- primjenom jutenih pokrivača (Slika 1-78),
- prekrivanjem plastičnim folijama (Slika 1-79),
- primjenom geotekstila (Slika 1-80),
- primjenom membrane (Slika 1-81).



Slika 1-76 Pojava pukotina na površini betona zbog nepravilne njege betona [56]



Slika 1-77 Prskanje vodenom maglicom [66]



Slika 1-78 Primjena jutenih pokrivača [67]



Slika 1-79 Prekrivanje plastičnom folijom [68]



Slika 1-80 Prekrivanje geotekstilom [69]



Slika 1-81 Primjena membrane [70]

PITANJA:

1. Nabrojite vrste opeke i koja se gdje koristi.
2. Nabrojite vrste blokova za zidanje i koji se gdje koristi.
3. Nabrojite vrste i sastav mortova te njihovu upotrebu.
4. Nabrojite vrste i sastav žbuka te njihovu upotrebu.
5. Od čega se izrađuje običan beton?
6. Koju ulogu u armiranom betonu ima čelična armatura?
7. Koje ispune koristimo za proizvodnju lakih betona?
8. Usporedite toplinsku izolaciju običnog i lakog betona?
9. Što znate o Ytong lakom betonu?
10. Zašto se razred čvrstoće ispituje nakon 28 dana?
11. Koju ulogu u armiranom betonu ima čelična armatura?
12. Koje ispune koristimo za proizvodnju lakih betona?
13. Usporedite toplinsku izolaciju običnog i lakog betona?
14. Što znate o Ytong lakom betonu?

1.4 ZIDANJE JEDNOSTAVNIH ELEMENATA

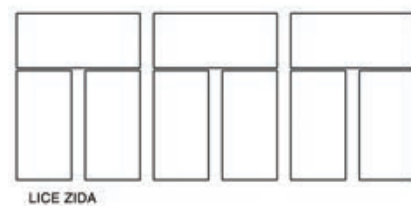
1.4.1 Osnovni zidarski pojmovi



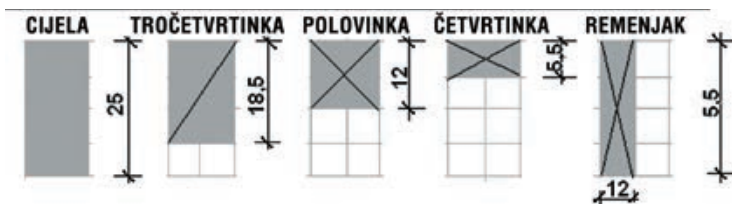
Slika 1-82 Prikaz zidanja mortom [71]



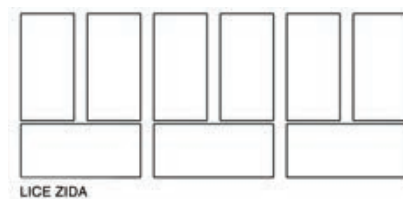
Slika 1-83 Osnovni zidarski pojmovi [72]



Slika 1-84 Sloj dužnjaka [72]



Slika 1-85 Lomljeni komadi [72]



Slika 1-86 Sloj vežnjaka [72]

UŽNJACI/UZDUŽNJACI – opeke ili blokovi okrenuti u zidu tako da im se vidi dužina (*Slika 1-84*).

VEŽNJACI – opeke ili blokovi okrenuti u zidu tako da im se vidi širina (*Slika 1-86*).

LEŽAJNICE - horizontalni razmaci (sljubnice) između 2 sloja opeke ili blokova, ispunjeni mortom a debljine 12 mm (13 slojeva opeke + ležajnice =1 m).

SUDARNICE - vertikalni razmaci (sljubnice) između 2 opeke ili bloka, ispunjeni mortom a debljine 10 mm.

SLOJ DUŽNJAKA - sloj opeke ili blokove kojem se na licu (važnija strana zida) vide samo dužnjaci.

SLOJ VEŽNJAKA - sloj opeke ili blokove kojem se na licu zida vide samo vežnjaci.

1.4.2 Osnovna pravila zidanja

Osnovna pravila žbukanja su:

1. Svaki sloj opeke ili blokova mora biti **vodoravan** po cijeloj svojoj dužini i širini!
2. Svaka **sudarnica** višeg sloja mora biti **odmahnuta** od najbliže sudarnice nižeg sloja za najmanje $\frac{1}{4}$ a najbolje $\frac{1}{2}$ dužine opeke ili bloka!
3. U svim neparnim slojevima nekog zida slažu se opeke/blokovi kao u prvom a u svim parnim kao u drugom sloju istog zida – u zidu, dakle, postoje samo **2 različita sloja!**
4. Lica i naličja zidova moraju biti **okomita** osim ako se radi o kosim zidovima!
5. Kod zidanja treba upotrebljavati cijele opeke ili blokove, a lomljene samo kad to zahtijeva vez!
6. U unutrašnjosti debelih zidova zidanih opekom NE treba stavljati vežnjake jer su čvršći od dužnjaka!

1.4.3 Glavni vezovi/slogovi

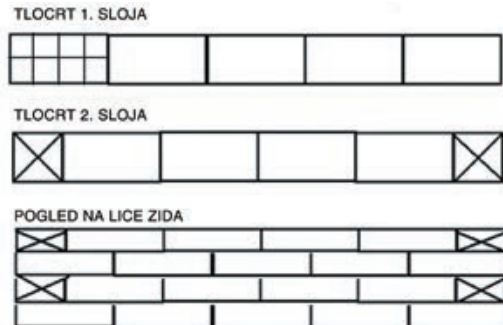
Opeke ili blokovi u zidovima i ostalim zidanim elementima mogu biti složene na razne načine (vez ili slog) a najčešći su:

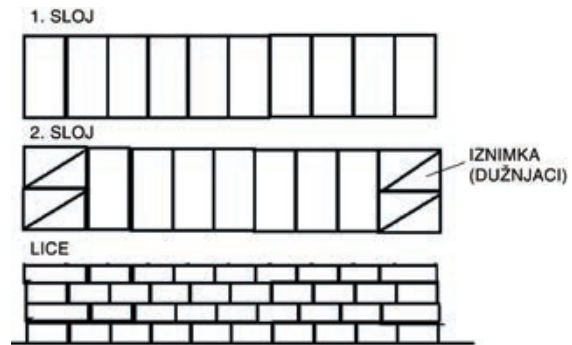
1.4.3.1 Vez dužnjaka

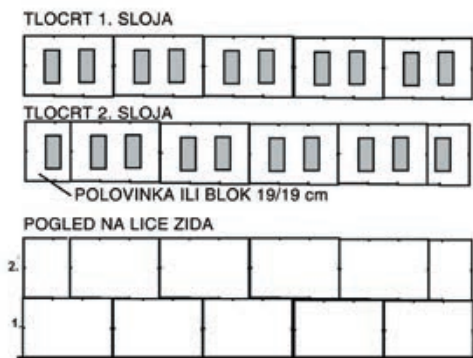
Vez dužnjaka je takav vez opeke ili blokova gdje su u cijelom zidu isključivo dužnjaci. Njime se ne mogu zidati zidovi većih debljina od 12 cm (opeka normalnog formata NF) ili 19 cm (šuplji opekarski blokovi). Uobičajen je i kod zidanja šupljim betonskim i blokovima od plinobetona.

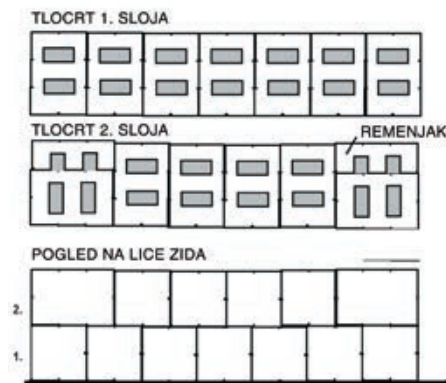
1.4.3.2 Vez vežnjaka

Vez vežnjaka je takav vez opeke ili blokova gdje su u cijelom zidu vežnjaci. Njime se zidaju zidovi debljine 25 cm opekom NF ili 29 cm šupljim opekarskim blokovima. Uobičajen je i kod zidanja termoblokovima.

VEZA DUŽNJAKA U ZIDU 12 cm (ONF)

Slika 1-87 Vez dužnjaka [73]

VEZA VEŽNJAKA U ZIDU 25 cm (ONF)

Slika 1-88 Vez vežnjaka [73]

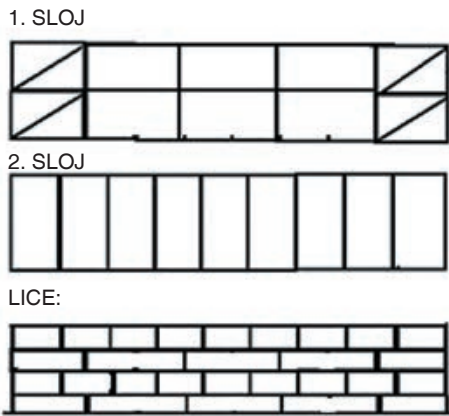
VEZA DUŽNJAKA U ZIDU 19 cm ŠUPLJIM OPEKARSKIM BLOKOVIMA

Slika 1-89 Vez dužnjaka šupljim opekarskim blokovima u zidu 19 cm [73]

VEZA VEŽNJAKA U ZIDU 29 cm ŠUPLJIM OPEKARSKIM BLOKOVIMA

Slika 1-90 Vez vežnjaka šupljim opekarskim blokovima u zidu 29 cm [73]

1.4.3.3 Blokovski (engleski) vez

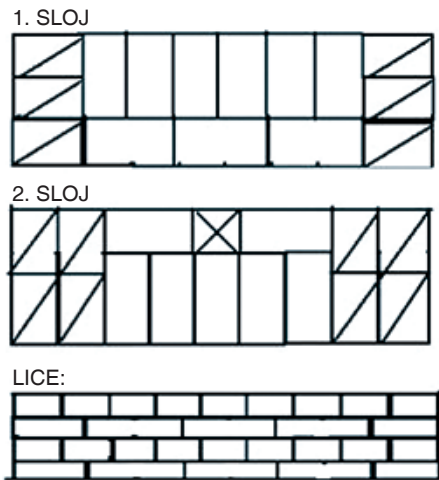
Blokovski (engleski) vez uobičajen je kod zidanja debljih zidova opekom NF (25 cm, 38 cm, 51 cm, 64 cm, 77 cm ...). Prepoznaje se po pravilnoj izmjeni slojeva dužnjaka sa slojevima vežnjaka. Svi slojevi (osim drugog sloja kod zida debljine 25 cm) započinju i završavaju tročetvrtinskim komadima. Lica svih zidova u ovom vezu izgledaju isto!

BLOKOVSKI I ENGESKI VEZ U ZIDU 25 cm



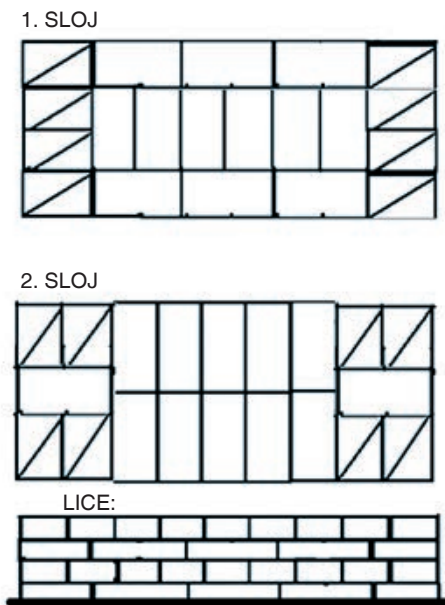
Slika 1-91 Blokovski vez u zidu 25 cm [73]

BLOKOVSKI I ENGESKI VEZ U ZIDU 38 cm



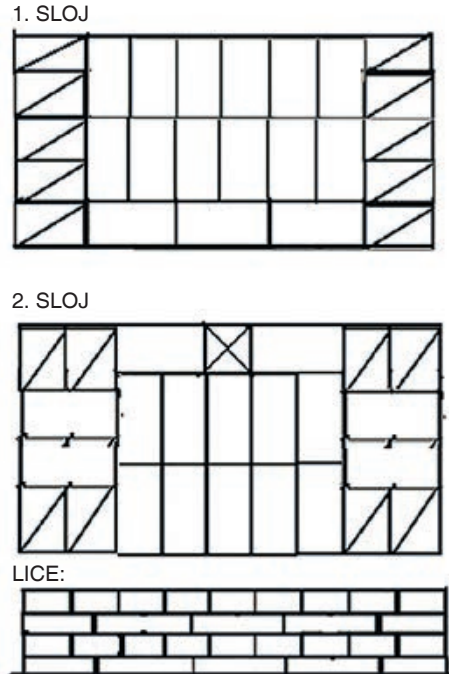
Slika 1-92 Blokovski vez u zidu 38 cm [73]

BLOKOVSKI I ENGESKI VEZ U ZIDU 51 cm



Slika 1-93 Blokovski vez u zidu 38 cm [73]

BLOKOVSKI I ENGESKI VEZ U ZIDU 64 cm



Slika 1-94 Blokovski vez u zidu 38 cm [73]

1.4.4 Zidanje šupljim betonskim blokovima

Šuplji betonski blokovi, „kvadri“ su šuplji blokovi za zidanje zidova od običnog ili laganog betona. Velike su mase, čvrstoće i stabilnosti, postojani na atmosferske utjecaje ali jako loši toplinski izolatori ($\lambda=2,0$), pa se izbjegavaju za zidanje stambenog dijela objekta, a najčešće se njima zidaju podrumski zidovi. Kao ispuna za lakobetonske (šljakobetonske) blokove najčešće se koriste: granulirana zgura/šljaka/drozga/troska, ekspanzirana glina/keramzit, drobljeni vulkanski tuf itd.

VRSTE ŠUPLJIH BETONSKIH I LAKOBETONSKIH BLOKOVA		
NORMALNI BETONSKI BLOK NBB		<ul style="list-style-type: none"> - Služi za zidanje nosivih zidova! - NBB 20 - 20/40/20 - NBB 25 - 25/40/20 - NBB 30 - 30/40/20 - tl. čvr. 5 - 7.5 N/mm²
TERMO BETONSKI BLOK TBB		<ul style="list-style-type: none"> - Služi za zidanje nosivih zidova – bolji je toplinski izolator! - TBB 20 - 20/40/20 - TBB 25 - 25/40/20 - TBB 30 - 30/40/20
PREGRADNI BETONSKI BLOK PBB		<ul style="list-style-type: none"> - Služi za zidanje pregradnih zidova - PBB 7 - 7/40/20 - PBB 12 - 12/40/20 - PBB 15 - 15/40/20

Tablica 1-9 Vrste šupljih betonskih i lakobetonskih blokova [74]



Slika 1-95 Blokovi za okomiti serklaž opekarskih zidova



Slika 1-96 Blokovi za okomiti serklaž betonskih zidova



Slika 1-97 Normalni lakobetonski blok NLB [75]



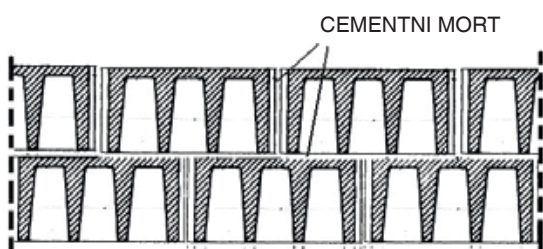
Slika 1-98 Termo lakobetonski blok TLB [75]



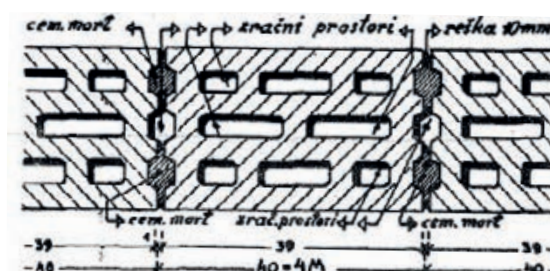
Slika 1-99 Pregradni lakobetonski blok PLB [75]

ZIDANJE ŠUPLJIM BETONSKIM I LAKOBETONSKIM BLOKOVIMA:

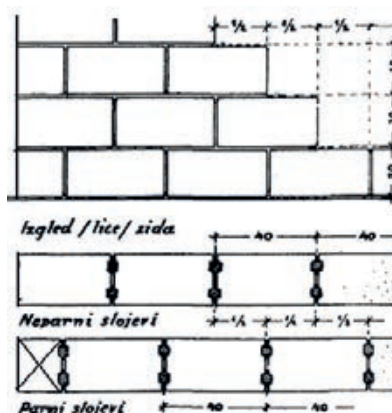
Kod zidanja blokovi se okreću šupljinama prema dolje, a punom stijenkom prema gore! Po gornjim – punim plohama rasprostire se mort pri čemu se pune i sudarnice između pojedinih blokova (debljine 1 cm). Kod zidanja TBB srednja šupljina sudarnice ostavlja se praznom. ŠBB se zida u vezu dužnjaka s razmakom sudarnica u 2 uzastopna sloja za 1/2 dužine bloka (20 cm). Ležajnice i sudarnice izvode se debljine 1 cm, a koristi se cementni mort. Na početak i završetak zida stavlja se fazonski komad za početak zida, a u svakom drugom sloju fazonska polovinka za početak zida.



Slika 1-100 Presjek zida od NBB [72]



Slika 1-101 Tlocrt zida od TBB [73]



Slika 1-102 Zidanje ravnih zidova šupljim betonskim blokovima [73]

1.4.5 Zidanje zidova blokovima pojačane toplinske izolacije



1.4.5.1 Zidanje plinobetonom (kao Ytong)

Plinobeton/porobeton je lagani beton dobre TI ($\lambda=0,14 - 0,20 \text{ W/(mK)}$), proizveden od mješavine cementa, vapna, kvarcnog pijeska, aluminijskog praha i vode. Aluminijski prah u kemijskoj reakciji stvara plin koji napuhava svježu smjesu i čini ovaj beton poroznim (šupljikavim). Lagan je, lako se pili, buši, brusi. Negoriv je. Dimenzije su mu potpuno točne (Tablica 1-10).

ELEMENTI OD PLINOBETONA		
BLOKOVI ZA VANJSKE I NOSIVE ZIDOVE	PREGRADNE PLOČE	PLOČE ZA OBLAGANJE
<ul style="list-style-type: none"> - dužina 62,5 cm - visina 20 ili 25 cm - širina 20; 25; 30; 36,5 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - dužina 62,5 cm - visina 25 ili 50 cm - širina 10 ili 12,5 ili 15 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - dužina 62,5 cm - visina 25 cm - širina 5 ili 7,5 cm
BLOKOVI ZA OKOMITE SERKLAŽE	BLOKOVI ZA NADVOJE I VODORAVNE SERKLAŽE	BLOKOVI ZA VANJSKE VODORAVNE SERKLAŽE

Tablica 1-10 Elementi od plinobetona [76]

Zida se isključivo u vezu dužnjaka. Prvi sloj se zida produžno cementnim mortom, a ostali specijalnim tanko slojnim mortom koji se nanosi na ležajnice i sudarnice u tankom sloju od 2-3 mm nazubljenom lopaticom. Svaki sloj opeke se prije nanošenja morta izravna (Tablica 1-11).

ZIDANJE PLINOBETONOM		
NANOŠENJE TANKOSLOJNOG MORTA	PILJENJE BLOKOVA	ARMIRANJE PARAPETA
		

ZIDANJE PREGRADNOG ZIDA



Tablica 1-11 Zidanje plinobetonom [76]

PARAPET treba, zbog sigurnosti od potresa, armirati u 2. i 3. redu (od otvora na niže) armaturom $\varnothing 6$ ili $\varnothing 8$, ovisno o širini otvora. Armatura mora biti sa svake strane za 50 cm duža od otvora. U tako pripremljeni otvor stavljamo armaturu te zalijemo cementnim mortom 1:3, izrađenim s agregatom 0-4 mm.

PREGRADNI ZID - svaki 3. red po visini treba učvrstiti u nosivi zid ankerom i pocinčanim čavlima. Svaki 2. blok najvišeg reda učvrstiti ankerom u stropnu ploču. Dilatacije uza zid i strop (1cm) treba zapuniti PUR pjenom.

Na zidove od YTONG-a okomita se HI može postaviti neposredno na otprašeni zid.



Slika 1-103 Postava hidroizolacije [76]

1.4.5.2 Zidanje opekarskim termo blokovima (kao Porotherm)

To su termo blokovi od pečene gline dobiveni pečenjem gline uz dodatak piljevine i kvarcnog pijeska što ih čini poroznim i dobrim termoizolatorom ($\lambda=0,18 - 0,22 \text{ W/(mK)}$) (Tablica 1-12). Sačasti oblik šupljina ovog bloka također povećava njegova TI svojstva.

ELEMENTI OD OPEKARSKIH TERMO BLOKOVA		
BLOKOVI ZA NOSIVE ZIDOVE	ZVUČNO IZOLACIJSKI BLOKOVI	PREGRADNE PLOČE
		
<ul style="list-style-type: none"> - dužina 30, 38 ili 45 cm - visina 23,8 cm - širina 25 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - Porotherm 25 AKU 	<ul style="list-style-type: none"> - dužina 50 cm - visina 25 cm - širina 8; 10; 11,5 cm
BLOKOVI ZA OKOMITE SERKLAŽE	MONTAŽNI NADVOJI	ELEMENTI POLUMONTAŽNOG STROPA
		

Tablica 1-12 Prikaz elemenata od opekarskih termo blokova [48]

Fasadni zidovi koji su glavna primjena blokova zidaju se isključivo u vezu vežnjaka produžno cementnim mortom (1:2:6 – marke MM5). Kod klasičnog zidanja mortom sudarnice se zapunjavaju kad je blok već postavljen na ležajnicu. Za remenjake se koriste gotovi komadi koji se lako lome.

ELEMENTI OD OPEKARSKIH TERMO BLOKOVA			
VEZ VEŽNJAKA	GOTOV REMENJAK	IZVEDBA OKOMITOGG SERKLAŽA	
			
Vež vežnjaka	Gotov remenjak	Izvedba okomitog serklaža	

Tablica 1-13 Zidanje opekarskim termoblokovima [48]

UPUTE ZA ZIDANJE POROTHERM BLOKOVIMA NA ENERGETSKI UČINKOVIT NAČIN:

1. Postavljanje horizontalne HI

Nakon izrade temelja i podne ploče, potrebno je postaviti vodoravnu hidroizolaciju kako zidovi ne bi povlačili vlagu iz zemlje (Slika 1-104). To je vrlo bitno, jer se tako sprečava skupocjeno naknadno saniranje vlažnih zidova. Za HI upotrebljava se zavarena bitumenska ljepenka, koja se postavlja na sloj hladnog premaza.

Na hladni premaz HI se najprije postavlja preko temelja ispod zidova tako da je prema unutarnjoj strani šira za oko 15 cm od zida za kasniji preklop s hidroizolacijom poda.



Slika 1-104 Izvedba HI temelja [48]

2. Miješanje izravnavajućeg morta

Slika 1-105 prikazuje miješanje izravnavajućeg morta.

3. Postavljanje izravnavajućeg sloja morta

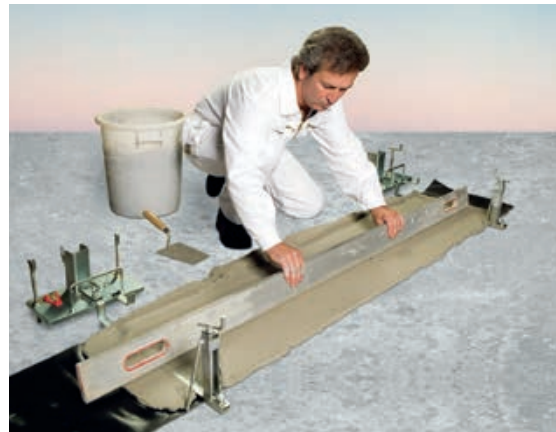
Nakon postavljanja hidroizolacije potrebno je označiti položaj i debljinu zidova prema projektu. Prije podizanja zida potrebno je izravnati podlogu. Polazeći od najviše točke za prvu vodoravnu sljubnicu (ležajnicu) opeke postavlja se izravnavajući sloj morta debljine najmanje oko 1,5 cm (Slika 1-106). Dobro je koristiti uređaj za izravnavanje (specijalno za brušenu opeku-Nivelliermax) koji omogućuje milimetarski točno skidanje slojeva morta mjernom letvom.

4. Zidanje prvog reda zida

Prva vodoravna sljubnica (ležajnica) postavlja se na još vlažni sloj izravnavajućeg morta. Vrlo je važno s najvećom pažnjom izvesti egzaktno postavljanje prve vodoravne sljubnice na ravnu površinu, zatim ispitati ravnoću površine te je eventualno korigirati pomoću 3-4 m dugačke alu-letve ravnalice. Opeke se slažu jedna do druge sistemom pero-utor (bez ispune sudarnica) (Slike 1-107, 1-108, 1-109).



Slika 1-105 Miješanje izravnavajućeg morta [48]



Slika 1-106 Izravnavanje podloge sa slojem morta [48]



Slika 1-107 Piljenje bloka [56]



Slika 1-108 Izvedba prve ležajnice mortom i zidanje prvog reda zida [56]



Slika 1-109 Izvedba prve ležajnice mortom i zidanje prvog reda zida [56]

5. Priprema opeke

Prije samog zidanja opeku je potrebno dobro navlažiti i očistiti od prašine kako bi se ostvarila bolja veza između vezivnog sredstva i opeke (Slika 1-110).

Prije ugradnje opeku je potrebno dobro namočiti. Najbolje je polijevati je u paleti nekoliko minuta vodom iz cijevi za polijevanje, a nakon toga ostaviti 10 minuta da se ocijedi.

Polijeva se kako tijekom zidanja opeka ne bi povukla vlagu iz morta i tako oslabila njegova vezna svojstva. Za polijevanje opeke nije dopuštena uporaba morske ili nečiste vode.



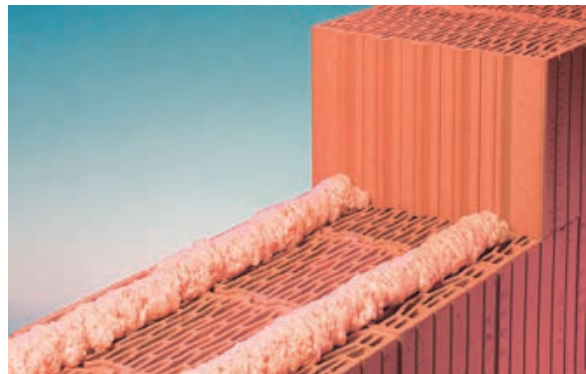
Slika 1-110 Čišćenje opeke [48]

6. Priprema POROTHERM DRYFIX extra

DRYFIX.extra dozu potrebno je prije (SVAKE) upotrebe protresti otprilike 20 puta te je zavrnuti na adapter pištolja. Zatim odvrnuti vijak i pritisnuti na otklonac najmanje 2 sekunde (kako bi se cijev pištolja napunila), te pustiti neka ljepilo kratko iscuri van. Izlazak ljepila regulira se otkloncem.

7. Zidanje

Reške treba očistiti od prašine i dobro navlažiti. Na nivelirane blokove nanijeti paralelno dvije trake ljepila promjera oko 3 cm na razmaku 5 cm od ruba opeke. Kod debljina zidova od 10 i 12 cm nanosi se samo jedna traka ljepila. Brušenu opeku treba postaviti prije stvrdnjavanja ljepila. Nakon što je opeka postavljena ne smije se više pomicati. Nakon upotrebe pištolj treba napuniti pjenom. Na pištolju uvijek treba ostaviti jednu napunjenu dozu a nju ostaviti nakon upotrebe uvijek u uspravnom položaju (Slike 1-111 - 1-114)



Slika 1-111 Nanošenje Porotherm dryfix extra [48]



Slika 1-112 Postava drugog sloja opeke [48]



Slika 1-113 Postavljeni blok ne smije se više micati [48]



Slika 1-114 Zazidani drugi sloj zida [56]

PITANJA:

1. Objasniti sljedeće pojmove: dužnjaci, vežnjaci, sudarnice, ležajnice, sloj dužnjaka i sloj vežnjaka.
2. Navesti glavna pravila zidanja.
3. Navesti dimenzije i nazive lomljenih komada opeke NF.
4. Objasniti način slaganja opeke kod veza dužnjaka, vežnjaka i blokovskog
5. Značajke plinobetona kao materijala.
6. Koji su proizvodi od plinobetona i kako se njima zida?
7. Kako se plinobetonom izvode parapet i spoj pregradnog zida s nosivim i stropnom pločom?
8. Kako se na zid od plinobetona postavlja okomita HI?
9. Značajke opekarskih termo blokova.
10. Proizvodi od opekarskih termo blokova.
11. Kako se opekarskim termo blokovima zida na klasičan način?
12. Kako i čime se Porotherm blokovima zida na energetski učinkovit način? Ispunjavaju li se sudarnice i kako se izvode spojevi?

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE ZIDAR**



**ZIDANE
KONSTRUKCIJE**

2 ZIDANE KONSTRUKCIJE

2.1 UVOD/OSNOVNI POJMOVI

Zidana konstrukcija dio je građevnog sklopa građevine i izvodi se od:

- nearmiranog zida,
- omeđenog zida,
- armiranog zida i
- prednapetog zida.

Zide je skup zidnih elemenata položenih na projektom određeni način povezanih mortom na konačnom mjestu u građevini.

Zidni elementi sastavni su dio zida.

Tehnička svojstva zida odnosno zidnih elemenata moraju biti specificirana u projektu zidane konstrukcije.

2.2 ZIDNI ELEMENTI

Zidni elementi koji su predviđeni jesu sljedeći: od gline, vapneno-silikatni, od kamena i od betona. Zidni elementi proizvode se u skladu s normom HRN EN 771-1 koja u svom najnovijem izdanju obuhvaća elemente predviđene za izgradnju zidova mortom opće namjene i tankoslojnim mortom odnosno specijalnim poliuretanskim ljepilom Dryfix.

Opečni zidni elementi se međusobno razlikuju u preciznosti izrade ploha za vodoravne sljubnice. Proizvodi predviđeni za zidanje mortom opće namjene na tržište dolaze u obliku u kojem su izašli iz peći, a predviđena debljina morta je 5-15 mm. Proizvodi predviđeni za zidanje tankoslojnim mortom ili specijalnim poliuretanskim ljepilom nakon vađenja iz peći izbruse se precizno na vodoravnim ploham a i tako omogućuju uporabu morta ili adheziva debljine 1 - 3 mm.

Zidni elementi mogu biti svrstani u skupinu male obujamske mase (normirana oznaka LD, prema engl. *low density*) jer zadovoljavaju kriterij obujamske mase u suhom stanju manje od 1.000 kg/m³, ili pak velike obujamske mase (normirana oznaka HD, prema engl. *high density*).

S obzirom na preciznost izrade naliježućih ploha zidnih elemenata na vodoravnim sljubnicama zida svi zidni elementi proizvode se kao "obični" i kao „precizno brušeni“.

„Obični“ zidni elementi imaju naliježuće vodoravne plohe u okviru dopuštenih odstupanja od objavljenih dimenzija i predviđeni su za uporabu s mortovima opće namjene.

„Precizni brušeni“ zidni elementi imaju strojno izbrušene naliježuće vodoravne plohe u okviru dopuštenih odstupanja od objavljenih dimenzija i dodatno u okviru dopuštenih odstupanja za ravnost i paralelnost naliježućih ploha i predviđeni su za uporabu s tankoslojnim mortovima.

Proizvodni asortiman zidnih elemenata koji se mogu naći na hrvatskom tržištu prikazan je u *Tablicama 1-1, 1-2, 1-3, 1-5 i 1-6* **podpoglavlja 1.3.1. Vrste opeke i potpoglavlja 1.3.2. Ostali materijali za zidanje.**

2.3 OSNOVNA SVOJSTVA ZIDNIH ELEMENATA

2.3.1 Dopuštena odstupanja dimenzija

Proizvodi predviđeni za zidanje mortom opće namjene (M5 i M10) ili laganim mortom (LM5) proizvode se u skladu s normom HRN EN 771-1 i svrstani su u razred dopuštenih odstupanja T1, a najveći raspon odstupanja je R2.

Proizvodi predviđeni za zidanje u tankoslojnom mortu (TM10) ili poliuretanskom ljepilu DRYFIX.extra proizvode se u skladu s točkom 5.2.1.2 norme HRN EN 771-1 pri čemu osim ispunjenja kriterija iz prethodnoga stavka moraju zadovoljiti i ove uvjete:

- maksimalan otklon od ravnosti jednog vodoravnih lica iznosi do 1,0 mm,
- maksimalan otklon od Profiparalelnosti dvaju vodoravnih lica iznosi do 1,0 mm.

2.3.1.1 Dopušteno odstupanje srednje vrijednosti (T)

Dopušteno odstupanje ispituje u skladu s normom HRN EN 772-16 primjenom postupka mjerenja navedenog u normi HRN EN 771-1.

Za obične zidne elemente vrijedi objavljena vrijednost:

T1: $\pm 0,40 \times (\text{dimenzija radne veličine})^{0,5}$ mm

T2: $\pm 0,25 \times (\text{dimenzija radne veličine})^{0,5}$ mm

Primjer: T1 za deklariranu visinu zidnog elementa $h = 238$ mm srednja vrijednost dopuštenog odstupanja smije iznositi:

a) $\pm 0,40 \times 238^{0,5} = \pm 6,2$ mm, zaokruženo ± 6 mm

Za precizno brušene zidne elemente vrijedi objavljena vrijednost:

T1+: $\pm 0,40$ (dimenzija radne veličine)^{0,5} mm

$\pm 0,05$ (dimenzije radne veličine)^{0,5} mm ili 1 mm za visinu,

T2+: $\pm 0,25$ (dimenzija radne veličine)^{0,5} mm ili 3 mm za duljinu i širinu, ovisno o tome što je veće

$\pm 0,05$ (dimenzije radne veličine)^{0,5} mm ili 1 mm za visinu.

Primjer: Za objavljenu visinu zidnog elementa $h = 249$ mm srednja vrijednost dopuštenog odstupanja smije iznositi:

- a) $\pm 0,05 \times 249^{0,5} = \pm 0,79$ mm, zaokruženo 1 mm
- b) ± 1 mm, pa je mjerodavna vrijednost ± 1 mm.

2.3.1.2 Raspon odstupanja (R)

Najveći raspon dane dimenzije (tj. razlika između najveće i najmanje određene dimenzije na pojedinom elementu) koji se smije naći u ispitnom uzorku, ako je raspon objavljen i ako su opečni zidni elementi uzorkovani te ispitani u skladu s normom EN 772-16 primjenom postupka mjerenja navedenog u normi uz zaokružnje na cijeli mm, smije iznositi:

Za obične zidne elemente:

R2: $0,3 \times (\text{dimenzije radne veličine})^{0,5}$ mm.

Primjer: Za objavljenu visinu zidnog elementa $h = 238$ mm najveći raspon dane dimenzije smije iznositi: $0,3 \times 238^{0,5} = 4,6$ mm, zaokruženo na 5 mm.

Za precizno brušene zidne elemente:

R2+ : $0,3 \times (\text{dimenzije radne veličine})^{0,5}$ mm za duljinu i širinu i 1,0 mm za visinu.

Primjer: Za objavljenu visinu zidnog elementa $h = 249$ mm najveći raspon dane dimenzije smije iznositi: $0,3 \times 249^{0,5} = 4,7$ mm, zaokruženo na 5 mm za duljinu i širinu a 1,0 mm za visinu. Za visinu je mjerodavna vrijednost $R2+ = 1$ mm.

2.3.2 Geometrijski podaci o zidnim elementima

Podjela zidnih elemenata po skupinama naznačena je u tablici norme HRN EN 1996-1-1 i ovisi o obujmu šupljina (provodi se u skladu s normom HRN EN 772-3), debljini vanjskih i unutarnjih stijenki te kombiniranoj debljini vanjskih i unutarnjih stijenki.

Najčešće primjenjivani proizvodi u Hrvatskoj za nosive zidove u pravilu su skupine 2 prema *Tablici 2-1*.

	Materijali i ograničenja za zidne elemente							
	Skupina 1 (svi materijali)	Zidni elementi	Skupina 2		Skupina 3		Skupina 4	
			Okomite šupljine		Vodoravne šupljine			
Obujam svih šupljina (% od bruto obujma)	≤ 25	opečni	> 25; ≤ 55		≥ 25; ≤ 70		> 25; ≤ 70	
		vapneno silikatni	> 25; ≤ 55		ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski ^b	> 25; ≤ 60		> 25; ≤ 70		> 25; ≤ 50	
Obujam bilo koje šupljine (% od bruto obujma)	≤ 12,5	opečni	svaka od višestrukih šupljina ≤ 2 udubine za prihvata do ukupno 12,5		svaka od višestrukih šupljina ≤ 2 udubine za prihvata do ukupno 12,5		svaka od više šupljina ≤ 30	
		vapneno silikatni	svaka od višestrukih šupljina ≤ 15 udubine za prihvata do ukupno 30		ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski ^b	svaka od višestrukih šupljina ≤ 30 udubine za prihvata do ukupno 30		svaka od višestrukih šupljina ≤ 30 udubine za prihvata do ukupno 30		svaka od višestrukih šupljina ≤ 25	
Objavljene vrijednosti debljina unutarnjih i vanjskih stijenki	Nema zahtjeva		unutarnja stijenka	vanjska stijenka	unutarnja stijenka	vanjska stijenka	unutarnja stijenka	vanjska stijenka
		opečni	≥ 5	≥ 8	≥ 3	≥ 6	≥ 5	≥ 6
		vapneno silikatni	≥ 5	≥ 10	ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski ^b	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Objavljena vrijednost kombinirane debljine unutarnjih i vanjskih stijenki (% ukupne širine)	Nema zahtjeva	opečni	≥ 16		≥ 12		≥ 12	
		vapneno silikatni	≥ 20		ne upotrebljava se		ne upotrebljava se	
		betonski ^b	≥ 18		≥ 15		≥ 45	

^a Kombinirana debljina je debljina unutarnje stijenke i vanjske stijenke mjerena vodoravno u odgovarajućem smjeru. Ovu provjeru treba shvatiti kao kvalifikacijsko ispitivanje koje treba ponoviti u slučaju glavnih promjena dimenzija zidnih elemenata.

^b U slučaju stožastih šupljina ili čelijastih šupljina, treba računati sa srednjom vrijednosti debljine vanjskih i unutarnjih stijenki.

Tablica 2-1 Materijali i ograničenja za zidne elemente [48]

2.3.3 Obujamska masa

2.3.3.1 Bruto obujamska masa u suhom stanju

Bruto obujamska masa zidnih elemenata omjer je mase zidnog elementa u suhom stanju i njegova bruto obujma. Ona se u pravilu na tržištu Hrvatske nalazi u rasponu od 550 do 850 kg/m³.

2.3.3.2 Neto obujamska masa u suhom stanju

Neto obujamska masa zidnih elemenata omjer je mase zidnog elementa u suhom stanju i njegova neto obujma (obujma opečnog materijala).

2.3.3.3 Dopuštena odstupanja od obujamske mase

Dopušteno odstupanje od vrijednosti objavljene bruto i neto obujamske mase zidnih elemenata može npr. iznositi $\leq 10\%$ pa se proizvodi svrstavaju u razred D1.

2.3.4 Tlačna čvrstoća

2.3.4.1 Tlačna čvrstoća u smjeru okomitom na vodoravne i okomite sljubnice

Karakteristična vrijednost tlačne čvrstoće određuje se statističkom obradom velikog broja rezultata ispitivanja uz zadovoljenje uvjeta da je 95 % rezultata veće od iskazane karakteristične vrijednosti. Objavljivanje karakteristične tlačne čvrstoće omogućuje svrstavanje zidnih elemenata u I. kategoriju proizvoda navedenu u tablici ZA.2 norme HRN EN 771-1. To ujedno zahtijeva provedbu sustava potvrđivanja sukladnosti 2+, izjavama o svojstvima i označivanju građevnih proizvoda i odgovarajući certifikat o tvorničkoj kontroli proizvodnje.

Na osnovi valjano potvrđene I. kategorije proizvodnje zidnih elemenata projektant smije u proračunu rabiti primjereno manju vrijednost parcijalnog koeficijenta sigurnosti za materijal određenu u točki 2.4.3 norme HRN EN 1996-1-1 odnosno pripadajućem Nacionalnom dodatku HRN EN 1996-1-1/NA.

Tlačna čvrstoća zidnog elementa ispituje se u skladu s normom HRN EN 772-1.

2.3.5 Toplinska svojstva

Toplinska svojstva zidnih elemenata mogu se odrediti na tri načina:

- a) Toplinska svojstva zidnih elemenata objavljuju se na osnovi tabličnih vrijednosti utvrđenih u normi HRN EN 1745.
- b) Toplinska svojstva zidnih elemenata objavljuju se na osnovi podataka utvrđenih ispitivanjima u skladu s normom HRN EN 1745.
- c) Toplinska svojstva zidnih elemenata objavljuju se na osnovi proračuna u skladu s normom HRN EN 1745.

2.3.6 Trajnost

Ako se izvode vanjski zidovi građevine, svi zidni elementi predviđeni su kao potpuno zaštićeni od prodora vode i djelovanja ciklusa zamrzavanja i odmrzavanja slojem vanjske žbuke odgovarajuće debljine i svojstava, oblogom ili pročeljnim elementima od različitih materijala.

Ako se izvode unutarnji zidovi, zidni su elementi potpuno zaštićeni od prodora vode. Stoga se za njih ne postavljaju posebni zahtjevi koji se odnose na trajnost pri djelovanju ciklusa zamrzavanja i odmrzavanja.

2.3.7 Vodoupojnost

S obzirom na predviđenu namjenu u okolišu zaštićenom od atmosferskih utjecaja na zidne se elemente ne postavljaju posebni zahtjevi s obzirom na vodoupojnost.

Posebnu pozornost nužno je obratiti činjenici da je neožbukano ziđe izloženo povećanom riziku oštećenja zbog djelovanja atmosferilija.

2.3.8 Sadržaj aktivnih topljivih soli

S obzirom na predviđenu namjenu u zaštićenom okolišu, za zidne se elemente ne postavljaju posebni zahtjevi s obzirom na sadržaj aktivnih topljivih soli. Stoga se razvrstavaju u razred S0 u skladu s normom HRN EN 772-5.

Kako zidni elementi ipak sadržavaju određenu količinu topljivih soli, nužno ih je zaštititi od djelovanja atmosferilija, posebno kiše i snijega od trenutka izrade, tijekom skladištenja, ugradnje, sve do zaštite žbukom ili na koji drugi način. Topive soli ne utječu na kakvoću veze između žbuke i ziđa.

2.3.9 Reakcija pri požaru

Zidni elementi nosivih i nenosivih zidova podliježu požarnim zahtjevima. Reakcija pri požaru određuje se ispitivanjem u skladu s normom HRN EN 13501-1.

Zidni se elementi razvrstavaju u požarni razred A1 bez ispitivanja jer sadržava $\leq 1,0$ % u masi ili obujmu homogeno raspoređenih organskih materijala.

2.3.10 Paropropusnost

Za zidne elemente predviđene za uporabu u vanjskim elementima zgrade paropropusnost izražena koeficijentom difuzije vodene pare određena je iz tabličnih vrijednosti u normi EN 1745 (*tablica A.1*) i iznosi $\mu = 5/10$.

Prva brojka (5) označuje koeficijent difuzije za smjer kretanja vodene pare izvana prema unutra, a druga brojka (10) za smjer kretanja iznutra prema van.

2.3.11 Zvučna izolacija

Zahtjevi minimalne vrijednosti zvučne izolacije i maksimalne vrijednosti razine zvuka udara $R_{w, \min}$ za stambene i stambeno-poslovne zgrade prikazani su u *Tablici 2-2*.

	$R_{w, \min}$ (dB)	$L_{w, \max}$ (dB)
A/ Stambene i stambeno-poslovne zgrade		
Zid između dva stana	52	-
Zid između stana i zajedničkog hodnika	52	-
Zid s vratima između stana i zajedničkog hodnika D_w	52	-
Zid između stana i poslovnog prostora	57	-
Strop između stanova, i ispod stana prema ulaznim prostorima,...	52	68
Strop iznad stana prema lođi/terasi drugog stana	-	68
Strop ispod stana prema prostorima druge namjene (poslovni prostori,...)	57	68
Pod bučne prostorije prema stanu iznad i pored	-	48

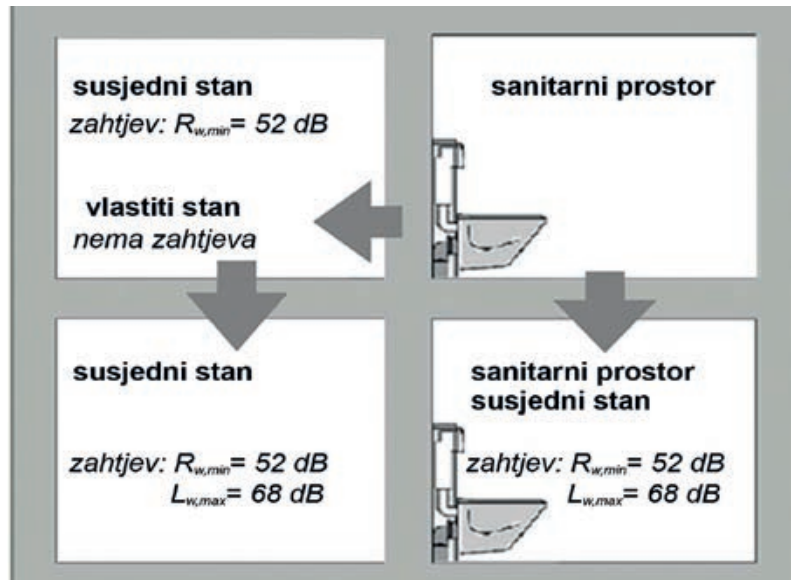
	$R_{w, \min}$ (dB)	$L_{w, \max}$ (dB)
B/ Poslovne zgrade i poslovne prostorije u drugim zgradama		
Zid između prostorija dva korisnika	52	-
Zid bez vrata između prostorija za intelektualni rad i prostorija za sastanke		-
Prema prostorijama za drugu namjenu istog korisnika	44	
Zid bez vrata između prostorija istog korisnika	42	-
Stropovi između poslovnih prostora	52	68

* Navedene su samo neke vrijednosti. Za detaljni uvid vidi HRN U.J.6.201

Tablica 2-2 Zahtjevi minimalne vrijednosti zvučne izolacije i maksimalne vrijednosti razine zvuka udara R_w [48]

Klasifikacija buke u građevinarstvu:

- Zračna buka je zvuk koji se prenosi zrakom (govor, glazba)
- Udarne buka ili topot nastaje udaranjem po tvrdoj podlozi kroz koju se prenosi na zrak
- Vibracije nastaju radom strojeva




Slika 2-1 Minimalne vrijednosti zvučne izolacije R_w i maksimalne vrijednosti razine zvuka udara L_w [48]

Traženu zvučnu izolacije moguće je postići zidnim elementima, a trenutno dostupan proizvod sa zvučnom izolacijom većom od 52 dB je proizvod Porotherm 25 Aku izmjerenom zvučnom izolacijom 54 dB, Tablica 2-3.

Sustav gradnje	Debljina zida (cm)		Zvučna izolacija $R_{w,min} = 52$ dB		Koeficijent prolaza topline $U_{max} = 0,60$ W/m ² K		Troškovi gradnje (index)		Brzina gradnje (index)	
Porotherm 25 AKU	25	✓	54	✓	0,58	✓	100,0	✓	100,0	✓
NF (25x12x6,5 cm)	25	✓	54	✓	0,95	✗	306,1	✗	131,2	✗
25x19x19 cm	25	✓	50	✗	0,88	✗	84,5	✓	127,9	✗
AB + izolacija 5 cm	25	✓	60	✓	0,64	✗	238,8	✗	142,6	✗

Tablica 2-3 Značajke proizvoda Porotherm 25 Aku [48]

Označavanje zidnih elemenata, Slika 2-2

Izjava o svojstvima				 (5) Wienerberger Ilovac d.o.o. Donje Pokupje 2, 47000 Karlovac HRVATSKA	
Broj: 61203030-15W 3520 Tip proizvoda: POROTHERM 30 PROFI					
1) Identifikacijska oznaka:		61203030			
2) Tip, serijski broj		Oznaka na proizvodu			
(3) Namje ravana upotreba:				Za zide, stupove i pregrade (nenosivo/zastrišeno)	
6) Ocjenjivanje i provjera stalnosti svojstava				Sustav 2+, AVCP	
(7) Prijavljeno tijelo:				2477 - Institut IGH d.d.	
Vrši:					
(i) početni pregled proizvodnog pogona i kontrola tvorničke proizvodnje				EN 771-1:2011	
(ii) stalni nadzor, ocjenjivanje i vrednovanje kontrole tvorničke proizvodnje te izdavanje certifikata				Certifikat br.: 2477-CPR-1828	
(8) Europska tehnička ocjena				/	
(9) Objavljena svojstva:					
Dimenzije:					
	duljina	mm	250	± 6	
	širina	mm	300	± 7	
	visina	mm	249	± 1	
	dopušteno odstupanje	razred	T1+		
	dopušteno pdstupanje	razred	R1+		
	Ravnost horizontalnih sljubnica:	mm	NPD		
	Paralelnost ploha:	mm	1,0		
Obujamska masa:					
	Bruto obujamska masa u suhom stanju	kg/m ³	800		
	Neto obujamska masa u suhom stanju	kg/m ³	NPD		
	razred	razred / %	D1	10	
Oblik i izgled:					
	Skupina zidnog elementa	-	2	EN 1996-1	
	Postotak šupljina	%	<55		
Tlačna čvrstoća:					
	razred	-	I		
	Okomito na horizontalnu sljubnicu	N/mm ²	10		
	Normalizirana na horizontalnu sljubnicu	N/mm ²	NPD		
	Okomito na vertikalnu sljubnicu	N/mm ²	2,5		
	Normalizirana na vertikalnu sljubnicu	N/mm ²	NPD		
	Čvrstoća prijanjanja:	N/mm ²	0,15/0,30		
	Toplinska provodljivost $\lambda_{10, dry, vert}$:	W/m·K	0,138 EN 1745 zidano Dryfix.Extra		
	Paropropusnost:	-	$\mu = 5/10$		
	Trajnost proizvoda:	razred	F0		
	Vodoupojnost:	%	NPD		
	Početna vodoupojnost:	kg/(m ² ·min)	NPD		
	Sadržaj aktivnih topivih soli:	razred	S0		
	Širenje vlage:	mm/m	NPD		
	Ponašanje pri požaru:	razred	A1		
	Opasne tvari:	-	NPD		Nema štetnih tvari
(10) Svojstva proizvoda su u skladu sa specifikacijom gore.					
Ovlašteni predstavnik:		Product manager	(5) Wienerberger Ilovac d.o.o. - Pogon3		
Potpisano u ime proizvođača:		01.03.2015.	Tomislav Franko	Donje Pokupje 2, 47000 Karlovac	
				HRVATSKA	

Slika 2-2 Izjava o svojstvima proizvođača [48]

Wienerberger Ilovac d.o.o. Donje Pokupje 2, 47 000 Karlovac Pogon 3 Hrvatska / Hrvatska			
<h1>POROTHERM 30 PROFI</h1>			
Ident. oznaka.: 61203030		DoP No.: 61203030 - 15W3520	
<p>15 EN 771-1:2011</p> Certifikat br/ Certifikat štev.: 2477-CPR-1828 Ovlašteno tijelo/ Pooblašteni organ: 2477 - IGH d.d.			
Nosive zidove, stupove i pregradne zidove			
ce.wienerberger.com			
Tip/Tip:	LD	Razred/Kategorija:	1
Duljina/Dolžina (mm):	250	Tlačna čvrstoća/Tlačna trdnost (N/mm ²):	10 / 2,5
Širina/Širina (mm):	300	Čvrstoća prijanjanja/Strižna trdnost (N/mm ²):	0,15 / 0,30
Visina/Visina (mm):	249	Toplinska provodljivost/Toplotna prevodnost λ (W/m·K):	0,144
Dopušteno odstupanje/Odstopanja:	T1+	Paropropusnost/Paropropusnost μ:	5 / 10
Dopušteno odstupanje/Razpon mer:	R1+	Trajnost proizvoda/Trajnost izdelka:	F0
Paralelnost ploha/Paralelnost površin (mm):	0,3	Vodupojnost/Vodovpojnost (%):	NPD
Ravnost horizontalnih sljibnica/Ravnost horizontalnih spojev (mm):	0,3	Sadržaj aktivnih topivih soli/Vsebnost aktivnih topnih soli:	S0
EC6 - Skupina zidnog elementa/skupina zidne opeke:	2	Širenje vlage/Širjenje vlage (mm/m):	NPD
Bruto objamska masa-suho stanje/Bruto-suha spec. teža (kg/m ³):	800	Ponašanje pri požaru/Odpornost na požar:	A1
Razred/Razred:	D1	Opasne tvari/Vsebnost nevarnih snovi:	Nema
Težina palete/Teža palete oca. (kg):	1330	Broj komada na paleti/Število komadov na paleti:	96
Zemlja porijekla/Država porekla: Hrvatska/Hrvatska			2016
Tehnička uputa: Zidarski radovi moraju se izvesti stručno prema važećim propisima i normama. Prilikom izvođenja zida potrebno se je pridržavati sljedećih mjera: - Zidanje se mora izvoditi pravilnim zidarskim vezom, a preklap mora iznositi najmanje 30% dužine zidnog elementa. - Prije zidanja potrebno je postaviti hidroizolaciju kako zidovi ne bi povlačili vlagu te precizno izvesti izravnavajuću podlogu mortom minimalne debljine 1 cm. - Zidove je potrebno zaštititi od vremenskih utjecaja na odgovarajući način (mrz, kiša). - Zidanje je dopušteno do temperature od +5°C osim ako se koristi DryFix.extra sa kojim se može zidati do temperature od -5°C. - Prije ugradnje opeku je potrebno dobro namočiti vodom i otprašiti (Profi opeka) kako se ne bi oslabila vezivna svojstva morta. - Vezivo: predgotovljeni lagani mort LM5 ili vapneno-cementni mort min. tlačne čvrstoće 5 N/mm ² : za POROTHERM S i POROBLOK opeke. - Vezivo: tankoslojni mort TM10 i DryFix.extra - za brušenu POROTHERM Profi opeku. - Opeku nije dopušteno razbijati zidarskim čekićem, već je potrebno rezati pilom za rezanje opeke uz obveznu uporabu zaštitnih sredstava. - Oštećene opeke ne ugrađivati. Na ugrađenu robu ne priznaju se reklamacije. - Rok uporabe je neograničen uz pravilnu zaštitu i skladištenje. Tehnička navodila: Zidarska dela se moraju izvajati strokovno v skladu z veljavnimi normami in predpisi. Pri zidanju zidov je potrebno upoštevati sledeče: - Zidanje se mora izvajati s pravilno zidarsko vezavo, preklap mora biti najmanj 30% dolžine zidnega elementa. - Pred začetkom zidanja je potrebno položiti hidroizolacijo, da preprečimo kapilarni dvig vlage v zidovih in potem natančno izvesti izravnavo izmalte minimalne debljine 1 cm. - Zidove je potrebno zaščititi pred vremenskimi vplivi na primeren način (mrz, dež). - Zidanje se izvaja do temperature + 5°C. Le v primeru gradnje s POROTHERM PROFi opeko in DryFix.extra leptom se lahko zida do temperature -5°C. - Pred vgradnjo je potrebno opeko omočiti z vodo in očistiti prašne delce (POROTHERM PROFi), da se ne poslabšajo vezivne lastnosti med opekami. - Vezivo za POROTHERM S, POROBLOK in Modul blok opeko: podaljšana apnen cementna malta ali pripravljena mešanica izolacijske malte, tlačna trdnost malte - min 5 N/mm ² . - Vezivo za brušeno POROTHERM Profi opeko : leplivo DryFix.extra ali tankoslojna malta TMM 10. - Opeke ni dovoljeno lomiti z zidarskim kladivom, ampak jo je potrebno rezati s primerno žago in ob tem uporabljati ustrezno zaščitno opremo. - Poškodovane opeke se ne vgrajuje. Na vgrajene proizvode se reklamacija ne prizna. - Ob pravilnem skladiščenju in zaščiti, je rok uporabe neomejen. Tehničke informacije /Tehnične informacije: +385 47 694 111, office.Hr@wienerberger.com			

Slika 2-3 Primjer deklaracije proizvoda [48]

2.4 UPUTE ZA GRADNJU ZIDANIH KONSTRUKCIJA

2.4.1 Organizacija gradilišta

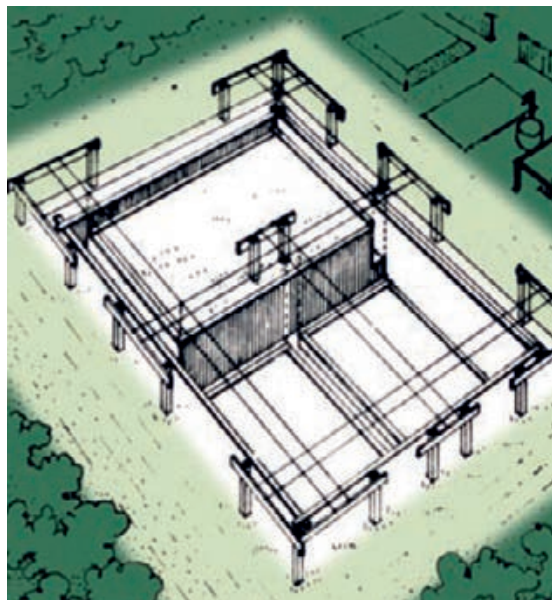
Prije početka građenja potrebno je gradilište organizirati, a to znači osigurati ga potrebnim materijalom, pomoćnim uređajima te pravilno rasporediti mjesta za strojeve, radna mjesta, materijal i prema građevinskom zemljištu izraditi organizacijsku shemu gradilišta.

2.4.2 Pripremni radovi

Prije početka radova potrebno je geodetski snimiti teren i izraditi elaborat kolčenja. U prisutnosti nadzornog inženjera treba odrediti relativnu visinsku kotu $\pm 0,00$ m, iskolčiti zgradu te provjeriti kolidiraju li trase postojećih instalacijskih vodova na gradilištu i u blizini s iskopom ili radnim prostorom potrebne mehanizacije (Slika 2-4). Prije početka zemljanih radova teren treba očistiti od šiblja i korova ili stabala do 10 cm promjera (ako to smeta postavljanju zgrade ili organizaciji gradilišta).

Poslije površinskog uređenja i eventualnog otkopa prilazi se obilježavanju temelja buduće građevine te kolčenju glavnih kontura.

Kod većih i složenijih zgrada treba prema obilježenim konturama izraditi nanosnu skelu s koje će se izvesti obilježavanje temelja.



Slika 2-4 Iskolčenje buduće građevine [48]

Profiliranje dna širokog iskopa i iskopa za temelje izvodi se s točnošću od ± 3 cm, a iskop se priprema u prisutnosti nadzornog inženjera. Iskop na određenu dubinu završava se neposredno prije početka izvedbe temelja kako se ležajna ploha temelja ne bi razmočila. Dno iskopa odnosno temelja mora se nalaziti na nosivom tlu bez obzira na projektiranu dubinu temeljenja.

2.4.3 Početak gradnje

Iskop građevne jame radi se strojno. Dno jame mora biti veće od samog tlocrta buduće građevine kako bi se osigurao prostor za rad (oko 50 cm više od vanjske strane zida podruma).

Vanjski zidovi građevine mogu se označiti užetom, a potom se prilazi iskopu tračnih temelja strojem. Širine

iskopa za pojedine temelje zidova izvodi se prema projektu, a dno iskopa potrebno je visinski ručno isprofilirati tako da na dnu iskopa nema rastresite zemlje, a po potrebi se ugrađuje podložni sloj betona.

Svi betonski i armiranobetonski radovi moraju se izvesti solidno i stručno prema normi HRN EN 13670-1 i pravilima dobrog zanata. Čvrstoća betona određena je projektom konstrukcije.

Betoniranje armiranobetonskih temelja zidova u zemlji i dijelom izvan zemlje izvodi se betonom prema projektu. Između temelja nasipa se i nabije tamponski sloj od kamenog materijala 0-50 mm u sloju debljine 20 cm. Nabija se vibronabijačem (žabom).

Nakon izvedbe tamponskog sloja betonira se donja armiranobetonska podloga prema projektu. Izvodi se preko gornjih rubova temelja u jednoj cjelini. Gornja površina treba biti zaribana tako da odgovara uvjetima za polaganje hidroizolacije.

Prije betoniranja podloge potrebno je postaviti instalacije. Cijevi treba polagati na pješčanu podlogu i u nagibu (najmanje 3 %).

2.4.4 Izvođenje zidarskih radova

Zide zidane konstrukcije se na gradilištu izvodi od zidnih elemenata i veziva. Zidni elementi (opeka) na gradilištu moraju biti složeni po vrstama i eventualno po razredima kontrole kakvoće te osigurani od djelovanja atmosferilija (kiše, snijega, leda). Dovoljno osiguranje predstavlja zadržavanje istih u foliji proizvođača do same primjene. Prilikom istovara zidni se elementi ne smiju tijekom gradnje postavljati na stropne konstrukcije na način da prouzroče trajnu deformaciju stropne konstrukcije (VAŽNO!).

Mort za zidanje (HRN EN 998-2) mora biti prenešen do gradilišta i uskladišten tako da bude zaštićen od utjecaja vlage i drugih štetnih utjecaja na bitne značajke. Mort mora biti složen po vrstama i razredima kako ne bi došlo do miješanja.

Mort opće namjene mora se miješati strojno i ne smije se ugrađivati ako je započeo proces stvrdnjavanja. U mort se ne smiju naknadno dodavati voda, cement i sl.

Mortovi se ne smiju primjenjivati ukoliko je istekao rok primjene bez prethodnih kontrolnih ispitivanja. Ukoliko se uoči da je mortu istekao rok primjene potrebno je obavijestiti voditelja gradilišta i nadzornog inženjera.

Prije zidanja zida mora se provesti sljedeće:

- pregled svake otpremnice ili računa, izjave o svojstvima, deklaracije i oznake na zidnim elementima, vezivu i drugim građevnim proizvodima koji se upotrebljavaju,
- vizualnu kontrolu zidnih elemenata, veziva i ambalaže ostalih građevnih proizvoda, kako bi se utvrdila moguća oštećenja,
- utvrđivanje razreda kontrole kakvoće (I ili II) i skupine (1, 2, 3 ili 4) zidnih elemenata.

Postavljanje vodoravne hidroizolacije, izrada izravnavajućeg sloja morta, prvog reda zidnog elementa opekarskim termoblokovima opisano je u **Poglavlju 1.4.5.2. Zidanje opekarskim termo blokovima (kao Porotherm)**. U daljnjem tekstu detaljnije su opisani izvođenje nosivih zidova, te detalji (povezivanje vanjskih i unutarnjih nosivih zidova, pregradni zidovi, spojevi nosivih i pregradnih zidova, ugradnja nadvoja).

2.4.5 Nosivi zidovi - zidanje

Zidni elementi moraju biti povezani vezivom u skladu s dokazanom praksom i prema tehničkim uputama proizvođača koja se nalaze na deklaraciji ili u zasebnom katalogu.

Vodoravne i okomite sljubnice morta, izrađene od mortova opće namjene i laganih mortova, trebaju imati debljinu od 6 mm do 15 mm, sljubnice morta od tankoslojnih mortova trebaju imati debljinu od 0,5 mm do 3 mm, a sljubnice ljepila nanose se na nosive zidove u dvije trake ili kod pregradnih zidova u jednoj traci.

Ovisno o sustavu gradnje slijedi zapunjavanje okomitih i vodoravnih sljubnica, ili ako se radi o precizno brušenoj opeci tada se vezivo nanosi samo na vodoravnu sljubnicu.

Opeka s mortnim džepom

Lagani mort nanosimo na vodoravnu sljubnicu po cijeloj širini zidnog elementa, a okomitu sljubnicu zapunimo tako da mortom ispunimo mortni džep koji nastaje spajanjem dviju opeka. Pri izvedbi zida zidane konstrukcije sa zidnim elementima s mortnim džepovima (*Slika 2-5*), okomite sljubnice ispunjavaju se po punoj visini zidnog elementa i u punoj širini mortnog džepa; širina mortnog džepa mora iznositi najmanje 40 % širine zidnog elementa.



Slika 2-5 Opeka s mortnim džepom [48]

Brušena opeka

Tankoslojni mort nanosimo na vodoravnu sljubnicu po cijeloj širini zidnog elementa specijalnim valjkom za zidanje tankoslojnim mortom (*Slika 2-6*). Debljina tankoslojnog morta je između 1 - 3 mm. Uštede na mortu za prosječnu obiteljsku kuću iznose oko 10.000 litara u usporedbi s mortom opće namjene.

Na niveliranu sljubnicu postavlja se prvi red opeke, a zatim se na njega nanose paralelno dva traka ljepila promjera oko 3 cm i na razmaku od 5 cm od ruba opeke. Kod debljine zidova od 10 i 12 cm nanosi se samo jedan trak ljepila. Zidanjem DRYFIX.extra ostvaruju se uštede u brzini gradnje od oko 40%, a potpuno su izbjegnuti toplinski mostovi na mjestu sljubnica.

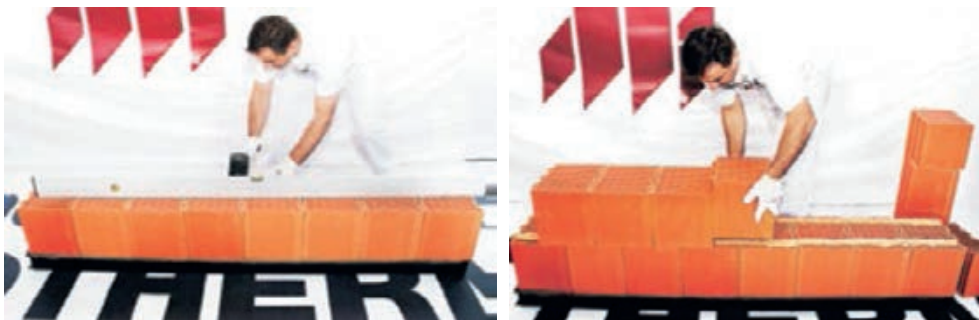


Slika 2-6 Nanošenje morta posebnim valjkom za zidanje [48]



Slika 2-7 Nanošenje poliuretanskog ljepila [48]

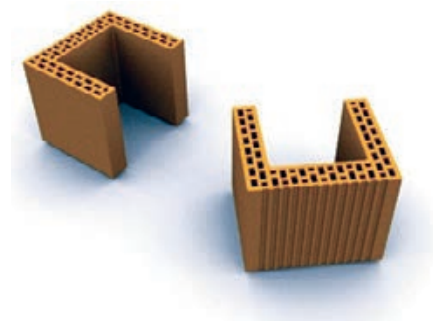
Zidanje se kod svih tih sustava gradnje nastavlja normalnim zidarskim vezom s minimalnim preklapanjem od 30 %, a opeka se postavlja jedna do druge i spaja spojem pero + utor. Tijekom zidanja ravnost površina provjerava se zidarskom libelom uz upotrebu gumenog čekića. Visinu zida treba provjeriti letvom na kojoj su označene vrijednosti visinskog rastera od 25 cm i poravnavati gumenim čekićem. Dužinski raster treba provjeravati letvom na kojoj je označen dužinski raster od 12,5 cm. Zimi se ne smije zidati kada su temperature ispod 5 °C osim kada se kao vezivo upotrebljava DRYFIX.extra kada je dopušteno zidanje do temperature od -5 °C.



Slika 2-8 Postavljanje opeka u prvom i drugom redu [48]

Omeđeno ziđe mora imati okomite i vodoravne armiranobetonske ili armirane zidane omeđujuće elemente (serklaže) koji trebaju imati ploštinu presjeka ne manju od 0,02 m², s najmanjom izmjerom od 150 mm u tlocrtu zida. Okomiti serklaži pojedine etaže betoniraju se nakon izvedbe ziđa te etaže.

Za izvođenje okomitih serklaža preporučujemo gotove elemente od opeke (npr. Porotherm Multi, Slika 2-9) koji služi umjesto oplate kod betoniranja.

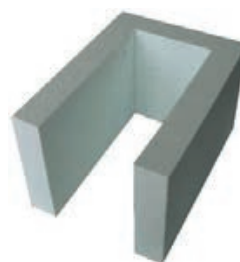


Slika 2-9 Porotherm multi [48]

Prije betoniranja okomitih serklaža donji dio treba očistiti kako bi se ostvarila bolja veza.

Za izvođenje vodoravnih serklaža potkrovlja također se mogu koristiti gotovi elementi koji se zidaju na zadnjem redu, a između se postavlja armatura i beton prema projektu. Na taj način značajno ubrzavamo gradnju i smanjujemo troškove gradnje.

Kako bi se izbjegla pojava toplinskog mosta, potrebno je element za okomiti serklaž dodatno izolirati ili koristiti gotovi element U profil Dryfix. Za tu svrhu može se s vanjske strane kutnog elementa postaviti lagani mort ili izolacijski materijali kao što su mineralna vuna ili stiropor. Jedno od rješenja je staviti toplinsku izolaciju uz element za okomiti serklaž, a s vanjske strane obzidati opekom, na primjer s pregradnom opekom. Za bolje povezivanje zidova preko kutova i učvršćenja obloge serklaža preporučujemo armiranje šipkom 1Φ6 mm ili spojnicama u svakoj drugoj vodoravnoj sljubnici.



Okomiti serklaži (Slika 2-10) armiraju se minimalnom armaturom 4Φ10 mm, sone Φ6/25 cm, uz preklop okomite armature u stupu minimalno 80 cm za sljedeći kat.

Slika 2-10 Nanošenje poliuretanskog ljepila [48]

2.4.6 Povezivanje vanjskih i unutarnjih nosivih zidova

Spoj vanjskih i unutarnjih zidova mora biti krut kako bi se čvrstom vezom omogućilo prenošenje sila te kako bi time konstrukcija djelovala kao prostorni sustav. Ta kruta veza ostvaruje se na sljedeći način: u nosivom zidu potrebno je napraviti udubljenje kako bi se osigurala veza između nosivih zidova dvaju okomitih smjerova. Udubljenje se ispunjava mortom u koji se polažu elementi iz okomitog smjera. Veličina udubljenja ovisi o materijalu zida. Ako je zid od opeke, udubljenje treba biti najmanje 5 cm.

2.4.7 Pregradni zidovi

Zidni elementi za pregradne zidove optimalno su rješenje za kvalitetno i ekonomično izvođenje unutarnjih nenosivih zidova.

Opečni zidni elementi za pregradne zidove dio su opečnog sustava za gradnju i potpuno su kompatibilni s njime. Odlikuju ih velike dimenzije i sustav ozupčenja za jednostavniju ugradnju. Izrađeni su od porozirane opeke pa su lakši u odnosu na uobičajene opečne zidne elemente.

Za izvođenje 1 m² pregradnog zida potrebno je samo 8 opečnih zidnih elemenata. Istodobno, sustav ozupčenja (pero + utor) dodatno povećava brzinu zidanja jer se okomita veza opečnih zidnih elemenata ostvaruje suhim spojem, bez upotrebe morta, te je tako gradnja jeftinija.

Izrazita ravnost površine čini zidne elemente dobrim izborom za pregradne zidove jer smanjuje potrošnju

žbuke pri završnoj obradi. Kod zidanja vezu u okomitoj mortnoj sljubnici ostvarujemo suhim spojem zahvaljujući sustavu ozupčenja (pero + utor). Pri tome razmak između zidnih elemenata ne smije biti veći od 5 mm. Vodoravna mortna sljubnica debljine je 1,2 cm, a mort se postavlja po cijeloj debljini zida.

Opečne zidne elemente treba zidati u pravilnom zidarskom vezu. Najbolje je kada zidnim elementom parnog reda preklapamo zidni element neparnog reda za 50%.

2.4.8 Spojevi nosivih i pregradnih zidova

Spoj nosivog i pregradnog zida moguće je ostvariti upotrebom metalne spone ili armaturne šipke $\Phi 8$ mm, ovisno o materijalu nosivog zida.

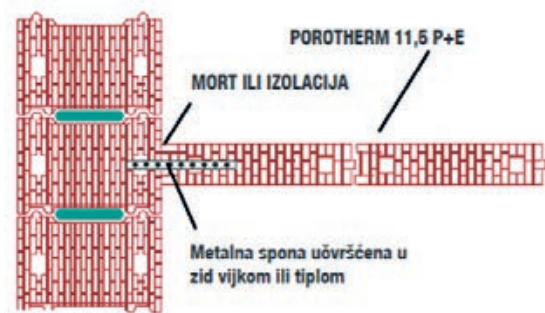
Metalna spona ugrađuje se u svaku drugu vodoravnu mortnu sljubnicu za vrijeme izvođenja nosivog zida od opeke (Slika 2-11). Spona, odnosno šipka tlocrtno se polaže na mjesto predviđeno za sidrenje pregradnog zida. Spona, odnosno šipka, učvršćuje se mortom u vodoravnu mortnu sljubnicu pregradnog zida.

Metalna spona savinuta u L-oblik pričvršćuje se odgovarajućim vijkom i tiplom u nosivi zid. Spona se polaže u svaku drugu vodoravnu mortnu sljubnicu pregradnog zida. Rješenje je pogodno za sve vrste nosivih zidova.

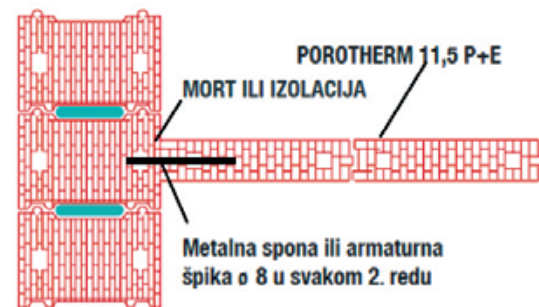
Pregradni zid može se učvrstiti uz nosivi čeličnom sponom uloženom u mort u svakoj drugoj vodoravnoj sljubnici, a pri naknadnoj izvedbi pregradnog zida POROTHERM elementima možete primijeniti i pravokutno savijene spone.

U armiranobetonskom zidu treba napraviti udubljenje od najmanje 2 cm šire od širine zidnog elementa za pregradni zid. Elementi pregradnog zida polažu se u mort.

U nosivom zidu od opeke treba napraviti udubljenje od najmanje 5 cm koje mora biti barem 2 cm šire od širine zidnih elemenata u pregradnom zidu. Žlijeb se izvodi rezanjem nosivoga opečnog zida pilom.



Slika 2-11 Shema ugradnje metalne spone učvršćena u zid vijkom ili tiplom [48]



Slika 2-12 Shema ugradnje metalne spone u svakom drugom redu [48]

2.4.9 Ugradnja nadvoja

Opečni nadvoji sastoje se od opeke s vodoravnim šupljinama i armiranobetonске jezgre (Slika 2-13). Armatura nadvoja tvornički je prednapeta, a mikrobeton je prilagođen statičkim zahtjevima. Nadvoje također odlikuje kompatibilnost s ostalim proizvodima opečnog sustava gradnje.

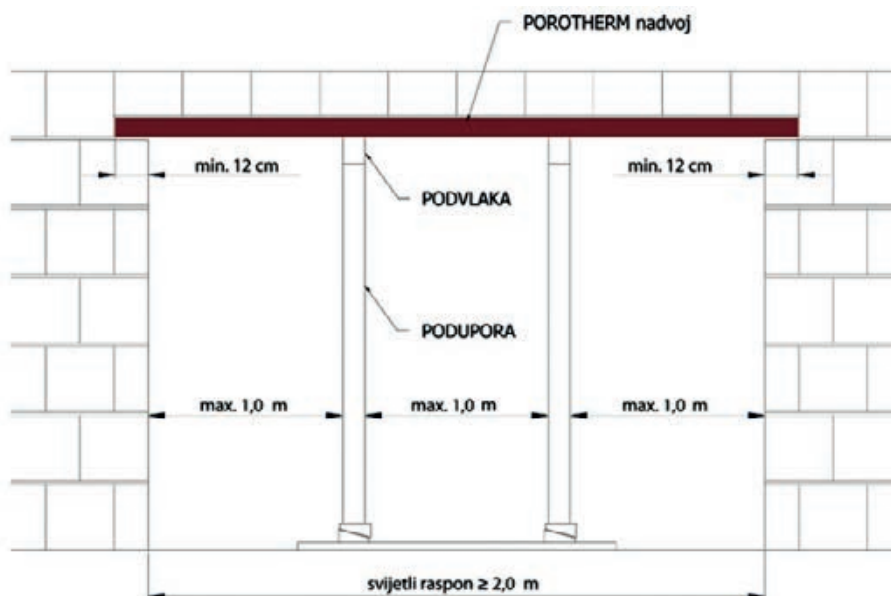
Nadvoji se proizvode u duljinama od 0,75 m do 3,00 m u koracima po 25 cm. Vodoravna šupljina po duljini nadvoja omogućuje dobra toplinsko-izolacijska svojstva. Na taj način smanjuje se toplinski most i potreba za dodatnom izolacijom kao kod izvođenja armiranobetonских nadvoja. Premošćenje zidnih otvora primjenom opečnih nadvoja iznimno je jednostavno i brzo.



Slika 2-13 Nadvoji [48]

Duljina oslonca mora iznositi najmanje 12 cm (Slika 2-14). Prije zidanja potrebno je gornju površinu nadvoja i zidnih elemenata dobro namočiti vodom zbog postizanja boljeg prianjanja između nadvoja, morta i opeke. Za tlačni pojas iznad nadvoja preporučujemo upotrijebiti zidne elemente odrezane na mjeru pilom za rezanje.

Posebnu pozornost treba obratiti na neprekidno mortom napunjene okomite i vodoravne sljubnice jer inače nije zajamčena nosivost nadvoja.



Slika 2-14 Način ugradnje POROTHERM nadvoja [48]

Napomena: Zidne elemente za nadozid ne smije se razbijati, nego obvezno rezati pilom.

2.5 STROPNI SUSTAV

Stropni sustav POROTHERM polumontažna je stropna konstrukcija s mnogobrojnim prednostima u odnosu na klasični strop. Brža je gradnja, utrošak materijala je manji, bolja je toplinska izolacija, zvučna izolacija i požarna otpornost.

Stropni sustav POROTHERM čine POROTHERM 60 stropni ispunski blokovi (Slika 2-15) postavljeni između predgotovljenih i prednapetih nosivih gredica, a tlačna se ploča betonira na licu mjesta, pri čemu beton ispunjava prostore između ispunskih elemenata i oblikuje stropna rebra.

Na završni red nosivog zida postavljaju se POROTHERM gredice (Slika 2-16) koje moraju nalijegati na zid najmanje 12 cm.

Gredice se polažu na nosivi zid, na vodoravno poravnanu podlogu svježeg morta debljine 1 cm. Osni razmak gredica iznosi 60 cm, što ubrzava gradnju, a ne umanjuje nosivost.

Opečnim ispunskim elementima zatim se popunjava preostali međuprostor i to u smjeru okomito na postavljene gredice. Elementi ispuna ne smiju zadirati u nosivi zid, a ako je potrebno, gredice se poslažu jedna pokraj druge umjesto da se postavlja oplata.

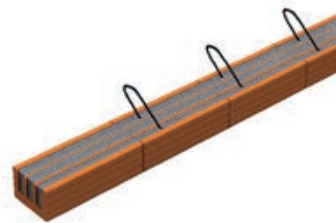
Točni osni razmak između gredica najlakše se postiže postavljanjem stropnih ispuna na svakom kraju gredice (Slika 2-17).

POROTHERM serklaž (Slika 2-18) postavlja se na vanjskim zidovima s vanjske strane vodoravnih betonskih serklaža. Ima funkciju toplinske zaštite, sprječava stvaranje hladnih mostova i kondenzaciju vodene pare.

Za izolaciju vodoravnog serklaža postavljamo POROTHERM serklaž koji olakšava betoniranje vodoravnog serklaža po obodu kuće, a zamjenjuje daščanu oplatu. POROTHERM serklaž je element koji se sastoji od opečnog zidnog elementa debljine 6,5 cm te stiroporne ploče debljine 5 cm koji uz navedenu funkciju toplinski štiti serklaž, a podloga za žbukanje jednake je



Slika 2-15 POROTHERM 60 stropni ispunski blokovi [48]



Slika 2-16 POROTHERM gredice [48]



Slika 2-17 Postavljene stropne ispune na svakom kraju gredica [48]



Slika 2-18 POROTHERM serklaž [48]

kakvoće kao i ostale vanjske površine zida. Prije betoniranja ploče potrebno je opečne elemente dobro namočiti.

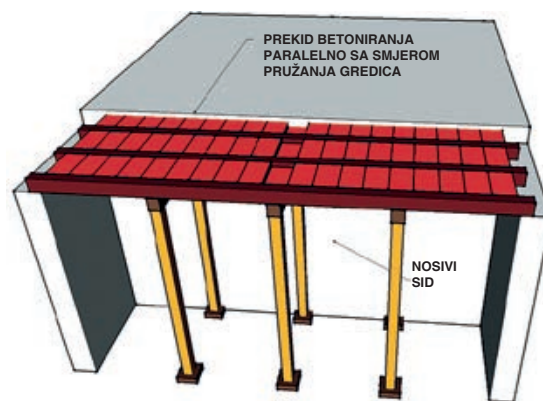
Tlačna ploča debljine 6 cm izvodi se od betona najmanje kakvoće C20/25. Utrošak betona iznosi 0,076 m³ betona/m² stropa (76 litara/m² stropa).

Za armaturu tlačne ploče koriste se zavarene mreže ili rebrasta armatura. Pri tome je potrebno rabiti mrežu R-131, ili Q-131 ili jaču, a za rebrastu armaturu potrebna je minimalna količina 4Φ8 mm/m u oba okomita smjera.

Spojeve zidova i stropova potrebno je povezati betonskim vodoravnim serklažima (Slika 2-19).

Beton tog spoja potrebno je izolirati, a za kvalitetnu izolaciju preporučujemo proizvod POROTHERM serklaž.

Beton je najbolje ugraditi bez prekida, a kada je prekid neizbježan, treba ga izvesti iznad nosivog zida ili iznad opečnih elemenata u smjeru pružanja gredica. Površinu betonske ploče treba dobro izravnati odmah nakon ugradbe betona te beton pravilno njegovati. Površina stropa idealna je za žbukanje.



Slika 2-19 Shematski prikaz spojeva zidova i stropova povezanim betonskim vodoravnim serklažom [48]

2.6 POSTUPCI NJEGE I ZAŠTITE TIJEKOM IZVEDBE ZIDA

Tijekom gradnje moraju se poduzeti mjere opreza radi osiguranja opće stabilnosti konstrukcije ili pojedinih zidova.

Završeno zidje treba zaštititi od kiše koja izravno pada na objekt sve dok vezivo ne očvrstne te kako bi se zaštitilo od ispiranja veziva iz sljubnica i od ciklusa močenja i sušenja. Kako bismo zaštitili zidje moramo postaviti zaštitnu foliju na zadnji red zidnih elemenata te ju učvrstiti na taj način da se omogući nesmetano otjecanje kišnice. Tijekom jakih kiša potrebno je obustaviti zidanje i fugiranje, a zidne elemente, mort i svježe fugiranje treba zaštititi. Ukoliko se radovi izvode u zimskim mjesecima / za hladnog vremena, potrebno je voditi računa i o zaštiti zida od ciklusa smrzavanja i odmrzavanja jer će doći do oštećenja morta i svježe dovršenog zida. Tu je jako važno voditi računa o toplim danima i hladnim noćima gdje se temperature noću i ujutro spuštaju ispod 0°C. Zidanje se inače može izvoditi do -5°C s poliuretanskim Dryfix ljepilom kako stoji u uputama proizvođača.

Visinu zida koje se izvodi u jednom danu treba ograničiti tako da se spriječi nestabilnost i prekomjerno naprezanje svježega morta. Kod primjene precizno brušene opeke i ljepila zidarski radovi se mogu izvesti do pune visine.

Pri određivanju ograničenja u obzir uzimamo debljinu zida, vrstu veziva, oblik i gustoću zidnih elemenata te stupanj izloženosti vjetru. Posebno treba uzeti u obzir udare vjetra jer oni mogu prouzročiti velike materijalne štete.

Kako bismo zide zaštili od mehaničkog oštećenja potrebno je površinu, lako oštetljive istake uz uglove i otvore, podnožja i druge istaknute dijelove zaštititi od oštećenja uzimajući u obzir druge radove u tijeku i sljedeće građevinske radove, djelovanje prometa na gradilištu, beton koji se lijeva odozgo u serklaže, vibriranje betona, upotrebu skela i građevinskih radova koji se na njima izvode. Dopušteni otkloni zida trebali bi biti određeni projektom i potrebno ih je redovito provjeravati prema napredovanju radova. Ukoliko otkloni i odstupanja nisu određeni projektom tada se uzimaju sljedeće vrijednosti iz tablice.

Položaj	Najveći otklon
Okomitost	
U svakom katu	± 20 mm
Na ukupnu visinu zgrade Okomito poravnanje	± 50 mm ± 20 mm
Ravnost ^a	
Na svaki metar Na 10 metara	± 10 mm ± 50 mm
Debljina	
Za sloj zida ^b Za cijeli šuplji zid	± 5 mm ili ± 5 mm debljine sloja, a mjerodavna je veća vrijednost ± 10 mm

^a Otklon od ravnosti mjeri se od poredbenog pravca između dviju točaka.

^b Osim slojeva od jedne širine ili duljine zidnog elementa, kad debljina sloja ovisi o dopuštenim odstupanjima dimenzija zidnih elemenata.

VAŽNO JE ZNATI!

Zidarski radovi moraju se izvesti solidno i stručno prema valjanim propisima i pravilima dobrog zanata. Prilikom izvođenja zidova zgrada izvođač se mora držati sljedećih mjera:

- Zidanje se mora izvoditi pravilnim zidarskim vezovima, a preklap mora iznositi najmanje jednu četvrtinu duljine zidnog elementa.
- Ako se zida zimi, zidove treba zaštititi od mraza, a zidovi koji nisu završeni prije nastupanja zimskih mrazova moraju se zaštititi na odgovarajući način. Zimi se ne smije zidati kada su temperature ispod 5 °C osim ako se zida s DRYFIX.extra. Tada je moguće zidati i do temperature od -5 °C.
- Svako naknadno bušenje ili izrada užljebljenja u zidovima zgrade koje nije bilo predviđeno projektom može se izvoditi samo uz pisanu suglasnost projektanta.
- Ključ kvalitetnog izvođenja zidova je u izravnavajućem sloju morta koji se mora precizno izvesti (posebno bitno kod brušene opeke).
- Poprečni i uzdužni zidovi na spoju moraju biti međusobno povezani zidarskim vezom, a za pregradne zidove treba ispustiti zupce u nosivom zidu u svakom drugom redu za pola zidnog elementa.
- Zidovi uz okomiti serklaž mogu se također zupčasto izvesti.
- Prije ugradnje opeku je potrebno dobro namočiti. Najbolje je polijevati je u paleti nekoliko minuta vodom iz cijevi za polijevanje, a nakon toga ostaviti 10 minuta da se ocijedi. Polijeva se kako tijekom zidanja opeka ne bi povukla vlagu iz morta te time oslabila njegova vezna svojstva. Za polijevanje opeke nije dopuštena uporaba morske ili nečiste vode.
- Za zidanje se preporučuje upotreba:
 - a. predgotovljenog laganog morta (LM) – ako je npr. riječ o poroziranoj opeci
 - b. tankoslojnog morta (TM) – ako je npr. riječ o poroziranoj Profi opeci
 - c. DRYFIX.extra – ako je npr. riječ o poroziranoj Profi opeci.
- Opeku nije dopušteno razbijati zidarskim čekićem, nego je treba rezati pilom za rezanje opeke. Prilikom rezanja opeke obvezna je uporaba zaštitnih sredstava.
- Opeku treba zaštititi od vlaženja već pri skladištenju, a gotov zid treba zaštititi od kiše tako da je odvodimo od zida. Treba paziti da voda ne prodre u okomite šupljine zida, jer dulje zadržavanje vode u tim šupljinama može izazvati topljenje topljivih soli iz opeke ili morta. Kada te soli izađu na površinu, mogu izazvati „cvjetanje“. S dijelova zida koji „cvjetaju“ potrebno je skinuti sloj istaloženih soli suhim četkanjem tvrdim četkama, a nakon toga se zid može premazati sredstvom protiv „cvjetanja“. Bitno je napomenuti da ta pojava, ako se pravilno sanira, nema utjecaja na fasadu.

2.7 NORMATIVI

Zidanje nosivih zidova u produžnom mortu.

Debljina zidova (cm)	Dimenzije zidnog elementa (dužina × širina × visina)	j.mj.	MATERIJAL		RAD			j.mj.	MATERIJAL		RAD		
			blok	mort	KV	PKV	UKUPNO:		blok	mort	KV	PKV	UKUPNO:
			kom	l	sati	sati	sati		kom	l	sati	sati	sati
38	25 × 38 × 23,8	m ²	16	47	0,59	0,13	0,72	m ³	42,1	123,7	1,56	0,34	1,90
30	25 × 30 × 23,8	m ²	16	38	0,67	0,13	0,80	m ³	53,3	126,7	2,22	0,43	2,65
25	37,5 × 25 × 23,8	m ²	10,7	27	0,51	0,10	0,61	m ³	42,8	108,0	2,05	0,40	2,45
20	37,5 × 20 × 23,8	m ²	10,7	23	0,48	0,11	0,59	m ³	53,5	115,0	2,14	0,41	2,55
20	50 × 20 × 23,8	m ²	8	18	0,34	0,14	0,48	m ³	40,0	90,0	2,36	0,44	2,80

Zidanje nosivih zidova u tankoslojnom mortu.

Debljina zidova (cm)	Dimenzije zidnog elementa (dužina × širina × visina)	j.mj.	MATERIJAL		RAD			j.mj.	MATERIJAL		RAD		
			blok	mort	KV	PKV	UKUPNO:		blok	mort	KV	PKV	UKUPNO:
			kom	l	sati	sati	sati		kom	l	sati	sati	sati
38	25 × 38 × 24,9	m ²	16	4	0,41	0,14	0,55	m ³	42,1	10,5	1,07	0,37	1,44
30	25 × 30 × 24,9	m ²	16	3	0,35	0,11	0,47	m ³	53,3	10,0	1,17	0,38	1,55
25	37,5 × 25 × 24,9	m ²	10,5	2,5	0,28	0,10	0,38	m ³	42,0	10,0	1,12	0,38	1,50
20	50 × 20 × 24,9	m ²	8	2	0,31	0,08	0,39	m ³	40,0	10,0	2,14	0,41	2,55
17	50 × 17,5 × 24,9	m ²	8	2	0,31	0,07	0,38	m ³	47,1	11,8	2,36	0,44	2,80

Zidanje nosivih zidova s Dryfix.Extra ljepilom.

Debljina zidova (cm)	Dimenzije zidnog elementa (dužina × širina × visina)	j.mj.	MATERIJAL		RAD			j.mj.	MATERIJAL		RAD		
			blok	Dryfix	KV	PKV	UKUPNO:		blok	Dryfix	KV	PKV	UKUPNO:
			kom	ml	sati	sati	sati		kom	ml	sati	sati	sati
38	25 × 38 × 24,9	m ²	16	0,2	0,41	0,14	0,55	m ³	42,1	0,5	1,07	0,37	1,44
30	25 × 30 × 24,9	m ²	16	0,2	0,35	0,11	0,47	m ³	53,3	0,7	1,17	0,38	1,55
25	37,5 × 25 × 24,9	m ²	10,5	0,2	0,28	0,10	0,38	m ³	42,0	0,8	1,12	0,38	1,50
20	50 × 20 × 24,9	m ²	8	0,2	0,23	0,06	0,29	m ³	40,0	1,0	2,14	0,41	2,55
17	50 × 17,5 × 24,9	m ²	8	0,2	0,23	0,05	0,28	m ³	47,1	1,2	2,36	0,44	2,80

Zidanje nosivih zidova u produžnom mortu.

Debljina zidova (cm)	Dimenzije zidnog elementa (dužina × širina × visina)	j.mj.	MATERIJAL		RAD			j.mj.	MATERIJAL		RAD		
			blok	mort	KV	PKV	UKUPNO:		blok	mort	KV	PKV	UKUPNO:
			kom	l	sati	sati	sati		kom	l	sati	sati	sati
29	25 × 29 × 23,8	m ²	16	28	0,62	0,12	0,74	m ³	55,2	96,6	2,14	0,41	2,55
25	25 × 29 × 23,8	m ²	13,8	23	0,59	0,11	0,70	m ³	55,2	92,0	2,36	0,44	2,80
29	19 × 29 × 23,8	m ²	21,1	32	0,78	0,15	0,93	m ³	72,8	110,3	2,69	0,51	3,20

Zidanje nosivih zidova u produžnom mortu.

Debljina zidova (cm)	Dimenzije zidnog elementa (dužina × širina × visina)	j.mj.	MATERIJAL		RAD			j.mj.	MATERIJAL		RAD		
			blok	mort	KV	PKV	UKUPNO:		blok	mort	KV	PKV	UKUPNO:
			kom	l	sati	sati	sati		kom	l	sati	sati	sati
29	29×19×19	m ²	25	38	1,03	0,34	1,37	m ³	86,2	131,0	3,55	1,17	4,72
25	25×19×19	m ²	25	37	0,88	0,30	1,18	m ³	100,0	148,0	3,52	1,20	4,72

Zidanje pregradnih zidova u produžnom mortu.							
Debljina zidova (cm)	Dimenzije zidnog elementa (dužina × širina × visina)	j.mj.	MATERIJAL		RAD		
			blok	mort	KV	PKV	UKUPNO:
			kom	l	sati	sati	sati
11,5	50 × 11,5 × 23,8	m ²	8	6	0,33	0,07	0,40
10	50 × 10 × 23,8	m ²	8	5,5	0,33	0,07	0,40
8	50 × 8 × 23,8	m ²	8	4,5	0,33	0,07	0,40

Zidanje pregradnih zidova u tankoslojnom mortu.							
Debljina zidova (cm)	Dimenzije zidnog elementa (dužina × širina × visina)	j.mj.	MATERIJAL		RAD		
			blok	mort	KV	PKV	UKUPNO:
			kom	l	sati	sati	sati
11,5	50 × 11,5 × 24,9	m ²	8	1	0,31	0,07	0,38
10	50 × 10 × 24,9	m ²	8	0,9	0,31	0,07	0,38

Zidanje pregradnih zidova s Dryfix.Extra ljepilom.							
Debljina zidova (cm)	Dimenzije zidnog elementa (dužina × širina × visina)	j.mj.	MATERIJAL		RAD		
			blok	PU	KV	PKV	UKUPNO:
			kom	ml	sati	sati	sati
11,5	50 × 11,5 × 24,9	m ²	8	75	0,23	0,05	0,28
10	50 × 10 × 24,9	m ²	8	75	0,23	0,05	0,28

Zidanje pregradnih zidova u produžnom mortu.							
Debljina zidova (cm)	Dimenzije zidnog elementa (dužina × širina × visina)	j.mj.	MATERIJAL		RAD		
			blok	PU	KV	PKV	UKUPNO:
			kom	ml	sati	sati	sati
19	19 × 29 × 23,8	m ²	13,8	18	0,47	0,20	0,67
19	25×19×19	m ²	20	28	0,67	0,23	0,90
19	29×19×19	m ²	16,7	25	0,68	0,23	0,91

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE ZIDAR**



**IZOLACIJA
ZGRADE**

3 IZOLACIJA ZGRADE

3.1 IZOLACIJSKI MATERIJALI

3.1.1 Materijali za hidroizolaciju zgrade (HI)

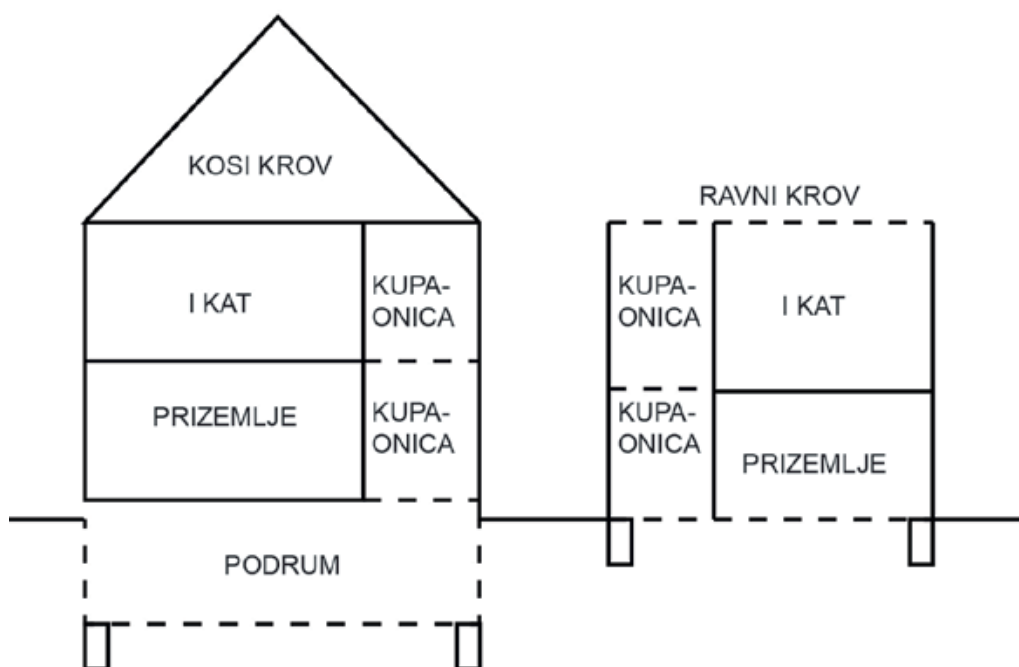
Hidroizolacija se koristi za zaštitu građevine od vlage (oborinske, sanitarne ili iz zemlje). Grafička oznaka je prikazana na *Slici 3-1*.



Slika 3-1 Grafička oznaka hidroizolacije [73]

Dijelovi zgrade koji su izloženi vlazi su: podrumski zidovi i podovi, prizemni podovi (ukoliko građevina nema podrum), gornje plohe temelja u dodiru sa zidovima, soklovi (podnožja - dio fasadnog zida ispod poda prizemlja), fasadni zidovi (fasadna žbuka), ravni i kosi krovovi, te podovi u kupaonicama, perionicama (*Slika 3-2*).

MJESTA POSTAVE HIDROIZOLACIJE



Slika 3-2 Mjesta postave hidroizolacije [56]

Upijena vlaga se na niskim temperaturama smrzava. Led ima veći volumen od vode, te se širi i time dolazi do razaranja materijala. U podovima trunu drveni dijelovi koji razvijaju bakterije i plijesni, na vlažnim zidovima se razvijaju gljivice plijesni, a preveliki postotak vlage u prostoru nezdrav je za dišne organe. Sve to dovodi do štetnosti vlage za samu građevinu.

Suvremeni materijali za hidroizolaciju su sljedeći:

A) VARENE BITUMENSKE LJEPENKE (Slika 3-3 - 3-6)

Bitumen je crna, kruta, vodonepropusna smola. Grijanjem na 140°–180° postaje tekuć.

Zagrijavanjem se rastali i smekša, a hlađenjem postaje krhak. Nije najbolji za ravne krovove.

Ove ljepenke građene su od bitumena koji u sredini debljine ima uložak od aluminijske folije (koristi se kao tzv. parna brana), tkaninu ili voal od staklenih niti, poliesterski filc. S jedne ili obje strane mogu biti posipane pijeskom za upotrebu kod ravnih krovova kao zaštita od smekšavanja na suncu. Na podlogu se postavljaju tzv. toplinskim zavaranjem plamenom iz plamenika uslijed čega se bitumen smekša i pritiskom lijepi za podlogu.

Oznaka im se sastoji od slova i brojeke gdje broj predstavlja količinu bitumena po m² površine a slova vrstu uložka. Primjerice, A1 - 3 je traka s uloškom od aluminijske folije s najmanjom količinom bitumena 2 kg/m², V4 je traka s uloškom od staklenog voala s minimalnom količinom bitumena 3,2 kg/m² - što je veći broj u oznaci to je deblji sloj bitumena.

HLADNI PREMAZI BITUMENA I KATRANA - EMULZIJE (Slika 3-7) su guste otopine bitumena ili katrana u jakim otapalima. Sadrže do 80 % bitumena/katrana, a otapalo iz njih ishlapi u roku od 12–13 sati.

Nanose se na podlogu premazivanjem četkama ili valjcima, a pri radu ih zbog lake hlapljivosti treba držati zatvorenima. Nipošto se ne mogu upotrijebiti kao jedini materijal za HI nego samo kao sredstvo za pripremu koje neutralizira prašinu podloge i omogućuje lakše sljepljivanje varenih bitumenskih ljepenki za podlogu.



Slika 3-3 Bitumen u grudama [77]



Slika 3-4 Rastaljeni bitumen [78]



Slika 3-5 Bitumenska ljepenka [79]



Slika 3-6 Varenje bitumenske ljepenke [80]



Slika 3-7 Hladni premaz bitumen [81]

B) HIDROIZOLACIJSKE PASTE (Slika 3-8) nanose se na “hladni” način ličilačkom lopaticom kao zaštita mokrih čvorova (zahodi, kupaonice) i manjih balkona i lođa.

ČEPASTA FOLIJA (Slika 3-9) nema ulogu hidroizolacije već se koristi za zaštitu okomite hidroizolacije od mehaničkog oštećivanja. Izrađuje se od specijalnog polietilena visoke gustoće, pogodnog za recikliranje, a može biti crne ili smeđe boje.



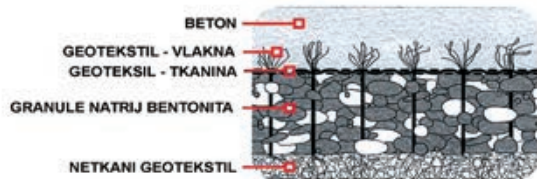
Slika 3-8 Hidroizolacijska pasta [82]



Slika 3-9 Čepasta folija [83]

C) BENTONITNE IZOLACIJSKE TRAKE (Slika 3-10 i Slika 3-11), je hidroizolacija na bazi visokobubreće gline - Volclay bentonita. Sastoji se od 2 polipropilenska geotekstila i bentonita po m². Geotekstili su međusobno prošiveni tako da “zarobe” granule bentonita i odlično ih štite od mehaničkih oštećenja. U kontaktu s vodom stvara nepropusni gel što omogućuje potpunu nepropusnost za vodu, paru i plin. Prednost pred bitumenskim ljepenkama jest jednostavno razastiranje na vodoravne površine i može ići izravno na zemlju. Na zidove se postavlja svijetlom stranom prema postojećoj površini i preklapajući rubove rola za 10 cm. Za pričvršćivanje se koriste posebne pričvrsnice na svakih 30 cm.

Koristi se kao HI podzemnih betonskih konstrukcija od stalne ili povremene vode. Podložni i zaštitni beton nisu potrebni kao ni zaštita-a na zidovima. Postavlja se bez obzira na temperaturu (+/-) ili atmosferilije.



Slika 3-10 Građa bentonitne HI [84]



Slika 3-11 Bentonitna HI [85]

D) IZOLACIJSKE TRAKE OD SINTETSKE GUME (Slika 3-12), su jednoslojne HI trake na bazi sintetske gume za HI ravnih krovova dizajnirane za trajnu zaštitu od svih postojećih vremenskih utjecaja i temperatura (od -45° do +100 °C).

Na ravne se krovove postavljaju mehaničkim pričvršćivanjem ili punoplošnim lijepljenjem a spajaju se zavarivanjem toplim zrakom. Ne zagrijavaju se na suncu zbog bijele reflektivne boje. Armirane su čvrstom mrežicom što im daje otpornost na silu podtlaka i vjetar.



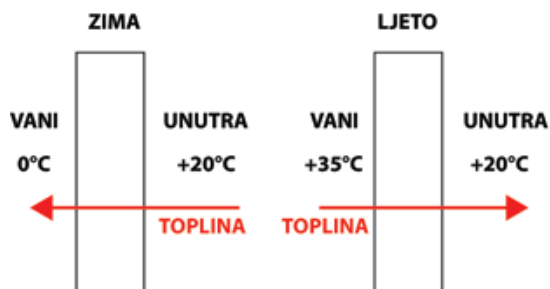
Slika 3-12 HI od sintetske gume [86]

Kod sanacija ravnih krovova najčešće nije potrebno skidati postojeće slojeve (ukoliko je toplinska izolacija zadovoljavajuća) što ubrzava i pojeftinjuje rad. Lagane su ($1,02 \text{ kg/m}^2$). Troškovi održavanja krova su minimalni, a u slučaju mehaničkog oštećenja jednostavno se zavaruje i mnogo godina nakon ugradnje.

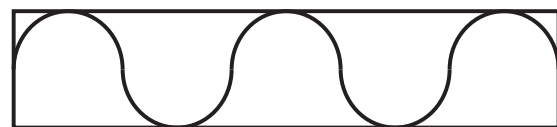
E) KRUTI MATERIJALI ZA HIDROIZOLACIJU

VODONEPROPUSNI BETON I MORT/ ŽBUKA odnose se na cementne mortove i betone s dodacima (aditivima) za vodonepropusnost. Djeluju tako da aditivi ispunjavaju sitne pore i kapilare u betonu i cementnom mortu. Koriste se uglavnom na mjestima gdje iz konstruktivnih ili drugih razloga ne možemo upotrijebiti bitumenske HI materijale. Toj skupini pripadaju i završni slojevi fasadne žbuke koji su slični HI mortu, ali raznih boja i s posebnim agregatima zbog estetskog izgleda.

3.1.2 Materijali za toplinsku izolaciju zgrade (TI)



Slika 3-13 Prolaz topline kroz zid [72]



Slika 3-14 Grafička oznaka TI [72]

Kako bi zadovoljili današnje propise i gradili u skladu sa suvremenim smjernicama energetske učinkovitosti, sve vanjske konstrukcije treba toplinski zaštititi. Toplinska izolacija smanjuje toplinske gubitke zimi i pregrijavanje prostora ljeti. Toplinski izolirana zgrada je ugodnija, produljuje joj se životni vijek i doprinosi zaštiti okoliša.

materijal	λ (W/mK)
čelik	58
kamen granit	3,5
beton	2
voda	2
zemlja	1,5
staklo	1,1
opeka	0,55 – 0,8
guma	0,16
drvo	0,14 – 0,2
slama	0,09 – 0,13
pluto	0,045 – 0,055
perlit	0,04 – 0,065
mineralna vuna	0,04
stiropor	0,035 – 0,04
stirodur	0,03 – 0,04
poliuretan	0,02 – 0,035
zrak	0,025

Tablica 3-1 Toplinska provodljivost λ materijala [56]

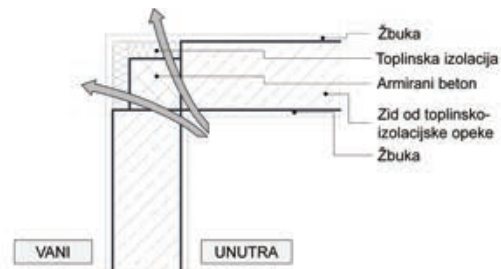
Toplinska provodljivost λ (lambda) je svojstvo građevnih materijala da provode toplinu zbog razlike u temperaturi prostora između kojih se nalaze, *Tablica 3-1*. To je količina topline koja u jedinici vremena prođe kroz sloj materijala površine presjeka 1 m^2 i debljine 1 m , okomito na njegovu površinu pri razlici temperature 1 K . Jedinica za toplinsku provodljivost je W/mK . Materijali s malom vrijednošću λ zovu se toplinski izolatori, a oni s velikom vrijednošću - toplinski vodiči. Vrijednost toplinske provodljivosti λ vrlo je promjenjiva - čak i kod istog materijala ovisi o poroznosti, kemijskom sastavu, sadržaju vlage u materijalu i njegovoj temperaturi. U graditeljstvu, dobrim TI smatra se materijal koji ima $\lambda < 0,1$.

Položaj u zgradi (*Slika 3-15*): pravilo je da se toplinska izolacija stavlja svugdje gdje se zimi dodiruju grijani i negrijani prostori!

Toplinski most (*Slika 3-16*) - U graditeljstvu je to manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela. Zbog smanjenog otpora toplinskoj provodljivosti u odnosu na tipični presjek konstrukcije, temperatura unutar nje površine pregrade na toplinskom mostu manja je nego na ostaloj površini, što povećava opasnost od kondenziranja vodene pare. Konstruktivni toplinski mostovi nastaju kod kombinacija različitih vrsta materijala, a geometrijski toplinski mostovi nastaju uslijed promjene oblika konstrukcije, npr. na uglovima zgrade.



Slika 3-15 Položaj toplinske izolacije u zgradi
a) s vanjske strane, **b)** s unutarnje strane [87], [56]



Slika 3-16 Toplinski most [56]

MATERIJALI ZA TOPLISNKU IZOLACIJU



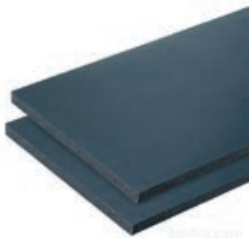
Slika 3-17 Kamena vuna [9]

Kamena vuna je materijal mineralnog porijekla za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju. Negoriv je materijal na požar i paropropusna je. Otporna je na starenje i raspadanje, mikroorganizme i insekte. Koristi se u svim vanjskim konstrukcijama za toplinsku zaštitu, te u pregradnim zidovima za zvučnu zaštitu. Ne preporučuje se za izolaciju podrumskih zidova pod zemljom jer upija vlagu.



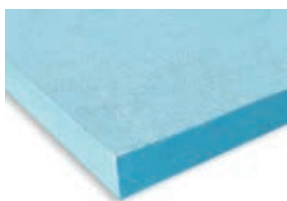
Slika 3-18 Ekspandirani polistiren – stiropor [9]

Ekspandirani polistiren-stiropor (EPS) najviše se koristi kao TI u svim vanjskim konstrukcijama, te kao plivajući pod u podnim međukatnim konstrukcijama. Ima dosta slabija protupožarna svojstva od kamene vune (nije otporan na temperature više od 80 °C). Ne upija vlagu. Često se koristi za toplinsku zaštitu podrumskih zidova.



Slika 3-19 Grafitni stiropor [88]

Grafitni stiropor ima toplinsku provodljivost $\lambda=0,032$ W/mK. To je sivi stiropor koji sadži grafit. Male je težine, teško zapaljiv/ne podržava gorenje. Koristi se za TI fasadnih sustava kod niskoenergetskih i pasivnih kuća.



Slika 3-20 Ekstrudirani polistiren – stirodur [89]

Ekstrudirani polistiren (XPS) je sličan stiroporu ali raznih je boja, dobre TI, neosjetljivosti na vlagu i visoke je tlačne čvrstoće. Koristi se tamo gdje je pored toplinske izolacije potrebno osigurati i veliku nosivost. Osim uobičajene primjene koristi se za: toplinsku izolaciju podrumskih zidova i podrumskih podova, kao jedinstveno trajno TI rješenje obrnutih ravnih krovova i obrnutih ravnih zelenih krovova, kao TI podnožja, špaleta, rubova ploča, balkona.



Slika 3-21 Poliuretanska pjena - meka [9]

Poliuretanska pjena (*Slika 3-21 i Slika 3-22*) ima najbolja TI svojstva. Otporna je na vlagu i temperaturne promjene. Može se štrcati na površinu ili u šuplinu. Postoje i tvrde pjene, različite gustoće, koje se dobivaju ekspanzijom poliuretana. Otporne su na temperaturu i samogasive. Kratkoročno izdržavaju temperature i do 250 °C, tako da su ploče iz poliuretanske tvrde pjene pogodne i za obradu bitumenom (kao podloga). Često se kaširaju Al ili i krutim limovima, ivericama i sl. TVRDE PLOČE - zbog velike tlačne čvrstoće može ih se opterećivati. Neosjetljivost na vlagu štiti ploče i konstrukciju zgrade od neugodnih djelovanja vlage i nastanka plijesni, truleži i gljivica. Otporne su na kemikalije, benzin, insekte, glodavce i biološki neutralne. Debljina im je od 2 - 16 cm. Izrađuju se s rubovima za spajanje sustavom utor + pero. Ploče su otporne na starenje i postojanog su oblika - ne deformiraju se.



Slika 3-22 Poliuretanska pjena - tvrda [90]



Slika 3-23 Pluto [91]

Pluto se dobiva od kore hrasta plutnjaka. Ploče se proizvode mljevenjem kore i ekspanzijom čestica pluta te rezanjem blokova ekspanziranog pluta u ploče raznih duljina. Masa im je od 100 -130 kg/m³. Drugi način proizvodnje ploča je prešanje plutenih čestica povezanih bitumenom ili drugim ljepilom. Osim u pločama, pluto se isporučuje i u česticama ili ekspanziranim granulama u rastresitom stanju ili zalijepljenim na neku traku. Zbog lijepog izgleda mogu se upotrebljavati i za oblaganje zidova, pa čak i podova kao TI, ZI i kao obloga.



Slika 3-24 Celuloza [92]

Celuloza je visokokvalitetna toplinska i zvučna izolacija od celuloznih vlakana. Izrađuje se od sitno mljevenog novinskog papira, kojem se dodaje borova sol. Ona sprječava nastanak plijesni i odbija štetocine, a u dodiru s vatrom sprječava proces gorenja. Primjerena je za novogradnju kao i sanacije postojećih objekata. Ugrađuje se/upuhuje uz pomoć posebnog stroja u zidove, podove, a koristi i kao izolacija stropa.



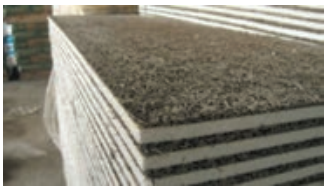
Slika 3-25 Perlit [93]

Perlit je vulkanski kamen, koji se mehanički usitnjava i kratko zagrijava na 1000 °C. Pri tome se napuhava 15 - 20 puta. Nastaje bijeli granulat zrna i do 6 mm. Koristi se uglavnom kao ispuna za toplinske žbuke, rijetko u obliku ploča. Nije zapaljiv, ali je osjetljiv na vlagu. Perlit izolacijske ploče se sastoje od perlita u kombinaciji s organskim i/ili neorganskim vlaknima i vezivima.



Slika 3-26 Ovčja vuna [94]

Ovčja vuna je toplinska izolacija čija su svojstva slična mineralnoj vuni. Prikupljena prirodna vuna miješa se s poliesterom koji pomaže da zadrži svoj oblik. U vlažnom zraku upija vlagu i otpušta ju kad je zrak presuh. Isto taku upija toplinu od vlage iz zraka. Obradena je s neopasnim vatrootpornim sredstvom kako bi poboljšala svoju vatrootpornost, smanjila zapaljivost i površinu širenja plamena.



Slika 3-27 Drvolit [90]

Drvolit ploče se proizvode tako da se drvena vuna veže s cementom. Lagane su i šupljikave. Danas se često upotrebljavaju u kombinaciji sa stiroporom tzv. kombi ploče.



Slika 3-28 Balirana slama [95]

Slama je obnovljivi materijal i predstavlja izrazito zdravu alternativu modernim građevinskim materijalima. Slama ima dobru toplinsku i akustičnu izolaciju, a njezini građevni proizvodi otporni su na požar, imaju relativno dobru čvrstoću, otporni su prema nametnicima. Slama je vrlo jednostavna za oblikovanje te dostupna po niskoj cijeni kao sirovina. Danas su razvijeni građevni elementi od prešane slame, najčešće kao ploče različitih dimenzija, te paneli.

3.1.3 Materijali za zvučnu izolaciju zgrade (ZI)

Buka je svaki za čovjeka nepoželjan i neugodan zvuk, skup složenih i neusklađenih zvukova koji izazivaju kod čovjeka neugodu i štetni su za bubnjić ljudskog uha, a time i opasni za osjetilo sluha. Štetna po zdravlje je buka jačine iznad 65 dB, npr. prolazak automobila (70 dB). Intenzivnijom bukom smanjuje se radni učinak, onemogućava odmor i san, povećava dekoncentracija i živčana napetost. Stupanj oštećenja zdravlja ovisi o vremenu djelovanja i razini buke. Grafička oznaka za zvučnu izolaciju prikazana je na Slici 3-29.



Slika 3-29 Grafička oznaka zvučne izolacije zgrade [72]

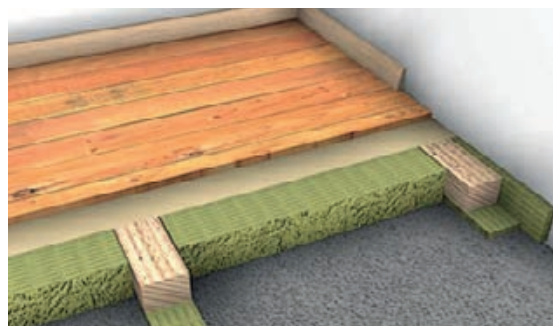
3.1.3.1 Vrste buke

Razlikujemo dvije vrste buke:

- a) UDARNA BUKA (TOPOT/VIBRACIJE) koja nastaje uslijed udaraca, bušenja, skakanja, hodanja, a prenosi se konstrukcijom preko tzv. krutih veza (od betona i morta).
- b) PROSTORNA BUKA se prenosi zrakom putem zračnih valova.

3.1.3.2 Izolacija od udarne buke

Izvodi se prekidanjem “krute” veze između izvora buke tj. dijela konstrukcije po kojem se udara i ostalih dijelova konstrukcije tj. izvođenjem dilatacije na odgovarajućim mjestima umetanjem sloja za prigušenje vibracija, tako da se kruta veza prekine ubacivanjem mekog, elastičnog materijala. Uglavnom se provodi preko tzv. plivajućeg poda (Slika 3-30). Plivajući pod se izvodi ubacivanjem elastičnog i “mekog” materijala po cijeloj površini ispod podne podloge (glazure) i na njezinom spoju sa strane uz zid zbog čega možemo reći da podna podloga i obloga “plivaju” u elastičnoj sloju. Taj sloj je u tom slučaju izolacija od topota (ZI), ali i toplinski izolator (TI) jer za obje vrste izolacije koristimo iste materijale – meke i elastične.



Slika 3-30 Plivajući pod [10]

Slike 3-31 i 3-39 daju primjere materijala koji se koriste za zvučnu izolaciju zgrade. Iako elastične i iste vrste, za podove se koriste “tvrđe” ploče tj. one koje se uslijed opterećenja neće stisnuti više od 1cm (mineralna ili staklena vuna gustoće 100 kg/m³). Ukoliko je debljina sloja veća od 3 cm treba se položiti u 2 ili više slojeva.



Slika 3-31 Stiropor [9]



Slika 3-32 Stirodur ploče [90]



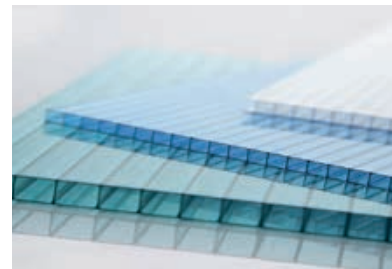
Slika 3-33 Tvrda polietilenska pjena [96]



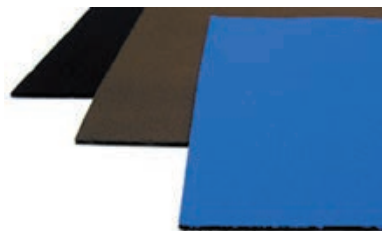
Slika 3-34 Pluto u pločama, "rol", mrvljeno, ljepljeno [91]



Slika 3-35 Tvrđi poliuretani [97]



Slika 3-36 Ploče od krutih pjenoplasta [96]



Slika 3-37 Neoprenski elastomer [98]



Slika 3-38 Staklena vuna [9]



Slika 3-39 Trodimenzionalna tkanina [99]

3.1.3.3 Izolacija od prostorne buke

Najčešća korištena metoda za izražavanje zvučne izolacije od prostorne buke materijala je **index ISO (R_w)** a brojčano se izražava u decibelima (dB) koji ne pokazuje koliko taj materijal buke propušta, nego za koliko dB on nivo buke smanjuje.

Od prostorne buke štitimo se **gustim, masivnim materijalima (kamen, beton)**. Primjer je Porothermova opeka (*Slika 3-40*) za zvučnu izolaciju čije se šupljine nakon ugradnje ispunjuju mortom čime se dobiva smanjenje buke za 54 dB.



Slika 3-40 Zvučno izolacijski blok [48]

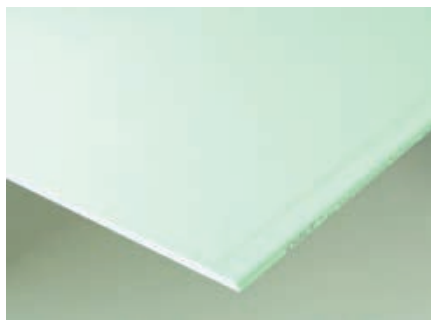
Glatke i tvrde površine reflektiraju (odbijaju) zvuk, ali za zvučnu izolaciju možemo koristiti i specijalne reljefne ploče koje sprječavaju jeku i apsorbiraju (upijaju) zvuk (*Slika 3-41-Slika 3-44*).



Slika 3-41 Reljefne ploče od pur pjene [100]



Slika 3-42 Metalne profilirane ploče [101]



Slika 3-43 Ploče od gipsa i gips – kartona [102]



Slika 3-44 Heraklit/drvolit [103]



Slika 3-45 ZI geometrijom prostora

ZVUČNE PREGRADE: U mnogim slučajevima se zvučna izolacija izvodi preko prepreka koje odbijaju zvuk ili kroz zavjesu. Svaka prepreka smanjuje zvučnu energiju koja kroz nju prolazi.



ZVUČNA IZOLACIJA PROZORIMA I VRATIMA:

Vrata zvučno izoliraju utoliko bolje što su teža i punija. Kod prozora, što je staklo deblje bolji je zvučni izolator. Dvoslojno izo-staklo nije dobar zvučni izolator nego se za nju koriste 2 stakla različitih debljina s minimalnim međurazmakom od 20 mm ispunjenim teškim plinovima, čime se gube toplinska izolacijska svojstva. Za zvučnu izolaciju prozora koristi se i laminirano staklo (2 ili više stakala spojenih tankim folijama). Poseban su problem rolete i njihova prazna kutija noću kada su rolete spuštene, jer loše izolirana kutija smanjuje zvučnu izolaciju za 4-5 dB.

PITANJA:

1. Čemu služi hidroizolacija?
2. Gdje se postavlja hidroizolacija (HI) na zgradi?
3. Opišite građu, oznake, postavu i primjenu varene bitumenske ljepenke.
4. Objasnite kojim materijalima i zašto se zaštićuje vertikalna HI s vanjske strane.
5. Koja je svrha i ispravan položaj TI na zgradi?
6. Što je to λ i koje su vrijednosti λ ako je materijal dobar toplinski izolator?
7. Što je to toplinski most?
8. Navedi primjere TI materijala.
9. Navedite vrste buke i način širenja prostorom.
10. Kako i kojim materijalima se štitimo od udarne buke?
11. Objasnite plivajući pod.
12. Kako i kojim materijalima se štitimo od prostorne buke?

3.2 IZOLACIJA TEMELJA I PODOVA

3.2.1 Izolacija temelja

Kod projektiranja građevina bez toplinskih mostova, što zahtijeva standard pasivne i niskoenergetske kuće, treba poštivati osnovno načelo da TI sloj bude projektiran tako da bez prekida ovije cijelu kuću. Dobro izoliranu ovojnicu zgrade čine vanjski zidovi s otvorima, podovi na tlu, stropovi prema negrijanim podrumima i tavanima, te ravni ili kosi krovovi. Načelo ugradnje ovih horizontalnih/kosih izolacija jest postavljanje (po mogućnosti) uvijek izvana, na hladnijoj strani. Razlog je kvalitetnija izolacija toplih mostova na ovojnici i sprječavanje stvaranja kondenzata u konstrukciji.



Slika 3-47 Detalj TI i HI temelja (presjek)[105]



Slika 3-46 HI i TI trakastih temelja [104]



Slika 3-48 TI temeljne ploče [104]

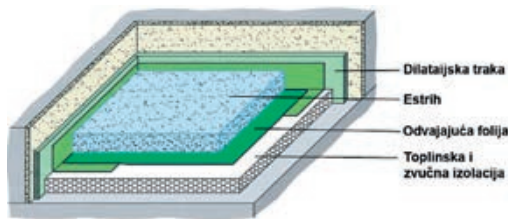
Kako bismo građevinu uspješno zaštitili od hladnoće, TI treba postaviti na sve kontakte objekta s hladnom zemljom - dakle u području temelja objekta.

TRAKASTI/POJASNI temelji su najčešći oblik temelja. Za njih se preporučuje TI minimalno 15 - 20 cm. Dubina TI trebala bi biti min 50 cm ispod visine TI u donjoj etaži zgrade. Pogodan materijal je samo XPS – ekstrudirani polistiren. Treba uvijek osigurati laku i brzu odvodnju kišnice drenažom oko temelja.

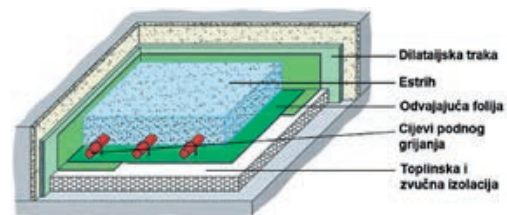
Spoj trakastog temelja i vanjskog zida kod masivne je gradnje toplinski most, ali taj nedostatak može se riješiti gradnjom prvog sloja fasadnog zida specifičnim blokovima pojačane toplinske izolacije čime se postiže tzv. toplinska peta.

3.2.2 Toplinska izolacija podova

Današnja tendencija je takva da se svi podovi zgrade izvode kao plivajući.



Slika 3-49 Detalj plivajućeg poda [1]



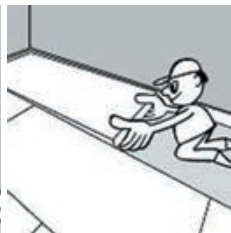
Slika 3-50 Detalj plivajućeg poda s podnim grijanjem [1]



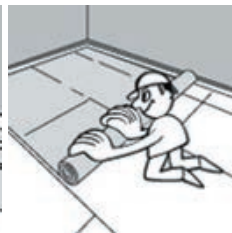
Slika 3-51 Priprema podloge [106]



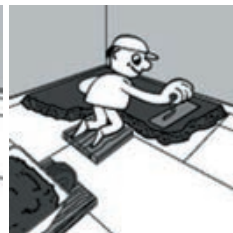
Slika 3-52 Postava rubne izolacije [106]



Slika 3-53 Postava ploče izolacije [106]



Slika 3-54 Postava razdjelne folije [106]



Slika 3-55 Izvedba estriha [106]

1. Priprema podloge - treba temeljito očistiti površinu AB ploče (ukloniti isturene dijelove betona ili čelika i ostatke morta). Po potrebi se može nanijeti i sloj sitnog pijeska ili specijalni izravnavajući sloj. U slučaju da je moguće močenje ploča s donje strane, treba postaviti HI.

2. Postavljanje rubne izolacije - Uz zidove položiti rubne izolacijske trake širine 1 cm.

3. Polaganje ploča za izolaciju - Počevši od jednog ugla, ploče za zvučnu (i toplinsku) izolaciju treba redom polagati gusto - jednu uz drugu, kako bi se spriječilo nastajanje tzv. „zvučnih mostova“. Ploče treba polagati izmicanjem spojeva (otpočeti naizmjenično s cijelim odnosno prepolovljenim pločama). Ukoliko je debljina sloja veća od 3 cm treba se položiti u 2 ili više slojeva. Instalacijske okomite cijevi treba omotati trakama od TI materijala kako bi se izbjegli zvučni mostovi

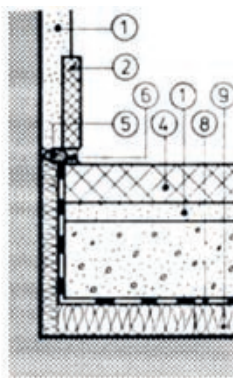
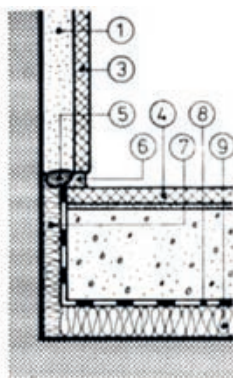
4. Postavljanje razdjelne folije - Postavljene izolacijske ploče treba zaštititi razdjelnom folijom (polietilenska folija minimalne debljine 0,2 mm) zbog zaštite izolacije od vlage iz estriha. Trake se moraju međusobno preklapati po širini najmanje 10 cm, a na svim spojevima zidova i ploče moraju biti izvučene do gornjeg ruba rubne izolacije.

5. Nanošenje estriha - Estrih treba nanijeti prema pravilima struke, armirati prema statičkom proračunu, a plohe veće od 30 m² dilatirati (razdijeliti) na manje plohe sa stranicama omjera maksimalno 2:1. Za estrih iznad podnog grijanja treba predvidjeti dilatacije u području pragova

6. Njega estriha - Neposredno nakon ugradnje, obrađenu površinu treba zaštititi od brzog sušenja, propuha, izravnog izlaganja suncu i mrazu. Nekoliko sati nakon ugradnje površina se njeguje (lagano vlaženje, prekrivanje folijom ili premazivanje sredstvima za zaštitu svježeg betona).

7. Oblaganje - Završne podne obloge dozvoljeno je polagati na osušeni estrih nakon najmanje 28 dana. Prije polaganja podnih obloga treba pregledati zaostalu građevinsku vlagu.

Plivajući pod - podna obloga keramičke pločice, kamen...



- 1 - žbuka - cem. mort
- 2 - rubni element (sokl)
- 3 - zidne pločice
- 4 - podne pločice
- 5 - traka od pjenastog materijala
- 6 - elastična brtvena masa
- 7 - rubna traka
- 8 - bitumenska ljepjenka ili PE folija
- 9 - mekoelastični sloj

Slika 3-56 Detalji plivajućeg poda [72]

PODOVI ZGRADE KOJE TREBA TOPLINSKI ZAŠTITITI:

- podne konstrukcije prema zemlji
- podne konstrukcije prema negrijanom tavanu
- podne konstrukcije prema negrijanom podrumu
- podne konstrukcije iznad otvorenih prolaza



Slika 3-57 TI podrumskog stropa [107]

TOPLINSKA IZOLACIJA PODA U DODIRU SA ZEMLJOM:

Toplinski gubici poda prema tlu iznose do 10 % ukupnih toplinskih gubitaka. Kod novogradnji se pod na terenu treba toplinski izolirati što većom debljinom TI dok je kod postojećih zgrada takva mjera uglavnom ekonomski neisplativa, zbog većih građevinskih zahvata koji je prate.

Iako su gubici kroz pod na tlu relativno mali u usporedbi s gubicima drugih dijelova konstrukcije, temperatura podne plohe slična temperaturi unutrašnjeg prostora puno je ugodnija za boravak. Zato pod na tlu treba izolirati s najmanje 10 cm TI.

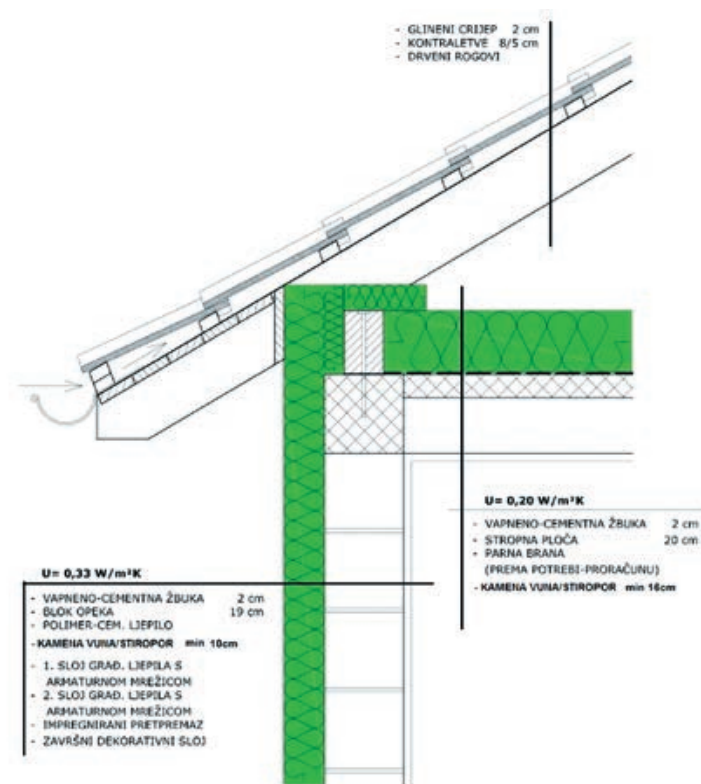
TI PODA IZNAD PODRUMA:

Pod iznad negrijanog podruma izvodi se isto kao i svaki plivajući pod samo što obavezno sadrži sloj TI u debljini min 10 cm.

U slučaju primjene podnog grijanja debljina TI ispod sloja u kojem se nalaze cijevi grijanja mora biti veća od 8 cm.

Ukoliko u podu postojeće građevine nema sloja TI iznad negrijanog podruma, stropovi podruma izoliraju se pričvršćivanjem ploča TI s donje strane stropa lijepljenjem i mehaničkim učvršćenjem u stropnu ploču podruma u debljini min 10cm.

TI PODA U DODIRU S NEGRIJANIM TAVANOM:



Slika 3-58 Detalj poda tavana [105]

Ako prostor ispod kosog krova nije grijan tj. nije namijenjen za stanovanje, TI treba postaviti na strop zadnje etaže prema negrijanom tavanu. Time gubici toplinske energije kroz krov postaju minimalni. Za optimalnu TI treba koristiti izolaciju debljine najmanje 12 cm, ali često do 20 ili čak 30 cm (niskoenergetske i pasivne zgrade). Preporučuje se postavljanje izvana, na hladnijoj strani zbog bolje izolacije toplinskih mostova na ovojnici i sprječavanja stvaranja kondenzata u konstrukciji. **Ispod izolacije mora obvezno ići parna brana.** Sve stropne konstrukcije treba



Slika 3-59 Plivajući pod tavana [108]

dobro zaštititi od oborina ili drugih voda. TI se izvodi samo polaganjem izolacijskih ploča na stropove. Ukoliko se radi o prohodnim tavanima, zaštićuju se s gornje strane krutim oblogama (npr. drvene OSB ploče). Ako su tavani neprohodni i izolacija se izvodi mekanim i polutvrđim pločama, preporučuje se izvoditi hodne staze do instalacija, kako ne bi došlo do oštećenja ploča. U tom slučaju ukupna debljina izolacije neće biti u potpunosti iskorištena zbog negativnog utjecaja strujanja zraka uz gornju površinu izolacije. Zato je bolje primijeniti tvrde ploče TI koje omogućuju nesmetan povremeni prolazak preko njih. Izolacijske ploče možemo postavljati u jednom ili više slojeva. Postoje i sofisticirani materijali kao nano premazi, višeslojne folije, vakum ploče, staklena pjena i slično, što zbog cijene zasad na našem tržištu nije šire zastupljeno.

Materijali koji se koriste za TI poda ispod negrijanog tavana su:

- polistirenske ploče (EPS, XPS),
- staklene i kamene vune u rolama ili pločama,
- višeslojne drvolit/ EPS kombi ploče,
- poliuretanska tvrda pjena,
- razne vrste špricanih pjena ili granulacijskih nasipa,
- porobetonske ploče.

PITANJA:

1. Čime i u kojoj debljini i dubini se temelji štite od gubitka topline?
2. Navedite slojeve plivajućeg poda.
3. Opišite izvedbu svih elemenata plivajućeg poda.
4. Koji materijali se koriste za TI poda na zemlji?
5. Gdje i kako se postavljaju ploče TI kod poda iznad podruma, a kako kod poda ispod negrijanog tavana?
6. Koji materijali se koriste za TI poda ispod negrijanog tavana?

3.3 ETICS SUSTAVI

3.3.1 Povezani sustavi za vanjsku toplinsku izolaciju – ETICS

Jedan od najčešćih načina zadovoljavanja uvjeta uštede energije i toplinske zaštite vanjskih zidova je uporaba povezanog sustava za vanjsku toplinsku izolaciju (engl. *External thermal insulation composite system – ETICS*, njem. *Wärmedämmverbundsystem – WDVS*). Prema hrvatskim normama HRN EN 13499 i HRN EN 13500, definicija ETICS-a je sljedeća:

„Na gradilištu izveden sustav koji se sastoji iz tvornički proizvedenih proizvoda. Isporučuje se od proizvođača kao potpuni sustav i sadržava minimalno sljedeće sustavu prilagođene komponente:

- mort za lijepljenje i/ili mehaničko pričvršćenje
- toplinsko-izolacijski materijal
- mort za armaturni sloj
- staklenu mrežicu
- završno-dekorativnu žbuku.

Sve se komponente sustava odabiru ovisno o specifičnosti sustava i podloge.“

Kako bi se osigurala funkcionalnost, važna je savršena usklađenost komponenata sustava, te stručno planiranje i izvedba, što uključuje:

- provjeru i procjenu podloge,
- pripremu podloge,
- izvođenje.

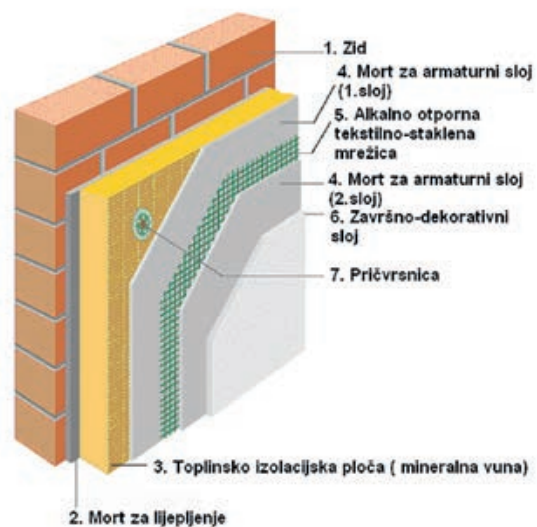
3.3.1.1 Struktura sustava

Strukturu ETICS sustava čine komponente čiji je redoslijed ugradnje prikazan brojčanim oznakama (1-7) na *Slici 3-60*.

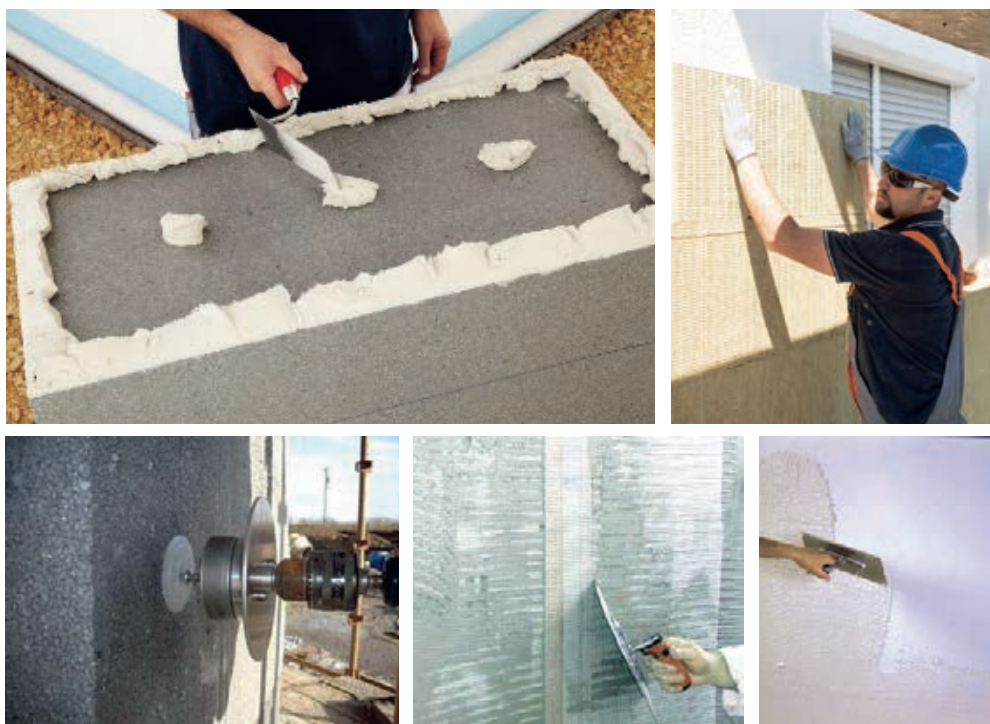
ETICS sustav u pravilu nastaje u tri ili četiri faze izvođenja (*Slika 3-61*):

- lijepljenje toplinsko–izolacijskog materijala,
- dodatno mehaničko učvršćivanje (prema potrebi),
- ugradnja armaturnog sloja,
- ugradnja završno-dekorativne žbuke s predpremazom,

pri čemu ugradnja svake komponente ima važnu ulogu u definiranju konačne kakvoće izvedenog ETICS sustava.



Slika 3-60 Presjek strukture ETICS sustava [9]



Slika 3-61 Osnovne faze izvođenja ETICS sustava [9]

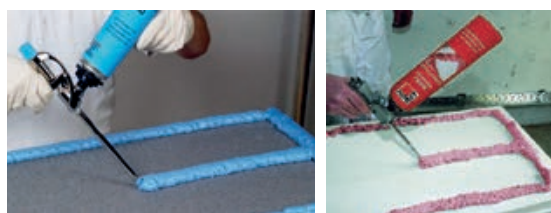
Ljepilo i dodatno učvršćivanje

Lijepljenje se izvodi gotovim, tvornički pripremljenim polimer-cementnim mortom ili pastoznim disperzijskim ljepilom (*Slika 3-62*). Uloga morta za lijepljenje jest osigurati dobru čvrstoću prionjivosti na različitim podlogama i stvoriti čvrstu vezu između podloge i toplinsko-izolacijskog materijala.

U novije vrijeme javljaju se jednokomponentna ljepila za pričvršćivanje toplinsko-izolacijskih ploča EPS-a, XPS-a, MW na bazi poliuretana (PUR *Slika 3-63*). Podloga za nanošenje ovakvih ljepila mora biti čvrsta, suha, čista, glatka, bez masti.



Slika 3-62 Priprema polimer-cementnog ljepila [109]



Slika 3-63 Jednokomponentno PUR ljepilo za lijepljenje EPS-a [9]

Ovisno o opterećenju vjetrom i specifičnostima podloge i završne obrade, ETICS sustavi se mogu dodatno mehanički učvrstiti (*Slika 3-64*). Mehaničko pričvršćivanje pruža i dodatnu stabilnost u slučaju požara.



Slika 3-64 Dodatno mehaničko pričvršćivanje toplinske izolacije [9]

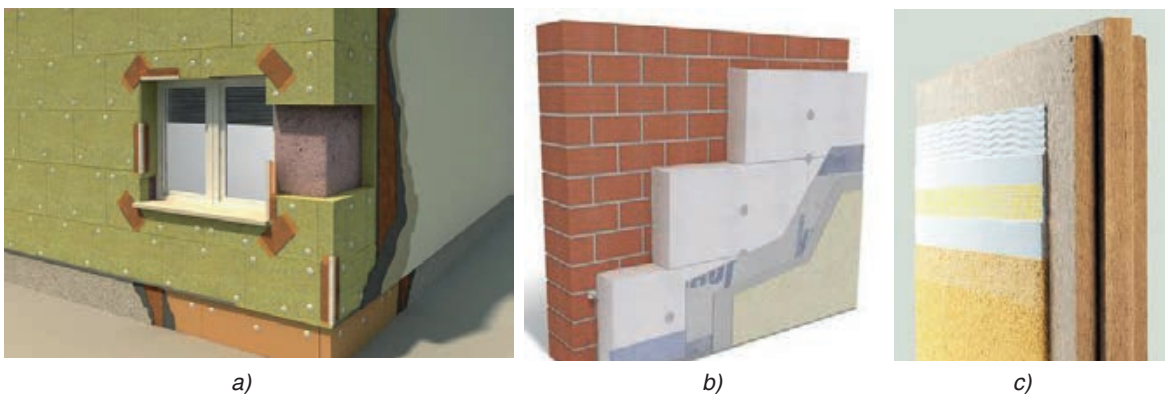
Toplinsko-izolacijski materijali

Uloga toplinsko-izolacijskog materijala je toplinska izolacija zidova od gubitaka topline zimi i sprječavanje prekomjernog zagrijavanja konstrukcije i unutrašnjosti zgrada ljeti. Najčešće korišteni toplinsko-izolacijski materijali za ugradnju u ETICS sustave su:

1. ekspanzirani polistiren (EPS) u skladu sa zahtjevima HRN EN 13163,
2. mineralna vuna (MW) (ploče i/ili lamele) u skladu sa zahtjevima HRN EN 13162.

U području podnožja izloženih prskanju vode i jačim udarnim opterećenjima koristi se ekstrudirani polistiren (XPS) u skladu sa zahtjevima HRN EN 13164.

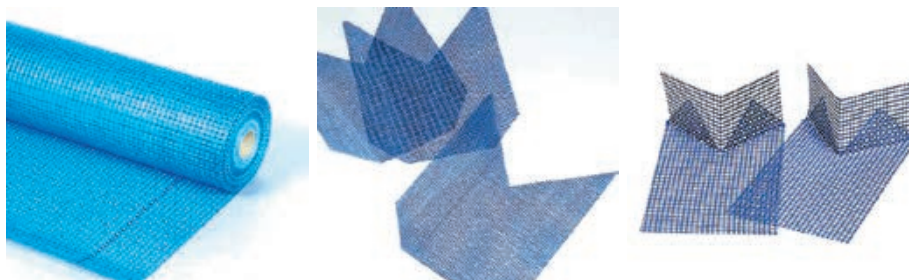
Za primjenu u ETICS sustavu mogu se koristiti i ostali toplinsko-izolacijski materijali kao što su: pluto, poliuretanske ploče (PUR), ploče od laganih drvenih vlakana i konoplja. Njihova primjena nije obuhvaćena važećom tehničkom regulativom.



Slika 3-65 ETICS sustav s: **a)** M, **b)** EPS-om, **c)** pločama od drvenih vlakana [9]

Armaturni sloj

Armaturni sloj ETICS sustava čini alkalno postojana staklena mrežica (*Slika 3-66*), utisnuta u mort za armaturni sloj (*Slika 3-67*), koji je po svom sastavu polimer-cementno ili pastozno disperzijsko ljepilo.



Slika 3-66 Staklena mrežica, dijagonala i kutni komad za armiranje ETICS sustava [110]



Slika 3-67 Nanošenje temeljnog polimer-cementnog sloja na mineralnu vunu (lijevo); utiskivanje staklene mrežice (desno) [9]

Njegova funkcija je sprječavanje pojave pukotina zbog mehaničkih i higio-termičkih naprezanja nastalih uslijed izloženosti ETICS sustava atmosferijama, mehaničkim udarima, površinskim naprezanjima.

Svojstva armaturnog sloja moraju zadovoljavati zahtjeve visoke fleksibilnosti, visoku vodoodbojnost i paropropusnost radi sprječavanja nastanka kondenzata unutar konstrukcije tijekom cijele godine. U postizanju tih zahtjeva armaturni sloj, zajedno s odabirom završno-dekorativnog sloja, ima najvažniju ulogu.

Zahtjevi za kakvoću staklene mrežice koja se može ugraditi u ETICS sustav su otpornost na alkalije (lužine), dobra prionjivost žbuke, bez PVC-a, otpornost na micanje, bez mogućnosti omekšanja.

Tekstilno-staklena mrežica mora imati površinsku masu od najmanje 145 g/m² uz širinu očica od 3-5 mm. Pojedine trake moraju se međusobno preklapati najmanje 10 cm sa svih strana. Tekstilno-staklena mrežica postavlja se oko svih kuteva uz 20 cm preklapanja rubova mreže preko kuteva. Obavezno se treba pridržavati detaljnih nacrti i uputstava proizvođača sustava.

Završno-dekorativni sloj

Završno-dekorativni sloj ETICS sustava čine predpremaz i završno-dekorativna žbuka koja, ovisno o tipu korištenog veziva, može biti: plemenita mineralna žbuka, silikatna, silikatno-silikonska, silikonska i akrilatna (organska) žbuka. Odabirom veličine zrna i gore navedenog veziva moguće je dobiti različite tipove tekstura i strukture žbuke. O debljini i vrsti završno-dekorativnog sloja ovise i svojstva i funkcionalnost čitavog ETICS sustava (Slika 3-68 i Slika 3-69).



Slika 3-68 Nanošenje predpremaza [9]



Slika 3-69 Nanošenje završno dekorativne žbuke [111], [9]

3.3.1.2 Podloge

I. Neožbukane nove podloge

Kao neožbukane nove podloge za nanošenje ETICS-a pogodne su sljedeće podloge:

- puna i šuplja opeka u skladu s HRN EN 771-1 i HRN EN 771-3,
- šuplji i puni blokovi (blokovi od letećeg pepela i agregata) u skladu s HRN EN 771-3,
- beton u skladu s HRN EN 206-1,
- porasti beton u skladu s HRN EN 771-4,
- cementno vezani blokovi s drvenom strugotinom, betonskom jezgrom, sa ili bez integrirane dodatne izolacije u skladu s HRN EN 15498.

II. Starogradnja i/ili postojeće ožbukane podloge

Kod starogradnje i/ili postojeće ožbukane podloge provjera podloge na koju će se postaviti ETICS, kao i priprema podloge, od presudne je važnosti. Na tim podlogama svi tipovi ETICS-a moraju se dodatno mehanički pričvrstiti. Podlogu je potrebno pripremiti kako je prikazano u daljnjem tekstu (**Provjera i procjena podloge i Priprema podloge**).

III. Drvene podloge i lagane građevinske ploče

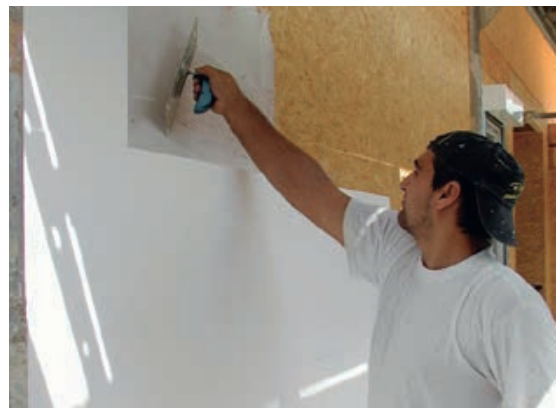
Ove podloge uključuju široku paletu različitih proizvoda. Za sve je važno da se zaštite od vlage budući da vlaga može uzrokovati:

- bubrenje,
- smanjenje čvrstoće,
- pomicanje ploča i štete.

IV. Ostale podloge

Ploče pogodne za ugradnju ETICS-a jesu:

- OSB ploče (ploče s usmjerenim vlaknima) (Slika 3-70),



Slika 3-70 Izvedba ETICS sustava na OSB ploče [9]

- cement- vlaknaste ploče,
- gips-vlaknaste ploče.

Za sve ploče važno je da je površina tih ploča prikladna za vlažne uvjete sukladno HRN EN 13986 – Ploče na osnovi drva za vanjsku primjenu.

Provjera i procjena podloge

Opće važne metode ispitivanja pogodnosti podloge za ugradnju ETICS-a uključuju:

- vizualnu provjeru u cilju utvrđivanja vrste i kakvoće podloge, vlažnosti podloge, opasnosti od prodiranja vlage u ETICS i postojanje pukotina na podlozi;
- test brisanjem dlanom ili tamnom tkaninom radi procjene ima li prašine, štetnih iscjetavanja ili kredastih starih premaza;
- test grebanjem ili zarezivanjem pomoću tvrdog oštrog predmeta radi provjere čvrstoće i nosivosti (npr. test „urezivanjem mrežice“, test ljepljivom trakom);
- test močenjem pomoću kista ili test raspršivačem radi provjere vodoupojnosti i vlažnosti podloge;
- provjera ravnosti zida; ako odstupanje ravnosti podloge nije u dopuštenim granicama tolerancije prema HRN DIN 18202, moraju se poduzeti odgovarajuće mjere ravnjanja (žbukanje i dr.);
- provjera prionjivosti na obojenim podlogama: staklenu mrežicu dimenzija najmanje 30 × 30 cm položiti u mort za armaturni sloj debljine 3 do 5 mm predviđenog sustava tako da dio mrežice ostane slobodan; nakon najmanje tri dana sušenja prilikom povlačenja mrežice ne smije doći do odvajanja morta od podloge.



Slika 3-71 Načini ispitivanja postojeće žbuke prije izvođenja novog ETICS sustava [9]

Priprema podloge

I. Postupci na neožbukanom zidu

podloga		mjere
vrsta	stanje	
Zid od: - opeke - betonskih blokova	Prašnjavo	Otprašiti, oprati vodenim mlazom ²⁾ , osušiti
	Ostaci i neravnine od morta	Ukloniti
Zid od: - blokova od porastog betona	Nepravilnosti, šupljine	Poravnati odgovarajućim mortom u odvojenom radnom koraku (pridržavati se vremena sušenja)
	Vlaga ¹⁾	Osušiti
	Iscvjetavanja ¹⁾	Suho očetkati i otpašiti
	Trusno, nenasivo	Ukloniti, zamijeniti, poravnati (pridržavati se vremena sušenja)
	Prljavo, masno	Oprati vodenim mlazom ²⁾ s odgovarajućim sredstvom za čišćenje, isprati čistom vodom, osušiti

¹⁾ kod kapilarne vlage ukloniti uzroke

²⁾ najviše 200 bara

Tablica 3-2 Postupci na neožbukanom zidu

II. Postupci na betonu

podloga		mjere
vrsta	stanje	
Zidovi konstruirani od: <ul style="list-style-type: none"> - „<i>in situ</i>“ betona - predgotovljenih betonskih elemenata - obložnog betona - betonskih blokova 	Prašnjavo	Otprašiti, oprati vodenim mlazom ²⁾ , osušiti
	Sinter sloj	Sastrugati i otprašiti
	Ostaci oplatnog ulja i druga odvajajuća sredstva	Oprati vodenim mlazom ²⁾ s odgovarajućim sredstvom za čišćenje, isprati čistom vodom, osušiti
	Iscvjetavanja ¹⁾	Suho očetkati i otprašiti
	Prljavo, masno	Oprati vodenim mlazom ²⁾ s odgovarajućim sredstvom za čišćenje, isprati čistom vodom, osušiti
	Ostaci i neravnine od morta	Ukloniti
	Nepravilnosti, šupljine	Poravnati odgovarajućim mortom u odvojenom radnom koraku (pridržavati se vremena sušenja)
	Trusno, nenosivo, vlaga ¹⁾	Ukloniti, zamijeniti, poravnati (pridržavati se vremena sušenja)
	Loša veza između plašta i betonske jezgre	Stvoriti stabilnu podlogu kroz povezivanje i/ili sidrenjem prije nanošenja ETICS-a
Otvorene pukotine na plaštu šire od 5 mm	Ispuniti pukotinu cementnim mortom, fuge ispunjene montažnom pjenom prethodno ostrugati	

¹⁾ kod kapilarne vlage ukloniti uzroke

²⁾ najviše 200 bara

Tablica 3-3 Postupci na betonu

III. Postupci na mineralnim bojama i žbukama

podloga		mjere
vrsta	stanje	
- Mineralne boje	Prašnjavo	Otprašiti, oprati vodenim mlazom ²⁾ , osušiti
	Prljavo, masno	Oprati vodenim mlazom ²⁾ s odgovarajućim sredstvom za čišćenje, isprati čistom vodom, osušiti
	Ljuštenje, kredanje	Otprašiti, ostrugati, oprati vodenim mlazom ²⁾ čiste vode, osušiti
	Vlaga ¹⁾	Osušiti
- Vapnene boje		Uvijek mehanički odstraniti
- Mineralne završne i podložne žbuke	Prašnjavo	Otprašiti, oprati vodenim mlazom ²⁾ , osušiti
	Prljavo, masno	Oprati vodenim mlazom ²⁾ s odgovarajućim sredstvom za čišćenje, isprati čistom vodom, osušiti
	Trusno, nenasivo	Ukloniti, zamijeniti, poravnati
	Nepравilnosti, šupljine	Poravnati odgovarajućim mortom u odvojenom radnom koraku (pridržavati se vremena sušenja)
	Iscvjetavanja ¹⁾	Suho očetkati i otprašiti
	Vlaga ¹⁾	Osušiti

¹⁾ kod kapilarne vlage ukloniti uzroke

²⁾ najviše 200 bara

Tablica 3-4 Postupci na mineralnim bojama i žbukama

IV. Postupci na organskim bojama i žbukama

podloga		mjere
vrsta	stanje	
<ul style="list-style-type: none"> - Disperzijske boje - Žbuke na bazi umjetne smole 	Postojane	Oprati čistom vodom, osušiti
	Nepostojane	Mehanički odstraniti, oprati čistom vodom, osušiti

Tablica 3-5 Postupci na organskim bojama i žbukama**V. Postupci na drvenim podlogama i suho-montažnim pločama**

podloga		mjere
vrsta	stanje	
<ul style="list-style-type: none"> - Drvene podloge i suho-montažne ploče 	Prljavo, prašnjavo	Otprašiti
	Šupljine	Popraviti odgovarajućim materijalom uključujući odgovarajuće učvršćenje
	Vlaga	Savjetovati se s nadzornim inženjermom i/ili stručnom osobom
	Nedostatak veze s potkonstrukcijom	Prije nanošenja ETICS-a stvoriti stabilnu podlogu sidrenjem ili vijcima

Tablica 3-6 Postupci na drvenim podlogama i suho-montažnim pločama

Ukoliko se radi o drvenim konstrukcijama, treba uzeti u obzir moguće deformacije (npr. u blizini spoja stropne konstrukcije). Ako je potrebno, u tim područjima poduzeti posebne mjere opreza.

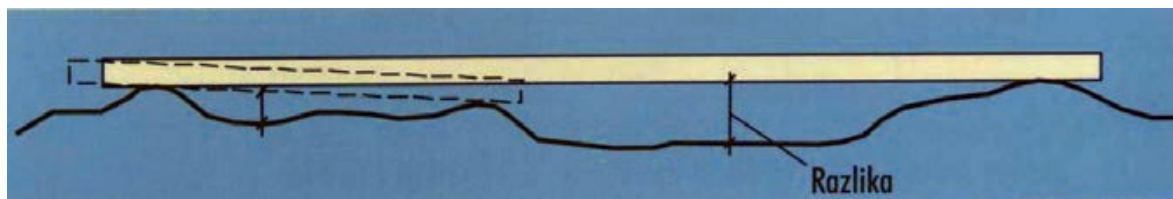
3.3.1.3 Izvođenje

Prije početka izvođenja potrebno je riješiti:

- odvođenje oborinskih voda: postavljene strehe, okapnice, žljebovi itd.;
- unutarnje žbukanje, postavljanje estriha itd., a ugrađeni materijali trebaju biti osušeni prema naputku proizvođača;
- postavljena vanjska stolarija;
- postavljene sve vanjske instalacije;
- ravnina podloge mora biti u skladu s HRN DIN 18202, *Tablica 3-7 i Slika 3-72*.

Razmak mjernih točaka [m]	0,1	1	4	10	≥ 15
Dozvoljene vrijednosti za nezavršene zidove i donje strane ploča [mm]	5	10	15	25	30

Tablica 3-7 Dozvoljene vrijednosti ravnosti podloge



Slika 3-72 Određivanje ravnosti podloge [9]

- reške moraju biti zapunjene;
- s betonskih površina mora biti uklonjeno sredstvo za odvajanje oplata te sve eventualne masnoće;
- provjeriti valjanost podloge prema određenim standardima.

I. Podnožja, područje prskanja vodom i dodira s tlom

Ukoliko se ETICS izvodi i u području podnožja, prskanja vodom i dodira s tlom, potrebno je obratiti pozornost na posebne mehaničke zahtjeve i zahtjeve uvjetovane vlagom. U tim se područjima smiju koristiti isključivo međusobno usklađene komponente sustava određene od proizvođača.

NAPOMENA: Izvedba podnožja i prijelaz na perimetarsku izolaciju moraju biti definirani projektom.

Ukoliko je toplinsko-izolacijski materijal ugrađen već tijekom gradnje (izvan ETICS-a), isti je potrebno obraditi sukladno tehničkoj uputi proizvođača.

II. Podnožja i područje prskanja vodom

Područje podnožja obuhvaća dio pročelja izložen prskanju vodom visine najmanje 30 cm od razine okolnog terena ili obloge. Veća izloženost vlazi i mehaničkim opterećenjima zahtjeva primjenu posebne mjere.

NAPOMENA: Oborinske vode odgovarajućim mjerama treba odvoditi od pročelja. Preporučuje se izvedba drenažnog sloja s ciljem sprječavanja kapilarnog širenja vode. Pločnike, kao i obloge pločama ili opločnicima, treba izvoditi s odgovarajućim padom i konstruktivnim odvajanjem od objekta.

III. Područje dodira s tlom

Toplinska izolacija dijelova građevine u dodiru s tlom naziva se perimetarna izolacija. Kod izvedbe perimetarne izolacije toplinsko-izolacijski materijal se postavlja na vanjskoj strani tog dijela građevine (npr. zid podruma) izvan ETICS-a (Slika 3-73).

U području podnožja u čitavoj se visini primjenjuju toplinsko-izolacijski materijali propisani od strane proizvođača; obično se koriste materijali koji ne upijaju vodu, kao što je npr. XPS. Toplinsko-izolacijski materijal može manjim dijelom ulaziti ispod razine tla i ne smije biti viši od 1 m iznad razine tla. On se u području podnožja mehanički pričvršćuje pričvršnicama.



Slika 3-73 Toplinska izolacija zida prema tlu [9]

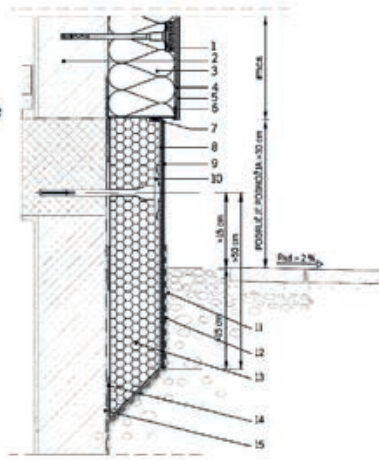
IV. Spoj s podnožjem

Kod uvučenog podnožja (Slika 3-74), donji završetak ETICS-a izvodi se primjenom U-profila za podnožje bez perforacija na donjoj strani (Slika 3-75). Profil za podnožje pričvršćuje se odgovarajućim pričvršnicama na razmaku od oko 30 cm, kao i na krajevima. Neravnine podloge izjednačavaju se razmaknicama („distancerima“), a spojevi izvode odgovarajućim spojnim elementima (Slika 3-75 i Slika 3-76).

Ugradnjom uvjetovani razmaci između zida i profila za podnožja zatvaraju se odgovarajućim materijalima (npr. ljepilom, trakama za brtvljenje i sl.) kako bi se osigurala zrakonepropusna izvedba. Potrebno je primjenjivati isključivo profile za podnožja propisane od proizvođača sustava.

LEGENDA:

- 1 - pričvrsnica
- 2 - zid
- 3 - toplinsko-izolacijske ploče/lamete
- 4 - armaturni sloj sa staklenom mrežicom
- 5 - završno-dekorativna žbuka s odgovarajućim predpremazom
- 6 - profil za podnožje
- 7 - brtvena traka
- 8 - mort za lijepljenje
- 9 - završno-dekorativna žbuka za podnožje
- 10 - pričvrsnica
- 11 - čepasta folija
- 12 - hidroizolacija
- 13 - XPS ploče za podnožje
- 14 - mort za lijepljenje
- 15 - hidroizolacija zgrade



a) presjek



b) vizualizacija

Slika 3-74 Uvučeno podnožje (sokl): **a)** presjek; **b)** vizualizacija [9]



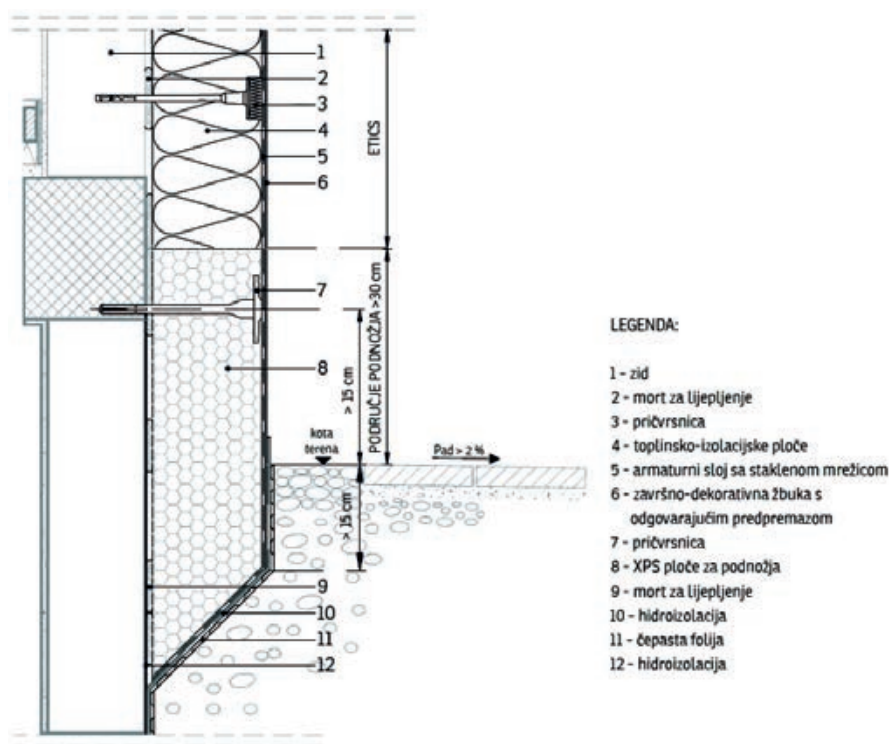
Slika 3-75 Početni profil i element za spajanje početnih profila [112]



Slika 3-76 Set za montažu sokl profila: vijak, spojnica, podmetač [9]

Podnožje u ravnini s pročeljem i odvojenim/različitim završnim slojem

Kod izvedbe podnožja u ravnini s pročeljem i različitim završnim slojem toplinsko-izolacijski materijal za podnožje spaja se na fasadni u istoj ravnini. Armaturni sloj izvodi se preko oba materijala, a završno-dekorativni sloj podnožja odvaja se od završno-dekorativnog sloja ETICS-a (Slika 3-77 i Slika 3-78).



Slika 3-77 Podnožje (sokl) u ravni s pročeljem [9]

Podnožje u ravni s pročeljem te istim završnim slojem

Toplinsko-izolacijski materijal za podnožje spaja se na fasadni u istoj ravni. Armaturni sloj izvodi se preko oba materijala. Završni sloj ETICS-a izvodi se i u području podnožja. Kod ovog tipa izvedbe potrebno je osigurati što manje prskanja vodom (širi drenažni sloj i sl.) (Slika 3-79).



Slika 3-78 Podnožje u ravni s pročeljem i odvojenim / različitim završnim slojem [9]



Slika 3-79 Podnožje u ravni s pročeljem i istim završnim slojem [9]

V. Spoj s tlom

a) Bez perimetarne izolacije

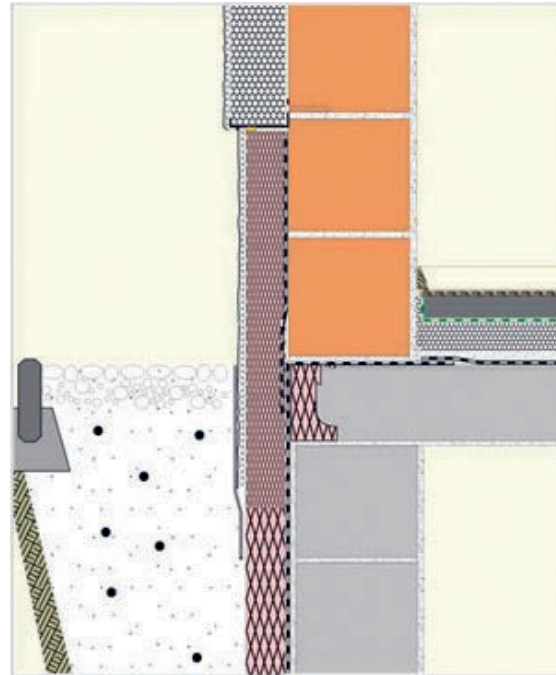
Postavlja se na području podnožja i ulazi ispod razine tla.

b) S perimetarnom izolacijom

Toplinsko-izolacijski materijal koji se postavlja na području podnožja ulazi ispod razine tla najmanje 20-30 cm (Slika 3-77 i Slika 3-78).

VI. Izolacija u dodiru s tlom

Nakon određivanja buduće razine tla sve dijelove sustava u dodiru s tlom potrebno je obraditi vodo-otpornim slojem (npr. masa za hidroizolaciju, bitumenski premaz i sl.) i zaštititi čepastom folijom (Slika 3-81).



Slika 3-80 Izolacija zida prema tlu [106]

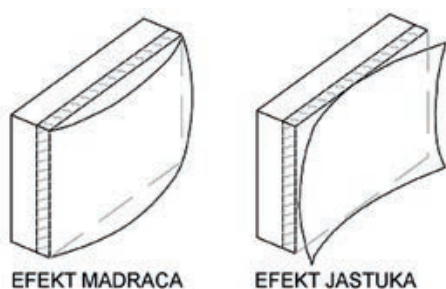


Slika 3-81 Hidroizolacija podruma, toplinska izolacija XPS-om i zaštita toplinske izolacije čepastom folijom [113], [9], [114]

VII. Miješanje i nanošenje morta za lijepljenje

Prilikom miješanja morta za lijepljenje treba se pridržavati uputa proizvođača (tehnička uputa, upute na pakiranju). To vrijedi i za pastozna ljepila za koje proizvođač propisuje dodavanje cementa. Ljepilo se može nanositi ručno i/ili strojno. Prilikom njegova nanošenja treba obratiti pozornost na sljedeće:

- između toplinsko-izolacijskog materijala i podloge ne smije doći do strujanja zraka kako bi se izbjegao „efekt dimnjaka“ (strujanje zraka između podloge i toplinske izolacije);
- toplinsko-izolacijski materijal mora biti jednoliko pritisnut na podlogu po svojoj površini kako bi se izbjegle deformacije (efekt madraca ili jastuka);



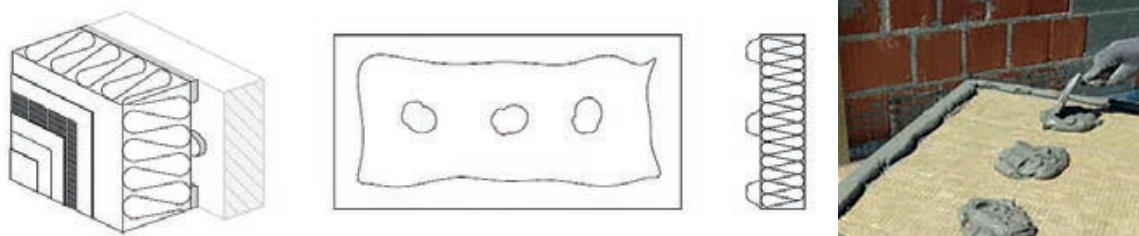
Slika 3-82 Deformacije kod toplinsko-izolacijskih materijala, shematski i primjer lošeg izvođenja [9], [115]

Ovisno o toplinsko-izolacijskom materijalu, ljepilo se može nanositi metodom nanošenja trakasto po rubu i točkasto u sredini ili metodom potpuno pokrivnog nanošenja.

Metoda „rubno-točkastog“ nanošenja

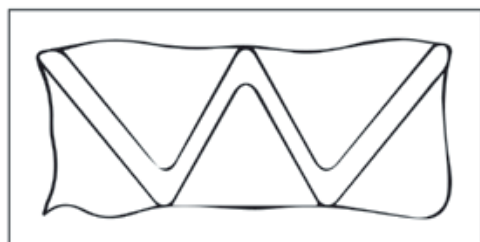
Ljepilo se po svim rubovima toplinsko-izolacijskog materijala nanosi u trakama širine cca 5 cm te po sredini na najmanje tri točke promjera 15 cm (*Slika 3-83*), tako da je, nakon što je toplinsko-izolacijski materijal pritisnut na podlogu, postignuta najmanja zahtijevana kontaktna površina, uz uzimanje u obzir dopuštene tolerancije ravnosti podloge.

Najveća debljina sloja ljepila ne smije biti veća od 15 mm, odnosno prema tehničkoj uputi proizvođača.



Slika 3-83 Ručno nanošenje morta za lijepljenje „rubno-točkastom“ metodom [9]

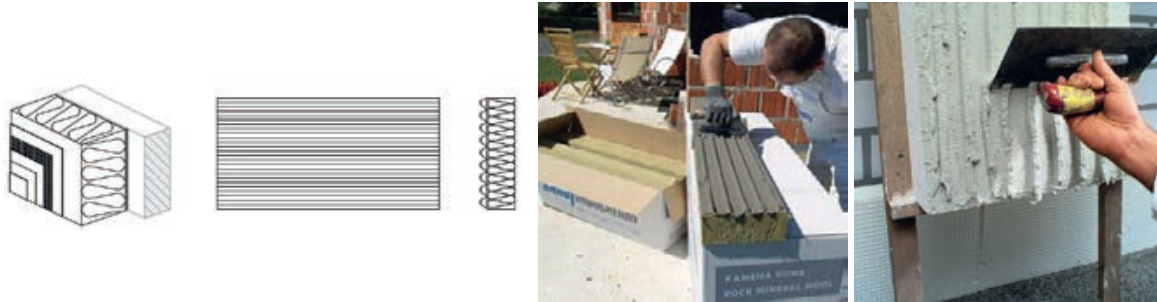
Kod strojnog nanošenja ljepila pomoću pištolja, ljepilo se nanosi gusjeničasto naokolo uz rub te u sredini u obliku slova W ili M. Dio površine pod ljepilom (kontaktna površina) $\geq 70\%$. Nije dopušteno strojno ili ručno nanošenje ljepila na zid i polaganje ploče toplinske izolacije u posteljicu od ljepila (*Slika 3-84*).



Slika 3-84 Strojno nanošenje morta za lijepljenje „rubno-točkastom“ metodom [9]

Metoda potpunog pokrivnog nanošenja

Ljepilo se ručno nanosi nazubljenim gladilicom (zub najmanje 10 mm) na toplinsko-izolacijski materijal. Ljepilo se može nanijeti po cijeloj površini samo kada se radi o glatkim, ravnim podlogama (npr. betonskim ili žbukanim podlogama).



Slika 3-85 Metoda potpunog pokrivnog nanošenjem morta za lijepljenje [9]

Posebnost nanošenja ovisno o vrsti toplinsko-izolacijskog materijala

1. Ekspandirani polistiren EPS-F ploče

Kod ove se vrste toplinsko-izolacijskog materijala koristi metoda nanošenja trakasto po rubu i točkasto po sredini pokrivajući najmanje 40 % površine ploče ili metoda potpunog pokrivnog nanošenja na ploču. Prilikom nanošenja na podlogu treba koristiti isključivo metodu potpunog pokrivnog nanošenja (*Slika 3-86 a i b*).

2. Mineralna vuna MW-PT

Koristi se metoda nanošenja trakasto po rubu i točkasto po sredini pokrivajući najmanje 40% površine ploče ili metoda potpunog pokrivnog nanošenja na neobrađenu stranu ploče. Prilikom nanošenja na podlogu treba koristiti isključivo metodu potpunog pokrivnog nanošenja (*Slika 3-86 c i d*).

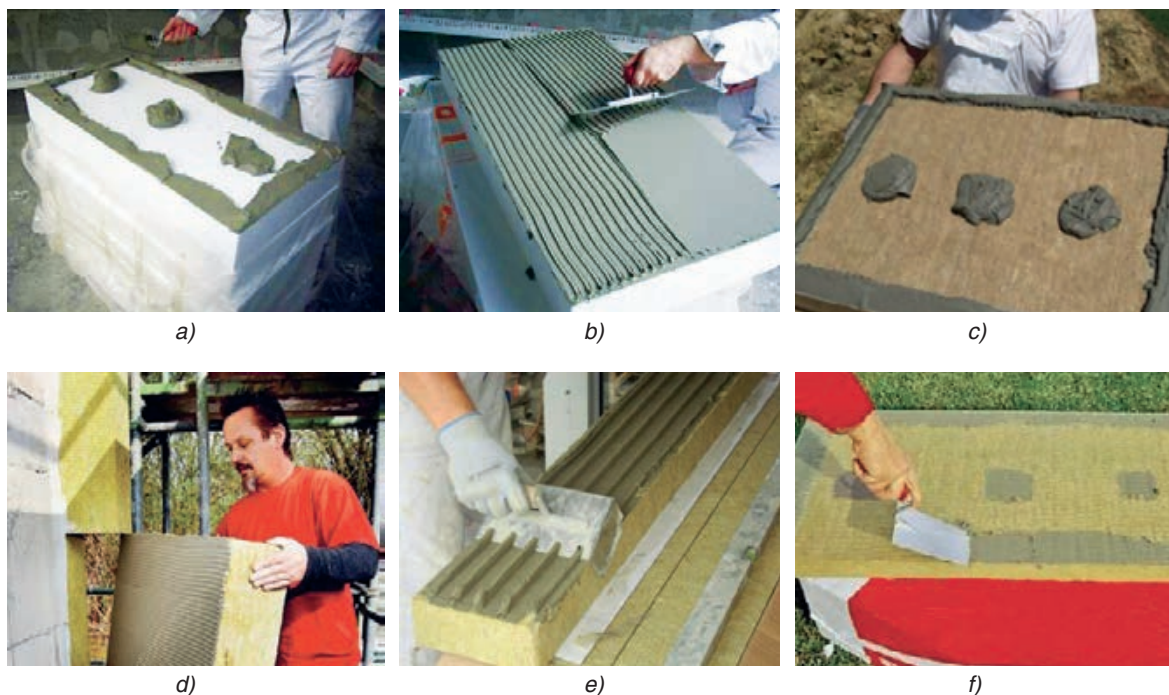
3. Mineralna vuna MW-PT, neobrađena lamela

Na neobrađenoj površini lamele koristi se metoda potpunog pokrivnog nanošenja na lamelu (*Slika 3-86 e*).

4. Mineralna vuna MW-PT, lamela obrađena s jedne ili s obje strane

Kod obostrano obrađene lamele primjenjuje se metoda potpunog pokrivnog nanošenja na lamelu ili na podlogu, (*Slika 3-86 e*).

NAPOMENA: Izvođenje kontaktnog sloja u cilju poboljšanja prionjivosti ljepila na neobrađenoj površini ploče/lamele provodi se utiskivanjem ljepila u tankom sloju neposredno prije nanošenja ljepila (po površini predviđenoj za lijepljenje), (*Slika 3-86 f*).



Slika 3-86 Nanošenje ljepila ovisno o vrsti toplinsko-izolacijskog materijala:

- a) EPS trakasto po rubu točkasto u sredini; b) EPS punoplošno; c) MW ploča trakasto po rubu točkasto u sredini; d) MW ploča punoplošno; e) MW lamela punoplošno; f) izvođenje kontaktnog sloja [9]

VIII. Poliuretansko ljepilo

Jednokomponentno nisko ekspandirajuće poliuretansko (PUR) ljepilo koristi se za pričvršćivanje ploča od ekspandiranog polistirena (EPS-a) za toplinsku izolaciju zgrada kao dio ETICS sustava (Slika 3-87).

Ovo ljepilo je isključivo dio certificiranog ETICS sustava proizvođača i ne može se koristiti u drugim ETICS sustavima, osim ako od strane proizvođača sustava to nije jasno određeno.

Ovo ljepilo može se koristiti za nanošenje EPS-ploča na novim zgradama ili na zgradama na kojima se obnavlja toplinska izolacija. Oko 2 sata nakon nanošenja, EPS ploče mogu se izjednačiti (brušenjem ili rašpanjem), sidriti, te nakon toga nanijeti armirajući sloj.

Ljepilo se ne smije koristiti u blizini otvorenog plamena ili vatre, jer sadrži zapaljivi plin.



Slika 3-87 PUR ljepilo za EPS ploče [116], [117], [118]



PUR ljepilo se koristi za lijepljenje EPS ploča na čvrste i nosive podloge, kao što su zidovi, žbuke i cementne podloge koje na sebi nemaju sastojaka koji mogu uzrokovati odvajanje (masnoće, bitumen, prašina itd.). U slučaju niskih temperatura, podloge na koje će se nanositi ljepilo ne smiju biti prekrivene snijegom ili ledom. Potrebno je provjeriti prionjivost postojećih žbuka i starih slojeva boja. Labave slojeve žbuke potrebno je ukloniti. Bilo koja onečišćenja površine i ostale tvari koje mogu uzrokovati odvajanje, paro-nepropusne slojeve i slojeve slabe prionjivosti, moraju biti u potpunosti uklonjena, npr. napravom za pranje vodom pod pritiskom.

Mahovinu i alge potrebno je ukloniti čeličnom četkom, te cijelu površinu prekriti otopinom sa fungicidima, u skladu sa tehničkim uputama. Stari zidovi neprekriveni žbukom, čvrste žbuke i slojevi boja moraju se očistiti od prašine, oprati vodenim mlazom i ostaviti dok se u potpunosti ne osuše.

PUR ljepilo se nanosi na rubove ploče držeći udaljenost od otprilike 2 cm od rubova i linije koja istječe, na cijeloj ploči paralelno s njezinim dužim stranicama. Odmah nakon nanošenja ljepila, potrebno je postaviti ploču na zid i lagano pritisnuti dugačkom zidarskom letvom. Ravnina površine ploče može se ispravljati do 20 minuta od trenutka postavljanja.

U slučaju primjene u nepogodnim vremenskim uvjetima, npr. za vrijeme jakog vjetera ili kiše, neophodna je primjena zaštita za skele. Kada se proizvod nanosi za vrijeme jakog vjetera, treba obratiti posebnu pažnju na zaštitu rubova zgrade.

Svježe mrlje od ljepila odstranite sa čistačem ili acetonom. Stvrdnuti dijelovi ljepila mogu se odstraniti samo mehanički.

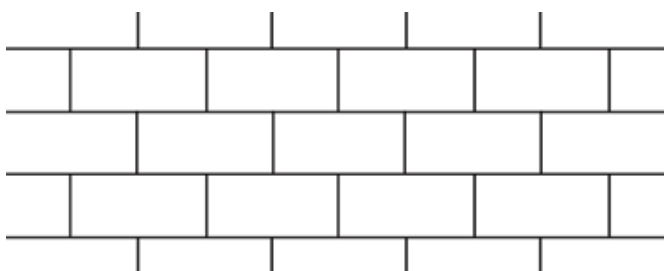
Primjena bi se trebala provoditi pri temperaturi zraka i površine od 0°C do +40°C. PUR ljepilo može podnijeti spuštanje temperature ispod 0°C 8 sati nakon njegova nanošenja.

Ovakvo PUR ljepilo sadrži tvari koje mogu štetiti zdravlju. Obavezno je nositi zaštitne rukavice i naočale. Za vrijeme izvođenja radova nije dozvoljeno jesti niti pušiti kao niti raditi u blizini otvorenog plamena. Doza je pod pritiskom i zato ju je potrebno zaštititi od temperature više od +50°C, ne uništavati dozu niti je bacati u vatru. Doza s ljepilom obavezno se mora prevoziti u tovarnom prostoru, nikada u putničkoj kabini, te čuvati izvan dohvata djece.

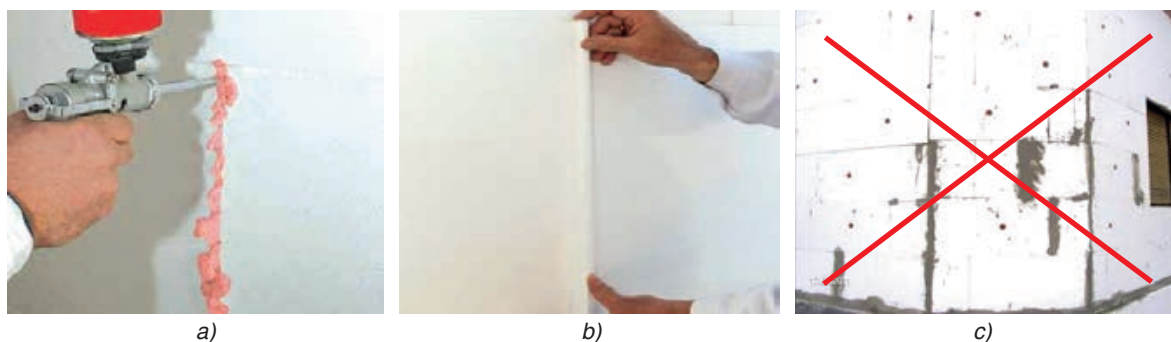
3.3.1.4 Postavljanje toplinsko-izolacijskih ploča i lamela

I. Lijepljenje

Toplinsko-izolacijske ploče i lamele se postavljaju odozdo prema gore tako da su međusobno tijesno priljubljene i povezane uzdužnom izmjeničnom vezom (Slika 3-88). Pri tom ne bi smjele nastati reške, ali ako nastanu, reške do 4 mm moraju se ispuniti PUR pjenom, a one šire od 4 mm istim izolacijskim materijalom (Slika 3-89).



Slika 3-88 Postavljanje toplinsko-izolacijske ploče i lamele [9]



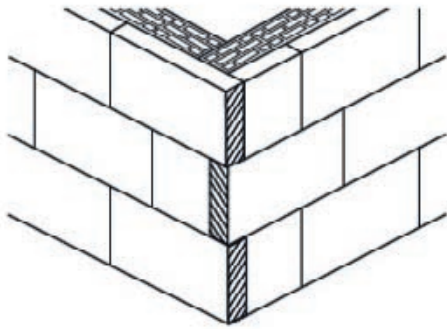
Slika 3-89 Ispunjavanje reški između ploča toplinske izolacije:

a) PUR pjenom; b) istim izolacijskim materijalom; c) primjer lošeg izvođenja - ljepilo u reškama [9]

Na uglovima objekta smiju se koristiti samo cijele i polovice ploča/lamela na način da se ploče/lamele na uglu međusobno naizmjenice preklapaju (Slika 3-89).

Ploču prilikom postavljanja treba pritisnuti na podlogu, ali ljepilo pri tom **ne smije doprijeti u reške** (Slika 3-89 c).

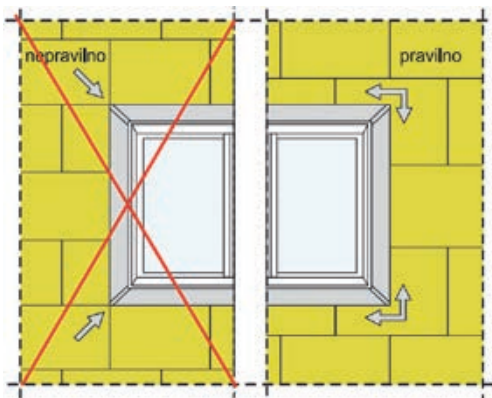
Smiju se postavljati samo cijele ploče. Priključni komadi moraju biti širi od 15 cm i ne smiju se postavljati na uglovima objekta, već samo u sredini površine.



Slika 3-90 Postavljanje toplinsko-izolacijske ploče i lamele na uglovima objekta [9]

Pri debljinama ploča većim od 20 cm preporučuje se preklope ploča na uglovima međusobno učvrstiti odgovarajućim montažnim ljeplom.

Ploče s jačim oštećenjima i požutjele ploče ne smiju se koristiti. Dijelovi ploča u uglovima koji strše smiju se odrezati tek nakon odgovarajućeg stvrdnjavanja ljeplila (u pravilu nakon 2-3 dana). Reške izolacijskih ploča ne smiju biti u liniji s rubovima otvora (Slika 3-91).



Slika 3-91 Postavljanje toplinsko-izolacijske ploče oko prozora – rezanje ploča [9]

Neravnine koje nastaju na dodirima pri postavljanju ploča treba izravnati prije izrade armaturnog sloja (kod ekspaniranog polistirena brušenjem) (Slika 3-92).



Slika 3-92 Brušenje EPS-a i mineralne vune [9], [119]

Mehaničko pričvršćivanje

Podloga mora biti tehnički korektno pripremljena tako da se osigura trajna veza između ploče i podloge, ili samo lijepljenjem, ili lijepljenjem uz dodatno mehaničko pričvršćivanje korištenjem pričvršnica (tipli).

- Na ožbukanim podlogama i starogradnji obvezno je, uz lijepljenje ploča/lamela, sustav dodatno mehanički učvrstiti pričvršnicama.
- Kod sustava s površinskom masom (izolacija + armaturni sloj + završno-dekorativna žbuka) većom od 30 kg/m² i kod zgrada viših od 22 m potrebno je provesti detaljnu analizu opterećenja i nosivosti sustava.
- Toplinsko-izolacijske fasadne ploče na osnovi mineralne vune – vlakna paralelna s ravninom ploče **uvijek** zahtijevaju dodatno mehaničko pričvršćenje.
- Dodatno pričvršćenje nije potrebno kod ETICS-a s pločama EPS-a ili lamelama MW, na novogradnji od pune ili blok opeke.
- Toplinsko-izolacijske fasadne lamele – vlakna okomita na ravninu lamele zahtijevaju dodatno mehaničko pričvršćenje, osim kada se izolacija izvodi na podlogama od pune i blok opeke, betonu, obložnom betonu iz cementno vezanih blokova na osnovi drvenog iverja bez integrirane toplinske izolacije i cementno vezanih toplinsko-izolacijskih ploča od drvenih strugotina WS i WSD, porastom betonu.

Toplinsko-izolacijske ploče za podnožja od ekspaniranog polistirena (EPS-P) i ekstrudirane polistirenske pjene (XPS)

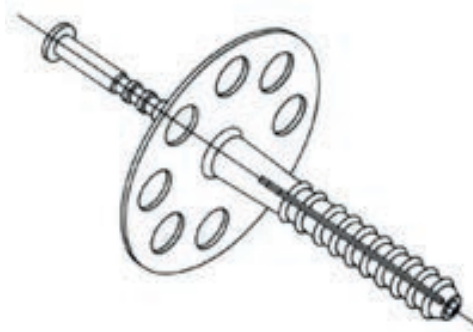
Iznad razine terena potrebno je, uz lijepljenje, i dodatno mehaničko pričvršćenje. Pritom u obzir treba uzeti sljedeće:

- pričvršnice nikad ne smiju prolaziti kroz hidroizolaciju građevine;
- kod primjene XPS-R ploča s hrapavom površinom preporuča se izvesti dodatno mehaničko pričvršćenje prije stvrdnjavanja ljepila (u svježem stanju) pričvršnicama s vijkom.










II. Izbor pričvršnica

Pri odabiru pričvršnica (Slika 3-93), u obzir treba uzeti sljedeće:

- pričvršnice moraju udovoljavati zahtjevima smjernice ETAG 014;
- pričvršnice moraju odgovarati kategoriji opterećenja za postojeću podlogu u skladu sa smjernicom ETAG 014.
-

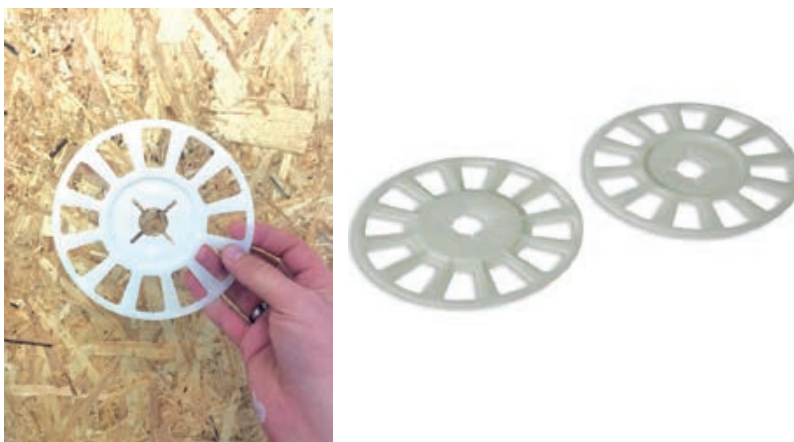


Slika 3-93 Pričvršnica za ETICS sustave [9]

Vrsta podloge	S plastičnim trnom	S čeličnim trnom	S čeličnim vijkom			
	Karakteristična nosivost (kN)					
A) beton		0,15		0,90		1,50
B) puna opeka		0,15		0,90		1,50
C) blok opeka		0,15		0,60		1,20
D) lagani beton		0,00		0,00		0,90
E) porasti beton		0,00		0,00		0,75

Tablica 3-8 Vrste pričvrsnica i njihova karakteristična nosivost s obzirom na kategorije podloga prema ETAG 014 [9]

- ako podloga ne odgovara niti jednoj kategoriji prema ETAG 014, potrebno je izvesti ispitivanje nosivosti pričvrsnice na gradilištu („pull-off“ test);
- kod zidova od obložnog betona s cementno vezanim blokovima na osnovi drvenog iverja, sidrenje pričvrsnica potrebno je izvesti u betonskoj jezgri;
- kod odabira duljine pričvrsnice, radi osiguranja otpornosti na čupanje iz podloge, u obzir se moraju uzeti debljina eventualno postojeće žbuke, sloja za izravnavanje te neravnost podloge;
- toplinsko-izolacijske ploče od ekspaniranog polistirena, ekstrudirane polistirenske pjene i kamene vune zahtijevaju promjer rozete $\geq 60\text{mm}$;
- toplinsko-izolacijske lamele od kamene vune (vlakna okomita na ravninu) zahtijevaju promjer rozete $\geq 140\text{ mm}$ (Slika 3-94).



Slika 3-94 Dodatne rozete za pričvrsnice, $\varnothing 9\text{cm}$ i $\varnothing 14\text{cm}$ [9]

III. Bušenje rupa

Kod bušenja rupa u obzir treba uzeti sljedeće:

- s bušenjem se smije početi tek nakon što je ljepilo dovoljno stvrdnulo (u pravilu nakon tri dana);
- za bušenje treba koristiti svrdlo promjera navedenog na pričvrsnici;
- električnu udarnu bušilicu ili pneumatsku bušilicu treba koristiti samo kod betona ili pune opeke;
- kod šuplje opeke i šuplje blok opeke treba upotrijebiti bušilicu, odnosno alat predviđen od proizvođača pričvrsnice. Prilikom bušenja šuplje opeke s vibracijom dolazi do pucanja stijenke opeke što za posljedicu ima drastično smanjenje ili čak otkazivanje nosivosti pričvrsnice;
- ploče od mineralne vune potrebno je probušiti nevibrirajućim postupkom;
- potrebna dubina bušenja je: duljina trna + 10 do 15 mm;
- kod bušenja kroz armaturni sloj treba se pridržavati uputa proizvođača sustava;
- minimalni osni razmak između pričvrsnica te od ugla zida mora biti ≥ 100 mm.



Bez vibracije

- Šuplja opeka
- Porobeton



S vibracijom

- Beton
- Puna opeka



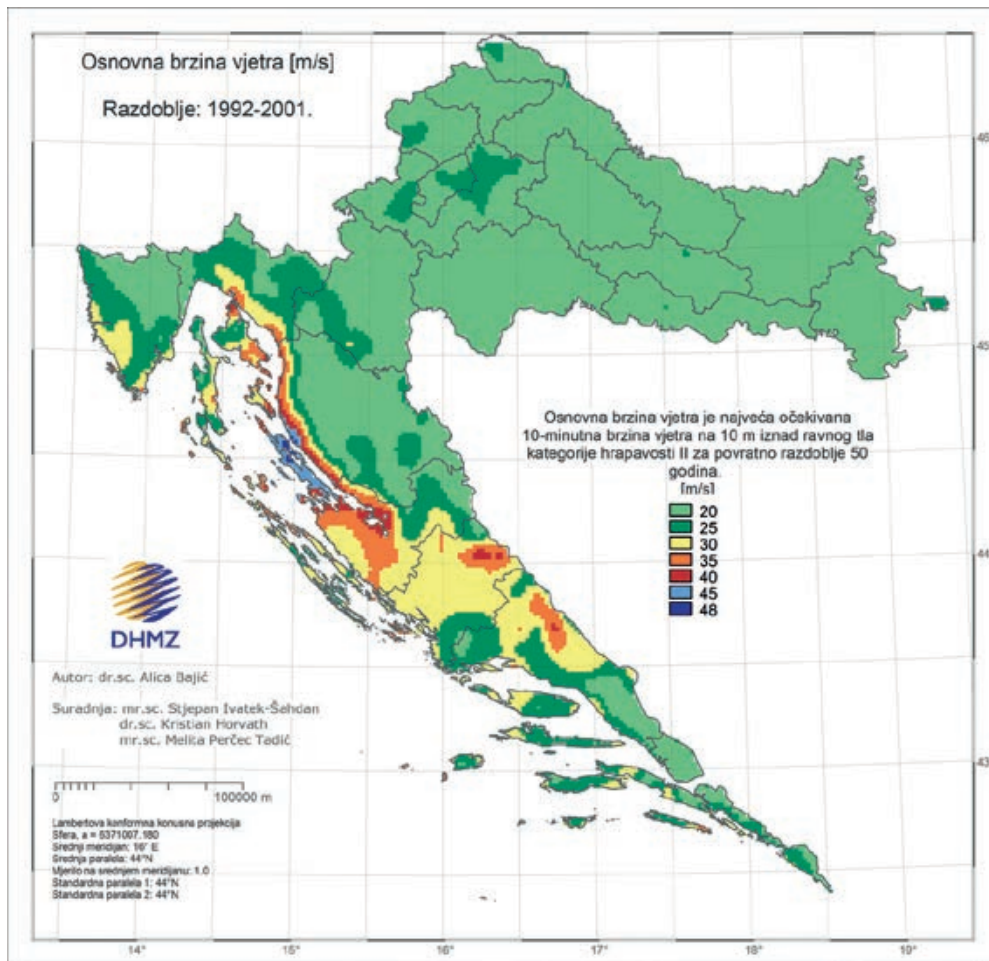
Slika 3-95 Bušenje rupa za pričvrsnice [9]

IV. Broj pričvrsnica

Broj pričvrsnica po m² određuje se na osnovu opterećenja vjetrom na objektu u skladu s EN 1991-1-4: Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije - Dio 1-4: Opća djelovanja – Djelovanja vjetra, i nosivosti pričvrsnice na predmetnoj podlozi.

Opterećenje vjetrom ovisi o zemljopisnom položaju, tj. o nazivnoj brzini vjetra, visini građevine, kategoriji terena i nadmorskoj visini (Slika 3-96).

Ovom normom se propisuje i širina rubne zone ovisno o visini i tlocrtnoj dispoziciji objekta. Uporabivost pričvrsnice mora biti dokazana Europskom tehničkom ocjenom u skladu s europskom smjernicom ETAG 014.

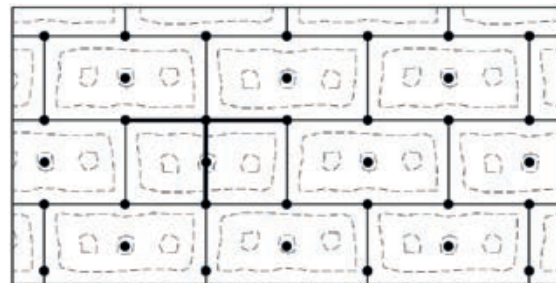


Slika 3-96 Osnovna brzina vjetra [120]

V. SHEMA POSTAVLJANJA

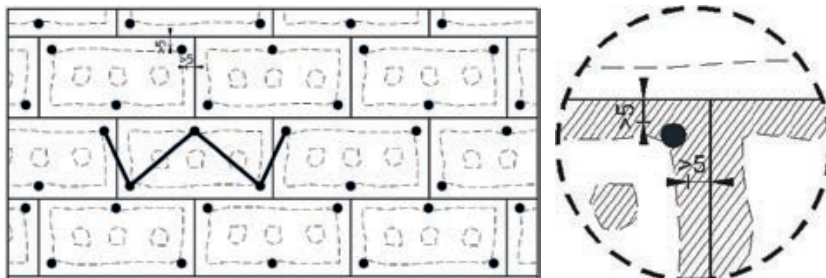
Obje sheme vrijede za toplinsko-izolacijske ploče od EPS-a i mineralne vune i pričvršćivanje sa 6 kom/m². Udaljenost pričvršćivača od ugla zida i od druge pričvršćivača mora biti ≥ 10 cm. Pričvršćivača uvijek mora prolaziti kroz sloj ljepila.

- “**T-shema**” se koristi kod sustava s EPS-om. Pričvršćivače se postavljaju u sredinu ploče i na mjestima dodira okomite i vodoravne reške (T-reške) (Slika 3-97).



Slika 3-97 T-shema postavljanja pričvršćivača [9]

- “**W-shema**“ se koristi kod sustava s pločama mineralne vune. Ploča se pričvršćuje s tri pričvrsnice koje se postavljaju prema crtežu (Slika 3-98). Razmak rozete od ruba ploče mora iznositi oko 5 cm.

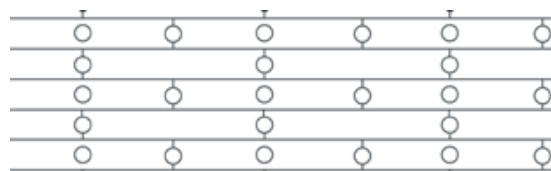


Slika 3-98 W-shema postavljanja pričvrsnica [9]

Kod sustava s lamelama od mineralne vune pričvrsnice se postavljaju kao što je prikazano u daljnjem tekstu (Slika 3-99), pri čemu se u svaki drugi red dodaje po jedna pričvrsnica u sredinu ploče.

Lamele kamene vune mogu se dodatno pričvrstiti o podlogu u sljedećim slučajevima:

- na visinama iznad 22 m (zahtjevi u pogledu protupožarstva visokih zgrada);
- u izuzetno seizmičkim aktivnim područjima;
- na izuzetno vjetrovitim lokacijama;
- kod primjene izolacije lamelama debljine veće od 20,00 cm;
- prilikom izolacije zaobljenih dijelova.



Slika 3-99 Shema postavljanja pričvrsnica kod lamela od MW [9]

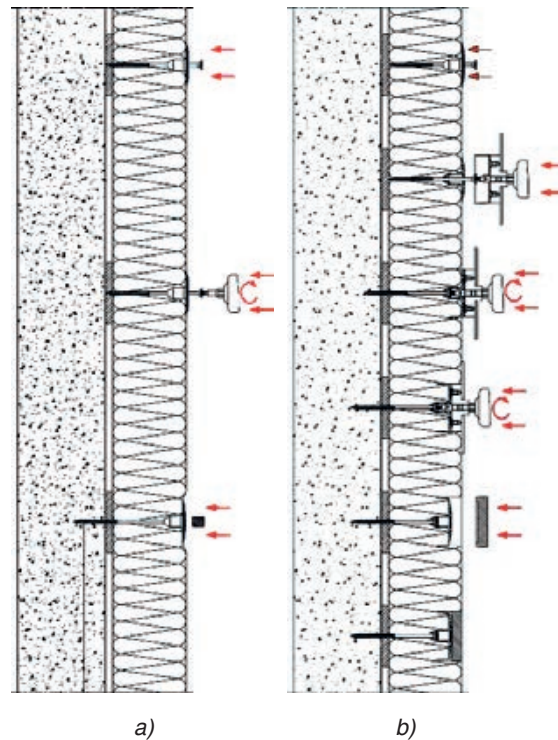
	6 kom/m ²	8 kom/m ²	10 kom/m ²	12 kom/m ²
T-shema				
W-shema				
Lamele				

Slika 3-100 Sheme postavljanja pričvrsnica ovisno o broju pričvrstaka po m² fasade [9]

VI. Postavljanje pričvrsnica

Pri postavljanju pričvrsnica u obzir se uzima sljedeće:

- pričvrsnice se smiju postaviti tek kad ljepilo otvrdne (u pravilu nakon tri dana, odnosno prema uputi proizvođača ljepila);
- pričvrsnice treba postaviti tako da je gornja površina rozete u istoj ravnini s površinom ploče/lamele (*Slika 3-101 a*), uz napomenu da ovo ne vrijedi kad je rozeta upuštena u toplinsko-izolacijski materijal (*Slika 3-101 b*) (pričvrsnica s rondelom) (*Slika 3-102*);
- ovisno o vrsti pričvrsnice, igla je u obliku čavla (trna) ili vijka;
- nakon postavljanja treba obvezno provjeriti jesu li pričvrsnice čvrsto usidrene u podlogu;
- previše utisnute pričvrsnice i one koje nisu čvrsto usidrene moraju se ukloniti i postaviti nove, a nastale rupe treba ispuniti istim toplinsko-izolacijskim materijalom. *Slika 3-103* i *Slika 3-104* prikazuju primjere pogrešnog izvođenja mehaničkog pričvršćenja toplinske izolacije, pri čemu je tanjur pričvrsnice izvan ravnine izolacije odnosno utisnut pređuboko u toplinsku izolaciju.



Slika 3-101 Postavljanje pričvrsnica: **a)** u ravnini s TI materijalom; **b)** upuštene u TI materijal [9]



a)

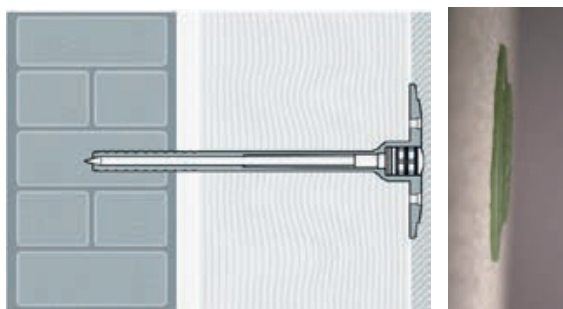


b)

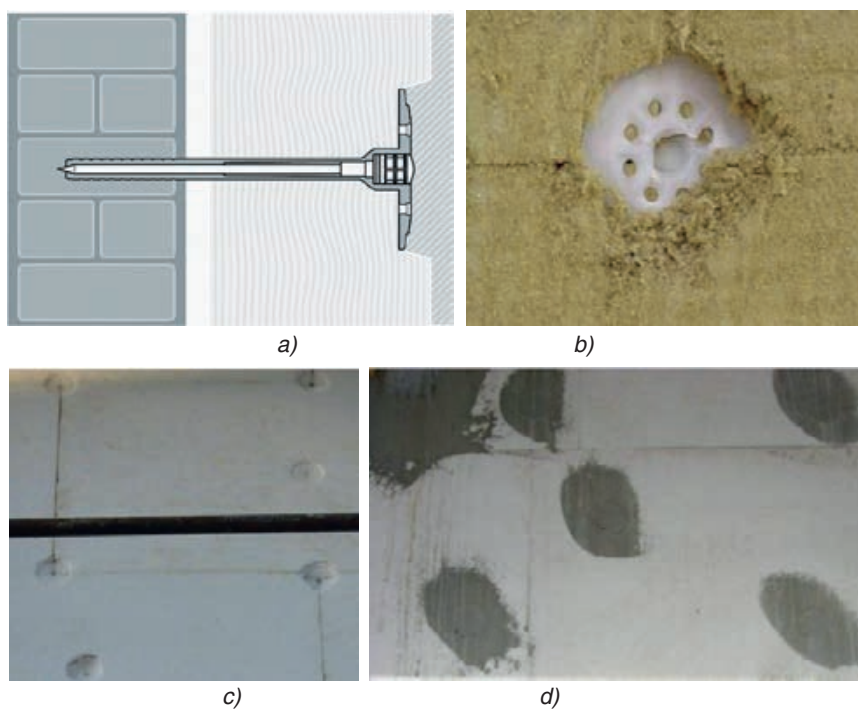


c)

Slika 3-102 Rondela za: **a)** EPS; **b)** mineralnu vunu; **c)** specijalni alat za udubljivanje rondele [9]



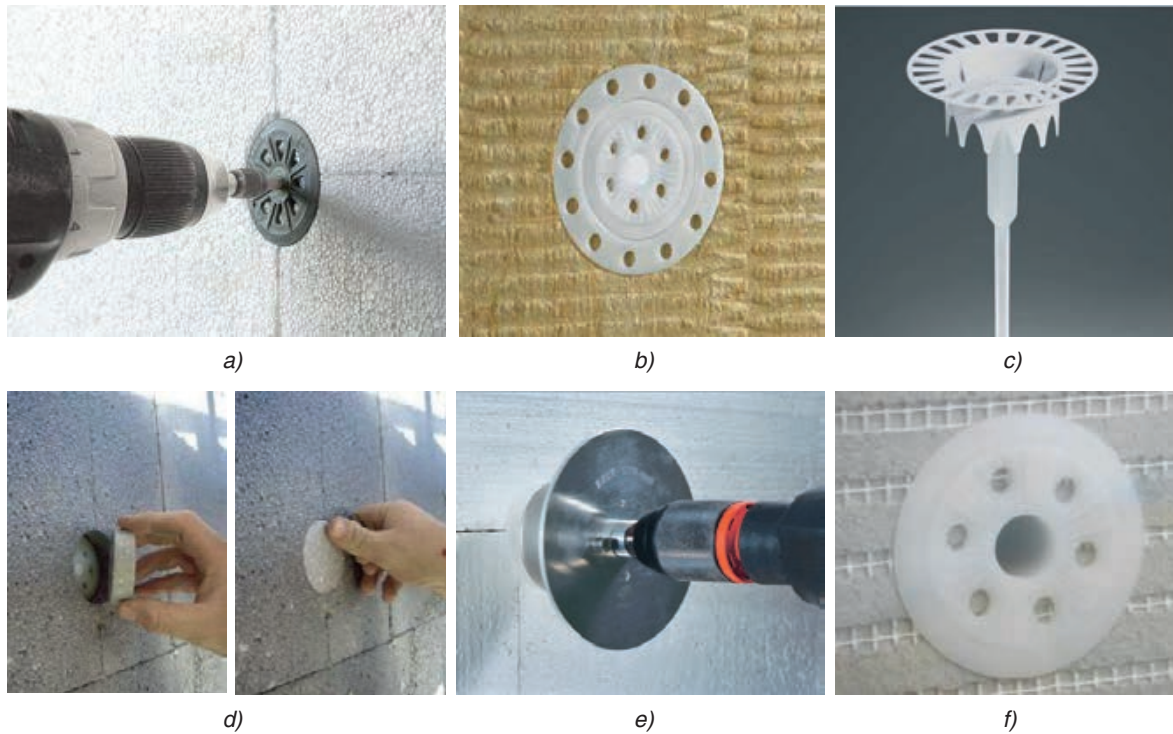
Slika 3-103 Tanjur pričvrsnice iznad ravnine izolacije - Problem: pretanak armaturni sloj, mrežica naslonjena na tanjur; Posljedica: pucanje, toplinski mostovi [115]



Slika 3-104 Tanjur pričvrsnice utisnut preduboko u izolaciji - Problem: velike razlike u debljini armaturnog sloja; Posljedica: pucanje, toplinski mostovi [9], [115]

Načini montiranja pričvrsnica:

1. Na izolaciju (Slika 3 -105 a)
2. Na izolaciju + dodatni tanjur
 - a) 9 cm-za MW-ploče (Slika 3-105 b)
 - b) 14 cm-za MW-lamele
 - c) 11 cm upušteni-za MW-ploče (Slika 3-105 c)
3. Upuštene u izolaciju + rondela (Slike 3-105 d i e)
4. Preko mrežice - na prvi nanos morta za armaturni sloj (Slika 3-105 f)

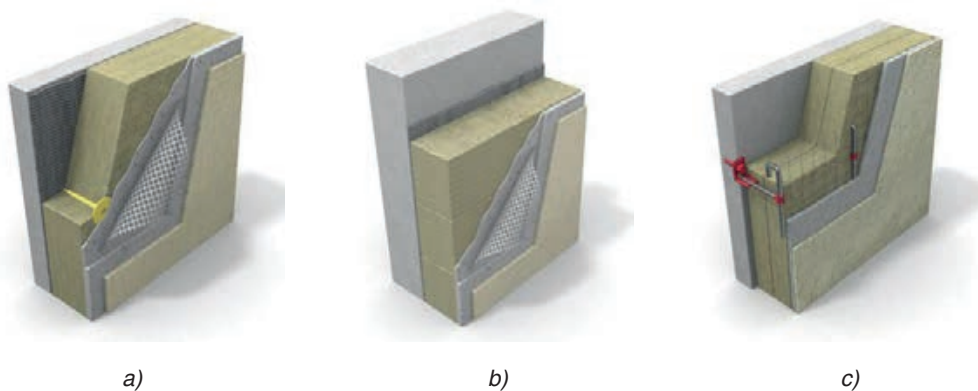


Slika 3-105 Montiranje pričvrsnica [121], [9]

VII. Armaturni sloj s staklenom mrežicom

Armaturni sloj predstavlja najvažniji element sustava jer mu daje otpornost na vanjske utjecaje, stoga ga je potrebno nanijeti posebno oprezno, uz strogo pridržavanje pravila struke.

Izvođenje armaturnog sloja treba početi najkasnije 14 dana od postavljanja toplinske izolacije. Armaturni sloj se izvodi kao tankoslojni, srednjeslojni i debeloslojni (*Slika 3-106*).



Slika 3-106 a) Tankoslojna žbuka na pločama MW; **b)** tankoslojna žbuka na lamelama MW; **c)** debeloslojna žbuka na pločama MW [9]

Kod sustava s toplinsko-izolacijskim pločama od mineralne vune između nanošenja sloja za izravnavanje i armaturnog sloja potrebno se pridržavati određenog vremena sušenja propisanog od proizvođača sustava.

U slučaju debeloslojne žbuke, debljina sloja žbuke je 25 mm, a izvodi se u tri sloja od vapneno-cementnog morta, što omogućuje stvaranje iznimno čvrste fasade otporne na udare. U slučaju izvođenja debeloslojne žbuke, toplinska izolacija se obavezno pričvršćuje mehanički. Težina slojeva žbuke prenosi se na zid korištenjem čelične mreže i mehaničkih pričvrstnica (nosača) koji se mogu prilagoditi potencijalnim pomacima u sloju žbuke (Slika 3-106 c).

VIII. Mort za armaturni sloj

- Ovaj mort je po svom sastavu je polimer-cementno ili pastozno disperzijsko ljepilo. Može biti u obliku praha ili paste.
- Mort za armaturni sloj prvo se nanosi na TI i pročešlja zupčastom gladilicom u debljini takvoj da se osigura pozicija mrežice u gornjoj polovini/trećini sloja (Slika 3-107).
- U svježi prvi nanos morta umeće se staklena mrežica odozgo prema dolje laganim pritiskom gladilicom (u okomitom ili vodoravnom smjeru) uz preklop od najmanje 10 cm i uz izbjegavanje nabora (Slika 3-108).
- Drugi nanos morta nanosi se najkasnije nakon 24 h tako da prekrije mrežicu s najmanje min 1 mm žbuke. Na površini se ne smiju ocrtavati obrisi mrežice.



Slika 3-107 Nanošenje morta za armaturni sloj [9], [122]



Slika 3-108 Umetanje staklene mrežice u prvi sloj morta [123], [124], [9]

Tablica 3-9 prikazuje debljinu armaturnog sloja i položaj staklene mrežice ovisno o debljini armaturnog sloja.

Nazivna debljina [mm]	Minimalna debljina [mm]	Srednja debljina ¹⁾ [mm]	Položaj mrežice ²⁾	Vrijedi za ETICS na osnovi
3	2,5	≥3,0	sredina	EPS
5	4	≥4,5	gornja trećina	EPS ³⁾ , MW
8	6	≥7,0	gornja trećina	MW

¹⁾ srednja vrijednost reprezentativnog uzorka (najmanje 5 pojedinačnih vrijednosti)

²⁾ pokrivenost staklene mrežice najmanje 1 mm, u području preklapanja 0,5 mm

³⁾ ova debljina armaturnog sloja je potrebna je u slučaju debeloslojne završno-dekorativne žbuke

Tablica 3-9 Debljina armaturnog sloja i položaj staklene mrežice [9]

IX. Miješanje morta za armaturni sloj

Pri miješanju morta za armaturni sloj valja se pridržavati sljedećih uputa, ovisno o vrsti morta (Slika 3-109):

a) praškasti mort za armaturni sloj

- zamiješati ih prema uputama proizvođača,
- koristiti isključivo pitku vodu,
- ljeti ne upotrebljavati vodu koja se zagrijala u crijevu,
- dopušta se uporaba temperirane vode.

b) pastozni mort za armaturni sloj

- prije uporabe promiješati,
- za dobivanje odgovarajuće konzistencije smije im se dodati manja količina pitke vode,
- potrebno je pridržavati se uputa proizvođača.



a)



b)

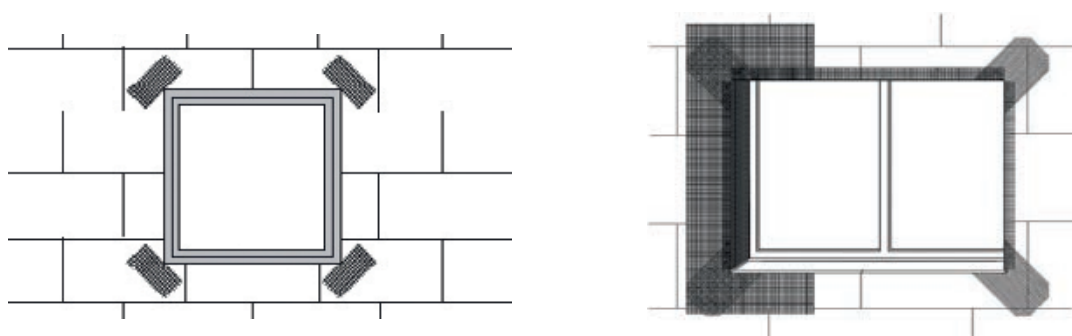
Slika 3-109 Miješanje morta za armaturni sloj: a) električna miješalica; b) vodoravna miješalica [9], [125]

X. Dijagonalno armiranje

na uglovima otvora prozora i vrata potrebno je izvesti dijagonalno armiranje (Slika 3-110). Ono se izvodi polaganjem staklene mrežice u svježi mort za armaturni sloj točno na uglove otvora pod kutom od $\approx 45^\circ$ prije punoplošnog nanošenja mrežice (Slika 3-111). Najmanja dimenzija armaturnih traka iznosi 20x40 cm.

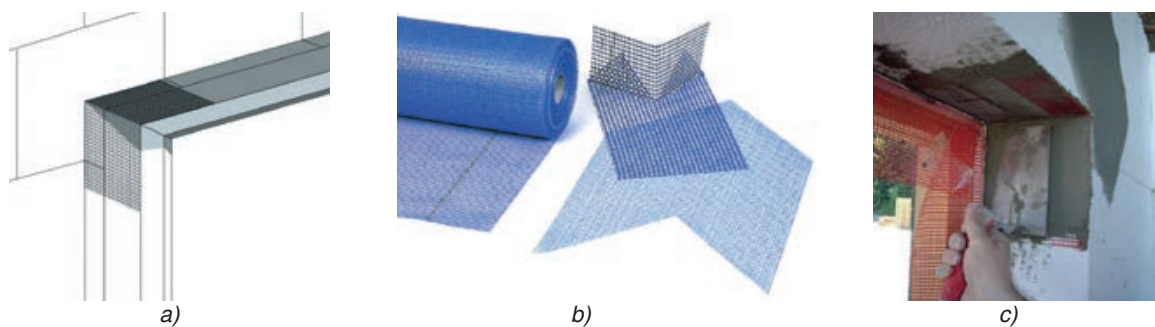


Slika 3 -110 Dijagonalno armiranje uglova prozora [9]



Slika 3 -111 Shematski prikaz dijagonalnog armiranja [9]

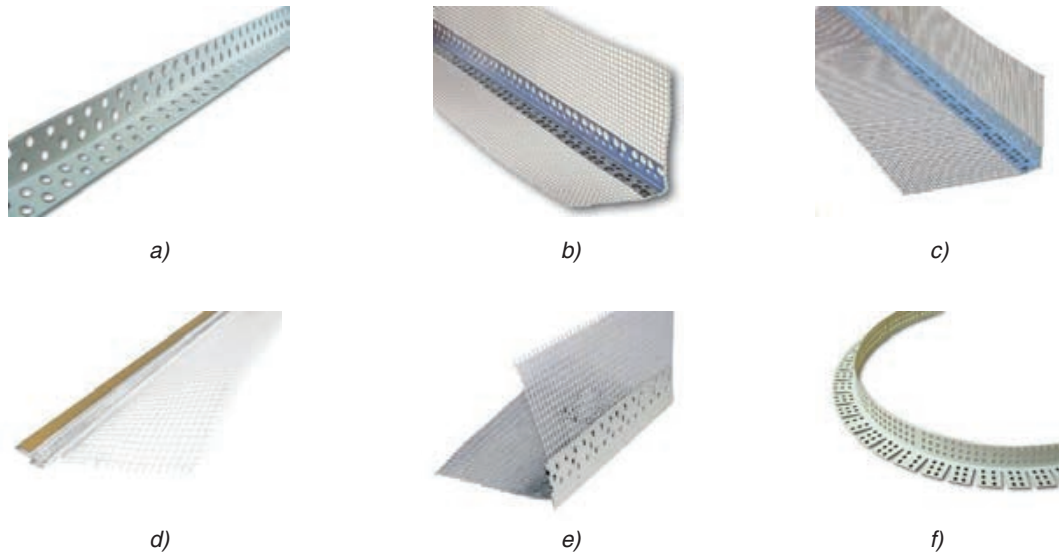
Moguće je također koristiti specijalne proizvode od staklene mrežice koji olakšavaju dijagonalno armiranje uglova otvora, kao i armiranje unutarnjih uglova špaleta (Slika 3-112).



Slika 3 -112 a) Armiranje uglova (shematski); b) proizvodi za armiranje uglova otvora; c) armiranje uglova [110], [9]

XI. Izvedba rubova i kutova

Kod izvedbe kutova i rubova ETICS sustava, obično se koriste metalni zaštitni profili sa staklenom mrežicom, za različite namjene (Slika 3-113).



Slika 3-113 Pribor za ETICS sustav: **a)** aluminijски zaštitni profil; **b)** aluminijски zaštitni profil sa staklenom mrežicom; **c)** PVC zaštitni profil sa staklenom mrežicom; **d)** profil za armiranje špaleta; **e)** okapni profil; **f)** zaštitnik rubova svodova [126], [127], [128], [129], [130]

Pri postavljanja kutnih profila sa staklenom mrežicom mort za armaturni sloj treba nanijeti u širini većoj od širine profila s mrežicom. Spoj površinske armature izvodi se s preklapom od najmanje 10 cm, (Slika 3-114).

Napomena: Pri postavljanju treba paziti da mrežica i kruti dio profila nisu naslonjeni na toplinsku izolaciju, tj. da debljina morta između izolacije i profila, odnosno mrežice bude najmanje 1 mm. Kod postavljanja profila mort za armiranje mora proći kroz rupe profila.

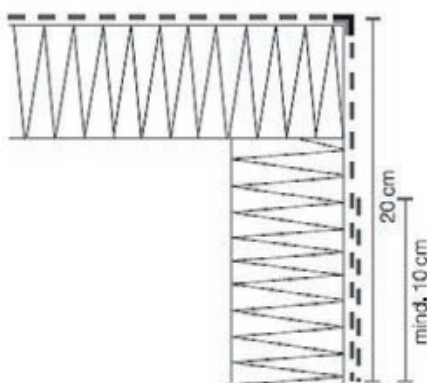


Slika 3-114 Izvedba ruba i kuta pomoću kutnog profila [9]



Slika 3-115 Izvedba ruba i kuta pomoću kutnog profila [9], [131]

Oblikovanje kutova bez gotovih kutnih profila izvodi se tijekom površinskog armiranja. Trake staklene mrežice vode se sa svake strane kuta u širini cca 20 cm i s preklapom od najmanje 10 cm (Slika 3-116).



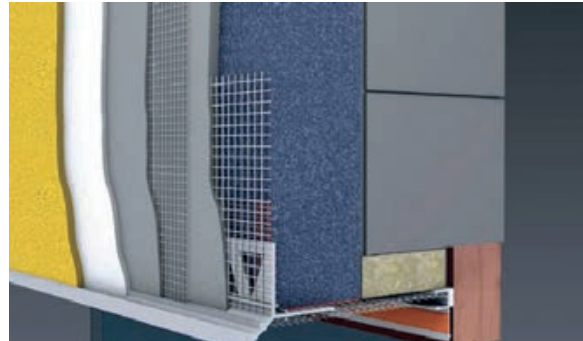
Slika 3-116 Formiranje kutova bez gotovih kutnih profila [72]

Dilatacije zgrade se izvode korištenjem dilatacijskih profila (Slika 3-117). Takvi profili obično dopuštaju dilatiranje ETICS sustava za ± 15 mm.



Slika 3-117 Dilatacijski profil [132], [133]

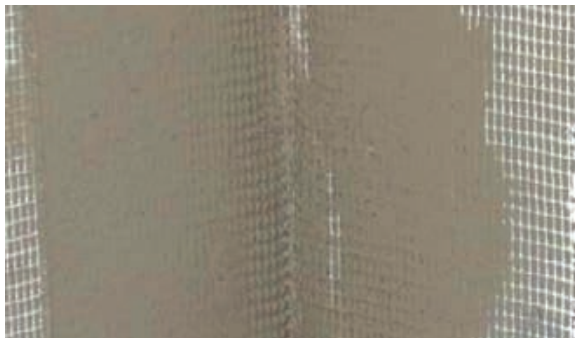
Oblikovanje okapnog ruba (vodoravni spoj površine fasade i podgleda, gornji rubovi otvora) pravilno se izvodi kako je prikazano dolje (*Slika 3-118*).



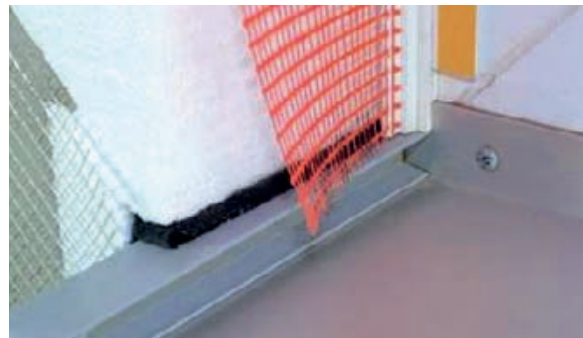
Slika 3-118 Oblikovanje okapnog ruba [72], [134]

Unutarnji kutovi mogu se izvesti na dva načina:

- na isti način kao i izrada kutova pomoću kutnih profila s integriranom mrežicom,
- identično kao i izrada uglova bez profila s prijelazom mrežice 20 cm i preklopom 10 cm; izvodi se tijekom izrade armaturnog sloja (*Slika 3-119*).



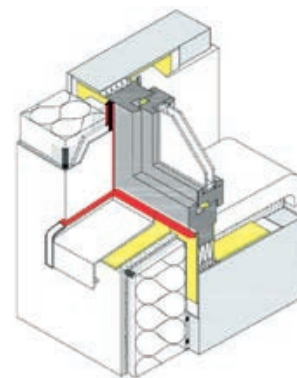
a)



b)

Slika 3-119 Armiranje a) kutova; b) spoj s doprozornikom [9]

Kako bi se osigurala pravilna uloga letvica za spoj žbuke i stolarije (*Slika 3-119 b*), ugrađivač prozora mora pričvrstiti prozore i vrata prema najnovijem stanju tehnike, tako da se isključi njihovo nedopušteno pomicanje; pri tome je potrebno pridržavati se odgovarajućih smjernica (npr. RAL Udruženja za pomicanje kakvoće prozora i kućnih vrata). Osim što ugrađivači prozora moraju prozore ugrađivati vodeći računa o nepropusnosti za udare kiše, i izvođač ETICS-a mora jamčiti isto takvu izvedbu vrata i prozora na povezanom sustavu za vanjsku toplinsku izolaciju koja će osiguravati otpornost na udare kiše (*Slika 3-120*).



Slika 3-120 Prikaz ugrađene letvice za spoj žbuke i stolarije

Podloga za lijepljenje mora biti ravna, čista, suha, nezamrzuta, stabilna i slobodna od bilo kakvih materijala (npr. masnoća, prljavštine), koji bi mogli nepovoljno utjecati na vezivanje.

Letvice za spoj žbuke i stolarije postavljaju se neposredno prije ugradnje susjednih toplinsko izolacijskih ploča. U uglovima (nadvoj prozora) najprije se postavljaju okomite letvice najveće moguće dužine, a potom vodoravni profil između okomitih profila. Staklena mrežica za plošno armiranje koje slijedi, mora se razvući do plastičnog profila pri čemu integrirana staklena mrežica u profil (*Slika 3-113 d*) mora biti položena s preklapom od oko 10 cm. Ako je dužina spoja veća od profilne šipke – dakle preko 230 cm – potrebno je voditi računa o sljedećem:

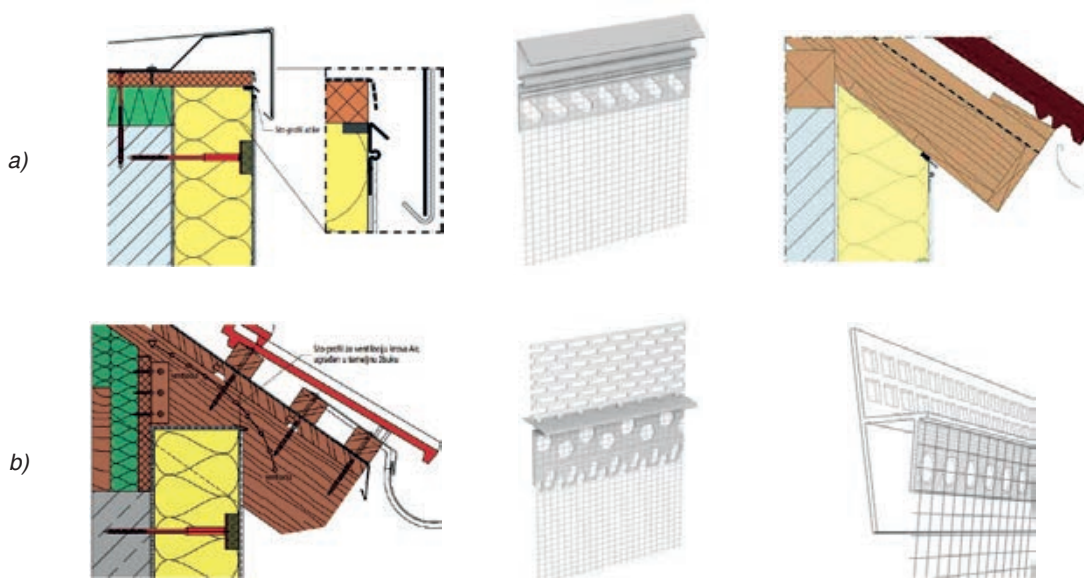
- susjedni profili ne smiju se spajati tako da budu priljubljeni jedan uz drugi, već s reškom širine 2 mm;
- u okomici: profil originalne dužine treba umetnuti dolje, a iskrojeni dio gore (dijagonalno prema unutra) (što je reška pomaknuta dalje u smjeru nadvoja prozora, to će biti zaštićenija od udara kiše);
- rešku popunite masom za fugiranje na fasadama.

Na ovaj način kompenzirat će se toplinski uvjetovane promjene dužine kod letvice za spoj žbuke i stolarije.

XII. Spoj krova i zida

Gornji završetak ETICS sustava je spoj krova i zida. I ovdje je jedan od glavnih zadataka spriječiti prodiranje vode, a time i teška oštećenja cijelog sustava.

Razvijeni su specijalizirani profili za priključak ETICS sustava na pokrove atike kao i neventilirane i ventilirane krovove (*Slika 3-121*). Profil atike posjeduje savinut okapni rub koji služi kao barijera za oborinsku vodu koja se penje uslijed vjetrova koji na nju djeluje. Kod ventiliranih krovova koriste se specijalizirani profili s integriranom ventilacijskom rešetkom koja sprječava ulazak sitnih životinja, a time i oštećenja koja one često uzrokuju.



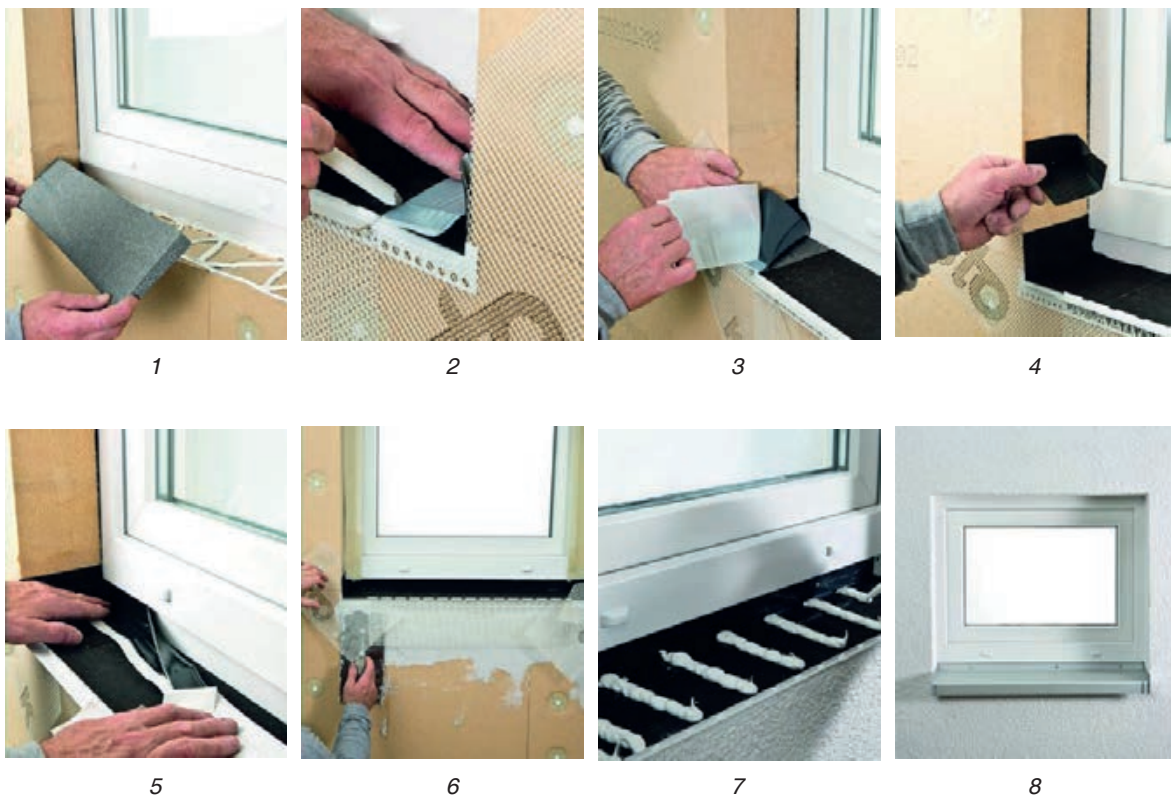
Slika 3-121 Završetak ETICS sustava spoj krova i zida: **a)** kod atike i neventiliranog krova (presjek i profil); **b)** kod ventiliranog krova (presjek i profil) [9]

XIII. Ugradnja prozorskih klupčica

Proces ugradnje prozorskih klupčica započinje ugradnjom klinaste izolacijske ploče koja se lijepi na izolaciju same fasade (*Slika 3-122*). Središnji element (*Slika 3-123 a*) treba skratiti na širinu parapeta minus 2x80 mm.

Potrebno je ucrtati položaj središnjeg elementa na parapet, što znači da sa svake strane parapeta, i lijevo i desno, treba uzeti u obzir razmak od špalete od 80 mm. Središnji element i ugaone elemente potrebno je skrojiti na dubinu špalete, prednji rub središnjeg elementa otklopiti prema natrag, skinuti zaštitnu foliju s prednje ljepljive trake i ponovno ju zaklopiti, te čvrsto pritisnuti. Skinuti zaštitnu foliju sa ugaonog elementa i čvrsto ga zalijepiti uz preklapanje po cijeloj površini. Sva preklapanja potrebno je pažljivo dodatno obraditi valjkom za spojeve, pazeći na to da ispod ugaonih elemenata ne nastanu nikakvi uključci zraka. Unutarnji uglovi od trake za brtvljenje moraju se zalijepiti točno u uglove parapeta (lijevo i desno) na sve tri strane (prozorska špaleta/prozorski okvir/ druga razina hidroizolacije) bez uključaka zraka. Valjkom za spojeve treba čvrsto pritisnuti po cijeloj površini. Zaštitnu traku za brtvljenje treba zalijepiti za prozorski okvir (koristiti prikladne alate – valjke za spojeve).

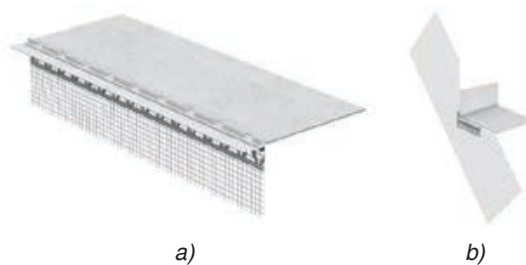
Zatim valja nanijeti mort za armaturni sloj žbuke ispod staklene mrežice profila, te mrežicu utisnuti u mort. Daljnji postupak s armiranjem žbuke te nanošenjem završno-dekorativnog sloja opisan je u prethodnom i daljnjem tekstu.



Slika 3-122 Proces ugradnje prozorske klupčice [9]

Fiksiranje profila prozorske klupčice provodi se ljeplom, svakih deset centimetara po sredini iza lamela za odvođenje vode, a specijalizirano ljepljenje (preporuka proizvođača) se nanosi gusjeničasto. Pripremljeni profil prozorske klupčice umeće se u prozorski otvor i pažljivo pritisne. Ne smije se zaboraviti na izvođenje spojeva (reški) zbog dužinskog temperaturnog istezanja prozorske klupčice.

Spojevi između izolacijskog materijala i drugih dijelova zgrade (doprozornika, dovratnika, prozorskih klupčica, itd.) moraju biti vodootporni, odnosno, moraju spriječiti prodor vode u građevinske dijelove, a istovremeno dopustiti širenje i skraćivanje zbog temperaturnog rada. Obično se za ovu namjenu koriste ekspanzirajuće trake koje nakon ugradnje ekspanziraju i brtve sve dijelove (Slika 3-124 i Slika 3-125). Potrebno je naglasiti da silikonske kitove ili poliuretanske kitove ili druga mase za zapunjavanje reški u ovom slučaju nije uputno koristiti zbog toga što oni s vremenom gube svoja svojstva, naročito elastičnost, postaju krta te zahtijevaju redovito održavanje i zamjenu.



Slika 3-123 Specijalizirani profili za ugradnju prozorske klupčice: **a)** središnji element; **b)** ugaoni element [9]



Slika 3-124 Ugradnja i brtvljenje prozorske klupčice [135], [9]



Slika 3-125 Izgled spoja ETICS sustava i prozorske klupčice [9]

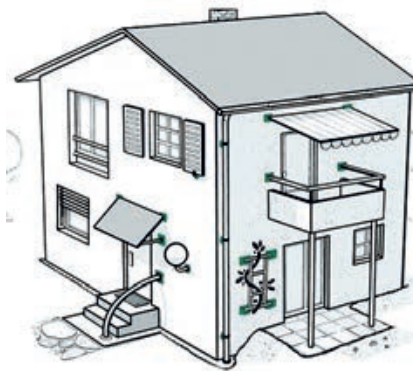
XIV. Pričvršćivanje elemenata

Povezani sustav za vanjsku toplinsku izolaciju više je od fasade. On ispunjava složene i vrlo različite zahtjeve kao, primjerice one u pogledu pričvršćivanja različitih dodatnih elemenata: svjetiljaka, poštanskih sandučića, žljebova i oluka, satelitskih priključaka, nadstrešnica koji isto kao i završna žbuka spadaju u sastavne dijelove pročelja (*Slika 3-126*).

U idealnom se slučaju već kod projektiranja zgrade ili njezine modernizacije profiliraju potrebna mjesta ugradnje. Samo ako izvođač radova može izvesti točke pričvršćivanja prema projektu, izbjeci će se improvizirana rješenja koja su svakako mnogo sklonija oštećenjima.

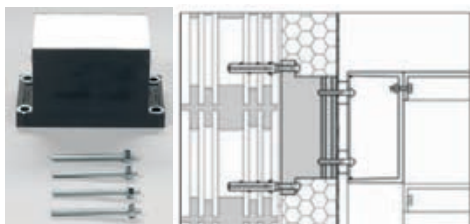
Osobito nepovoljan čimbenik kod nekog povezanog sustava za vanjsku toplinsku izolaciju je toplinski most koji smanjuje funkcionalnost fasade jer se na taj način dobar dio toplinske izolacije uništava. U izvjesnim okolnostima pogrešno pričvršćivanje može čak prouzročiti oštećenja na supstanci zgrade.

Zahvaljujući specijaliziranom priboru za ETICS (*Slike 3-127, 3-128 i 3-129, 3-130*), ovakve je situacije moguće energetske učinkovito riješiti.



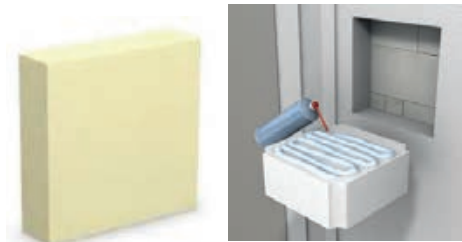
Slika 3-126 Pričvršćivanje dodatnih elemenata na ETICS sustav [136]

Montažni elementi za teške dijelove (*Slika 3-126*), trebaju biti dokazani odgovarajućim statičkim dokazom s pretpostavljenim opterećenjima specifičnima za pojedini slučaj, a sve na temelju karakterističnih pokazatelja proizvoda.



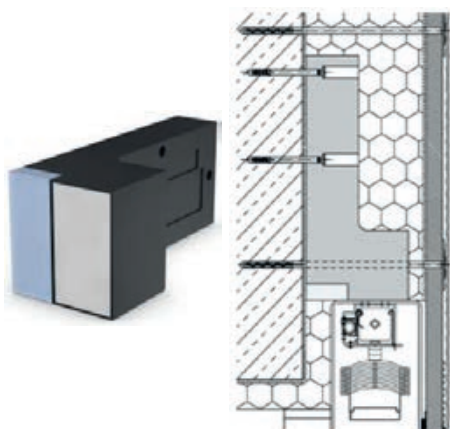
Montažni element od tvrde poliuretanske pjene i pjenasto oblikovanim metalnim pločama

- za pričvršćivanje teških predmeta kao što su satelitski priključci ili rukohvati;
- integrirana aluminijska ploča za pričvršćivanje predmeta na fasadu;
- vanjska fenolna ploča osigurava optimalnu raspodjelu naprezanja po površini, te istovremeno prekida toplinski most između čeličnih i aluminijskih dijelova



Montažni element od tvrde poliuretanske pjene

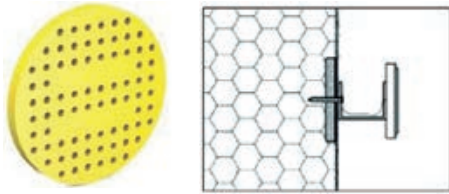
- Usidrenje se izvodi izravno u podlogu, a ne u blok



Montažni element od tvrde poliuretanske pjene i pjenasto oblikovanih metalnih ploča

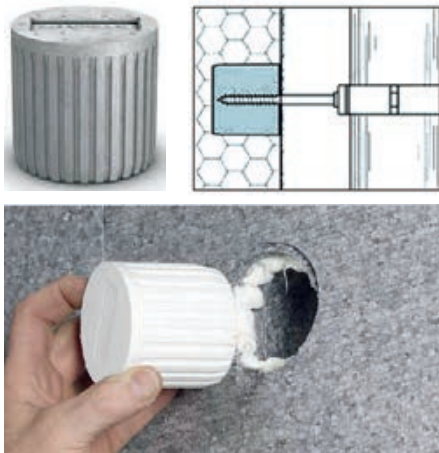
- za montažu francuskih balkona, kutija za rolete, žaluzine ili pak grilja

Slika 3-127 Montažni elementi za teške dijelove [137], [9]



Montažna pločica od polipropilena u koju se može izravno pričvrstiti vijak

- za sigurno pričvršćivanje vrlo laganih predmeta, npr. vodilica za rolete ili natpisnih pločica
- ugradnja: u toplinskom izolatoru glodalom se izvede udubljenje i zalijepi se pločica
- zahvaljujući maloj debljini, vrlo je prikladna za špalete



Montažni cilindar od vrlo čvrstog EPS-a

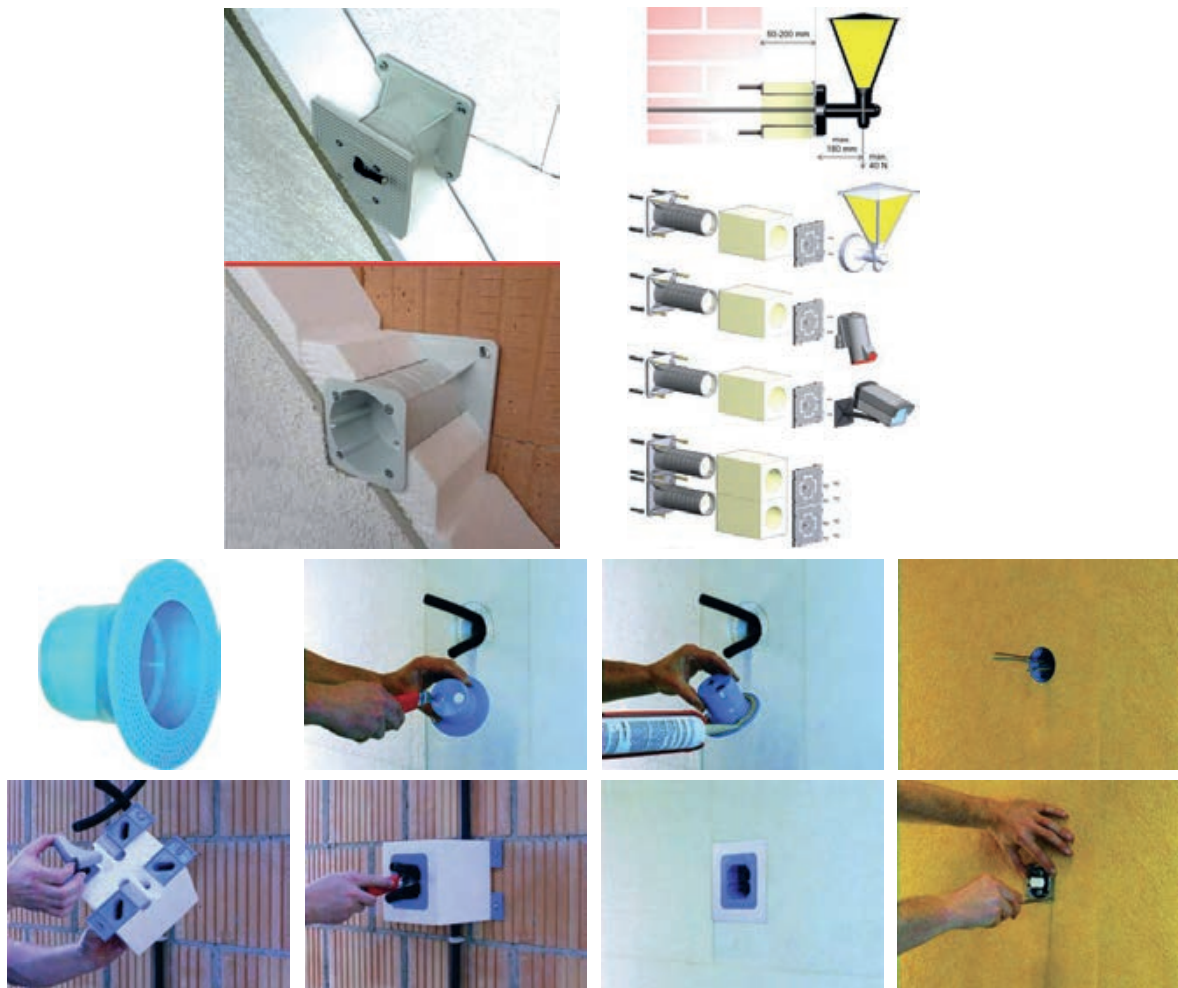
- za sigurno pričvršćivanje laganih predmeta poput žljebova i oluka ili vješalica za odjeću
- ugradnja: u toplinskom izolatoru glodalom se izvede udubljenje i zalijepi se cilindar



Šipka (1 m) od vrlo čvrstog EPS-a, koja se na licu mjesta može prilagoditi potrebnoj debljini toplinskog izolatora

- pritisna podloška i mjesto za montažu u jednom
- za poštanske sandučiće, cijevne objumice, svjetiljke i sl.

Slika 3-128 Montažni elementi za lagane predmete [9], [138]

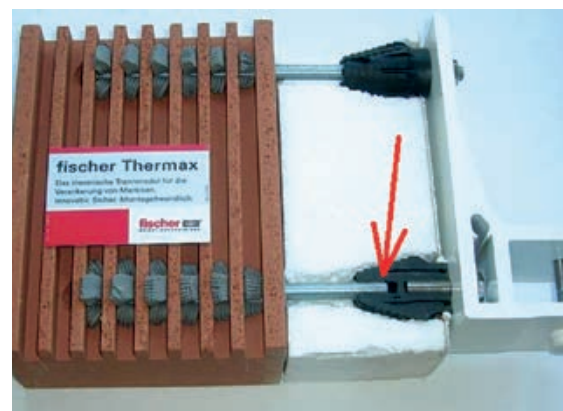


Slika 3-129 Montažni elementi za ugradnju vanjskih rasvjetnih tijela i drugih uređaja vezanih na električnu energiju [138], [139], [140], [141], [142]

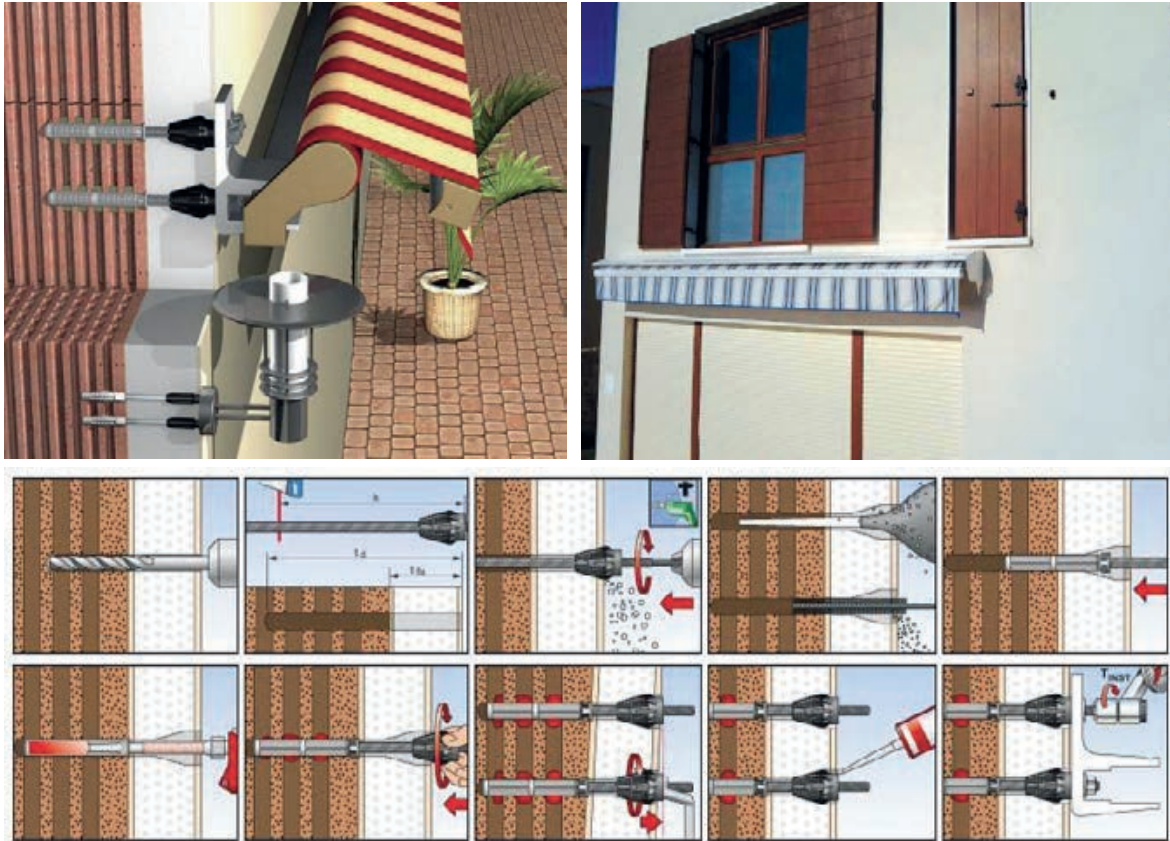
Osim navedenog, pričvršćivanje teških elemenata može se izvoditi i vijčanim spojevima, korištenjem specijaliziranih pričvršnica i vijaka koji omogućuju prekid toplinskog mosta (Slika 3-131).

Prekid toplinskog mosta omogućuje tzv. konus modul od plastike ojačane staklenim vlaknima koji povezuje pocinčano sidro izrađeno od nehrđajućeg čelika s vijkom za ugradnju (Slika 3-130).

Obodna reška koja nastaje tijekom ugradnje zatvara se fleksibilnim trajnim brtvilima i pripadajućom posebnom zaštitnom kapom.



Slika 3-130 Prikaz funkcioniranja vijčanog spoja s prekidom toplinskog mosta [143]



Slika 3-131 Ugradnja teških elemenata pomoću vijčanih spojeva [144]

XV. Završno-dekorativna žbuka

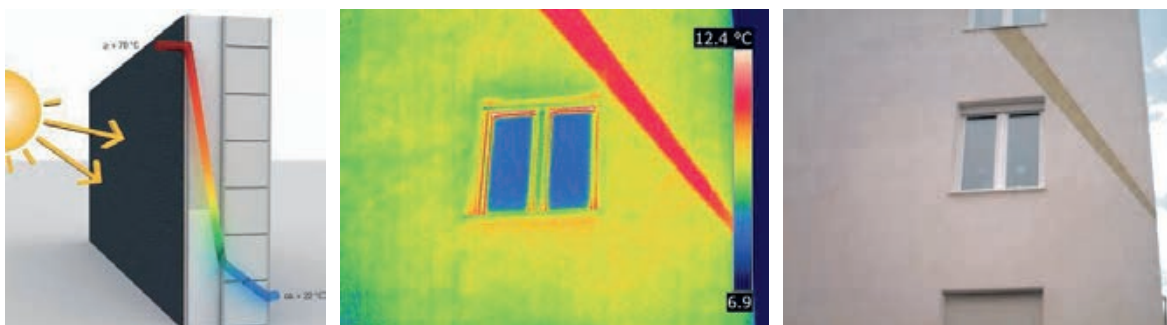
Nakon propisanog vremena sušenja armaturnog sloja i predpremaza (pri čemu treba slijediti upute proizvođača) i u odgovarajućim vremenskim uvjetima može se započeti s nanošenjem završno-dekorativne žbuke.

Kod preuranjenog nanošenja završno-dekorativne žbuke postoji rizik nastanka mrlja, a u ekstremnim primjerima može doći i do pojave mjehura, odnosno pucanja.

Ovisno o izvedenom sustavu mogu se nanositi različite vrste završno-dekorativne žbuke. Debljina završno-dekorativne žbuke zrnaste strukture iznosi najmanje 1,5 mm, a žljebaste strukture – 2 mm.

XVI. Stupanj refleksije

Stupanj refleksije (albedo, bjelina) je numerička vrijednost koja označava količinu reflektirane sunčeve svjetlosti. Što je vrijednost niža, nijansa je tamnija, a fasada se više zagrijava. Time se povećavaju toplinska naprezanja u armaturnom i završnom sloju te rizik pojave pukotina.



Slika 3-132 Tipična temperaturna krivulja na izoliranom vanjskom zidu, upijanje sunčevog zračenja ovisno o boji fasade [145], [146]

Kako bi se smanjio rizik stvaranja pukotina, stupanj refleksije (ovisno o vrsti veziva završno-dekorativne žbuke) mora biti veći od:

- ≥ 25 za akrilatnu i silikonsku žbuku,
- ≥ 30 za silikatnu žbuku,
- ≥ 50 za plemenitu tankoslojnu mineralnu žbuku (1,5 do 4 mm).

Isto vrijedi i za vanjske fasadne boje na završno-dekorativnim žbukama.

XVII. Nanošenje predpremaza

Vrsta predpremaza mora biti usklađena s vrstom završno-dekorativne žbuke, pri čemu treba slijediti upute proizvođača.

Ukoliko mort za armaturni sloj i završno-dekorativna žbuka imaju isto vezivo (disperzijsko vezivo ili mineralnu mješavinu vapna i cementa), predpremaz se eventualno može izostaviti.

Predpremaz se nanosi valjkom ili četkom i može biti razrijeđen vodom (prema uputama proizvođača) (Slika 3-133).

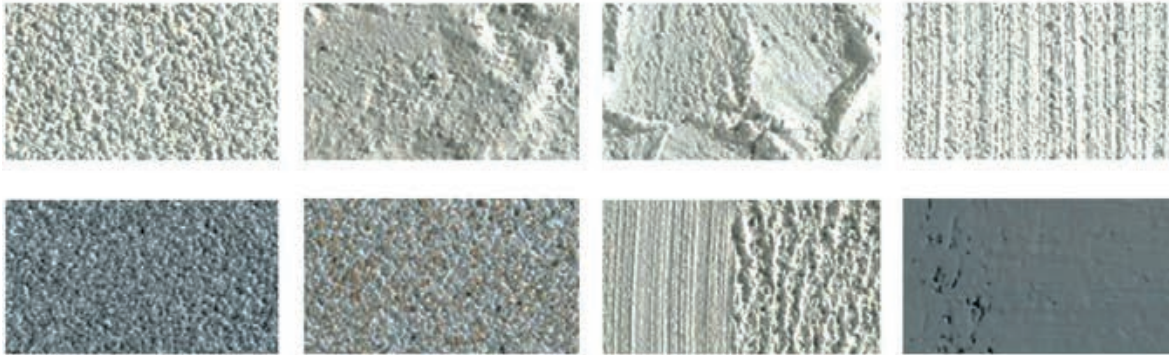
Predpremaz će ujednačiti upijanje podloge, čime se postiže ujednačeni izgled završno-dekorativne žbuke. Predpremaz se treba sušiti barem 24 sata prije nanošenja završno-dekorativne žbuke.



Slika 3-133 Miješanje i nanošenje predpremaza

XVIII. Nanošenje završno-dekorativne žbuke

Završno-dekorativna žbuka može se nanositi ručno ili strojno, što ovisi o vrsti žbuke i uputama proizvođača (Slika 3-135). Površinu je moguće strukturirati na razne načine. Ovisno o vrsti materijala i željenoj strukturi, struktura se može postići odgovarajućim alatom i pritom treba slijediti upute proizvođača (Slika 3-134).



Slika 3-134 *Moguće strukture završno dekorativne žbuke [9]*

Nanošenje i debljina sloja ovise o željenoj granulaciji i strukturi završnog dekorativnog sloja, a površina fasade pak o načinu zaribavanja završnog sloja. Višak materijala odstranjuje se gladilicom koja je postavljena na podlogu pod kutom od 90°. Debljina sloja obično je jednaka granulaciji završnog dekorativnog sloja.

Zaribavanje se radi na vlažnom završnom sloju, a izvodi se plastičnom gladilicom kružnim pokretima ako želimo dobiti zrnatu strukturu, te uzdužnim i poprečnim pokretima ako želimo dobiti izgrebanu strukturu. Za vrijeme sušenja i očvršćivanja završnog dekorativnog sloja buke, fasada se mora zaštititi od izravnog djelovanja jakog sunca, kiše i vjetra. U slučaju niskih temperatura i visoke vlažnosti, sušenje traje dulje.

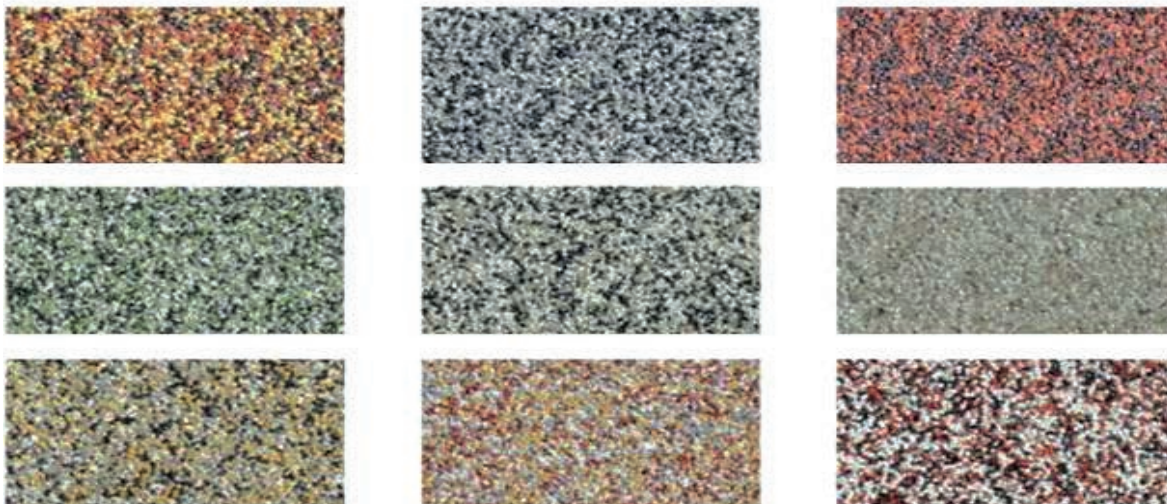


Slika 3-135 *Nanošenje završno-dekorativne žbuke [9]*

XIX. Završno-dekorativna žbuka za podnožje

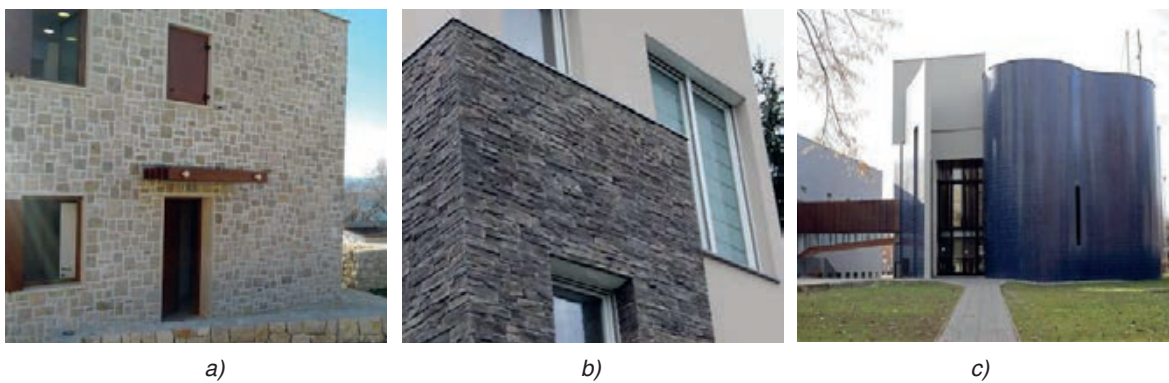
Nakon odgovarajućeg sušenja armaturnog sloja i predpremaza potrebno je nanijeti završno-dekorativnu žbuku veće vodoodbojnosti. S obzirom na to da je ovo područje jako opterećeno vodom, ne preporučuju se završno-dekorativne žbuke na osnovi mineralnog veziva. Međutim, ako se na podnožju ipak želi koristiti takva vrsta završno-dekorativne žbuke, njenu površinu obvezno treba dodatno hidrofobirati primjerenim vodoodbojnim premazom.

U području fasade koja je u dodiru s tlom, odnosno u perimetarnom se području završno-dekorativna žbuka mora zaštititi odgovarajućom izolacijom.



Slika 3-136 Moguće strukture završno-dekorativna žbuke za podnožja [147]

Jedna od mogućnosti završne obloge ETICS sustava su kamen i keramika (*Slika 3-137*).



Slika 3-137 Obloga ETICS sustava s: **a)** prirodnim kamenom; **b)** umjetnim kamenom; **c)** keramikom [148], [149]

3.3.1.5 Zahtjevi za obloge

I. Vrste obloga

Keramičke pločice

Kad je riječ o keramičkim oblogama, mogu se koristiti sve keramičke pločice iz skupina A1, B1a, B1b, A2a, B2a (prema HRN EN 14411), koje su otporne na smrzavanje prema (HRN EN ISO 10545-12). Zahtjevi koje moraju ispunjavati obloge od keramičkih pločica odnose se na nekoliko njihovih svojstava:

- **površina ploča** ne smije biti veća od 0,09 m²;
- **dimenzije ploča (oblik)** - dužina jedne stranice ne smije prelaziti 30 cm, čime se postiže ujednačen termički rad s podlogom u uzdužnom i poprečnom smjeru. Ako je riječ o ekstrudiranim pločama iz skupine A1 (vodupojnosti ≤ 3 %) koje se koriste kao obloga, dimenzije mogu odstupati od navedenih tako da jedna stranica može biti do 40 cm, s time da debljina ploče ne smije biti veća od 12 mm;
- **debljina ploča** ne smije biti veća od 15 mm. Najveće dopušteno površinsko opterećenje na podlogu (ukupna težina armaturnog sloja, ljepila za pločice i obloge) ne smije prelaziti 35 kg/m²;
- **radijus i volumen pora** - preporuka je da leđna strana pločice bude hrapava (promjer pora manji od 0,20 μm, a volumen pora manji od 20 mm³/g);
- **vodupojnost obloge** ne smije prelaziti 6 % za obloge koje se postavljaju na izolacijske ploče od EPS-a i 3 % za obloge koje se postavljaju na izolacijske ploče od mineralne vune.

Prirodni i umjetni kamen

Zahtjevi za ove materijale su jednaki kao i za keramičke pločice. U slučajevima kad su za kamene obloge zadovoljeni uvjeti navedeni za keramičke obloge, one se mogu koristiti u skladu s ovim smjernicama. Za sve ostale slučajeve potrebno je konzultirati stručne službe proizvođača kamenih obloga i ETICS-a i obvezno se pridržavati njihovih uputa.

Ovi materijali se u pravilu koriste (režu) u većim debljinama i njihova primjena na toplinsko-izolacijske sustave povećava površinsko opterećenje na podlogu. Ako površinsko opterećenje prelazi gore navedenu granicu (35 kg/m²), primjena obloga od prirodnog ili umjetnog kamena postaje restriktivna, pogotovo stoga što ne postoji tehnička regulativa u RH za primjenu navedenih materijala na ETICS.

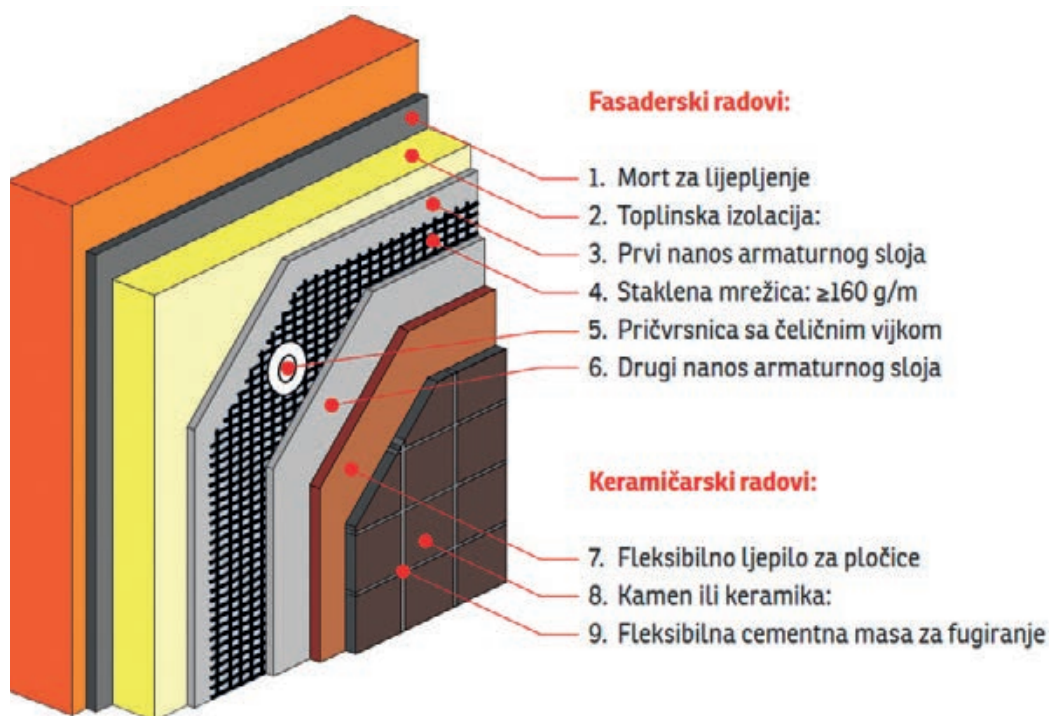
II. Izvođenje

Budući je riječ o specifičnom ETICS sustavu s vrlo visokim rizikom od građevinskih šteta, izvođenje je potrebno provesti posebno pažljivo i povjeriti ga isključivo pouzdanim izvođačima.

Podloga za ETICS sustave s kamenom ili keramičkom oblogom mora biti dovoljno nosiva kako bi preuzela težinu sustava. Za ETICS sustav s kamenom ili keramičkom oblogom pogodne su sljedeće podloge:

- beton čvrstoće veće od C16/20;
- puna i šuplja opeka s ili bez sloja žbuke;
- šuplji i puni blokovi (blokovi od letećeg pepela i agregata).

Ostale podloge, kao što su porobeton, cementno vezani blokovi s drvenom strugotinom, betonskom jezgrom, s ili bez integrirane dodatne izolacije, drvene podloge, suho-montažne ploče (gips-vlaknaste, cementne i sl.), starogradnja i/ili postojeće ožbukane podloge, postojeći ETICS sustavi, **nisu pogodne za nanošenje ovakvih sustava.**



Slika 3-138 Struktura ETICS sustava s oblogom [148]

Specifičnosti fasaderskih radova

Za ove sustave smiju se koristiti sljedeći toplinsko-izolacijski materijali:

- ploče i lamele mineralne vune (MW),
- ploče ekspaniranog polistirena (EPS),
- ploče ekstrudirane polistirenske pjene (XPS), ali samo za područje podnožja i prskanja vodom.

Za sustave na osnovi drugih toplinsko-izolacijskih materijala ne postoje iskustva i ne preporučuje se njihova primjena za ove obloge.

Smiju se koristiti **samo praškasti polimer-cementni mortovi za lijepljenje**, a minimalna pokrivenost ploče ljepilom (u slučaju nanošenja ljepila po rubu i točkasto u sredini) nakon pritiska ploče na podlogu iznosi 60 %. **Zabranjena je upotreba pastoznih mortova.**

Kako bi se smanjilo opterećenje na podlogu uslijed sidrenja pričvrsnice, najveća **dopuštena debljina toplinske izolacije je 20 cm.**

Daljnja pravila vrijede kao i kod uobičajenih ETICS sustava!

Sam postupak se stoga neće ponavljati, obzirom da je opisan za slučaj ETICS sustava sa završnom žbukom, već će se ovdje istaknuti samo razlike i specifičnosti:

- U svježi mort se utiskuje staklena mrežica odozgo prema dolje laganim pritiskom gladilicom uz preklap od najmanje 10 cm. Gustoća staklene **mrežice mora biti $\geq 160 \text{ g/m}^2$** .
- Postavljanje pričvrsnica kod sustava s kamenom ili keramičkom oblogom uvijek se provodi tako da je **rozeta pričvrsnice iznad staklene mrežice**, tj. postavlja se neposredno nakon utiskivanja mrežice u svježi prvi nanos morta za armiranje.
- Pričvrsnica mora biti **isključivo s čeličnim vijkom** promjera rozete $\geq 60 \text{ mm}$. Kako bi se težina obloge mogla učinkovito prenijeti u podlogu, duljina sidrenja čeličnog vijka mora biti, ovisno o vrsti podloge, od 25 do 65 mm, odnosno prema preporuci proizvođača.
- S obzirom na to da se postavljanje pričvrsnica izvodi kroz mrežicu, **moгу se koristiti obje sheme T i W**, a kod sustava s lamelama mineralne vune nije potrebno koristiti dodatnu rozetu širine 140 mm. Radi poštivanja pravila da pričvrsnica mora prolaziti kroz sloj morta za lijepljenje, preporučuje se, prije postavljanja pričvrsnica, iscrtati shemu postavljenih ploča.
- **Drugi nanos morta za armiranje** potrebno je **naniјeti unutar 24 sata** od umetanja mrežice koja mora biti prekrivena barem 1 mm mortom za armiranje. **Pozicija mrežice mora biti u gornjoj trećini sloja.**
- **Vrijeme sušenja** armaturnog sloja prije lijepljenja kamena ili keramike je **najmanje 7 dana**.
- Ukupna debljina armaturnog sloja mora biti **između 5 i 8 mm**.

Specifičnosti keramičarskih radova

Obloga keramikom ili prirodnim/umjetnim kamenom lijepi se na očvrslu armaturni sloj nakon najmanje 7 dana sušenja. Tankoslojno fleksibilno cementno ljepilo za pločice (minimalni zahtjev je razred S1 prema HRN EN 12002) nanosi se metodom *floating–buttering*. Glatkom stranom gladilice treba naniјeti tanki sloj ljepila punoplošno na podlogu, a potom deblji sloj ljepila te ga pročešljati nazubljenom stranom gladilice. Isti postupak ponoviti na stražnjoj strani obloge. Tako pripremljena obloga čvrsto se pritisne na podlogu tako da se ostvari stopostotni kontakt obloge s armaturnim slojem. Višak ljepila u reški mora se odstraniti. Zub gladilice mora biti 6 mm za glatku, a 10 mm za profiliranu leđnu stranu obloge.

Fugiranje (Slika 3-139), keramičke obloge izvodi se nakon **najmanje 48 sati od lijepljenja** fleksibilnim cementnim masama za fugiranje prema preporuci proizvođača.

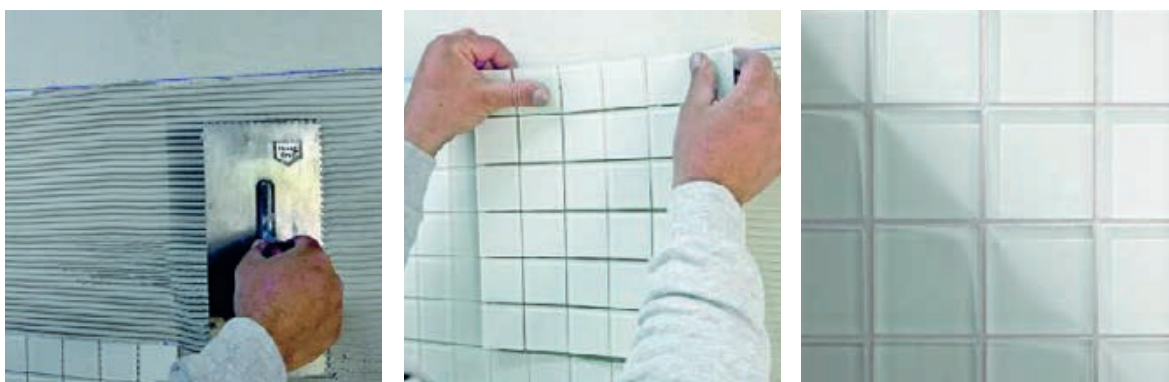
Kod planiranja izvođenja keramičkih obloga na ETICS sustave svakako mora biti predviđeno izvođenje detalja kao što su:

- reške,
- priključci i završetci,
- prodori.

Razdjelne reške (reške kojima se odvajaju dijelovi obložene površine kako bi se spriječile štete uzrokovane naprezanjem uslijed djelovanja higro-termičkih promjena i težine obloge) (Slika 3-139 b) potrebno je izvesti **trajno elastičnim fasadnim kitom** na okomitim razmacima od najviše 8 m, a vodoravnim 4 m.



a)



b)



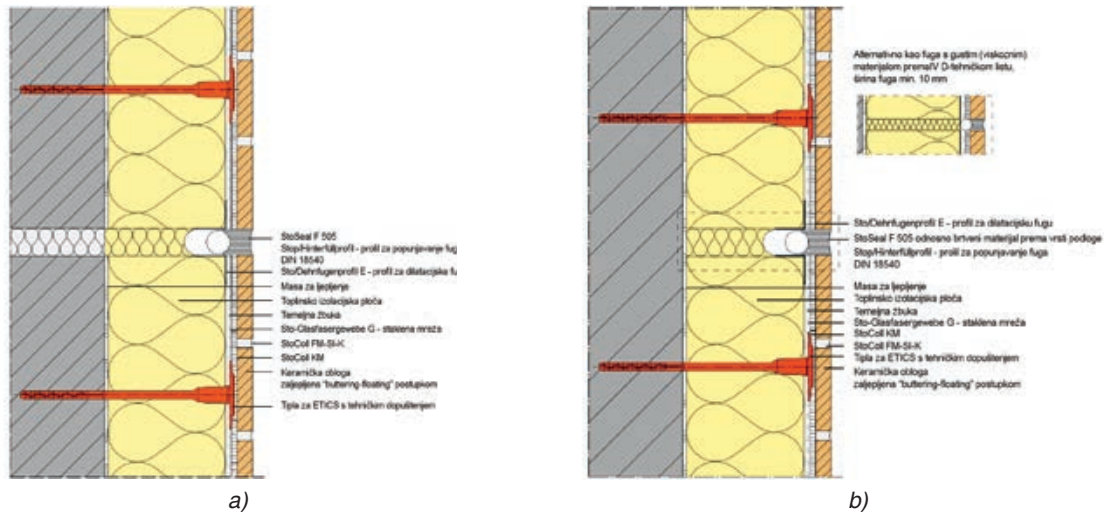
c)

Slika 3-139 Izvedba tvrde obloge na ETICS sustav: **a)** keramičke pločice; **b)** mozaik pločice; **c)** kamene ploče [9]

Širina razdjelne reške ovisi o vrsti i dimenziji obloge (u pravilu od 3 do 12 mm). Razdjelne reške potrebno je izvesti i na uglovima zgrade. Na pretanko izvedenom armaturnom sloju takve reške uzrokovat će štete.

Dilatacijske reške objekta (Slika 3-139 a) moraju se prenijeti **kroz cijeli ETICS sustav** u završnu oblogu pomoću odgovarajućeg dilatacijskog profila.

Izvedbom **elastičnih reški**, npr. na uglovima objekta u samim keramičkim oblogama, mogu se izbjeći lokalna naprezanja koja uzrokuju pojavu pukotina. Svi priključci i završetci izvode se primjenom odgovarajućih profila ili trajno elastičnim fasadnim kitom.



Slika 3-140 Dilatiranje ETICS sustava s keramičkom oblogom: **a)** dilatacijska reška; **b)** razdjelna reška [9]

Najčešće greške uzrokovane su:

- pogrešnim izborom obloge (dimenzije, debljina, boja, vodoupojnost itd.);
- nepoštivanjem posebnosti izvedbe ETICS sustava za oblaganje kamenom ili keramikom (npr. nekorištenje pričvrsnice s čeličnim vijkom itd.);
- prevelikim površinama bez izvedbe razdjelnih reški;
- izvedbom neelastičnih priključaka i završetaka;
- nepravilnim lijepljenjem i/ili fugiranjem obloga (npr. bez pristupa “*loating-buttering*”, bez reški itd.);
- primjenom neodgovarajućih materijala (npr. nefleksibilno ljepilo ili masa za fugiranje);
- nepoštivanjem vremena sušenja kod pojedinih faza izvođenja;
- nepoštivanjem općih važećih pravila struke.

Procjena gotove površine sustava

Ravnost i pravokutnost površina fasada se određuje u skladu s normom HRN DIN 18202. Izmjerene vrijednosti ravnosti površina ne smiju biti veće od onih definiranih u *Tablici 3-10*:

Razmak mjernih točaka [m]	0,1	1	4	10	≥ 15
Dozvoljene vrijednosti za gotove površine zidova i podglede [mm]	3	5	10	20	25

Tablica 3-10 Kriterij za ravnost površine gotovog ETICS sustava

Izmjerene vrijednosti za pravokutnost površina trebaju odgovarati dopuštenim vrijednostima danim u *Tablica 3-11*:

Razmak mjernih točaka [m]	$\leq 0,5^*$	$> 0,5$	> 1	> 3	> 6	> 15	> 30
		≤ 1	≤ 3	≤ 6	≤ 15	≤ 30	
Dozvoljene vrijednosti za okomite, vodoravne i nagnute površine [mm]	3	6	8	12	16	20	30

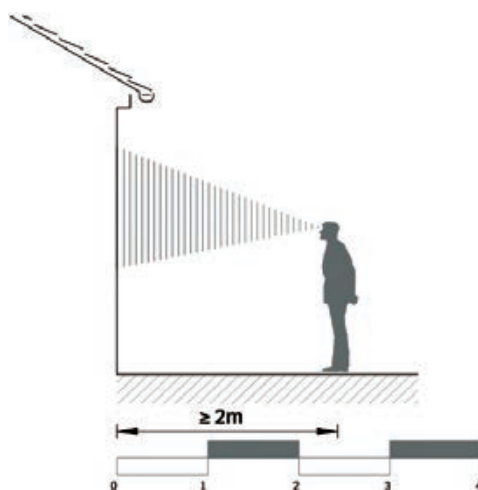
* dozvoljene vrijednosti za razmak mjernih točaka do 1 m nisu regulirane normom HRN DIN 18202. Stručna literatura za razmak do 0,5 m preporučuje vrijednost 3 mm.

Tablica 3-11 Kriterij za pravokutnost površine gotovog ETICS sustava

Zbog specifičnosti građevine mogu se zahtijevati i strože vrijednosti od normiranih, ali se one moraju prethodno regulirati ugovorom i u pravilu rezultiraju višom cijenom izrade.

Ocjenjivanje nijanse i strukture gotove površine provodi se s udaljenosti od nekoliko metara (u pravilu 2 - 4 m) od fasade, a ne iz neposredne blizine, okomito na površinu fasade (ne iskosa) (*Slika 3-141*). Neujednačenosti ne smiju biti vidljive kod normalnog izvora svjetla (ne koso položenog).

Usporedba strukture i nijanse gotove fasade s unaprijed izvedenim manjim uzorkom može se koristiti samo uvjetno jer uvjeti tijekom izrade uzorka i fasade nisu isti, npr. različiti vremenski uvjeti, izvođači, podloga itd.



Slika 3-141 Ocjenjivanje nijanse i strukture gotove površine

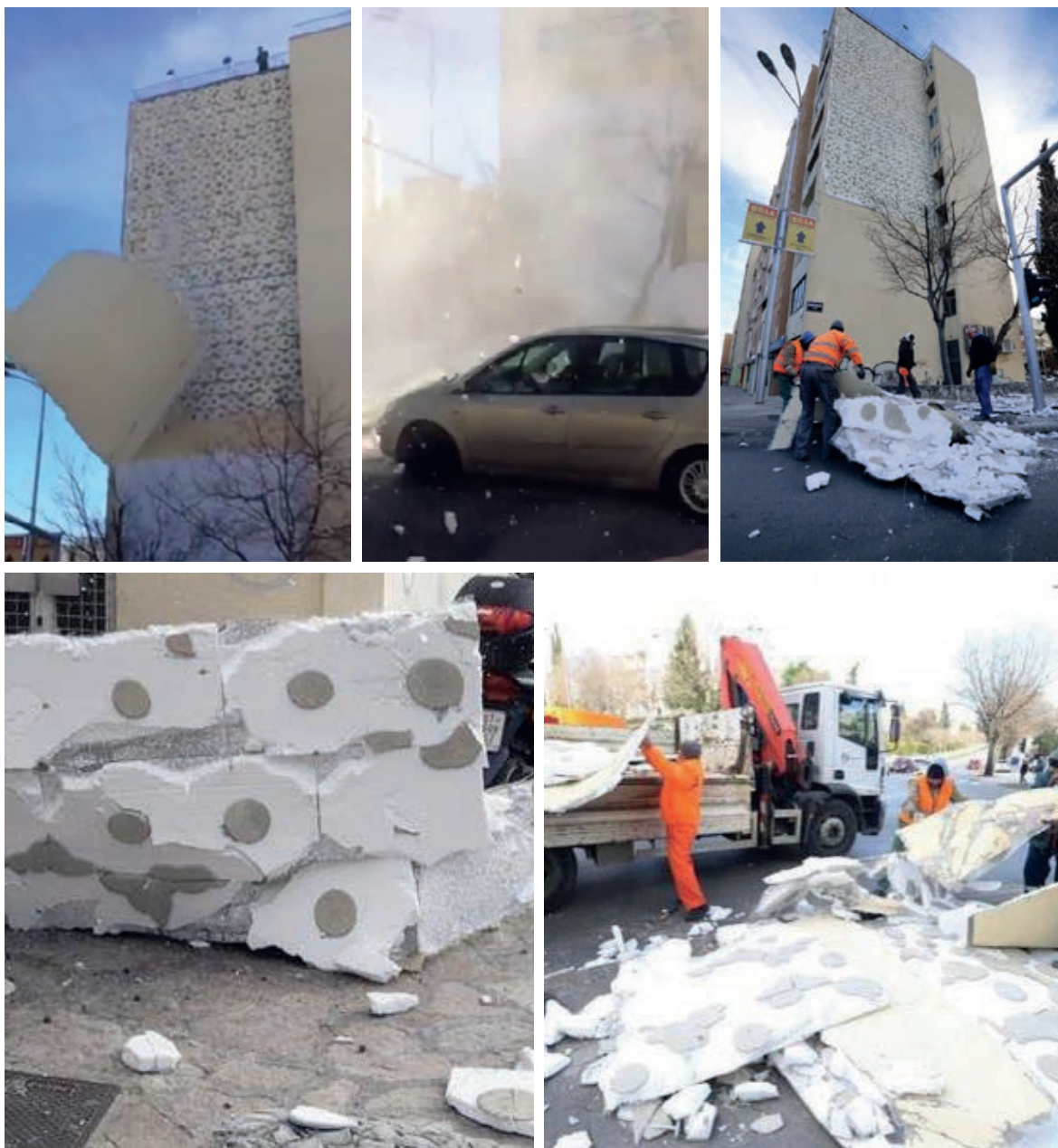
3.3.2 Greške pri izvođenju ETICS sustava

U daljnjem tekstu prikazane su najčešće greške u izvođenju ETICS sustava koje su rezultirale građevinskom štetom i/ili havarijama na zgradama. Komentari ispod slika proizašli su iz široj javnosti dostupnih informacija te fotografija predmetnih problema.

**Greške:**

- 1) "Točkasto" lijepljenje ploča:
 - Premala kontaktna površina između ljepila i ploče
 - Pogoršanje toplinske izolacije
 - "Efekt dimnjaka", zrak cirkulira iza ploče
 - Deformiranje ploče uslijed higrotermičkih utjecaja
- 2) Nedostatak pričvrsnica:
 - Stara fasada (obnova)
 - Visina >20 m
- 3) Neodgovarajuće ljepilo

Slika 3-142 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav, Vukovar, svibanj 2010. [150]

**Greške:**

- 1) "Točkasto" lijepljenje ploča
- 2) Neodgovarajuće ljepilo
- 3) Nedostatak pričvrsnica:
 - Stara fasada
 - Visina >20 m
 - Brzine vjetra >30 m/s (>108 km/s)

Slika 3-143 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav, Split, 9. veljače 2015. [151], [152], [153]

**Greške:**

- 1) "Točkasto" lijepljenje ploča
 - Premala kontaktna površina između ljepljiva i ploče
- 2) Neodgovarajuće ljepljivo
- 3) Nepravilno postavljanje pričvršnica:
 - Visina >20 m
 - Brzine vjetrova >30 m/s (>108 km/s)

Slika 3-144 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav, Rijeka, 5. ožujak 2015. [154]



Greške:

- 1) Loše pričvrsnice (mekane)
- 2) Nedovoljno ljepila
- 3) Nepravilna pozicija pričvrsnica
- (treba W-shema, a korištena T-shema)

Slika 3-145 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav, Split 2012.



Greške:

- 1) "Točkasto" lijepljenje ploča
- Premala kontaktna površina između ljepila i ploče
- 2) Neodgovarajuće ljepilo i mort armaturnog sloja
- 3) Nedostatak pričvrsnica na betonskoj podlozi

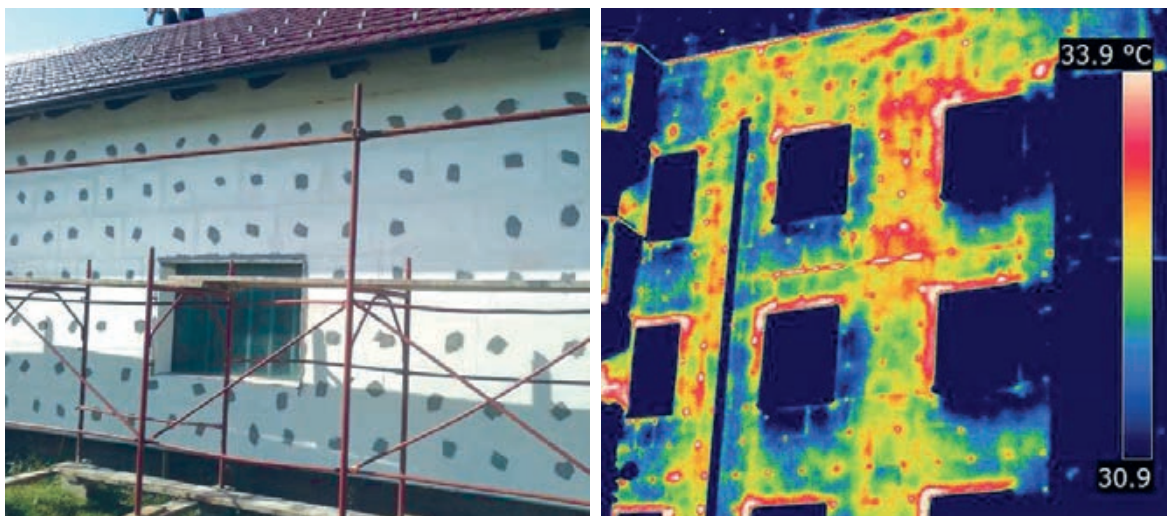
Slika 3-146 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav, Poljoprivredni fakultet Vlasenica, BiH, studeni 2012. [9]

**Greške:**

- 1) "Točkasto" lijepljenje ploča
- 2) Neodgovarajuće ljepilo i mort armaturnog sloja
- 3) Loša kvaliteta pričvrsnica
- 4) Kako prepoznati lošu pričvrsnicu?
 - Mekan tanjur
 - Mekan trn koji se lako savija
 - Ne postoji tehničko dopuštenje prema ETAG 014
 - Loša nosivost na podlozi (proba na gradilištu)

Slika 3-147 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav [9]



**Greške:**

- 1) Nedovoljan broj pričvrsnica
- 2) Neodgovarajuća shema mehaničkog pričvršćavanja
- 3) Loša izvedba kuta prozora
 - poklapanje fuge i linije otvora
 - mort u fugi
- 4) Termogram prikazuje toplinske mostove koji se pojavljuju zbog
 - loše izvedbe pričvrsnica na fasadi, položaja tanjura pričvrsnice
 - činjenice da se u fugama nalazi mort

Slika 3-148 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav [9]

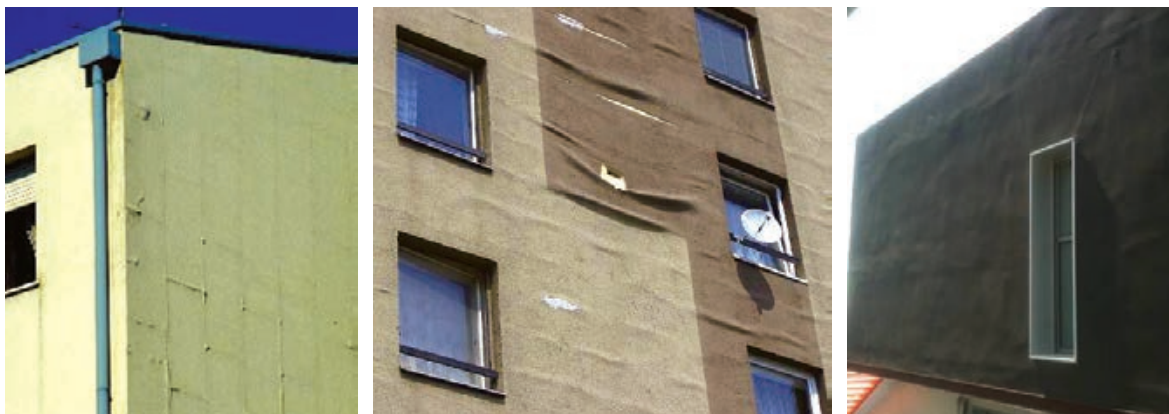


Slika 3-149 Neodgovarajuće postavljanje ploča toplinsko izolacijskog materijala [155], [156]

**Greške:**

- 1) Nepostojanje mehaničkog pričvršćenja
- 2) Iskrivljenje ploča toplinske izolacije
- 3) Ukoliko su ploče toplinske izolacije samo lijepljene postoji latentna opasnost od njihovog iskrivljenja
- 4) Iskrivljenje zbog
 - nemogućnosti širenja na spojnica
 - dodatno pričvršćenje u području spojnica ploča, kao i na sredini ploča smanjuje rizik od pucanja završne žbuke
 - pritiska vodene pare ispod sloja toplinske izolacije

Slika 3-150 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav [9], [157], [158], [159]



a) ljuštenje (eksfolijacija) završne žbuke

b)

c) boranje završne žbuke

Greške:

Ljuštenje (eksfolijacija) završne žbuke

- 1) Može biti lokalizirana oko sljubnica ploča toplinske izolacije ili može obuhvatiti cijelu površinu ploče.
- 2) Vjerojatni razlozi pojavljivanja:
 - pretanki armaturni sloj
 - krivi vodo-cementni omjer
 - loši vremenski uvjeti tijekom izvođenja.

Boranje završne žbuke

- 3) Glavni je uzrok temperaturni rad izolacijskih ploča uslijed vanjskog djelovanja.

- 4) Dodatni je uzrok upijanje vode od strane oba materijala (žbuka i izolacija) što smanjuje prijanjanje između izolacijskog materijala i žbuke.
- 5) Ovaj mehanizam omogućuje dodatni ulazak vode u slojeve sustava do trenutka dok ne dođe do rušenja.
- 6) slučaj na slici c) nastao je zbog obrnute instalacije dvoslojnih izolacijskih ploča,
 - sloj veće gustoće okrenut je prema zidu, a sloj manje gustoće prema van

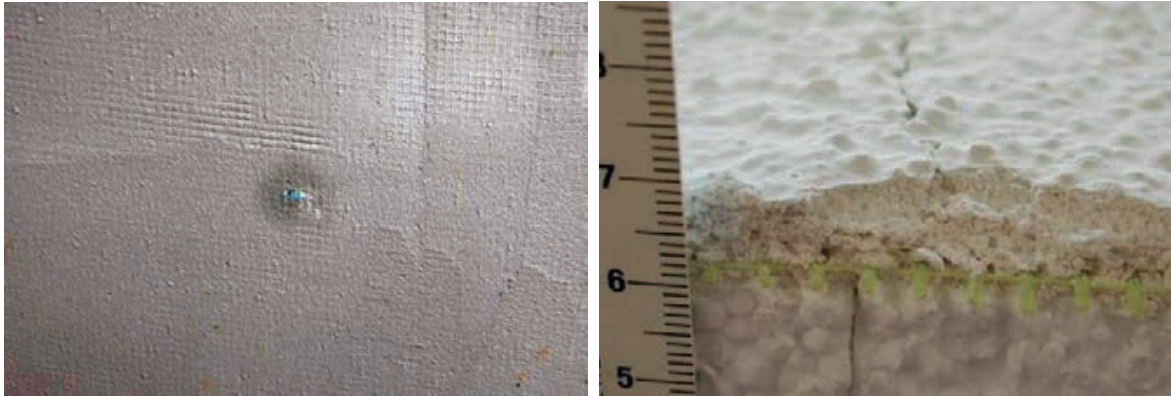
Slika 3-151 Ljuštenje (eksfolijacija), boranje završne žbuke [160], [161], [162]



Greške:

- 1) Popucala završna žbuka
- 2) Uzrok: Higrotermičke deformacije sustava

Slika 3-152 Neodgovarajuće ugrađen ETICS sustav

**Greške:**

1) Pokazatelji pretanog armaturnog sloja:

- vidljiv obris mrežice
- ugiba se pod pritiskom prstom
- potrošnja morta za armiranje $< 5 \text{ kg/m}^2$
- vidljive pozicije pričvrsnica

2) Važna napomena:

- Armaturni sloj daje cijelom sustavu mehaničku čvrstoću i otpornost.
- Manje potrošnje od preporučenih od strane proizvođača upućuju na pretanak sloj.

Slika 3-153 Pretanak armaturni sloj [9]**Greške:**

1) Pretanak armaturni sloj

2) Oštećenja od tuče:

- Pretanak sloj ljepila
- Loše pozicionirana mrežica
- Loša kakvoća morta za armiranje

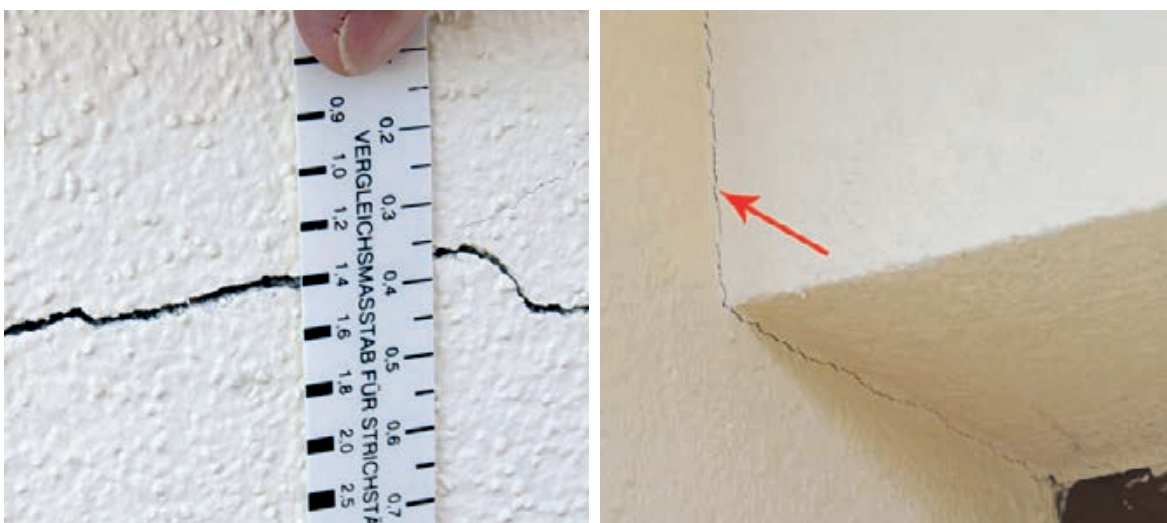
Slika 3-154 Pretanak armaturni sloj [9]



Greške:

- 1) Neodgovarajuća instalacija i brtvljenje prozorske klupčice
 - bez sloja toplinske izolacije ispod klupčice
 - bez slojeva za brtvljenje ispod klupčice
 - bez brtvene trake na spoju klupčice i žbuke
- 2) Aluminij se zagrijavanjem isteže. Ako se ovo toplinski uvjetovano istežanje prozorske klupčice po dužini ne izjednači pomoću elastičnih elemenata, to će dovesti do naprezanja i pukotina u žbuci.
- 3) Trajno ulaženje vode zbog pogrešno izvedene prozorske klupčice.
 - Posljedica: prag od punog drveta se već nakon nekoliko godina raspao od vlage.

Slika 3-155 Ugradnja prozorske klupčice [163], [9]



**Greške:**

- 1) Pukotine uslijed koncentracije naprezanja na uglovima zidnih otvora kao posljedica nepostojeće dijagonalne armature:
 - nedostatak dijagonalnog armiranja;
 - loše pozicionirana dijagonalna mrežica;
 - staklena mrežica previše je udaljena od kuta;
 - kut nije $\approx 45^\circ$.

Slika 3-156 Pukotine [158], [146]

**Greške:**

- 1) Ako se odabere pogrešna letvica za spoj žbuke i stolarije s nedovoljnim kompenziranjem kretanja, tada postoji rizik odvajanja od prozorskog okvira. U tom slučaju voda može prodrijeti u sustav i prouzročiti posljedne štete.
- 2) Oštećenja od vlage kao posljedica nekontroliranog odvođenja vode, loša okapnica.

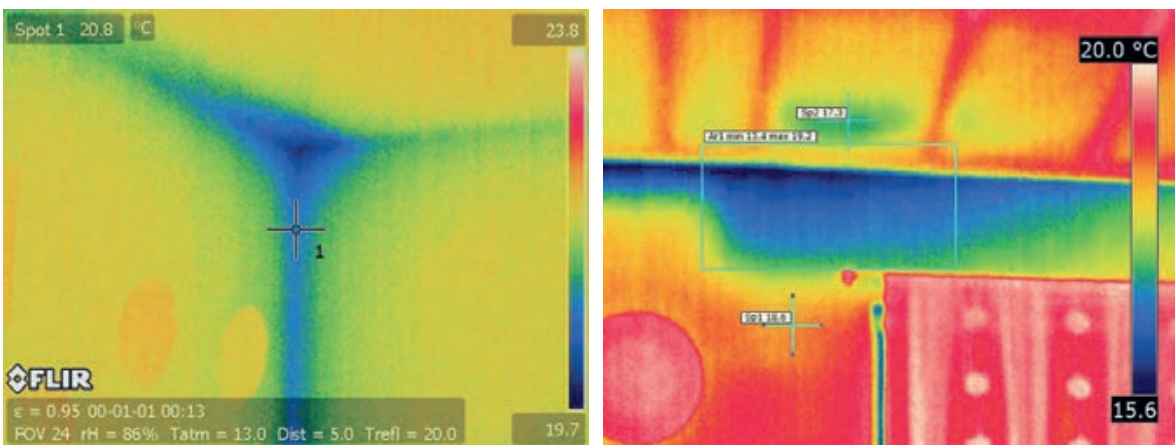
Slika 3-157 Neodgovarajuća izvedba rubova i uglova [9], [146]



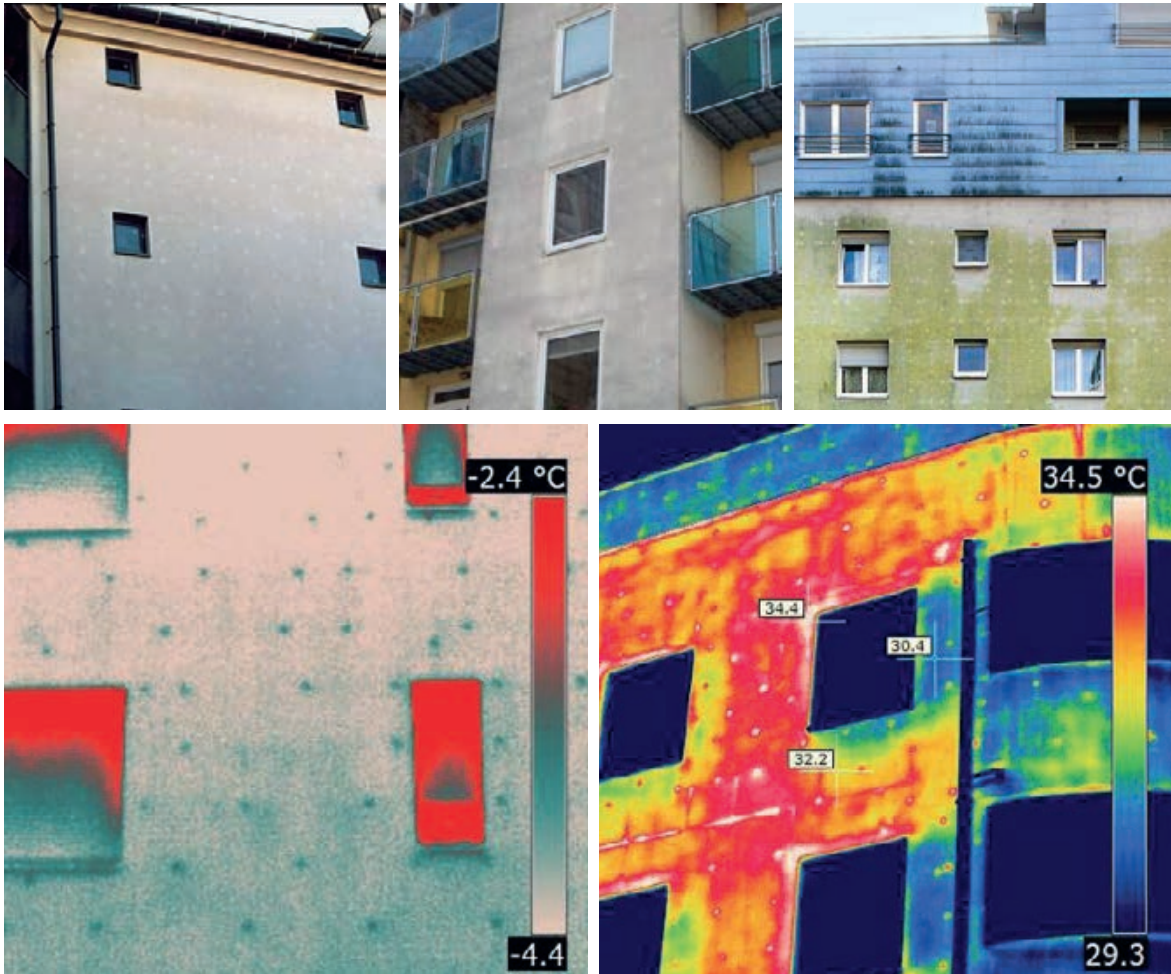
Slika 3-158 Djelomično oljuštena završna žbuka ETICS sustava, porozna struktura žbuke [158], [146]



Slika 3-159 Loše izvedeni i nezabrtvljeni prodori ETICS sustava [158], [164], [165]



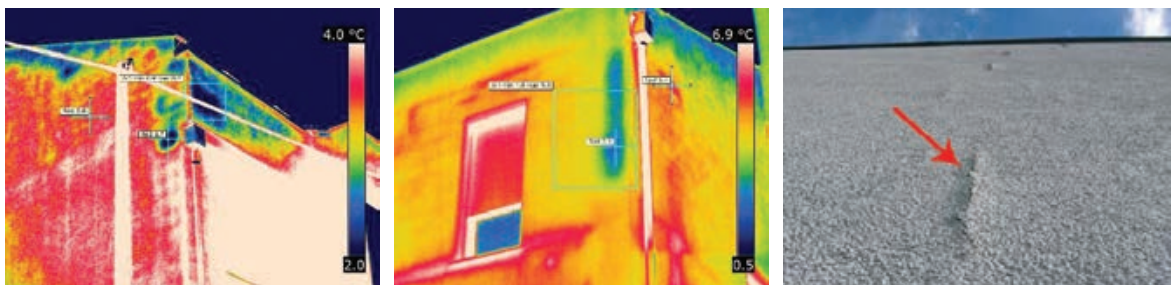
Slika 3-160 Toplinski mostovi [146]



Greške:

- 1) Ako se tiple ne postave bez toplinskih mostova ili se postave pogrešno, glave topli ocrtavat će se na fasadi.
- 2) Pričvrsnice preduboko u izolacijskom materijalu.

Slika 3-161 Ocrtavanje pričvrsnica na gotovoj fasadi [146], [166], [167]



Slika 3-162 Kod nestručnog spajanja atike oborinska voda može prodrijeti u ETICS sustav zbog djelovanja tlaka vjetra na nju i pritom prouzročiti oštećenja [146]



Slika 3-163 Posljedica difuzije vodene pare zbog loše ugradnje ploča EPS-a u ETICS sustav [168]



Rješenja:

- 1) U zonama povećanih mehaničkih opterećenja koristiti dvostruko armiranje, po mogućnosti s "pancer" mrežicom
- 2) Koristiti ETICS sustav s kamenom/ keramičkom oblogom

Slika 3-164 Mehanička oštećenja ETICS sustava, oštećenje od tuče [146], [169]



Slika 3-165 Pojava algi na završnom sloju ETICS sustava s vremenom, pogotovo na rubu gdje nema okapnice; dolazi do odvajanja žbuke zbog kiše koja stalno kaplje.



Alge – zelene, plave ili crvene boje

Gljivice – crna i siva boja

Slika 3-166 Pojava algi i gljivica [9], [161], [170]

Pojava algi i gljivica estetske je prirode te ne utječe na funkcionalnost sustava. Pojava se ne može u potpunosti spriječiti već samo usporiti i to:

građevno – tehnološkim mjerama:

- značajke završnog sloja – vodoupojnost, paropropusnost, struktura, nijansa završnog sloja, dodaci (biocid)...;
- ne nanositi sustav na vlažne i/ili nedovoljno suhe podloge;
- materijale kod skladištenja štititi od oborina;
- reške kod zidova (tijekom zidanja) u potpunosti ispuniti mortom;
- zaštititi zidove od vlaženja pri dužim prekidima u izvođenju;

lokacijom objekta:

- povećati razmak od zelenila;
- zaštićen položaj.

konstrukcijskim detaljima:

- veće strehe;
- pravilna izvedba podnožja;
- zaštita od prskanja;
- odvodnja oborinskih voda.

Sanacija se provodi prema sljedećim koracima:

1. Pažljivo čišćenje fasade (pritisak vode i kut prskanja)
2. Sušenje
3. Obrada biocidnim sredstvom
4. Pranje i sušenje
5. Obrada biocidnim sredstvom



Slika 3-167 Sanacija pojave algi i gljivica [171], [172]



Slika 3-168 Oštećenje uslijed požara, izgled ETICS sustava nakon realnog požara EPS-a i mineralne vune (ispitivanje prema BS 8414) [173], [9], [174], [146]

PITANJA ZA UČENJE:

1. Koja je funkcija toplinsko-izolacijskog materijala?
2. Koji je najbolji položaj toplinske izolacije fasadnog zida?
3. Što su to toplinski mostovi i gdje na fasadnom zidu se najčešće javljaju?
4. Počevši od zida, navedite slojeve ETICS sustava.
5. Kako se toplinsko-izolacijske ploče pričvršćuju na zid?
6. Nabrojite materijale koji se koriste za izradu toplinsko-izolacijski ploča fasadnog sustava?
7. Da li fuge između ploča toplinske-izolacije smiju biti ispunjene ljepilom i zašto?
8. Da li fuge toplinsko-izolacijskog ploča smiju biti u liniji s rubovima otvora?
9. Kako se izvodi postavljanje ploča toplinske-izolacije u 2 sloja?
10. Kako se izravnavaju neravnine nastale na dodirima pri postavljanju ploča prije izrade armaturnog sloja?
11. Čemu služi i opišite način postave armaturne mrežice.
12. Kad se, kako i u kojoj debljini na mrežicu nanosi 2. sloj žbuke?
13. Kakve sve fasadne žbuke se mogu upotrijebiti za izvedbu završnog fasadnog sloja?
14. Što je perimetarna izolacija?
15. Na što treba paziti kod izrade završne fasadne žbuke?
16. Kako se ojačavaju rubovi, špalete, prozorske klupčice, dilatacije na spojevima toplinsko-izolacijskih ploča?
17. Koji neprijatelji napadaju fasade?
18. Na kojim građevinama se najčešće pojavljuju gljivice i algi na fasadi?
19. Koje su mjere zaštite od nastanka gljivica i algi na fasadama?
20. Kada je potrebno uz lijepljenje ploča/lamela, sustav dodatno mehanički učvrstiti pričvršnicama?

3.4 UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE

Vanjska stolarija je kvalitetna i energetski učinkovita toliko koliko je kvalitetna i njezina ugradnja. Prije svega radi se o točnoj ugradnji bez zrakopropusnih mjesta uz obod vanjske stolarije i po mogućnosti s neposrednom vezom na sloj materijala za toplinsku zaštitu zida te pravilan način prirodnoga prozračivanja prostora. Trenutačno u graditeljstvu prevladava klasičan način ugradnje vanjske stolarije s pomoću poliuretanske pjene, prekrivnih letvica i silikonskoga kita. Dosadašnji standardni način ugradnje stolarije podrazumijeva ugradnju pomoću specijalnih turbo vijaka kojima se okvir stolarije pričvršćuje na građevinsku konstrukciju te PUR-pjene kojom se ispunjava međuprostor između okvira stolarije i zida (*Slika 3-170*). Taj međuprostor se iznutra najčešće prekriva gips-vapnenom žbukom, a izvana izolacijskom fasadom.

Upravo u tom međuprostoru, zbog često neodgovarajuće izvedenog spoja, dolazi do gubitaka topline (*Slika 3-169*) i velike koncentracije vlage koja kao vodena para dolazi iz prostora u kojem boravimo. Za ilustraciju, u roku 24 h, kroz otvor reške širine 1mm i duljine 1m (koja nije paronepropusno izolirana s unutarnje strane) kondenzira se otprilike 360 g vode u građevni element odnosno zid. Kondenzacija vlage odvija se na temperaturi od 9,3°C, a ista često dovodi do pojave plijesni, gljivica, truleži ili čak curenja vode iz zida ispod ugrađene stolarije. Gljivice uzrokuju iznimno lošu mikroklimu životnog prostora, te mogu biti štetne za zdravlje.

Za te pojave najčešće se okrivljuju proizvođači i ugrađivači stolarije, a kao razlozi se navode prevelika propusnost brtvi na stolariji ili neispravno izrađena stolarija.

Kako bi se to spriječilo te povećala ušteda energije, **preporučuje se ugradnja stolarije prema RAL – smjernicama:**

- spoj stolarije i zida (međuprostor) treba održati suhim;
- prozor treba pozicionirati na pravilnu liniju izoterme;
- naročito s unutarnje strane treba spriječiti protok vodene pare u izolaciju (paronepropusnost iznutra prema međuprostoru);
- s vanjske strane treba spriječiti ulazak tekuće vode ili proboj kiše (vodonepropusnost izvana prema međuprostoru);



Slika 3-169 Gubici topline kroz otvore [175]



Slika 3-170 PUR pjena [176]

- osigurati nesmetani izlazak vodene pare iz međuprostora u atmosferu (paropropusnost iz međuprostora prema van).

Kako bi se zadovoljile smjernice, do sada su se razvila četiri sustava brtvljenja: sustav brtvljenja pomoću folija i ekspandirajuće brtve, sustav brtvljenja pomoću folija, sustav brtvljenja pomoću brtvenih folija i sustav brtvljenja pomoću RAL PVC folija.

3.4.1 Sustav brtvljenja pomoću folija i ekspandirajuće brtve

Na vanjskom dijelu stranice okvira prozora okretno prema zidu, lijepi se ekspandirajuća brtva, a s unutarnje strane okvira prozora lijepi se folija. Nakon ugradnje prozora ekspandirajuća brtva, na vanjskoj strani okvira, popunjava i brtvi međuprostor između zida i okvira prozora, a ostatak međuprostora ispunjava se PUR pjenom. Nakon što se pjena osuši i odreže, s unutarnje strane se zaštićuje folijom, te je time osigurana od djelovanja vanjskih utjecaja (Slika 3-171).



Slika 3-171 Brtvljenje folijama i ekspandirajućom brtvom [177]

PUR (POLIURETANSKA) PJENA najbolji je toplinski izolator ($\lambda = 0,020 - 0,035 \text{ W/mK}$). Izlazeća pjena povećava volumen i očvršćuje s vlagom iz zraka. Nakon 15 minuta istisnuta pjena postaje neljepljiva na dodir. Višak istisnute pjene može se odrezati nakon 30-60 minuta, a potpuno očvršćuje nakon 1 do 5 sati. Vodonepropusna je, otporna na kemikalije, postojana na temperaturi do $130 \text{ }^\circ\text{C}$ i elastična. Dobro prianja na sve građevinske materijale (drvo, plinobeton, opeka, metal, aluminij) ali ne i na polietilen, silikon i teflon, te nije otporna na ultraljubičaste zrake. Za ugradnju stolarije koristi se jednokomponentna pjena. Koristi se i za ispunjavanje i brtvljenje otvora, reški, raspuklina, sustava za grijanje, instalacija i sl.

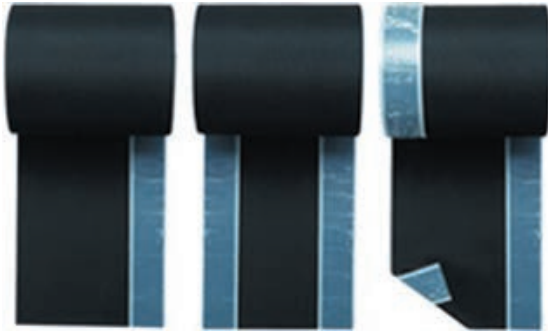
3.4.2 Sustav brtvljenja pomoću folija

Na okvir prozora se iznutra vodonepropusna vodo i paronepropusna folija (Slika 3-172), a izvana vodonepropusna/paropropusna folija (Slika 3-173).

Nakon ugradnje stolarije, na spoju elementa s objektom, postavlja se PUR-pjena koja se nakon sušenja odreže. Nakon toga, folije koje su na elementu lijepe se na zid (premazan temeljnim premazom) pomoću poliuretanskog kita i time je PUR-pjena zaštićena od vanjskih utjecaja (Slika 3-174).



Slika 3-172 Primjer pričvršćenja unutarnjih paronepropusnih traka na građevinski element [178]



Slika 3-173 Folije za brtvljenje [179]



Slika 3-174 Primjer brtvljenja folijom [179]

3.4.3 Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka

Korištenjem brtvenih traka s „3 u 1“ rješenjem moguće je postići zadane vrijednosti unutarnjeg i vanjskoga brtvljenja samo jednom trakom. Traka se pozicionira na stranicu okvira stolarije okrenutu prema građevnom elementu, punom širinom, te se time postiže odgovarajuća vodonepropusnost, paronepropusnost odnosno paropropusnost, ali i toplinska izolacija (Slika 3-175).



Slika 3-175 Brtvljenje pomoću brtvenih traka [178]

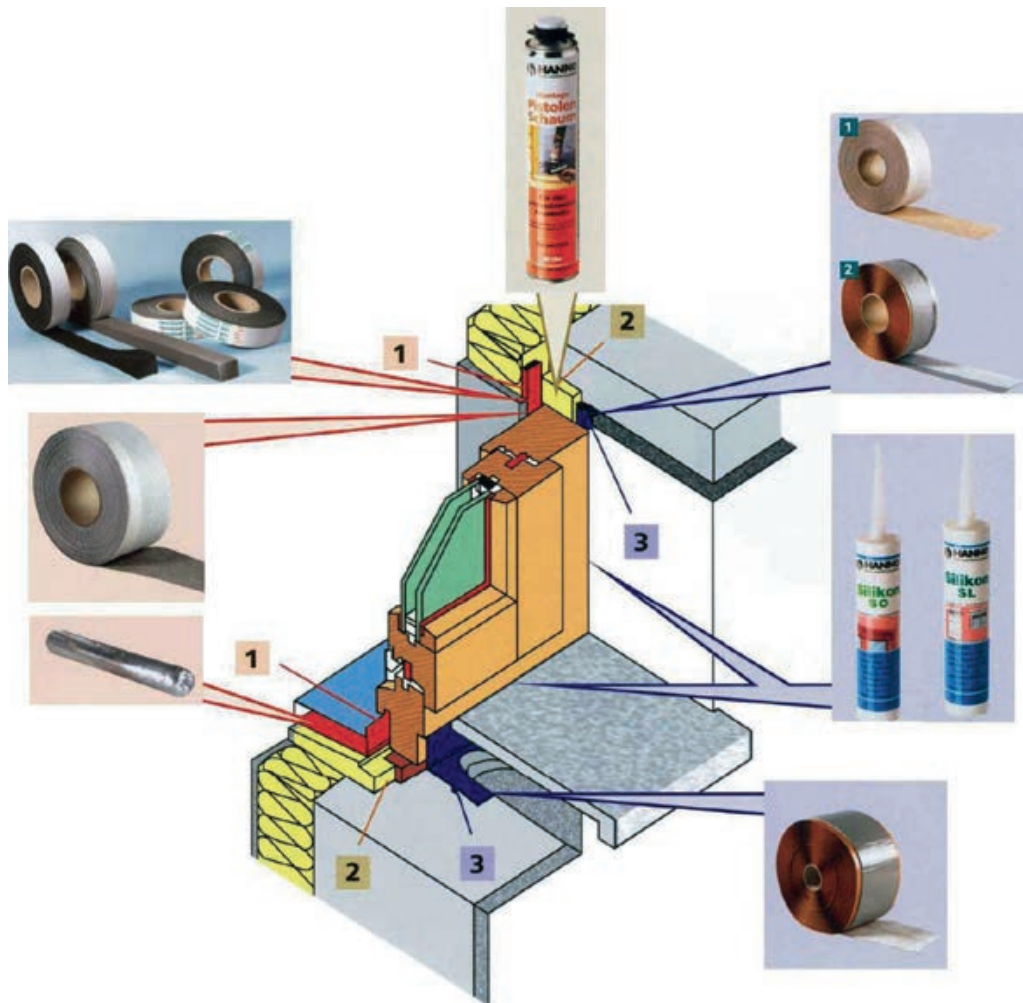
RAL montaža sukladna je preporukama za uštedu energije prema europski priznatim pravilima struke, propisima o toplinskoj zaštiti iz 1995. i ENEC 2002., RAL, DIN 4108, tehničkim smjernicama saveza udruga staklara, metalogradnje i stolara (Izvadak iz službenog tumačenja njemačkih propisa).

Iste smjernice preuzela je većina europskih zemalja i prilagodila lokalnim propisima.



Slika 3-176 Žbukanje zidarskih otvora [180]

Stolariju je potrebno ugraditi na pravilnu poziciju unutar špalete (kod niskoenergetskih kuća na vanjski rub zida, a kod pasivnih kuća, izvan zida tj. u toplinsku izolaciju fasade) (Slika 3-177). Kako bi se omogućila pravilna ugradnja, te ostvarila potrebna zrakonepropusnost prozora, potrebno je zidarski otvor (špaleta) pripremiti žbukanjem toplinskim mortom, naročito ukoliko se prozor ugrađuje u sloj toplinske izolacije (Slika 3-176).



Slika 3-177 Pravilna pozicija stolarije za ugradnju RAL montažom

3.4.4 Sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica

Na okvir prozora s unutarnje strane lijepi se vodo- i paronepropusna RAL letvica, a s vanjske strane vodonepropusna i paropropusna RAL letvica. RAL letvica osigurava uredan spoj fasade (žbuke) i prozora te omogućava nesmetano širenje i sužavanje prozora uslijed temperaturnih promjena, bez pucanja spoja fasade i elementa.

Letvice su konstruirane i profilirane tako da mogu prihvatiti razne materijale, pa postoje: letvice za klasičnu žbuku, fasadu od stiropora ili kamene vune (s mrežicom), za staklenu vunu i za gips-kartonske ploče (Slika 3-178).



Slika 3-178 Brtvljenje RAL PVC letvicama [179]

PITANJA ZA UČENJE:

1. Zašto je tako važna pravilna ugradnja prozora i vrata u fasadnom zidu“?
2. Kako se na klasičan način ugrađuje stolarija?
3. Do kojih pojava može doći kod klasičnog načina ugradnje?
4. Zašto u spoj stolarije i zida ne smije doći vlaga?
5. Koja je pravilna pozicija stolarije kod niskoenergetskih, a koja kod pasivnih kuća?
6. Kakva svojstva mora imati materijal kojim zaštićujemo stolariju s unutarnje strane prema međuprostoru?
7. Kakva svojstva mora imati materijal kojim zaštićujemo stolariju s vanjske strane prema međuprostoru?
8. Opišite 3 načina i materijale kvalitetne ugradnje stolarije danas.

3.5 PREDGOTOVLJENI SUSTAVI

3.5.1 Predgotovljeni betonski zidni paneli

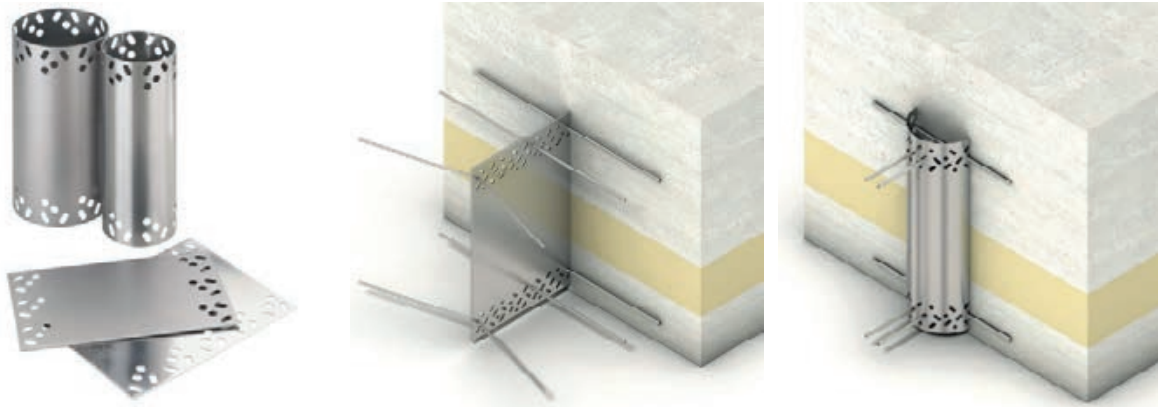
Predgotovljeni zidni paneli, kao i modularna gradnja pružaju nekoliko prednosti u usporedbi s klasičnom gradnjom (monolitnom gradnjom), a koje uključuju: veće standarde održivosti, bolju kakvoću gradnje, brži proces gradnje, poboljšane uvjete zaštite na radu, poboljšanu energetska učinkovitost tijekom korištenja, te smanjenu emisiju CO_{2eq} tijekom proizvodnje, gradnje i korištenja.

U slučaju predgotovljenih betonskih zidnih panela u usporedbi s laganim drvenim zidnim panelima do izražaja dolazi njihova toplinska masa, odnosno njihova sposobnost da akumuliraju toplinu u betonu tijekom razdoblja grijanja, te da nakon prestanka grijanja zbog toga održavaju temperaturu u prostoru. Na ovaj se način može smanjiti potrebna energija za grijanje zgrade, pogotovo u klimatskim uvjetima gdje dolazi do značajnih dnevnih promjena temperature vanjskog zraka. Posebno se ova prednost ističe u slučajevima kada na vanjskoj ovojnici zgrade postoji velika površina prozora, pri čemu se iskorištavaju dobici i zagrijavanje prostora od strane sunca. Neke analize pokazuju da lagana gradnja npr. drvenim predgotovljenim zidovima zahtjeva i do 33 % veću potrošnju energije u odnosu na masivnu gradnju betonom u slučaju hladnih klimatskih uvjeta (Gospić). Ova analiza je napravljena za slučaj potpuno jednakih U vrijednosti za građevne dijelove vanjske ovojnice zgrade, a promatrana je obiteljska kuća od 390 m² korisne površine.

S druge strane nedostatak gradnje korištenjem predgotovljenih betonskih zidnih panela u odnosu na predgotovljene drvene panele je njihova masa, te samim time troškovi prijevoza te troškovi same ugradnje na gradilištu zbog njihove mase. Ukoliko se uspoređuje emisija CO_{2eq} pri proizvodnji i transportu drvenih i predgotovljenih zidnih panela, vidljivo je da je emisija CO_{2eq} znatno niža u slučaju drvenih panela, s obzirom na negativni otisak drveta, u odnosu na pozitivni otisak proizvodnje cementa i agregata. Također, znatno manja masa panela doprinosi smanjenju emisija CO_{2eq} prilikom transporta panela.

Općenito se ugradnja predgotovljenih panela provodi od strane izvođača koji posjeduju iskustvo u gradnji pojedinim predgotovljenim sustavima te posjeduju ili imaju mogućnost iznajmljivanja odgovarajuće mehanizacije i opreme, kao i specijalizirane stručne radne snage. Pojedine tipove zgrada kod kojih postoji razrađen sustav trebaju, kad god je to moguće, izvoditi specijalizirani izvođači čime se povećava kakvoća procesa, smanjuje utrošak rada i energije, kao i trošak same investicije. Za izradu montažnih zgrada ne treba angažirati izvođače koji nemaju iskustva u izradi montažnih zgrada. Ovdje će biti prikazane samo najčešće vrste predgotovljenih panela koji sadrže sloj toplinske izolacije, te kratko opisane njihove specifičnosti vezane uz energetska učinkovitost, bez detaljnijeg ulaska u proces proizvodnje panela.

Klasični predgotovljeni betonski zidni paneli sastoje se od toplinske izolacije koja se nalazi između dva sloja betona, arhitektonski oblikovanog vanjskog završnog sloja i unutarnjeg nosivog ili samonosivog sloja. Dva betonska sloja (unutarnji i vanjski) u jedan sustav spajaju povezujući elementi koji se ubetoniraju u vanjski sloj betona, prolaze kroz sloj krute toplinske izolacije (EPS ili XPS) te se ubetoniraju u unutarnji nosivi sloj betona, pri čemu je potrebno smanjiti utjecaj točkastih toplinskih mostova umetanjem najčešće polietilenskih kapica (*Slika 3-179 - Slika 3-181*).



Slika 3-179 Vezni elementi, pločasti i cilindrični vezni elementi [181]



Slika 3-180 Vezni elementi, žičani vezni elementi [181]



Slika 3-181 Vezni element od termoplastičnih smola za smanjenje toplinskih mostova [182]

Unutarnji sloj betona se nakon ugradnje toplinske izolacije lijeva izravno na sloj toplinske izolacije kako bi se ostvario cjelokupni „sendvič“.

Vezni elementi moraju biti projektirani i dimenzionirani na način da oni mogu prenijeti sva opterećenja koja se u panelima javljaju tijekom proizvodnje, transporta i ugradnje panela, a da istovremeno budu sposobni prenijeti opterećenja nastala zbog temperaturnih promjena (naročito se to odnosi na vanjski završni sloj betona).

Ključne prednosti sendvič panela uključuju:

- ugrađuje se kao cjelokupni vanjski zid (jedinica) proizveden u tvorničkim uvjetima, uključujući i vanjski završni sloj, izolacijski sloj i unutarnji nosivi sloj (sa ili bez unutarnjeg završnog sloja);
- uključuje zabrtvljene reške između panela ili potpuno drenirane i ventilirane šupljine (slojeve) kojima se omogućuje pouzdana kontrola ventilacije zraka i isušivanja vlage koja se eventualno može javiti.

Općenito se može reći kako se betonski sendvič paneli rade s unutarnjim nosivim slojem debljine najmanje 100 mm, te vanjskim slojem od najmanje 60 mm (ukoliko se izvode u obliku predgotovljenog betona) ili 30 mm ukoliko se izvode od prirodnog kamena (npr. granita), a paneli s lažnim fugama mogu imati i deblji vanjski završni sloj.

Najosjetljivije područje u predgotovljenim betonskim panelima je sljubnica (reškama) između dva panela.

Broj i sam položaj sljubnica treba biti sveden na najmanju mjeru već kod projektiranja i rješavanja fasada kako bi se smanjila mogućnost popuštanja brtvila na spojevima, odnosno sami troškovi održavanja takvih fasada. Istovremeno, potrebno je odrediti ograničenja u smislu najvećih mogućih dimenzija panela, koja su uvjetovana proizvodnjom panela i njihovim manipuliranjem, kako u transportu tako i tijekom ugradnje.

Potrebno je naglasiti da se tijekom korištenja pokazalo kako su projektiranje i izvođenje sljubnica kao i njihov položaj i konfiguracija, jednako važni, ako ne i važniji od samih panela.

Ukoliko su dobro projektirani i izvedeni, korištenjem betonskih predgotovljenih zidnih panela može se postići izvrsna vanjska ovojnica zgrade koja uključuje kontinuiranu toplinsku izolaciju, zračnu barijeru kao i omogućiti ispravan higrotermalni proces (bez kondenzacije vodene pare).

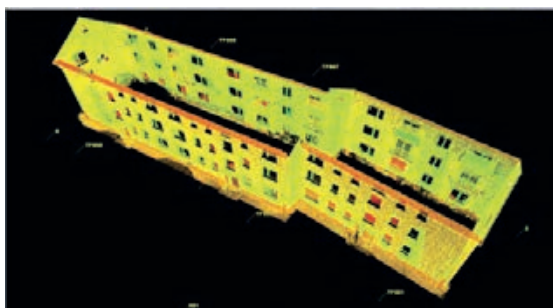
Kada se predgotovljeni paneli koriste za energetska obnova postojećih zgrada potrebno je ispravno procijeniti stanje zgrade koja će se obnavljati i ocijeniti primjenjivost predgotovljenih panela (drvenih ili betonskih) za njezinu obnovu. Analiza i ocjena rade se na osnovi cjelokupne geometrijske izmjere i ocjene stanja nosive konstrukcije zgrade. Iskustva prikupljena u provedenim pilot projektima slične obnove su pokazala brojne prednosti u smislu smanjenja troškova i rizika zbog detaljnog planiranja temeljenog na ovako provedenoj ocjeni postojeće zgrade.

Pri ocjeni stanja postojeće zgrade potrebno je provesti sljedeće radnje (*Slika 3-182 i Slika 3-183*):

- detaljno snimanje geometrije zgrade (3D skeniranje ili druge metode);
- cjelokupnu analizu geometrije (nejednolikosti u ravnini zidova, za određivanje debljine izravnavajućeg sloja);
- ocjenu stanja i nosivosti konstrukcije postojeće zgrade.

Pri ocjeni postojeće zgrade potrebno je dobiti sljedeće informacije:

- položaj, raspone i dimenzije svih nosivih dijelova konstrukcije postojeće zgrade;
- upotrijebljene materijale (sastave i informacije o slojevima);
- tlačnu čvrstoću betona (često na temelju valjaka izvađenih iz konstrukcije);
- sile čupanja (na temelju ispitivanja čupanja vijaka iz postojeće konstrukcije);
- položaj postojeće armature;
- zahtjeve koji su postavljeni na zgradu u smislu očuvanja kulturne baštine.



Slika 3-182 Podaci o geometriji postojeće zgrade prikupljeni 3D skeniranjem [183]



Slika 3-183 Ispitivanje čvrstoće prionjivosti postojećeg zida korištenjem metode pull-off [56][181]

Postojeće stanje zgrade uvjetuje mogućnosti primjene predgotovljenih betonskih ili drvenih panela pri njezinoj energetskej obnovi, te radove koje je potrebno provesti prije početka obnove. Ukoliko postoji oštećenje postojeće konstrukcije, ono mora biti sanirano, a konstrukcija ojačana prije same obnove.

3.5.2 Predgotovljeni betonski zidni paneli – tip ECO-SANDWICH®

ECO-SANDWICH® je ventilirani predgotovljeni zidni panel izrađen od betona s recikliranim agregatom te sloja mineralne vune proizvedene korištenjem inovativne i održive tehnologije, čijom se ugradnjom smanjuje potrebna godišnja energija za grijanje i hlađenje u zgradama (Slika 3-184).

Sastoji se od dva sloja betona (unutarnjeg nosivog i vanjskog obložnog) koji su međusobno povezani rešetkastim nosačima izrađenima od nehrđajućeg čelika. Do 50 % ukupne količine agregata u betonu ECO-SANDWICH® panela je zamijenjeno recikliranim agregatom što dodatno doprinosi održivosti ovakvih panela.

ECO-SANDWICH® paneli predstavljaju tehnološko rješenje za brzu izgradnju niskoenergetskih i zgrada gotovo nulte energije, odnosno obnovu postojećih zgrada. Oni sadrže sve prednosti ventiliranih fasada koje su opširnije opisane u poglavlju posvećenom ventiliranim fasadama, kao i prednosti vezane uz veliku toplinsku masu te brzinu i kakvoću predgotovljene gradnje.

Ugrađena energija ECO-SANDWICH® zidnih panela je 33,8 % manja nego u slučaju laganih kompozitnih izolacijskih panela. Također, ECO-SANDWICH® zidni paneli posjeduju veći toplinski kapacitet, čime se smanjuje potreba za energijom za 2-15 % te je uz to moguće smanjiti dnevnu potrebu za hlađenjem prostora, čime se posljedično smanjuju i emisije CO_{2eq} plinova. Dodatno, ovakve zidne panele moguće je ponovno iskoristiti i u cijelosti reciklirati.

Toplinska provodljivost betona s recikliranim agregatom je 36 %, a betona s recikliranom opekom 45 % manja u odnosu na beton izrađen s prirodnim agregatom.

Kao toplinsko izolacijski materijal u ECO-SANDWICH®u koristi se novorazvijena mineralna vuna izrađena korištenjem tehnologije koja kao vezivo koristi prirodne smole. Također, ova mineralna vuna se proizvodi korištenjem recikliranih staklenih boca, otpadnog stakla i otpada nastalog u samoj proizvodnji mineralne vune, što



Slika 3-184 Pogled na predgotovljeni zidni panel tipa ECO-SANDWICH® [56]



Slika 3-185 Presjek predgotovljenog ventiliranog zidnog panela tipa ECO-SANDWICH® [56]

ukupno čini do 85 % sirovina koje se koriste, dok ostatak čini silicijski pijesak iz prirodnih pozajmišta (Slika 3-189).

Za razliku od tradicionalne monolitne gradnje, kod koje izvođač može izabrati koje će podizvođače koristiti, ovisno o ponuđenoj cijeni radova ili kvalifikacijama podizvođača ili pak oba kriterija, u slučaju modularne i predgotovljene gradnje koristi se specijalizirana tvrtka koja proizvodi panele. Takva tvrtka obično ima kvalificiranu radnu snagu kao i specijalizirane timove za ugradnju panela. Ti radnici moraju biti osposobljeni za rad na visini te posebno kvalificirani za radove na ugradnji ovakvih panela.



Slika 3-186 Presjek predgotovljenog zidnog panela tipa s EPS-om kao toplinskom izolacijom [56]

Predgotovljene betonske panele potrebno je transportirati korištenjem prikladnih i prilagođenih vozila, uključujući i uređaje za podizanje, rukovanje i odlaganje (skladištenje). Pri tome je potrebno osigurati predgotovljene zidne elemente od prevrtanja i oštećenja koje može nastati uslijed transporta (Slika 3-187). Transport i skladištenje panela se odvija u okomitom položaju korištenjem posebnih okvira, tzv. šoški (Slika 3-188).



Slika 3-187 Vozilo za transport predgotovljenih betonskih elemenata [56]



Slika 3-188 Skladištenje predgotovljenih betonskih elemenata u šoškama [56]

Prije ugradnje predgotovljenih betonskih panela, nadzornik radova ugradnje mora provjeriti jesu li radovi na nosivoj konstrukciji zgrade izvedeni unutar dozvoljenih tolerancija, koje su određene od strane proizvođača panela.

Ove tolerancije omogućuju jednostavnu ugradnju panela, a istovremeno dozvoljavaju učinkovito brtvljenje spojeva kako bi se osigurala zrakonepropusnost vanjske ovojnice zgrade, kao i spriječilo širenje požara, odnosno osigurala požarna otpornost vanjske ovojnice zgrade.

Sredstva za ugradnju panela, pored konstruktivnog rješenja predstavljaju bitan element sustava ugradnje. Potrebno je dobro poznavanje sredstava za ugradnju da bi se mogao na pravilan način organizirati proces ugradnje predgotovljenih betonskih panela.

Osnovna sredstva (dizalice) koje se najčešće koriste za ugradnju betonskih panela kod zgrada su samohodne dizalice (kod hala, zgrada) i toranjske dizalice (zgrade, rjeđe hale) (Slika 3-189).



Slika 3-189 Ugradnja predgotovljenih betonskih panela korištenjem samohodne dizalice [56], [184]

Prilikom ugradnje potrebno je osigurati preciznost izvođenja, s obzirom da su tolerancije izvođenja vrlo malene, te zbog toga što često postavljeni predgotovljeni panel utječe na Ugradnja sljedećeg panela. Pri tome ne treba zaboraviti niti estetiku sljubnica, koja je narušena ukoliko sljubnice nisu vodoravne, ili su različite širine na dva različita kraja panela.

Postavljanje panela se provodi na način da se prilikom ugradnje kontrolira položaj ležišta predgotovljenih panela uz pomoć geodetskih uređaja, kao i samo namještanje panela uz pomoć viska (Slika 3-190).

Nakon ugradnje panela, potrebno je obraditi mjesta prihвата panela (kuke) na isti način na koji je obrađen i ostatak panela.



Slika 3-192 Usadna kuka, koja omogućava ugradnju panela [184]



Slika 3-193 Završna obrada panela nakon dovršene ugradnje, mjesto kuke [184]

3.5.3 Brtvljenje predgotovljenih betonskih zidnih panela

Jedan od ključnih čimbenika dobrog funkcioniranja predgotovljenih betonskih elemenata je ispravno projektiranje i izvođenje sljubnica (reški) te pravilno korištenje brtvila (kita) koji osigurava neprekidnost između dva susjedna panela s vanjske strane (Slika 3-194).

Odabir pravog proizvoda, kao i priprema površine i tehnika nanošenja od iznimne su važnosti kako bi sljubnica i brtvilo pružili zahtijevanu trajnost.



Slika 3-194 Brtvljeni predgotovljeni betonski elementi [56], [184]

S druge strane, kako bi se osigurala zrakonepropusnost vanjske ovojnice zgrade, smanjili toplinski mostovi i osigurala požarna otpornost, potrebno je zabrtviti sve okomite i vodoravne spojeve nosive konstrukcije i predgotovljenih panela ili predgotovljenih panela međusobno. Brtvljenje se provodi korištenjem trajnoelastičnog kita otpornog na požar te umetanjem baze (podloge) od toplinsko-izolacijskog i negorivog materijala. Ova baza služi kako bi se osiguralo jednoliko i ispravno nanošenje samog brtvila, a istovremeno bez njegovog pretjeranog trošenja. Kao baza (podloga) trajnoelastičnog kita koristi se kamena vuna i za okomite i za vodoravne sljubnice. Nakon ugradnje mineralne vune, nanosi se temeljni premaz nakon kojeg se nanosi trajnoelastični kit otporan na požar.

Voda koja je ušla u sustav zida bilo difuzijom vodene pare te kondenzacijom ili pak uslijed pritiska vjetra ili pak kroz sljubnice mora se obvezno isušiti na dnu panela na dijelu horizontalne sljubnice pravilnim zatvaranjem (brtvljenjem) sljubnice i pravilnim izvođenjem završnih detalja (Slika 3-196).

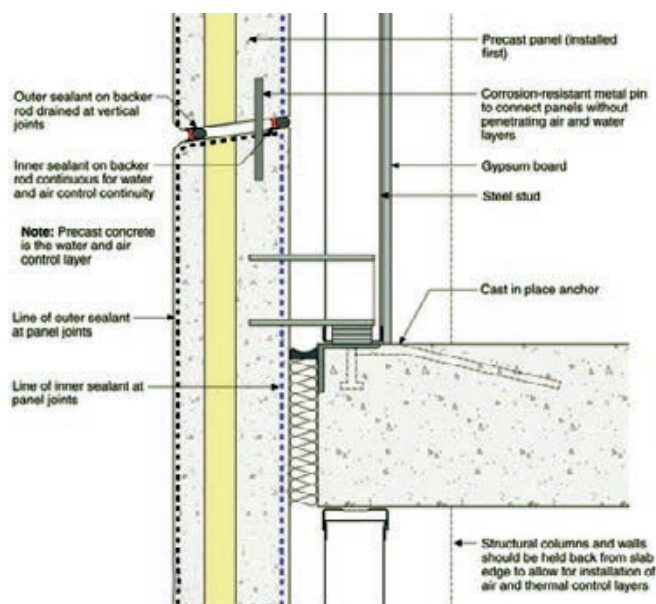
Vodoravno ili okomito kretanje zraka u komori iza vanjskog završnog sloja betona (osim u slučaju panela tipa ECO-SANDWICH®) potrebno je svesti na najmanju mjeru, odnosno potpuno spriječiti.



Slika 3-195 Baza (podloga) u reški prije brtvljenja [184]



Slika 3-196 Rupa za odvođenje vlage iz predgotovljenih betonskih zidnih panela [185]



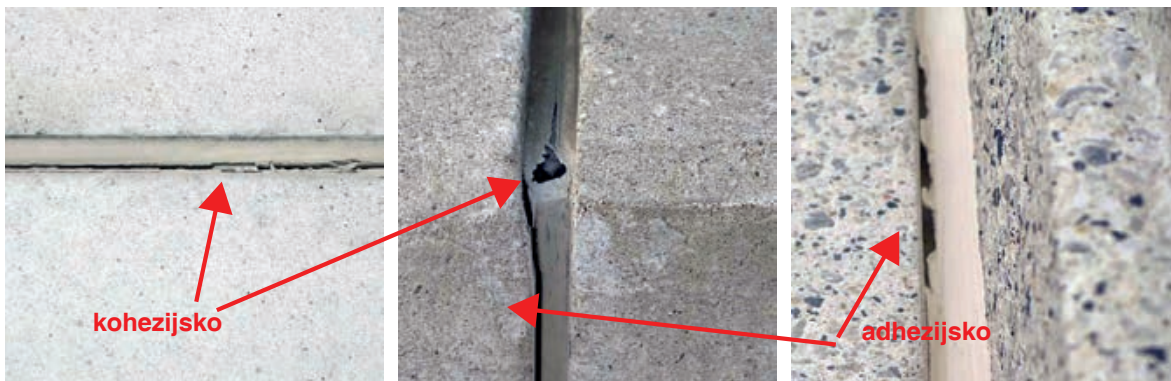
Slika 3-197 Presjek spoja dva predgotovljena betonska panela s položajem brtvljenja [186]

Nominalna širina sljubnice koja se može izvesti je 20 – 25 mm za dvostruko brtvljenje (*Slika 3-197*), čime se uzima u obzir da i uz tolerancije gradnje nosive konstrukcije kao i samih panela, postoji dovoljna širina sljubnice koja može preuzeti sve nastale deformacije panela. Ukoliko se uzmu u obzir tolerancije, širina sljubnice ne bi smjela biti manja od 12 mm. Ukoliko su sljubnice manje, može doći do istiskivanja brtvila iz sljubnice (*Slika 3-198*) ili čak i do mehaničkog oštećenja panela.



Slika 3-198 Primjer deformacije brtvila uslijed deformacije zidnih panela [185]

Dubina nanošenja brtvila mora se kontrolirati korištenjem prikladnih baznih materijala (podloge), koji moraju biti prilagodljivi te otporni na požar. Navedeno služi kao način kontroliranja količine brtvila koje se ne smije nanositi u prekomjernim količinama (npr. po cijeloj debljini presjeka panela) zbog toga što naprezanja koja se pojavljuju na spoju između brtvila i betona postaju prevelika što dovodi do pucanja veze (tzv. adhezijskog popuštanja). Ukoliko je pak s druge strane podloga preplitko u sljubnici, može se dogoditi da se nanese premalo brtvila koje zatim ne može podnijeti pomake predgotovljenih panela te dolazi do pucanja brtvila, (tzv. kohezijsko popuštanje).



Slika 3-199 Primjeri kohezijskog i adhezijskog popuštanja brtvila [185]

Trajnoelastični kit se obično nanosi na površine koje su suhe, čiste, bezmasne, bez prašine. Što se tiče primjene brtvila u ekstremnim vremenskim uvjetima najviše je potrebno pozornost obratiti na niske temperature, a najčešća je preporuka proizvođača da se brtvila koriste u temperaturnom intervalu između 5°C i 30°C, dok za brtvila velikih performansi proizvođači obično ograničavaju temperaturu primjene na -30°C.

Problemi koji se javljaju tijekom rada na niskim temperaturama vezani su uz sljedeće tri situacije koje uzrokuju ili otežani rad s takvim proizvodima ili pak loše prijanjanje brtvila za podlogu:

1. podloga može biti prekrivena mrazom ili tankim slojem leda;
2. brtvilo može biti prehladno kako bi ispravno prianjalo na površinu (močilo površinu);
3. brtvilo može biti prekruto kako bi se nanosilo pištoljem ili obrađivalo na ekstremno niskim temperaturama.

Od navedenog, samo se točka broj 1 može smatrati problematičnom, dok se točke 2 i 3 mogu riješiti zagrijavanjem brtvila do preporučene temperature između 15 i 30 °C prije upotrebe.

Ugradnja brtvila na podlogu pri temperaturi ispod 0°C je uvijek podložna mrazu, čak i ukoliko je led ili mraz otopljen; rezultirajući sloj vode može spriječiti dobro prijanjanje brtvila, a zatim ga smrzavanjem dodatno oštetiti. Općenito zbog toga nije preporučljivo nanošenje brtvila na mokre podloge. Čista i suha podloga su dakle osnovni temelji za postizanje dobrog prijanjanja brtvila ili temeljnog premaza za podlogu, a priprema podloge provodi se prema uputama proizvođača brtvila.

Odabrano brtvilo mora zadovoljiti zahtjeve koji uključuju: prijanjanje i kompatibilnost s podlogom na koju se nanose; prilagođavanje pomacima sljubnica; zadržavanje zahtijevanog izgleda tijekom cjelokupnog uporabnog vijeka brtvila.

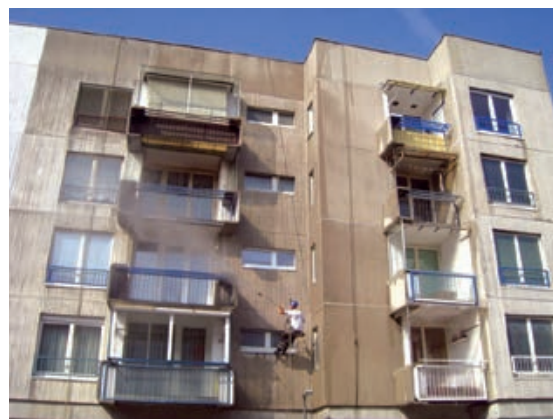
Tipični materijali koji se koriste za brtvljenje sljubnica predgotovljenih betonskih panela su poliuretani (jedno- i višekomponentni) kao i jednokomponentna silikonska brtvila.

Kada različita brtvila dolaze međusobno u kontakt, potrebno je najprije utvrditi kompatibilnost brtvila, najbolje izravnim kontaktom s proizvođačima ili njihovim predstavnicima.

Kako ne bi došlo do prljanja panela i nakupljanja prašine na brtvilo, potrebno je koristiti brtvila koja su ispitana u pogledu ispuštanja ulja u poroznu podlogu, što može dovesti do trajnog prljanja vanjske površine betonskih panela. U prošlosti su pojedina silikonska brtvila privlačila prašinu iz atmosfere na svoju površinu (zbog čega su svjetlija brtvila s vremenom pocrnila) (Slika 3-200). Ta prljavština se zatim tijekom kišnog razdoblja ispire, te prlja površinu betonskih elemenata, što zatim zahtjeva njezino održavanje i čišćenje (Slika 3-201).



Slika 3-200 Predgotovljeni paneli su čisti, dok je brtvilo privuklo prljavštinu iz atmosfere [185]



Slika 3-201 Primjer pranja fasade od predgotovljenih betonskih panela [187]

Brtvilo se nanosi na podlogu sljubnice predgotovljenih betonskih panela, čija površina mora biti čvrsta, glatka, čista i suha. Površina ne smije biti zamrznuta, mora biti otprašena, bez cementne skramice ili drugih nečistoća (oplatnih premaza ili usporivača vezanja) koje mogu utjecati na prijanjanje.

Ovi materijali obvezno trebaju biti uklonjeni s betonskih panela, ukoliko je potrebno i pjeskarenjem, i to prije početka samog procesa ugradnje. Također, površina na koju se nanosi brtvilo mora biti ravna,

a ukoliko predgotovljeni betonski panel ima neku posebnu vrstu završne obrade (kulirom), završna obrada se ne smije prenositi na bočni dio sljubnice, (Slika 3-202).

Preporuka je da se brtvljenje spojeva provodi kada je površina podloge hladna i kada se predviđa da će biti podvrgnuta najmanjim mogućim temperaturnim promjenama (obično u kasno popodne i navečer), a optimalno vrijeme bi bilo u proljeće ili jesen. Velike dnevne promjene temperature tijekom očvršćivanja brtvila (vrući dani, hladne noći) mogu uzrokovati adhezijsko popuštanje brtvila.



Slika 3-202 Brtvljenje predgotovljenih betonskih panela s kulirom kao završnom obradom [185]

Prije nanošenja određenih vrsta brtvila i za određene podloge proizvođači preporučuju nanošenje temeljnog sloja. Ukoliko se, suprotno od uputa proizvođača, temeljni sloj ne nanese ili pak je postupak nanošenja loš, rezultat može biti prijevremeno adhezijsko otkazivanje brtvila. Može se općenito kazati da se temeljni sloj nanosi iz sljedećih razloga:

1. kako bi se povećalo prijanjanje brtvila na porozne podloge kao što je beton ili kako bi se ojačao površinski sloj podloge;
2. kako bi se poboljšalo prijanjanje brtvila na podloge kao što su porculan, glazirana keramika, te određene vrste stakla, metala kao i kod drveta;
3. kako bi se poboljšalo prijanjanje na postojeće podloge koje je iz nekog razloga teško ukloniti.

Svakako je potrebno postupati prema uputama proizvođača temeljnog premaza kao i samog brtvila, no u velikoj većini slučajeva se brtvilo nanosi na temeljni premaz nakon što se ovaj osušio, ali isti dan nakon nanošenja temeljnog premaza. Potrebno je naglasiti da bi proizvođač temeljnog premaza kao i samog brtvila trebao obavezno biti isti.

Ukoliko projektant zahtjeva postizanje zrakonepropusnosti korištenjem traka za brtvljenje koje se ugrađuju najprije na panele (Slika 3-203), pa se nakon ugradnje panela lijepe za konstrukciju, potrebno je iznimno pažljivo rukovati panelima prilikom njihovog transporta, kako ne bi došlo do oštećenja traka za brtvljenje. Također, potrebno je koristiti razrađene detalje ugradnje kako bi se osigurala savršena nepropusnost reški.

Pištolji za brtvljenje i mlaznica moraju biti takvi da omogućuju odgovarajući pritisak i protok brtvila da se jednakomjerno i u potpunosti zapune sljubnice. Nepotpuno zapunjavanje sljubnica obično dovodi do pucanja spoja odnosno adhezijskog popuštanja. Nakon što se sljubnice u potpunosti zapune, potrebno ih je pažljivo obraditi kako bi se uklonili zračni džepovi ili šupljine i kako bi se osiguralo dobro prijanjanje (močenje) brtvila za pod-



Slika 3-203 Primjer ugradnje betonskih panela s prethodno ugrađenim trakama za brtvljenje [185]

logu čime se postiže optimalno prianjanje. Obradom sljubnica postiže se i blago konkavni (udubljeni) oblik brtvila u sljubnici, što poboljšava svojstva brtvila i omogućuje postizanje vizualno zadovoljavajućeg izgleda. Obrada sljubnica mora se provesti unutar najduljeg dopuštenog vremena definiranog od strane proizvođača u kojem brtvilo ima dovoljnu obradivost. Površina brtvila treba biti glatka, bez brazdi, bora, ulegnuća, zračnih šupljina i ugrađenih nečistoća.



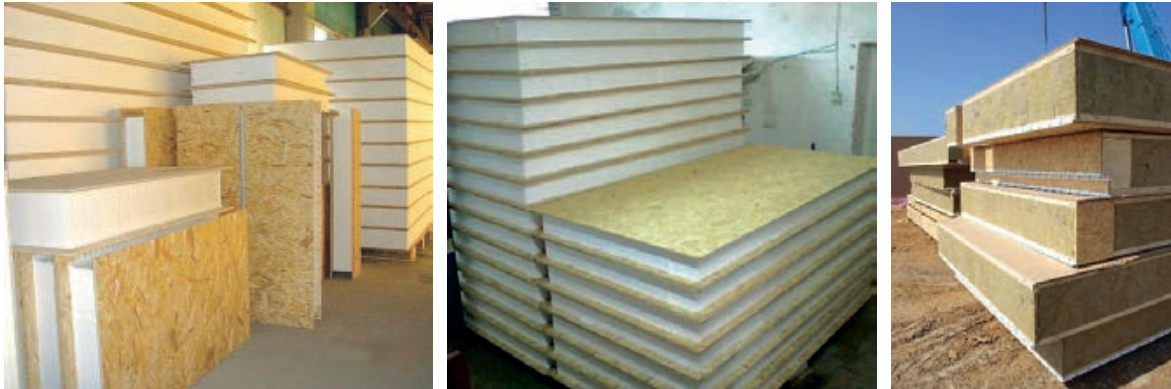
Slika 3-204 Brtvljenje sljubnica predgotovljenih betonskih panela s unutrašnje strane **a)**, odnosno vanjske strane **b)**, obrađena sljubnica **c)** [184]

Još jednom je potrebno naglasiti da se brtvila ugrađuju prema preporukama proizvođača; miješanje brtvila, priprema podloge na koju se ona nanose, temeljni premaz, dinamika nanošenja (koliko najviše ili najmanje vremena nakon temeljnog premaza se smije nanijeti brtvilo ili pak u kojem se najduljem vremenu od ugradnje može provesti obrada sljubnica) moraju se provoditi prema uputama proizvođača brtvila. Dodatno, kvalitetna ugradnja uvjetovanja je ljudima koji brtve, dakle radnici koji ugrađuju brtvila moraju biti kvalificirani.

Što se tiče zaštite na radu, pored općih mjera zaštite na radu, naročitu pažnju treba obraditi mjere zaštite koje treba primijeniti na gradilištu gdje se provode radovi na ugradnji. U prometnim prostorima koji su u projektu ugradnje određeni sa sve tri dimenzije za kretanje dizalica i drugih transportnih sredstava, ne smije biti zapriječen i/ili u njega ne smije prodirati bilo koji dio skele, elemenata ili konstrukcije zgrade. Svi prolazi i staze na skeli i platformama po kojima se radnici kreću i rade pri ugradnji moraju se tako osigurati da im ne prijete opasnost od pada ili rada dizalice. Ako pri ugradnji postoji opasnost od pada radnika, potrebno je primijeniti, osim drugih mjera, i mjeru vezivanja radnika opasačem. Sve ostale mjere zaštite pri ugradnji i radu na gradilištu propisane su pravilnicima proizašlima iz Zakona o zaštiti na radu.

3.5.4 Predgotovljeni drveni zidni paneli

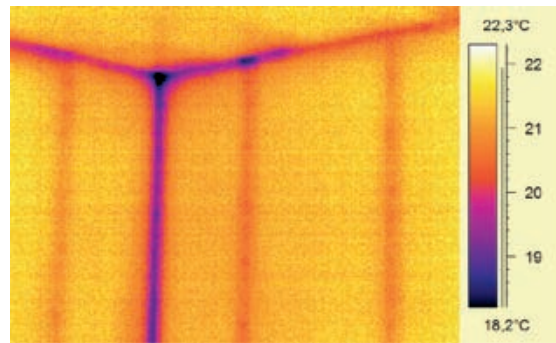
Strukturni izolacijski paneli (SIP) se sastoje od sloja toplinske izolacije (u obliku krutih toplinsko-izolacijskih materijala) koji su s obje strane obložen OSB pločama (Slika 3-205). OSB ploče se lijepe na toplinsko-izolacijski materijal korištenjem poliuretanskih ljepila. Dodatno, umjesto OSB ploča, neki proizvođači koriste šperploče, vlaknocementne ploče ili metalne limove.



Slika 3-205 Strukturni izolacijski paneli [188]

Kao toplinsko-izolacijski materijal, obično se u SIP panelima koristi poliizocijanurat (PIR) ili ekspanzirani polistiren (EPS), ili pak tvrdi proizvodi od mineralne vune.

Toplinsko-izolacijska svojstva (U-vrijednost) SIP panela su nešto bolja u odnosu na klasičnu drvenu gradnju ili predgotovljene drvene panele s mineralnom vunom kao toplinskom izolacijom, obzirom da SIP paneli imaju manji broj linijskih toplinskih mostova uzrokovanih drvenim sekundarnim nosačima (stupcima) (Slika 3-206).



Slika 3-206 Termogram linijskih toplinskih mostova u drvenoj kući uzrokovanih drvenim stupcima [189]

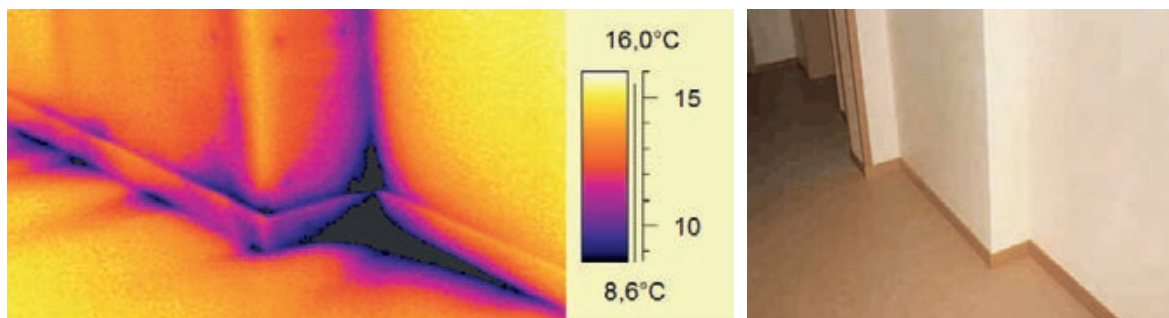
Potencijalni problemi koji se mogu pojaviti u slučaju korištenja SIP panela uključuju: cijenu i vrijeme potrebno za brtvljenje svih sljubnica; propadanje i/ili oštećenje brtvila s vremenom; mogućnost pojave gljivica i plijesni; mogućnost ulaska insekata u konstrukciju; strukturalno slabije rješenje.

Kako bi se smanjio utjecaj insekata i glodavaca u zgradama građenima od SIP panela, Ministarstvo energetike Sjedinjenih Američkih Država preporučuje tretiranje panela insekticidima ili bornom kiselinom, održavanje relativne vlažnosti unutarnjeg zraka ispod 50 %, kao i tretiranje okolice zgrade tijekom i nakon gradnje s insekticidima kako bi se smanjio rizik ulaska insekata i glodavaca u konstrukciju.

Također, prilikom korištenja SIP panela, može doći do problema tijekom potencijalnih obnova i renoviranja postojećih zgrade građenih SIP panelima, kao i ugradnje vodovodnih i električnih instalacija.

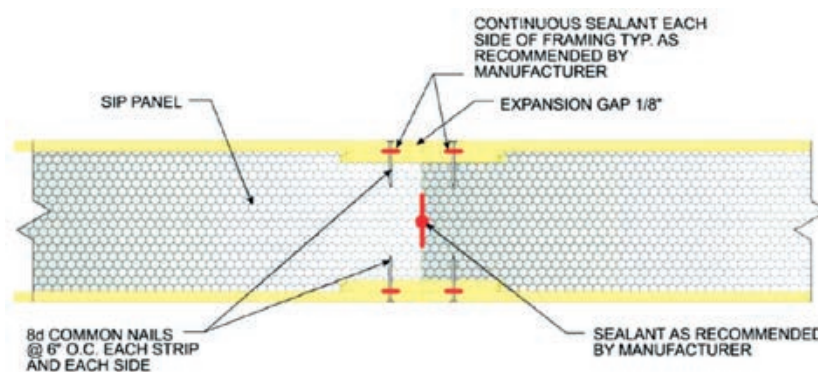
Posebnu pozornost potrebno je posvetiti ponašanju SIP panela u požaru, odnosno njihovoj požarnoj otpornosti, te je potrebno provesti posebne mjere kako bi se osigurala propisana vatrootpornost zgrada građenih SIP panelima, npr. oblaganje vatrootpornim gipskartonskim pločama itd.

Osiguranje zrakonepropusnosti vanjske ovojnice zgrada građenih SIP panelima postiže se brtvljenjem spojeva.



Slika 3-207 Termogram i fotografija mjesta infiltracije zraka u drvenoj kući [189]

Pri tome je prilikom samog spajanja panela potrebno slijediti preporuke proizvođača SIP panela (Slika 3-208). Brtvljenje se provodi specijalnim brtvenim masama ili ekspanzirajućim pjenama, odnosno specijaliziranim brtvenim trakama, kako je opisano u poglavlju o zrakonepropusnosti zgrada.



Slika 3-208 Vodorravni presjek primjera spoja dva SIP panela [190]

3.5.5 Obnova postojećih zgrada korištenjem predgotovljenih drvenih panela

Osim gradnje novih zgrada, korištenjem predgotovljenih drvenih panela moguće je provesti energetska obnova postojećih zgrada i to u relativno kratkom vremenu, što je bitno prilikom obnova. Predgotovljeni drveni paneli su relativno male mase, u odnosu na predgotovljene betonske panele, pa se zbog toga opterećenje na postojeću konstrukciju povećava tek neznatno. Navedeno daje veliku prednost predgotovljenim drvenim panelima pred predgotovljenim betonskim panelima u obnovama postojećih zgrada.

Prilikom energetske obnove postojeće stambene zgrade (P+3) izgrađene korištenjem predgotovljenih betonskih panela, postojeći vanjski sloj betona i sloj toplinske izolacije su odstranjeni te su zamijenjeni okomitim predgotovljenim panelima izrađenima od drveta i mineralne vune kao toplinske izolacije.

Ovi predgotovljeni drveni zidni paneli imaju tvornički ugrađene instalacije za ventilaciju zgrade, kao i prozore, odnosno balkonska vrata, te dolaze na gradilište s izvedenim prvim slojem žbuke (Slika 3-209).



a)



b)



c)



d)



e)



f)

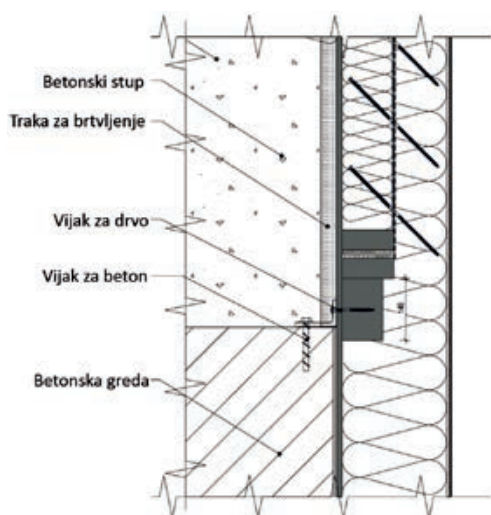
- Slika 3-209** Obnova stambene zgrade korištenjem predgotovljenih drvenih panela:
a) zgrada prije obnove; **b)** proizvodnja panela u radionici; **c)** transport predgotovljenog panela s ugrađenim instalacijama ventilacije; **d)** predmetna zgrada prije postavljanja panela;
e) ugrađeni drveni paneli prvim slojem žbuke; **f)** predmetna zgrada tijekom obnove [191]

Predgotovljeni drveni elementi ugrađuju se korištenjem autodizalice ili toranjske dizalice, pri čemu su se montirali svi drveni paneli ugradili prije postavljanja skele za žbukanje ili izvedbe druge vrste završnog sloja.

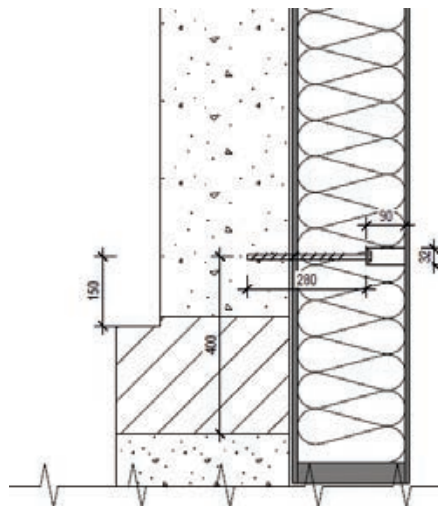
Paneli mogu biti postavljeni okomito ili vodoravno, ovisno o načinu izvedbe ventilacijskih kanala koji su ugrađeni u same predgotovljene panele. Dakle sam smjer ugradnje ovisi o tome na koji način se izvodi sustav ventilacije, te je potrebno obratiti pozornost na spajanje cijevi za ventilaciju, ukoliko se one prekidaju na mjestima spojeva panela.

Potrebno je osigurati zrakonepropusnost sustava za ventilaciju, kako bi se smanjili neželjeni gubici topline, te dodatno, osigurati zrakonepropusnost svih prodora ventilacije kroz slojeve panela.

Predgotovljeni drveni paneli se pričvršćuju za postojeću konstrukciju (npr. betonsku) na način da se sidre u armiranobetonske stropne ploče i grede korištenjem kutnih profila uzduž vanjskog ruba grede (*Slika 3-210* i *Slika 3-211*). Kutni profil se učvršćuje za armiranobetonsku gredu korištenjem vijaka za beton, dok se predgotovljeni drveni paneli pričvršćuju za kutne profile korištenjem vijaka za drvo (*Slika 3-212*).



Slika 3-210 Detalj ugradnje predgotovljenog drvenog panela na betonsku gredu [192]



Slika 3-211 Detalj ugradnje predgotovljenog drvenog panela na betonske zidove [192]

Prije ugradnje, na svaki panel je po njegovim rubovima (po opsegu) nanoseno brtvilo, kako bi se osigurala zrakonepropusnost vanjske ovojnice zgrade.

Dodatno uz sidrenje drvenih panela u stropnu ploču, oni se trebaju sidriti i u stupove, odnosno zidove (*Slika 3-213*).



Slika 3-212 Detalj ugradnje kutnika za prihvaćanje predgotovljenih drvenih panela [193]



Slika 3-213 Ugradnja predgotovljenog fasadnog elementa na postojeću zgradu [194]

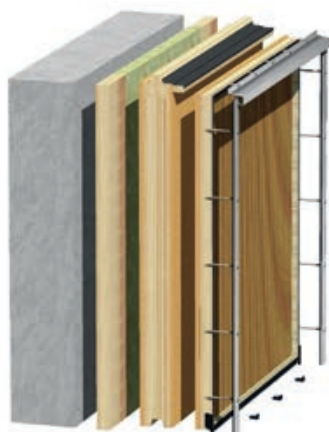


Slika 3-214 Ugradnja predgotovljenog drvenog panela s ventiliranom fasadom kao završnim slojem [195]

Osim navedenih „klasičnih“ oblika predgotovljenih drvenih panela, u novije vrijeme javljaju se i drveni paneli kojima se na napredan način korištenjem energije sunčevog zračenja smanjuju toplinski gubici zgrada.

Jedan od primjera takvih panela su i tzv. GAP solarni elementi (*Slika 3-215 - Slika 3-221*), koji koriste saćastu jezgru obloženu kaljenim staklom za upijanje energije sunčevog zračenja, čime se podiže temperatura slojeva u unutrašnjosti samih panela, te se time smanjuju toplinski gubici zimi.

Tijekom ljetnih mjeseci, veliki dio energije sunčevog zračenja se reflektira zbog saćaste strukture, čime se smanjuju dobici od sunca, odnosno potrebna energija za hlađenje zgrade.



Slika 3-215 Slojevi predgotovljenih drvenih panela s GAP solarnim elementima; postojeći zid, toplinska izolacija, drveni okvir, GAP solarni element [196]



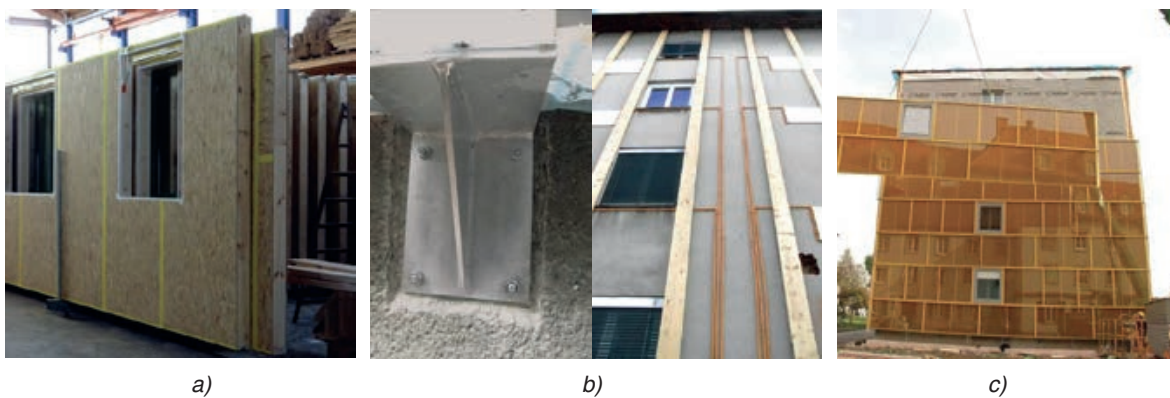
Slika 3-216 GAP solarni elementi prije ugradnje u predgotovljene drvene zidne panele [196]



Slika 3-217 Ugradnja GAP solarnih elemenata na drveni okvir u radionici [196]



Slika 3-218 Gotovi zidni panel [196]



Slika 3-219 a) stražnja strana gotovih panela u radionici; b) nosiva potkonstrukcija; c) ugradnja predgotovljenih panela [196]



Slika 3-220 Ugradnja predgotovljenih panela [196]



Slika 3-221 Pogled na završenu zgradu „Dieselweg Graz“ nakon obnove [196]

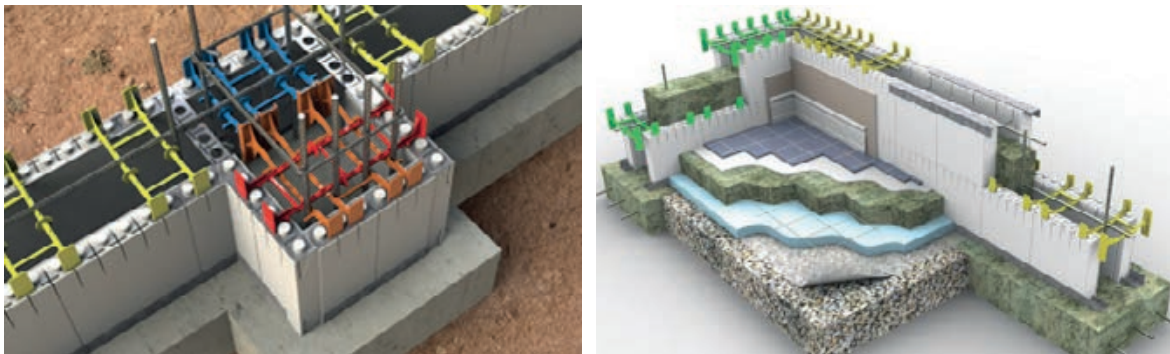
3.6 IZOLIRANA OPLATA ZA BETON - ICF

Jedan od načina gradnje koji se također pojavljuje na tržištu je izolirana oplata za beton (eng. *Insulated concrete formwork – ICF*) koja se u različitim oblicima izvedbe koristi za gradnju vanjskih zidova s betoniranjem na gradilištu. Kao što je vidljivo (*Slika 3-222*) ovakav modularni sustav obuhvaća obostrano postavljen toplinsko-izolacijski materijal, obično se radi o EPS-u ili XPS-u povezanom plastičnim vezama, a koji ima ulogu oplate prilikom ugradnje betona.

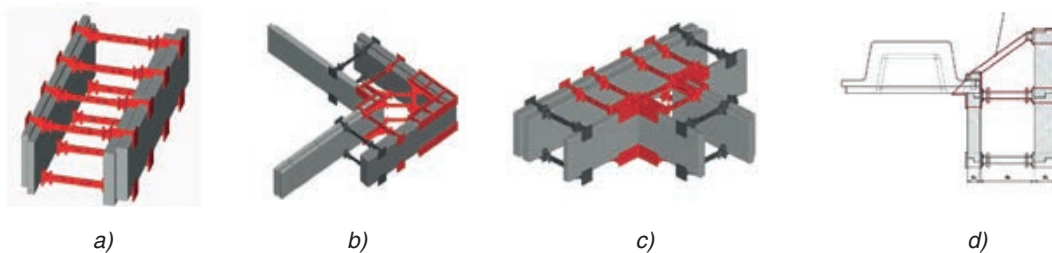


Slika 3-222 Modularni sustav izolirane oplata za betonske zidove [197]

Stvara se EPS oplatni segment, ojačan podnim metalnim vodilicama i kutnim-ravnim pocinčanim čeličnim poveznicama, koji je pogodan za polaganje armaturnih ojačanja prema statičkim proračunima objekta. Čelične poveznice savršeno se uklapaju s EPS panelima i HDPE vezama (kravatama), osiguravajući potrebnu potporu pritisku pumpanog betona s isključivo jednostranim podupiranjem zidova s unutarnje strane zgrade (*Slika 3-223* i *Slika 3-224*).



Slika 3-223 Modularni [198]



Slika 3-224 Primjeri ugradnje ICF sustava: a) ravna spona; b) kutna spona; c) T oblik spona; d) ZP spona [199]

Moguće je izvesti zidove različite debljine sloja armiranog betona, kao i zidove različite debljine toplinske izolacije (*Slika 3-225*).



Slika 3-225 Zid ukupne debljine 43 cm građen ICF sustavom [200]

Oplata ICF sustava postavlja se do visine od jedne etaže, pri čemu je potrebno provesti podupiranje sustava prije ugradnje betona, kako bi se preuzela napreznja zbog pritiska svježeg betona na oplatu, te osigurala okomitost zidova. Podupirači se postavljaju na razmaku od 1,0 – 1,5 m (*Slika 3-226*). Ugradnja betona provodi se korištenjem pumpi za beton, i to u slojevima visine 1 m po cijelom opsegu zgrade, uz vibriranje betona pervibratorima (*Slika 3-227*).



Slika 3-226 Podupiranje oplata ICF sustava [199]



Slika 3-227 Betoniranje [199]

Završno ispunjavanje međuprostora betonom stvara čvrste i otporne armirano-betonske konstrukcije s formiranjem trajno vezane EPS oplata kao sastavnog dijela zida.

Nakon očvršćivanja betona, potrebno je na vanjskoj strani zidova građenih ICF sustavom izvesti tankoslojnu žbuku (kao što je to slučaj kod ETICS fasada) koja se sastoji od dva armaturnog sloja, alkalno otporne tekstilno-staklene mrežice koja se utiskuje u prvi armaturni sloj te završno dekorativni sloj. Moguća je i izvedba drugih vrsta fasade, poput npr. ventiliranih fasada.

Kanali za instalacije se usijecaju vrućim sjekačem, bez štemanja (*Slika 3-228*), dok je sve proboje kroz zidove potrebno unaprijed (prije ugradnje betona) predvidjeti i na odgovarajući način izvesti. Prilikom izvođenja prozora, preporučuje se da prozori i vrata budu visine koje je višekratnik modula samog bloka, kako

bi se izbjegle komplikacije s rezanjem i prekrjavanjem samih blokova. Na ovaj način se značajno pojednostavljuje i ubrzava izvođenje.

Na unutarnjoj pak strani zidova građenih ICF sustavom - potrebno je izraditi zaštitu od požara, izvođenjem n parne brane, zračnog sloja, te obloge od vatrootpornih gipskartonskih ploča. Gipskartonske ploče se pričvršćuju izravno za sponne ICF sustava, tako da nisu potrebni pocinčani nosači (*Slika 3-229*).



Slika 3-228 Usijecanje kanala za instalacije [199]



Slika 3-229 Pričvršćivanje gipskartonskih ploča [199]

Problemi vezani uz korištenje ICF sustava je činjenica da se gubi mogućnost korištenja toplinske mase betona zbog korištenja polistirena s unutarnje strane zidova, što povećava troškove za grijanje i hlađenje zgrada s ovakvim sustavom, u odnosu na one kod kojih je betonski zid u izravnom kontaktu s unutarnjim prostorom.

Dodatni nedostatak ICF sustava je otpornost sustava na požar, te je potrebno vrlo pažljivo postupati s ovim sustavom i izvesti zaštitu od požara korištenjem vatrootpornih gipskartonskih ploča. Mnogi proizvođači ovih sustava deklariraju ih kao negorive, ali se vrlo rijetko deklarira njihova požarna otpornost. Također, čak i ako se koristi negorivi EPS, on se topi na temperaturama oko 80 °C, a zapali se na temperaturi iznad 480 °C ukoliko je prisutan vanjski plamen, temperatura samozapaljenja mu je 575 °C bez vanjskog plamena, te ima sposobnost emitiranja plinova prilikom gorenja.

3.7 KROVOVI

3.7.1 Ravni krovovi

Ravni krovovi (Slika 3-230) su jedinstvene cjelovite konstrukcije sastavljene od niza slojeva različitih materijala i funkcija koje uz ulogu stropne konstrukcije posljednjeg kata moraju zaštititi građevinu od vanjskih utjecaja: padalina, topline, hladnoće, vjetra...

Ovisno o odabranom rješenju i predviđenim materijalima za izolaciju ravnog krova, nagib krovnih ploha je 1,5 – 5 %. Uz ispravnu izvedbu i upotrebom kvalitetnih materijala ravni je krov ekonomična konstrukcija koja pruža znatno veće slobode u komponiranju volumena i prostora.



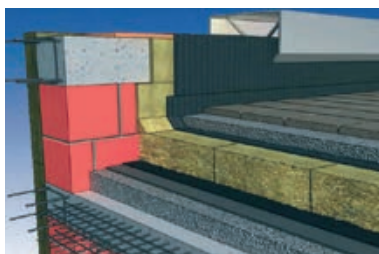
Slika 3-230 Ravni krovovi [201]

Ravni krovovi prema namjeni dijele se na:

- NEPROHODNE (šljunak ili hidroizolacija kao završni pokrov) (Slika 3-231, Slika 3-234), te
- PROHODNE (terase, zeleni krov, balkoni) (Slika 3-232, Slika 3-235).



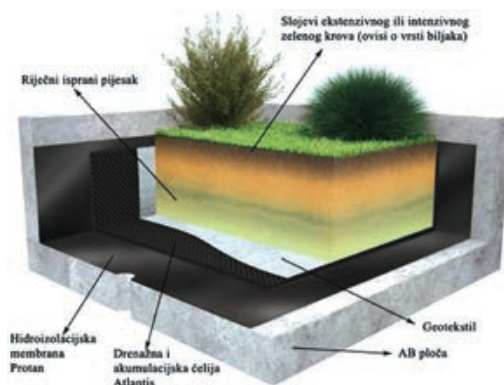
Slika 3-231 Neprohodni ravni krov [202]



Slika 3-232 Prohodni ravni krov [202]



Slika 3-233 Zeleni ravni krov [202]



Slika 3-236 Detalj zelenog ravnog krova [204]

PODJELA RAVNIH KROVOVA S OBZIROM NA RASPORED SLOJEVA

1. JEDNOSTRUKI NEZRAČENI (TOPLI) KROVOVI

Ovi se krovovi sastoje od mnogo slojeva koji su ispravno položeni jedan na drugi i u međusobnoj su vezi. Po položaju slojeva u konstrukciji ravni krovovi mogu biti:

KLASIČNI RAVNI KROV (Slika 3-237) - pri kojem su svi slojevi krova zaštićeni završnim HI slojem. Kod klasičnog ravnog krova HI je najčešće završni pokrov te je mehanički pričvršćena na nosivu konstrukciju. Mehanički pričvršćivači koji krovnu membranu i TI fiksiraju u podlogu, probadaju parnu branu i time smanjuju njenu nepropusnost. Posljedica toga je prodor određene količine zasićene vlage iz unutrašnjosti objekta kroz sloj TI. Zaostajanje vlage u TI slabi njena toplinsko izolacijska svojstva. Najprimjereniji režim isušivanja vlage, u skladu s tim, nude krovne membrane od raznih umjetnih materijala poput PVC-a, FPO-a, EPDM-a. To su jednoslojne membrane koje su, u pravilu, točkasto učvršćene što omogućava odgovarajući režim za isušivanje vlage iz paroizjednačavajućeg sloja tik pod membranom.

Raspored slojeva kod toplog ravnog krova



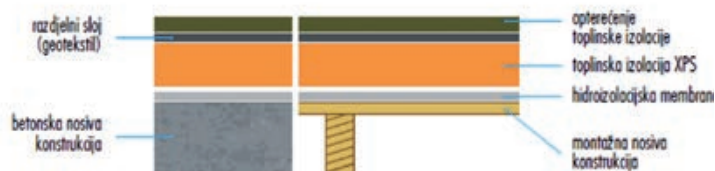
Slika 3-237 Raspored slojeva kod klasičnog toplog ravnog krova [205]

OBRNUTI RAVNI KROV (Slika 3-238) onaj je pri kojem se sloj TI (ekstrudirani polistiren) nalazi iznad HI. Kod ovih krovova slojevi se zamjenjuju tako da TI dolazi na HI čime ona dobiva zaštitu od ekstremnih temperaturnih i mehaničkih oštećenja, zaštitu od UV- zračenja, te se produljuje vijek trajanja HI. Toplinsko-izolacijski materijal je izložen krajnjim vremenskim utjecajima promjena temperature, razdobljima smrzavanja-otapanja-grijanja, vlazi, oborinama, mehaničkim opterećenjima, pa zato TI mora odgo-

varati određenim uvjetima. Toplinsko-izolacijske ploče moraju imati razvijena svojstva za primjenu u specijalnim područjima, te osobine visokog standarda koji zadovoljava postavljene zahtjeve za TI “obrnutih” ravnih krovova:

- homogenu strukturu zatvorenih ćelija;
- zanemarivo upijanje vode;
- otpornost na mraz;
- koeficijent toplinske vodljivosti je nepromjenjiv i uz dugotrajno vlaženje;
- veliko tlačno naprezanje (kod 10 % deformacije 0,3 N/mm²);
- postojanie dimenzije;
- otporanost na starenje i raspadanje.

Raspored slojeva kod obrnutog ravnog krova

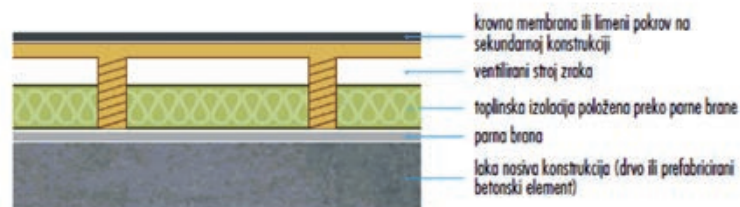


Slika 3-238 Raspored slojeva kod obrnutog ravnog krova [205]

2. DVOSTRUKI VENTILIRANI (HLADNI) KROVOVI

Ovi su krovovi također slojevite konstrukcije s pokrovnim slojem odvojenim ventilirajućim prostorom od ostalih slojeva. Navedeni prostor mora biti poprečno ventiliran dovodnim i odvodnim otvorima. Zbog neekonomičnosti ovi se krovovi izvode vrlo rijetko i to uglavnom u slučajevima povećane insolacije i pri većoj vlažnosti zraka unutarnjih prostora [206].

Raspored slojeva kod ventiliranog krova



Slika 3-239 Raspored slojeva kod ventiliranog (hladnog) ravnog krova [205]

SANACIJE RAVNOG KROVA - Krov kod kojeg se dio toplinske izolacije nalazi ispod, a dio iznad sloja hidroizolacije, naziva se DUO-krov ili PLUS-krov (*Slika 3-240*), no takvo rješenje često se koristi kod sanacije ravnog krova pri čemu se zadržavaju postojeći slojevi krova. Dodatno se iznad sanirane hidroizolacije izvede sloj ekstrudiranog polistirena sa slojem šljunka kao dodatnog opterećenja protiv usisavajućeg djelovanja vjetra.

Raspored slojeva kod duo - krova



Slika 3-240 Raspored slojeva kod duo-krovova – sanacije [205]

3.7.1.1 Funkcionalni slojevi ravnog krova

S obzirom na brojne utjecaje, ravni krov u svom sastavu zahtijeva određene slojeve. Osim nosive konstrukcije, koja je ujedno i podloga, na ravnome krovu postoje i ostali slojevi s određenom ulogom i određenim zahtjevima:

- 1. BETON ZA NAGIB** - Ovaj sloj osigurava najmanje nagibe krovnih ploha prema mjestima za odvod oborinskih voda (vodolovna grla). Ako se za nagib rabi lagani beton koji se nalazi ispod parne brane, toplinsko difuznim proračunom potrebno je provjeriti dolazi li do pojave neželjene kondenzacije. U pojedinim se rješenjima ovaj sloj može nalaziti i iznad toplinsko izolacijskog sloja, ali tada treba biti pravilno dilatiran zbog toplinskog rada.
- 2. SLOJ ZA IZJEDNAČENJE** – ima zadaću zaštititi parnu branu od hrapave površine podloge i njezinih kemijskih utjecaja, a također i premostiti male pukotine uslijed stezanja i naprezanja nosive konstrukcije. Za tu svrhu se koristi sintetički voal.
- 3. PARNA BRANA** - smjer je kretanja vodene pare iz područja višeg parcijalnog tlaka prema nižem, s težnjom njihova izjednačavanja. Zimi je parcijalni tlak vodene pare veći u grijanim prostorima zgrade nego vani. Zato se zimi vodena para prolazi kroz vanjske građevne dijelove zgrade iznutra prema vani. Prolazeći kroz slojeve vanjskog zida, ravnog krova ili građevnog dijela prema negrijanom prostoru dolazi u sve hladnije slojeve i ovisno o temperaturi i relativnoj vlazi može nastati kondenzat. Sloj toplinske izolacije u višeslojnom se građevnom elementu navlaži, povećava se njegova toplinska provodljivost odnosno smanjuje se vrijednost svojstava njegove toplinske izolacije. Ako se tijekom ljetnog razdoblja kondenzat

ne može dovoljno isušiti, toplinsko izolacijski materijal trajno i sve više gubi svoja izolirajuća svojstva, a rezultat su građevinske štete (navlaženje sloja, procurenje kondenzirane vode u prostore ispod krova), veća potrošnja energenata i nezdrav boravak u prostorima zgrade. Za razliku od povezanih sustava za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS) kod kojih, gledajući iznutra prema van, otpor difuziji vodene pare svakog sloja treba biti sve manji i prolaz vodene pare stacionaran, kod ravnog se neprovjetranog krova ovakav slijed ne može postići jer je završni sloj na krovu hidroizolacija s velikim otporom difuziji vodene pare. Zato se mora ugraditi parna brana. Parna brana sprječava prodiranje vodene pare iz prostora zgrade kroz krovnu ploču u sloj toplinske izolacije do hidroizolacije i funkcionalno je obvezan sloj ravnog jednodijelnog krova. Sprječava ili svodi na najmanju mjeru više od dopuštenog vlaženja toplinske izolacije i moguće štete na toplinsko izolacijskom i hidroizolacijskom sloju. Parna brana bi se trebala uvijek ugraditi do iznad razine toplinske izolacije i prekriti slojem hidroizolacije, na sve okomite dijelove krova kao što su proboji, instalacije, priključci, završetci i dr. Tada ima i ulogu kako privremene hidroizolacije za vrijeme izvedbe krova, tako i pričuvne hidroizolacije u slučaju prodora vode i trebala bi biti spojena na elemente za odvodnju krova kao i hidroizolacijski sloj (vodolovna grla s dvije etaže odvodnje kod unutrašnje odvodnje krova). Parna se brana najčešće izvodi od polimerima modificiranih bitumenskih izolacijskih traka s uloškom od aluminijske folije (debljine min. 0,1 mm ili 0,2 mm), velike vrijednosti otpora difuziji vodene pare $\mu > 700\ 000$. Uobičajena je traka oznake 4. Kod izvedbe treba paziti da ne dođe do oštećenja trake jer u izravnom kontaktu aluminijska s alkalijama iz betona nastaje proces hidrolize što može dovesti do trajnog oštećenja parne brane. Za parne brane koriste se i deblje (0,1 do 0,2 mm) PE folije s kemijski zavarenim preklapima, obično u sklopu sustava određenog proizvođača sintetskih hidroizolacijskih traka. Ovisno o vrsti i namjeni krova, parna se brana lijepi ili slobodno polaže. Polimerne trake s manjim vrijednostima otpora difuziji vodene pare mogu se upotrijebiti kao parne brane/kočnice što ovisi o građevinsko-fizikalnom proračunu. Parna brana, u neventiliranim višeslojnim građevnim elementima, mora uvijek imati veći difuzni otpor sloja od difuznog otpora sloja hidroizolacije.

4. TOPLINSKA IZOLACIJA - Uloga je ovog sloja smanjiti toplinske gubitke kroz krov građevine zimi, osigurati toplinsku stabilnost krova ljeti, osigurati stabilnost difuzijskog toka vodene pare te da smanji toplinski rad nosive krovne konstrukcije. Ispravan položaj toplinske izolacije je na vanjskoj strani krova iznad nosivih dijelova krovne konstrukcije. Idealan položaj bio bi iznad svih slojeva ravnog krova, ali zbog značajki većine toplinsko-izolacijskih materijala takav položaj nije moguć pa se kao optimalan uzima položaj ispod hidroizolacije. Iznimno se dio toplinske izolacije (do 25 %) može postaviti kao unutarnja dodatna toplinska izolacija kod prostora koji se zagrijavaju povremeno. Za toplinsku izolaciju ravnog krova koristimo se tvrdim sintetskim pjenama (polistirenom, poliuretanom), pločama od kamene vune.

Preporučuje se izvedba toplinske izolacije u dva sloja s međusobnim preklapanjem sudara ploča kako bi se izbjegla pojava toplinskih mostova. Postoje i ploče s profiliranim rubom koje omogućuju izvedbu u jednom sloju s preklapanjem spojeva. Primjenom ekstrudiranog polistirena moguće je izvoditi obrnute ravne krovove sa slojem toplinske izolacije iznad hidroizolacije.

Ekstrudirani polistiren je materijal potpuno zatvorenih strukturnih ćelija te ne upija vodu i ne mijenja svojstva pod njezinim utjecajem. Ovaj materijal potrebno je dodatno opteretiti nasipom oblutaka 16-32 mm ili betonskim pločama. Debljina tog sloja je 5-9 cm (obluci), odnosno 4-6 cm (betonske ploče), a određuje se prema debljini ploča izolacije.

5. RAZDJELNI SLOJ/SLOJ ZA IZJEDNAČAVANJE TLAKA VODENE PARE – treba zaštititi hidroizolaciju od hrapave podloge i spriječiti posljedice kemijske nepodnošljivosti između materijala hidro-

izolacije i toplinske izolacije. Ponekad razdjelni sloj treba osigurati otpornost hidroizolacije protiv zračne topline pa se u tom slučaju koristi stakleni voal od 120 g/m². Ovaj sloj također treba omogućiti izjednačenje lokalnih tlakova vodene pare koja potječe od eventualne ugradnje ili difuzne vlage te smanjiti prenošenje pomicanja donjih slojeva na sloj hidroizolacije. Često se u tu svrhu koriste hidroizolacijske folije, koje se polažu slobodno ili točkasto, te trakasto lijepe. Tada razdjelni sloj nije potreban.

6. HIDROIZOLACIJA - Hidroizolacijski sloj ravnog krova vodonepropusna je neprekinuta membrana čija je temeljna funkcija zaštititi sve slojeve krova. Izložena je nepovoljnim utjecajima kao što su: mehanička oštećenja, deformacije krovne ploče, visoke i niske temperature, utjecaj vjetera, UV zraka, sve vrste oborina i dr. Zato se izboru materijala i izvedbi mora posvetiti najveća pažnja. Hidroizolacija krovova se najčešće izvodi od sintetičkih, bitumenskih i mineralnih materijala. Kao hidroizolacija koriste se krovne folije koje su u isto vrijeme i vodonepropusne i paropropusne, da se ne bi stvarao kondezat unutar termoizolacije.

6.1. Sintetičke krovne membrane

Sintetičke/polimerne membrane, ili samo membrane možemo razlikovati prema sirovini koja im daje različite značajke – PVC, FPO, PUR, PE, PP, PVA, TP, EPDM... Slobodno se polažu, mehanički fiksiraju, lijepe ili opterećuju balastom (šljunak, kulir ili sl.).

PVC membrane - PVC je osnovni materijal za jednoslojne hidroizolacijske membrane. Ovi materijali su jednolični i konzistentni, visoke gustoće (bez pora) i manje osjetljivi na vlagu. PVC ima dobar omjer cijene i performansi (visoke performanse i trajnost uz ekonomičnost materijala i ugradnje te niske troškove održavanja). Dobra paropropusnost omogućuje im primjenu u skladu sa zahtjevnim karakteristikama građevinske fizike (čak i u lošim uvjetima) na sanacijama starih krovnih površina sa zaostalom vlagom. Membrane se postavljaju bez upotrebe otvorenog plamena što ih čini najsigurnijim sustavom ugradnje. Polimerne hidroizolacijske membrane posjeduju otpornost na zakorjenjivanje što je značajno u slučaju "zelenih krovova" i opterećenih krovova. Kod novih objekata, kao i kod sanacija postojećih, svi detalji mogu biti obrađeni efikasno i sigurno. PVC membrane ostaju "zavarljive" za vrijeme čitavog vijeka trajanja.

FPO membrane - FPO (fleksibilni poliolefin) je sintetička membrana. Poliolefini su polukristalni termoplasti sa značajkama visoke kemijske stabilnosti. FPO vodonepropusne membrane su ekološke i otporne su na dugotrajna izlaganja UV zrakama, ozonu, a kompatibilne su sa uljima, polistirenima i bitumenima. Zbog toga su kvalitetna alternativa za sanaciju i obnavljanje starih bitumenskih krovnih hidroizolacija, a posjeduju visoku otpornost na klimatske uvjete i starenje.

6.2. Hidroizolacijske krovne trake na bazi bitumena

Krovne trake na bazi oksidiranog bitumena označuju se brojčanom oznakom prema sadržaju bitumena ugrađenog u traku. Oznake su: **3** (s najmanjom količinom bitumenske mase 2000 gr/m²); **4** (3200 gr/m²) i **5** (3400 gr/m²). Ulošci traka su staklena tkanina i voal. Trake se s vrućim bitumenom ili bitumenskom masom djelomično ili potpuno lijepe na podlogu ili međusobno. Radi svoje relativne krтости i nepostojanosti na niskim temperaturama i pri starenju na ravnim krovovima nemaju veću primjenu, a posebno kao završne trake. S ovim se trakama mogu kaširati termo-izolacijske ploče ili izvesti prvi ili razdjelni sloj.

Krovne trake na bazi **polimerima modificiranoga bitumena** označavaju se brojčanom oznakom prema

sadržaju ugrađenog bitumena i prema najmanjoj debljini. Ulošci za ojačanje traka su stakleni voal i tkanina te poliesterski filc. Trake se djelomično ili potpuno lijepe na podlogu ili međusobno postupkom zavarivanja. Ove su trake postojeane **na visokim i niskim temperaturama**, imaju veće vrijednosti sile kidanja i istezanja, a u praksi su poznate kao **fleksibilne bitumenske trake**. Primjenjuju se i kao završne trake uz zaštitu od mehaničkih i atmosferskih utjecaja (trake s anti-refleksnim ili UV zaštitnim posipom) ili se koristi nasip pranih oblutaka šljunka, betonske ploče u sloju pijeska.

6.3. Izvedba: Bitumensku je hidroizolaciju potrebno **dilatirati** prosječno na svakih 15 m. Preporučuje se slivnike približno postavljati u sredinu dilatacijskih polja, a dilatacije treba izvesti na razdjelnicama. Na konstruktivnim dilatacijama zgrade dilataciju treba izvesti u svim slojevima krova. Dilatacije se izvode pomoću fleksibilnih profila, koji se premoste hidroizolacijskom trakom (Slika 3-241).



Slika 3-241 Postavljanje hidroizolacije na ravan krov [205]

7. ZAŠTITNI SLOJ - Zbog zaštite HI sloja od mehaničkog djelovanja, ali i od utjecaja insolacije i toplinskih oscilacija, izvodimo zaštitni sloj. Ravni se krovovi dijele na **neprohodne i prohodne**, a o tome ovisi i izbor završnoga zaštitnoga sloja. Danas se zaštita izolacije neprohodnog krova izvodi nasipom **oblutaka** (16 - 32 mm) debljine sloja najmanje 5 cm. Zaštita oblucima osigurava mehaničku zaštitu ali i zaštitu od insolacije. Prohodni ravni krovovi moraju imati ravnu hodnu plohu koja omogućava sigurno kretanje i štiti slojeve ravnog krova. Zaštita može biti izvedena **kamenim pločama ili keramičkim pločicama**. Ploče od prirodnog ili umjetnog kamena mogu biti položene na sloj pijeska ili na podloške. Podlošci se izrađuju od gume ili plastike. Keramičke pločice namijenjene vanjskom oblaganju polažu se u cementni mort na betonskoj podlozi. Zbog toplinskog je rada ovaj sloj obvezatno odvojen od HI dvostrukom PE folijom i dilatiran u polja dimenzija oko 2x2 m.

Ravni zeleni krov, neprohodni ravni krov, izvodi se sa slojevima koji omogućuju rast biljaka i zaštitu ostalih slojeva krova. Debljina sloja za rast biljaka ovisi o vrsti biljaka. Kod ovog krova valja naročitu pažnju posvetiti odabiru sloja za zaštitu hidroizolacije od korijenja biljaka. U slojevima zelenog krova treba predvidjeti drenažni sloj koji će odvoditi prekomjernu količinu vode, ali i sloj koji će zadržavati vlagu za sušnih dana. Pravilno projektirani zeleni krovovi opremljeni su i sustavom za dovod vode, kako bi se navodnjavanjem osigurala dovoljna vlaga za rast biljaka.

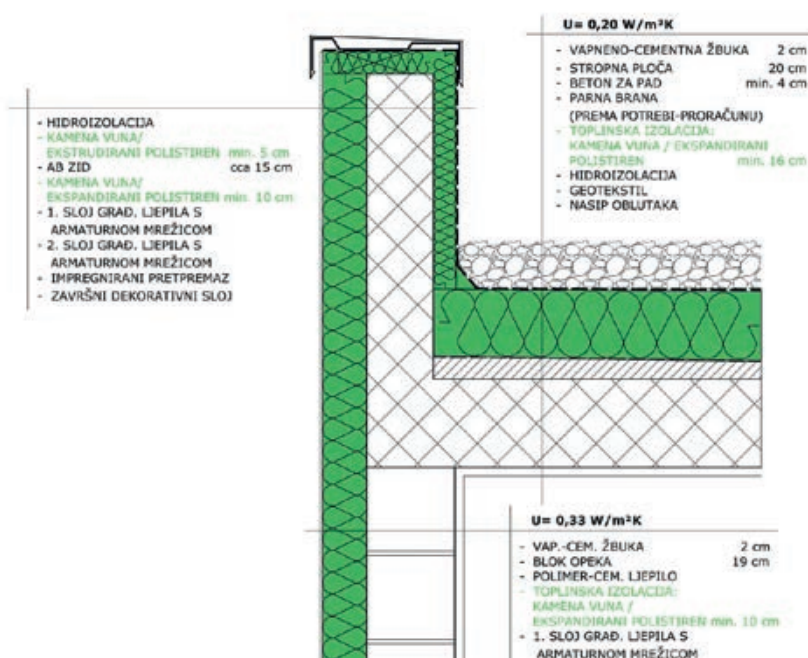
3.7.1.2 Detalji prodora i veza krova

Vrlo su često detalji oko prodora kroz slojeve krova (dimnjaci, slivnici, odzračnici...) i veza krova s ostalim elementima (ograda, nadozid i sl.) mjesta gdje počinju oštećenja. Uzrok tome su neprimjereno projektirani detalji i/ili nepravilno izvedeni spojevi.

RUBOVI KROVA su mjesta koja moraju zatvarati krov na graničnim linijama. Ovisno o tome radi li se o

prohodnom ili neprohodnom krovu te o krovu s rubnim nadozidom ili bez njega, u praksi postoje detalji koji se preporučuju. Pri projektiranju i izvedbi ovih detalja treba postići sljedeće:

- HI sloj podići na određenu visinu ili ga završiti prepustom, kako bi se spriječilo podlijevanje kiše, ali i vlaženje od topljenja snijega, te štitilo ovaj sloj od insolacije;
- izvedbu ruba krova kako bi se kod krova s nasipom oblutaka kao završnim slojem spriječilo njihovo ispiranje i otpuhivanje;
- izvedbu TI tako da se prekinu toplinski mostovi odnosno da se oni svedu na najmanju moguću mjeru.



Slika 3-242 Toplinska izolacija atike [105]

OKOMITI ZIDOVİ

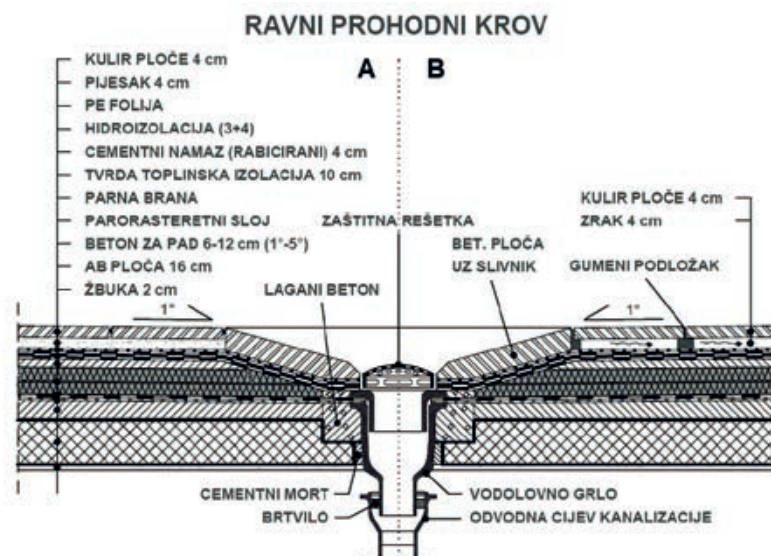
Okomiti dio HI također treba biti zaštićen od ultraljubičastih zraka i insolacije (osim ako membrana nije UV stabilna). Ultraljubičaste zrake uništavaju materijal a pretjerana ga insolacija zagrijava pa on može spuznuti i naborati se. HI okomita na podlogu može biti lijepljena ili pridržana mehanički na gornjem rubu.

DILATACIJE

Vrlo često na većim građevinama ili na spoju dviju građevina nailazimo na dilatacijske spojnice. Detalj rješenja dilatacijske spojnice treba omogućiti pomake i u slojevima konstrukcije ravnog krova bez njihova oštećenja. Najkritičniji sloj je svakako hidroizolacijski sloj. Najsigurnije je rješenje s nadvišenjem jer se hidroizolacijski sloj iz ravnine ocjedne vode podiže naviše. Iznad nadvišenja limom se rješava detalj koji osigurava zaštitu od oborinske vode te od mehaničkog oštećenja i insolacije. Na prohodnim krovovima, gdje nam takva nadvišenja smetaju, dilatacija se rješava plastičnim odnosno neoprenskim cijevima namijenjenim za tu priliku. Blago nadvišenje sloja hidroizolacije događa se unutar završnih slojeva i ne vidi se na površini krova.

PRODORI

Kroz krovnu su ravninu neminovni i prodori koji predstavljaju kritična mjesta. Prodori za vodolovna grla (slivnike), prodori odzračnika parorasteretnog sloja, prodori ventilacijskih kanala, dimnjaci i ostalo nalaze se gotovo na svakome ravnom krovu. Razlog propuštanju spoja uz ove elemente temelji se u najvećem broju slučajeva na nepravilnoj izvedbi. Na tržištu se danas nudi cijeli niz proizvoda koji nam osiguravaju kvalitetno izvođenje ovih detalja. Najbolje rješenje za to su PVC hidroizolacijske membrane. Problemi se pojavljuju pri nepravilnoj ugradnji elemenata i nepridržavanju propisanih uputa. Osim pravilne izvedbe spoja hidroizolacije s ovim elementima pažnju treba posvetiti i prekidu eventualnih toplinskih mostova.



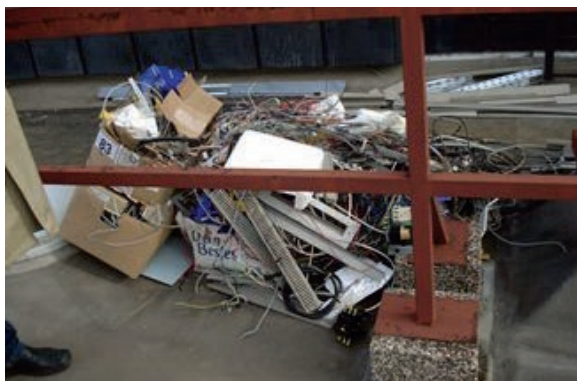
Slika 3-243 Vodolovno grlo /slivnik [105]

3.7.1.3 Najčešći problemi na ravnim krovovima

Sanacija ravnih krovova najčešće se izvodi zbog zastarjelih tehnologija ugradnje, dotrajalih krovnih sustava, zbog mehaničkih oštećenja hidroizolacijskih krovnih sustava, neprimjerenih aktivnosti na krovovima kao što su ugradnja satelitskih, radio i tv antena, aktivnosti na ravnim krovovima gdje su hidroizolacijske membrane izložene, i nisu zaštićene, različitim prodorima i ponekada kreativnim i za stanare korisnim rješenjima koji ipak nisu najbolje rješenje za hidroizolacijske sustave na krovovima kao što su razna improvizirana sušila, roštilji i razne konstrukcije kojima se oštećuju krovne membrane.



Slika 3-244 Primjer krova na kojem su zbog neodržavanja urasle biljke [207]



Slika 3-245 Otpad na krovu i lišćem začepljeni slivnik [207]

Postoje različiti tipovi hidroizolacijskih membrana npr. membrane koje zbog nedostatka UV stabilizatora ili različitih posipa moraju biti zaštićene, a nisu! Zbog te činjenice dolazi do prijevremenog “starenja” tj. pucanja takvih vrsta hidroizolacijskih sustava i do prodiranja vode.

Postoje i proizvodi koje nisu primjerene našim klimatskim prilikama ili su jednostavno proizvodi sa nedostatkom kemijskih elemenata koji su neophodni da krovne hidroizolacijske membrane izdrže više desetaka godina na krovu bez oštećenja i deformacija. Česti uzroci oštećenja su i loše tehničke značajke materijala koji zbog slabe fleksibilnosti ne mogu pratiti konstrukcijska naprezanja uslijed velikih temperaturnih razlika, ali i naprezanja zbog slijeganja. Rezultat neodržavanja krovova je najčešće oštećenje balastnih ili starih bitumenskih sustava opterećenih šljunkom ili betonskim kulir pločama. Neodržavanjem, na krovovima se stvaraju kritične točke gdje se taloži lišće, prašina i u kombinaciji sa sjemenkama koje dolete zrakom ili ih ostave ptice, na krovovima mogu početi rasti različite vrste biljaka čije korijenje može oštetiti hidroizolaciju, ali i oštetiti betonsku konstrukciju krova.



Slika 3-246 Oštećenje hidroizolacije zbog nedostatka UV stabilizatora [207]



Slika 3-247 Začepljena rešetka sifona na krovu i oštećenja na krovnoj hidroizolaciji [207]

Također, ljudski faktor u samoj ugradnji može utjecati na kakvoću i dugotrajnost sustava, jer ako dođe i do male pogreške u ugradnji, cijeli sustav postaje beskoristan.



Slika 3-248 Primjeri lošeg održavanja krova [207]

Oštećenja hidroizolacijskih sustava itekako utječu na kakvoću i toplinsku vodljivost termoizolacijskih slojeva. Oštećenja na krovovima izazvana procurivanjima mogu dugotrajno utjecati na funkcionalnost samog objekta, ali i na ostale građevinske elemente na krovu i ispod slojeva hidroizolacijskih sustava. Najčešće štete i posljedice su oštećenja termoizolacijskih slojeva i utjecaj na njihovu funkcionalnost. Prilikom prodiranja vode u termoizolacijske slojeve, termoizolacija gubi svoju osnovnu značajku - povećava se toplinski koeficijent. Ako krovna izolacija nije funkcionalna tada kroz izolaciju može proći i do 30 % topline.

Potrebno je obratiti pozornost na prodiranje difuzne vodene pare iz grijanih prostora u sloj toplinske izolacije i stvaranje kondenzata u toplinskoj izolaciji. Također treba spriječiti kondenzaciju vodene pare na unutarnjoj površini.

U slučajevima kada voda prodire u toplinsku izolaciju zbog oštećenja krovne hidroizolacije, zbog prodiranja vodene pare ili kondenzacije kao i zbog toplinskog mosta posljedice nisu samo loša termoizolacijska svojstva toplinske izolacije.

Temperaturne razlike na ravnim krovovima mogu biti od -35°C do $+80^{\circ}\text{C}$. Ukoliko je termoizolacija kamena vuna, voda se skuplja u kamenoj vuni i zimi dolazi do neželjenih stezanja, a ljeti rastezanja čime se opterećuje hidroizolacijska membrana, a može dovesti i do značajnih oštećenja kako same hidroizolacijske membrane te ostalih dijelova krovne konstrukcije.



Slika 3-249 Primjer oštećenja termoizolacije i vode ispod sloja termoizolacije [207]



Slika 3-250 Primjer bitumenskog krova opterećenog šljunkom [207]

3.7.1.4 Sanacija ravnih krovova

Posljedice neispravne konstrukcije proizišle iz projekta ili zbog loše izvedbe teško se mogu ispraviti bez većih zahvata. Slojevi za izolaciju ravnog krova **zbijeni su i nepristupačni**, osim završnoga zaštitnoga sloja, pa je kontrola pojedinog sloja i utvrđivanje oštećenja vrlo teško, gotovo nemoguće. Kada se otkriju nedostaci treba obaviti detaljan pregled i ustanoviti uzrok te nakon toga izraditi **projekt sanacije**.

Pojave unutarnjih gljivica i plijesni na unutarnjim površinama rubnih dijelova krova rezultat su nedovoljne toplinske izoliranosti krova na tim mjestima (toplinski mostovi). Problem se može riješiti dodatnom toplinskom izolacijom tih rubnih područja .

Najčešća je pojava propuštanje vode. Ovo oštećenje uočavamo tek u trenutku kada je voda prodrla kroz **sve slojeve ravnog krova** i počela vlažiti unutarnju plohu stropa. Mjesto prodora vode kroz hidroizolacijski sloj gotovo je nemoguće ustanoviti. Voda ulaskom ispod završnog hidroizolacijskog sloja traži i pronade put i kroz ostale slojeve. Na svom putu ovlaži i toplinskoizolacijski sloj kojemu se u tom slučaju umanjuje predviđena uloga (osim ekstrudiranog polistirena), a veliki su problemi i s **isušivanjem** ovog sloja nakon izvedene sanacije hidroizolacijskog sloja.

Problem se može riješiti **izvedbom odzračnika** koji će omogućavati isušivanje konstrukcije i nakon sanacije, odnosno **pravilnije izmjenom svih oštećenih slojeva krova** pa tako i navlažene toplinske izolacije u kojoj se zadržava najveći dio vode [207].

3.7.1.5 Zeleni ravni krov

To je dio prirode na krovu. Može biti travnjak, livada, sadržati ukrasno grmlje, kamenjare, stabla, ribnjake, puteljke. Primjenjuje se na ravnim krovovima objekata visokogradnje, ali i podzemnim garažama, pothodnicima i sl. Moguće su čak izvedbe i na kosim krovovima.

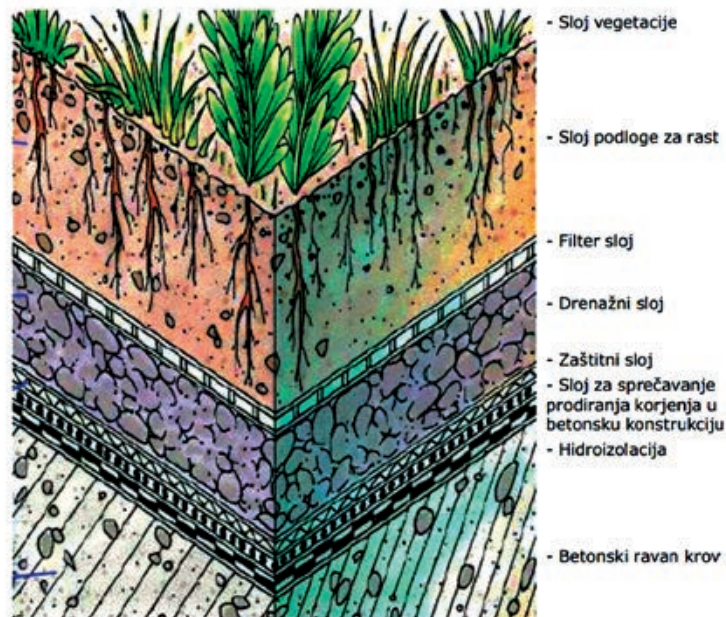
Prednosti zelenih ravnih krovova:

1. Produljenje životnog vijeka HI
2. Povećana zaštita od prostorne buke
3. Dodatna TI
4. Očuvanje vlažnosti zraka
5. Ugodnija mikroklima ljeti
6. Dodatna korisna površina
7. Životni prostor za biljke i životinje
8. Smanjenje i usporenje dotoka oborinskih voda
9. Globalno povoljan utjecaj na klimu
10. Apsorpcija prašine i štetnih plinova, pročišćavanje zraka od smoga
11. Ljepša slika grada i pejzaža

Vrste zelenih krovova:

Tehnički postoje dva osnovna tipa zelenog krova u odnosu na zahtjevnost slojeva i održavanja: INTENZIVNI (zahtjevni) zeleni krov i EKSTENZIVNI (nisko zahtjevni).

Osnovne komponente zelenog ravnog krova:



Slika 3-251 Detalj zelenog krova izvedenog na betonskoj konstrukciji ravnog krova [203]

Ekološke i ekonomske prednosti zelenih krovova:

- zdravija životna okolina;
- apsorpcija prašine i štetnih plinova, pročišćavanje zraka od smoga;
- ugodnija mikroklima ljeti, očuvanje vlažnosti zraka;
- povećana zaštita od zračne buke;
- ekologija;
- životni prostor za biljke i životinje
- smanjenje i usporenje dotoka oborinskih voda;
- globalno povoljan utjecaj na klimu;
- uštede u korištenju i održavanju zgrade;
- produljenje životnog vijeka hidroizolacije;
- dodatna toplinska zaštita;
- iskoristivost površine;
- dodatna korisna površina;
- ljepša slika grada i pejzaža.

PITANJA:

1. Nabrojite idući od podgleda prema gore slojeve toplog neprohodnog ravnog krova.
2. Koje su 3 vrste ravnog krova prema završnom sloju i čime završavaju na površini?
3. Sloj za pad – čemu služi, kolika mu je najmanja moguća debljina, nabrojite tri materijala za izvedbu.
4. Parorasteretni sloj – gdje se postavlja (2), na koja dva načina se može izvesti parnom branom, opišite dva primjera materijala za donji parorasteretni sloj i jedan za gornji te kako se postavljaju na podlogu.
5. Čemu služi parna brana?
6. Zbog čega se preporučuju izvedba TI u 2 sloja?
7. Nabrojite materijale za TI ravnog krova.
8. Koja se dva glavna materijala koriste za HI ravnog krova?
9. Opišite materijale bitumenskih HI traka za ravni krov te način postavljanja.
10. Na koje načine se mogu postaviti HI trake od sintetske gume i kako se izvode spojevi?
11. Navedite načine zaštite HI od sunca.
12. Nabrojite tipove ravnih krovova prema konstrukciji.
13. Skicom objasnite razliku između toplog i obrnutog toplog ravnog krova.
14. Skicom objasnite razliku između toplog i hladnog ravnog krova.
15. Kakvi materijali se koriste za TI obrnutog ravnog krova i zašto?
16. Kako se kod hladnog krova rješava problem odvodnje vodene pare i umjesto kojeg sloja toplog krova taj sloj izvodimo?
17. Kakvi su to zeleni krovovi?



4 REFERENCE

[1]	www.mdv.hr ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[2]	<i>Strojno žbukanje</i> , www.mdv.hr ; Pristupljeno: 23.8.2016.
[3]	www.jub.hr ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[4]	www.olx.ba ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[5]	www.kocka-go.hr ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[6]	www.tehnikinvest.com ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[7]	www.kucaodslameiblata.com ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[8]	izoaquamador.hr ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[9]	Hrvatska udruga proizvođača toplinsko-fasadnih sustava, HUPFAS, www.hupfas.hr .
[10]	Hrvatska udruga proizvođača toplinsko-fasadnih sustava HUPFAS, www.hupfas.hr , 2016.
[11]	bosanski-forum.com ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[12]	glaspodravine.hr ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[13]	seta-ha.ru ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[14]	Mjerne vrpce BMI, geoteha.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[15]	240 RDS, toolshop.rs ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[16]	<i>Libela classic</i> , dewalt.com.hr/tag/libela ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[17]	<i>Furtun de nivel 15m cod 0750-601500 Hardex</i> , www.sdg-shop.ro ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[18]	www.sdg-shop.ro ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[19]	<i>SOLA alu letva za ravnanje 2,5 m s 2 libele bez ručke</i> , webshop.schachermayer.com ; Pristupljeno: 23.8.2016.
[20]	<i>Špaga zidarska crvena 1,0mm 50m</i> , www.danici.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[21]	<i>Bosch Točkasti Laserski Nivelir Laser GCL 25</i> , alatimilic.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.

[22]	<i>www.szerszambar.hu; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[23]	<i>Posuda za grabljenje žbuke, shop.berner.eu; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[24]	<i>materialeonline.ro/137-pentru-zidarie; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[25]	<i>805 čekić krovopokrivački 600 GR, www.comet.hr; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[26]	<i>Gladilica, www.madex.hr; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[27]	<i>Fugenkelle, www.lorencicsarajevo.ba; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[28]	<i>Pribor za letvice za žbukanje i zaštitu, www.lorencic.hr; Pristupljeno: 23.7.2016.</i>
[29]	<i>Lopata za miješanje žbuke, shop.berner.eu; Pristupljeno: 23.8.2016.</i>
[30]	<i>Dlijeto za kamen ravno/špic, www.sgc.hr; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[31]	<i>Zidarska olovka , www.poslovni-darovi.com; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[32]	<i>Četka 238SIN zidarska, www.minifarma.hr; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[33]	<i>www.maxeuro.cz; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[34]	<i>Oprema za Gradilišta, žute drvene oplate, blažujke, damon.hr; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[35]	<i>Građevinska kanta EI12 12L, www.ekupi.ba; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[36]	<i>www.byggmakker.no; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[37]	<i>Građevinska kolica - Japaner, www.unitehna.rs; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[38]	<i>Alati za Obradu Betona i Žbuke, damon.hr; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[39]	<i>Wibrator do betonu Enar AFE 1000M przetwornica z buławą, www.budrent.olsztyn.pl; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[40]	<i>Vibro ploče, www.integritet.hr; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[41]	<i>Vibro ploča VIBREX,model PEN 16C Honda 5,5ks,širina 430mm,udar16kn,86kg, www.unajmi.hr; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[42]	<i>Strojevi, www.gradnet.hr; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[43]	<i>www.scenerysolutionsglobal.com/; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[44]	<i>Pumpa és pumix használat, www.betonar.hu; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>
[45]	<i>Mild Steel Lift Structure; http://www.indiamart.com; Pristupljeno: 4.7.2016.</i>

[46]	white cement, http://mumbai.all.biz/cement-bgc2643 ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[47]	Bachl PIR-toplinska izolacija za svaku namjenu, www.korak.com.hr ; Pristupljeno: 21.6.2016.
[48]	Wienerberger, www.wienerberger ; Pristupljeno: 12.7.2016.
[49]	Porotherm 25 (PTH 25), svoi-stroitelji.ru ; Pristupljeno: 23.8.2016.
[50]	www.ytong.hr ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[51]	http://prosperitet.eu/ ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[52]	www.tenisit.net ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[53]	http://www.dragodid.org/page/7/ ; Pristupljeno: 5.7.2016.
[54]	Liapor, http://www.liapor.com/hr/ ; Pristupljeno: 5.7.2016.
[55]	Bjegović, D.; Štirmer, N.: Teorija i tehnologija betona, sveučilišni udžbenik, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2015..
[56]	Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, www.grad.hr .
[57]	Hollow concrete block with lightweight aggregate (expanded clay), www.archiexpo.com ; Pristupljeno: 31.03.2014.
[58]	Lightweight concrete blocks, http://www.archiexpo.com/architecture-design-manufacturer/lightweight-concrete-block-3228.html ; Pristupljeno: 20.3.2016.
[59]	Lightweight concrete, http://www.archiexpo.com/prod/terra-bona-materials/lightweight-concrete-architectural-elements-104717-1341693.html ; Pristupljeno: 20.3.2016.
[60]	Armatura i betonski čelik, ostali proizvodi od čelika, http://www.bmd-stil.hr/kategorije/armatura-i-betonski-celik-ostali-proizvodi-od-celika ; Pristupljeno: 17.3.2016.
[61]	http://www.informacija.net/img/Product/90_0_screen.jpg ; Pristupljeno: 17.3.2016.
[62]	Residential Concrete, Slab-on Grade Floors, http://www.peterfell.co.nz/pub/cms/contractors-information/files/CCANZ_Residential_Concrete_Slab-On-Ground_Floors.pdf ; Pristupljeno: 20.3.2016.
[63]	Placing & Finishing Concrete, http://www.cement.org/basics/concretebasics_placing.asp ; Pristupljeno: 17.3.2016.
[64]	Nelso, T.: Evaluation of Skid Resistance of Turf Drag Textured Concrete Pavements, Interim Report, Minnesota Department of Transportation, Office of Materials and Road Research, Technical Report Documentation Page, Report No. MN/RC 2011-12, April 2011, 42.
[65]	Concrete Paving, Highway Certified Technician Program Training Manual, Indiana Department of Transportation, http://www.in.gov/indot/files/CTP_ConcretePavingManual_Nov2011.pdf ; Pristupljeno: 17.3.2016.
[66]	Concrete Curing & Drilling - Cuttingin, www.cuttingin.com.au ; Pristupljeno: 27.02.2014..
[67]	Concrete Curing, Insulation and blue board in WV and KY, www.fostersupply.com ; Pristupljeno: 27.02.2014..
[68]	Kulkarni, S. B.; Pereira, C.: Significance of Curing of Concrete for Durability of Structures, http://www.nbmcw.com/articles/concrete/25057-significance-of-curing-of-concrete-for-durability-of-structures.html ; Pristupljeno: 16.3.2013..

[69]	Concrete Curing for Construction, http://www.rtcsupply.com/industries/construction/construction-concrete/construction-concrete-curing.html ; Pristupljeno: 27.02.2014..
[70]	Curing Compounds, http://www.transtutors.com/homework-help/civil-engineering/concrete-creation/curing-compounds/ ; Pristupljeno: 27.02.2014.].
[71]	http://www.brasstackthinking.com/the-beauty-in-bricklaying/ ; Pristupljeno: 17.3.2016.
[72]	Graditeljska škola Čakovec, www.gsc.hr .
[73]	Peulić, Đ.: "Konstruktivni elementi zgrada", Tehnička knjiga, Zagreb.
[74]	Betonski blokovi, betonskiblokovi.blogspot.com ; Pristupljeno: 23.8.2016.
[75]	http://blokara-as.com/sljaka-blok/ ; Pristupljeno: 17.3.2016.
[76]	http://www.ytong.hr/ ; Pristupljeno: 17.3.2016.
[77]	Bitumen for asphalt road, petroeretail.com/products/bitumen-for-asphalt-road/ ; Pristupljeno: 23.7.2016.
[78]	Bitumen & Emulsions, Our Bitumen Products; www.coldpremixasphalt.co.za/bitumen-products/ ; Pristupljeno: 23.7.2016.
[79]	Ljepenka, recitol, bitumenske trake za varenje, www.webgradnja.hr ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[80]	Parkirališta IZOGEN, www.izogen.hr ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[81]	www.webgradnja.hr ; Pristupljeno: 23.8.2016.
[82]	Hidroizolacija podruma, www.glinac.com ; Pristupljeno: 19.8.2016.
[83]	http://14557.bg.all.biz/goods ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[84]	http://www.webgradnja.hr/specifikacije/1143/voltex/ ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[85]	Betonitska hidroizolacija – VoltexBentonite waterproofing – Voltex, www.magnacoop.com/betonitska-hidroizolacija-%E2%80%93voltex/ ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[86]	Ekoseal EPEcoseal EP, www.magnacoop.com ; Pristupljeno: 19.7.2016.
[87]	Internal Wall Insulation, http://www.nia-uk.org ; Pristupljeno: 19.8.2016.
[88]	Armaflex izolacijske plošče, www.bolha.com ; Pristupljeno: 20.7.2016.
[89]	Stiropor ali stirodur, www.mojmojster.net ; Pristupljeno: 19.8.2016.
[90]	http://www.maksima-trgovina.hr/gradjevinski-materijal-asortiman/izolacijski-sistemi/termoizolacija/ ; Pristupljeno: 20.7.2016.
[91]	Rolne ploče i granulati od pluta, www.infomarket.co.rs/pluta/rolneiploce/rolneiploce.htm ; Pristupljeno: 20.7.2016.
[92]	Zelena gradnja: energetska ušteda i smanjenje emisija CO ₂ , www.lokal.hr ; Pristupljeno: 20.7.2016.

[93]	Expanded Perlite Powder, http://dir.indiamart.com/impcat/expanded-perlite-powder.html ; Pristupljeno: 20.7.2016.
[94]	Wool The Natural Fibre - IWTO, www.iwto.org ; Pristupljeno: 20.7.2016.
[95]	http://hayforsaleads.com/browse-ads/ ; Pristupljeno: 20.7.2016.
[96]	http://dir.indiamart.com/jaipur/fiberglass-sheet.html ; Pristupljeno: 20.7.2016.
[97]	http://www.md.all.biz/poliuretan-bgg1091927 ; Pristupljeno: 20.7.2016.
[98]	http://marmara.all.biz/neopren-urunler-g53228 ; Pristupljeno: 20.7.2016.
[99]	Dvostruka uloga modernih materijala, www.dominfo.ba/dvostruka-uloga-modernih-materijala/ ; Pristupljeno: 20.7.2016.
[100]	http://www.yanmazsunger.net/ses-yalitim-sungeri.html ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[101]	Limplex oluci, rolovani limovi, www.limplex.biz ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[102]	http://www.trigos.rs/prodajni-asortiman/gips-ploce/ ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[103]	Drvolit akustik DA - VAPRING, www.arkada-trgovine.hr ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[104]	Temelji zgrade, http://zeelena.com.hr/temelji-zgrade/ ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[105]	Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj: "Priručnik za energetske savjetnike", Tiskara Zelina d.d., 2008.
[106]	Izolacija temelja, http://www.austrotherm.rs/primena/izolacija-podruma/izolacija-temelja.html ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[107]	Toplinska izolacija vanjskog zida, http://www.enu.fzoeu.hr/ee-savjeti/toplinska-zastita-objekta/toplinska-izolacija-vanjskog-zida/ ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[108]	Hrvatska udruga proizvođača toplinsko-fasadnih sustava, HUPFAS, www.hupfas.hr , 2016.
[109]	blog.collomix.com/waermedaemkleber-mit-dem-rotationsmischer-aox-s/ ; Pristupljeno: 19.8.2016.
[110]	www.efarba.pl/Catalog.aspx?refid=6844/6845/6885/7680 ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[111]	Application, http://www.ea-etics.eu/~run/views/etics/mode-of-operation/index.html ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[112]	Masterplast Group International, http://grad-projekt.hr/images/sadrzaj/64/1280402449.pdf ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[113]	http://espertocasaclima.com/2011/04/vespaio-aerato-dubbi-consigli/ ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[114]	Vlažni zidovi, izolacija zidova i temelja u zemlji, http://www.zvonimirbuzanic.com/page/11 ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[115]	http://www.tzb-info.cz/4546-mechanicke-upevneni-zateplovacich-systemu ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[116]	Pistolenschaum 12 x 750ml Montageschaum Bauschaum PU Schaum PRITEX® - 07010112, www.ebay.de ; Pristupljeno: 19.8.2016.

[117]	Wärmedämm-arbeiten, malermeister-berger.com; Pristupljeno: 19.8.2016.
[118]	http://v1.raf.com.tr/urun_909_henkel-ceresit-ct-84.html ; Pristupljeno: 27.6.2016.
[119]	Speziallösungen für den Bau, www.rokamat.com; Pristupljeno: 23.8.2016.
[120]	Osnovna brzina vjetra, dr.sc. Alica Bajić, Državni hidrometeorološki zavod.
[121]	TERMOZ 8 UZ, http://www.edilportale.com/prodotti/fischer-italia/fissaggio-per-pannelli-isolanti-a-cappotto/termoz-8-uz_6087.html ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[122]	www.percon.ba/proizvodi/enterijer/ ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[123]	www.bauschaum24.de/537-alfa-wdvs-gewebe-vollwaermeschutz-armierung.html ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[124]	Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS), www.energiekompass-emsland.de/fachgebiete/waermedaemm-verbundsysteme-wdvs.html ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[125]	Wärmedämmkleber mischen im Rotationsmischer AOX-S, blog.collomix.com ; Pristupljeno: 19.8.2016.
[126]	MASTERPROFIL DIN CW profil 50, 75 i 100, www.masterplast.hu/masterprofil_CW_cr ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[127]	http://magyarfestek.hu ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[128]	www.thermomaster.hu/wprof_halos_ablakcsatlakozo_profil ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[129]	THERMOMASTER PVC balkonski profil s mrežicom, www.masterplast.hu/thermomaster_pvc_balkonski_profil_cr ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[130]	Gips PROFIL ZA ZAŠTITU KUTEVA, PVC-SAVITLJIVI L=3000 mm, www.ikoma.hr ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[131]	http://pbonline.co.uk/naroznik-aluminiowy-z-siatka-z-wlokna-szklanego-2-5m-10-sztuk.html ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[132]	Brillux Dehnungsfugenprofil + 3778 f. Innenecken 2,50 m 2500 MMT, https://www.amazon.de/Brillux-Dehnungsfugenprofil-3778-Innenecken-2500/dp/B007WCZUUY ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[133]	www.bauweb.sk/product/dilacny-profil-pvc-68/ ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[134]	Nové riešenia požiarneho detailov ETICS, http://www.asb.sk/stavebnictvo/konstrukcie-a-prvky/etics/nove-riesenia-poziarnych-detailov-etics ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[135]	The ETICS TwoSafe window sill system provides double safety for facades, www.brillux.com/applications-and-solutions/thermal-insulation/daemmsysteme/facade-insulation/window-sills/?L=1 ; Pristupljeno: 28.6.2016.
[136]	www.dosteba.ch/CustomContent/Details?systemName=Montageelemente ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[137]	http://www.beck-heun.de/Montage.595.0.html ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[138]	Technisches Merkblatt, www.wulff-gmbh.de/baufarben/arcutherm_technische_merkblaetter/Montage-Elemente.pdf ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[139]	www.e-vasion.ro/Electrice/Aparataj/Doze/DOZA-TENCUIALA-TERMOSISTEM-KEZKB/ ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[140]	http://www.allelectro.com.ua/kopos ; Pristupljeno: 29.6.2016.

[141]	Boîte électrique Eldoline®, http://www.edilteco.fr/fr/catalogue/i-t-e/accessoires/boite-electrique-eldoline-r ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[142]	Boîte électriques Eldoline®-EPS, http://dosteba.de/news/17/elektrodose-eldoline-eps ; Pristupljeno: 29.6.2016.
[143]	www.conseils-store.com/index.php?store=bead_mess&id=66231 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[144]	www.schraubenhimmel.de/Fischer-Thermax-M-12-16-/170-Achtung-nur-als-20er-Set-moeglich ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[145]	SolReflex – dark colors on External Thermal Insulation Composite Systems, www.brillux.com/index.php?id=1477 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[146]	Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, www.grad.hr , 2016.
[147]	Tencuiala decorativa la sac forum, http://mobilacanapele.blogspot.hr/2014/10/tencuiala-decorativa-la-sac-forum.html ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[148]	www.webgradnja.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[149]	Tko je najbolji u hrvatskoj arhitekturi?, http://pogledaj.to/arhitektura/tko-je-najbolji-u-hrvatskoj-arhitekturi/ ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[150]	Ž. Sabo: Fasada se srušila zbog loše izvedbe radova, www.24sata.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[151]	Od jačine bure pala fasada sa zgrade: U Splitu puše najjača bura u posljednjih 10 godina!, www.index.hr/mobile/clanak.aspx?category=vijesti&id=800098 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[152]	Bura srušila fasadu na križanju Vukovarske i Dubrovačke ulice!, http://dalmatinskiportal.hr/vijesti/pogledajte-video--bura-srusila-fasadu-na-krizanju-vukovarske-i-dubrovacke-ulice/2623 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[153]	Pogledajte kako je bura odnijela fasadu u Splitu; Zabilježeni udari i do 160 kilometara na sat, www.slobodnadalmacija.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[154]	Škomrlj D.: 'Raspala' se na prvom jačem vjetru: Bura razorila fasadu POS-ove zgrade na Hostovom bregu, www.novilist.hr ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[155]	www.baupraxis-blog.de/kurioses/kurioses-2011 ; Pristupljeno: 19.8.2016.
[156]	Schadensbilder, sv-reckert.de ; Pristupljeno: 19.8.2016.
[157]	Ein WDVS als Puzzlespiel in Übergröße, www.baupraxis-blog.de/kurioses/kurioses-2011/ ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[158]	http://sv-reckert.de/schadensbilder.php ; pristupljeno: 30.6.2016.
[159]	Vady a poruchy ETICS. Nesprávné upevnění izolačních desek a z něj vyplývající závady., http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/vady-a-poruchy-etics/ ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[160]	www.ingegneri.cc/author/fulviorececonienricodeangelis ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[161]	Remediation and upgrading of building insulation, http://izolace-beran.cz/uk_sanace.htm ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[162]	Daniotti B., Cecconi F. Re, R. Paolini, Galliano R., Ferrer J., Battaglia L.: "Durability evaluation of ETICS: analysis of failures case studies and heat and moisture simulations to assess the frequency of critical events", March 2012, Coimbra.
[163]	http://oglasih.hr/usluge/gradevinske-usluge/obrada-spaleta-oko-prozora_i3574 ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[164]	Carević I., Banjad Pečur I., Štirmer N., Milovanović B., Alagušić M.; CROSKILLS-građevinski radnicikao temelj kvalitete energetski učinkovite gradnje, 7. znanstveni skup Hrvatskog društva za kvalitetu, Poreč, svibanj 2016.

[165]	http://marisanbg.com/en/termoflex-pu-contact/page/345#.V3UL_qIXdFs ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[166]	baumitbulgaria.blogspot.hr/2012/09/blog-post.html ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[167]	Research and practice: Algae growth on ETICS — a problem without a solution?, http://www.detail-online.com/inspiration/research-and-practice-algae-growth-on-etics-%E2%80%94-a-problem-without-a-solution-108443.html ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[168]	Správné zateplení fasád, Roman, Studenty, http://www.zatepleni-fasad.eu/images/1/Poruchy_chyby_zatepleni_fasad.pdf ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[169]	www.eberstadt.biz/1%20Seiten/7aneu-EBC%20Bilder.htm ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[170]	Nuo ko priklauso tinkuoto fasado kokybė?, http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/258/1/0/1/article/17949/nuo-ko-priklauso-tinkuoto-fasado-kokybe ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[171]	Aufdopplung für geschädigtes WDVS , www.bauhandwerk.de ; Pristupljeno: 19.8.2016.
[172]	Pressure washer gun Suttner ST2605 vs PA RL51, www.youtube.com ; Pristupljeno: 19.8.2016.
[173]	https://www.sg-weber.de/waermedaemmung-wdvs/produkte/klebe-und-armierungs-moertel/webertherm-retectr-700.html ; Pristupljeno: 30.6.2016.
[174]	Milovanović B., Drakulić M.: "Problematika požara u vanjskoj ovojnici zgrade", Dani ovlaštenih inženjera građevinarstva, Opatija, 2014.
[175]	www.zelenaenergija.org/tag/energetsko-certificiranje/3950 ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[176]	F wie Fenster einbauen, baufuesick.wordpress.com ; Pristupljeno: 19.8.2016.
[177]	www.nebeska.mojabudowa.pl/?id=169906 ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[178]	VBH Holding AG: Montaj profesional ferestre cu greenteQ, www.euroconferinte.ro/prezentari/Tema2-02.pdf ; Pristupljeno: 4.7.2016.
[179]	RAL ugradnja, ilsad.hr/ugradnja/ral-ugradnja/ ; Pristupljeno: 4.7.2106..
[180]	RAL ugradnja, ilsad.hr/ugradnja/ral-ugradnja/ ; Pristupljeno: 4.7.2106.
[181]	http://www.halfen.com/en/ ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[182]	Pinkcore® Insulated Concrete Sandwich Panel Wall System, http://commercial.owenscorning.com/assets/0/144/172/174/a7bde4fd-f57c-4937-bc73-52f43f11efb3.pdf ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[183]	TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope, http://tesenergyfacade.com/downloads/TES_Manual-ebookFINAL.pdf ; Pristupljeno: 22.7.2016..
[184]	Rejo R.: Izgradnja hala od gotovih predgotovljenih armirano betonskih elemenata, www.grad.unizg.hr/_download/repository/montaza_hala.pdf ; Pristupljeno: 23.8.2016.
[185]	CPCI Architectural Precast Concrete – Sealant and Joint Guide, http://www.lafarge-na.com/Sealant_And_Joint_Brochure.pdf ; Pristupljeno: 22.7.2017..
[186]	Sterling Adames and Sean Mercado - Precast Concrete Panels and Stone Veneer Panels, http://documents.mx/documents/precast-concrete-panels-and-stone-veneer-panels-sterlin-adames-and-sean-mercado.html ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[187]	letecekele.si ; Pristupljeno: 22.7.2016.

[188]	<i>build-in-homes.com</i> ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[189]	http://www.infraredtraining.com/ ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[190]	Structural Insulated Panel Association, http://www.sips.org/ ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[191]	Riihimäki Innova project, http://www.ttu.ee/public/p/projektid/enef/ENEF_TES-facade_Riihimaki_AR_18102012.pdf ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[192]	SmartTES Book 4 Building physics, http://www.tesenergyfacade.com/downloads/smartbook/BMBF033R057_978-3-941370-48-7_BOOK%20-%20Building%20physics.pdf ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[193]	TES EnergyFaçade – prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope, http://tesenergyfacade.com/downloads/TES_Manual-ebookFINAL.pdf ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[194]	pape oder semke Architekturbüro, Detmold; Pristupljeno: 22.7.2016.
[195]	TKK Helsinki project report, TKK TES Loppuraportti 2009, http://www.tesenergyfacade.com/index.php?id=4_downloads ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[196]	» http://www.gap-solutions.at/loesungen/gapskin/ ; Pristupljeno: 22.7.2016.«.
[197]	http://www.structurearchives.org/article.aspx?articleID=998 ; Pristupljeno: 22.7.2016.
[198]	» http://www.quadlock.com/ ; Pristupljeno: 22.7.2016.«.
[199]	»SQE oplata, http://www.arhitekti-hka.hr/files/file/pdf/2013/ZET/Miscevic-SQE.PDF ; Pristupljeno: 22.7.2016.«.
[200]	» www.ugodnogradnja.com ; Pristupljeno: 19.3.2016.«.
[201]	» http://www.funda.hr/Protan-(1)/OPTERECENI-KROVOVI.aspx ; Pristupljeno: 1.3.2016.«.
[202]	» http://www.gradnja.rs/energetski-efikasni-ravni-krovovi/ ; Pristupljeno: 1.3.2016.«.
[203]	» http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/shared/list/PRIRUcNIK%20ZA%20ENERGETSKO%20CERTIFICIRANJE%20ZGRADA%202.pdf ; Pristupljeno: 1.3.2016.«.

PRIRUČNIK ZA TRENERE GRAĐEVINSKO ZANIMANJE ZIDAR



Sufinancirano iz EU programa
Inteligentna energija Europe



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



Hrvatska komora
inženjera građevinarstva



REGIONALNI CENTAR ZAŠTITE OKOLIŠA
Hrvatska



Hrvatski zavod za zapošljavanje

