

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

– STRUKOVNI DIO –



PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR

IMPRESSUM:**Urednica:**

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

Autori:

Ivan Ciglar, *Graditeljska škola Čakovec*

Snježana Delladio, *Graditeljska škola Čakovec*

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

Recenzenti:

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

prof.dr.sc. Nina Štirmer, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Ivana Carević, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Dizajn i prijelom:

Antonija Čičak

ISBN:

978-953-8168-02-4

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 000957492.

Tisak:

Printera Grupa d.o.o.

Dr. F. Tuđmana 14/A, 10431 Sv. Nedelja, Hrvatska

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 / **TESAR**



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 TESAR, 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 TESAR, OBUHVAĆA SLJEDEĆE CJELINE I TEME, NAMIJENJENE TEORIJSKOJ NASTAVI:

Poglavlje **TESARSKI RADOVI** pruža kratki opis djelatnosti tesara (**DJELATNOST TESARA**) te kojim se strojevima, priborom i alatima služi (**TESARSKI PRIBOR, ALAT I STROJEVI**). Potpoglavlje **MATERIJALI** detaljno nam opisuje najvažniji materijal koji se koristi u tesarskoj djelatnosti: drvo, koje uključuje botaničke dijelove drveta, karakteristične presjeka drveta, svojstva drva, vrste drvene građe, proizvode na bazi drva (drvene ploče od uslojenog te usitnjenog drva i drugi tvornički izrađeni proizvodi, kao i ukrućene drvene ploče, paneli). Potpoglavlje obuhvaća izolacijske materijale podijeljene prema vrsti izolacije (materijali za hidroizolaciju zgrade, materijali za toplinsku izolaciju i materijali za zvučnu izolaciju). U poglavlju **VEZNA SREDSTVA** pregled je veznih sredstava čija je svrha povezati pojedine elemente u jedinstvenu cjelinu, pri čemu, prema vrsti materijala, razlikujemo: drvena vezna sredstva, čelična vezna sredstva i ljepilo.

Drvene konstrukcije, osnove tesarske obrade, vrste sustava drvenih konstrukcija (sustavi punih drvenih stijena, kanatni sustavi, skeletni sustavi, montažni sustavi, sustavi na velikim rasponima i klasični sustavi krovne konstrukcije), vrste krovne konstrukcije te tehnologija izrade drvenih objekata na principu montažne gradnje obrađeni su u poglavlju **TEHNOLOGIJA ZANIMANJA**. Tehnologija izrade drvenih objekata na principu montažne gradnje pruža osvrt na izvedbu drvene konstrukcije elemenata: od drvene konstrukcije iz križno lameliranih ploča i drvene masivne konstrukcije do drvene okvirne konstrukcije.

Poglavlje **IZOLACIJA ZGRADE** oblikovano je pet cjelina: **IZOLACIJA TEMELJA I PODOVA** s posebnim naglaskom na mjesta spajanja vanjskih zidova s temeljnom pločom ili stropnom pločom podruma, **IZOLACIJA FASADNIH DRVENIH ZIDOVA** s osvrtom na vanjsku izolaciju drvenih stijena, zrakonepropusnost vanjske ovojnice, kišnu branu, ventilirane fasade, zaštitu od požara i unutarnju izolaciju drvenih zidova, **DRVENI STROPOVI I NJIHOVA IZOLACIJA**, **UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE** te **IZOLACIJA KROVIŠTA**. Kod potpoglavlja **DRVENI STROPOVI I NJIHOVA IZOLACIJA** dane su osnovne karakteristike, karakteristični presjeci drvenih stropova, moderne stropne konstrukcije te primjeri sanacija drvenog stropa. U potpoglavlju **UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE** navedeni su zahtjevi pravilne ugradnje stolarije te opisani sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica, sustav brtvljenja pomoću folija i ekspanzirajuće brtve i sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka. Razložena je ugradnja vanjske stolarije u drvenu konstrukciju, kao i ugradnja krovnih prozora. U potpoglavlju **IZOLACIJA KROVIŠTA** objašnjavaju se funkcioniranje ventiliranog krova, izvedba parne brane u slučaju drvenog krovišta, posljedice nepravilne izvedbe paronepropusne i zrakonepropusne ovojnice te izvedba toplinske izolacije krova. Prikazani su predgotovljeni krovni elementi, ojačanje postojećeg krovišta radi ugradnje solarnih kolektora i/ili fotonaponskih sustava te izolacija krova drvene kuće.



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 CARPENTER, 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 CARPENTERS IN THE FIELD OF ENERGY EFFICIENCY INCLUDE THE FOLLOWING TOPICS, INTENDED MAINLY FOR THEORETICAL PART OF THE EDUCATION:

The **CARPENTRY WORK** section provides a brief description of the carpenter's profession and the equipment, tools and machinery used. The chapter on **MATERIALS** describes in detail wood as the most important material used in carpentry: botanical wood pieces, characteristic cross-sections of wood, wood properties, types of timber, wood-based products (panels of layered and chopped wood and other factory-made products, as well as stiffened wooden boards, panels). The chapter includes insulation materials broken down by insulation type (hydroinsulation, thermal, and acoustic insulation material). The **BINDING AGENTS** chapter reviews binders designed to connect individual elements into a unified whole, which differ according to the type of material: wooden binders, steel binders and glue.

Wooden construction, basics of carpentry, types of wooden structures (full wooden wall systems, half-timbered systems, skeletal systems, assembly systems, large-span structures and classical roofing construction systems), types of roof construction and prefabricated wooden building construction technology are addressed in the chapter **TECHNOLOGY OF THE TRADE**. Description of technology of making prefabricated wooden structures includes an overview of structures with cross-laminated boards, massive wooden constructions, wooden frame constructions and the like.

The section on **BUILDING'S INSULATION** is designed in five parts: **INSULATION OF FOUNDATIONS AND FLOORS** with special emphasis on the connection points of external walls to the base plate or the basement ceiling panels; **INSULATION OF FAÇADE WOODEN WALLS** with reference to the external insulation of wooden walls, air tightness of the outer envelope, rain barrier, ventilated façades, fire protection and internal insulation of wooden walls; **INSULATION OF WOODEN CEILINGS**; **MOUNTING OF EXTERIOR JOINERY**; and **ROOF INSULATION**. The chapter on **INSULATION OF WOODEN CEILINGS** contains basic characteristics, typical cross-sections of wooden ceilings, modern ceiling structure and examples of wooden ceiling repairs. The **MOUNTING OF EXTERIOR JOINERY** chapter reviews the requirements for proper joinery mounting and describes several sealing system - using RAL PVC bars, using foil and intumescent expanding seals, and using seal strips. It explains mounting of exterior joinery onto wooden structures and the installation of skylights. The **ROOF INSULATION** chapter explains the functioning of a ventilated roof, installation of vapour barrier for wooden roofs, consequences of improper execution of vapour-tight and air-tight envelope and installation of thermal insulation of the roof. It also discusses prefabricated roof elements, reinforcement of existing roofing for installation of solar panels and/or photovoltaic systems, and roof insulation on wooden houses.

1 TESARSKI RADOVI	13
1.1 DJELATNOST TESARA.....	13
1.2 TESARSKI PRIBOR, ALAT i STROJEVI	15
1.2.1 Tesarski pribor.....	15
1.2.2 Tesarski alat.....	17
1.2.3 Pomagala pri tesarskim radovima	20
1.2.4 Priručni alati i strojevi	21
1.3 MATERIJALI	23
1.3.1 Drvo.....	23
1.3.2 Izolacijski materijali.....	45
1.4 VEZNA SREDSTVA	55
1.4.1 Drvena vezna sredstva.....	55
1.4.2 Čelična vezna sredstva	55
1.4.3 Ljepila	59
2 TEHNOLOGIJA ZANIMANJA	61
2.1 DRVENE KONSTRUKCIJE.....	61
2.2 OSNOVNE TESARSKE OBRADU	62
2.2.1 Glavne vrste tesarskih vezova	63
2.3 VRSTE SUSTAVA DRVENIH KONSTRUKCIJA.....	65
2.3.1 Sustavi punih drvenih stijena	65
2.3.2 Kanatni sustavi	69
2.3.3 Skeletni sustavi	71
2.3.4 Montažni sustavi.....	73
2.3.5 Sustavi na velikim rasponima.....	77
2.3.6 Klasični (tradicionalni) sustavi krovne konstrukcije	78
2.4 KROVNA KONSTRUKCIJA	78
2.5 TEHNOLOGIJA IZRADE DRVENIH OBJEKATA NA PRINCIPU MONTAŽNE GRADNJE	83
2.5.1 Elementi od drvene konstrukcije iz križno lameliranih ploča	83
2.5.2 Elementi od drvene masivne konstrukcije	108
2.5.3 Drvena okvirna konstrukcija	110
3 IZOLACIJA ZGRADE	115
3.1 IZOLACIJA TEMELJA I PODOVA.....	116
3.1.1 Vrste podne konstrukcije kod drvenih kuća.....	120
3.2 IZOLACIJA FASADNIH DRVENIH ZIDOVA	123
3.2.1 Vanjska izolacija drvenih stijena.....	128
3.2.2 Unutarnja izolacija drvenih zidova.....	160
3.3 DRVENI STROPOVI I NJIHOVA IZOLACIJA	165
3.3.1 Osnovne karakteristike drvenih stropova	165
3.3.2 Karakteristični presjeci drvenih stropova u postojećim zgradama.....	168
3.3.3 Moderne stropne konstrukcije od drva	171
3.3.4 Primjeri sanacije drvenog stropa	174

3.4 UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE.....	181
3.4.1 Sustav brtvljenja pomoću folija i ekspandirajuće brtve.....	183
3.4.2 Sustav brtvljenja pomoću folija.....	183
3.4.3 Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka	184
3.4.4 Sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica.....	187
3.4.5 Ugradnja u drvenu konstrukciju	187
3.4.6 Krovni prozori	192
3.5 IZOLACIJA KROVIŠTA	194
3.5.1 Funkcioniranje ventiliranog krova.....	196
3.5.2 Parna brana na drvenom krovu.....	199
3.5.3 Posljedice loše izvedene paro- i zrakonepropusne ovojnice.....	201
3.5.4 Toplinska izolacija krovova.....	203
3.5.5 Predgotovljeni krovni elementi	208
3.5.6 Ojačanje postojećeg krovuša radi ugradnje solarnih kolektora i/ili fotonaponskih sustava	209
3.5.7 Izolacija krova drvene kuće	209
4 EKO GRADNJA	219
4.1 TEHNOLOGIJA IZRADE DRVENIH ZGRADA OD SLAME	219
4.1.1 Povijest gradnje	219
4.1.2 Načini gradnje slamom	221
4.1.3 Fizikalna svojstva kuća od slame.....	226
4.1.4 Primjer građenja kuće	227
4.2 TRSTIKA	237
5 ENERGETSKA OBNOVA ZGRADA	243
5.1 IZVOĐENJE DRVENE POTKONSTRUKCIJE I UPUHIVANJE IZOLACIJE	243
5.2 IZVOĐENJE DRVENE POTKONSTRUKCIJE I VENTILIRANE FASADE	246
5.3 UGRADNJA DRVENIH PREDGOTOVLJENIH PANELA.....	247
6 GRAĐEVINSKA ŠTETA	251
7 REFERENCE	257

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR**



TESARSKI RADOVI

1 TESARSKI RADOVI

1.1 DJELATNOST TESARA

Drvo uz kamen pripada među najstarije građevinske materijale. Od davne prošlosti koristi se u gradnji nastambi i raznih inženjerskih konstrukcija. Njegova primjena ni danas se nije promijenila. Široka upotreba drva omogućena je bogatstvom njegovih različitih vrsta, lakom obradom i dobrim konstruktivnim svojstvima. U prošlosti, rad tesara počinjao je obaranjem i rušenjem stabla u šumi, tesanjem i ručnim piljenjem. Danas se svodi na narudžbu i nabavu drvene građe zahvaljujući sofisticiranim alatima i tehnikama obrade drva. Zbog različitosti poslova javljaju se specifične specijalizacije i djelatnosti u okviru tesarskog zanimanja:

- oplatar
- skelar
- rezanje i piljenje građe
- izrada drvenih konstrukcija
- izrada krovnih konstrukcija

Osobito se djelatnosti izrade drvenih konstrukcija i izrade krovnih konstrukcija mogu povezati s područjem energetske učinkovitosti, zbog velike rasprostranjenosti gradnje drvenih kuća kao energetski učinkovitim zgrada te zgrada gotovo nulte energije (*slike 1-7 i 1-10*).

SPECIFIČNE DJELATNOSTI



Slika 1-1 Izrada oplata [1]



Slika 1-2 Izrada skela [2]



Slika 1-3 Rezanje i piljenje građe [3]



Slika 1-4 Izrada drvenih konstrukcija [4]

SPECIFIČNE DJELATNOSTI



Slika 1-5 Izrada drvenih krovišta [5]



Slika 1-6 Izrada drvenih krovišta [6]



Slika 1-7 Drvena pasivna kuća u hladnim klimatskim uvjetima [7]



Slika 1-8 Drvena pasivna kuća u toplim klimatskim uvjetima [8]



Slika 1-9 Drvena kuća od slame u Hrvatskoj [10], [11]



SPECIFIČNE DJELATNOSTI



Slika 1-10 Drvena kuća od slame u Hrvatskoj [12], [13]

Tesarski radovi mogu se izvoditi u tesarskoj radionici, tesarskom pogonu i na gradilištu. Glavne tesarske obrade drvene građe su:

- tesanje (danas svedeno na najmanju mjeru)
- ručno i motorno piljenje
- kalanje ili cijepanje
- dubljenje, bušenje, zabijanje, poravnavanje

1.2 TESARSKI PRIBOR, ALAT I STROJEVI

Kako bi što brže, lakše i kvalitetnije obavljao svoj posao, tesar se pri radu koristi priborom i alatom. Tijekom rada obvezna je upotreba osobnih zaštitnih sredstava.

1.2.1 Tesarski pribor

A. Pribor za mjerenje

U pribor za mjerenje ubrajaju se: metar, sklopivi metar ili dvometar, čelična mjerna traka, mjerna letva i pomično mjerilo.

PRIBOR ZA MJERENJE



metar



sklopivi dvometar



čelična mjerna traka

PRIBOR ZA MJERENJE*mjerna letva**pomično mjerilo***Slika 1-11** Pribor za mjerenje [13]**B. Pribor za obilježavanje**

Pribor za obilježavanje čine (slika 1-12):

- olovka (za iscrtavanje prilikom mjerenja),
- konopac u kutiji s bojom (za obilježavanje dugačkih ravnih linija),
- šestar (za iscrtavanje kružnica),
- pravokutnik (za iscrtavanje pravog kuta),
- kosokutnik (za iscrtavanje svih kutova).

PRIBOR ZA OBILJEŽAVANJE*tesarska olovka**konopac u kutiji s bojom**šestar**pravokutnik**kosokutnik***Slika 1-12** Pribor za obilježavanje [14], [15], [16], [17], [18]

C. Sprave za kontrolu ravnine

Sprave za viziranje (*slika 1-13*) su: libela (za provjeru horizontalnosti) i visak (za provjeru vertikalnosti).

SPRAVE ZA VIZIRANJE



libela



crijevna libela



visak

Slika 1-13 Sprave za viziranje [19], [20], [21]

1.2.2 Tesarski alat

Prilikom izvedbe tesarskih radova koriste se razne vrste alata, a svaka mora udovoljavati zahtjevima zaštite na radu (*slike 1-14 do 1-33*). Tijekom njihova korištenja potrebno se pridržavati pravila tehnološkog procesa.

TESARSKI ALAT ZA UZDUŽNO I POPREČNO REZANJE



Slika 1-14 Pila balvanuša [22]



Slika 1-15 Stolarska pila [23]



Slika 1-16 Pila listarica [24]



Slika 1-17 Pila šiljatica [24]

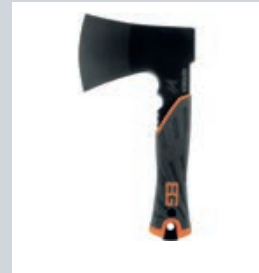


Slika 1-18 Tesarska pila [25]

TESARSKI ALAT ZA TESANJE



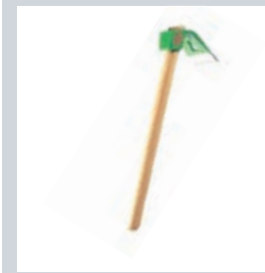
Slika 1-19 Sjekire: teška, srednja i laka [26]



Slika 1-20 Sjekirica [27]



Slika 1-21 Bradva [28]



Slika 1-22 Tesla [24]

TESARSKI ALAT ZA DUBLJENJE



Slika 1-23 Razne vrste dljijeta [29]

PRIBOR ZA OBILJEŽAVANJE



dvorogo ručno svrdlo



žičano ručno svrdla



metalno ručno svrdlo



ručna bušilica



elektronička bušilica



električna bušilica

Slika 1-24 Vrste alata za bušenje [30], [31], [32], [33], [34]

TESARSKI ALAT ZA ZABIJANJE I UDARANJE



Slika 1-25 Drveni batovi različnih oblika [35], [36]

TESARSKI ALAT ZA ZABIJANJE I UDARANJE

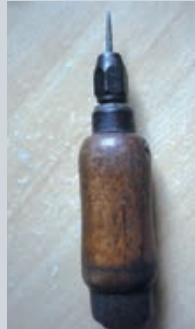


Slika 1-26 Čekići raznih oblika [24], [37]

ALAT ZA PORAVNAVANJE



Slika 1-27 Razne vrste maklji [38], [39]

TESARSKI ALAT ZA PORAVNAVANJE**Slika 1-28** Ručna gladilica [40]**Slika 1-29** Električna gladilica [41]**OSTALI ALAT****Slika 1-30** Turpije [42]**Slika 1-31** Šilo [43]**Slika 1-32** Klješta,
kombinirana [44]**Slika 1-33** Željezna
poluga [45]**1.2.3 Pomagala pri tesarskim radovima**

Pomagala pri tesarskim radovima koriste se u opsežnijim tesarskim radovima, u kojima ubrzavaju i smanjuju napor radnika kod izvođenja radova (slike 1-34 do 1-39).

POMAGALA**Slika 1-34** Radni stol [46]**Slika 1-35** Tesarski stol [47]**Slika 1-36** Stol za ubodnu pilu [48]

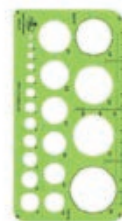
POMAGALA



Slika 1-37 Nogari [49]



Slika 1-38 Ladica za unakrsno i poprečno piljenje [50]



Slika 1-39 Šablone [51]

1.2.4 Priručni alati i strojevi

U radu sa strojevima radnik se mora pridržavati uputa za rad sa strojevima te obvezno koristiti osobna sredstva zaštite na radu (slike 1-40 do 1-51).

1.2.4.1.1 Uređaji za zabijanje čavala

Priručni alat za zabijanje čavala / električni i pneumatski



Slika 1-40 Akumulatorski pribijač čavala [52]



Slika 1-41 Pneumatski pribijač čavla [53]

Priručni alat za zabijanje spona / klamerica



Slika 1-42 Klamerica [54]



Slika 1-43 Upotreba klamerice [54]

Pile / motorna s lancem, ručna kružna, ubodna, stolna kružna

Slika 1-44 Motorna pila s lancem [55]



Slika 1-45 Električna ubodna pila [56]



Slika 1-46 Ručna kružna pila [57]



Slika 1-47 Stolna kružna pila [25]



Slika 1-48 Stolna pila za metal [58]



Slika 1-49 Tračna pila za metal [59]

Ravnjače, debljače / strojevi za poravnavanje

Slika 1-50 Debljača za drvo [60]



Slika 1-51 Ravnjača - debljača [61]

1.3 MATERIJALI

1.3.1 Drvo

Zahvaljujući svojim dobrim svojstvima, drvo je u upotrebi kao građevinski materijal od davne prošlosti do danas. U graditeljstvu ga koristimo tamo gdje se ne može zamijeniti drugim materijalom. Do tog materijala dolazi se sječom u prirodi. Obradom drveta dobivaju se drveni elementi (*slika 1-52*) potrebnih oblika i dimenzija, a oni se međusobno spajaju u čvrste i stabilne konstrukcije (*slika 1-53*) tesarskim vezovima ili spojnim sredstvima.



Slika 1-52 Drveni element [62]



Slika 1-53 Najveća drvena konstrukcija na svijetu [63]

Drvo kao materijal ima svoje prednosti i nedostatke.

Prednosti drva za primjenu u graditeljstvu

- relativno je jeftino
- lako se i jednostavno obrađuje (potrebno je malo energije za obradu)
- pruža raznovrsne mogućnosti oblikovanja (zakrivljenost, ugradivost u različite konstruktivne sustave)
- gotovi elementi omogućuju brzu montažu na terenu i trenutnu useljivost
- ima dobru tlačnu, vlačnu i posmičnu čvrstoću i elastičnost
- odlikuje se razmjerno malom gustoćom
- ima povoljan omjer gustoće i tvrdoće
- dobar je toplinski izolator, a često se od njega izrađuju i sustavi za zvučnu izolaciju
- otporno je na kiseline i soli
- ako nije tretirano, ne emitira štetne tvari i ne uzrokuje alergije, regulira vlažnost zraka, antistatično je, nije radioaktivno i ugodno miriše
- ugodno djeluje bojom i teksturom

Nedostaci za primjenu u graditeljstvu

- kvaliteta i ujednačenost kvalitete, što ovisi o:

- prirodnim resursima (stanište i uvjeti rasta)
- okruženju (promjene vlažnosti, vlaženjem bubri, a sušenjem se skuplja)
- potreba za zaštitom:
 - od utjecaja atmosferilija, požara i bioloških uzročnika propadanja (građevinsko-fizička zaštita, konstrukcijska zaštita, površinska obrada, kemijski zaštitni tretman).

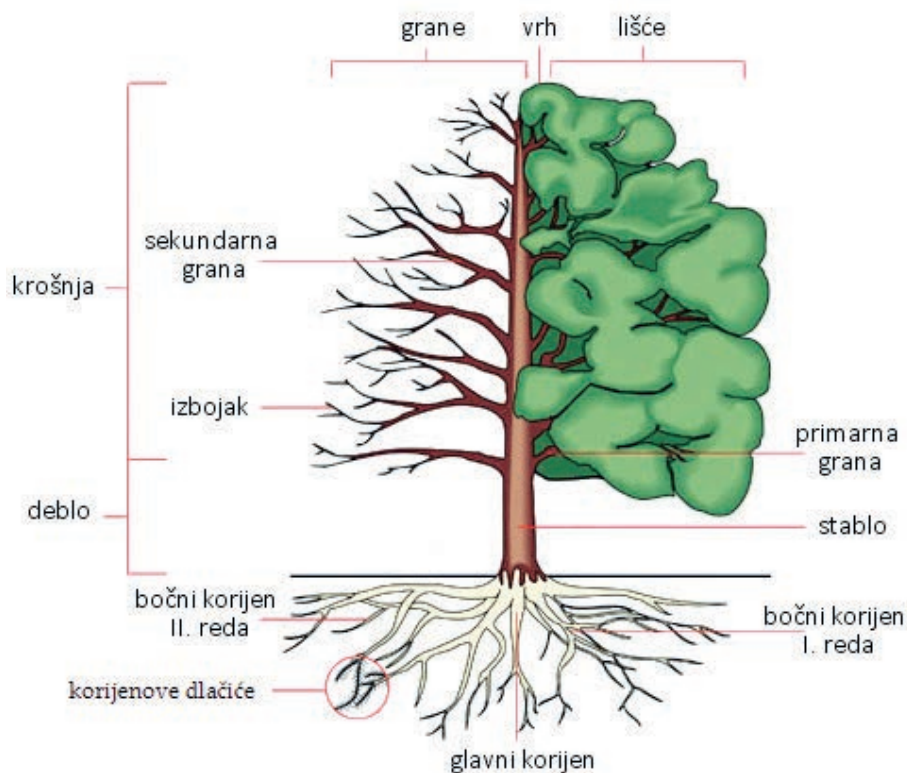
1.3.1.1 Botanički dijelovi drveta

Drvo je višegodišnja biljka koja ima nadzemni (stablo) i podzemni (korijen) dio.

Čvrst drvenasti kostur koji se uzdiže iznad tla ono je što drveće čini drugačijim od svih ostalih biljaka. Sastoji se od debla i krošnje, koji svake godine postaju veći.

Deblo je središnji dio drveta i najvažniji je građevni materijal (*slika 1-54*).

Korijen je podzemni dio, upija vodu s hranjivim tvarima i pridržava ga za podlogu.



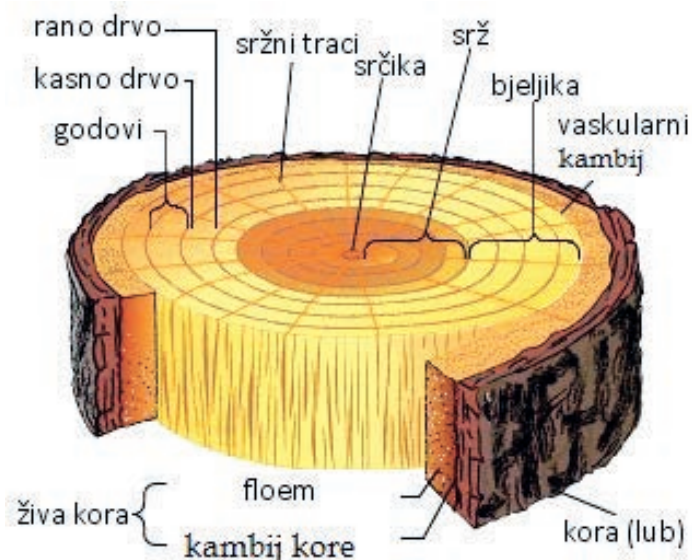
Slika 1-54 Botanički dijelovi drveta [64]

1.3.1.2 Karakteristični presjeci drveta

Drvo je nehomogeni materijal koji se sastoji od celuloze (40-50 %), lignina (25-30 %), drvenih polioza (20-30 %) i popratnih tvari (smole, minerali i dr.). Deblo je dio živog bića te je kao takvo sastavljeno od stanica. Stanice zbog njihova izduženog oblika zovemo vlakancima. U drvu se nalaze razne vrste stanica koje se razlikuju prema tome u kojem su djelu godine i u kojem dijelu stabla nastale. To uzrokuje nehomogenost drva. Stanice imaju stijenku, koja se sastoji od tvari koje je sama stanica proizvela. Stijenke mogu poslužiti i za pohranu rezervnih tvari, što je vrlo značajno pri tvorbi tkiva.

Dijelovi presjeka stabla (slika 1-55):

1. Kora može biti glatka ili izrezbarena i imati niz njoj svojstvenih boja koje su "osobna iskaznica" biljke.
2. Floem se nalazi neposredno ispod kore te je ružičaste, crvenkaste, a rijetko bijele boje. Namijenjen je silasku i preraspodjeli sokova po biljci.
3. Kambij je tkivo koje omogućava rast debla u debljinu.
4. Bjeljika ili drvo u pravom smislu riječi nalazi se iza kambija prema unutrašnjosti. U njemu se raspoznaje onoliko koncentričnih krugova koliko je deblu godina. Drvo je građeno od vlakanaca i provodnih elemenata (zadaca im je prenošenje mineralnih tvari iz tla do listova).
5. Srčika je središnji dio debla, a oko nje je raspoređen samo jedan krug sitastih cijevi. U odrasloj biljci srčika se može smanjiti, a kad biljka dosegne određenu dob, čak i propasti, ostavljajući sržni cilindar prazan. Drugi svojstveni element koji se vidi na poprečnom presjeku debla su sržni traci koji su, kao što i ime kaže, tanki nizovi zrakasto raspoređenih stanica što služe za provođenje hranjivih tvari do svih dijelova biljke.





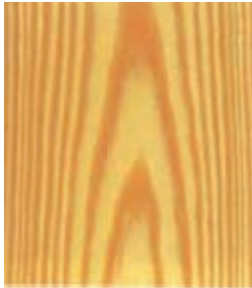
Slika 1-55 Presjek stabla s dijelovima [64]


1.3.1.3 Rodovi i vrste drveća

Razlikujemo dva osnovna roda drveća:

1. Crnogorice/četinjače (krošnja ostaje zelena i zimi) su: jela, smreka, bor i ariš. Najzastupljenije su na alpskom i skandinavskom području. Jeftine su, manje mase i dimenzijski stabilnije od listača. Promjeri debla su manji, a trajnost slabija od drveća tvrdih listača.
2. Bjelogorica /listače (lišće u jesen otpadne) su: hrast, bukva, kesten i bagrem. Izvrstan su materijal za gradnju (osim za nosive elemente velikih dimenzija). Neopravdano su zanemarene u primjeni za gradnju kuća, za pročelja i/ ili stolarske proizvode.

Tablica 1-1 prikazuje fotografiju presjeka, opis i svojstva te mogućnosti upotrebe pojedinih vrsta drva.

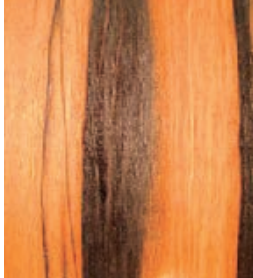
vrste drva	izgled	svojstva	upotreba
Drvo crnogorice			
 <p>JELOVINA</p>	Jasnih godova, čiste bijelo-žute boje, dugih vlaknaca bez smolnih kanala i kvrga.	Mekano, elastično, cjepljivo, lako obradivo, trajno ako je stalno u vodi ili na suhom; u protivnom vrlo brzo propada.	Kao građevni i stolarski materijal ako nije izloženo promijeni vlage. Za oplata i skele.
 <p>SMREKOVINA</p>	Jasnih okruglih godova, srž i bjeljika bijele ili svjetložute boje, smolni kanali vidljivi, jakog smolnog mirisa, mnogo kvrga.	Poput jelovine, i smrekovina je pod vodom manje trajna.	Kao građevni i stolarski materijal ako nije izloženo promijeni vlage. Za oplata i skele.
 <p>BOROVINA</p>	Jasnih godova, crveno-žute srži i svjetložute bjeljike, dugih vlaknaca, bogata smolom.	Čvršća, otpornija i teže obradiva od jelovine. Trajna na promjeni vlage.	Kao građevni i stolarski materijal, tamo gdje je izložena promijeni vlage. Za podove i stube.

	<p>Jasnih godova, crvenkasto-smeđe srži i svijetlo crvenkaste bjeljike, lijepe strukture finih vlaknaca. Visok sadržaj smole, ali slabo vidljivih smolnih kanala.</p>	<p>Elastično, tvrdo i žilavo drvo, cjepljivo, otporno na insekte, teže obradivo. Trajno na suhom i pod vodom te postojano na promjeni vlage.</p>	<p>Poput borovine, te tamo gdje se traži trajnost na promjenu vlage.</p>
ARIŠEVINA			

Bjelogorično drvo

	<p>Jasnih godova, svjetložute bjeljike te svjetložute do žuto-smeđe srži.</p>	<p>Najčvršće i najbolje tehničko drvo. Teško, tvrdo, elastično, dobro cjepljivo i obradivo. Trajno na promjeni vlage.</p>	<p>Kao građevinsko drvo kada se traže trajnost i čvrstoća.</p>
HRASTOVINA			
	<p>Gustih vlaknaca, nevidljivih pora, svjetložute do crvenkaste boje.</p>	<p>Tvrdo, gusto, cjepljivo, trajno na suhom i postojano u vodi, ali na promjeni vlage brzo propada. Jako se steže i bubri.</p>	<p>Kao stolarsko drvo, za podne obloge i stepenice.</p>
BUKOVINA			

Egzotično / inozemo drvo

	<p>Gusto i crno drvo. Ponekad nije u potpunosti crna, nego se sastoji od svjetlijih i tamnijih pruga.</p>	<p>Jedričavo drvo, bez jasne granice godova ili prstenasto porozno.</p>	<p>Koristi se u stolarstvu (furnir) i tokarstvu (lule, posuđe, štapovi i dr.), kao i u umjetničkom obrtu (intarzije, instrumenti, klavijature).</p>
EBANOVINA			

	<p>Cijenjeno egzotično drvo, vrlo tamne, gotovo lju-bičaste boje. Najraširenija vrsta porijeklom je s Madagaskara.</p>	<p>Teško, gusto i tvrdo drvo, specifično po tome što je mirisno i masno.</p>	<p>Koristi se prije svega za izradu parketa i skupocjenih komada namještaja</p>
	<p>Drvo crvenkastosmeđe do tamne crveno-smeđe boje, lijepe teksture i zlatna sjaja</p>	<p>Srednje je teško, čvrsto, vrlo elastično, srednje tvrdoće i trajno</p>	<p>Zbog svoje boje, teksture i sjaja izvrsno je za izradu namještaja i unutarnje uređenje. Koristi se i u brodogradnji, za tokarske i rezbarske izratke i dr.</p>

Tablica 1-1 Vrsta drva, svojstvo i mogućnost upotrebe

1.3.1.4 Svojstva drveta

1.3.1.4.1 Estetska svojstva

Svojstva koja zamjećujemo promatranjem: boja, tekstura, miris, sjaj, finoća.

Boja – svako drvo ima svoju posebnu boju. Na nju utječu vlaga, svjetlost, toplina i dr.

Tekstura – to su “slike na presjeku drva”. Najvidljiviji su godovi i drveni traci.

Miris – potječe iz hlapivih kemijskih sastojaka. Svako drvo ima karakterističan miris. Neugodan miris znak je truleži.

Sjaj – odraz svjetlosti od glatko obrađene površine. Na njega utječu drveni trnci i širina goda. Što je veći prirodni sjaj, drvo je kvalitetnije.

Finoća – pokazatelj je sitnije ili krupnije teksture drva. Ovisi o vrsti, mjestu i brzini rasta drveta.

1.3.1.4.2 Fizička svojstva

Svojstva nastala zbog djelovanja vanjskih sila: poroznost, vlažnost, higroskopnost, masa, promjena volumena, vodljivost zvuka, elektriciteta, svjetlosti, rendgenskih zraka.

Poroznost – izražava se kao odnos ukupnog obujma pora u odnosu na obujam potpuno suhog drveta. Izražena je postotkom.

Vlažnost – postotak vode u drvetu. Razlikujemo tzv. slobodnu i vezanu vodu. Vlažnost je izražena kao odnos razlike masa drveta prije sušenja i poslije sušenja u odnosu na masu potpuno suhog drva. Prema postotku vlage razlikujemo sirovo (bez ograničenja vlage), polusuho (s maks. 35 % vlage), prosušeno (s maks. 20 % vlage) i suho drvo (maks. 15 % vlage).

Higroskopnost drva – svojstvo prilagođavanja količine vode u drvu količini vlage u zraku. To znači da drvo, ako je vlaga u njemu manja od vlage u zraku, upija vodu iz zraka, a ako je vlaga veća, ispušta je u zrak. Viša temperatura smanjuje količinu vlage, a niža povećava.

Masa drva – ovisi o vrsti drveta, vlažnosti i uvjetima rasta. Treba razlikovati masu čistog drveta i masu drva s ostalim sastojcima / obujmna masa drva.

Promjena volumena – događa se pri skupljanju i bubrenju; kažemo da drvo radi. Ono smanjuje obujam, odnosno skuplja se pri sušenju kad vlaga padne ispod 30 %, a suprotno tome, bubrenje je povećanje obujma i nastaje zbog upijanja vode.

Vodljivost zvuka – drvo je dobar vodič zvuka. Brzina zvuka u drvu je deset do 15 puta veća od kretanja u zraku i slična je brzini kretanja kroz metal. Masivno drvo slabo upija zvuk i nije dobar zvučni izolator.

Vodljivost topline – drvo je loš vodič topline te je stoga dobar toplinski izolator. Koeficijent toplinske provodljivosti "λ" kreće se od 0,2 do 0,14 W/mK.

Vodljivost elektriciteta – drvo je loš vodič elektriciteta, ali vlaga drva je povećava. Potpuno suho drvo smatra se električnim izolatorom.

Vodljivost svjetlosti i rendgenskih zraka – drvo ne propušta svjetlost, a rendgenske zrake kroz njega lako prolaze.

1.3.1.4.3 Mehanička svojstva

Svojstva koja se pojavljuju pod utjecajem vanjskih sila: tvrdoća, čvrstoća, cjepljivost, elastičnost, žilavost.

Tvrdoća drva – svojstvo materijala koje se protivi zadiranju stranog tijela u njegovu strukturu. Suho drvo je tvrđe od vlažnog. Prema tvrdoći razlikujemo šest skupina drva: vrlo meko drvo (jelovina, smrekovina); meko drvo (ariševina, drvo vrbe); srednje tvrdo drvo (drvo kestena); tvrdo drvo (hrastovina, drvo javora); vrlo tvrdo drvo (drvo masline); tvrdo kao kost.



Čvrstoća – najvažnije svojstvo drveta koje se koristi za građevinske konstrukcije. Čvrstoća materijala podrazumijeva njegovu sposobnost da se odupre djelovanju unutarnjih naprezanja koja se javljaju pod utjecajem vanjskog opterećenja. Čvrstoća materijala određuje se na osnovi maksimalnog opterećenja pri kojem nastupa lom materijala. Razlikujemo čvrstoću na tlak (u smjeru vlaknaca i okomito na njih), na vlak u smjeru vlaknaca i okomito na njih), na savijanje (okomito na smjer vlaknaca), na smicanje (u smjeru vlaknaca) i na izvijanje.

Cjepljivost – svojstvo drva da se daje uzdužno cijepati.

Elastičnost – svojstvo drva da se nakon prestanka djelovanja opterećenja vrati u prvotni položaj. Ovisi o mjestu gdje stablo raste i vremenu sječe.

Žilavost – svojstvo drva da se deformira prije loma.

1.3.1.4.4 Fizičko-kemijska svojstva

Nastaju pod djelovanjem sila pri kojem se mijenjaju anatomska građa i kemijski sastav drveta: trajnost.

Trajnost – vremenski period u kojem se ne mijenjaju svojstva drva. Mjerodavna svojstva su čvrstoća, tvrdoća, boja i ogrjevna snaga. Ovisi o vrsti drva, vlazi, temperaturi, mjestu i načinu upotrebe. Prema trajnosti drvo je klasificirano u pet klasa ("klase otpornosti"):

1. klasa – klasa vrlo otpornog drva;
2. klasa – klasa otpornog drva;
3. klasa – klasa srednje otpornog drva;
4. klasa – klasa drva male otpornosti;
5. klasa – klasa neotpornog drva.

Prirodna trajnost drva može se povećati upotrebom zaštitnih sredstava, premazivanjem površine ili impregnacijom, što ga štiti od napada ksilofagnih gljivica i insekata. Zaštitna sredstva djeluju otrovno na ksilofagne štetnike ili sprečavaju prodor vlage, koja je potrebna za razvoj tih organizama. Osim toga, zaštitna sredstva sprečavaju štetno djelovanje sunčevog UV zračenja, erozivno djelovanje vode i druge abiološke utjecaje. Osiguranje trajnosti i traženog uporabnog vijeka drvenih konstrukcija ostvaruje se pravilnim projektiranjem, izvođenjem i održavanjem. Tijekom projektiranja postavlja se zahtjev da se, za projektirani uporabni vijek građevine (minimalno 50 godina), moraju predvidjeti sva djelovanja na drvenu konstrukciju koja se pojavljuju u fazi gradnje i uporabe građevine te utjecaji okoliša.

Pri izvođenju drvenih konstrukcija uvjet je da se osiguraju tehnička svojstva te ispune ostali zahtjevi iz projekta konstrukcije, kao i da se osigura očuvanje tih svojstava i uporabljivosti konstrukcije tijekom njezina vijeka trajanja. Kad je, pak, riječ o održavanju, zahtjev je da se pravilnim održavanjem očuvaju tehnička svojstva drvene konstrukcije tijekom cijelog njezina vijeka. Što se tiče trajnosti, moguće je izvesti drvene konstrukcije uporabnog vijeka od stotinu godina, pa i više. Da bismo postigli tako dug uporabni vijek, moramo poznavati uzroke oštećenja drva.

Oštećenja drvenih konstrukcija nastaju kao posljedica:

- prirodnog starenja drva
- bioloških djelovanja
- kemijskih djelovanja
- mehaničkih djelovanja
- požara.

Prirodno starenje drva je posljedica djelovanja Sunčevih UV zraka koje uzrokuju razgradnju lignina na površini drva. Ovako razgrađeni lignin voda ispire, pa površina poprima karakterističnu rebrastu strukturu i sivu boju. Biološka razgradnja drva može nastati kao posljedica gljivičnog napada ili napada insekata. Kod napada gljivica dolazi do razaranja najvažnijih sastojaka drva: celuloze i lignina (vidljiva u promjeni boje i strukture drva; uobičajeno je nazivamo truleži). Razlikujemo više vrsta truleži (vlažna, suha, smeđa, bijela) (slika 1-56), a svaka ovisi o vlažnosti napadnutog drva i vrsti gljivice koja ga je napala.



Slika 1-56 Izgled drveta razgrađenog bijelom truleži [66]

Drvo je, u pravilu, otporno na kemijske utjecaje pa su oštećenja od kemijskih djelovanja rijetka. Ovakva oštećenja ipak mogu biti izazvana jakim kiselinama i lužinama.

1.3.1.5 Drvena građa

Prema upotrebi, drvo razvrstavamo na:

- tehničko drvo (prikladno u industriji i graditeljstvu)
- kemijsko (u industriji celuloze, papira...)
- ogrjevno (ono koje tehnološki nije upotrebljivo).

1.3.1.5.1 Vrsta drvene građe

Postoje četiri vrste drvene građe:

1. Obla građa – oblovina je neobrađeno tehničko drvo (slika 1-57). U proizvodnji, kora se skida, ručno ili strojno. Građa je dimenzija do 20 m dužine, promjera 300 mm, s promjenom promjera 20 mm/1 m.



Slika 1-57 Gradnja kuće od oble građe [67]

2. Poluobla građa – Poluobla građa dobiva se uzdužnim presijecanjem oble građe (slika 1-58). Tako se dobivaju poluobljice ili četvrtine trupca oble prerezana po dužini.

3. Tesana građa – Dobiva se tesanjem oble građe. Cijepana i tesana građa u kategoriji je najkvalitetnije drvene građe, ujedno i najskuplje. Drvo se cijepa po linijama vlakana pomoću klinova i sjekire. Na taj se način izrađuju daske i grede.

Tesanje predstavlja posebnu obradu drveta, pri kojoj se trupac obrađuje tesarskom sjekinom u smjeru uzdužne osi drveta. Tesanjem se mogu dobiti gredice, grede, željeznički pragovi i slično.

Ako nakon tesanja na građi ostanu obli krajevi, tada se građa naziva polutesana.

4. Piljena građa – Dobiva se uzdužnim raspiljavanjem oblovine raznim vrstama pila (*slika 1-59*). Ova se građa proizvodi u posebnim pogonima, pilanama.

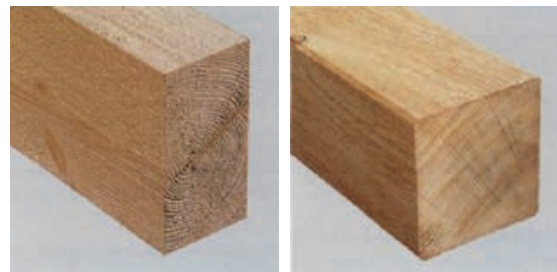
Piljena građa obično je razvrstana u šest vrsta: daske, platice, letvice, gredice, grede i okrajci.



Poluoblica i oblica



Slika 1-58 Poluoblica i oblica [68]



Slika 1-59 Piljena građa, meko i tvrdo drvo [69]



Slika 1-60 Daske platice [70]

Daske

Debljina: 18, 24, 28, 38 mm

Širina: 8-35 cm (slobodno ne standardizirano)

Dužina: duge 3 - 6 m, kratke 1 - 2,75 m

Platice

Daske debljine standardno 48 mm,

nestandardno 50, 63, 70, 75 mm

Širina: proizvoljno

Dužina: 1,5 - 6 m



Slika 1-61 Letvice [71]

Letvice

Pravokutnog presjeka dimenzija

6/24 - 28/56 mm



Slika 1-62 Gredica [72]

Gredice

Pravokutnog presjeka dimenzija
6×6/8/12 cm
8×10/12/16 cm te
dužine 4-6 m



Slika 1-63 Cijela greda [73]

Grede

Pravokutnog presjeka dimenzija
10×10/12 /20/22 cm
12×12/14/16/20/22 cm
14×14/16 cm
16×16/18/20 cm
18×22 cm
20×20/24 cm te dužine 4-8 m



Slika 1-64 DUO/TRIO greda [74]



Slika 1-65 Četverodijelna greda [69]



Slika 1-66 Okrajci [75]

1.3.1.6 *Proizvodi na bazi drveta*

Drvene ploče su drveni materijal koji je nastao lijepljenjem drvenih sirovina različite vrste, kvalitete i oblika. Razlikujemo:

- drvene ploče od uslojenog drva
- drvene ploče od usitnjenog drva
- ukružene drvene ploče – panele
- montažne zidove.

1.3.1.6.1 *Drvene ploče od uslojenog drva*

Nastaju lijepljenjem drvenih lamela (lamelirane ploče) ili lijepljenjem ljuštenog furnira (furnirske ploče).

1.3.1.6.1.1 *Lijepljeno lamelirano drvo*

Lijepljeno lamelirano drvo nastaje lijepljenjem lamela voodootpornim i vatrootpornim ljepilima. Debljine lamela kreću se od 10 pa sve do 40 mm, uobičajena je debljina 32 ili 44 mm, širine su od 80 do 220 mm, te širina određuje širinu lijepljenog lameliranog drva. Proizvode se kao ravno linijsko drvo ili zakrivljeni elementi konstantnog ili promjenjivog poprečnog presjeka. Visina lijepljenog lameliranog drva varira od 300 cm naviše. Moguće su kombinacije ravnih i zaobljenih dijelova (*slike 1-67 i 1-68*), što arhitektima omogućuje velik broj kombinacija u oblikovanju konstrukcija.

Mehaničke karakteristike lijepljeno lameliranog drva su identične karakteristikama drveta, odnosno materijala od kojeg je nastalo. Proizvodi se od crnogorice (jela, smreka, bor, ariš i sl.) i bjelogorice (hrast ili bukva), prema normi HRN EN 14080:2006 u sljedećim klasama kvalitete, odnosno čvrstoće: GL 24 h, GL 28 h, GL 32 h, GL 28 c i GL 32 c. Vlačna čvrstoća može se uspoređivati i s nekim metalima, a vlastita težina i do četiri mu je puta manja od težine betonskog elementa istih dimenzija, što je vrlo značajno kod konstrukcijskih sustava velikih raspona. Lamelirano drvo ima visoku požarnu otpornost i otpornost na agresivne tvari.



Slika 1-67 Ravno lamelirano drvo [76]



Slika 1-68 Lučno lamelirano drvo [77]



Slika 1-69 Primjer krova prodajnog prostora izvedenog s ravnim lameliranim drvom [13]

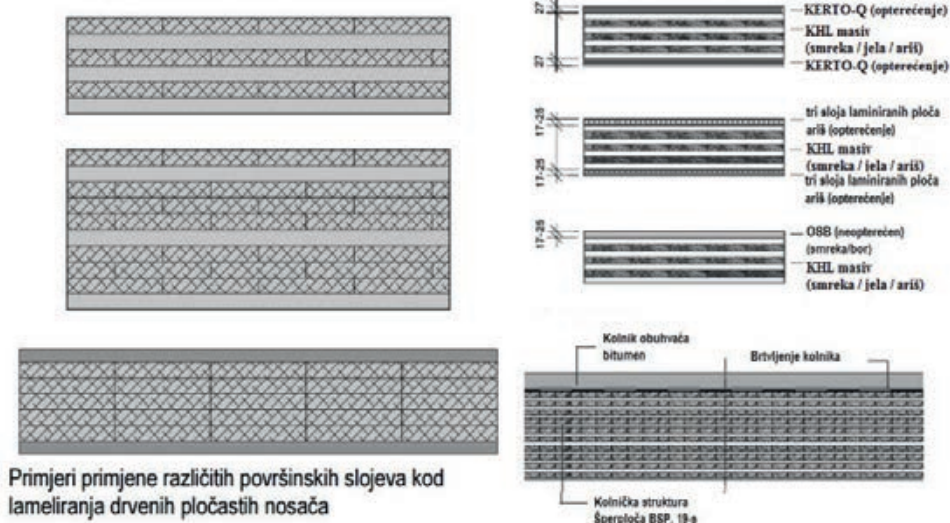


Slika 1-70 Primjer krova sportske dvorane izvedenog s lučno lameliranim drvom [78]

1.3.1.6.1.2 Križno lamelirane ploče

Lamelirane ploče napravljene od slojeva lamela (*slika 1-71*) postavljene u različitim smjerovima (okomito ili pod kutom). Slojevi su međusobno mehanički spojeni ili slijepljeni.

Križno lamelirane ploče



Slika 1-71 Križno lamelirana ploča [79]

Cross Laminated Timber (CLT) ili križno lamelirane ploče izrađuju se od slojeva lamela crnogoričnog drveta. Susjedni slojevi kod CLT-a međusobno su slijepljeni pod kutom od 90 stupnjeva, ljepilom koji ne sadrži formaldehid. Na taj način moguće je dobiti velike formate željenih debljina, za upotrebu u građevinarstvu, za krovove, podove i nosive zidove. Razvoj CLT-a započeo je u Švicarskoj ranih devedesetih

godina pod nazivima XLAM (crosslam), Massive Timber ili čak Jumbo Plywood (velika furnirana ploča). Proizvodnja CLT-a slična je proizvodnji ploča od masivnog drva.



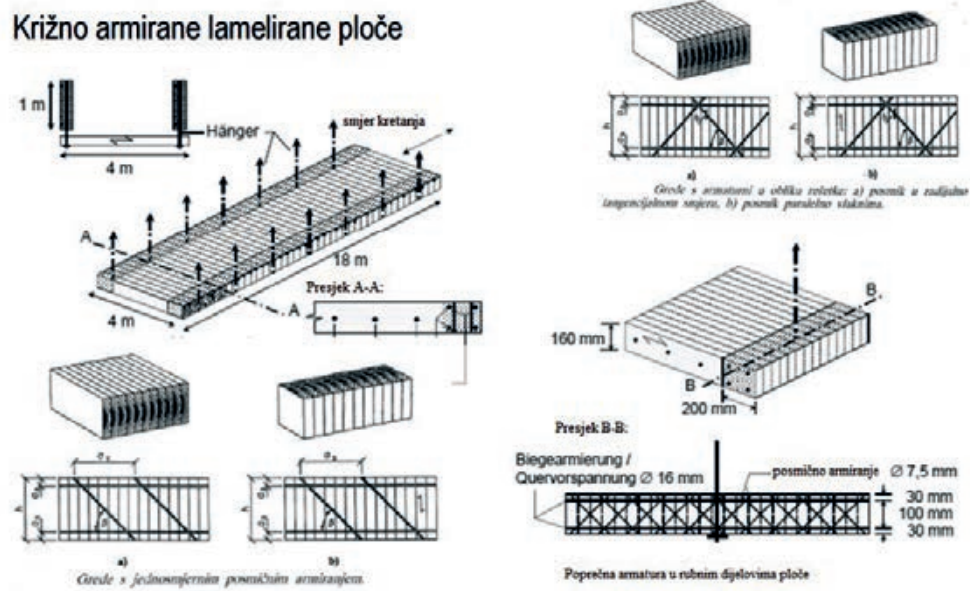
Slika 1-72 Princip konstrukcije CLT-a [80]



Slika 1-73 Primjer upotrebe križno lameliranih ploča u višestambenoj zgradi [81]

1.3.1.6.1.3 Križno armirane lamelirane ploče

Armiranjem i prednapinjanjem križno armiranih ploča može se povećati njihova nosivost, pri čemu se takve ploče tada može koristiti i kao kolničke ploče drvenih mostova. Primjeri križno armirane lamerirane ploče su na slici 1-74.

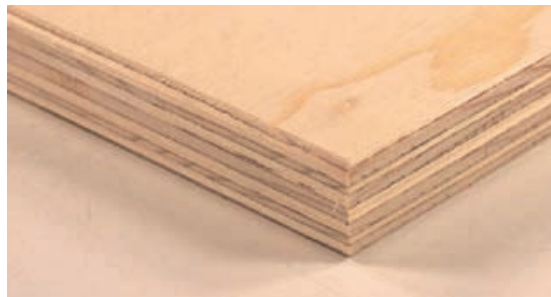


Slika 1-74 Križno armirane lamelirane ploče [79]

1.3.1.6.1.4 Furnirske ploče (šperploče)

Nastaju lijepljenjem ljuštenih furnira (*slika 1-75*) koji se međusobno križaju. Gledajući smjer vlakana, položene su pod pravim kutom ili pod nekim manjim kutom (zvjezdasta ploča).

Izrađuju se u tri sloja, kao troslojne (tripleks), ili s više slojeva, kao višeslojne (multipleks) ploče. Za proizvodnju se koristi kvalitetno drvo.



Slika 1-75 Furnirska ploča [82]

1.3.1.6.1.5 LVL uslojeno drvo (furnirska ploča)

Nastaje kao i šperploča lijepljenjem ljuštenih furnira, ali razlika je u tome što su listovi furnira u LVL ploči uvijek položeni u istom smjeru, i to u smjeru dužine (*slika 1-76*). Zbog navedenog mijenjaju se i svojstva ploče, koja ima bolja mehanička i fizička svojstva od klasične furnirske ploče. LVL uslojeno drvo je homogeni i po dimenzijama stabilan građevinski materijal. Upotrebljava se umjesto dasaka, platica i greda pri izradi drvenih građevina, nosivih i nenosivih zidova, krovišta, za izradu stepenica, pri gradnji drvenih mostova i drugih građevina. Standardne dimenzije (broj furnira neparan) su:

- TIP S: debljina 21 - 75 mm, formati 1820×23000 mm i 2500×20000 mm
- TIP Q: debljina 21 - 69 mm, formati 1820×23000 mm i 2500×20000 mm
- TIP T: debljina 39 - 75 mm, format 200×23000 mm



Slika 1-76 Furnirska ploča LVL [83]



Slika 1-77 Furnirski nosač SVL [84]

1.3.1.6.1.6 Furnirski nosači

Slika 1-77 prikazuje furnirski nosač SVL. Standardne su dimenzije takvih nosača širina 50 mm te visina 100 do 356 mm. Dodatno, često se koriste i drveni elementi od lijepljenog furnira tipa Parallam (PSL), koji se proizvode od reznaca furnira lijepljenih fenolnom smolom; širine su 16 mm i debljine 3 mm, a dužina

im je u granicama od 0,45 do 2,6 m. Pri tome su rezanci automatski orijentirani paralelno s vlakancima i prešani u četvrtaste grede koje se oblikuju piljenjem u poprečnom i uzdužnom smjeru.



Slika 1-78 Parallam (PSL) nosači [85], [86]

1.3.1.6.2 Drvene ploče od usitnjenog drva

Najpoznatije ploče od usitnjenog drva su iverice i vlaknatice.

1.3.1.6.2.1 Ploče iverice

Ploče iverice izrađuju se lijepljenjem ivera drva (*slika 1-79*) ili nekih drugih prirodnih materijala (slama, konoplja, lan...) pod pritiskom, u propisanim uvjetima, sa sintetskim ili prirodnim ljepilima. U graditeljstvu se koristi ploča od makroiverja – tzv. OSB ploča. OSB ploče (Oriented Strand Boards) su ploče (*slika 1-80*) od dugačkog tankog iverja velike površine. Iverje je u vanjskim slojevima ploče uzdužno orijentirano prema smjeru proizvodnje, a ono u srednjem sloju okrenuto je poprijeko. Takva orijentacija slojeva omogućuje OSB pločama izvrsnu stabilnost oblika i veliku čvrstoću na savijanje. OSB je idealan materijal za izradu različitih konstrukcija i slično. Koristi se za unutarnju upotrebu. Prednosti OSB ploča su: izvrsna fizikalno-mehanička svojstva, homogena struktura bez pukotina, čvorova i grešaka u slojevima, postojanost obujma, dobar su toplinski izolator, ekološki su materijal male težine i relativno jeftin. OSB ploče mogu se 100 % reciklirati.



Slika 1-79 Ploča iverica, građevinska [87]



Slika 1-80 OSB ploča [87]



Slika 1-81 OSB ploča [88]

Jednoslojna multifunkcionalna ploča (*slika 1-81*) velike otpornosti na vlagu, proizvedena iz posebno sortirano iverja koje osigurava kompaktnost i visoku gustoću ploče u cijelom presjeku debljine. U proizvodnji se koristi visokokvalitetno ljepilo MUF (melamin/urea/formaldehid), što omogućava korištenje u vlažnoj sredini.

OSB ploče najčešće se koriste kao obloga i vertikalna oplata okvirne konstrukcije drvenih kuća i krovišta, izradi pregradnih zidova, suhih podova itd.



Slika 1-82 Primjena OSB ploča za gradnju energetski učinkovitih zgrada [89], [90], [91], [92]

Prilikom ugradnje potrebno je ostaviti oko 3 mm između ploča s ravnim rubovima kako bi imale mjesta za rad (skupljanje i širenje uslijed različitih uvjeta temperature i vlažnosti), dok je ovaj razmak kod OSB ploča sa žljebom tvornički napravljen. OSB ploče se pričvršćuju čavlima za konstrukciju ili ljepilom međusobno prilikom izrade plivajućeg poda. Duž potkonstrukcije OSB ploče se pričvršćuju čavlima (oko 45 do 75 mm) na svakih 30 cm, a duž ruba ploče na svakih 15 cm. Čavli se zakucavaju najmanje 1 cm od vanjskog ruba ploče kako ne bi došlo do oštećenja ruba (jer je ploča sastavljena od sitnijih komada drvenih ljuski).

Prilikom kupovine čavala napomenite prodavaču za koju su namjenu potrebni. Spoj dviju OSB ploča mora ići preko potkonstrukcije kako bi se svaka od ploča mogla zabijati duž svojeg ruba. Time se izbjegava vitoperenje ploče tijekom vijeka upotrebe zgrade. Površina OSB ploča je neravna i često se iz estetskih razloga ostavlja vidljivom, kako u unutarnjem prostoru tako i na fasadi. Zbog količine ljepila nije moguće u potpunosti ih obojiti bojama za drvo (mada mogu dobiti izvjesnu nijansu, najbolje je da probate s uzorcima).

Moguće je koristiti lakove, a prilikom oblaganja konstrukcije na vanjskim zidovima preko OSB ploča može se postavljati i ETICS fasadni sustav bez straha da će se ploče uviti i time oštetiti fasadne slojeve.

S unutarnje strane zidova i krovne konstrukcije (u adaptiranom potkrovlju) preporučuje se postavljanje gipskartonskih ploča preko OSB ploča kako bi se smanjio utjecaj isparenja na kvalitetu unutarnjeg zraka.

1.3.1.6.2 Ploče vlaknatice

Ploče vlaknatice (slika 1-84) proizvode se preplitanjem vlaknaca drva ili nekog drugog materijala, zagrijavanjem pod tlakom ili bez tlaka, uz dodavanje veznih sredstava i drugih tvari. Mokrim postupkom dobivaju se izolacijske vlaknatice male gustoće i tvrde vlaknatice velike gustoće (lesonit ploče). Suhim postupkom dobiju se ploče srednje gustoće (MDF ploče) poznate pod nazivom medijapan ploče.



Slika 1-83 Primjer ugradnje ETICS sustava na oplatu drvenog zida od OSB ploča [93]



Slika 1-84 Ploče vlaknatice: **a)** lesonit ploče, **b)** MDF ploče [94], [95]

1.3.1.6.3 Drugi tvornički izrađeni proizvodi

Na tržištu se nalazi i velik broj tvornički izrađenih proizvoda koji su uglavnom kombinacija gore navedenih proizvoda od drva. Najčešće se proizvode:

I-grede – grede kod kojih se pojasnice izrađuju od drveta ili LVL-a, dok se hrptovi izrađuju od furnirskih ploča. To su lagani nosači, pogodni za srednje raspone stropnih konstrukcija (slika 1 85).

Sandučaste grede – grede kod kojih se pojasnice izrađuju od drveta ili LVL-a, a imaju dva hrpta izrađena od furnirskih ploča. Ovakvi nosači su pogodni za veće raspone, torziono su kruti; mogu se koristiti i kao dekorativni paneli (slika 1-86).

Drvene pojasnice s hrbatom od čeličnih dijagonala – lagani nosači koji imaju otvoreni hrbat, čime se dopušta pristup za servisiranje. Hrptovi mogu biti i od laganih cijevi, punih čeličnih profila te korugiranih limova (slika 1-87).



Slika 1-85 Drvene I-grede [96]



Slika 1-86 Drvene sandučaste grede [97], [98]



Slika 1-87 Lagani nosači s drvenim pojasnicama i čeličnim dijagonalama [99]

1.3.1.6.4 Ukrućene drvene ploče paneli

1.3.1.6.4.1 SIP (structural insulated panel)

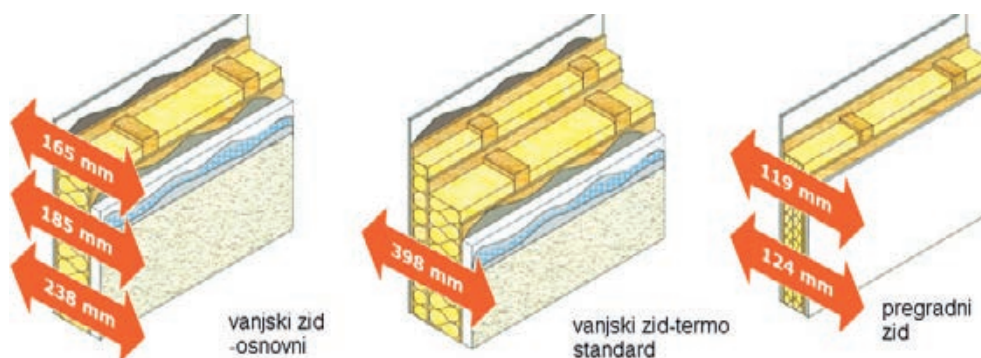
SIP (strukturalno izolirani panel) je engleski termin koji predstavlja toplinskoizolacijske sendvič-panele bilo kojeg tipa. Na našem tržištu panelima se najčešće smatraju prešane limene ploče s ispunom od toplinskoizolacijskog materijala, međutim, postoje i SIP paneli s drvenom oblogom. Takvi, drveni SIP paneli najčešće se rade od OSB-a s ispunom od EPS-a (paziti na ponašanje u požaru i otpornost na požar), XPS-a ili poliuretana (nešto poput konstruktivnog “heraklita”).



Slika 1-88 Drveni SIP paneli: **a)** detalj, **b)** montaža zida, **c)** proizvodnja u tvornici, **d)** montaža krovnog panela [100], [101], [102]

Drveni toplinskoizolacijski konstruktivni sendvič-panele mogu imati više uloga u konstrukciji zgrade te mogu biti zidovi, podovi, krovovi, pa čak i temeljni zidovi. Kao glavna prednost gradnje SIP-om ističe se zrakonepropusnost, što u velikoj mjeri utječe na uštede energije tijekom uporabnog vijeka zgrade. Osim

navedenog, gradnja drvenim toplinskoizolacijskim sendvič-panelima brza je i jednostavna. Nedostatak im je ponašanje u požaru, zbog vrste toplinske izolacije, a na trusnim je područjima potrebno na odgovarajući način ojačati konstrukciju zgrada građenih SIP panelima.



Slika 1-89 Termoizolacijski sendvič-panel [103]

Kako bi se ostvarila zrakonepropusnost vanjske ovojnice zgrade, spojeve SIP panela potrebno je brtviti odgovarajućim trakama za brtvljenje (*slika 1-90*). Više o zrakonepropusnosti vanjske ovojnice zgrada možete pronaći u zajedničkom priručniku.



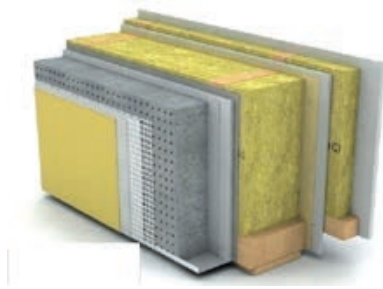
Slika 1-90 Brtvljenje drvenih SIP panela za ostvarenje zrakonepropusnosti vanjske ovojnice zgrade [104], [105]

1.3.1.6.4.2 Montažni zidovi

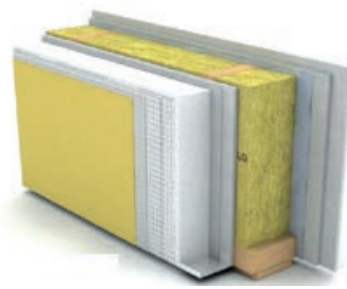
Montažni se zidovi izrađuju u radionici u standardnim visinama od 270 cm. Mogu biti fasadni ili pregradni, puni ili s ugrađenom stolarijom. Konstrukcija zida ovisi o proizvođačima i traženim uvjetima, a sačinjavaju je:

- nosiva konstrukcija, u novije vrijeme najčešće od lameliranog drva
- obostrano obložena gipsano-vlaknastim pločama ili OSB pločama

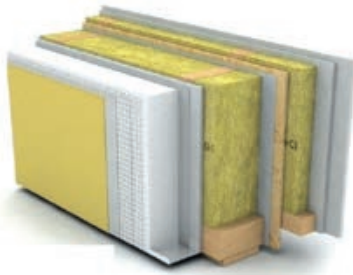
- ispod se postavlja toplinska izolacija
- parna brana
- s unutarnje strane postavlja se unutarnja (odabrana) obloga
- s vanjske strane postavlja se fasada, također prema odabiru i potrebi za traženom toplinskom učinkovitosti zgrade kao cjeline.



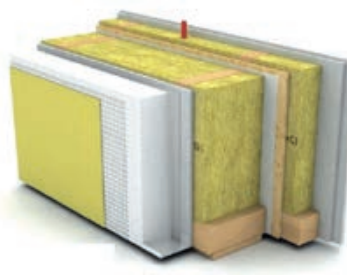
EuroMAX



*Standard sistem d=30,6 cm
U=0,14 W/m²K*



*Sistem Euro d=36,8
U=0,118 W/m²K*



*Sistem Mega d=45,8
U=0,093 W/m²K*

Slika 1-91 Primjeri montažnih zidova [106]

1.3.2 Izolacijski materijali

1.3.2.1 Materijali za hidroizolaciju zgrade (HI)

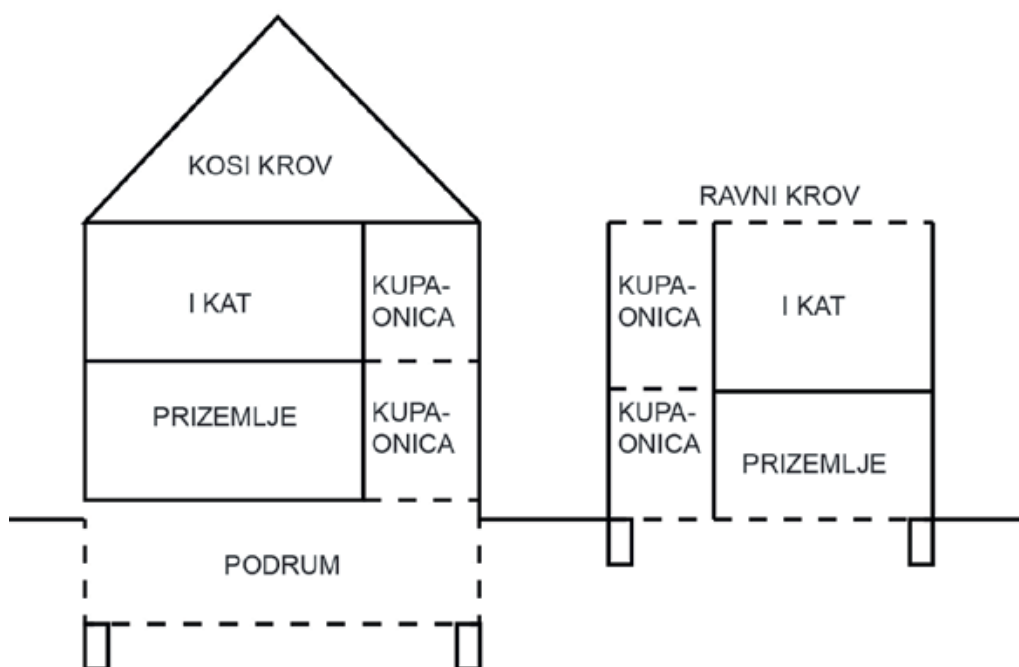
Hidroizolacija se koristi za zaštitu građevine od vlage (oborinske, sanitarne ili iz zemlje). Grafička oznaka prikazana je na slici 1-92.



Slika 1-92 Grafička oznaka hidroizolacije [107]

Dijelovi zgrade koji su izloženi vlazi su: podrumski zidovi i podovi, prizemni podovi (ako 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 itd. (slika 1-93).

MJESTA POSTAVE HIDROIZOLACIJE



Slika 1-93 Mjesta postave hidroizolacije [13]

Upijena vlaga na niskim se temperaturama smrzne. Led ima veći volumen od vode te se širi, čime dolazi do razaranja materijala. U podovima trunu drveni dijelovi koji razvijaju bakterije i plijesni, na vlažnim zidovima razvijaju se gljivice plijesni, a prevelik 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 (Slike 1-94 - 1-97)

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

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

Bitumenske trake 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 omekšavanja na suncu. Na podlogu se postavljaju tzv. toplinskim zavarivanjem plamenom iz plamenika, uslijed čega se bitumen smekša i pritiskom lijepi za podlogu.

Oznaka im se sastoji od slova i brojke, pri čemu broj predstavlja količinu bitumena po m² površine, a slova vrstu uložka kao npr: A1 - 3 je traka s uloškom od aluminijske folije s minimalnom količinom bitumena 2 kg/m², a V4 je traka s uloškom od staklenog voala s minimalnom količinom bitumena 3,2 kg/m. Što je veći broj u oznaci, to je sloj bitumena deblji.

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 ljepjenki za podlogu.



Slika 1-94 Bitumen u grudama [108]



Slika 1-95 Rastaljeni bitumen [109]



Slika 1-96 Bitumenska ljepjenka [110]



Slika 1-97 Varenje bitumenske ljepjenke [111]



Slika 1-98 Hladni premaz bitumen [112]



Slika 1-99 Hidroizolacijska pasta [112]

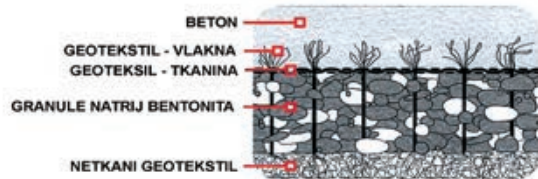


Slika 1-100 Čepasta folija [113]

B) HIDROIZOLACIJSKE PASTE (slika 1-99) nanose se na hladni način ličilačkom lopaticom kao zaštita mokrih čvorova (zahodi, kupaonice) i manjih balkona i lođa.

ČEPASTA FOLIJA (slika 1-100) nema ulogu hidroizolacije, nego je u funkciji zaštite vertikalne hidroizolacije od mehaničkog oštećivanja. Izrađuje se od specijalnog polietilena visoke gustoće, pogodnog za recikliranje, može biti crne ili smeđe boje.

C) BENTONITNE IZOLACIJSKE TRAKE (slike 1-101 i 1-102) su hidroizolacija na bazi visokobubreće gline - Volclay bentonita. Takva se hidroizolacija sastoji od dva polipropilenska geotekstila i 4,8 kg Volclay bentonita po m². Geotekstili su međusobno prošiveni tako da zarobljavaju granule bentonita i odlično ih štite od mehaničkih oštećenja. U kontaktu s vodom stvara se nepropusni gel, što omogućuje potpunu nepropusnost vode, pare i plina. Prednost ove izolacije u odnosu na bitumenske ljepenke je što se na horizontalne površine jednostavno razastre i može ići direktno na zemlju. Na zidove se postavlja svijetlom stranom prema postojećoj površini i preklapajući rubove rola za 10 cm. Za pričvršćivanje se koriste specijalne pričvršnice, i to na svakih 30 cm. Sve to koristi se kao hidroizolacija podzemnih betonskih konstrukcija od stalne ili povremene prisutnosti vode. Podložni i zaštitni beton nisu potrebni, kao ni zaštita VOLTEX-a na zidovima. Postavlja se bez obzira na temperaturu (+/-) ili atmosferilije.



Slika 1-101 Građa bentonitne HI [114]



Slika 1-102 Bentonitna HI [115]

D) IZOLACIJSKE TRAKE OD SINTETSKE GUME (slika 1-103) jednoslojne su trake na bazi sintetske gume za hidroizolaciju 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. Zbog bijele reflektivne boje ne zagrijavaju se na suncu.

Armirane su čvrstom mrežicom, što im daje otpornost na silu podtlaka i vjetar. Kod sanacija ravnih krovova najčešće nije potrebno skidati postojeće slojeve (ako je toplinska izolacija zadovoljavajuća), što rad ubrzava i pojeftinjuje.

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.



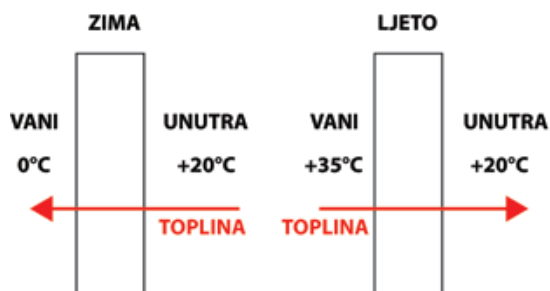
Slika 1-103 HI od sintetske gume [116]

E) KRUTI MATERIJALI ZA HIDROIZOLACIJU

VODONEPROPUSNI BETON I MORT/ŽBUKA cementni su mortovi i betoni 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 hidroizolacijske materijale. U tu grupaciju pripadaju i završni slojevi fasadne žbuke koji su slični hidroizolacijskom mortu, ali raznih boja i sa specijalnim agregatima zbog estetskog izgleda.

1.3.2.2 Materijali za toplinsku izolaciju zgrade (TI)



Slika 1-104 Prolaz topline kroz zid [117]



Slika 1-105 Grafička oznaka TI [117]

Kako bismo zadovoljili današnje propise i gradili u skladu sa suvremenim smjernicama energetske učinkovitosti, sve vanjske konstrukcije treba toplinski zaštititi.

Toplinska izolacija smanjuje toplinske gubitke zimi, a 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 1-2 Toplinska provodljivost λ materijala [13]

Toplinska provodljivost λ (lambda) je svojstvo građevnih materijala da provode toplinu zbog razlike u temperaturi prostora između kojih se nalaze (*tablica 1-2*). 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 se dobrim toplinskim izolatorom smatra materijal koji ima $\lambda < 0,1$.

Položaj TI u zgradi (*slika 1-106*) – Pravilo je da se toplinska izolacija stavlja svuda gdje se zimi dodiruju grijani i negrijani prostori!

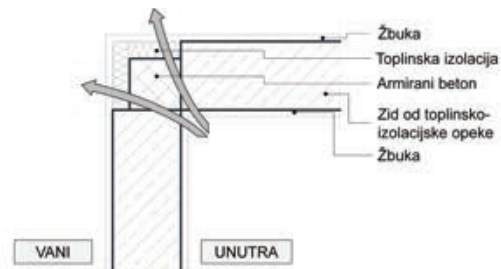
Toplinski most (*slika 1-107*) – U graditeljstvu je to manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela. Zbog smanjenog otpora toplinskoj propustljivosti u odnosu na tipični presjek konstrukcije, temperatura unutarnje 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. uglovi zgrade.



a)

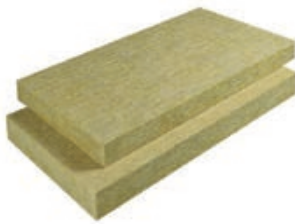
b)

Slika 1-106 Položaj toplinske izolacije u zgradi
a) s vanjske strane, b) s unutarnje strane [13], [118]



Slika 1-107 Toplinski most [13]

MATERIJALI ZA TOPLISNKU IZOLACIJU



Slika1-108 Kamena vuna [92]

Mineralna vuna je izolacijski materijal mineralnog porijekla za toplinsku, zvučnu i protupožarnu izolaciju s toplinskom provodljivošću između $\lambda=0,035$ i $0,045$ W/mK. Ima malu vrijednost toplinske vodljivosti λ i dobar je toplinski izolator. Materijal je jako paropropusan (gotovo kao zrak). Negoriv je, pa se može koristiti u pasivnim sustavima za zaštitu od požara. Mineralna vuna je otporna na mikroorganizme (gljivice, plijesni), kukce i glodavce. Zbog vlaknasto porozne strukture i relativno velikog otpora strujanju zraka dobro apsorbira zvuk. Nema mogućnost kapilarnog upijanja vode, ali je treba zaštititi od oborina tijekom gradnje i u fazi korištenja zgrade. Dvije su osnovne sirovine za proizvodnju mineralne vune: stijene (kamen) i staklo, pa tako razlikujemo kamenu i staklenu vunu (*slika 1-108*). Najnovija generacija proizvoda od mineralne vune upotrebljava ECOSE® Technology s novim vezivom koje je prirodno, na bazi obnovljivih sirovina, dakle bez fenolformaldehida. Proizvodi od mineralne vune dobiveni tom tehnologijom prirodno su smeđe boje (bez dodavanja umjetnih boja), ugodniji su za rad, bez mirisa, manje iritantni, stvaraju manje prašine. U njihovoj proizvodnji rabi se manje energije. Uza sve to, ovi proizvodi zadržavaju sva povoljna svojstva tradicionalnih proizvoda od mineralne vune.



Slika1-109 Ekspandirani polistiren – stiropor [92]

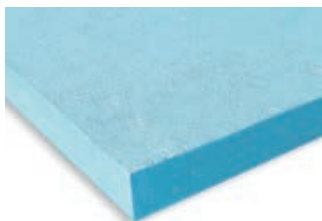
Ekspandirani polistiren, skraćeno EPS, (*slika 1-109*) ima dobra izolacijska svojstva $\lambda = 0,035-0,040$ W/mK, nisku cijenu i jednostavno se ugrađuje, pa je danas jedan od najpopularnijih izolacijskih materijala. Koristi se najviše kao toplinska zaštita, u svim vanjskim konstrukcijama, te kao plivajući pod u podnim međukatnim konstrukcijama (u slučaju da ima dovoljno nisku dinamičku krutost – elastificirani EPS).

Ima znatno slabija protupožarna svojstva od kamene vune, te nije otporan na temperature više od 80°C zbog čega je potrebno iznimnu pozornost posvetiti zaštiti od požara ukoliko se EPS koristi s unutarnje strane. Ekspandirani polistiren ne smije doći u dodir s ljepilima koja sadrže otapala te s motornim gorivima (benzin,...). Oštećuje se kod duže izloženosti UV zračenju. Kod mehaničke obrade ekspaniranog polistirena ne nastaje prašina kao kod vlaknastih toplinsko-izolacijskih materijala. Udisanje para koje nastaju kod rezanja EPS-a vrućom žicom treba izbjegavati jer može uzrokovati mučninu.



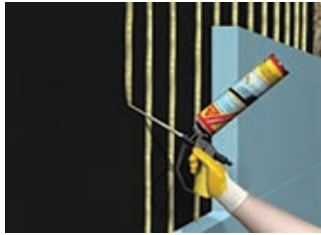
Slika 1-110 Grafitni EPS [119]

Grafitni EPS (*slika 1-110*) ima toplinsku provodljivost $\lambda=0,032$ W/mK. Sivi stiropor koji sadrži grafit. Male je težine, teško zapaljiv, ne podržava gorenje. Koristi se za TI fasadnih sustava kod niskoenergetskih i pasivnih kuća. Ekspandirani polistiren ne smije doći u dodir s ljepilima koja sadrže otapala te s motornim gorivima (benzin itd.). Oštećuje se kod dulje izloženosti UV zračenju. Kod mehaničke obrade ekspaniranog polistirena ne nastaje prašina kao kod vlaknastih toplinskoizolacijskih materijala. Udisanje para koje nastaju kod rezanja EPS-a vrućom žicom treba izbjegavati jer može izazvati mučninu.



Slika 1-111 Ekstrudirani polistiren – stirodur [120]

Ekstrudirani polistiren, skaćeno XPS, (*slika 1-111*), ima dobra izolacijska svojstva $\lambda = 0,035-0,040$ W/mK, neosjetljiv je na vlagu i visoke je tlačne čvrstoće. XPS nije hranjiva podloga za razvoj mikroorganizama. Odbija vodu i otporan je na mraz. Zato se ploče od XPS-a ugrađuju kao perimetarska toplinska izolacija u dodiru s tlom. Granične temperature primjene toplinskoizolacijskih ploča od XPS-a su između -180 °C i +75 do +85 °C. Na temperaturi iznad 100 °C materijal omekšava. Ugrađeni toplinskoizolacijski proizvodi od XPS-a, u normalnim okolnostima, neškodljivi su za ljude. Međutim, tijekom proizvodnje, zatim rezanjem ploča pomoću uređaja s vrućom žicom i u slučaju požara oslobađaju se tvari štetne za ljudsko zdravlje. Kod duljeg izlaganja UV zračenju XPS postaje krhak. Zato ploče od XPS-a uvijek treba zaštititi od Sunčeva zračenja odgovarajućim oblogama, kaširanjem ili žbukanjem. U slučaju žbukanja ploča, glatku kožicu koja nastaje na površini ploča tijekom proizvodnje treba mehanički odstraniti. XPS ne smije doći u dodir s motornim gorivima, proizvodima od katrana ili ljepilima koja sadrže otapala. Za lijepljenje ploča treba koristiti posebna odgovarajuća ljepila.



Slika 1-112 Poliuretanska pjena - meka [121]



Slika 1-113 Poliuretanska pjena - tvrda [120]



Slika 1-114 Pluto [122]

Toplinskoizolacijske ploče od čvrste poliuretanske pjene (PUR ploče) i njima srodne toplinskoizolacijske ploče proizvedene od većinskog udjela poliizocijanurata (PIR) svrstavaju se u grupu poliuretanskih ploča. PIR ploče od čvrste pjene imaju najmanju vrijednost toplinske provodljivosti od svih pjenastih i vlaknastih toplinskoizolacijskih materijala i ona iznosi između $\lambda = 0,020 \text{ W/(mK)}$ i $0,025 \text{ W/(mK)}$, (slike 1-112 i 1-113).

Otporne su na razrijeđene kiseline i lužine. Kratkotrajno mogu podnijeti temperaturu do $+250 \text{ °C}$, a dugotrajno temperature između -30 °C i $+90 \text{ °C}$. Mogu se izraditi i specijalni proizvodi koji izdrže trajno djelovanje temperature od -140 °C do $+180 \text{ °C}$. Toplinska razgradnja materijala počinje pri temperaturi od oko 300 °C . Poliuretan je goriv materijal. Gorenjem poliuretana razvija se veća količina dima i oslobađaju se vrlo otrovni plinovi.

PUR pjena je otporna na vlagu i temperaturne promjene. Može se štrcati na površinu ili u šupljinu. Ploče se često kaširaju aluminijskim ili/i krutim limovima, ivericama i sl. **TVRDE PLOČE** može se, zbog velike tlačne čvrstoće, 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 su neutralne. Izrađuju se s rubovima za spajanje sistemom utor-pero. Ploče su otporne na starenje i postojanog su oblika. Vrlo se malo deformiraju.

Pluto (slika 1-114) se dobiva od kore hrasta plutnjaka. Ploče se proizvode mljevenjem kore i ekspaniranjem čestica pluta te rezanjem blokova ekspaniranog pluta u ploče raznih dužina. Volumenska masa im je od 100 do 130 kg/m^3 . Drugi način proizvodnje ploča je prešanje plutenih čestica povezanih bitumenom ili drugim ljepilom. Osim u pločama, pluto se isporučuje i u česticama ili ekspaniranim 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. Ekspanirano pluto je materijal otporan na gljivice, plijesni, kukce i glodavce. Tlačna čvrstoća ploča je relativno visoka. Otporan je na vlagu i relativno otvoren za difuziju vodene pare ($\mu = 5$ do 10). Ploče pluta su elastične. Pluto je otporno na kiseline, lužine, vrući bitumen, vapno,...

Ploče ekspaniranog pluta upotrebljavaju se osim za toplinsku izolaciju zidova, stropova i krovova i za zvučnu izolaciju, naročito za izolaciju udarnog zvuka i smanjenje širenja vibracija. Ugrađuju se na ravnu i suhu podlogu. Ploče se pričvršćuju na podlogu lijepljenjem ili odgovarajućim pričvrstnim elementima (tiple i vijci s tanjurima / diskovima).



Slika 1-115 Celuloza [123]

Celuloza (slika 1-115) je visokokvalitetna toplinska i zvučna izolacija od celuloznih vlakana. Izrađuje se od sitno mljevenog novinskog papira, kojem se dodaje borova sol. Ta je sol i prirodni konzervans koji sprečava nastanak plijesni i odbija štetočine, a u dodiru s vatrom sprečava proces gorenja. Celuloza je primjerena novogradnji, kao i sanaciji postojećih zgrada. Bez mirisa je, netopiva u vodi i organskim otapalima. Može se reciklirati. Nije štetna za ljudsko zdravlje.

Celulozna toplinska izolacija isporučuje se u obliku nevezanih pahuljica i blazina. Celulozna izolacija u obliku pahuljica ugrađuje se tj. upuhuje uz pomoć posebnog stroja u zidove i podove, a koristi i kao izolacija stropa.



Slika 1-116 Perlit [124]

Perlit (slika 1-116) je vulkanski kamen, koji se mehanički usitnjava i kratko zagrijava na 1000 °C. Pri tome se napuhava 15 do 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 jako osjetljiv na vlagu. Ekspandirani perlit je materijal bez mirisa. Otporan je na razne kemikalije, mikroorganizme, gamad, glodavce. Ne trune. Vijek trajanja mu je neograničen. To je negoriv materijal eurorazreda A1 prema HRN EN 13501-1, [44]. Obrađeni materijal s organskim dodacima (hidrofobiranje, vezivo...) ima lošija svojstva reakcije na požar i treba ih utvrditi za svaki konkretni slučaj. Nasipi ekspandiranog perlita kratkotrajno su postojani na temperaturi između 900 i 1000 °C, a dugotrajno na temperaturi između 600 i 750 °C. Ploče od ekspandiranog perlita kratkotrajno izdrže temperaturu do 250 °C, a dugotrajno su postojane na temperaturi između 110 i 130 °C. Ekspandirani perlit najviše se koristi kao T1 materijal za nasipavanje, kao nasip za izravnavanje, a u manjoj se mjeri rabi u obliku toplinskoizolacijskih ploča. Upotrebljava se i kao lagani agregat u mortovima i betonima.

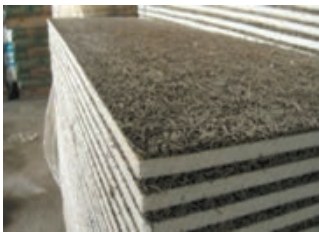


Slika 1-117 Ovčja vuna [125]

Ovčja vuna (slika 1-117) 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. Jednako taku upija toplinu od vlage iz zraka. Tretirana je borovim solima kako bi poboljšala svoju vatrootpornost, smanjila zapaljivost i površinu širenja plamena. Toplinskoizolacijski proizvodi od ovčje vune moraju se skladištiti i ugrađivati suhi. Materijal je otporan na starenje, neutralnog je mirisa, a otporan je i na truljenje i razvoj plijesni. Ovčja vuna difuzno je otvorena i u kraćem vremenu može primiti veće količine vlage i opet je otpustiti. Preporučuje se ne prekoračiti najveću vlažnost od 22 %. Granična temperatura upotrebe toplinskoizolacijskog materijala od ovčje vune iznosi između 90 i 100 °C. Temperatura zapaljenja iznosi oko 600 °C. Upotrebljava se za toplinsku izolaciju vanjskih i pregradnih zidova te kosih krovova. U stropovima se koristi za izolaciju udarnog zvuka. Vuna se isporučuje i u rastresitom stanju, u vrećama, a nije prikladna u slučajevima kada se na površinu izolacije nanosi mokra žbuka.



Slika 1-118 Ploče od drvene vune [126]



Slika 1-119 Kombi-ploče [120]



Slika 1-120 Balirana slama [127]

Ploče od drvene vune (slika 1-119) proizvode se tako da se drvena vuna veže s cementom. Lagane su i šupljikave. Danas se često upotrebljavaju i višeslojne lagane građevne ploče od drvene vune u koje je integriran sloj ekspanziranog polistirena ili kamene vune, tzv. kombi-ploče (slika 1-119), čime se poboljšava ukupna toplinskoizolacijska sposobnost ploča. Ploče od drvene vune ili, punim nazivom, lagane građevinske ploče od drvene vune upotrebljavaju se za toplinsku i zvučnu izolaciju zidova i stropova. Ploče od drvene vune ne treba miješati s TI pločama od drvenih vlakana koje se proizvode potpuno drukčijom tehnologijom (bez mineralnog veziva) i koje bolje toplinski izoliraju. Jednostavno se pile i buše. Neožbukane dobro apsorbiraju zvuk, a ožbukane mogu biti dobar izolator zvuka uz određene uvjete izvođenja. Ploče od drvene vune su idealna podloga za žbuku i beton (izgubljena oplata). Obavijanjem vlakana drvene vune mineralnim vezivom postiže se njihova otpornost na bubrenje, truljenje, insekte i glodavce. Ploče od drvene vune su ekološki preporučljive jer ne sadrže umjetna veziva niti štetne materijale, a osnovna sirovina iz koje se proizvode je obnovljiva. Ploče od drvene vune prvenstveno se koriste kao nositelji žbuke i kao ploče za apsorpciju zvuka. Kod drvene gradnje, pored izolacijskih funkcija, koristi se i za građevinsku funkciju kao oplata nosive konstrukcije od drva. Višeslojne ploče od drvene vune se koriste kao toplinsko-izolacijski sloj kod zidova, stropova i kosih krovova (iznad ili ispod rogova), posebno su korisne za izolaciju potencijalnih toplinskih mostova (armirano betonski serklaži, nadvoji, stupovi). Nisu prikladan materijal za perimetarsku izolaciju. Ožbukane ploče od drvene vune i višeslojne ploče od drvene vune upotrebljavaju se i za povećanje zvučne izolacije zidova i stropova (uz zadovoljenje određenih uvjeta izvođenja).

Slama (slika 1-120) je obnovljivi materijal i predstavlja izrazito zdravu alternativu modernim građevinskim materijalima. Dobar je toplinski i zvučni izolator, a njezini građevni proizvodi otporni su na požar te su relativno dobre čvrstoće i otporni na nametnike. 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.

1.4 VEZNA SREDSTVA

Drvene konstrukcije nastaju sastavljanjem pojedinih komada za tu svrhu obrađene drvene građe.

Svrha je veznih sredstava da povežu te elemente u jedinstvenu cjelinu. Prema vrsti materijala razlikujemo drvena vezna sredstva, čelična vezna sredstva i ljepilo.



Slika 1-121 Vezna sredstva [112]

1.4.1 Drvena vezna sredstva

Drvena vezna sredstva danas se upotrebljavaju sve manje. Na sebe ne preuzimaju veća naprezanja. Izrađuju se od tvrdog drveta. Razlikujemo drvene čavle (uglate i valjkaste), drvene klinove i kladice, moždanike.

1.4.2 Čelična vezna sredstva

Čelična vezna sredstva imaju široku primjenu i koriste se za raznovrsna povezivanja elemenata, stoga je njihova upotreba redovita. Mogu preuzeti i velika naprezanja, pa je potreban statički proračun. U ovoj skupini veznih sredstava razlikujemo čavle, vijke s maticom i bez nje, ploče sa zupcima, pijavice/skobe, karike/obruč, papuče.

1.4.2.1 Čavli

Čavli su najstarije sredstvo za spajanje elemenata (slika 1-122). Tijelo čavla može biti glatko (okrugli ili pravokutni presjek) ili posebno izvedeno (spiralni, nazubljeni, utoreni i itd.). Čavlani spoj smatramo nosivim ako je izveden s najmanje četiri čavla.



Slika 1-122 Čavao [128]

1.4.2.2 Trnovi

Tijelo čeličnog trna je glatko i cilindričnog oblika. Izrađuju se od čelika punog ili cijevnog profila. Krajevi su konusno obrađeni radi lakše ugradnje.

1.4.2.3 Vijci

Većina vijaka sastoji se od tri dijela. Prvi dio je cilindrična šipka koja na jednoj strani ima šesterokutnu glavu, s glatkim cilindričnim tijelom na gornjem dijelu i navojem na donjem dijelu. Drugi dio je podložna pločica, koja je kod vijaka za drvene konstrukcije malo drugačijih dimenzija nego kod onih koji se koriste u čeličnim konstrukcijama. Treći dio je matica. Kad vijci povezuju dva drvena elementa onda za njih, u statičkom smislu, kažemo da su jednorezni, a kada povezuju tri elementa, kažemo da su dvorezni. Pod

opterećenjem vijci preuzimaju naprezanje na jednom ili dva mjesta svojega presjeka, pa se prema veličini naprezanja i dopuštenoj granici određuje potreban promjer vijka.

Vijci za drvo (slika 1-123) – Kada su spojevi izloženi stalnim i dugotrajnim djelovanjima, a radi se s mekim i nedovoljno suhim drvom, obični čavli s glatkim tijelom popuštaju, tj. izvlače se zbog rada drveta. Tada je mnogo sigurnije upotrijebiti vijke. Prilikom ugradnje vijaka buši se rupa malo manja od promjera vijka. Manji vijci mogu se u suho meko drvo zabijati čekićem, ali ne u potpunosti, nego se potpuno vezanje mora obaviti navijanjem.



Slika 1-123 Razne vrste vijaka [129], [130], [131]

Sihga vijci (slika 1-124) – Sihga vijci za drvo namijenjeni su spajanju drvenih greda i sličnih elemenata. Izuzetne su čvrstoće i nije potrebno predbušenje. Sihga vijcima glave su posebno dizajnirane, spriječeni su neželjeni pomaci i osigurano je kvalitetno upuštanje vijka u element. Glava vijka je premazana posebnim slojem kako bi se osiguralo dobro prianjanje boje ili premaza.



Slika 1-124 Sihga vijak [132]

Sihga moždanici (slika 1-125) – Namijenjeni su horizontalnom i vertikalnom spajanju elemenata. Prenose velika vlačna i posmična naprezanja. Zadovoljavaju i estetske uvjete jer se nalaze unutar elemenata koje povezuju. Moždanici se u element učvršćuju pomoću osam vijaka za drvo. Postoje tri dimenzije moždanika: promjera 30, 40 i 50 mm [133].



Slika 1-125 Sihga moždanik [134], [135]

Patentni moždanici (slika 1-126) – Danas na tržištu postoji velik broj moždanika. Koriste se kao pomoćno vezno sredstvo za pojačanje spoja dvaju ili više elemenata. Mogu se upotrijebiti za spajanje elemenata čije osi imaju međusobno proizvoljan nagib. Materijali izvedbe najčešće su metal (čelik), tvrdo drvo i plastične mase. Oblikuju se tokarenjem, lijevanjem ili prešanjem. Ako su izrađeni od čelika, prijeko je potrebno zaštititi ih od korozije pocinčavanjem. Kod ove vrste spajala vijak se ugrađuje kroz moždanik.



Slika 1-126 Patentni moždanik [134]

Ulijepljene šipke (slika 1-127) – Ulijepljene šipke upotrebljavaju se za spajanje uglova trozglobnih i dvozglobnih drvenih okvira te za prijenos sila sa stupova u betonske temelje. Ovi spojevi najviše se koriste pri gradnji drvenih rešetkastih konstrukcija, a mogu se primijeniti i kod manjih i jednostavnijih konstrukcija. Kod nas se takvi spojevi rješavaju čvornim limovima i štapastim spajalima, koji narušavaju estetsku vrijednost konstrukcije, a i potrebna je velika površina elementa kako bi se sila adekvatno prenijela unutar čvora. Prednost takvih spojeva je vrlo učinkovit prijenos sila i niska cijena. Spoj se izvodi tako da se prethodno izbuši rupa u elementu koji želimo spojiti (rupa mora biti 1 do 3 mm šira od promjera šipke), a u nju se ulije specijalizirano ljepilo i umetne šipka.



Slika 1-127 Ulijepljene šipke [136]

Skobe (klamfe) (slika 1-128) – Skobe su starije spajalo i danas se rijetko koriste, osim kod privremenih građevina i skela, i to za spajanje elemenata većih dimenzija. Komadi su plosnatog čelika sa šiljatim krajevima zavnut pod kutom od 90 stupnjeva. Proizvode se u standardnim dimenzijama kovanjem iz okruglih ili kvadratnih čeličnih šipki.



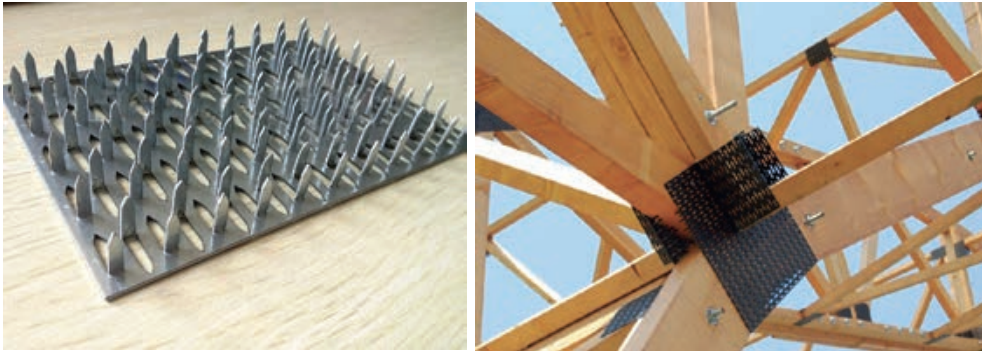
Slika 1-128 Skobe [137]

Skobice (klamerice) (slika 1-129) – Izrađene su od čelične žice. Koriste se za spajanje elemenata od piljenog ili lameliranog drva. Ugrađuju se tako da se posebnim alatom (klamericom) utiskuju (upucavaju) u drvo. Leđa skobice nakon ugradnje moraju biti u razini površine spojenog elementa ili najviše 2 mm upuštena u tu ravninu. Za proračun nosivosti skobica vrijede odredbe koje se primjenjuju kod čavlanih spojeva. Nosivost skobica može se izjednačiti s nosivošću dvaju čavala istog promjera.



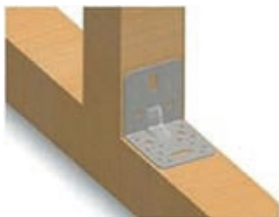
Slika 1-129 Klamerice [138]

Zubate ploče (slika 1-130) – Zubate ploče ili ploče za čavljanje dobivaju se prešanjem pocinčanog lima. Dobivene trake kasnije se režu na potrebne dužine. Razlikujemo ih prema dimenzijama ploče i prema duljini zubaca. Nastale su zbog potrebe skraćivanja dugotrajnog procesa zabijanja velikog broja čavala i povećale nosivost u odnosu na izradu s klasičnim čavlama. Zubate ploče ponajviše se primjenjuju kod spajanja elemenata rešetkastih nosača. Proračunom se određuje potrebna površina ploče. Specifična nosivost dana je normama ili uputama proizvođača. Nakon što se utvrdi potrebna površina, iz traka se izreže potrebna površina i ugrađuje se prešom na željeno mjesto. Ploče mogu biti jednostrane ili dvostrane.

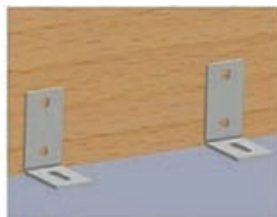


Slika 1-130 Zubata ploča/gang nail ploča [139], [140]

Metalni okovi (slike 1-131, 1-132 i 1-133) – Sve se više upotrebljavaju kao vezna sredstva u drvenim konstrukcijama. Omogućuju međusobno povezivanje drvenih elemenata, ali i drvenih elemenata s drugim materijalima, npr. betonom. Proizvodi se pocinčavaju galvaniski ili se dodatno plastificiraju u željenim bojama. Za posebne potrebe rade se i od inoksa.



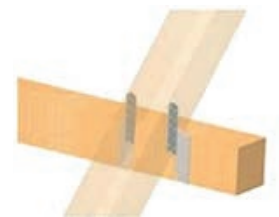
Spojni kutnici ojačani
Ojačanje na kutniku daje dodatnu čvrstoću. Ovalna rupa omogućava lakšu montažu



Spojni kutnici za beton
Kutnik je zbog svoje čvrstoće prilagođen spajanju drvenih konstrukcija i betona



Spojni kut 135°
Povezivanje konstrukcije pod kutem 135°



Spojnici kutnici za rog
Povezivanje drvenih rogova za krovišta

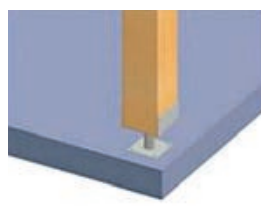
Slika 1-131 Metalni okovi – kutnici [141]



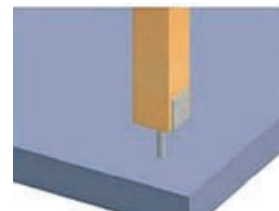
Spojne ploče i trake



Okovi za grede
Za spajanje drvenih konstrukcija sa betonskim ili ciglanim zidom



Stope za grede sa pločom
Spajanje drvenih greda na postojeći beton



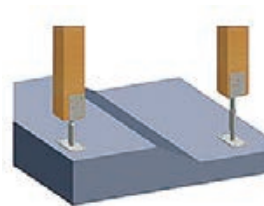
Stope za grede sa rebrastim željezom
Za spajanje drvenih greda u svježi beton

Slika 1-132 Metalni okovi – ploče, trake, stope [141]



Stope za grede podesive po širini

Pogodne za grede vanstandardnih dimenzija
Podesive od 70-140 mm



Stope za grede podesive po širini i visini

Osim podešavanja po širini, ova stopa podesiva je
po visini od 125-180 mm te se montira na neravnim
terenima

Slika 1-133 Metalni okovi – stope za grede/ podesive [141]

1.4.3 Ljepila

Ljepila su kemijski spojevi koja imaju svojstvo da od lijepljenih fino obrađenih dasaka nastane monolitna cjelina koju oblikujemo prema potrebi. Povezuju elemente (daske) površinski i veza je cjelovita po čitavom presjeku. Za izradu drvenih ploča uglavnom se koriste sintetska ljepila: karbamid-formaldehidna (KF), fenol-formaldehidna (FF), melamin-formaldehidna (MF), polizocijanatna te mineralna veziva (cement, gips, magnezit). U upotrebi su i prirodna ljepila koja nastoje zamijeniti sintetska.

Zahtijeva se precizan rad. Drvo koje lijepimo je suho, a površina mu je ravna. Zalijepljene dijelove treba držati pod pritiskom u prešama. Spoj je čvrst i nepopustljiv. Lijepljenjem se dobivaju lamelirani nosači koje koristimo za velike raspone i u vlažnim prostorima. Debljine lamela kreću se od 10 pa sve do 40 mm.



Slika 1-134 Korištenje ljepila za povezivanje lamela drva [142], [143]

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR**



**TEHNOLOGIJA
ZANIMANJA**

2 TEHNOLOGIJA ZANIMANJA

2.1 DRVENE KONSTRUKCIJE

Drvene konstrukcije su građevne konstrukcije od drvenog materijala (drva bjelogoričnog ili crnogoričnog drveća). Konstrukcije po svojoj namjeni mogu biti trajne i pomoćne. Obje vrste uspješno koristimo u gradnji objekata arhitekture ili u inženjerskim konstrukcijama.

U **trajne drvene konstrukcije** (slika 2-2) ubrajaju se klasične drvene konstrukcije kao što su drvene kuće (npr. tradicionalne brvnare), dijelovi kuća (krovišta, stropovi, podovi, stube, zidovi, vrata, prozori), mostovi i suvremene drvene konstrukcije u koje pripadaju lamelirane i lake lijepljene konstrukcije te gredne i štapne konstrukcije od punoga drva spajane na različite načine.

Lamelirane konstrukcije sastoje se od grednih ili okvirnih lameliranih nosača pravokutnog presjeka, koji su izrađeni lijepljenjem drvenih lamela pod tlakom.

Na osnovu opterećenja, nagiba krovnih ravnina, broja i rasporeda oslonaca, kao i njihovih raspona, odnosno prema načinu prenošenja tereta na oslonce, drvene konstrukcije izrađuju se po sustavima nastalim iskustvom i na osnovu statičkih proračuna.

Privremene gradilišne pomoćne konstrukcije (slika 2-3) su konstrukcije koje se nakon određenog vremena uklanjaju, demontiraju, kao što su skele, oplata, provizorni mostovi i sl.

Oplata su pomoćne konstrukcije koje omogućavaju oblikovanje svježeg betona ili specifičnih oblika zidanih elemenata prema nacrtima.

Skela je također provizorna ili pomoćna konstrukcija koja nosi oplatu kao i gradivo prije negoli ista dobije primjerenu čvrstoću. U tom periodu ne smiju se dogoditi deformacije.

Prema statičkom sustavu, drvene su konstrukcije:

- ravninske (gredni nosači, rešetke, stupovi, okviri) ili
- prostorne (mrežaste strukture, geodetske kupole, prostorne rešetke, ljsuke).

Dijelovi drvenih konstrukcija spajaju se međusobno tesarskim vezovima te različitim spajalima – veznim sredstvima.

Tanke drvene konstrukcije imaju lošu otpornost na požar, a deblje, zbog predimenzioniranog presjeka i zaštite presjeka od daljnjeg gorenja od strane izgorenog sloja, mogu imati znatno veću otpornost.



Slika 2-1 Primjer opožarenog presjeka grede od lijepljenog lameliranog drva [144]

Radi povećanja trajnosti, suvremene drvene konstrukcije zaštićuju se kemijskim sredstvima (premazi, impregnacija). Prednosti drvenih konstrukcija su mogućnost montažne gradnje, topao izgled, velika nosivost (rasponi i veći od 100 m), funkcionalnost i ekonomičnost. Primjenjuju se kod gradnje sportskih, sakralnih, stambenih i javnih zgrada, a kod nekih industrijskih i sličnih zgrada nezamjenjive su po svojoj trajnosti i otpornosti na određene tvari i kemikalije.



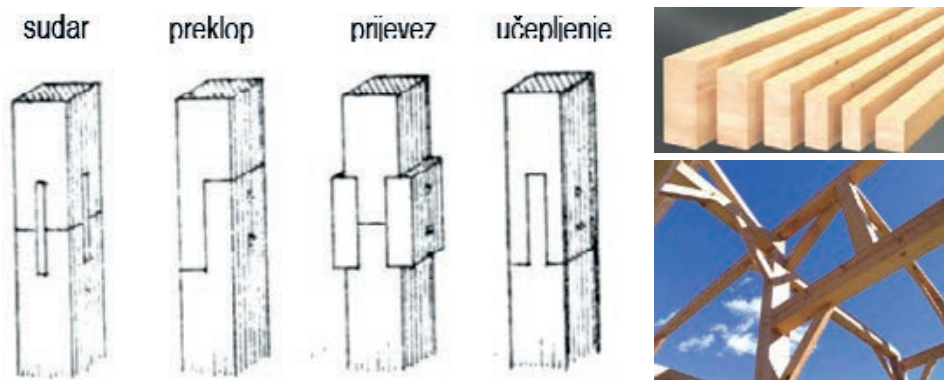
Slika 2-2 Drvena pomoćna konstrukcija [145]



Slika 2-3 Trajna nosiva drvena konstrukcija [146]

2.2 OSNOVNE TESARSKE OBRADJE

Rijetko se drvene konstrukcije mogu izvesti iz jednog komada bez tesarskih vezova i spojnih sredstva. Zbog toga je potrebno drvene elemente obrađivati i povezivati tako da čine čvrstu cjelinu. Za to koristimo osnovne vezove sudara, preklopa, prijeveza, učepljenja i nalijeganja (slika 2-4). Ove vezove koristimo u spajanju dvaju ili više elemenata u odnosu na položaj elemenata u prostoru kao glavne vezove. Osim same obrade elemenata koristimo i adekvatna spojna sredstva koja ojačavaju spoj elemenata i učvršćuju cijelu drvenu konstrukciju. Veza se postiže obradom mjesta spoja elemenata, kao i upotrebom raznih spojnih sredstava, i to primjenom osnovnih vezova:

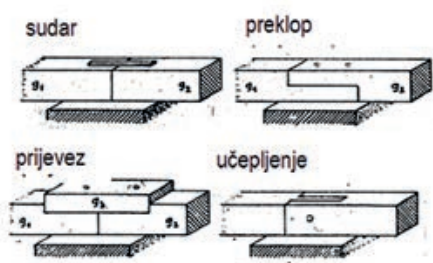


Slika 2-4 Osnovni tesarski vezovi, drvena građa za obradu i obrađeni elementi u konstrukciji [107], [77], [147]

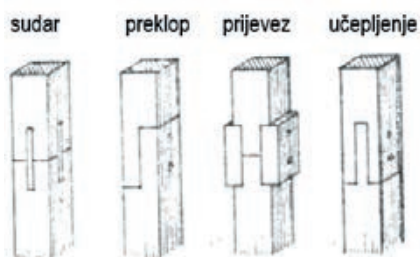
2.2.1 Glavne vrste tesarskih vezova

Tesarski vezovi razlikuju se po međusobnom položaju dvaju glavnih elemenata konstrukcije koji se povezuju. Nazivaju se **glavne vrste tesarskih vezova** i mogu biti:

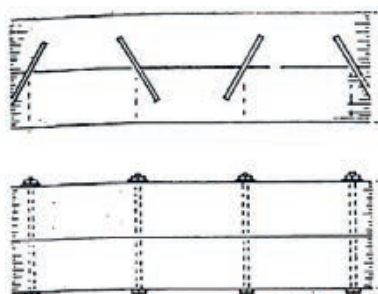
1. vezovi horizontalnog produženja (slika 2-5)
2. vezovi vertikalnog produženja (slika 2-6)
3. vezovi pojačanja (slika 2-7)
4. vezovi križanja (slika 2-8)
5. vezovi sudaranja (slika 2-9)
6. vezovi uglova (slika 2-10)
7. vezovi proširenja (slika 2-11)



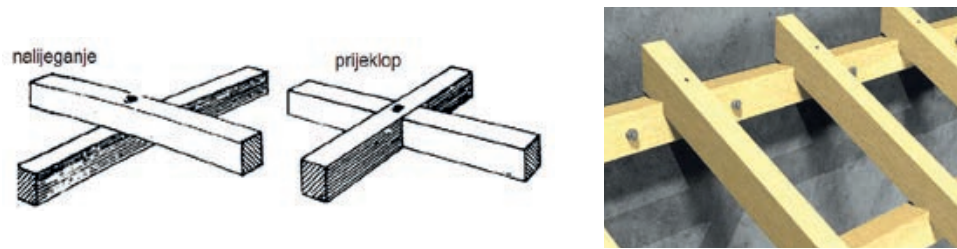
Slika 2-5 Vezovi horizontalnog produženja i njegova primjena u drvenoj konstrukciji [148], [149]



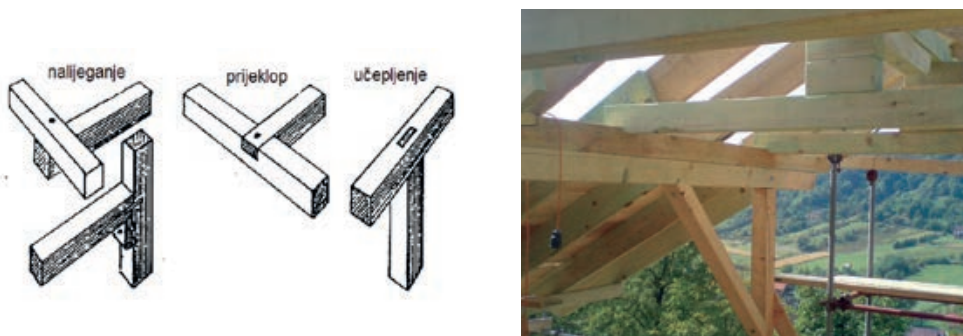
Slika 2-6 Vezovi vertikalnog produženja i njegova primjena u drvenoj konstrukciji [107], [13]



Slika 2-7 Vezovi pojačanja ili podebljanja i njegova primjena u drvenoj konstrukciji [148], [150]



Slika 2-8 Vezovi križanja i njegoova primjena u drvenoj konstrukciji [148], [151]



Slika 2-9 Vezovi sudara i njegoova primjena u drvenoj krovnoj konstrukciji [148], [152], [153]



Slika 2-10 Vezovi uglova i njihova primjena na punoj drvenoj stijeni [148], [154], [155]



Slika 2-11 Vezovi proširenja i njegoova primjena na drvenoj fasadnoj oblozi [13], [156], [157]

2.3 VRSTE SUSTAVA DRVENIH KONSTRUKCIJA

2.3.1 Sustavi punih drvenih stijena

Pune drvene stijene su one koje su po cijeloj svojoj visini i dužini sastavljene od drvenih elemenata (*slika 2-12*), a u ostavljene otvore ugrađuju se prozor i vrata. Koriste se u manjim zgradama. Ubrajaju se u tradicionalnu arhitekturu.



Slika 2-12 Sustavi punih drvenih stijena s horizontalnom građom [158]



Slika 2-13 Zgrade od oblica [159], [160]

Najvažniji su zidovi od oblice (brvana), poluoblice (polubrvi), greda i platica, koje koristimo kao drvene elemente. Obračeni su ručno, strojno ili industrijski.

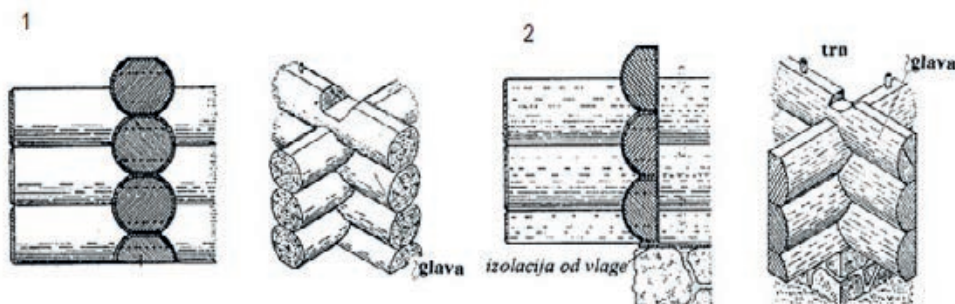
2.3.1.1 Drvene stijene od oblica i poluoblica (brvi i polubrvi)

Za zidove se koriste balvani (debla, trupci) od jedrih i ravnih stabala ili debla, koji su promjera 20-30 cm (najčešće od borovine). Debla se očiste, okrajče, skine im se kora i obradi ih se tesanjem, a tako dobiven element zove se brv (*slika 2-14*). Polubrv je racionalizacija jer se iz jednog debla dobiju dva elementa, obrađena strojno. Ležajnice (površine spajanja) obrađuju se tesanjem širine 8 do 12 cm, a moraju biti paralelne.

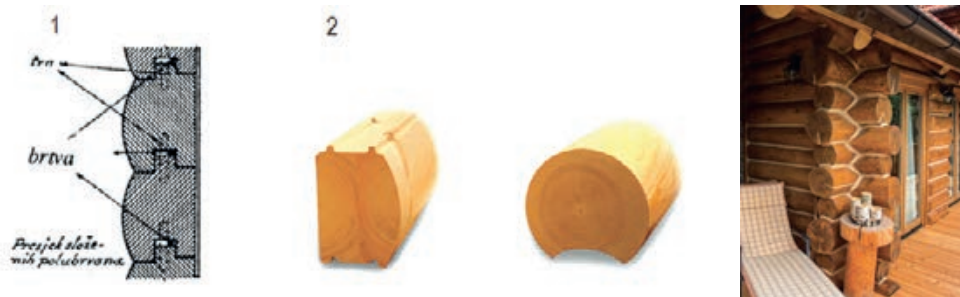


Slika 2-14 Osnovna obrada trupca u brvi [117], [161]

Uglovi se obrađuju vezovima križanja, a na ležajnicama se buše rupe promjera 20 mm i dubine 6 do 8 cm, u koje se zabijaju drveni čavli dužine 12 do 16 cm na razmacima od 1 do 1,5 m (slike 2-15 i 2-16).



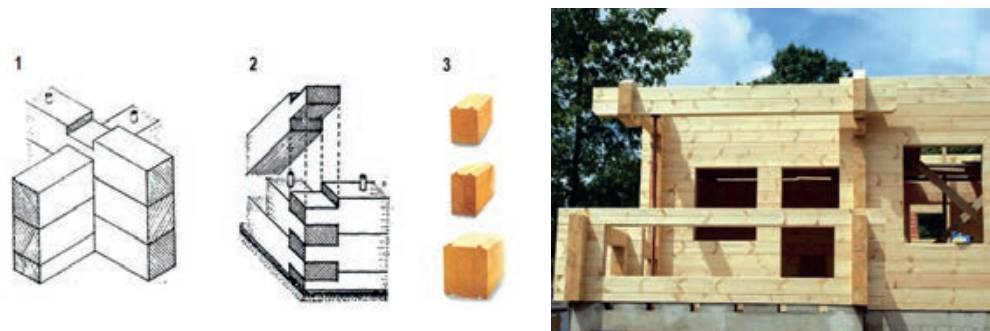
Slika 2-15 Izgled rješenja ugla u spoju križanja kod brvi (1) i polubrvi (2) [162]



Slika 2-16 Izgled rješenja detalja brtvljenja spoja (1); industrijski oblikovane brvi (2) [107], [163], [164]

2.3.1.2 Drvene stijene od greda

Za razliku od brvi, grede se pripremaju u pilanama, a obrađuju se po istim načelima po kojima se obrađuju i brvi. Izrada ovakvih stijena je brža i lakša (slika 2-17), ali se one ipak izvode rjeđe, i to prije svega iz estetskih razloga jer prirodni oblik brvi ili polubrvi daje objektima prirodniji i ljepši izgled.

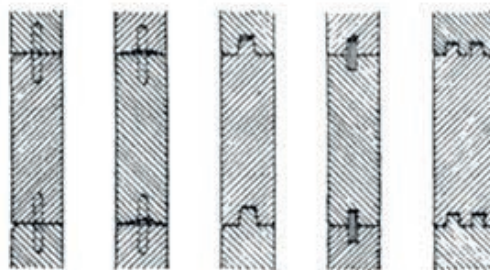


Slika 2-17 Prikaz rješenja spoja ugla drvenih stijena u vezu križanja (1) te u vezu sudara (2) industrijski oblikovane (masivne, lijepljene i lamelirane) grede (3) [107], [163], [165]

2.3.1.3 Drvene stijene od platica

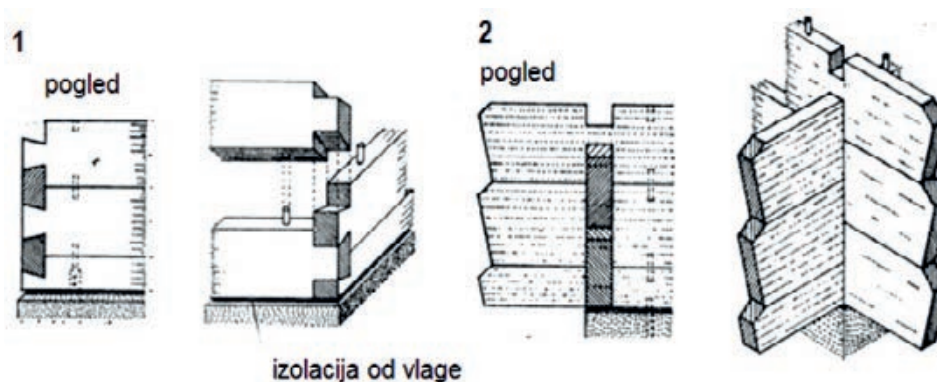
Za ove drvene zidove upotrebljavaju se platiche (slika 2-18) debljine 6, 8 i 10, a iznimno 12 cm, visoke 25 do 35 cm (iznimno manje od 20 cm ili više od 40 cm).

Dobivaju se piljenjem balvana hrastovine (rjeđe) i smrekovine, a za unutarnje pregradne zidove onih od jelovine. Obrada se provodi u pilani, a najviše se pozornosti mora posvetiti ležajnicama. Vezovi uglova se rješavaju tesarskim vezovima preklopa u vezu križanja (slika 2-19).



Slika 2-18 Horizontalne platiche i njihovo međusobno spajanje [107]

Pregrade se izrađuju iz platiche, a s glavnim zidovima povezuju se odgovarajućim vezovima križanja ili sudara. To je tradicijski način gradnje na pojedinim područjima naše zemlje. Dio je naše kulturne baštine te se u posljednje vrijeme počinje intenzivnije gospodarski vrednovati i uključivati u programe obnove i prenamjene za suvremene životne potrebe.



Slika 2-19 Detalj horizontalnih platica u spoju križanja (1) i u spoju ugla (2) [107]



Slika 2-20 Drvena kuća, primjer tradicijske gradnje u Hrvatskoj [166]



Slika 2-21 Tradicionalna drvena građa reciklirana (presložena) i korištena u novogradnji pasivne kuće; autor: Lj. Mišćević [13]

2.3.1.4 Brtvljenje ležajeva stijena od oblica, greda i/ili platica

Prilikom gradnje stijena od oblica, greda ili platica potrebno je osigurati zrakonepropusnost, ali i vodonepropusnost vanjske ovojnice zgrada, kako ne bi došlo do ulaska vlage (vodena para) i vode (kišnice) u samu konstrukciju i, posljedično, do truljenja drva (slike 2-22 do 2-26).



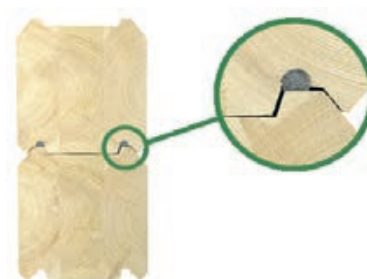
Slika 2-22 Korištenje ovčje vune za postizanje zrakonepropusnosti [161]



Slika 2-23 Postizanje zrakonepropusnosti poliuretanskim brtvama [161]



Slika 2-24 Postizanje zrakonepropusnosti staklenom vunom [167]



Slika 2-25 Detalj izvedbe osiguranja zrakonepropusnosti [168]



Slika 2-26 Osiguranje vodonepropusnosti [169]

2.3.2 Kanatni sustavi

Karakteristika kanatnih sustava je što se nosiva konstrukcija izrađuje od roštilja stupova i greda na manjim razmacima (*slika 2-27*). Građa stijena izrađena je od sustava drvenih nosača – obostrano položenih obloga. U prostor između njih polaže se toplinska i zvučna izolacija (*slika 2-28*), koja se zbog pojačanih zahtjeva za energetske učinkovitosti suvremenih drvenih zgrada postavlja i s vanjske strane, uz odgovarajuću zaštitu od kondenzacije vodene pare, kao i zaštitu ovojnice zgrada od atmosferilija.



Slika 2-27 Primjer drvene kuće građene kanatnim sustavom [170]



Slika 2-28 Ispuna kanatne stijene s toplinskom izolacijom te izvedba parne brane s unutarnje strane [171]

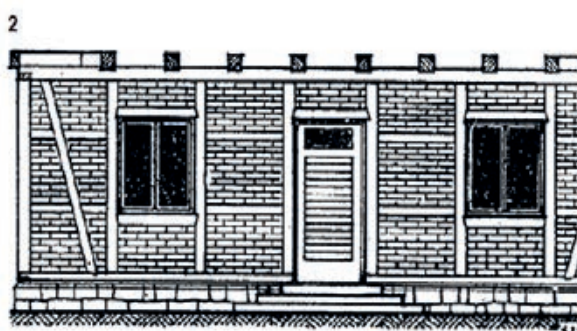
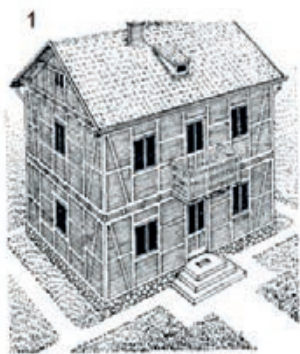


2.3.2.1 Starije kanatne stijene

Glavna građa za ove zidove nekad je bila tesana građa (grede) od borovine, smrekovine ili hrastovine, a takve zgrade (*slike 2-29 i 2-30*) diljem Europe i danas služe svojoj svrsi iako su stare više stotina godina.

Njezina upotreba danas je svedena na gradnju manje važnih građevina s građom manjih presjeka koji se mogu brzo montirati i demontirati.

Ovakav način građenja omogućuje izvođenje zgrada s najviše jednim katom. Zgrada se sastoji iz podsjeka koji se nalazi na temelju za koji je pričvršćen, stupova, razupora, kosnika te stropnih i krovnih konstrukcija. Elementi su povezani tesarskim vezovima.



Slika 2-29 Izgled kuće s kanatnom konstrukcijom (1) i izdvojen kanatni zid s elementima i ispunom (2) [107]

Dimenzije građe i nazivi elemenata i mjestima za postavljanje otvora. Ispuna kod starije kanatne stijene može biti različita:

- obostrana ispuna s ilovačom ili glinom na pleteru
- ispuna od opeke različitim načinom pričvršćenja



Slika 2-30 Slike građevina s višekratnom kanatnom konstrukcijom [172]

Današnja izrada kanatnih stijena izbjegava upotrebu masivne građe jer se ta građa tesarskim vezovima veoma oslabljuje. Izrađuje se od dasaka i mosnica, a spojevi se, umjesto tesarskim vezovima, spajaju čavlima ili drugim čeličnim veznim sredstvima bez zasjeka i rupa, čime se presjeci maksimalno iskorištavaju i na spojevima.

Prijelazni oblik je upotreba stupova koji se nastavljaju kroz prizemlje i etažu, čime se izbjegla upotreba "vjenčanice", ali su elementi još masivni. Kod suvremenih kanatnih stijena građa za pojedine elemente je minimalna. Zidovi se obrađuju oblogama ili žbukama.



Slika 2-31 Američki tip novije kanatne stijene s tanjom građom [173]

2.3.3 Skeletni sustavi

Skeletni sustavi su sistemi nosivih stupova (*slika 2-32*) unutar kojih se preko stupova, greda, štapova, ploča i nosača opterećenje prenosi na temeljno tlo.

SUSTAV STUPOVA I GREDA



Slika 2-32 Izgled skeletnog sustava i elementi stijene [174], [175], [176], [177]

Stupovi su postavljeni na većim razmacima, optimalno do 5 m, i nose primarne grede (*slika 2-33*) na koje se oslanja sustav stropa (strop od greda ili platica). Ukruta sustava je izvedena s dijagonalnim elementima (drvo ili čelik). Navedeni sustav omogućava izvedbu velikih ostakljenih ploha (*slika 2-34*). Pune pregrade (unutarnje ili vanjske) trebaju zasebnu potkonstrukciju na koju se obostrano pričvršćuju obloge, a u međuprostor između obloga ugrađuje se toplinska (kod vanjskih pregrada) ili zvučna izolacija (kod unutarnjih pregrada).

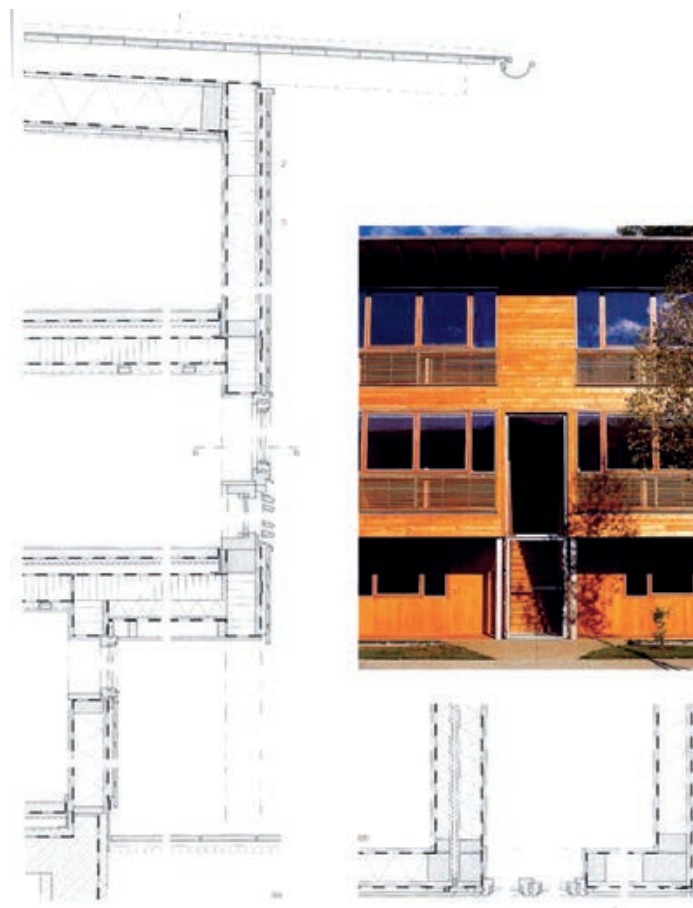


Slika 2-33 Oblici drvenih greda za skeletnu konstrukciju [178]



Slika 2-34 Čelična dijagonala vertikalnog sprega (lijevo), velike staklene plohe (desno) [176], [179]

Slika 2-35 prikazuje vertikalni presjek skeletne konstrukcije fasadnog zida (lijevo), horizontalni presjek skeletne konstrukcije fasadnog zida (desno dolje) te izgled fasade zgrade sa skeletnom konstrukcijom (desno gore).



Slika 2-35 Skeletna konstrukcija: vertikalni presjek skeletne konstrukcije fasadnog zida (lijevo), horizontalni presjek skeletne konstrukcije fasadnog zida (desno dolje), izgled fasade objekta skeletne konstrukcije (desno gore) [180]

2.3.4 Montažni sustavi

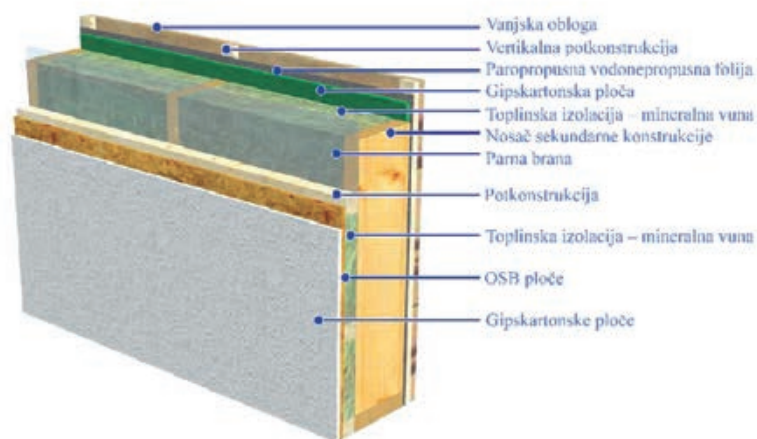
U područjima gdje ne postoji opasnost od potresa, nosiva konstrukcija može se izraditi od pojedinačnih gotovih panela, a moguće je i provesti obnovu postojećih zidanih ili betonskih zgrada korištenjem predgotovljenih drvenih panela (slika 2-36). Kod manjih zgrada moguća je montaža cijelih prostornih jedinica.



Slika 2-36 Montažni sustav gradnje i obnove zgrada drvenim panelima [106]

2.3.4.1 Sustavi panela

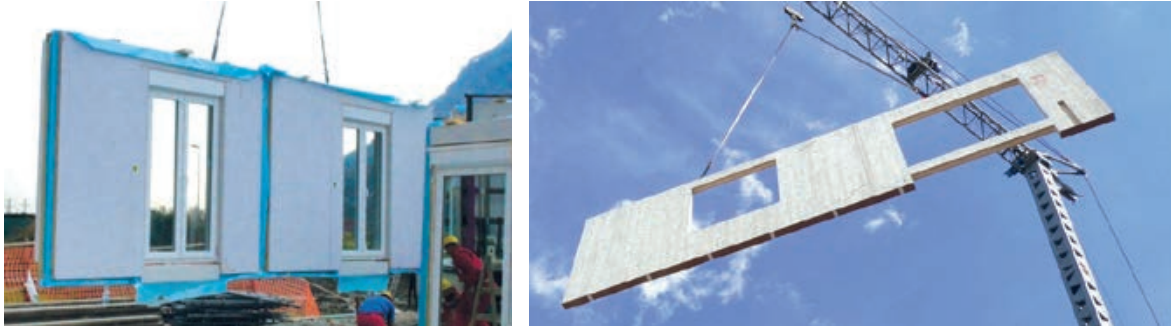
Paneli se izrađuju u tvornicama, dovoze se na gradilište i montiraju na licu mjesta. Debljina zida – panela (slika 2-37) – ovisi o klimatskoj zoni, odnosno stupnju toplinske izolacije koji se želi postići na novoj zgradi ili energetsom obnovom postojeće zgrade.



Slika 2-37 Presjek panela s osnovnim dijelovima [181]

Montažni paneli, odnosno elementi (slika 2-38) mogu biti različitih vrsta: puni, element s otvorima za otvor vrata, za otvor prozora. Panele je ponekad potrebno izvesti i kao instalacijske panele s punom opremom ili samo s instalacijama (slika 2-39). Spajanje elemenata moguće je izvesti na više načina – nalijeganjem pomoću pokrovne daske (slika 2-40, primjer 1), spajanjem prema principu pero-utor (slika 2-40, primjer 2)

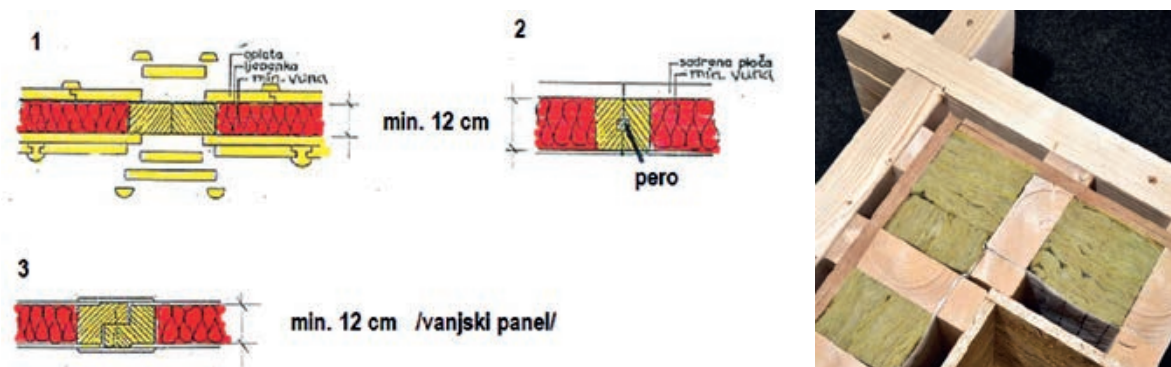
i spajanjem panela s preklapom (slika 2-40, primjer 3), pri čemu je na neki način potrebno riješiti problem toplinskog mosta, kao i problem zrakopropusnosti spojeva nekoliko panela.



Slika 2-38 Drveni montažni paneli [106], [182]



Slika 2-39 Panel s instalacijom i opremom (1) te s ugrađenom instalacijom (2) [178], [183]



Slika 2-40 Vrste spojeva montažnih panela [178], [184]

Prostorni paneli znatno ubrzavaju gradnju zgrada jer je već u tvornici izrađena jedna jedinstvena cjelina (slika 2-41), što omogućava brži transport i ubrzanu gradnju (tablica 2-1).



a)

b)



c)



d)

Slika 2-41 Izrada panela: prostorni panel (a i b); cijele sustavne jedinice proizvodnje panela (c i d) [185], [186]



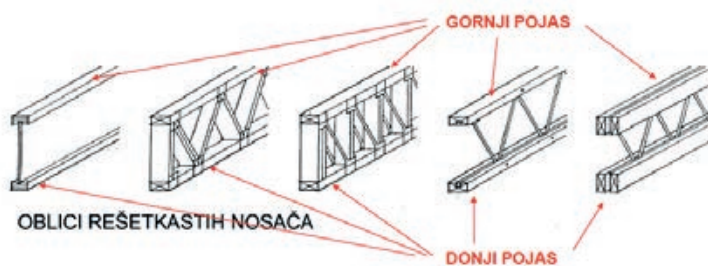
Tablica 2-1 Transport i montaža panela: cijeli panel – vanjski zid (1); unutarnji panel (2) [186]



Slika 2-42 Transport prostornog elementa i montaža zgrade od prostornih elemenata [187], [188], [189]

2.3.5 Sustavi na velikim rasponima

Primjenjuju se za krovne konstrukcije velikih raspona. Izvode se kao rešetkasti nosači okvirnih konstrukcija ili kao prostorni nosač (slike 2-43, 2-44 i 2-45) raspona od 10 do 15 ili 20 i više metara. Njihove su prednosti u odnosu na pune nosače što se ugrađeni materijal bolje iskoristi i rasporedi u odnosu na statičke utjecaje te su ekonomični s obzirom na to da su jeftiniji od punostijenih LL nosača.



Slika 2-43 Razni oblici rešetkastog nosača [117]



Slika 2-44 Primjena rešetkastog nosača za krovnu konstrukciju velikog raspona [190]



Slika 2-45 Primjer prostornog nosača EXPO 2000: Krov 21. stoljeća [112]

2.3.6 Klasični (tradicionalni) sustavi krovne konstrukcije



Slika 2-46 Klasični sustavi drvenih krovišta [191], [192]

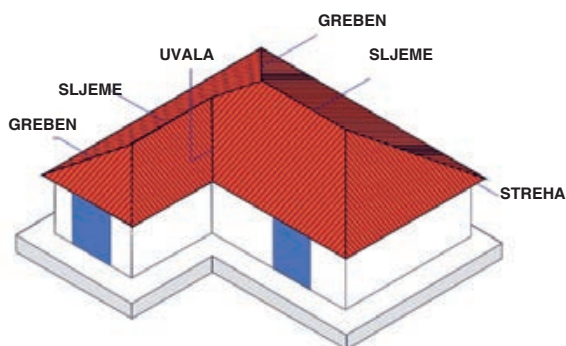
2.4 KROVNA KONSTRUKCIJA

Krov je najgornji i završni konstruktivni element na zgradi i postavlja se iznad posljednje etaže po visini. Oblikom i bojom pokrova određuje stil i utječe na cjelokupan izgled građevine. Štiti zgradu od djelovanja atmosferskih i drugih vanjskih utjecaja, stoga i trajnost građevine ovisi o kvaliteti izvedbe krova.

Krov se sastoji od krovnog pokrova i krovne konstrukcije.

Krovna konstrukcija je konstruktivni sklop koji neposredno prima te na nosive zidove prenosi opterećenje krovnog pokrova, snijega, vjetrova i slučajnog opterećenja. Izrađuje se od drva, metala i armiranog betona.

Krovni pokrov je vidljiv dio krova. Neposredno je izložen atmosferskim utjecajima. Izrađuje se od materijala nepropusnih za atmosfersku vodu, otpornih na udare vjetrova itd. Za brzo odvođenje atmosferske vode s krovnih površina moraju biti u nagibu. Prema vrsti i značaju zgrade, arhitektonskom izgledu i klimatskim utjecajima određuju se oblik i nagib krova.



Slika 2-47 Elementi krova [193]



Slika 2-48 Aksonometrijski prikaz drvene krovne konstrukcije [194]

Kako bi se omogućilo slijevanje atmosferske vode, krovne se površine izrađuju u nagibu.

Nagibi krovnih ravnina mogu biti:

- a) > 25% kod strmih krovova (crijep, žljebnjaci)
- b) 5 - 25% kod krovova blagog nagiba (salonit ploče, limovi)
- c) < 5% kod krovova neznatnog nagiba, odnosno ravnih krovova

Razlikujemo dvije skupine krovnih konstrukcija:

- a) tradicionalne konstrukcije krovova
- b) inženjerske krovne konstrukcije

2.4.1.1 Vrste krovnih konstrukcija

Prema konstruktivnom sastavu greda u krovnom nosaču i načinu prenošenja opterećenja na oslonce, imamo sljedeće vrste krovnih konstrukcija (slika 2-49):

1. prazno krovište
2. krovište s pajantom
3. krovna konstrukcija tipa stolica – jednostruka, dvostruka i trostruka stolica
4. krovna konstrukcija tipa visulja – jednostruka, dvostruka i trostruka visulja
5. kombinirana krovišta
6. krovišta s rešetkastim nosačima
7. krovna konstrukcija od lameliranih nosača



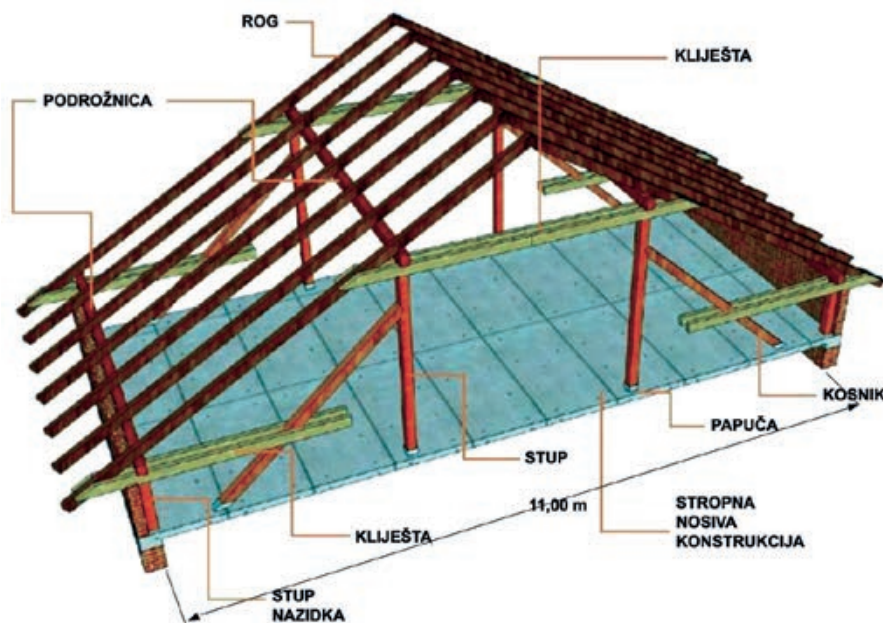
Slika 2-49 Primjeri vrsta krovnih konstrukcija [193]

Primjena pojedinih konstruktivnih sistema krovnih nosača ovisi o tome je li raspon krova ujedno i slobodan raspon nosača ili, osim vanjskih, postoji i uzdužni ili poprečni konstruktivni zid ili stup unutar raspona koji može primiti opterećenje od nosača.

Spajanje i vezivanje pojedinih dijelova drvenih konstrukcija mora se izvesti po propisnim pravilima za tesarske veze u jednu čvrstu konstruktivnu cjelinu.

2.4.1.1.1 Osnovni dijelovi krovišta

Konstruktivni elementi krova (slika 2-50) prikazani su na jednom tipu klasične krovne konstrukcije tipa dvostruke stolice.



Slika 2-50 Aksonometrijski prikaz drvenog krovišta i svih konstruktivnih elemenata [195]

- 1. Rogovi** - neposredno primaju opterećenje od krovnog pokrivača i vanjskih sila (snijega i vjetera). Spajaju se u parovima sa suprotnih krovnih površina, postavljaju na razmaku od 0,8-1,0 m, a izrađuju od piljenih ili tesanih greda dimenzije prema vrsti i težini pokrivača s presjecima 8/10, 10/12 ili 10/14 cm, s time da slobodna dužina roga nije veća od 4,5 m.
- 2. Podrožnice** - uzdužne horizontalne grede položene ispod rogova kao ležajevi za rogove. Dimenzioniraju se na osnovu statičkog računa. Kod manjih krovnih konstrukcija presjeci za podrožnice su 14/18, 14/20, 14/22, 16/20, 16/22 ili 16/24 cm, pri slobodnoj dužini podrožnice (razmak krovnih vezača) od 3,5 do 4,5 m. Nazidnice su također podrožnice, ali koje leže na zidovima.
- 3. Stupovi (stupci)** - vertikalne grede koje primaju opterećenje od podrožnica s kojima su vezani kratkim kosnicama (ruke, pajante), a služe za uzdužno ukrućenje krovne konstrukcije. Empirijske dimenzije

stupaca za manje krovove iznose 12/14 do 14/16 cm.

4. **Kosnici** - grede u kosom položaju vezane na vertikalne stupove i vezne grede, koje služe za poprečno ukrućenje te prijenos kosih sila na veznu gredu. Dimenzije su 12/14 ili 14/16 cm.
5. **Razupora** – vodoravna greda od jednog ili dva komada drveta koji djeluju kao kliješta, veže stupce u poprečnom pravcu krova i služi za poprečnu vodoravnu vezu krovnog vezača. Dimenzije su 12/14 ili 14/16 cm, a kao kliješta 2x6/12 i 2x8/16 cm.
6. **Vezna greda** - donja horizontalna greda koja prima opterećenje od stupaca i kosnika i prenosi ga na glavne nosive zidove. Vezne grede postavljaju se na razmak od 3,5 - 4,0 - 4,5 m. Dimenzionira se na osnovu statičkog računa, a kod manjih krovnih konstrukcija empirijski joj odgovaraju presjeci 18/20, 20/22 ili 22/24 cm, već prema rasponu krova.
7. **Kliješta** - par greda presjeka 2x6/12 i 2x8/16 koja povezuju rogove, stupove i podrožnicu.
8. **Ruke** - kosi elementi koji ukrućuju stupove i podrožnice, dimenzija 10/14 cm.
9. **Vjetrovni vez** - preuzima na sebe sile vjetra.
10. **Krovni nosač** - glavni konstruktivni element u krovu, sastoji se od više dijelova već prema rasponu krova i opterećenju od krovnih površina. Jednostavni krovni nosač sastoji se samo od vezne grede i para rogova vezanih međusobno u obliku trokuta. Složeni krovni vezač ima još i vertikalne i kose stupce, razupore ili kliješta koji su međusobno vezani u jedan konstruktivni sustav u vertikalnoj ravnini. Krovni vezači raspoređuju se u tlocrtu krova na međusobni razmak od 3,5 - 4,0 - 4,5 m. Ovako raspoređeni nosači zovu se "puni vez" krovne konstrukcije. Izbor sustava po kojem će se izvoditi krovna konstrukcija odnosi se na izbor i rješavanje krovnog nosača.

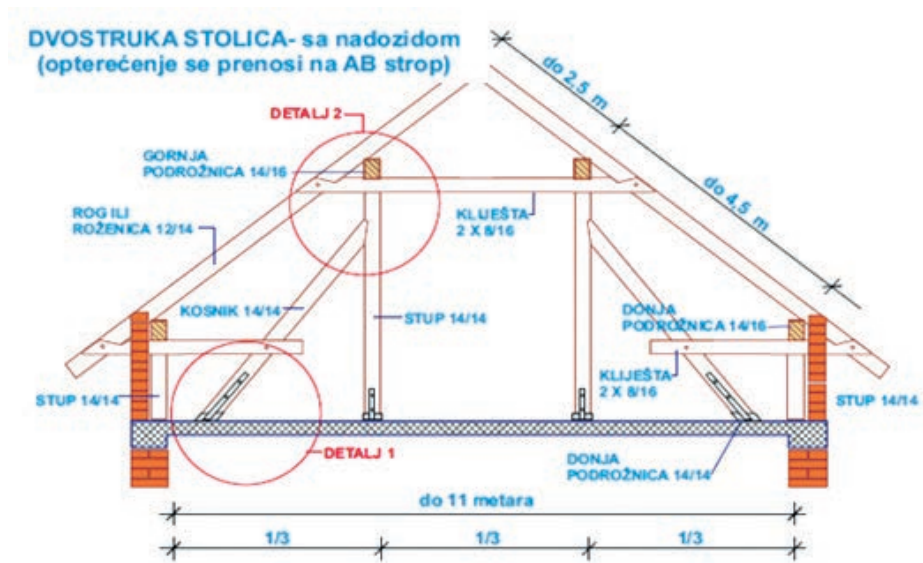
Složnije drvene konstrukcije sastavljaju se redovno od mnogo pojedinih komada drva. Svaki pojedini komad povezuje se na razne načine s drugim komadom, a svi zajedno, složeni i povezani, tvore čvrstu drvenu konstrukciju (slika 2-51).



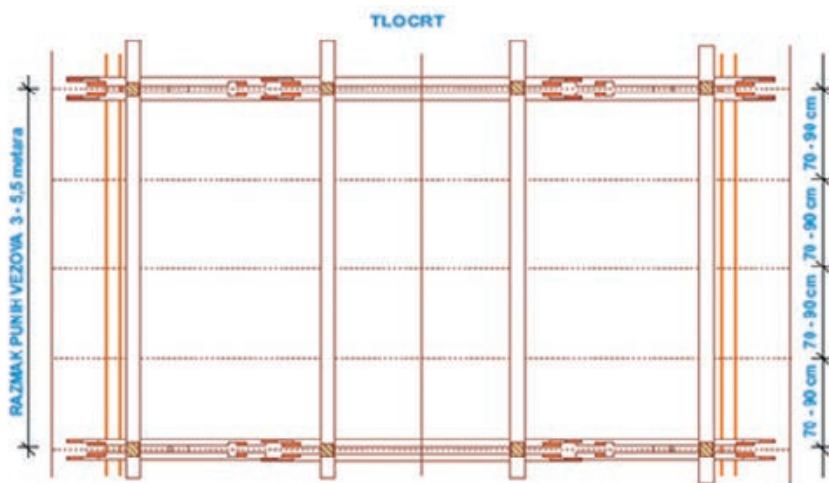
Slika 2-51 Elementi povezani u čvrstu drvenu konstrukciju [13]

2.4.1.2 Tehnički crtež krovišta u presjeku i tlocrtu

Za svaku krovnu konstrukciju izađuju se tehnički crteži, tlocrti i karakteristični presjeci punog veza u mjerilima ovisno o vrsti projekta (slika 2-52).



Slika 2-52 Poprečni karakteristični presjek punog veza s nazivima elemenata i njihovim dimenzijama u izvedbenom projektu [193]



Slika 2-53 Prikaz tlocrta krovne konstrukcije /punog veza/ u izvedbom projektu [193]

2.5 TEHNOLOGIJA IZRADE DRVENIH OBJEKATA NA PRINCIPU MONTAŽNE GRADNJE

Kod montažnih sustava gradnje koristimo panele. Paneli su gotovi tvornički elementi, koji se montiraju na terenu. U procesu proizvodnje već su izolirani, obloženi fasadnom oblogom i imaju ugrađenu vanjsku stolariju. Na vanjske stijene vežu se drugi konstruktivni elementi, kao što su međуетаžne i krovne konstrukcije, nadstrešnice, pergole, stepenice i dr. Elementi se izvide u različitim dimenzijama ovisno o statičkim i građevinsko-fizikalnim zahtjevima.

Drvena konstrukcija elementa može biti izvedena na više načina. Ovisno o tome, razlikuju se:

1. elementi izrađeni od drvene konstrukcije iz križno lameliranih ploča
2. elementi od drvene masivne konstrukcije
3. elementi izvedeni kao drvena okvirna konstrukcija (OS)

2.5.1 Elementi od drvene konstrukcije iz križno lameliranih ploča

Izrađen je od drvenih lamela lijepljenih u velikoplošne križno lamelirane ploče koje se režu u zidne elemente odgovarajuće dužine i visine.

Za lijepljenje se koriste visokokvalitetna vodootporna i vatrootporna ljepljiva bez formaldehida, koja nemaju štetnih emisija u okoliš. Lijepljeni spoj je horizontalan te tako lijepljeni zid nema parozapornog sloja, nego diše. Tehnologija izrade križno lameliranih ploča može se prikazati shematski.

Zgrada je sagrađena po principu suhe gradnje, gdje se pojedini elementi spajaju u jedinstvenu cjelinu upotrebom spojnih čeličnih sredstava (*poglavlje 2.5.1.2*). Koristeći adekvatnu toplinsku izolaciju, postavljenu na propisan način, tj. ako se gradi u skladu sa suvremenim smjericama energetske učinkovitosti, ista zgrada zadovoljavat će sve uvjete suvremene gradnje.

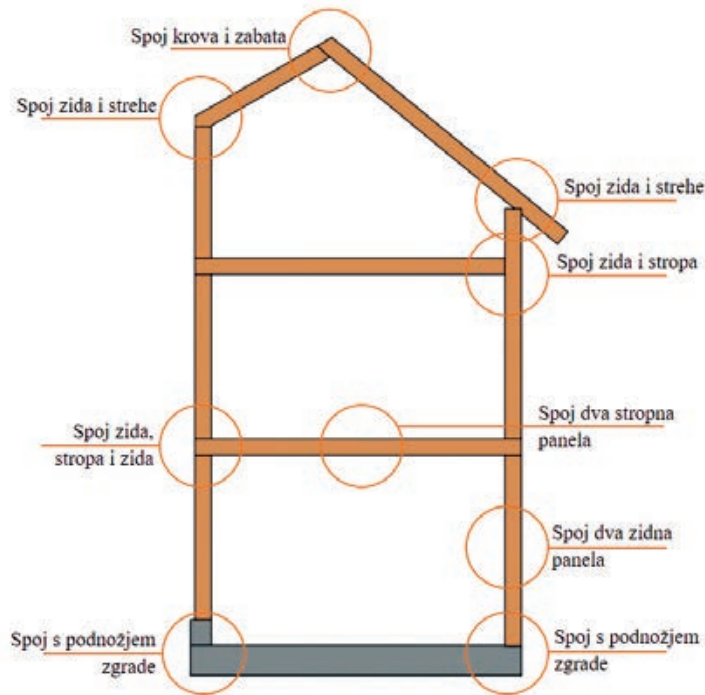
Navedeno znači da je na sustav od križno lameliranih ploča najčešće potrebno izvesti dodatnu toplinsku izolaciju, najbolje s vanjske strane (iako je moguće i iznutra).



Slika 2-54 Tehnologija gradnje pomoću križno lameliranih ploča [196]

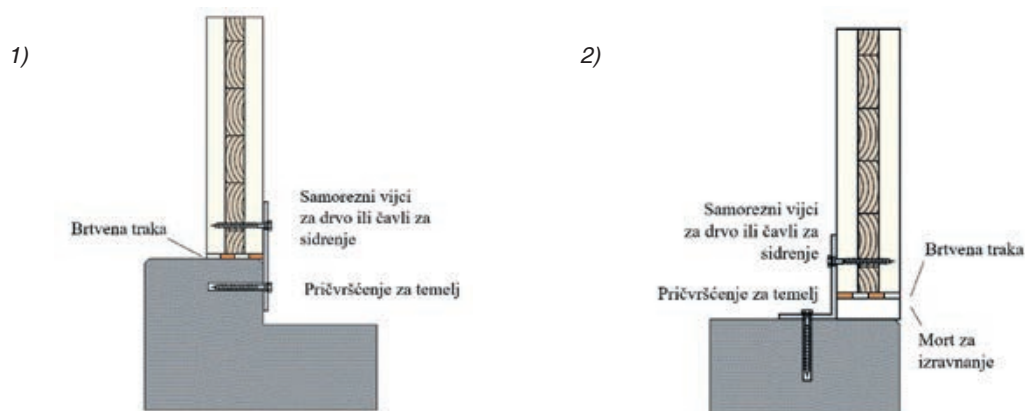
2.5.1.1 Detalji spojeva lameliranih ploča u konstrukciji zgrade

Ovisno o mjestu gdje se nalazi, spoj lameliranog nosača izvodi se drugačije ovisno o tome je li spoj vanjskog zida i temelja, spoj produljenja zidnih i stropnih lamela, spoj sudara zidova, spoj stropne ploče i vanjskog zida ili spoj stropnih lamela.

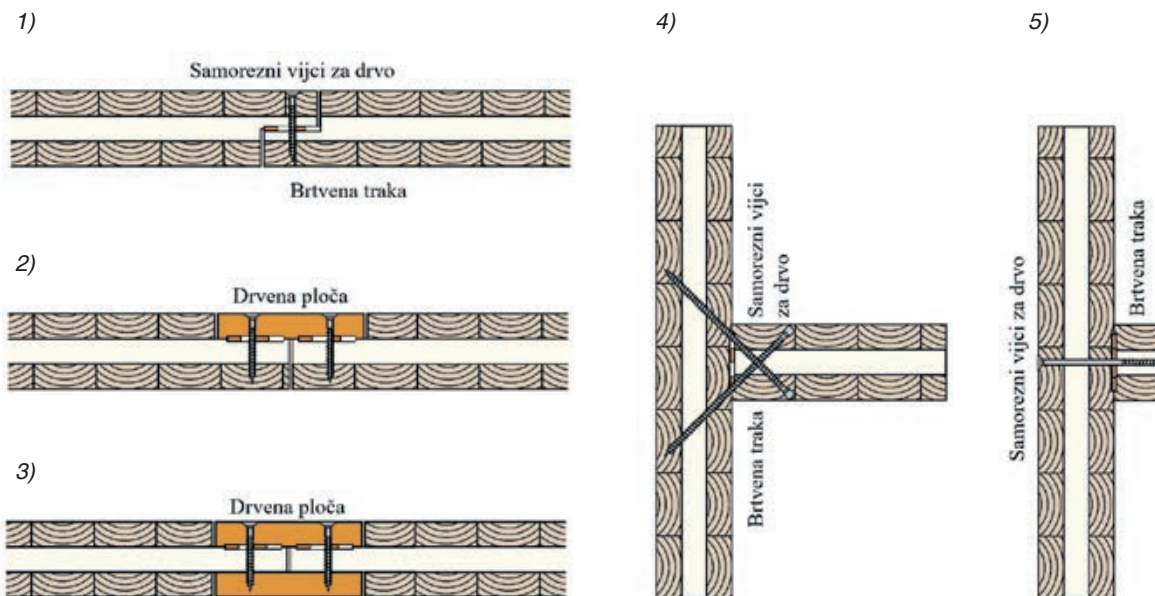


Slika 2-55 Mjesta spojeva lameliranih ploča [197]

Spoj križno lameliranih ploča vanjskih zidova s temeljima (podnožjem) zgrade može se izvesti s vanjske (1) ili unutarnje strane (2).



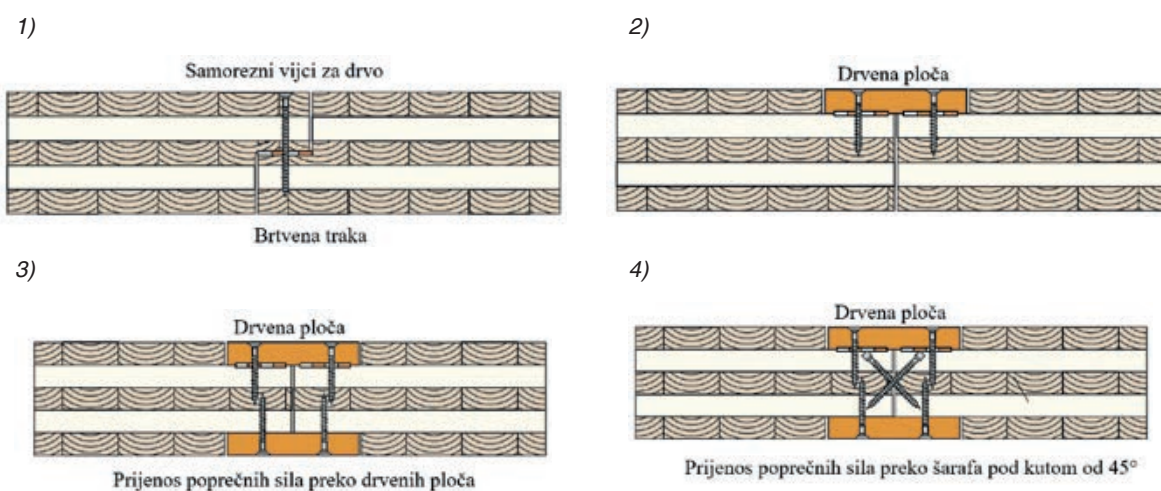
Slika 2-56 Spoj zidne križno lamelirane ploče i podnožja zgrade, mogućnost izvedbe s vanjske (1) i unutarnje (2) strane [197]



Slika 2-57 Spoj zidnih križno lameliranih ploča: **1) - 3)** spoj dvaju zidnih panela (vez produljenja); **4) i 5)** vez sudara dva zidna panela; tloctri [197]

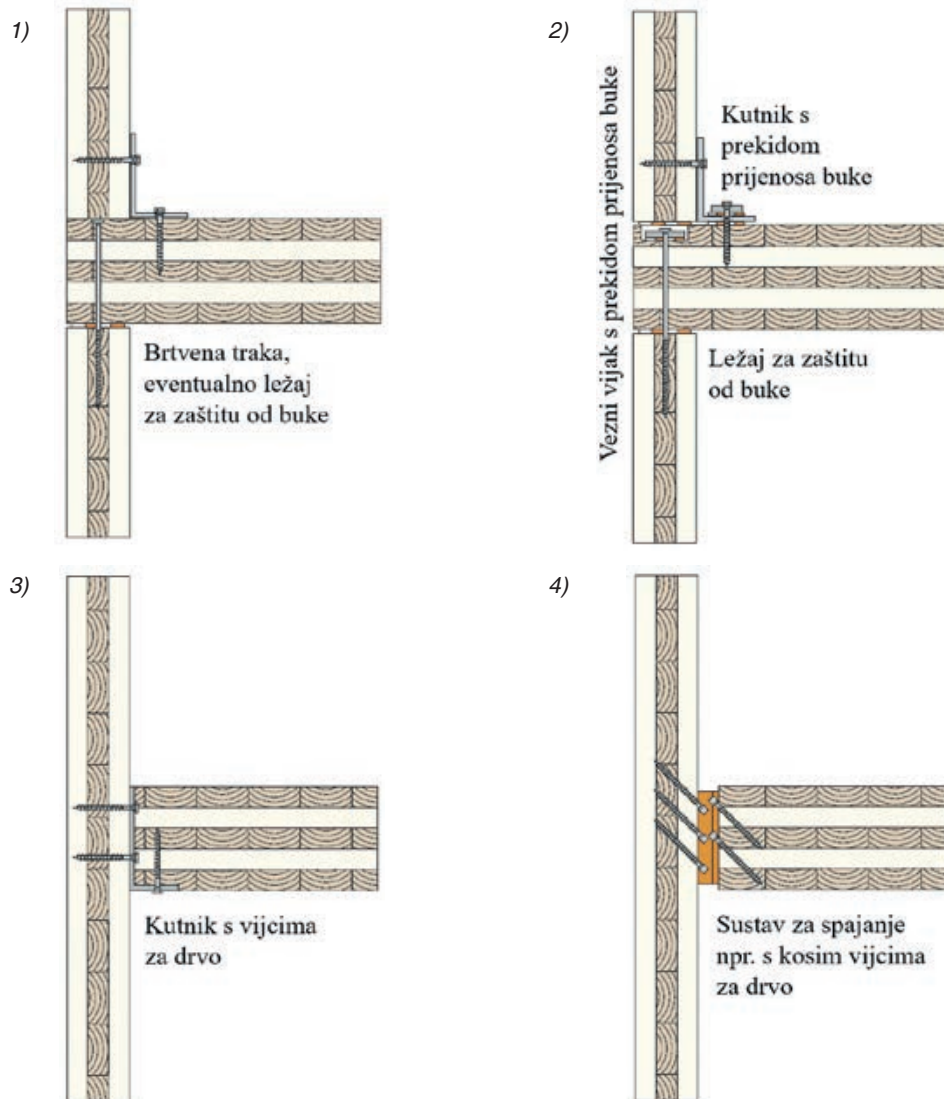
Spoj zidnih lameliranih ploča moguće je izvesti na više načina: s preklopom (*primjer 1*), jednostranim prijevozom s pločom (*primjer 2*), obostranim prijevozom (*primjer 3*).

Slika 2-58 prikazuje vez produljenja stropnih križno lameliranih ploča, pri čemu je potrebno razlikovati vez za prijenos samo poprečnih sila te vez koji je sposoban prenijeti i moment savijanja te poprečne sile.



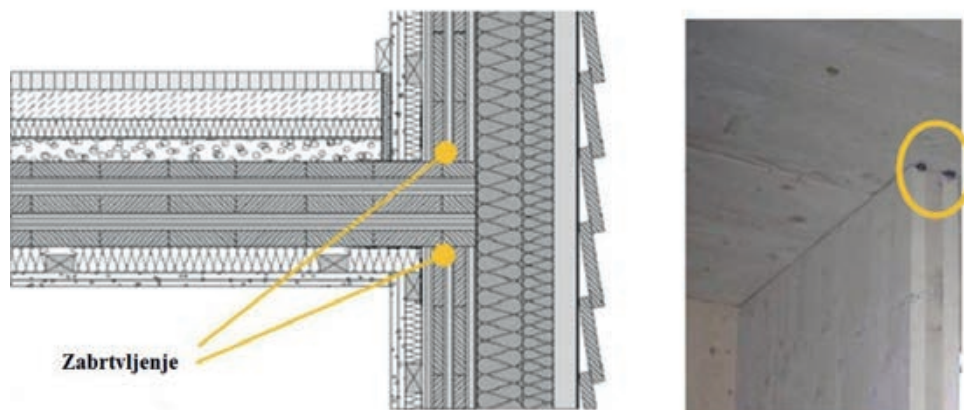
Slika 2-58 Vez produljenja stropnih križno lameliranih ploča: **1) i 2)** vez za prijenos poprečnih sila; **3) i 4)** vez za prijenos momenta savijanja; tloctri [197]

Sudar stropnih i zidnih križno lameliranih ploča moguće je izvesti tako da stropna ploča naliježe na zidne panele ili pak da je zidni panel kontinuiran po visini i da je tada stropna ploča ovješena na zidni panel (slika 2-59).



Slika 2-59 Spoj stropnih križno lameliranih ploča i zidova u vezu sudara [197]

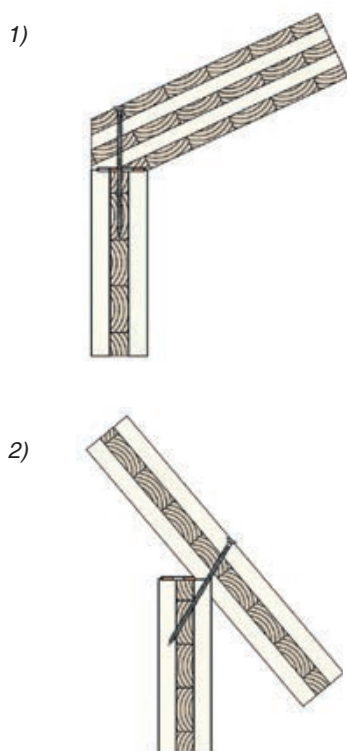
Ako se spoj stropnih ploča i zidova u vezu sudara izvede tako da ploča naliježe na donji zid, spoj s gornje strane potrebno je ojačati čeličnim kutnikom (L profil) (1). Bolje je rješenje ako se spoj izvede isto kao pod (1), samo s upotrebom ležajeva kao zvučne izolacije (2). Pričvršćenje na kutnik u visini stropne ploče s građevinskim vijcima za drvo (ploča zida se ne prekida na mjestu spoja) (3) i sistem s kosim vijcima (4). Ključne dodirne površine su na gornjoj i donjoj strani stropa kontakta sa zidom. Obje kontaktne površine moraju biti spojene tako da je on hermetički zabrtvljen, odnosno da spoj nije zrakopropusan.



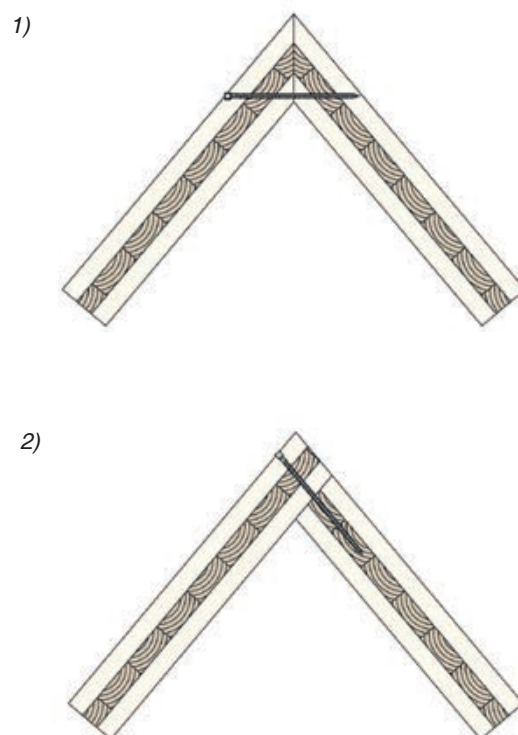
Slika 2-60 Spoj stropa i fasadnog zida (zidna ploča u prekidu)

Spoj stropnih lameliranih ploča u spoju krovnog i zidnog panela bez strehe (1) i sa strehom (koso nalije-ganje s plitkim zasjekom) (2), slika 2-61.

Slika 2-62 prikazuje dva moguća načina spajanja krovnih križno lameliranih ploča u sljemenu krova.



Slika 2-61 Spoj krovne i zidne križno lamelirane ploče s brtvljenjem spoja [197]



Slika 2-62 Spoj krovnih križno lameliranih ploča u sljemenu [197]

2.5.1.2 Spojna sredstva i sredstva za pričvršćivanje lameliranih ploča različitih proizvođača i njihova primjena

Slike 2-63 i 2-66 prikazuju sredstva za pričvršćenje križno lameliranih ploča međusobno, odnosno sredstva za ankeriranje u betonsku podlogu, kao i razna sidra i priveznice (kutnike) te način izvođenja veze s gumenom podloškom za izolaciju od buke.



Slika 2-63 Vijci za pričvršćenje lameliranih ploča raznih dimenzija i oblika glave [198]

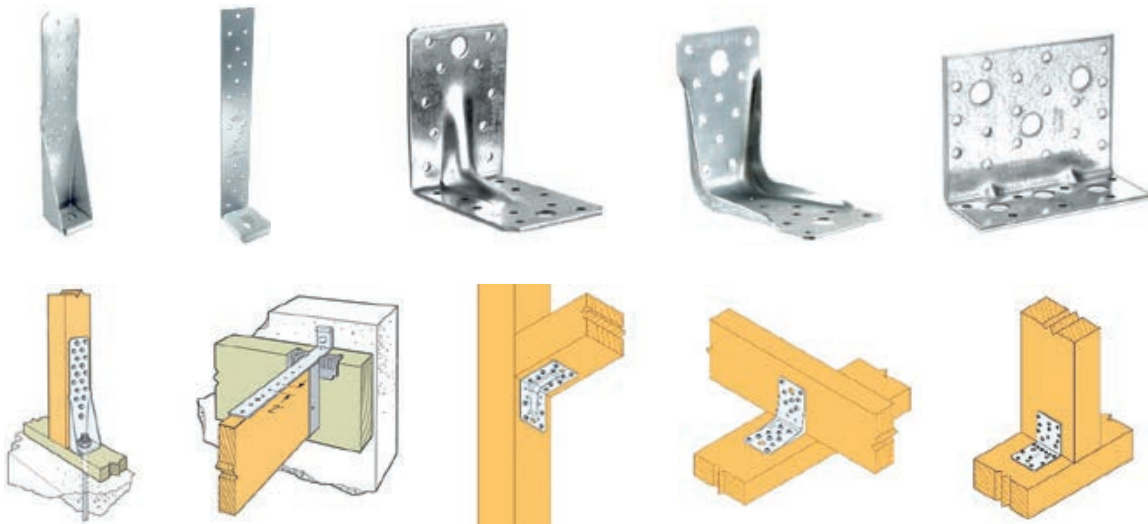
1)



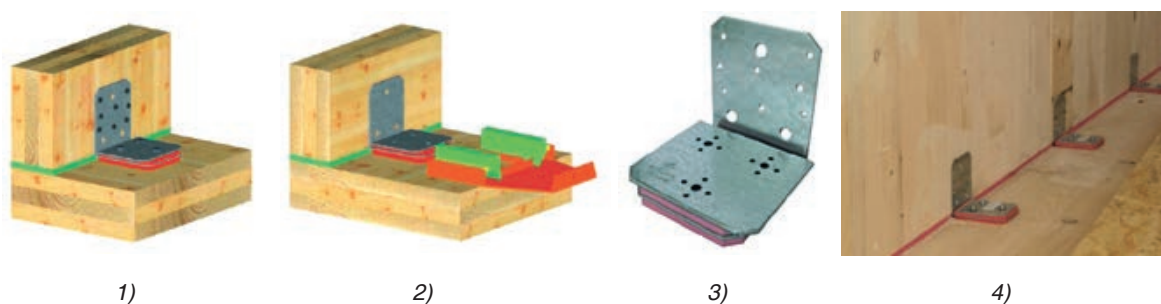
2)



Slika 2-64 Sredstva za pričvršćivanje: **1)** standardni čelični vijak za lamelirane ploče; **2)** anker vijak za spoj konstrukcije za betonsku, armiranobetonsku ili kamenu podlogu [199], [196]



Slika 2-65 Spojna čelična sredstva različitih proizvođača – sidra i priveznice [200]



Slika 2-66 Primjena spojnih sredstava s poliuretanskim podloškom za zaštitu od buke: **1)** kutne spojnice u spoju zida i drvenog stropa; **2)** upotreba specijalnog alata za namještanje kutne spojnice; **3)** detalj kutne spojnice sa zvučnom izolacijom; **4)** primjer ugrađenih kutnih spojnica sa zvučnom izolacijom [200]

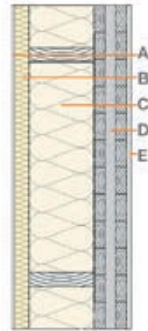
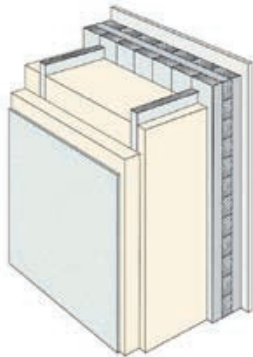
2.5.1.3 Primjeri izvođenja dodatne toplinske izolacije građevnih dijelova

Zbog vrlo strogih zahtjeva po pitanju koeficijenta prolaska topline (U-vrijednosti) potrebno je izvesti dodatnu toplinsku izolaciju na građevnim dijelovima izrađenima od križno lameliranih ploča. Nekoliko mogućih načina dodatne toplinske izolacije, vanjskih zidova, unutarnjih zidova i zidova između dva stana, kosih krovova te ravnih krovova opisano je u daljnjem tekstu (*tablice 2-2 do 2-6*). Kod unutarnjih zidova i zidova između dva stana, osim za smanjenje prolaska topline, obloga od toplinske izolacije i gipskartonskih ploča potrebna je i radi povećanja zvučne izolacijske moći takvih zidova.

Za smanjenje prijenosa zračnog zvuka (buke) mogu se dodatno ugrađivati posebni nosači za smanjenje prijenosa buke s ugrađenim prigušivačima (*slika 2-67*).



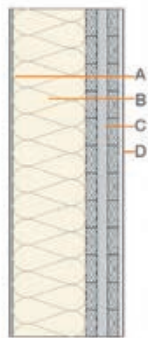
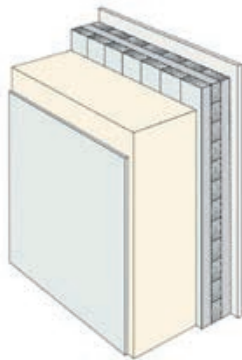
Slika 2-67 Primjena prigušivača oscilacija na nosačima potkonstrukcije obloge od gipskartonskih ploča: **a)** pričvršćenje nosača s prigušivačem; **b)** pričvršćenje CD profila s prigušivačem; **c)** pričvršćenje CD profila za nosač s elastičnim ležajem; **d)** ugradnja gipskartonskih ploča spuštenog stropa [201]



- neventilirani vanjski zid
- bez sloja u kojem je moguće provesti instalacije
- s toplinskom izolacijom od kamene vune
- žbukani tankoslojni žbukom, slično kao ETICS sustav

Sastav zida:

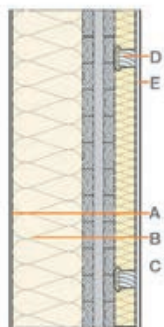
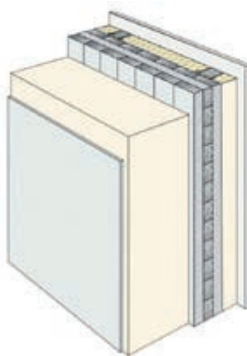
- A – vanjska žbuka
- B – tvrda toplinska izolacija (kamena vuna)
- C – ploče od križno lameliranog drva
- D – gipskartonske ploče



- neventilirani vanjski zid
- uključuje sloj u kojem je moguće provesti instalacije
- s toplinskom izolacijom od kamene vune
- žbukani tankoslojni žbukom, slično kao ETICS sustav

Sastav zida:

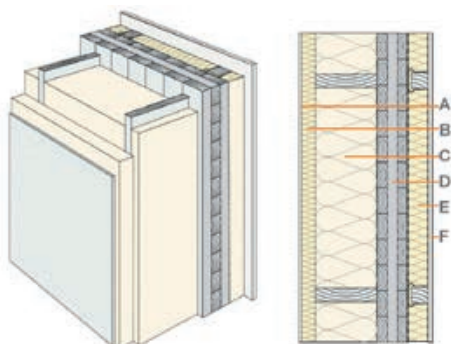
- A – vanjska žbuka
- B – tvrda toplinska izolacija (kamena vuna)
- C – ploče od križno lameliranog drva
- D – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije
- E – gipskartonske ploče
- D – gipskartonske ploče



- neventilirani vanjski zid
- uključuje sloj u kojem je moguće provesti instalacije
- s toplinskom izolacijom od kamene vune
- žbukani tankoslojni žbukom, slično kao ETICS sustav

Sastav zida:

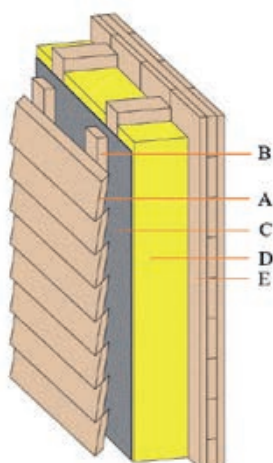
- A – vanjska žbuka
- B – tvrda toplinska izolacija (kamena vuna)
- C – ploče od križno lameliranog drva
- D – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije
- E – gipskartonske ploče



- neventilirani vanjski zid
- uključuje sloj kroz koji je moguće provesti instalacije
- s toplinskom izolacijom od mineralne vune ili drvenih vlakana
- žbukom tankoslojnom žbukom, slično kao ETICS sustav

Sastav zida:

- A – vanjska žbuka
- B – tvrda toplinska izolacija
- C – meka toplinska izolacija
- D – ploče od križno lameliranog drva
- E – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije
- F – gipskartonske ploče

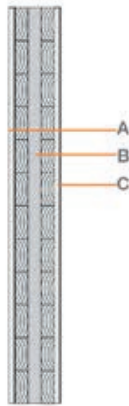
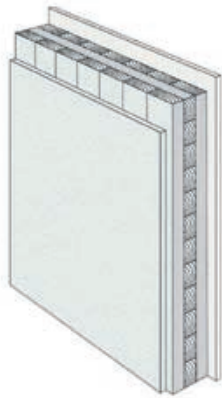


- ventilirani vanjski zid
- s unutarnje strane može se provesti završna obrada pomoću gipskartonskih ploča direktno ili pak s oblogom od sloja mineralne vune kao toplinske izolacije i gipskartonskih ploča
- s toplinskom izolacijom od mineralne vune ili drvenih vlakana
- drvena završna obloga, izvedba može varirati

Sastav zida:

- A – drvena završna obloga
- B – potkonstrukcija završne obloge
- C – paropropusna i vodonepropusna folija
- D – meka toplinska izolacija od mineralne vune ili drvenih vlakana
- E – ploče od križno lameliranog drva

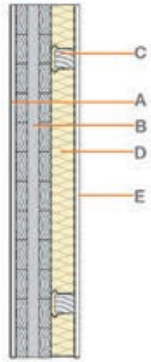
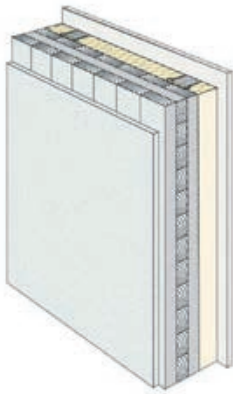
Tablica 2-2 *Moguća izvedba dodatne toplinske izolacije vanjskih zidova izrađenih od ploča križno lameliranog drva [197], [202]*



- neizolirani unutarnji zid
- bez sloja u kojem je moguće provesti instalacije
- obostrano obložen gipskartonskim pločama

Sastav zida:

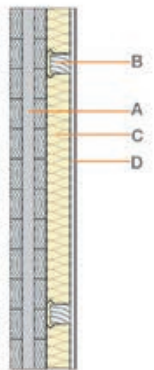
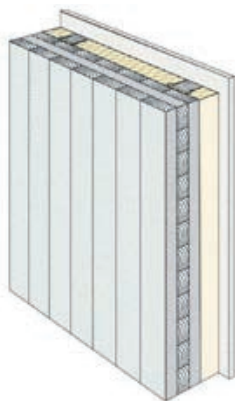
- A – gipskartonske ploče
- B – ploče od križno lameliranog drva
- C – gipskartonske ploče



- izolirani unutarnji zid
- uključuje sloj u kojem je moguće provesti instalacije
- obostrano obložen gipskartonskim pločama

Sastav zida:

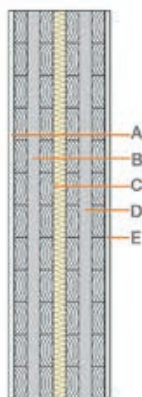
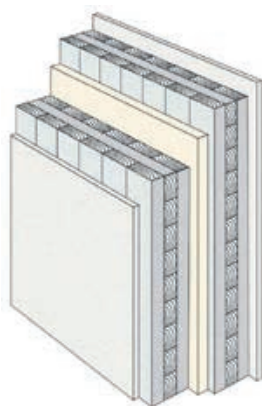
- A – gipskartonske ploče
- B – ploče od križno lameliranog drva
- C – drvena potkonstrukcija
- D – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije
- E – gipskartonske ploče



- izolirani unutarnji zid
- uključuje sloj u kojem je moguće provesti instalacije s posebnim nosačima za smanjenje prijenosa buke (*slika 2-67*)
- jednostrano obložen gipskartonskim pločama, s druge strane vidljivo drvo

Sastav zida:

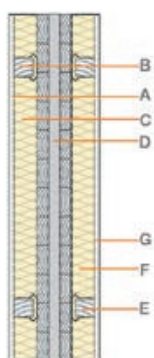
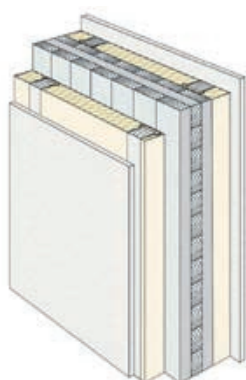
- A – ploče od križno lameliranog drva
- B – drvena potkonstrukcija s posebnim nosačima za smanjenje prijenosa buke
- C – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije
- D – gipskartonske ploče



- zid između dva stana
- bez sloja u kojem je moguće provesti instalacije
- obostrano obložen gipskartonskim pločama

Sastav zida:

- A – gipskartonske ploče
- B – ploče od križno lameliranog drva
- C – izolacija od mineralne vune za zaštitu od buke udara
- D – ploče od križno lameliranog drva
- E – gipskartonske ploče



- zid između dva stana
- obostrano izveden sloj u kojem je moguće provesti instalacije
- obostrano obložen gipskartonskim pločama

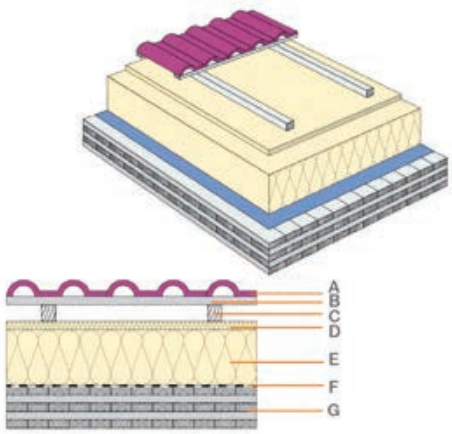
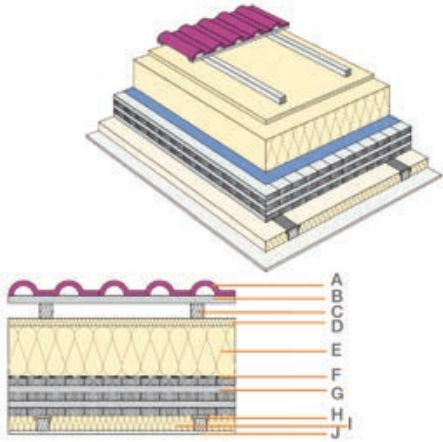
Sastav zida:

- A – gipskartonske ploče
- B – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije
- C – drvena potkonstrukcija s posebnim nosačima za smanjenje prijenosa buke (slika 2-67)
- D – ploče od križno lameliranog drva
- E – drvena potkonstrukcija s posebnim nosačima za smanjenje prijenosa buke
- F – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije
- G – gipskartonske ploče

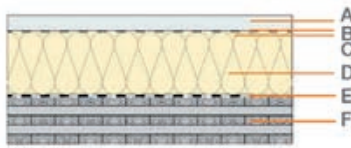
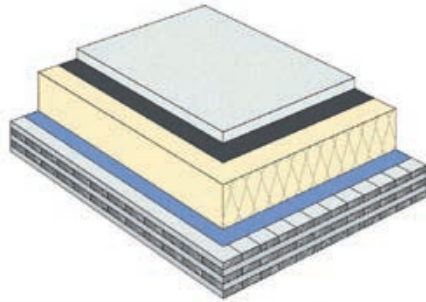
Tablica 2-3 Moguća izvedba dodatne toplinske izolacije unutarnjih zidova i zidova između dva stana izrađenih od ploča križno lameliranog drva [197]

	<ul style="list-style-type: none"> - teški pod između dva stana s cementnim estrihom - bez spuštenog stropa s donje strane - s donje strane vidljive križno lamelirane ploče <p>Sastav poda:</p> <p>A – cementni estrih B – sloj za odvajanje (PE folija) C – izolacija od mineralne vune za zaštitu od buke udara D – suhi nasip za izravnanje E – sloj za odvajanje (PE folija ili geotekstil) F – ploče od križno lameliranog drva</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - lagani pod između dva stana - sa spuštanim stropom s donje strane <p>Sastav poda:</p> <p>A – suhi estrih od gipsvlaknastih ploča B – izolacija od mineralne vune za zaštitu od buke udara C – suhi nasip za izravnanje D – sloj za odvajanje (PE folija ili geotekstil) E – ploče od križno lameliranog drva F – nosači za smanjenje prijenosa buke G – meka izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije (slika 2-67) H – gipskartonske ploče</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - teški pod između dva stana s cementnim estrihom - sa spuštanim stropom s donje strane <p>Sastav poda:</p> <p>A – cementni estrih B – sloj za odvajanje (PE folija) C – izolacija od mineralne vune za zaštitu od buke udara D – suhi nasip za izravnanje E – sloj za odvajanje (PE folija ili geotekstil) F – ploče od križno lameliranog drva G – nosači za smanjenje prijenosa buke H – meka izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije (slika 2-67) I – gipskartonske ploče</p>

Tablica 2-4 Moguća izvedba dodatne toplinske izolacije podova izrađenih od ploča križno lameliranog drva [197]

	<ul style="list-style-type: none"> - ventilirani kosi krov - bez spuštenog stropa s donje strane <p>Sastav krova:</p> <ul style="list-style-type: none"> A – crijep B – letve C – kontraletve D – tvrde ploče toplinske izolacije od mineralne vune ili drvenih vlakana E – tvrde ploče toplinske izolacije od mineralne vune ili drvenih vlakana F – parna brana G – ploče od križno lameliranog drva
	<ul style="list-style-type: none"> - ventilirani kosi krov - sa spuštenim stropom s donje strane <p>Sastav krova:</p> <ul style="list-style-type: none"> A – crijep B – letve C – kontraletve D – tvrde ploče toplinske izolacije od mineralne vune ili drvenih vlakana E – tvrde ploče toplinske izolacije od mineralne vune ili drvenih vlakana F – parna brana G – ploče od križno lameliranog drva H – drvena potkonstrukcija s posebnim nosačima za smanjenje prijenosa buke (slika 2-67) I – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije J – gipskartonske ploče

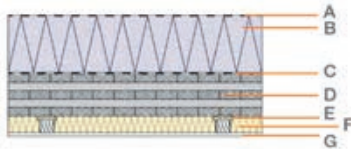
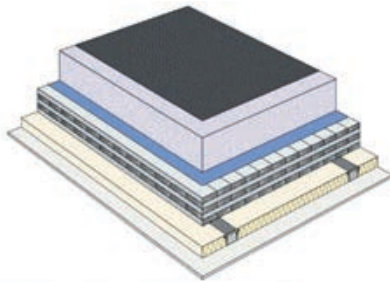
Tablica 2-5 *Moguća izvedba dodatne toplinske izolacije kosih krovova izrađenih od ploča križno lameliranog drva [197]*



- neprohodni ravni krov
- bez spušenog stropa s donje strane

Sastav krova:

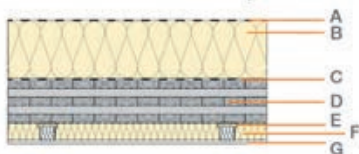
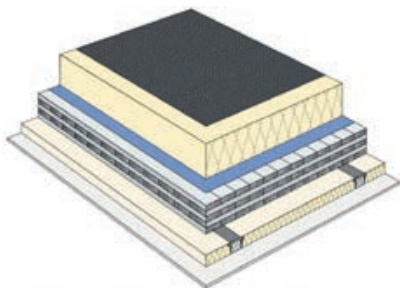
- A – nasip šljunka
- B – geotekstil
- C – hidroizolacija
- D – tvrde ploče toplinske izolacije od mineralne vune
- E – parna brana
- F – ploče od križno lameliranog drva



- neprohodni ravni krov
- sa spušenim stropom s donje strane

Sastav krova:

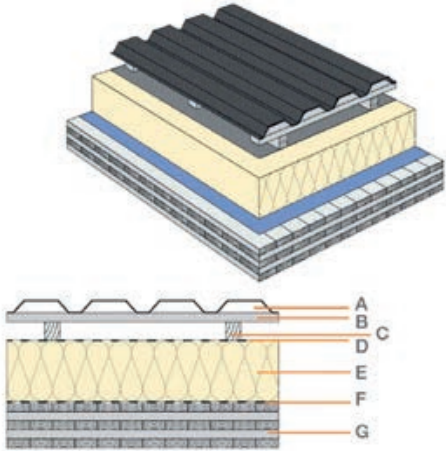
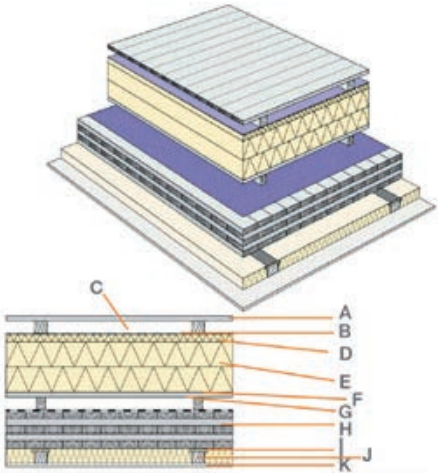
- A – hidroizolacija
- B – toplinska izolacija od ekstrudiranog polistirena (XPS-a)
- C – parna brana
- D – ploče od križno lameliranog drva
- E – drvena potkonstrukcija s posebnim nosačima za smanjenje prijenosa buke (*slika 2-67*)
- F – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije
- G – gipskartonske ploče



- neprohodni ravni krov
- sa spušenim stropom s donje strane

Sastav krova:

- A – hidroizolacija
- B – tvrda toplinska izolacija od drvenih vlakana
- C – parna brana
- D – ploče od križno lameliranog drva
- E – drvena potkonstrukcija s posebnim nosačima za smanjenje prijenosa buke (*slika 2-67*)
- F – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije
- G – gipskartonske ploče

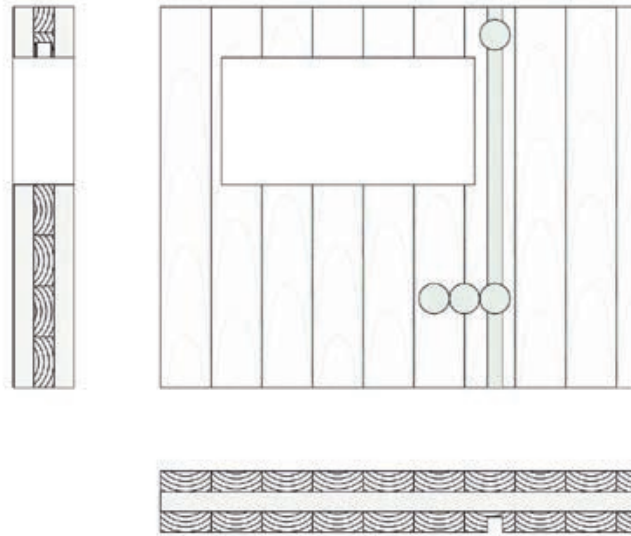
	<ul style="list-style-type: none"> - ventilirani ravni krov s limom - bez spušenog stropa s donje strane <p>Sastav krova:</p> <ul style="list-style-type: none"> A – trapezni lim B – letve C – kontraletve D – paropropusna i vodonepropusna folija E – tvrde ploče od mineralne vune F – parna brana G – ploče od križno lameliranog drva
	<ul style="list-style-type: none"> - zid između dva stana - obostrano izveden sloj u kojem je moguće provesti instalacije - obostrano obložen gipskartonskim pločama <p>Sastav zida:</p> <ul style="list-style-type: none"> A – gipskartonske ploče B – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije C – drvena potkonstrukcija s posebnim nosačima za smanjenje prijenosa buke (slika 2-67) D – ploče od križno lameliranog drva E – drvena potkonstrukcija s posebnim nosačima za smanjenje prijenosa buke F – meka toplinska izolacija od mineralne vune između nosača potkonstrukcije G – gipskartonske ploče

Tablica 2-6 Moguća izvedba dodatne toplinske izolacije ravnih krovova izrađenih od ploča križno lameliranog drva [197]

2.5.1.4 Kanali za instalacije

Kanale za vođenje instalacija potrebno je izbjegavati, ako je to moguće, i izvesti ih s unutarnje strane u sloju izolacije (obloga gipskartonskim pločama). Ako to nije moguće, preporučuje se kanale za instalacije urezati u križno lamelirane ploče, i to tako da to ne utječe na njihovu nosivost.

Obično se urezivanje kanala za instalacije izvodi tako što se kanal urezuje u smjeru vlakana križno lameliranih ploča, i to u dubini od maksimalno 4/5 jedne lamele (slika 2-68). Horizontalno urezivanje (okomito na smjer vlakana) moguće je do određene mjere, uz konzultacije s građevinskim inženjerom, ali ga je općenito potrebno izbjegavati.



Slika 2-68 Prikaz načina urezivanja kanala za instalacije u križno lamelirane ploče s minimalnim utjecajem na nosivost ploče [197]

Kod stropnih je ploča urezivanje instalacijskih kanala redovito moguće izbjeći s obzirom na to da se instalacije gotovo uvijek mogu provesti kroz slojeve poda. U slučaju vidljivih površina zidova, kanale je moguće urezati s vanjske strane križno lamelirane ploče i zatim pomoću prodora dovesti instalaciju na unutarnju stranu zida.

Općenito, u slučaju bilo kakvog urezivanja ili prodora, potrebno je paziti da se naruši zrakonepropusnost vanjske ovojnice zgrade, a ako je ona narušena, potrebno je na odgovarajući način izvesti brtvljenje kako ne bi došlo do pojave građevinske štete.

Tablica 2-7 sadrži primjere ugradnje instalacija u sustave s križno lameliranim pločama, i to tako da se kanale urezuje, a instalacije ugrađuje ispod obloge od gipskartonskih ploča, provodi u slojevima poda ili pak vidljivo s unutarnje strane.



Urezivanje rupe za razvodnu kutiju



Primjer urezanog kanala za instalacije



Ugradnja bužira u urezane kanale za instalacije



Ugradnja zrakonepropusne razvodne kutije u oblogu od gipskartonskih ploča



Ugradnja zrakonepropusne razvodne kutije



Maska prekidača i utičnice



Prodor električnih instalacija kroz stropnu ploču, razvod s gornje strane u slojevima poda



Postavljanje vidljivih instalacija s unutarnje strane



Postavljanje instalacija u slojeve poda



Primjer urezane niše za dovod cijevi radijatora



Ugradnja specijalnog fazonskog komada za priključenje radijatora (gornje cijevi) i dovod te odvod dvocijevnog sustava grijanja u slojevima poda (donje cijevi)



Oblaganje niše s ugrađenim cijevima radijatora pomoću gipskartonskih ploča



Primjer ugradnje priključka dovoda vode i odvoda za perilicu



Obloga priključka za perilicu korištenjem vodootpornih gipskartonskih ploča

Tablica 2-7 Primjer ugradnje instalacija u sustave s križno lameliranim pločama [203], [204], [205]

2.5.1.5 Prijevoz križno lameliranih drvenih ploča

U prijevozu križno lameliranih ploča potrebno je pridržavati se određenih pravila tijekom podizanja ploča, kao i prilikom njihova transporta do gradilišta te skladištenja na gradilištu.

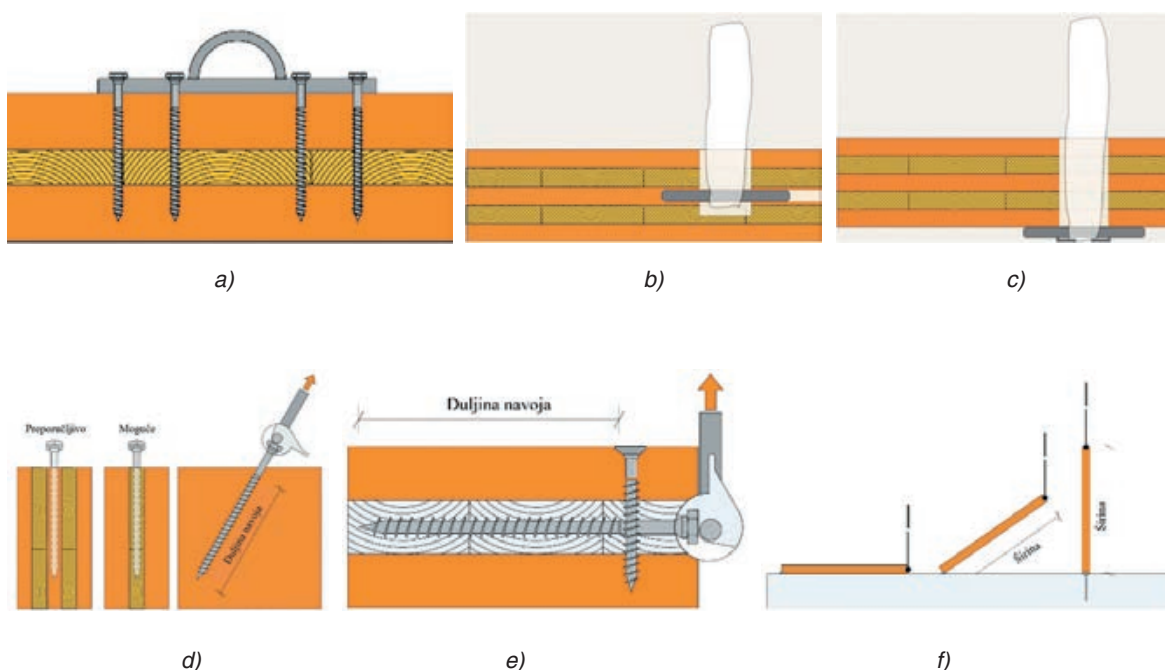
Najprije je potrebno odrediti vrstu i nosivost kamiona i opreme koja će se koristiti za podizanje ploča temeljem njihove veličine, kao i pozicioniranja dizalice i kamiona u odnosu na mjesto postavljanja drvenih elemenata (po visini i daljini postavljanja).

Prilikom samog uspravljanja i podizanja, točke i način pričvršćenja potrebno je odrediti u suradnji s nadležnim građevinskim inženjerom (*slika 2-69*).

Budući da je drvo higroskopi materijal (može upijati vlagu i vodu), drvene elemente potrebno je zaštititi od vode i vlage tijekom transporta, skladištenja i same montaže (*tablica 2-8*). S obzirom na to da se prilikom promjene vlažnosti drvo prirodno skuplja ili bubri, drveni se elementi mogu izviti, a drvene ploče popucati ako su bili nezaštićeni ili nepravilno uskladišteni.

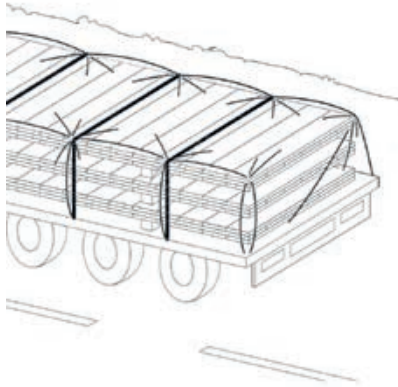
Zbog toga obavezno treba izbjegavati velike promjene vlažnosti ili ulaska vode u elemente od križno lameliranog drva.

Najčešće se problem nagle promjene vlažnosti drva javlja u slučajevima kada se drvena zgrada useli i počne period grijanja, pri čemu dolazi do dodatnog sušenja drvenih elemenata, kao i sušenja ugrađene vlage u betonske građevne dijelove zgrade (estrihe itd). Pri tome može doći do pucanja drvenih elemenata zbog njihova skupljanja, osobito na sljubnicama pojedinih lamela.

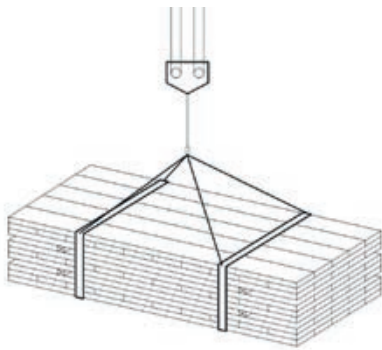


Slika 2-69 Prikaz pričvršćenja užadi za prijenos križno lameliranih ploča:

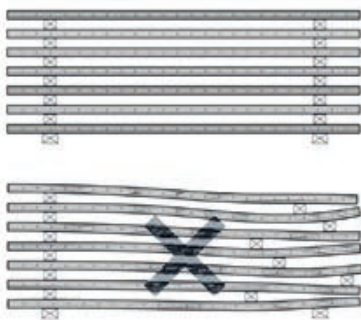
- a)** čelična petlja za stropne ploče, **b)** čelično uže te rupa kroz dio ploče; **c)** čelično uže te rupa kroz cijelu ploču;
d) vijak pod nagibom u lameli za podizanje zidnih ploča; **e)** pričvršćenje za uspravljanje;
f) shematski prikaz uspravljanja i podizanja vertikalnih ploča [197]



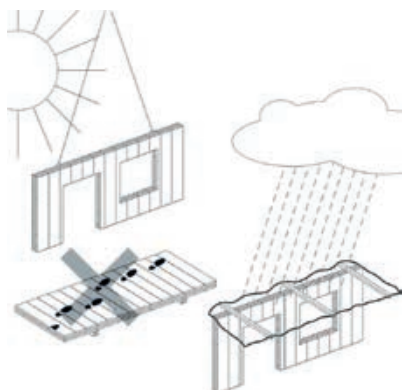
- Sekvenca utovara mora biti unaprijed isplanirana.
- Drvene ploče moraju biti zaštićene od vlage i atmosferilija tijekom transporta.
- Ako će se drvene ploče privremeno skladištiti na gradilištu, potrebno je osigurati da podloga bude dovoljne nosivosti i suha.



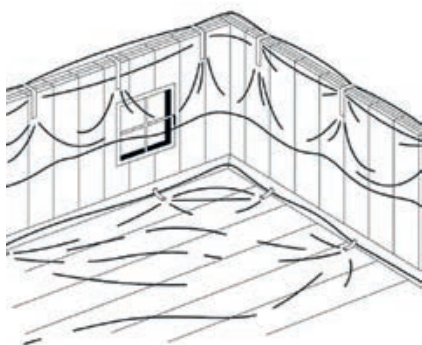
- Paziti na sigurnost i zdravlje radnika pri podizanju i gradilišnom transportu drvenih ploča.
- Koristiti dizalice koje imaju dovoljnu nosivost s obzirom na težinu elemenata koji će se transportirati, ali i duljinu kraka (mjesto na koje će se transportirati).
- Na odgovarajući način pričvrstiti drvene elemente prije početka gradilišnog transporta.



- Prilikom privremenog skladištenja na gradilištu za odvajanje elemenata koristiti drvene kladice.
- Ako je skladištenje horizontalno, postaviti kladice jednu iznad druge.
- Ako je skladištenje vertikalno, neka bude pod odgovarajućim kutom naslonjeno na čvrstu konstrukciju, a paneli međusobno odvojeni drvenim kladicama.
- Zaštititi drvene elemente od kiše, prskanja i kapilarne vlage tako da se ploče skladište na suhu podlogu, dovoljno uzdignuto od same podloge, i prekriju odgovarajućim ceradama na način da ne dođe do kondenzacije vlage.
- Ako se predviđa dulje skladištenje, potrebno je postaviti više kladica kako bi se spriječilo izvijanje drvenih elemenata.



- Montaža mora biti izvedena prema prethodno izrađenim uputama za montažu.
- Drvene elemente prilikom montaže treba zaštititi od upijanja vlage tako da ih se prekriva odgovarajućim ceradama do trenutka izvedbe konačne zaštite zgrade od atmosferilija.
- Cilj je izbjeći zaprljanje drvenih elemenata, pa ih je potrebno prekriti bude li se po njima hodalo.



- Pokrivanjem će se spriječiti neželjeno vlaženje izloženih površina (slike 2-70 do 2-72).
- Nakon zatvaranja vanjske ovojnice zgrade potrebno je osigurati dovoljnu ventilaciju prostora kako bi se spriječila diskoloracija drva zbog apsorpcije vlage nastale sušenjem estriha, žbuka itd.
- Ako se drveni elementi ipak namoče, treba ih sušiti sporo kako se ne bi izvitoperili i/ili popucali.



- Izmjene nastale na gradilištu kao što su kanali za instalacije (1), proboji (2) te dodatno neplanirano opterećenje (3) svakako treba izbjegavati.
- Ako se ipak pokaže potreba za izmjenama poput šliceva, prodora ili dodatnog opterećenja, potrebno je razgovarati s nadležnim građevinskim inženjerom.

Tablica 2-8 Savjeti za postupanje s križno lameliranim pločama [197]



Slika 2-70 Primjeri zaštite pojedinačnih drvenih panela, odnosno zaštite cjelokupne drvene kuće tijekom gradnje [206]



Slika 2-71 Primjeri nezaštićenih drvenih konstrukcija tijekom gradnje

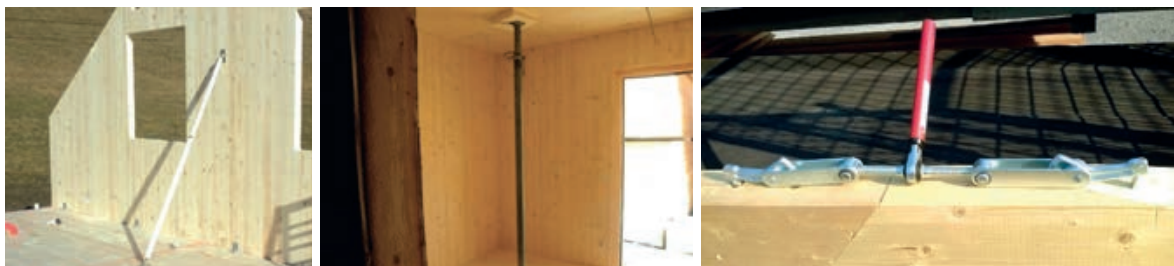


Slika 2-72 Primjer zaštite drvenih panela tijekom prijevoza [106]

2.5.1.6 Montaža križno lameliranih ploča

Montaža križno lameliranih ploča, kao i svaka druga montaža, zahtijeva upotrebu posebnih alata i pomagala, koji se dijele u dvije osnovne skupine:

- alati i pomagala za pozicioniranje i fiksiranje (*slika 2-73*)
- alati i pomagala za postizanje situacije za montažu i/ili fiksiranje potrebnih drvenih elemenata (*slika 2-74*)



Slika 2-73 Pomagala za pozicioniranje i fiksiranje, podupirači, zatezači [203], [207]



Slika 2-74 Pomagala za postizanje situacije za montažu i/ili fiksiranje, ljestve, skela, platforma [203]

Kako je već opisano u *poglavlju 2.5.1.2*, za pričvršćenje je moguće koristiti širok spektar različitih spojnica i ankera, ovisno o projektu konstrukcije, odnosno o tome koje unutarnje sile spoj mora biti sposoban prenijeti (moment savijanja, vlak, tlak ili posmik).

Dodatni proizvodi koji se koriste pri montaži su elastične brtve za smanjenje zrakopropusnosti sljubnice, odnosno elastomerni ležajevi za smanjenje prijenosa buke (*slika 2-75*).



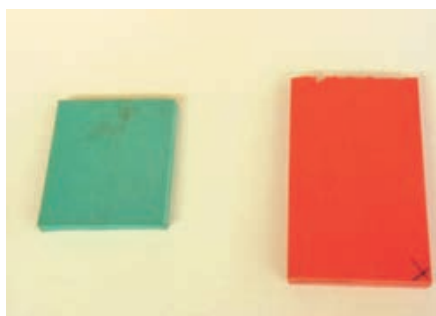
Široka jednostrano ljepljiva elastična brtvena traka



Uska jednostrano ljepljiva elastična brtvena traka



Primjer upotrebe elastomernog ležaja za sprečavanje prijenosa udarne buke



Elastomerni ležajevi za sprečavanje prijenosa udarne buke

Slika 2-75 Primjeri elastičnih brtvi i elastomernih ležajeva [203]

Pripremni radovi na gradilištu prije samog početka montaže uključuju sljedeća 4 koraka:

pozicije zidova na podlozi (betonskoj ploči)

- nacрте je potrebno prenijeti na betonsku podlogu s milimetarskom točnošću. Također, jako je važno mjerenjem dijagonala provjeriti jesu li preneseni i iscrtani pravi kutovi. Ovo je ključan korak; s obzirom na to da su elementi izrađeni u tvornici, greška u iscrtavanju stvorit će nepotrebne probleme tijekom same montaže (slika 2-76 a).

Postavljanje (ankeriranje) pričvrsnica

- pričvrsnice se postavljaju na svakih 100 do 150 cm, ali je točan raspored određen u projektima. Mora se paziti na to da se pričvrsnice ne postave na mjesto gdje će biti vrata. Tijekom montaže ove će pričvrsnice biti vrlo korisne i olakšat postavljanje zidnih ploča (slika 2-76 b).

Postavljanje hidroizolacije ispod zidova

- ako zgrada ima podrum, dovoljno je nanijeti hidroizolaciju samo ispod zidova nakon postavljanja pričvrsnica (slika 2-76 c). Ako, pak, zgrada nema podrum, hidroizolaciju se preporučuje postaviti po cijeloj površini betonske ploče, i to prije postavljanja pričvrsnica. Nakon ankeriranja pričvrsnica potrebno je na prikladan način zabrtviti hidroizolaciju kako ne bi došlo do curenja na mjestu prolaska ankera (slika 2-76 d).

Ravnjanje podloge, prilagođavanje visine

- na mjestu svake pričvrsnice potrebno je provjeriti visinu odgovarajućim instrumentima. Svako odstupanje ili neravnine treba zagladiti, što se najčešće radi s podložnim mortom (slika 2-76 e).



a)



b)



c)



d)



e)

Slika 2-76 Prikaz pripremnih radova na gradilištu uoči montaže [203], [208], [186]



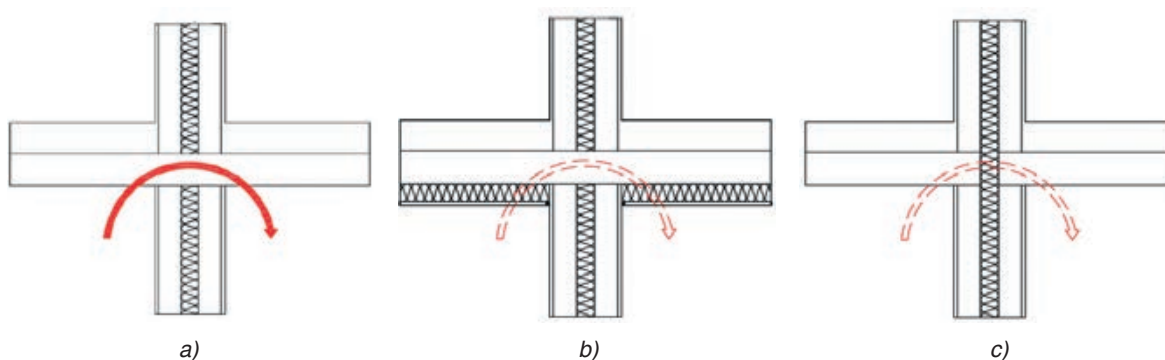
Slika 2-77 Prikaz završenih pripremnih radova neposredno prije početka montaže [209]

Nakon obavljenih pripremnih radova na gradilištu (*slika 2-77*) može se započeti s montažom. Dizanje i prijenos elemenata križno lameliranih ploča mogu se izvesti brže ako su elementi za prijenos ugrađeni u tvornici.

U slučaju dobro isplaniranog procesa montaže, te odgovarajuće obrazovanih i uigranih radnika, moguće je obaviti četiri do šest operacija dizanja u sat vremena.

2.5.1.7 Greške u gradnji s križno lameliranim pločama – prijenos buke

Pri izvođenju kontinuirane stropne ploče prisutan je problem prijenosa zvuka, odnosno buke u susjedne prostorije (*slika 2-78 a*). Smanjenje buke postiže se ako se s donje strane stropa izvede spuštene strop (*slika 2-78 b*), a najbolja je situacija ako se između dva prostora napravi prekid tzv. zvučnog mosta (*slika 2-78 c*).

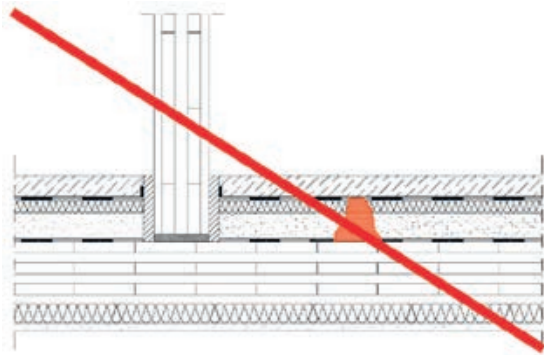


Slika 2-78 Shematski prikaz prijenosa buke između dva prostora preko stropne ploče [210]

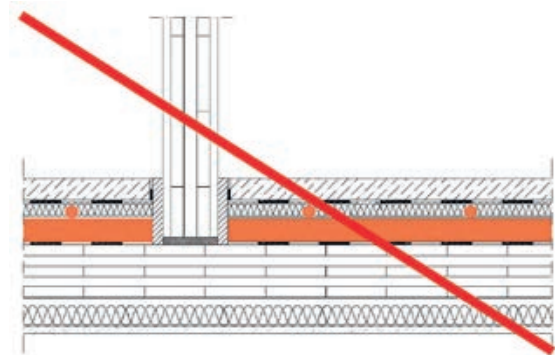
Loše izvedena PE folija ispod sloja cementnog estriha, koja dopušta ulazak cementnog mlijeka u sloj izolacije, može stvoriti zvučni most te smanjiti zvučnu izolacijsku moć i do 15 dB (*slika 2-79*).

Prodor cijevi instalacija kroz strop, dodir cijevi i estriha ili nosive konstrukcije i samo njihovo križanje bez razdvajanja doprinosi prolasku zvuka (buke), odnosno smanjenju zvučne izolacijske moći i do 4 dB (*slika 2-80*).

Uz poštovanje navedenih primjera loše prakse pri rješavanju detalja, općenito se može reći da će se smanjenje prijenosa udarnog zvuka postići izvedbom tzv. plivajućeg poda, pri čemu je potrebno koristiti izolacijski materijal (elastificirani EPS ili mineralnu vunu) što manje dinamičke krutosti.



Slika 2-79 Shematski prikaz pojave zvučnog mosta u slučaju loše izvedene PE folije [210]



Slika 2-80 Shematski prikaz križanja cijevi u slojevima poda bez adekvatnog razdvajanja [210]

2.5.2 Elementi od drvene masivne konstrukcije

Drvena masivna stijena (*slika 2-81*) predstavlja osnovni građevinski element. Sastavljena je, odnosno lijepljena od ohoblanih lamela od smreke, debljine 40 mm. Drvo je tehnički suho, vlažnosti u rasponu od 8 do 11 %. Lamele se sljepljuju u stijenski element odgovarajućih dužina i visina. Unutarnja je strana zida završno obrušena i finalno obrađena.

Donje lamele kod zidnih elemenata, koji se postavljaju na betonsku temeljnu ploču, izvode se od drva veće čvrstoće, gustoće i otpornosti te se dodatno zaštićuju hidroizolacijom na način analogan opisanome u *poglavljju 2.5.1.6*. U zidovima se rade rupe za elektroinstalacije (analogno načinu opisanom u *poglavljju 2.5.1.4*) i otvori za građevinsku stolariju.

Zidovi većih dimenzija, radi bolje stabilnosti i veće mehaničke otpornosti, dodatno se pojačavaju ojačanjima, koja su integrirana u izolacijski sloj i stoga su nevidljiva.

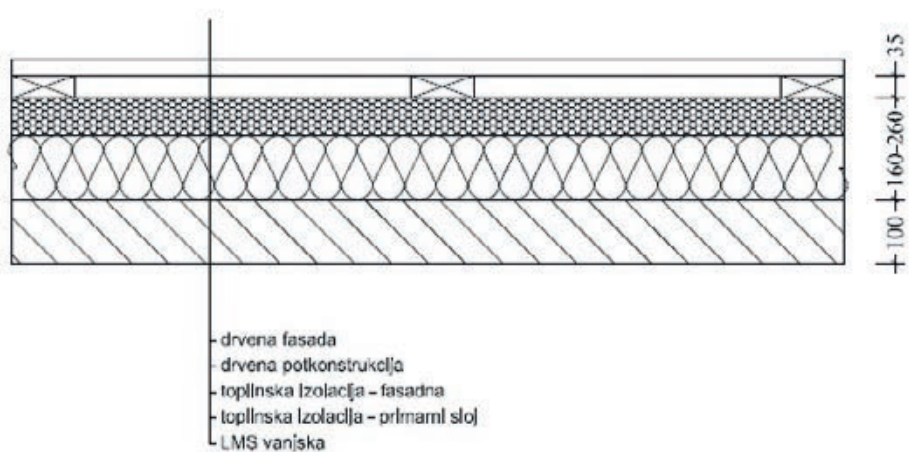
Općenito se može reći da je izvedba drvenih zgrada pomoću masivnih elemenata analogna izvedbi drvenih zgrada s križno lameliranim pločama, te se stoga svi postupci od proizvodnje, ugradnje instalacija, zaštite od buke, transporta i podizanja te, u konačnici, do montaže mogu izvesti na način kako je opisano

u poglavlju 2.5.1. Slika 2-81 prikazuje presjek tipičnog ugla izvedenog korištenjem masivne drvene konstrukcije.

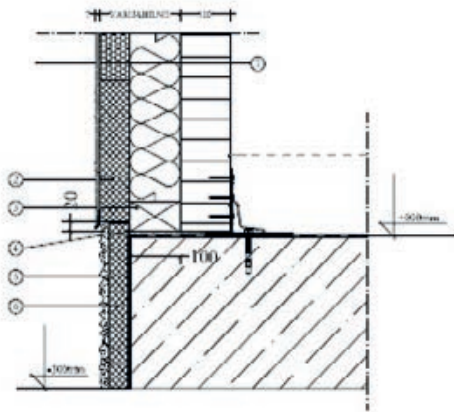
Zbog strogih zahtjeva u pogledu uštede energije, na vanjsku stranu zida postavlja se izolacija i ventilirana ili žbukana fasada (slike 2-82 do 2-84).



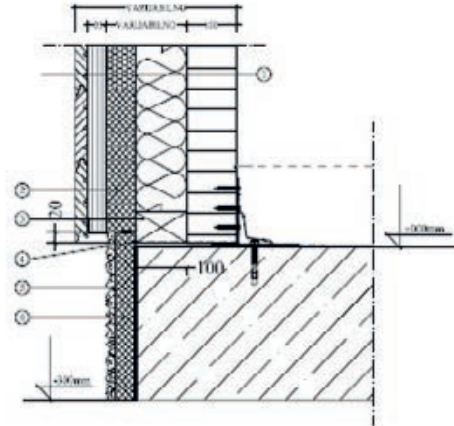
Slika 2-81 Drvena masivna konstrukcija [211]



Slika 2-82 Presjek drvenog masivnog vanjskog zida [211]



Slika 2-83 Drveni masivni zid, žbukana fasada [211]



Slika 2-84 Drveni masivni zid, drvena ventilirana fasada [211]

LEGENDA:

- 1) MS vanjska, 100mm • 2) Vodootporna izolacija • 3) Ojačanje, 100/60 mm
 4) Bitumenska folija • 5) HI temeljne ploče • 6) Izolacija temeljne ploče

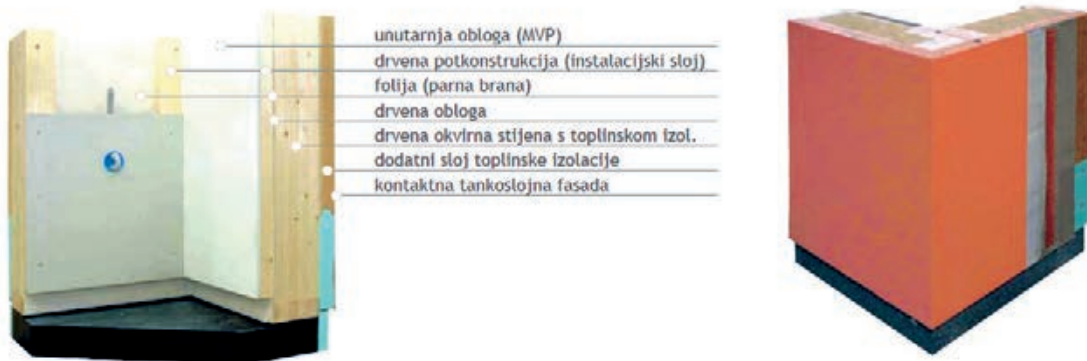
2.5.3 Drvena okvirna konstrukcija

Vanjski okvirni zid (*slika 2-85*) je veliki plošni element napravljen od okvirne drvene konstrukcije, ispunjene različitim izolacijskim materijalima. To mogu biti ploče od drvenih vlakana, kamene vune, EPS-a i sl. Mogu se koristiti i meke izolacije, kao što su staklena i druge vune te celulozne pahuljice. Najčešće se koriste mekane izolacije od mineralne vune radi zaštite od požara same konstrukcije.

S unutarnje strane okvirna je konstrukcija zatvorena lijepljenom pločom i parnom branom, koja sprečava prodor vlage u konstrukciju. Na nju je pričvršćena vertikalna drvena potkonstrukcija – instalacijska ravnina, prekrivena različitim tipovima obloge, kao što su gipsvlaknaste, gipskartonske, OSB i drvene lijepljene ploče.

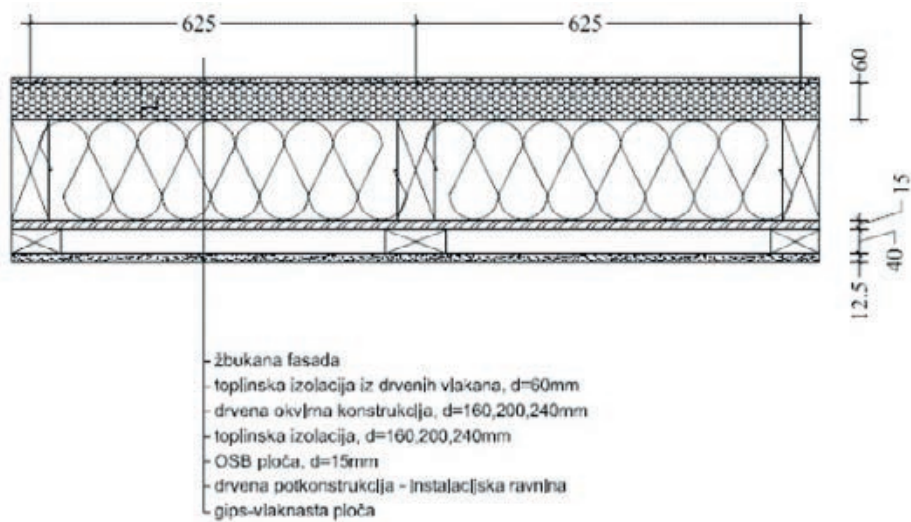
Na vanjsku stranu drvenog okvira pričvršćen je završni izolacijski sloj od tvrdih ploča od drvenih vlakana, EPS-a ili mineralne vune, spojenih s perom i utorom, debljine 20 do 60 mm (debljina varira ovisno o tipu fasade i potrebnoj razini toplinske zaštite). Ako je vanjska obloga izvedena u obliku ETICS sustava, on se izvodi na potpuno analogan način kao kod betonskih ili zidanih podloga.

S druge strane, ako je vanjska obloga izvedena kao ventilirana fasada, na ploče toplinske izolacije s vanjske je strane potrebno izvesti još i paropropusnu, odnosno vodonepropusnu foliju kao zaštitu od atmosfere, nosivu potkonstrukciju i, na kraju, završnu oblogu od drveta ili nekog drugog prikladnog materijala.

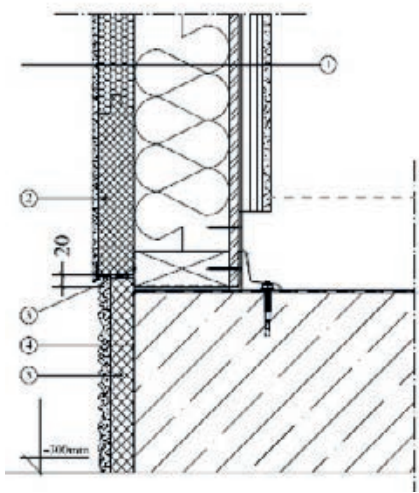


Slika 2-85 Drvena okvirna konstrukcija [211]

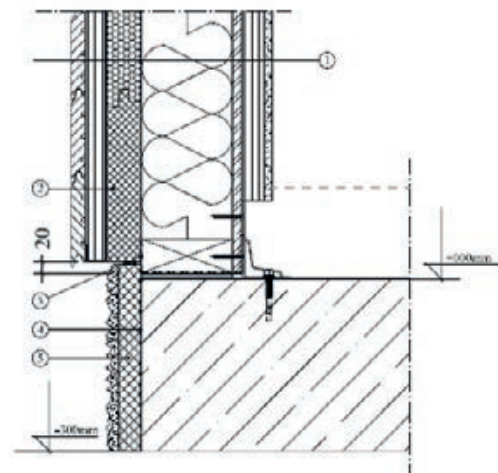
Slika 2-86 prikazuje presjek tipičnog ugla izvedenog korištenjem drvene okvirne konstrukcije.



Slika 2-86 Presjek zida od drvene okvirne konstrukcije [211]



Slika 2-87 Drveni okvirni zid, žbukana fasada [211]



Slika 2-88 Drveni okvirni zid, drvena ventilirana fasada [211]

LEGENDA:

- 1) Gipsvlaknasta ploča - Instalacijska ravnina 40 mm, OSB ploča, $d=15\text{mm}$, Drvena okvirna konstrukcija, $d=160, 200, 240\text{ mm}$, TI, izolacija unutar konstrukcije, TI na konstrukciji, Fasada
- 2) Vodootporna izolacija; 3) Bitumenska folija; 4) HI temeljne ploče; 5) Izolacija temeljne ploče

Općenito se može reći da je izvedba drvenih zgrada pomoću okvirnih konstrukcija analogna izvedbi drvenih zgrada s križno lameliranim pločama, te se stoga svi postupci od proizvodnje, preko ugradnje instalacija, zaštite od buke, do transporta, podizanja i u konačnici montaže mogu izvesti na način sličan onome kako je opisano u poglavlju 2.5.1.

Razlika je to što se tijekom proizvodnje ovakvih elemenata u tvornici oni pune toplinskom izolacijom, pa je potrebna znatno manja debljina izolacije izvedene naknadno, nakon montaže, da bi se postigla ista toplinska svojstva.

Slike 2-86 do 2-88 prikazuju tipične presjeke zidova izvedenih s montažnom okvirnom konstrukcijom, pri čemu je moguće izvesti dodatnu toplinsku izolaciju s vanjske strane u obliku ETICS sustava ili sustava ventilirane fasade.

Ovakva gradnja drvom pomoću okvirnih konstrukcija vrlo je popularna u energetskej obnovi zgrada. Njezina je prednost što su paneli izuzetno lagani, pa ih je moguće ugraditi na postojeće zgrade bez bojazni da će doći do problema preopterećenja, iako ovlaštteni građevinski inženjeri trebaju provjeriti statiku zgrade.

Druga prednost ovakvih sustava u energetskej obnovi zgrada je što se nakon detaljne izmjere na terenu svi elementi mogu izraditi u tvornici (slika 2-89) te takvi, predgotovljeni vrlo brzo montirati na lokaciji, čime se minimalno utječe na stanare zgrade koja se obnavlja (slika 2-90).



Slika 2-89 Primjer proizvodnje drvenih okvirnih panela u tvornici [212], [213]



Slika 2-90 Primjer montaže predgotovljenih drvenih panela prilikom energetske obnove postojeće zgrade u Austriji [214]

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR**

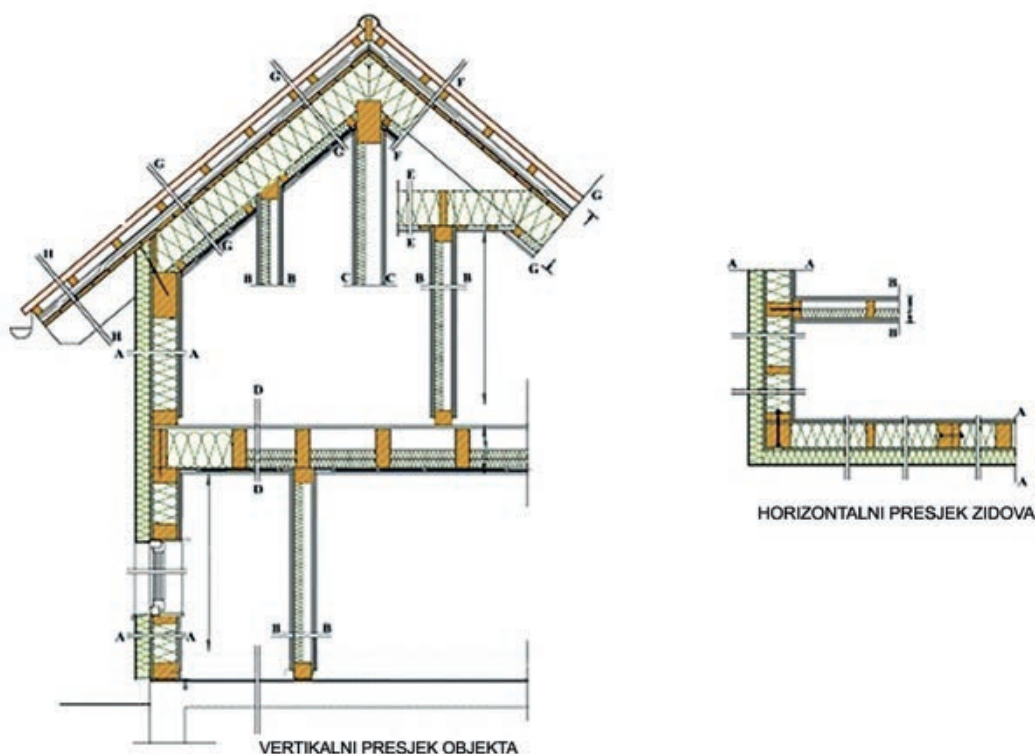


IZOLACIJA ZGRADE

3 IZOLACIJA ZGRADE

Drvene zgrade, kao i sve druge, moraju imati kvalitetno izvedenu hidroizolaciju, toplinsku i zvučnu izolaciju, a usto posebnu pozornost treba posvetiti zaštiti od požara. Dobra i kvalitetna toplinska izolacija pojedinih građevnih dijelova zgrade i elemenata njezine vanjske ovojnice najbolji su način smanjenja gubitaka topline. Kada se izvodi toplinska izolacija neprozirnih građevnih dijelova zgrada, obično su problematična mjesta tzv. najslabije točke na kojima se gubi toplina: rubovi, kutovi, spojevi i mjesta prodora. Na takvim mjestima, osim povećanih gubitaka topline, može doći i do pojave građevinske štete, pa im se mora posvetiti posebna pozornost. Zato je važno osigurati optimalno i kvalitetno izvođenje izolacije ovakvih građevnih dijelova, kako ne bi došlo do nastanka toplinskih mostova, odnosno kako bi se osigurala zrakonepropusnost vanjske ovojnice zgrade.

Toplinske mostove teško je u potpunosti izbjeći, ali zato moramo nastojati da se gubitak topline svede na najmanju moguću mjeru. S druge strane, ostvarenje propisane ili projektom određene zrakonepropusnosti vanjske ovojnice zgrade stvar je kvalitetnog rješavanja detalja, pri čemu se ne smiju zanemariti ni najsitniji propusti. *Slika 3-1* prikazuje presjeke tipične drvene kuće sagrađene sustavom okvirne konstrukcije, pri čemu je istaknuto samo jedno od mogućih rješenja rasporeda slojeva i korištenja materijala (*tablica 3-1*). U daljnjem tekstu detaljnije se objašnjava problematika toplinske izolacije i zrakonepropusnosti ovih građevnih dijelova.



Slika 3-1 Vertikalni i horizontalni presjek drvene kuće [215]

SLOJEVI PREMA PRESJECIMA		
Presjek A-A	Presjek B-B,C-C	Presjek D-D
<ul style="list-style-type: none"> - Gipskartonska ploča - OSB ploča - Parna brana - Drvena nosiva konstrukcija s toplinskom izolacijom - Kišna brana - OSB ploča - Kamena vuna - PVC mrežica i ljepilo - Završni sloj fasade 	<ul style="list-style-type: none"> - Gipskartonska ploča - OSB ploča ili gipskartonska ploča - Drvena nosiva konstrukcija s toplinskom izolacijom - Zračni prostor - OSB ploča ili gipskartonska ploča - Gipskartonska ploča 	<ul style="list-style-type: none"> - Vodootporna ploča - Stropne grede - Toplinska izolacija - Parna brana - Drvene ploče/daske - Gipskartonske ploče
Presjek E-E	Presjek F-F	Presjek G-G
<ul style="list-style-type: none"> - Stropne grede - Toplinska izolacija - Parna brana - Drvene ploče/daske - Gipskartonske ploče 	<ul style="list-style-type: none"> - Krovni pokrov - Krovne letve - Krovne kontraletve - Kišna brana - Daščana oplata - Rogovi 	<ul style="list-style-type: none"> - Krovni pokrov - Krovne letve - Krovne kontraletve - Kišna brana - Daščana oplata - Rogovi - Toplinska izolacija između rogova - Potkonstrukcija s toplinskom izolacijom - Parna brana - Gipskartonske ploče

Tablica 3-1 Primjer mogućeg izvođenja slojeva drvene kuće s gornje slike (slika 3-1)

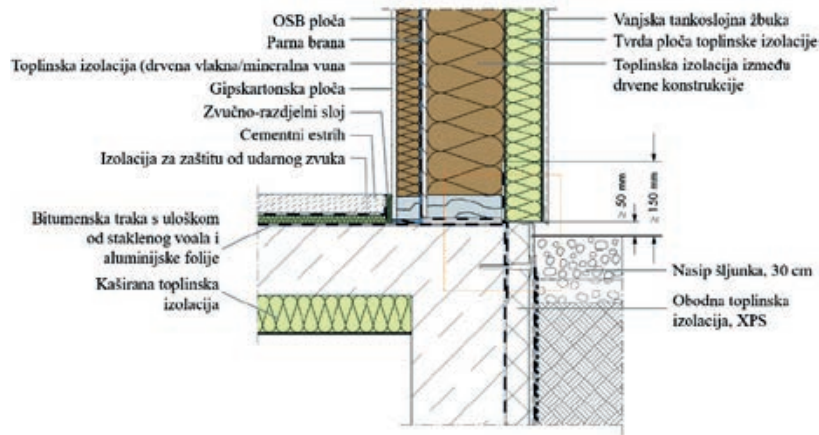
3.1 IZOLACIJA TEMELJA I PODOVA

Jedno od kritičnih područja gubitka topline su mjesta spajanja vanjskih zidova s temeljnom pločom ili pak stropnom pločom podruma. Potrebno je naglasiti da je kod gradnje energetski učinkovitih zgrada potrebno postaviti toplinsku izolaciju ispod armiranobetonske podne ploče te oko temelja (ako zgrada nema podruma) ili, pak, izolirati strop podruma s donje strane, kao i podrumski zid s vanjske strane (ako zgrada ima podrum). Često se događa da, iako je pod prema podrumu izoliran, postoji prekid u "izolacijskoj barijeri" na mjestu spoja vanjskog zida i temelja, gdje se onda formira toplinski most. Ovaj problem može se riješiti postavljanjem dodatnog izolacijskog sloja ispod baze zida, što treba isplanirati još u fazi projektiranja.

Jedno od mogućih rješenja spoja vanjskog zida i poda na tlu, odnosno poda iznad negrijanog podruma izneseno je u donjem tekstu (*tablica 3-2*), gdje je opisan optimalno riješen toplinski most te prikazano kako izvesti zrakonepropusan spoj stropa negrijanog podruma pomoću ljepljivih i brtvenih traka s parnom branom vanjskog drvenog zida na koji je izvedena dodatna toplinska izolacija s vanjske strane u obliku ETICS sustava.

Toplinska izolacija dijelova građevine u dodiru s tlom naziva se perimetarna izolacija. Pri izvedbi toplinsko-izolacijski materijal se postavlja na vanjskoj strani tog dijela građevine (npr. zid podruma).

	<ul style="list-style-type: none"> - Detalj spoja s podom na tlu - Podnožje izvedeno u ravni s fasadom
	<ul style="list-style-type: none"> - Detalj spoja sa stropom i zidom podruma - Podnožje izvedeno u ravni s fasadom - prije početka gradilišnog transporta
	<ul style="list-style-type: none"> - Uvećani detalj izvođenja preklopa vertikalne i horizontalne hidroizolacije te parne brane (<i>slike 3-2 i 3-3</i>) - Podnožje izvedeno u ravni s fasadom



- Detalj spoja sa stropom i zidom podruma
- Podnožje izvedeno uvučeno u odnosu na fasadu



- Uvećani detalj izvođenja preklopa vertikalne i horizontalne hidroizolacije te parne brane (slika 3-3)
- Podnožje izvedeno uvučeno u odnosu na fasadu

Tablica 3-2 Primjer mogućeg rješenja spoja drvenog zida (okvirna konstrukcija) i poda na tlu (stropa negrijanog podruma) [216]



Slika 3-2 Prikaz hidroizolacije podnožja zgrade od masivne drvene stijene prije izvedbe ETICS fasadnog sustava [217]

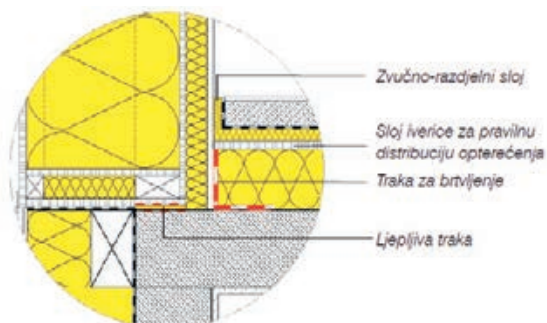


Slika 3-3 Prikaz napuštanja hidroizolacije ispod drvenog zida zbog izvođenja preklopa [218], [210]

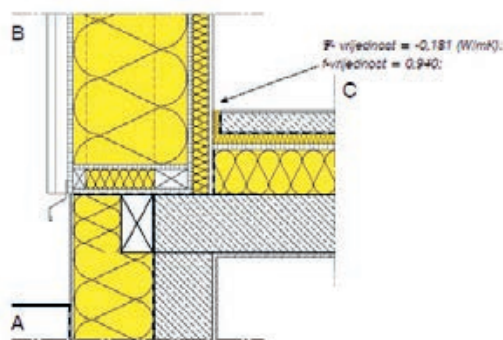
Dodatno, iako je to u pogledu difuzije vodene pare lošija opcija, moguće je izvesti izolaciju poda prema negrijanom podrumu s gornje, toplije strane (slike 3-4 i 3-5).

U prikazanom rješenju optimalno je izveden toplinski most i osigurana je zrakonepropusnost spoja vanjskog drvenog zida i stropa negrijanog podruma. Ovakvo rješenje primjenjuje se u slučajevima niskog podruma (kako se ne bi dodatno izgubilo na njegovoj visini).

Kao i u prethodnim primjerima, posebnu je pozornost potrebno posvetiti rješavanju detalja za ostvarenje zrakonepropusnosti vanjske ovojnice zgrade.



Slika 3-4 Prikaz rješenja detalja spoja s podom prema negrijanom podrumu – izolacija s gornje strane [219]



Slika 3-5 Detalj rješenja brtvljenja vanjske ovojnice [219]

Primjenjuju se toplinsko-izolacijski materijali koji ne upijaju vodu, kao što je, primjerice, XPS. Toplinskoizolacijski materijal treba ulaziti ispod razine tla (i oko temelja ako je tako projektirano), ali ne smije biti viši od 1 m iznad razine tla. On se u području podnožja mehanički pričvršćuje pričvršnicama.

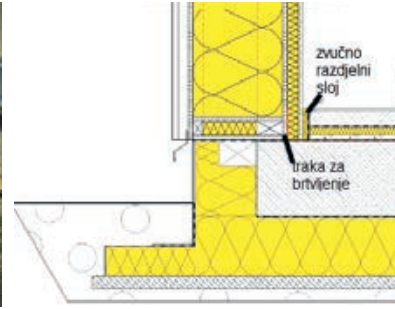
Kao što je prethodno spomenuto, i sam temelj, ploču poda na tlu ili pod i zidove podruma potrebno je toplinski izolirati kako bi se minimizirali gubici topline preko tla (slika 3-6 do 3-9).



Slika 3-6 Izvođenje toplinske izolacije ispod poda na tlu korištenjem XPS-a [220]



Slika 3-7 Prikaz izvođenja perimetarske toplinske izolacije betonskog temelja [221]



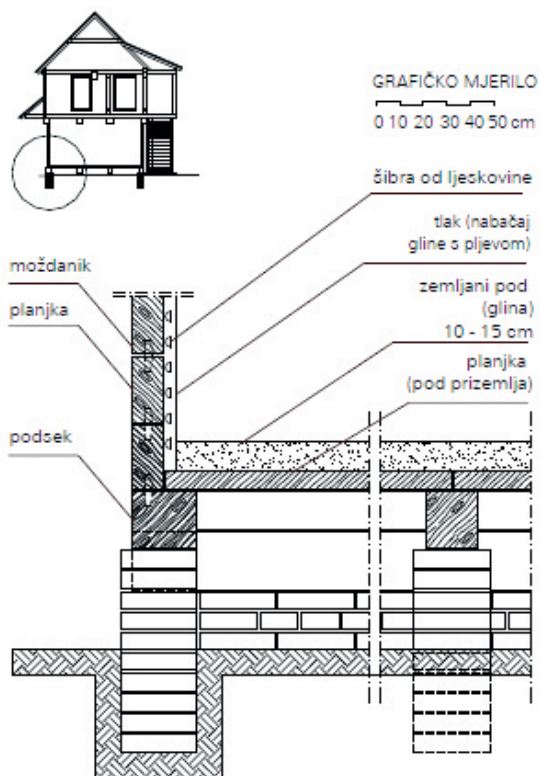
Slika 3-8 Spoj vanjskog zida betonske ploče prizemlja [219]



Slika 3-9 Prikaz izvođenja perimetarske toplinske izolacije betonskog temelja korištenjem XPS-a [171]

3.1.1 Vrste podne konstrukcije kod drvenih kuća

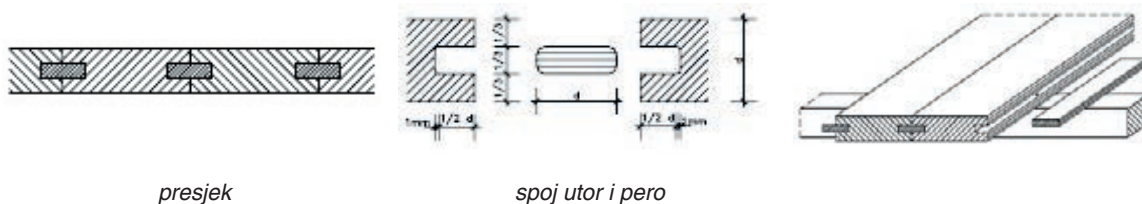
Podne konstrukcije i njihova toplinska, ali i zvučna izolacija ovisit će o raznim elementima. Prije svega o tome je li objekt sagrađen na tradicionalan način ili je građen na suvremeni način s upotrebom najnovijih materijala. Kod tradicionalnih načina gradnje (pune, kanatne), uglavnom se radi nosiva konstrukcija od drvenih elemenata, koja se polaže na čvrstu podlogu ili je odignuta od nje na određenu visinu kao tzv. uzdignuti pod (slika 3-10 do 3-13).



Slika 3-10 Detalj podne konstrukcije tradicionalne gradnje u Hrvatskoj –tradicijnska posavska drvena kuća [222]



Slika 3-11 Prikaz izvođenja drvenog roštilja uzdignutog poda novosagrađene kuće od slame [223]



Na obje bočne strane svakog elementa izrađuju se utori duboki kao polovina visine elementa, a široki kao trećina visine elementa. U utor se učepi posebna letvica od tvrdog drva, debela kao jedna trećina i široka kao jedna visina elementa. Sljedeći element se natiče na stršeci dio letvice.

Slika 3-12 Tehnički detalji izrade podnog nosača posavske kuće za njegovu sanaciju [222]



Slika 3-13 Prikaz izvedbe podnog nosača za drveni roštilja novosagrađene kuće od slame [223]

Podovi se izvode u fazi završnih radova u unutrašnjosti zgrade. Izvode se kao klasični (cementni) estrih ili kao suhomontažni estrih. Kod montažnih sustava gradnje većinom se upotrebljavaju različiti suhomontažni podni sustavi (*slika 3-14 do 3-16*). Odlikuje ih prije svega brza ugradnja (nema faze sušenja), što znači da se završna podna obloga može odmah jednostavno postaviti. Koriste se različiti suhi nasipi (npr. kremeni pijesak, ekspandirana glina itd.), koji predstavljaju i instalacijski sloj. Za optimalnu zaštitu od buke preporučuje se izvedba plivajućeg poda (estrih na izolacijskom sloju), koji sprečava prodor buke kroz konstrukciju. Pri tome treba voditi računa da se podna konstrukcija dilatira od svih dijelova građevine (stijena, stropova, instalacijskih sustava...). Ako je pod prema tlu ili prema negrijanim prostorima dobro toplinski izoliran, on će, osim uštede energije, pružiti vrlo ugodne površinske temperature za život.

Sustavi suhih podova, osim same brzine gradnje (polaganja), ne zahtijevaju vrijeme sušenja kao u slučaju mokrih estriha, a i njihova je visina vrlo mala, tako da mogu omogućiti veću visinu prostora ako je potrebno.

Na oba tipa podova jednostavno se postavljaju konačne podne obloge, kao što su drvo, keramika, linoleum, tkanine, tkane podne obloge i guma, a u njima je moguće izvesti i razne sustave razvoda, kao i sustav podnoga grijanja.



Slika 3-14 Suvremena rješenja poda; a) suhomontažni; b) na tendenciji plivajućih [224]



Slika 3-15 Podna obloga na drvenim elementima s različitim vrstama toplinske izolacije na podlozi od betona ili armiranog betona [92]



Slika 3-16 Suvremena rješenja poda na tendenciji plivajućih [224]

O načinima i detaljima izvedbe suhog estriha moguće je pročitati u priručniku namijenjenom monterima suhe gradnje, u kojem su prikazani primjeri izvedbe suhog estriha na nasipu te izravno na toplinsku i zvučnu izolaciju bez nasipa, kako na armiranobetonsku podlogu tako i na podove (stropove) od drvenih grednika (podloga od drva). Također, u istom je poglavlju prikazan i način izvođenja podnoga grijanja u suhim i mokrim podovima.

3.2 IZOLACIJA FASADNIH DRVENIH ZIDOVA

Prednost je zgrada s drvenom vanjskom ovojnicom zgrade je što se pri ovakvom načinu gradnje postiže jednaka toplinska izolacija s manjom debljinom zida.

U slučaju okvirnih drvenih konstrukcija, samo manji dio toplinske izolacije pričvršćuje se za zid s vanjske i/ili unutarnje strani, a većina izolacije smještena je u prostoru između drvene konstrukcije. S druge strane, ako se radi o masivnim drvenim zidovima, drvo ima relativno malu toplinsku provodljivost u odnosu na druge konstrukcijske materijale te samim time zahtijeva manju debljinu dodatne toplinske izolacije da bi se postigao isti koeficijent prolaska topline (U-vrijednost). Ako je, pak, zahtjev investitora takav da traži izvorni izgled drva (s vanjske, unutarnje ili obje strane), tada je izolacija drvenih zidova specifična (slika 3-17). Tada se često izvedu masivni drveni zid koji prenosi opterećenje (bolje je da bude s unutarnje strane, ali moguće je da bude i s vanjske) te parna brana, a zatim se na toplinsku izolaciju izvedu paropropusno-vodonepropusna folija te ventilirana fasada i tanka završna obloga željenog izgleda.

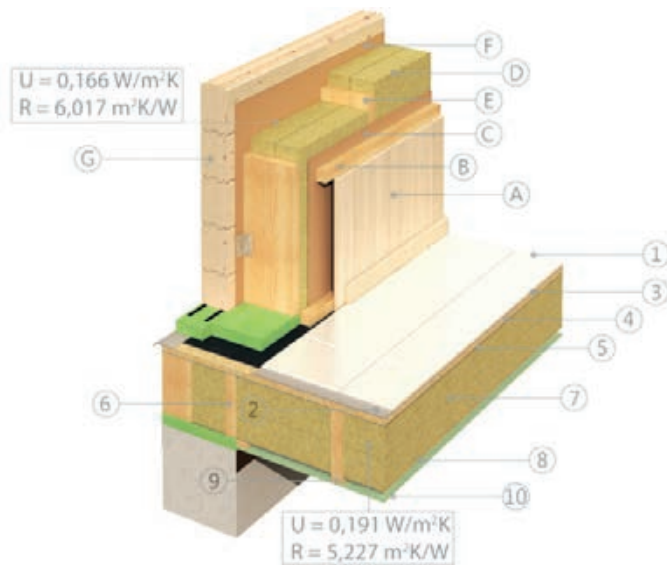
Kod klasične tehnologije gradnje drvom razvili su se različiti sustavi gradnje koji su primjereni za postizanje modernog standarda koji karakterizira vrlo mala potrošnja energije za grijanje i hlađenje, pa i pasivnog standarda i drugih standarda niske potrošnje.

Nedostatak kod gradnje drvom i naročito drvenih okvirnih konstrukcija jest njihova mala toplinska masa (toplinska inercija zgrade), koja zahtijeva veću potrebnu energiju za grijanje i hlađenje zgrade, a to se onda u fazi projektiranja nastoji kompenzirati nešto većom debljinom toplinske izolacije.



Slika 3-17 Primjeri izolacije sendvič-zida od gredica i od poluoblica [225], [226]

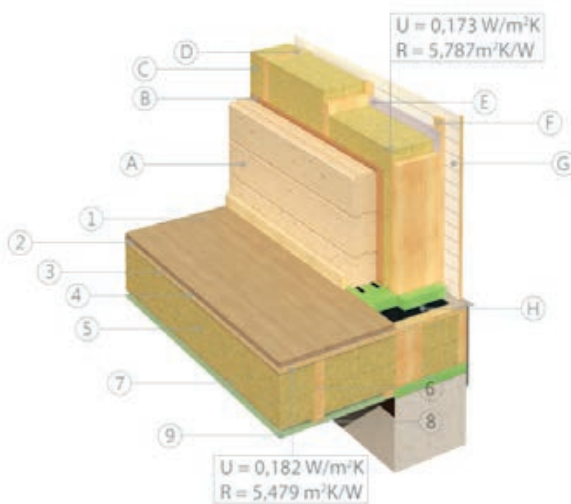
Tablica 3-3 prikazuje nekoliko karakterističnih detalja sa slojevima vanjske ovojnice drvene kuće sagrađene od gredica. Sličan princip može se primijeniti i na zidove od poluoblica (u slučaju vidljivog drva izvana) te na zidove od platica.



Detalj spoja vanjskog zida i uzdignutog poda iznad tla
(izolacija s unutarnje strane)

LEGENDA (slojevi)

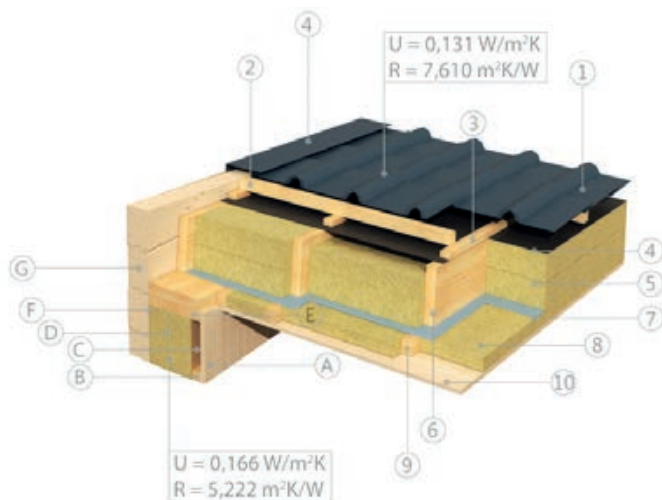
1. Keramičke pločice
 2. Sloj ljepila
 3. Specijalni armirajući sloj
 4. OSB ploče
 5. Parna brana
 6. Drvene grede 195x45 mm
 7. Toplinska izolacija 200 mm
 8. Paropropusna membrana
 9. Ventilirajući sloj
 10. Gipskartonske ploče
- A) Završna obloga
B) Sloj zraka
C) Toplinska izolacija
D) Drvena potkonstrukcija
E) Paropropusno-vodonepropusna folija
F) Drvene grede s vanjske strane



Detalj spoja vanjskog zida i uzdignutog poda iznad tla
(izolacija s vanjske strane)

LEGENDA (slojevi)

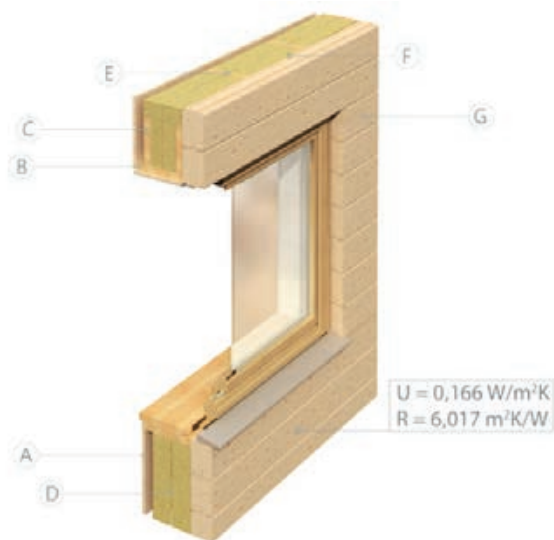
1. Parket
 2. Sloj zvučne izolacije
 3. OSB ploče
 4. Parna brana
 5. Toplinska izolacija
 6. Drvene grede 245x45 mm
 7. Paropropusna membrana
 8. Drvena potkonstrukcija
 9. Gipskartonske ploče
- A) Drvene grede s vanjske strane
B) Parna brana
C) Toplinska izolacija
D) Drvena potkonstrukcija
E) Paropropusno-vodonepropusna folija
F) Drvena potkonstrukcija ventilirane fasade
G) Završna obloga
H) Hidroizolacija



Detalj spoja vanjskog zida i kosog krova (izolacija s unutarnje strane)

LEGENDA (slojevi)

1. Krovni pokrov
 2. Letve
 3. Kontraletve
 4. Paropropusno-vodonepropusna folija
 5. Toplinska izolacija
 6. Drvene grede 250×45 mm
 7. Parna brana
 8. Toplinska izolacija
 9. Drvena potkonstrukcija
 10. Gipskartonske ploče
- A) Završna obloga
 B) Drvena potkonstrukcija
 C) Parna brana
 D) Toplinska izolacija
 E) Drvena konstrukcija
 F) Paropropusno-vodonepropusna folija
 G) Drvene grede s vanjske strane



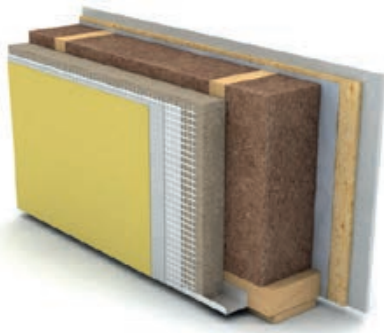
Detalj spoja ugradnje prozora u vanjski zid (izolacija s unutarnje strane)

LEGENDA (slojevi)

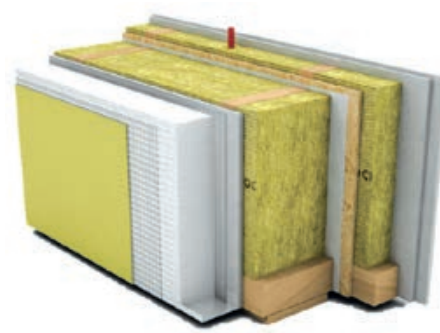
- A) Završna obloga
- B) Drvena potkonstrukcija
- C) Parna brana
- D) Toplinska izolacija
- E) Drvena konstrukcija
- F) Paropropusno-vodonepropusna folija
- G) Drvene grede s vanjske strane

Tablica 3-3 Prikaz mogućih rješenja toplinske izolacije zidova od punog drva [227]

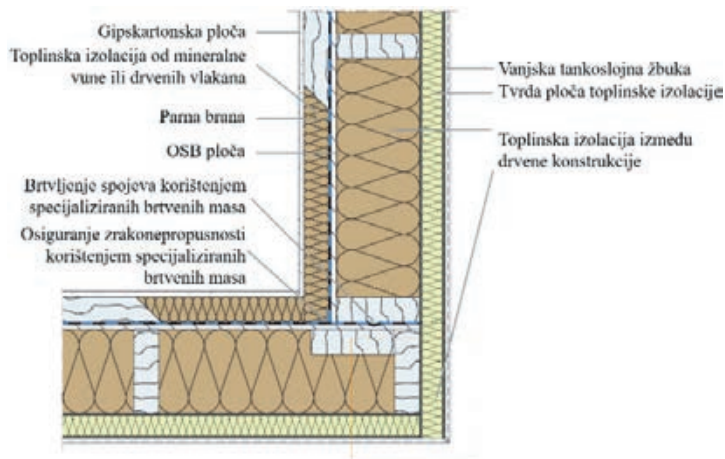
Ako se, pak, drvena kuća gradi na principu montaže elemenata drvene konstrukcije na gradilištu, tada je osnovna konstrukcija kuće od drva sustav stupova (primarnih i sekundarnih) i greda koji čine drvene okvire. Međuprostor se može ispuniti mineralnom vunom, ovčjom vunom, toplinskom izolacijom od celuloznih pramčićaka, drvenih vlakana ili lana (slike 3-18 i 3-19). Zidovi drvene kuće dodatno se oblažu izolacijom i parnom branom s unutarnje strane kako bi se prekinuli toplinski mostovi na drvenim nosačima i regulirao prolazak vodene pare, te dodatnom toplinskom izolacijom s vanjske strane kako bi se postigla potrebna toplinska svojstva građevnog dijela zgrade (slika 3-20).



Slika 3-18 Toplinska izolacija drvenih zidova s materijalima od drvenih vlakana [106]



Slika 3-19 Toplinska izolacija drvenih zidova s mineralnom vunom i EPS-om [106]



Slika 3-20 Izolacija suvremenih drvenih zidova [216], [171]

U slučaju korištenja montažnih panelnih zidova, na vanjskoj strani zida postavlja se dodatni sloj toplinske izolacije, koji često nosi završnu žbuku. Umjesto žbuke primjerena je i ventilirana obloga pročelja od drva ili drugih materijala. Na unutarnjoj strani zida ispred parne brane (koja je često i zrakonepropusna barijera) izvodi se tzv. instalacijski sloj, koji je dodatni sloj toplinske izolacije na zidu. Kako bi se još više sma-

njili toplinski mostovi u drvenoj konstrukciji zida, proizvođači traže različita rješenja. Jedno je takvo rješenje konstrukcija od drvenih letava između kojih je upuhana celulozna toplinska izolacija.

Debljina toplinske izolacije drvene kuće, ovisno o materijalu i sastavu zida, kreće se između 25 i 40 cm (često i više). Kao toplinskoizolacijski materijali za pasivnu kuću koriste se materijali anorganskog i organskog podrijetla. Budući da je gradnja drvom povoljna ako se promatra utjecaj na okoliš, umjesto umjetnih toplinskoizolacijskih materijala preporučuje se upotrebljavati prirodne materijale kao što su celulozna vlakna (slika 3-21), drvena vlakna (slika 3-22), kokosova vlakna, lan, konoplja, ovčja vuna (slika 3-23), pluto, čak i slama.



Slika 3-21 Toplinska izolacija od celuloze između konstrukcije drvene kuće [228]



Slika 3-22 Tvrde izolacijske ploče od drvenih vlakana s vanjske strane drvene kuće [229]



Slika 3-23 Toplinska izolacija od ovčje vune između konstrukcije drvene kuće [230]

Za ugrađivanje toplinske izolacije s vanjske i unutarnje strane kod drvenih se kuća primjenjuje sličan način kao i kod uobičajenih zidanih, odnosno armiranobetonskih građevina. Pri tome se toplinska izolacija pričvršćuje lijepljenjem, sidrenjem, prikucavanjem čavlima, vijcima, ugrađivanjem s pomoćnim letvicama, prskanjem ili upuhivanjem.



Slika 3-24 Siguran i učinkovit način pričvršćivanja izolacije (EPS-a ili mineralne vune) za drvenu konstrukciju: **a)** letvicama i trnovima, **b)** sidrenjem (tiplanjem), **c)** prskanjem, **d)** i **e)** prikucavanjem [231], [171], [232], [233], [234]

Izbor toplinske izolacije i način pričvršćenja izolacije ovisi o samoj nosivoj konstrukciji. Na primjer, na masivni lamelirani zid toplinskoizolacijske ploče ili lamele lijepe se, sidre i prikucavaju. Kod laganih konstrukcija, toplinsku izolaciju (celulozne i drvene pramičke, ovčju vunu, konoplju) moguće je upuhivati između nosivih elemenata. Na taj način toplinska izolacija dobro zapuni prostor te nema pukotina kroz koje bi izlazila toplina. Pri ugradnji mekše toplinske izolacije za pričvršćivanje treba postaviti potkonstrukciju. Toplinske se izolacije međusobno razlikuju i po cijeni i po ekološkoj komponenti. Koncept drvene kuće već u ishodištu znači i ugodnost za okoliš, stoga pri odabiru materijala treba uzeti u obzir jesu li prirodni, proizvedeni s najmanjim mogućim utroškom energije i imaju li negativnih utjecaja na čovjeka i okoliš u razdoblju koje obuhvaća proizvodnju, ugradnju, upotrebu i odstranjivanje.

3.2.1 Vanjska izolacija drvenih stijena

Dva su osnovna načina moguća za izvođenje dodatne toplinske izolacije drvenih kuća s vanjske strane. Prvi je način izvođenje kontaktne fasade (tzv. ETICS sustav), a drugi je način izvođenje ventilirane fasade, najčešće sa završnom oblogom od drva (*slika 3-25*). Izvođenje obaju ovih sustava vrlo je detaljno opisano u priručnicima za fasadere i zidare, te će se ovdje iznijeti samo osnovni principi izvođenja.



Slika 3-25 Primjeri dodatne vanjske izolacije drvene kuće: **a)** izvođenjem ETICS sustava te **b)** izvođenjem ventilirane fasade [235], [236]

3.2.1.1 Završna obrada žbukom – kontaktna fasada tipa ETICS

Prilikom izvedbe vanjske izolacije sa završno-dekorativnom obradom žbukom potrebno je radi osiguranja funkcionalnosti savršeno uskladiti sve komponente izolacije, sve stručno isplanirati i izvesti. Sam proces rada možemo prikazati u sljedećim fazama:

- provjera i procjena podloge
- priprema podloge
- izvođenje

Samo polaganje/izvođenje izolacije u pravilu nastaje u tri ili četiri faze (*slika 3-26*):

- lijepljenje toplinskoizolacijskog materijala
- dodatno mehaničko učvršćivanje (prema potrebi)
- ugradnja armaturnog sloja
- ugradnja završno-dekorativne žbuke s pretpremazom,

pri čemu ugradnja svake komponente ima važnu ulogu u definiranju konačne kvalitete.

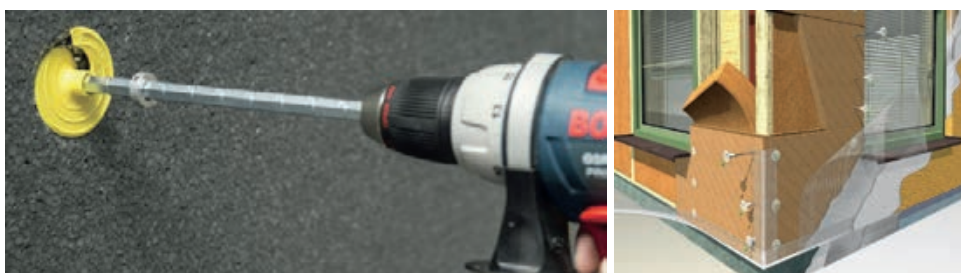


Slika 3-26 Slojevi toplinske izolacije sa završnim slojem dekorativne žbuke [224], [237]

Lijepljenje i dodatno učvršćivanje

Lijepljenje se izvodi gotovim, tvornički pripremljenim polimer-cementnim mortom ili pastoznim disperzijskim ljepilom. Funkcija mu je osigurati dobru čvrstoću prionjivosti na podlogu i stvoriti čvrstu vezu između podloge i toplinskoizolacijskog materijala.

Ovisno o opterećenju vjetrom, specifičnostima podloge, traženoj debljini izolacije i završne obrade, izvodi se i dodatno mehaničko učvršćenje (*slika 3-27*). Isto pruža i dodatnu stabilnost u slučaju požara.



Slika 3-27 Dodatno mehaničko pričvršćivanje toplinske izolacije [92], [238]

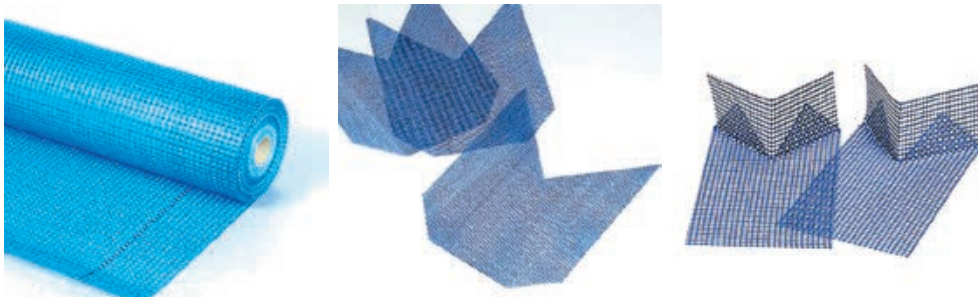
Toplinskoizolacijski materijali

Funkcija toplinskoizolacijskog materijala je toplinska izolacija zidova od gubitaka topline zimi i sprečavanje prekomjernog zagrijavanja konstrukcije i unutrašnjosti zgrada ljeti. Kod postavljanja ETICS sustava potrebno je da toplinskoizolacijski materijal ima odgovarajuće karakteristike koje, osim male toplinske pro-

vodljivosti, uključuju i tlačnu čvrstoću, čvrstoću na raslojavanje (jako važno, osobito kod većih debljina), otpor difuziji vodene pare, kao i dimenzijsku stabilnost, ali i povoljno ponašanje u požaru.

Armaturni sloj

Armaturni sloj čine alkalno postojana staklena mrežica (*slika 3-28*) utisnuta u mort za armaturni sloj, koji je po svom sastavu polimer-cementno ili pastozno disperzijsko ljepilo.



Slika 3-28 Staklena mrežica, dijagonala i kutni komad za armiranje ETICS sustava [239]

Funkcija staklene mrežice je sprečavanje pojave pukotina zbog mehaničkih i higro-termalnih naprezanja nastalih uslijed izloženosti atmosferilijama, mehaničkim udarima, površinskim naprezanjima.

Armaturni slojevi moraju zadovoljavati zahtjeve visoke fleksibilnosti, biti vodoodbojni i paropropusni (ovisno o izolacijskom materijalu, smiju biti više ili manje paropropusni) radi sprečavanja nastanka kondenzata unutar konstrukcije tijekom cijele godine. U postizanju tih zahtjeva armaturni sloj, zajedno s odabirom završno-dekorativnog sloja, ima najvažniju ulogu.

Završno-dekorativni sloj

Završno-dekorativni sloj čine pretpremaz i završno-dekorativna žbuka koja, ovisno o tipu korištenog veziva, može biti: plemenita mineralna žbuka, silikatna, silikatno-silikonska, silikonska i akrilatna (organ-ska) 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 svojstva i funkcionalnost same izolacije.

3.2.1.1.1 Priprema podloge

Prije polaganja toplinske izolacije potrebno je pravilno pripremiti drvenu podlogu. Drvene podloge uključuju široku paletu različitih proizvoda, a za sve njih je važno da su zaštićene od vlage, koja može uzrokovati:

- bubrenje
- smanjenje čvrstoće
- pomicanje ploča uzrokujući štete

Za sve ploče bitno je da je njihova površina prikladna za vlažne uvjete sukladno propisu HRN EN 13986 – Ploče na osnovi drva za vanjsku primjenu.

Provjera i procjena podloge

Opće važeće metode ispitivanja pogodnosti podloge za ugradnju uključuju:

- vizualnu provjeru u cilju utvrđivanja vrste i kvalitete podloge, vlažnosti podloge, opasnosti od prodiranja vlage u TI i postojanje pukotina na podlozi
- test brisanjem dlanom ili tamnom tkaninom radi procjene ima li prašine
- test grebanjem ili zarezivanjem pomoću tvrdog oštrog predmeta radi provjere čvrstoće i nosivosti
- test močenjem pomoću kista ili test raspršivačem radi provjere vodoupojnosti i vlažnosti podloge
- provjera ravnosti zida
- provjera prionjivosti na obojenim podlogama

PODLOGA		MJERE
vrsta	stanje	
Drvene podloge i suhomontažne ploče	Prljavo, prašnjavo	Otprašiti
	Šupljine	Popraviti odgovarajućim materijalom, uključujući odgovarajuće učvršćenje
	Vlaga	Konzultirati se s nadzornim inženjerom i/ili stručnom osobom
	Nedostatak veze s potkonstrukcijom	Prije nanošenja ETICS-a stvoriti stabilnu podlogu sidrenjem ili vijcima

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

3.2.1.1.2 Izvođenje

Prije početka izvođenja potrebno je riješiti:

- odvođenje oborinskih voda: postavljene strehe, okapnice, žljebovi itd.
- unutarnju obloga, postavljanje estriha itd.
- postavljanje vanjske stolarije
- postavljanje svih vanjskih instalacija itd.
- ravninu podloge, koja mora biti u skladu s normama HRN DIN 18202

- provjeriti valjanost podloge prema određenim standardima

Prilikom ugradnje ETICS sustava (*slike 3-29 i 3-30*) osobitu pozornost treba posvetiti spojevima izolacije vanjskog zida i temelja te spojevima na uglovima (*slika 3-31*).



Slika 3-29 Izvedba ETICS sustava na OSB ploče lijepljenjem toplinske izolacije [92], [240]



Slika 3-30 Prikaz izvedbe ETICS sustava na ploče od drvenih vlakana koje su pričvršćene klamanjem na drvenu konstrukciju, bez OSB ploča [241]

I. Podnožja, područje prskanja vodom i dodira s tlom

Kod uvučenog podnožja donji završetak izvodi se primjenom U-profila za podnožje bez perforacija na donjoj strani (*slika 3-31*). Profil za podnožje pričvršćuje se odgovarajućim pričvrsnicama na razmaku od 30-ak cm, kao i na krajevima. Neravnine podloge izjednačavaju se razmaknicama ("distancerima"), a spojevi se izvode odgovarajućim spojnim elementima (*slike 3-31 i 3-32*).

Ugradnjom uvjetovani razmaci između zida i profila za podnožja zatvaraju se odgovarajućim materijalima (npr. ljepljivom trakom za brtvljenje i sl.) kako bi se osigurala zrakonepropusna izvedba. Potrebno je primjenjivati isključivo profile za podnožja koja su propisali proizvođači sustava.



Slika 3-31 Početni profil i element za spajanje početnih profila [92]

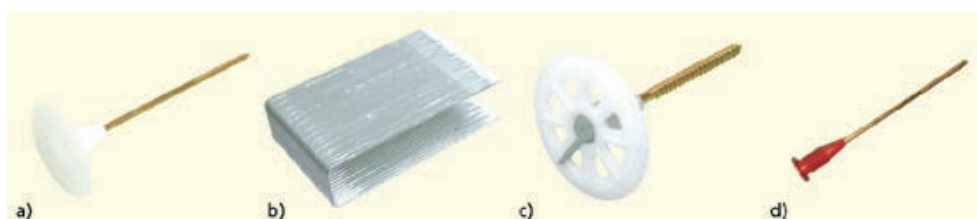


Slika 3-32 Set za montažu sokl profila, vijak, spojnica, podmetač [92]

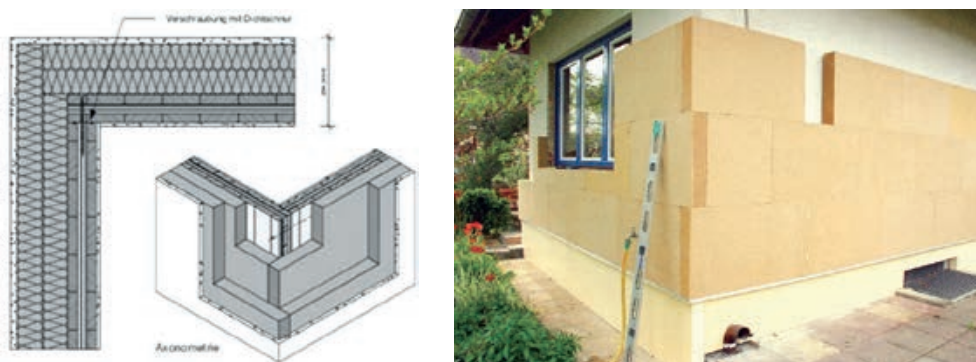
Primjeri detalja izvođenja podnožja pri gradnji drvenih kuća opisani su u poglavlju 3.1 ovog priručnika.

II. Postavljanje toplinske izolacije

Toplinskoizolacijske ploče i/ili lamele prema uputama proizvođača polažemo na pripremljenu podlogu uz korištenje odgovarajućih spojnika (*slika 3-33*). Toplinskoizolacijske ploče i lamele postavljaju se odozdo prema gore tako da su međusobno tijesno priljubljene i povezane uzdužnom izmjeničnom vezom. Pri tome ne bi smjele nastati fuge, ali ako nastanu, fuge do 4 mm moraju se ispuniti PUR pjenom, a one šire od 4 mm istim izolacijskim materijalom. Na uglovima zgrade smiju se koristiti samo cijele ploče/lamele i njihove polovice tako da se ploče/lamele na uglu međusobno naizmjenice preklapaju (*slika 3-34*).

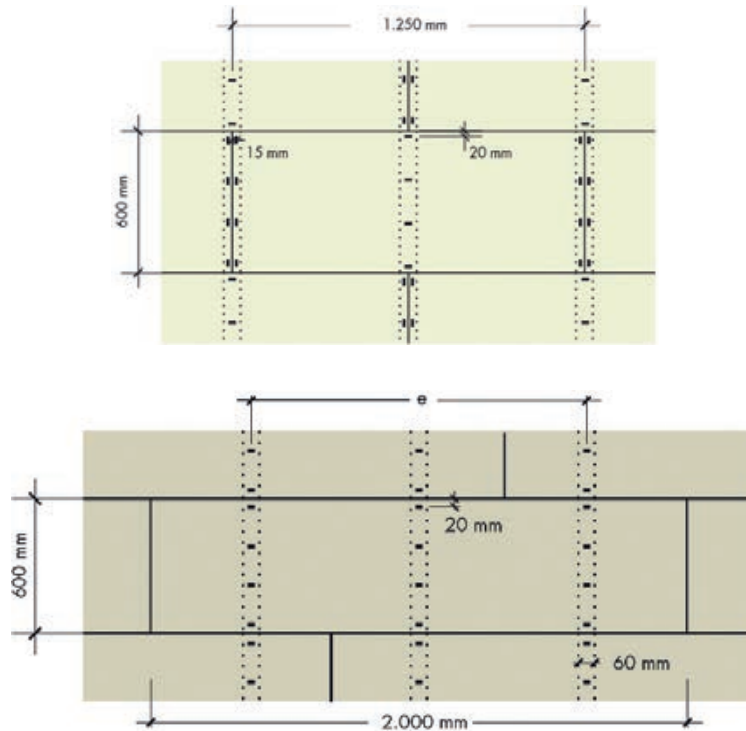


Slika 3-33 Vrste spojnika koje je moguće koristiti za pričvršćenje toplinske izolacije za drvenu konstrukciju u slučaju izvođenja ETICS sustava: **a)** čavli s rozetom, **b)** klamerice, **c)** vijak za drvo s rozetom, **d)** termovijak [242]



Slika 3-34 Spoj toplinskoizolacijske ploče na uglu drvenog zida/lamelirane ploče [243]

Ako se za pričvršćenje toplinske izolacije koriste klamerice, potrebno je koristiti najmanje četiri klamerice po visini ploče, a ploča mora prelaziti preko najmanje tri drvena oslonca (*slika 3-35*). Pri tome klamerice treba postavljati tako da budu udaljene najmanje 20 mm od gornjeg i donjeg ruba ploče, odnosno smije ih se ukucavati pod kutom od 10 do najviše 15 stupnjeva. Dužina klamerice mora biti najmanje 25 mm veća od debljine ploče izolacije koja se želi pričvrstiti, a slično vrijedi i za termovijke. Razmak između drvenih stupića sekundarne konstrukcije drvene kuće određen je, među ostalim, i vrstom toplinske izolacije koja se postavlja s vanjske strane, odnosno debljinom toplinskoizolacijskih ploča.



Slika 3-35 Prikaz rasporeda pričvršćenja ploča toplinske izolacije od drvenih vlakana za drvenu potkonstrukciju kod klamanja [216]

Za klamanje vanjske toplinske izolacije za drvenu konstrukciju, ona ne treba biti obložena pločama, ali ako se ploče ili lamele toplinske izolacije lijepe za drvenu konstrukciju, onda podloga na koju se lijepe treba biti OSB ploča ili neka druga vrsta ploča koja je pripremljena u skladu s gore navedenim uputama.

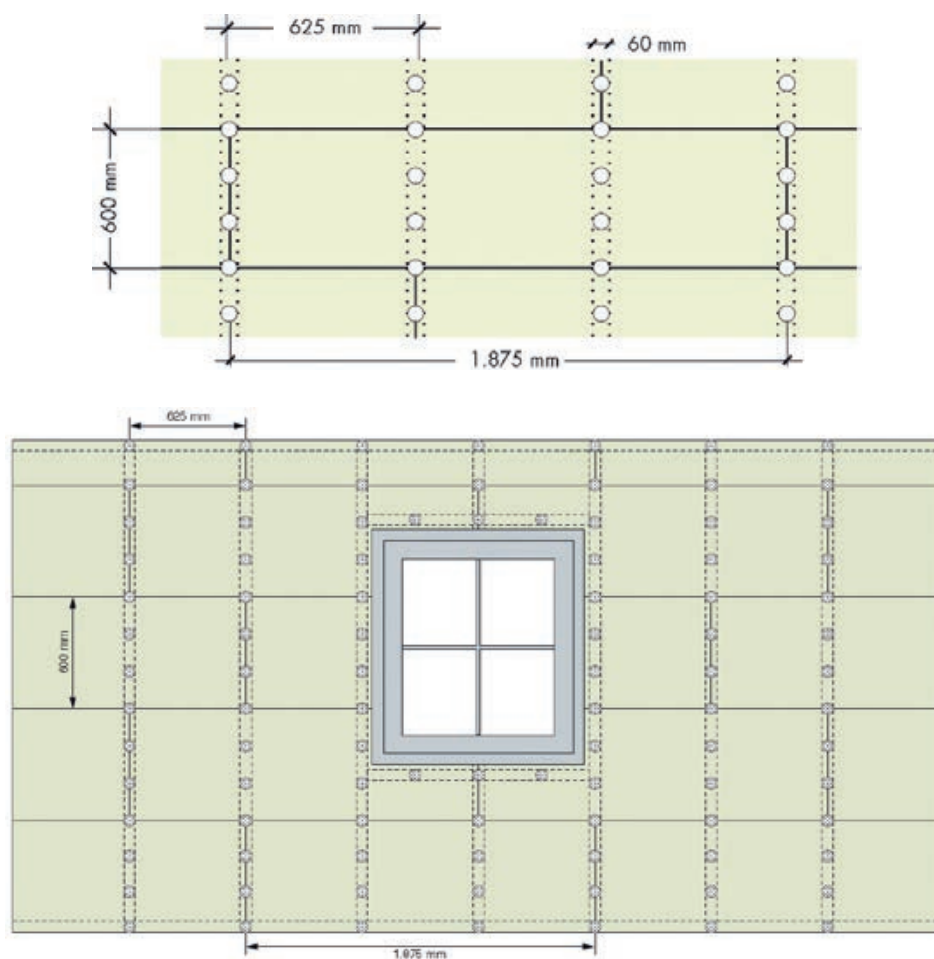
Ako se koriste vijci za drvo ili čavli s rozetom za pričvršćenje (slika 3-36 i 3-37), potrebno je držati se uputa proizvođača, ali obično se kaže da je potrebno pričvrstiti ploču toplinske izolacije barem na tri ili četiri mjesta po drvenom nosaču sekundarne konstrukcije, pri čemu ploča ide preko najmanje tri nosača (slika 3-38).



Slika 3-36 Prikaz pričvršćenja ploča toplinske izolacije od drvenih vlakana za drvenu potkonstrukciju vijcima za drvo s rozetom [244]

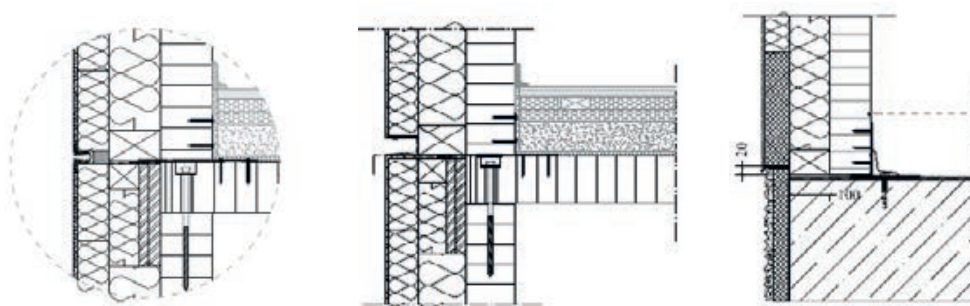


Slika 3-37 Prikaz pričvršćenja ploča toplinske izolacije od drvenih vlakana za drvenu potkonstrukciju čavlima s rozetom [92]



Slika 3-38 Prikaz rasporeda pričvršćenja ploča toplinske izolacije od drvenih vlakana za drvenu potkonstrukciju kod korištenja vijaka za drvo s rozetom [216]

Ako se međukatni spoj izvodi s dilatacijskom fugom, onda se u nju stavlja dilatacijska guma. Ona ima mogućnost rastezanja i skupljanja te sprečava prodor vode u unutrašnjost konstrukcije (slike 3-39 i 3-40).

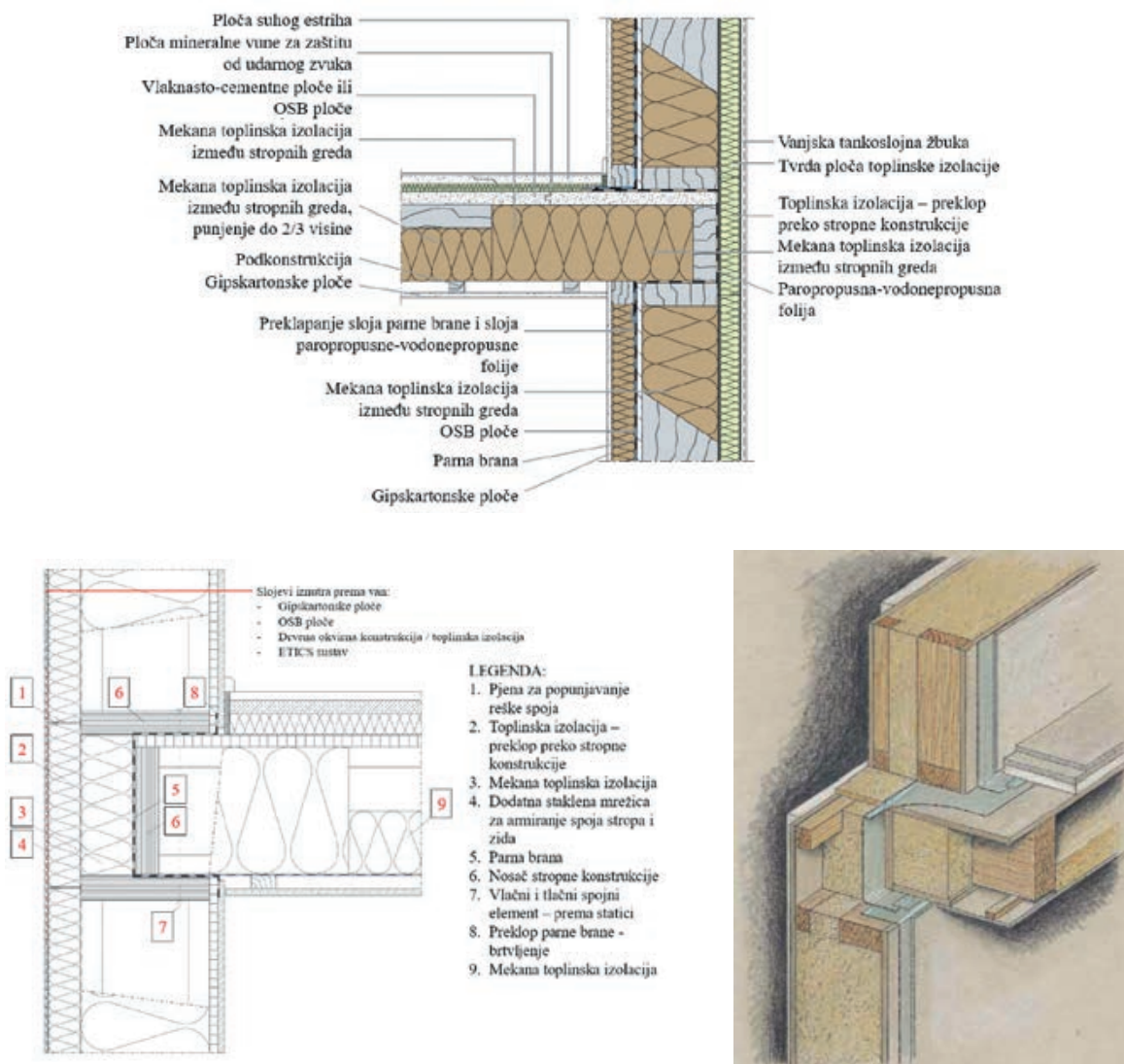


Slika 3-39 Vertikalni presjek vanjskog zida/lamelirani nosač s ETICS sustavom i dilatacijskom fugom u visini stropa, odnosno poda [224]

S druge strane, međukatni spoj drvene kuće kod koje je kao dodatna toplinska izolacija izveden ETICS sustav moguće je izvesti i bez dilatacijskih fuga, pri čemu detalji tada izgledaju kako je opisane dalje u tekstu i prikazano na slikama 3-41 i 3-42.



Slika 3-40 Drvena kuća s ETICS sustavom i dilatacijskim fugama u razini međukatnog spoja [245]



Slika 3-41 Moguće rješenje vertikalnog presjeka vanjskog zida i međukatne konstrukcije bez izvođenja dilatacije [216], [246], [247]



Slika 3-42 Drvena kuća s ETICS sustavom i bez dilatacijske fuge u razini međukatnog spoja [245]

Gornji završetak fasade ovisi o tome kakav se krov izvodi, odnosno o tome je li riječ o kosom krovu (nekoliko opcija položaja toplinske izolacije, postojanje ili nepostojanje strehe, a ovisno o tome i ovdje postoji nekoliko načina rješavanja detalja) ili je, pak, riječ o ravnom krovu na kojem se onda izvodi atika, ali o tome više kasnije, u *poglavlju 3.5*.

ZA UGRADNJU TOPLINSKE IZOLACIJE U DRVENE ZIDOVE BITNO JE ZAPAMTITI:

- toplinska izolacija mora biti ugrađena tako da u potpunosti ispuni sav prostor, pri čemu je potrebno koristiti odgovarajuće materijale, koji olakšavaju ovu zadaću
- ne smiju zaostati zračni prostori neispunjeni toplinskom izolacijom
- građevni dijelovi moraju biti izvedeni kao zrakonepropusni
- preklopi folija parne brane moraju biti zabrtvljeni na odgovarajući način (specijalizirane samoljepljive trake i specijalizirani kitovi dodatno pritisnuti zabijenim letvicama)

3.2.1.2 Zrakonepropusnost vanjske ovojnice drvene zgrade

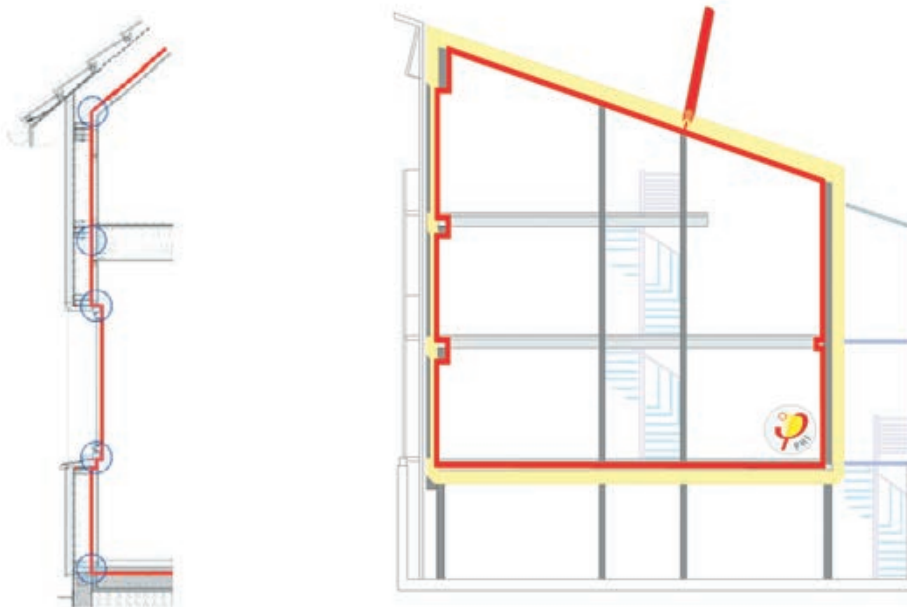
Kod svake drvene kuće, neovisno o tome je li izvedena s okvirnom drvenom konstrukcijom ili s masivnim stijenama bilo kojeg oblika, potrebno je postići zrakonepropusnost vanjske ovojnice zgrade.

Zrakonepropusna vanjska ovojnica zgrade kod drvenih konstrukcija može se postići:

- OSB pločama (pravilno brtvljenima na spojevima)
- gipskartonskim pločama (pravilno brtvljenima na spojevima)
- specijaliziranim folijama (parnim branama i/ili parnim zaprekama)
- specijaliziranim trakama i brtvenim masama (paziti na kompatibilnost trake i materijala podloge), koje mogu biti u obliku:
 - jednostrano ljepljive trake
 - dvostrano ljepljive trake ili ljepila
 - ekspanzirajuće trake
 - specijaliziranog brtvila

Zrakonepropusni sloj postavlja se isključivo s unutarnje strane toplinske izolacije (*slika 3-43*) jer je cilj spriječiti ulazak toplog zraka s velikim sadržajem vodene pare u konstrukciju, gdje može doći u kontakt s hladnim površinama te se kondenzirati, a time i uzrokovati pojavu građevinske štete (*slika 3-43*). *Slika 3-44* prikazuje primjere načina brtvljenja spojeva (nastavaka) zrakonepropusnih folija, odnosno ploča (gipskartonskih ili OSB).

Pri postavljanju zrakonepropusne barijere dopušteno je služiti se privremenim pričvršćenjem, a obavezno je izvesti napetu barijeru bez nabora (nabori su se pokazali kao česta mjesta propuštanja).



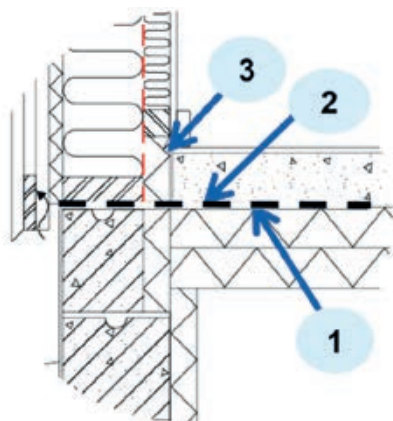
Slika 3-43 Shematski prikaz pravilnog položaja i kontinuiteta zrakonepropusne ovojnice (barijere) u energetski učinkovitoj gradnji [247]

Ovdje je potrebno naglasiti **razliku između zrakonepropusne i paronepropusne vanjske ovojnice zgrada**.

Paronepropusna vanjska ovojnica zgrada je ona kod koje ne dolazi do prolaska vodene pare kroz građevne dijelove zgrada. Vodena para je zarobljena u unutarnjem prostoru zgrade i treba ju evakuirati mehaničkom ventilacijom. Paronepropusna ovojnica se izvodi ako se s vanjske (hladne) strane građevnog dijela (zida) planira izvesti sloj parne zapreke (sloj koji će zaustaviti difuziju vodene pare) i na kojem će onda doći do kondenzacije vodene pare. Također, izvodi se u slučajevima kada su materijali korišteni u hladnoj zoni građevnih dijelova zgrade vrlo podložni rastu gljivica i plijesni, odnosno općenitom propadanju (građevinskoj šteti) uslijed povećanja njihove vlažnosti.

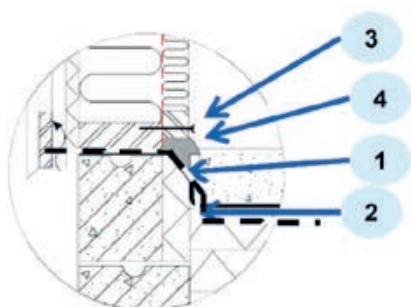
Zrakonepropusna vanjska ovojnica zgrada je ona kod koje ne dolazi do prolaska unutarnjeg (toplog) zraka kroz građevne dijelove. Topli zrak nosi sa sobom veliku količinu vodene pare koja se na hladnoj (vanjskoj) strani zidova onda kondenzira i uzrokuje građevinsku štetu ako se kondenzat vrlo brzo ne isuši.

Tablica 3-4 prikazuje moguće detalje postavljanja zrakonepropusne barijere u karakterističnim detaljima spojeva kod drvenih kuća, pri čemu je potrebno naglasiti da je zrakonepropusnost potrebno unaprijed planirati, već u projektu.



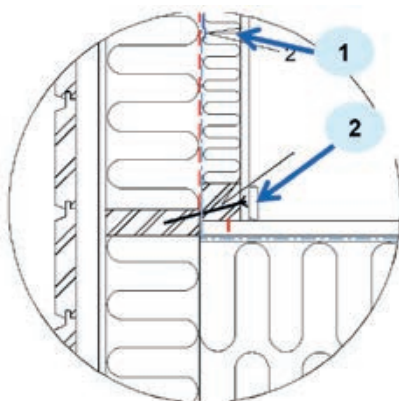
Detalj drvenog zida i poda na tlu

1. Bitumenska hidroizolacija se postavi ispod drvenog zida i preko armiranobetonske ploče poda na tlu
2. Tijekom montaže i/ili gradnje drvenog zida, parna brana se presavije preko sloja hidroizolacije i zalijepi specijaliziranim ljepilom
3. Zvučno-razdjelni sloj se postavi preko parne brane, a prije izvođenja estriha



Detalj drvenog zida i poda na tlu

1. Bitumenska hidroizolacija se postavi ispod drvenog zida i preko armiranobetonske ploče poda na tlu, uz savijanje pod blagim kutom, tako da ne dođe do pucanja
2. Tijekom montaže i/ili gradnje drvenog zida parna brana se pričvrsti letvicom (pribije ili prišarafu) za donji dio drvenog okvira
3. Sljubnica (fuga) između drvenog zida i poda se popuni specijaliziranim brtvilom

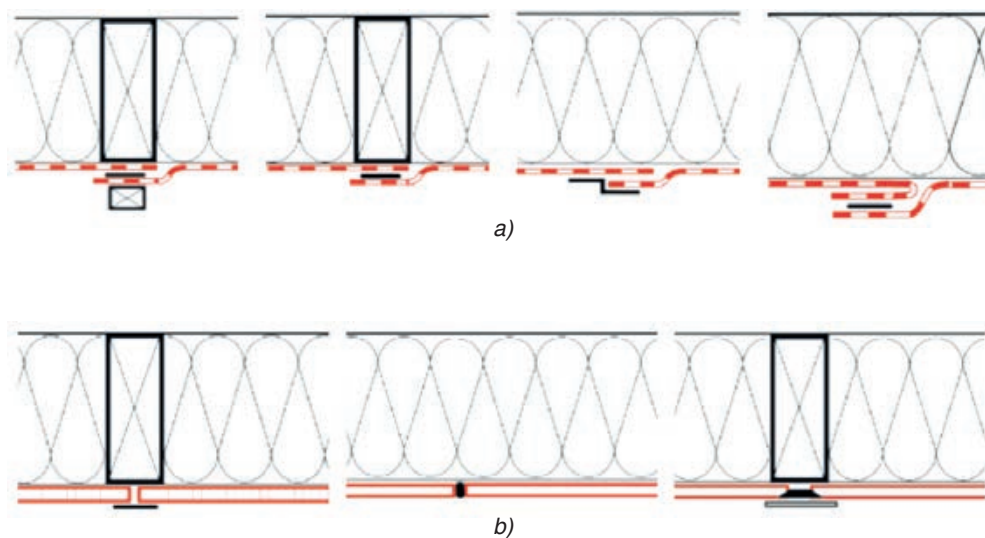


Detalj drvenog zida i uzdignutog poda prema tlu

1. Potrebno je postaviti parnu branu poda (plavo) i parnu branu zida (crveno), pri čemu se one moraju preklapati barem 20 cm
2. Preklop dodatno zapuniti specijaliziranim ljepilom i pričvrstiti letvicom

	<p>Detalj drvenog vanjskog zida i međukatne konstrukcije stropa prema negrijanom tavanu</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Potrebno je postaviti parnu branu zida (crveno) i parnu branu stropa (plavo). Pri tome se obje parne brane prepuštaju barem 20 cm, tako da nastaje preklop od 40 cm 2. Preklop treba izvesti tako da folije nisu zategnute, nego da se omogući višak folije u uglu kako bi konstrukcija mogla “raditi”, a da se folije ne poderu 3. Parne brane se međusobno zalijepe specijaliziranim ljepljivom i pričvrste letvicom
	<p>Detalj drvenog vanjskog zida i međukatne konstrukcije stropa prema negrijanom tavanu</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Potrebno je postaviti parnu branu zida (crveno) i parnu branu stropa (plavo). Preklop treba izvesti tako da folije nisu zategnute, nego da se omogući višak folije u uglu kako bi konstrukcija mogla “raditi”, a da se folije ne poderu 2. Pri tome se samo zidna parna brana prepušta barem 20 cm. Parne brane se međusobno zalijepe specijaliziranim ljepljivom i pričvrste letvicom
	<p>Detalj vanjskog zida od masivnog drva i kosog krova</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Potrebno je postaviti parnu branu krova tako da bude prepuštena preko zida 2. Preklop treba izvesti tako da folija nije zategnuta, već da se omogući višak folije u uglu kako bi konstrukcija mogla “raditi”, a da se folija ne podere 3. Parna brana se pričvrsti za masivni zid korištenjem specijalizirane, jednostrano ljepljive trake 4. Pri tome se samo zidna parna brana prepušta barem 20 cm. Parne brane se međusobno zalijepe specijaliziranim ljepljivom i pričvrste letvicom

Tablica 3-4 Mogući detalji postavljanja zrakonepropusne barijere u nekim karakterističnim spojevima kod drvenih kuća [206]



Slika 3-44 Princip pravilno izvedenih nastavaka zrakonepropusne barijere: **a)** s jednostranom i dvostrano ljepljivom trakom te folijom; **b)** s pločama i ljepljivom trakom (lijevo), brtvnom masom (u sredini) te ispunom spojeva kod gipskartonskih ploča (desno) [248]

Primjeri dobrog planiranja (kod gradnje predgotovljenim drvenim panelima (okvirna ili masivna stijena) i postavljanja zrakonepropusne vanjske ovojnice tijekom gradnje drvenim elementima in situ dani su u daljnjem tekstu (slika 3-45 do 3-52).



Slika 3-45 Montirana drvena konstrukcija s pripremljenim detaljem ostvarivanja [249] kontinuirane parne brane (zelena traka u stropu)



Slika 3-46 Detalj ugrađene trake za ostvarenje zrakonepropusnosti i brtvljenje spojeva predgotovljenih drvenih panela [250]



Slika 3-47 Brtvljenje hidroizolacije poda i zrakonepropusne folije ispod montažnih panela [251]



Slika 3-48 Izgled zabrtvljene hidroizolacije poda i zrakonepropusne folije ispod montažnih panela [251]



Slika 3-49 Primjena jednostrano ljepljive trake i specijaliziranog ljepila za postizanje zrakonepropusnosti [171]



Slika 3-50 Pričvršćenje pame brane s unutarnje strane zidova drvene kuće [252]



Slika 3-51 Primjer ostvarenja zrakonepropusne ovojnice korištenjem folija [253], [254], [255]



Slika 3-52 Primjer ostvarenja zrakonepropusne ovojnice korištenjem ploča [256]

Također, ne smiju se zanemariti ni proboji kroz vanjsku ovojnicu zgrade, te je i njih potrebno zabrtviti odgovarajućim proizvodima kojima će se osigurati trajnost spoja (slika 3-53 do 3-58).



Slika 3-53 Primjeri brtvljenja proboja zrakonepropusne barijere [248]



Slika 3-54 Primjeri nezabrtvljenih proboja greda drvenih stropova prilikom energetske obnove zgrade [247]



Slika 3-55 Primjeri nezabrtvljenih proboja drvenih greda zbog njihove raspucalosti (prilikom sušenja) [247]



Slika 3-56 Primjeri brtvljenja pukotine drvene grede prije nanošenja trake za brtvljenje [247]



Slika 3-57 Primjeri brtvljenja proboja korištenjem gustog bitumenskog premaza [247]



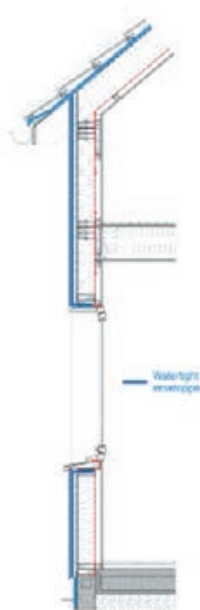
Slika 3-58 Primjeri lošeg brtvljenja prodora drvenih greda kroz ožbukanu vanjsku ovojnicu zgrade – problem raspucalosti greda zbog sušenja [13]

Više je o konceptu postizanja zrakonepropusnosti, kao i načinima ispitivanja zrakonepropusnosti, moguće pročitati u Zajedničkom dijelu priručnika te priručnicima za krovopokrivače i montere suhe gradnje.

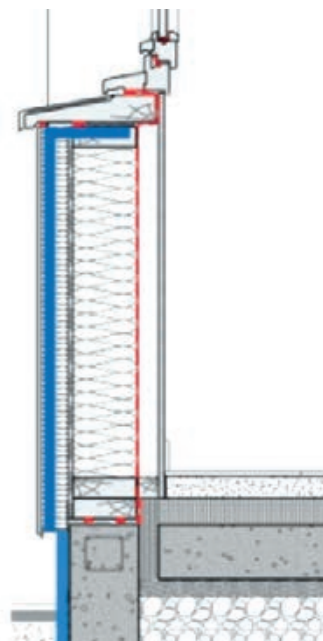
3.2.1.3 Kišna brana – paropropusno-vodonepropusna barijera

Paropropusno-vodonepropusna barijera postavlja se s vanjske (hladnije) strane zgrade (slika 3-59 i 3-60) i ima tri osnovne funkcije:

- osigurati zaštitu od vjetra, odnosno ulaska hladnog zraka u slojeve toplinske izolacije, čime bi se smanjila njezina učinkovitost
- osigurati zaštitu građevnih dijelova (ponajprije toplinske izolacije, ali i ostalih materijala konstrukcije) od ulaska vode (kiša, kiša nošena vjetrom, itd.)
- osigurati izlazak vodene pare iz građevnog dijela prema van (isušenje)



Slika 3-59 Prikaz paropropusno-vodonepropusne ovojnice/kišne brane – presjek kroz cijelu zgradu



Slika 3-60 Detalj vanjskog zida ispod otvora prozora

Paropropusno-vodonepropusna barijera se kod drvenih zgrada može postići (tablica 3-5):

- hidrofobiranjem završne obloge (specijalnim bojama, parafinom ili bitumenom)
- postavljanjem brtvljene trake ili brtvene mase
- izvođenjem paropropusno-vodonepropusnih folija ispod završne obloge zgrade
- izvođenjem tankoslojne žbuke (npr. u sklopu ETICS sustava)



Hidrofobiranje završne obloge



Izvođenje paropropusno-vodonepropusne folije ispod završne obloge



Detalj napuštene paropropusno- vodonepropusne trake na prozoru za ostvarivanje kontinuiteta s paropropusno-vodonepropusnom folijom zida



Detalj napuštene paropropusno- vodonepropusne folije na prozoru; ETICS sustav; detalj zaštite od prskanja i prodora vode



Izvođenje završne dekorativne žbuke ETICS sustava



Izvođenje ETICS sustava na drvenu konstrukciju

Tablica 3-5 Prikaz mogućnosti ostvarenja paropropusno-vodonepropusne barijere kod drvenih zgrada [257], [258], [259], [260], [12]

Dakle, zadaća paropropusno-vodonepropusne barijere zgrade je da ona sprečava eventualni prodor oborinskih voda u dublje slojeve građevnog dijela zgrade (zida, krova...), pa se ta voda spušta po njoj do najniže točke – okapnice, gdje istječe (okapava). Istodobno, ova barijera je paropropusna, što omogućuje isušivanje eventualno kondenzirane vodene pare ili ugrađene vlage u slojevima toplinske izolacije.

Ako se koriste folije, obično su to **samonosive, paropropusno-vodonepropusne folije** koje imaju dovoljnu vlačnu čvrstoću, otpornost na paranje i niski otpor difuziji vodene pare (S_d – vrijednost $S_d < 0,5$ m), kao i vodonepropusnost. One također moraju biti i UV stabilne te razreda reakcije na požar B ili boljeg.

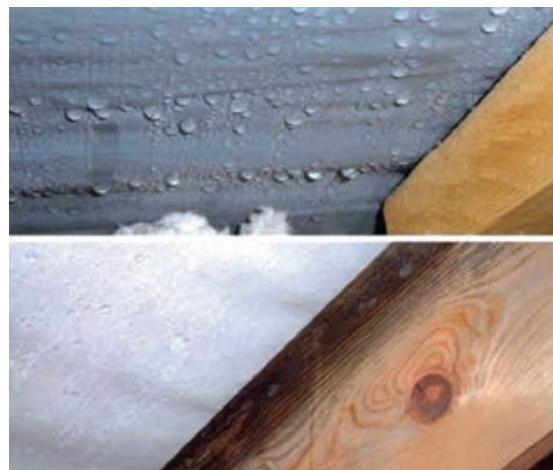
Korištenje PE folija za ovu namjenu SE NE PREPORUČUJE zbog toga jer imaju malu vlačnu čvrstoću i čvrstoću na probijanje te zbog toga jer se ponašaju kao parne brane (imaju visok otpor difuziji vodene pare, S_d – vrijednost).

Zbog tog visokog otpora difuziji vodene pare može se dogoditi da zapravo one uzrokuju građevinsku štetu uslijed kondenzacije vodene pare.

Niska cijena PE folija razlog je njihove česte primjene, ali, na žalost, u svrhu kojoj nisu primjerene, što može rezultirati velikim štetama.

Nekoliko kriterija koji su u praktičnom smislu vrlo važni kod folija za paropropusno-vodonepropusne barijere su:

- **dinamička vodonepropusnost** postavljene folije – u slučaju jakih pljuskova prije oblaganja zgrade završnom oblogom
- **vodonepropusnost na mjestima prodora čavala** kojima je folija pričvršćena na konstrukciju. Budući da je vodonepropusnost jedan od najvažnijih zahtjeva koji se postavljaju pred paropropusno-vodonepropusne folije, a svaka se folija pričvršćuje desecima čavala na konstrukciju, proizlazi da je na mjestima proboja nužno osigurati nepropusnost. Ta vodonepropusnost osigurava se slojevima hidrofobnog ljepila koji se na mjestima proboja obavijaju oko čavla i blokiraju prodor vode. Zbog toga kod ovih folija nije potrebno koristiti postavljanje butilnih traka ispod potkonstrukcije.
- **otpornost krovnih folija na sredstva za zaštitu drveta** - danas se zbog brzine građenja drveni dio krovne konstrukcije sve češće zaštićuje zaštitnim sredstvima u posljednji trenutak, pa je prilikom postavljanja krovne folije velika vjerojatnost da će zaštitno sredstvo doći u dodir s folijom. To može dovesti do kontakta sredstva s paropropusnom membranom i gubitka osnovnih svojstava folije. Visoka otpornost na zaštitna sredstva postiže se slojevima hidrofobnog ljepila koji ujedno brane prolaz sredstava do paropropusne membrane.



Slika 3-61 Primjer kondenzacije vodene pare na neprikladno odabranoj foliji paropropusno-vodonepropusne barijere drvene kuće [92]

Ako se koriste tankoslojne žbuke u sklopu ETICS sustava kao paropropusno-vodonepropusne barijere, potrebno ih je izraditi u skladu s projektom i preporukama proizvođača ETICS sustava. Ovo je obavezno

jer korištenje, primjerice, mineralnih žbuka omogućuje nesmetanu difuziju vodene pare s obzirom na to da su takve žbuke paropropusne. S druge strane, upotreba akrilnih (organskih) žbuka sprečava difuziju vodene pare jer one djeluju kao parne zapreke. Tako je, primjerice, dopušteno koristiti mineralne žbuke na toplinsku izolaciju od mineralne vune ili drvenih vlakana, ali NIJE dopušteno koristiti akrilnu žbuku na takvu toplinsku izolaciju.

3.2.1.4 Ventilirane fasade

Ventilirane fasade su sustavi vanjske ovojnice zgrade u kojima postoji sloj ventiliranog zraka između obloge i toplinske izolacije. Osnovni princip ove fasade je efekt dimnjaka, jer se topliji zrak u zračnom sloju diže i izlazi na gornjem otvoru fasade. Ovakav tip fasade poznat je pod nekoliko naziva, kao što su vjetrena fasada, prozračivana fasada, samoventilirana fasada ili fasada sa zračnim slojem i oblogom, straga provjetravana fasada. Ventilirane fasade se smatraju najučinkovitijim sustavima za istodobno rješavanje problema toplinske izolacije zgrade, smanjenje utjecaja toplinskih mostova, kao i problema uzrokovanih kondenzacijom vodene pare, čime se postiže optimalno termohigrometrijsko ponašanje zgrade. Za razliku od monolitnih zidova, fasadni sustavi s višestrukim ovojnicama su kompleksniji, teži za montažu i zahtijevaju finije podešavanje za postizanje bolje toplinske izolacije.

Posebni slučajevi ovakvih konstrukcija su ventilirane fasade, kod kojih je jedan od slojeva zrak i pri čemu je vanjski sloj odvojen od samog sustava zida. U tom se slučaju višak vode u obliku tekućine može eliminirati gravitacijskim otjecanjem, a vlaga u obliku vodene pare koja dolazi iz zgrade i ona iz vanjskog prostora može se evakuirati strujanjem zraka. Dodatno, sloj ventiliranog zraka omogućuje prekid kapilarnog upijanja vlage u poroznim materijalima, a time smanjuje utjecaj prodora vlage u konstrukciju te izjednačuje pritiske na fasadu, odnosno omogućuje sušenje toplinskoizolacijskog materijala i, posljedično, dulji životni vijek vanjskih zidova, pa i same zgrade.

Ventilirana fasada, osim utjecaja na smanjenje potrošnje energije u zgradama (smatra se da se iza završne obloge može postaviti do 30 cm toplinske izolacije), smanjuje i utjecaj izravnog Sunčeva zračenja, kao i lošeg vremena, na same zidove, čime ih štiti od negativnih utjecaja (patologija) koje djeluju na tradicionalne fasadne sustave.

Ventilirana fasada je sustav gradnje vanjskog zida kuća, sastavljen od nosive potkonstrukcije na koju se slaže fasada, sloja mineralne vune za toplinsku izolaciju i prostora za ventilaciju. Svi dijelovi imaju strogi raspored i ulogu unutar sustava te ih se nikako ne smije miješati.

Ventilirane fasade u širem smislu mogu biti dvostruke fasade s mehaničkom ventilacijom ili su samo ventilirane sa slobodnom cirkulacijom zraka provjetranjem.

Drveni se zidovi s ventiliranom fasadom izvode na isti način kao i zidovi s kontaktnom fasadom (ETICS sustavom) s vanjske strane, osim što se umjesto ETICS sustava izvode (gledajući iznutra prema van) toplinska izolacija, paropropusno-vodonepropusna folija, zračni sloj te završna obloga.

Drvena ventilirana fasada (drvena potkonstrukcija i drvena obloga) mogu se postavljati i na druge vrste nosive konstrukcije, primjerice zidanu, armiranobetonsku itd. (*slike 3-62 i 3-63*).



Slika 3-62 Drvena potkonstrukcija ventilirane fasade na zidanoj konstrukciji [261]



Slika 3-63 Drvena potkonstrukcija ventilirane fasade na AB zidu [262]



Slika 3-64 Ugradnja ploča toplinske izolacije između nosača potkonstrukcije ventilirane fasade [263]



Slika 3-65 Ugradnja toplinske izolacije s vanjske strane upuhivanjem u međuprostor između zida i paropropusno-vodonepropusne folije [261]

Pri tome se toplinska izolacija može izvoditi s mekanim izolacijskim materijalima (mineralne vune, drvena vlakna), upuhivanom izolacijom ili pak korištenjem tvrdih ploča toplinske izolacije (kombi-ploče, drvena vuna...), kao što je prikazano na slikama 3-64 i 3-65.

Zračni sloj postiže se izvođenjem potkonstrukcije, koja može biti i metalna, ali je kod drvenih kuća i potkonstrukcija najčešće drvena (slika 3-66). Glavna funkcija potkonstrukcije je prijenos težine svih elemenata fasade te svih statičkih i dinamičkih opterećenja od vanjskih utjecaja na fasadu, posebno vjetra.



Slika 3-66 Potkonstrukcija i zračni sloj ventilirane fasade [264], [263], [265]

Završna obloga ventilirane fasade drvenih kuća najčešće je također drvena, ali može biti izvedena i kao metalna, kamena ili od drugih materijala, ovisno o želji investitora i/ili arhitekta (slika 3-67).



Slika 3-67 Primjeri završne obloge ventilirane fasade drvene kuće; drvena i metalna obloga [248], [245]

Uloga tzv. kišne brane u obliku paropropusno-vodonepropusne folije objašnjena je u poglavlju 3.2.1.3 ovog priručnika te u Priručniku za krovopokrivače, zbog toga se ovdje neće detaljnije obrađivati. Da bi paropropusno-vodonepropusna folija ispunila svoju izvornu namjenu (da ne propušta vodu), ona treba biti kontinuirana (nastavci folija izvedeni s preklopom od barem 10 cm i međusobno zalijepljeni), odnosno detalji moraju biti pravilno zabrtvljeni (tablica 3-6). Osim kontinuiteta, ona mora biti i propusna za vodenu paru, što često nije ispunjeno ako se ne koriste specijalni materijali, nego se koriste, primjerice, PE folije (slika 3-68).



Tablica 3-6 Primjer postavljanja paropropusno-vodonepropusne folije na drvenu potkonstrukciju ventilirane fasade drvene zgrade [266]



Slika 3-68 Pogrešna izvedba kišne brane korištenjem PE folije [267], [268]

Zračni sloj – prostor za ventilaciju regulira prijenos topline na zidove i omogućava brzo isparavanje vode (slika 3-68) te zbog ventilacije izolacija ostaje suha i optimalno učinkovita.



Slika 3-69 Ostvarenje zračnog sloja letvicama drvene potkonstrukcije [266], [265]

Obloga fasade, završni sloj – štiti fasadu od atmosferilija te doprinosi zvučnoj izolaciji zgrade. Ako se upotrebljava drvena vanjska obloga, zbog male mase znatno je ubrzan proces gradnje i smanjeno je opterećenje na nosivu konstrukciju. Proizvedena je i postavljena tako da zadovoljava sve zahtjeve statike i estetike. Slika 3-70 prikazuje primjer drvene fasadne obloge na zgradi od drva.



Slika 3-70 Drvena fasadna obloga na kišnoj brani [269], [270]

Drvena fasadna obloga primjerena je kako stambenim, tako i javnim zgradama, a može se postavljati na svaku vanjsku stijenu, na novu ili postojeću zgradu. Montira se na drvenu potkonstrukciju pričvršćenu na nosivu konstrukciju, u rasteru ovisnom o vrsti toplinske izolacije. Kvalitetu drvene fasade određuju pravilan odabir vrste drva, precizna ugradnja i stručna izvedba detalja. Ako se poštuju načela zaštite drvenih konstrukcija i činjenica da drvena fasada treba biti ventilirana, trajnost te fasade bit će zadovoljavajuća. Zbog svoje velike prirodne otpornosti na vremenske utjecaje, za drvene se fasade najviše koristi drvo ariša.

Osnovna pravila kod postavljanja drvene fasade:

- Treba spriječiti da voda prodire u drvo i da se dulje u njemu zadržava (drvo se mora kvalitetno zaštititi, a ako se navlaži, potrebno je kvalitetno sušenje).
- Svi čelni presjeci moraju biti pokriveni i zabrtvljeni. Zaštićene moraju biti sve rubne plohe. Utore, rupe i otvore na površini treba izbjegavati, a nepoželjne su i otvorene sljubnice, gdje se voda može zadržavati, kapilarno prodirati u dubinu i nakupljati se u materijalu.
- Preporučuje se sve horizontalne plohe koso položiti prema van pod kutom od 13 do 15 stupnjeva.
- Spojevi vanjskih ploha trebaju biti širi od 5 mm da se u njih kapilarno ne uvlači voda, a oni vodoravno položeni su ukošeni nadolje prema van tako da brid gornje plohe služi kao okapnica. Reške na spojevima fasadnih ploha trebaju biti pokrivene letvicama, a najbolje je rešku u dubini brtviti trajno elastičnim kitom.
- Mora se osigurati prostorni rad drveta zbog promjena temperature i vlage. Reške moraju biti veće od procijenjene veličine mogućeg bubrenja, a preklopi ne smiju biti dvostruko zabijeni ili lijepljeni. Spojevi na pero i utor trebaju omogućiti širenje i stezanje pera.

Drvene se fasade najčešće izvode od drvenih letvica, dasaka ili drvenih ploča, a način izvedbe opisan je u nastavku teksta.

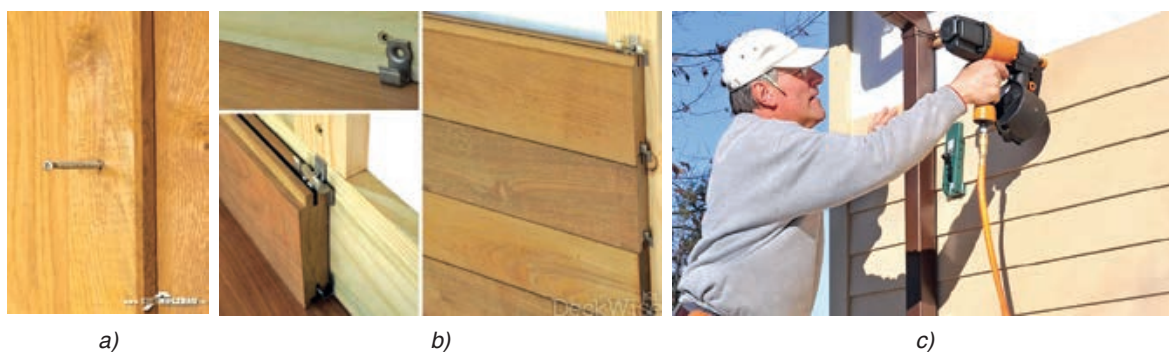
Oblaganje letvicama i daskama

Letvice i/ili daske se postavljaju vertikalno ili horizontalno (*slika 3-71*), debljine su minimalno 15 do 20 mm, s time da su deblje daske dimenzijski stabilnije.



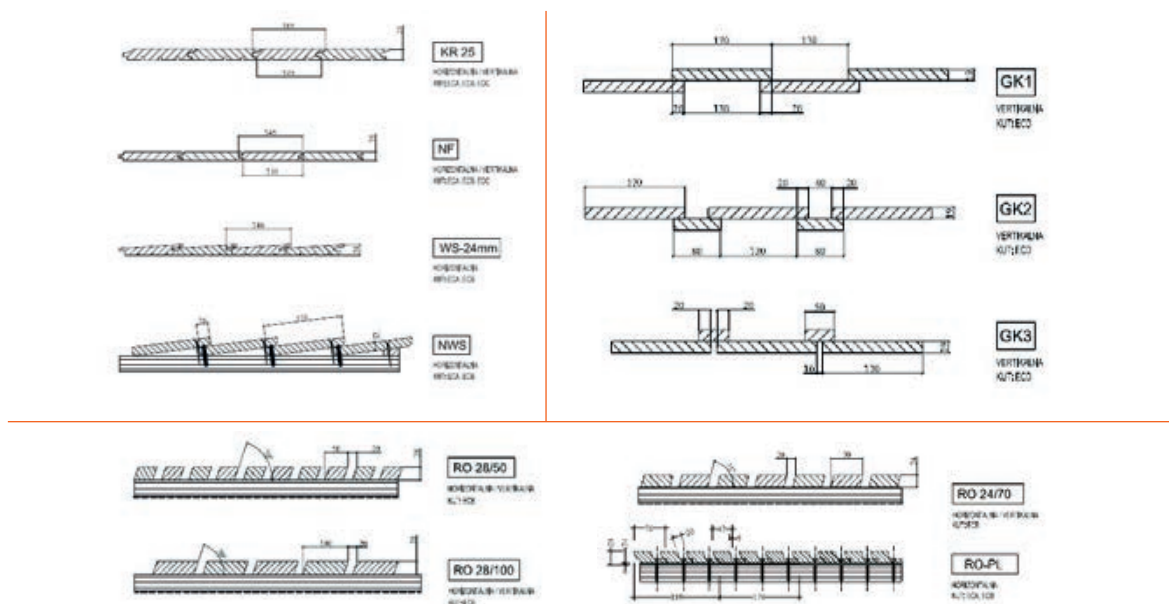
Slika 3-71 Primjeri oblaganja daskama i letvicama [245], [266]

Vertikalnim polaganjem lakše sprečavamo prodor vode. Vodoravne daske moraju biti profilirane jer je nalijeganje običnih dasaka slabo. Najčešće se daske spajaju perom i poluutorom ili utorom. Kod vertikalnog i kod horizontalnog polaganja čelne plohe moraju biti zaštićene brtvenim masama i premazima. Pričvršćenje se najčešće izvodi nehrđajućim vijcima ili čavlima (*slika 3-72*), tako da vijak prolazi kroz samo jednu dasku na preklopu. U slučaju spoja perom i utorom pribija se samo pero donje daske na razmaku od najviše 60 cm po duljini daske, a čavle je uputno upustiti u dasku te naknadno zabrtviti trajno elastičnim kitom.



Slika 3-72 Načini pričvršćenja drvene vanjske obloge: **a)** pričvršćenje vijkom za drvo; **b)** nevidljivo vješanje; **c)** pričvršćenje pribijanjem [271], [272], [273]

Daske obloge razlikuju se po obliku, odnosno profilu. Moguće je izabrati osnovne tipove obloge (*slika 3-73*), koji u kombinaciji s različitim načinima polaganja (horizontalno, vertikalno, koso) nude brojne oblikovne mogućnosti (*slika 3-74*).



Slika 3-73 Tipovi drvenih fasada od dasaka i letvica [224]



Slika 3-74 Tipovi drvenih obloga: KR-25; NWS ;WS-24; GK 2 ;RO 28/50 (oznake – slika 3-73) [274]

Oblaganje drvenim pločama

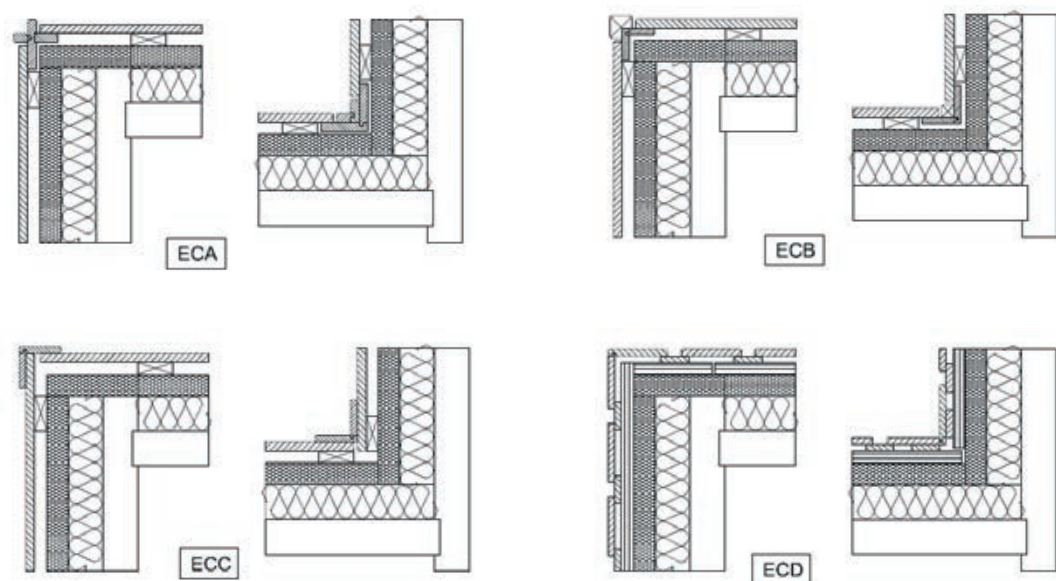
Kod oblaganja drvenim pločama (*slika 3-75*) traži se pomno izvedena zaštita od UV zračenja i zaštita od vlage jer su osjetljivije na njihovo djelovanje nego cjelovito drvo, a to se posebno odnosi na njihove rubne plohe. Ponekad je potrebno premazivanje i leđne površine. Konstrukcijski detalji drvenih ploča ne dopuštaju vrlo oštre rubove jer su mehanički najosjetljiviji i redovito se oštećuju. Ploče je potrebno spajati vijcima, koje treba upustiti ili učvrstiti preko širokih brtvljenih podložnih pločica.



Slika 3-75 Primjeri oblaganja drvenim pločama [67], [275]

Kutni završeci

Ovisno o tipu fasadne obloge, odabiru se kutni završeci. Kutni završeci (*slike 3-76 i 3-77*) kod horizontalnih fasada zatvaraju čela drvene obloge, a kod vertikalnih fasada imaju funkciju povezivanja fasada preko kuta.



Slika 3-76 Oblici kutnih završetaka [224]



Slika 3-77 Fotografije nekih oblika kutnih završetaka [67], [276], [277], [278]

Podnožje kod drvene završne obloge

Drvena obloga izložena je izravnom zapljuskivanju, a u podnožju drvo se moči i vodom odbijenom od tla te vlagom uz raslinjem pokrivene plohe uz pročelje, pa je treba na odgovarajući način zaštititi od propadanja i redovito održavati. Zbog toga je općeniti savjet da drvena završna obloga ne ulazi u zonu prskanja te da se izvodi podnožje zgrade. Najmanja visina na koju bi drvena obloga zgrade trebala biti odignuta od tla je 40 cm (slika 3-78).

Ako se investitor ili arhitekt ipak odluče za izvedbu drvene završne obloge do tla, potrebno ju je izvesti na način koji omogućuje djelomičnu zamjenu nakon dotrajavanja ili je moguće izvesti drenažni kanal oko zgrade te ugraditi metalnu rešetku kako bi se smanjilo prskanje (slika 3-79). Ukoliko se podnožje zgrade izvede nepravilno, vrlo će brzo doći do diskoloracije fasade, a zatim i do rasta gljivica, odnosno truljenja završne obloge (slika 3-80).



Slika 3-78 Prikaz vertikalne završne obloge s izvedenim podnožjem [217]



Slika 3-79 Prikaz vertikalne završne obloge bez podnožja, ali s izvedenim drenažnim kanalom [279]



Slika 3-80 Prikaz vertikalne završne obloge bez izvedenog podnožja; promjena boje drva vidljiva je već nakon kratkog vremena [217]

Za perimetarnu toplinsku izolaciju primjenjuju se materijali koji ne upijaju vodu, kao što je, na primjer, XPS. Prije polaganja izolacijskih ploča za podnožja, mora se izvesti hidroizolacija. Potrebno je utvrditi je li hidroizolacija izvedena na propisani način jer o tome ovisi učinkovitost i ispravnost postupka lijepljenja izolacijskih ploča za podnožja. O nalijeganju drvenih zidova na podne ploče prizemlja i detaljima podnožja podrobnije se govorilo u *poglavlju 3.1*.

Ako se drvena obloga izvodi iznad terase, balkona ili kosog krova, potrebno se pridržavati istih principa gradnje kao i u slučaju podnožja.

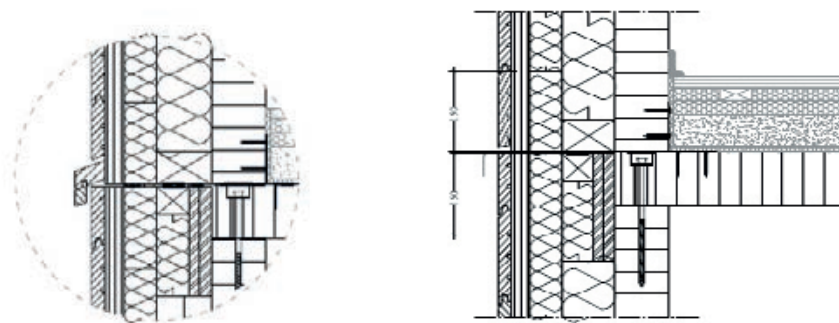
Međukatni spoj kod drvene fasadne obloge

Kao i kod kontaktnih fasada, i kod ventiliranih fasada međukatni spoj može se izvoditi s okapnicom ili bez nje (*slika 3-81*). Međukatni spoj s okapnicom izvodi se ako strop razdjeljuje različite požarne sektore zgrade, gdje onda služi kao barijera za zaštitu od širenja požara po fasadi na gornje katove zgrade, a propisan je u odgovarajućoj regulativi koja se bavi zaštitom od požara u zgradama.

Međukatni spoj drvene fasade može se izvesti s aluminijskom okapnicom ili drvenom dilatacijskom letvom (*slika 3-82*), koja teče po opsegu zgrade i ima funkciju zaštite od prodora vode u konstrukciju, također i u varijanti s preklopom fasadnih obloga, jednom preko druge.



Slika 3-81 Fotografije drvenih kuća s drvenom oblogom ventilirane fasade s okapnicom i bez nje na međukatnom spoju [245]



Slika 3-82 Vertikalni presjek vanjskog zida sa završnom drvenom oblogom u visini stropa te drvenom i metalnom okapnicom [224], [280]

Osiguranje ventilacije

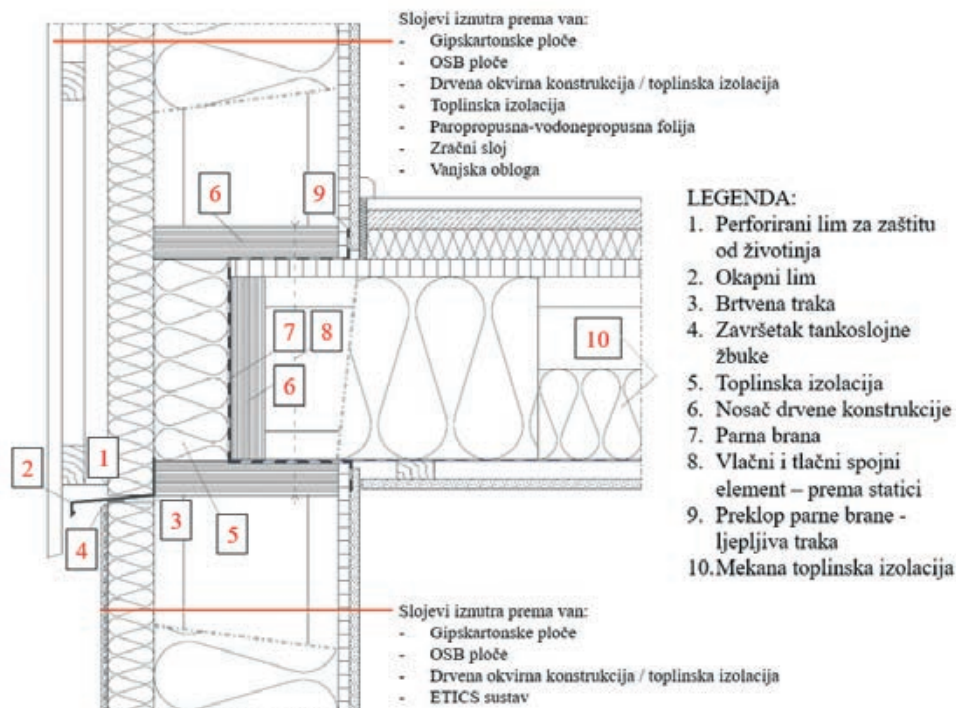
Pri izvođenju ventilirane fasade vrlo je važno osigurati učinkovitu ventilaciju zračnog sloja, što se postiže ugradnjom perforiranog lima za osiguranje ventilacije pri vrhu zgrade, a kako bi se spriječio ulazak ptica, gamadi i insekata (slika 3-83).



Slika 3-83 Prikaz ugradnje perforiranog lima za osiguranje postizanja ventilacije [281], [282], [283]

Prijelaz s ventilirane na kontaktnu fasadu

Iz estetskih razloga i želja investitora, često se na pročeljima drvenih zgrada rade kombinacije kontaktne fasade (ETICS sustava) i ventilirane fasade (s drvenom ili nekom drugom oblogom). Kod detalja prijelaza s ventilirane fasade na ETICS sustav potrebno je na odgovarajući način riješiti detalje kako bi se spriječio ulazak vode u slojeve vanjske ovojnice, odnosno kako bi se spriječila građevinska šteta (slika 3-84).





Slika 3-84 Detalj i fotografije prijelaza s ventilirane fasade na ETICS sustav [246], [245], [284]

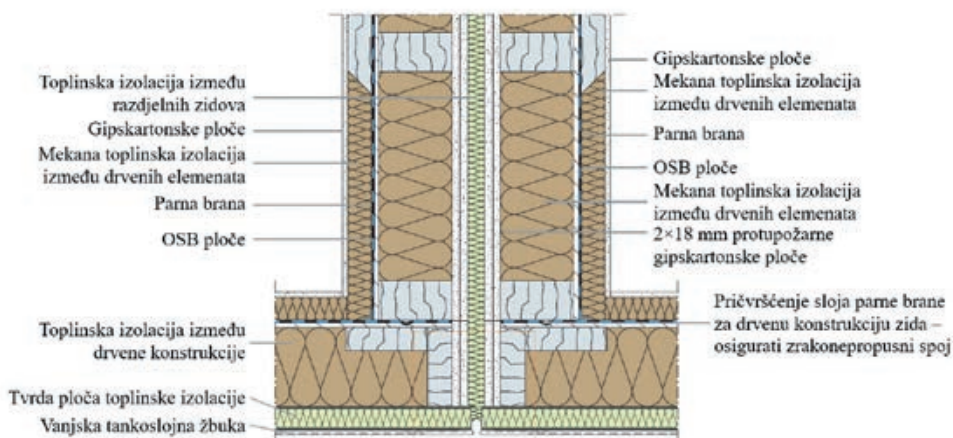
3.2.1.5 Zaštita od požara

Kod drvene gradnje, kao i kod svih ostalih zgrada, potrebno se pridržavati regulative o zaštiti od požara te izvoditi zgrade tako da se spriječi širenje požara u zgradi (slika 3-85).



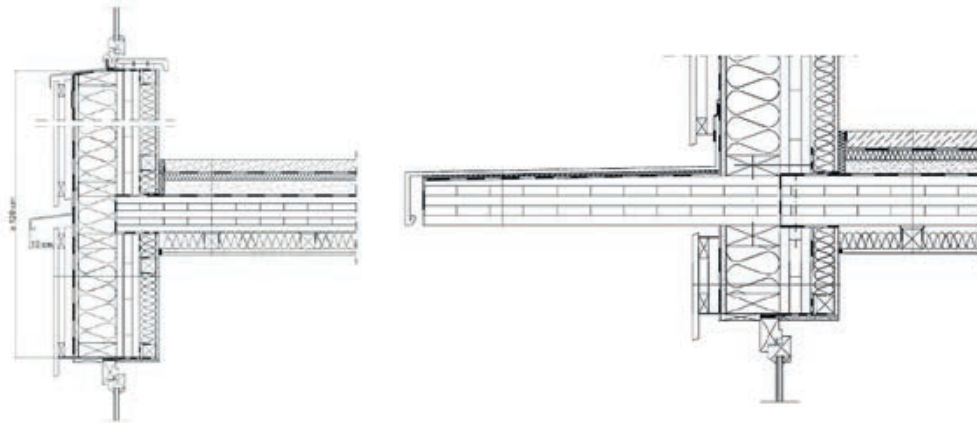
Slika 3-85 Primjer požara koji su se proširili po fasadi drvene zgrade [285]

Ako je predmetna zgrada razdjeljena na nekoliko požarnih sektora, razdjelne zidove između dva požarna sektora potrebno je odvojiti na ispravan način (slika 3-86). Pri tome međuprostor između dva zida (koji je veći od 5 cm) mora biti u potpunosti ispunjen mineralnom vunom.



Slika 3-86 Detalj spajanja razdjelnog zida požarnih sektora i vanjskog zida kod drvene zgrade [216]

Vertikalno širenje požara (na gornje katove zgrade) kod drvenih se zgrada s ventiliranom fasadom može spriječiti na dva načina – okapnicom ili nadstrešnicom dužine barem 80 cm (slika 3-87).



Slika 3-87 Detalji spajanja međukatne konstrukcije između dva požarna sektora i vanjskog zida kod drvene zgrade

3.2.2 Unutarnja izolacija drvenih zidova


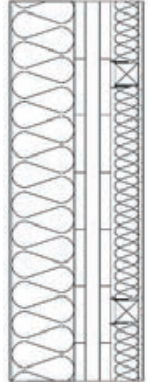
Unutarnja se izolacija kod drvenih zgrada postavlja ako vanjski izgled drvene kuće mora biti vidljiv, što je čest slučaj ako se pri gradnji koristi neki od sustava masivnih stijena (križno lamelirane ploče, grede, platice, oblice ili poluoblice).

Dodatno, toplinska izolacija postavlja se s unutarnje strane i u tzv. instalacijski sloj, koji služi za razvode električnih instalacija, instalacija grijanja i ventilacije po zgradi (slika 3-88).

Ostali razlozi zbog kojih je moguće izvoditi unutarnju izolaciju je zaštita od požara, zaštita od buke (tablica 3-7), smanjenje utjecaja toplinskih mostova ili pak toplinska izolacija zgrada u kojima se ne može ili ne smije dirati fasadu s vanjske strane.



Slika 3-88 Prikaz instalacija u drvenoj kući [286], [287]

Presjek zida	Slojevi zida	Otpornost na požar	Zvučna izolacijska moć	U-vrijednost
	<ul style="list-style-type: none"> - Gipskartonske ploče 1,25 cm - Ploča od lijepljenog lameliranog drva 8 cm - Kamena vuna 14 cm - Vanjska žbuka 0,4 cm 	REI 60	39 dB	0,23 W/m ² K
	<ul style="list-style-type: none"> - Gipskartonske ploče 1,25 cm - Mineralna vuna 6 cm - Metalna potkonstrukcija - Ploča od lijepljenog lameliranog drva 10 cm - Kamena vuna 14 cm - Vanjska žbuka 0,4 cm 	REI 120	49 dB	0,18 W/m ² K

Tablica 3-7 Usporedba karakteristika otpornosti na požar, zvučne izolacije i U-vrijednost masivnog drvenog zida s unutarnjom izolacijom i bez nje

Detaljno se o postavljanju unutarnje izolacije može pročitati u Priručniku za montere suhe gradnje te Priručniku za zidara, tako da se ovdje to neće detaljno obrađivati.

Općenito se može reći da se za unutarnju izolaciju može koristiti cijeli spektar toplinskoizolacijskih materijala, a sam odabir ovisi o specifičnoj situaciji i prilikom izvođenja radova potrebno se konzultirati sa specijalistima (inženjerima). Odabir materijala i sustava mora biti takav da se ne ugrozi sigurnost korisnika u slučaju požara, da se ne uzrokuje građevinska šteta te da se koristi minimum korisne stambene površine.

Kako bismo izbjegli pojavu "toplinskih mostova" u izolacijskoj konstrukciji, dobro je unaprijed pripremiti odgovarajuću dvoslojnu drvenu ili metalnu konstrukciju u koju se onda ugrađuje dvoslojna toplinska izolacija.

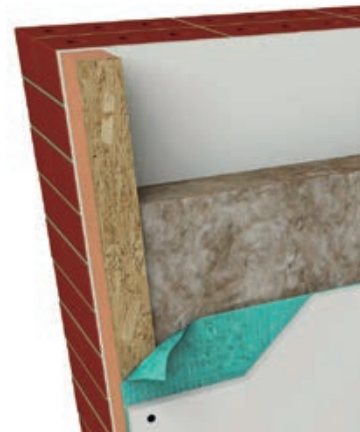
Ako se izvodi potkonstrukcija, koja se ispunjava mineralnom vunom, ona može biti drvena, metalna ili pak od polimernih (“plastičnih”) nosača, pri čemu je svakako bolje koristiti drvene ili “plastične” nosače koji smanjuju utjecaj toplinskih mostova, a usto se ispod nosača potkonstrukcije dodatno mogu koristiti i materijali za prekid toplinskog mosta (slika 3-89 do 3-92). Uz to je potrebno izvesti parnu branu te ju na ispravan način preklapati i brtviti sve eventualne prodore vodovodnih i/ili električnih instalacija. Brtvljenje je potrebno izvesti odgovarajućim brtvenim trakama, kako je opisano u Priručniku za montera suhe gradnje, odnosno u zajedničkom dijelu u okviru teme osiguranja zrakonepropusnosti zgrade (slika 3-92).



Slika 3-89 Drvena potkonstrukcija za unutarnju izolaciju [288]



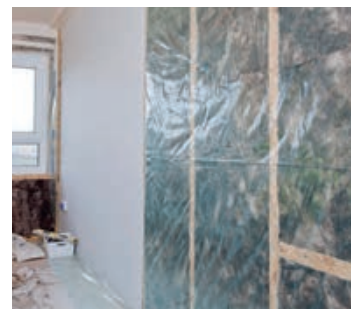
Slika 3-90 Unutarnja obloga korištenjem OSB ploča ili gipskartonskih ploča na sloj toplinske izolacije i parne brane [288]



Slika 3-91 Prikaz slojeva sustava unutarnje izolacije postojećeg masivnog zida [289]



Slika 3-92 Prikaz postavljanja toplinske izolacije od mineralne vune te postavljanje parne brane na drvenu potkonstrukciju [290], [291]



Toplinska izolacija izvodi se tako da se na unutarnje zidove koji su povezani s vanjskima nanosi sloj toplinske izolacije u širini od 1 m kako bi se spriječilo nastajanje toplinskih mostova, a time i građevinske štete u obliku gljivica i plijesni. Isti je postupak izolacije potrebno ponoviti sa stropom i podom. Kod postavljanja ovakve toplinske izolacije potrebno je u skladu s debljinom izolatora poravnati i sve prekidače i utičnice, a ovo se pravilo odnosi i na radijatore. Kad je riječ o toplinskoj izolaciji stropa od drvenih greda, potrebno je

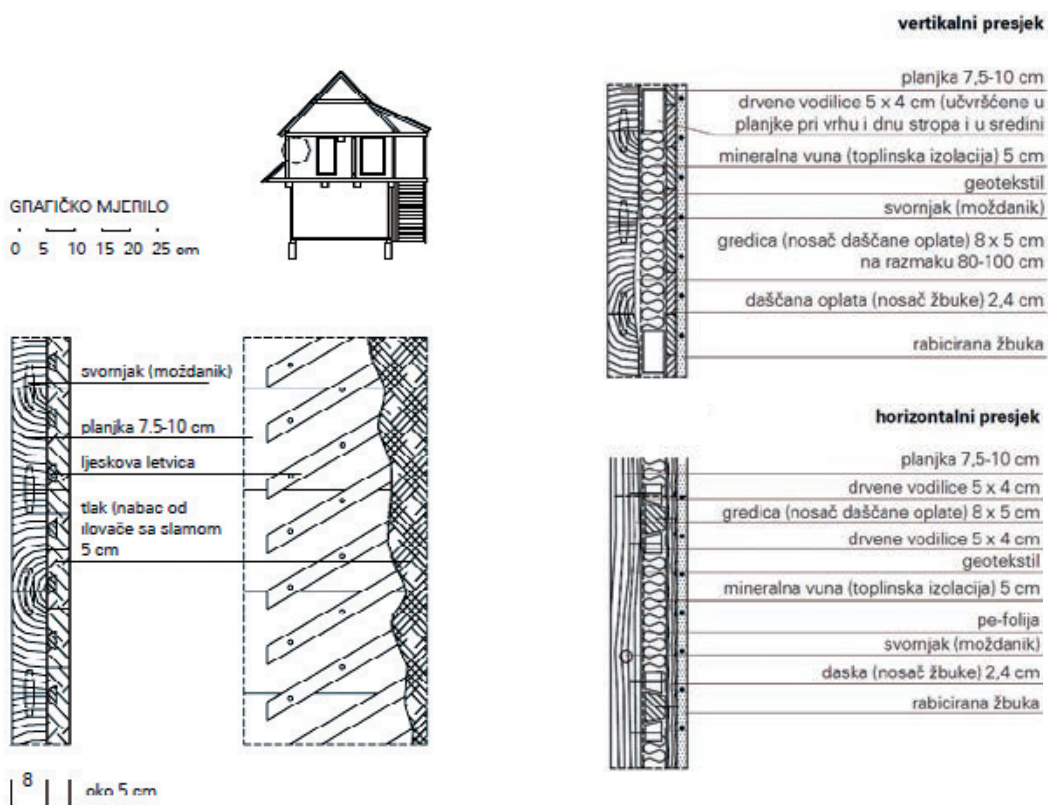
izolirati i šupljine između ležaja greda i zaštititi ih od prodora difuzne pare jer bi u protivnom grede istrule. Do njih bi, naime, dospjela vlaga jer iz unutrašnjosti izlazi difuzna para.

Vrlo je važno da su parne brane i zrakonepropusni slojevi dobro promišljeni i odgovarajuće planirani te odlično izvedeni.

Prikaz sanacije tradicijske posavske drvene kuće izolacijom iznutra

Tradicijnsko graditeljstvo vrlo je važan dio naše sveukupne kulturne baštine. Iako je najbrojnije i najrasprostranjenije, tek se u posljednje vrijeme počinje intenzivnije gospodarski vrednovati i uključivati u programe obnove i prenamjene za suvremene životne potrebe. U sklopu programa provodi se stručna obnova tradicijskih posavskih drvenih kuća.

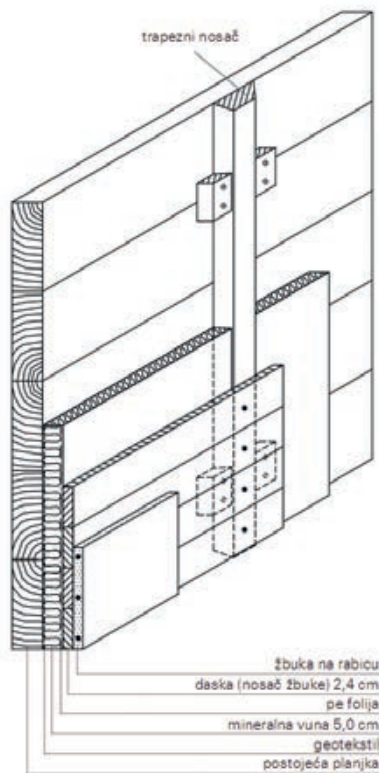
Tradicijnska posavska kuća obično je građena tako da je unutarnja obrada drvenih stijenki izvedena tradicijskom žbukom od ilovače (tlak). **Tradicijnska žbuka od ilovače (tlak)** izvodi se tako da se na hrastove planjke ukoso pribijaju šibre (presječeni ljeskovi prutovi/letvice), na koje se nabacuje ilovača koja je prije toga pripremljena gnječenjem (gaženjem). U ilovaču se dodaju pljeva i sasjeckana slama te voda sve dok se ne dobije žitka masa. Nakon nanošenja i ravnanja glinena se žbuka suši, pri čemu dolazi do njezina pucanja. Kad se osuši, glinenu je žbuku potrebno premazati glinenim mlijekom i zagladiti mokrom krpom. Suha žbuka liči se vapnom uz mali dodatak modre galice (*slika 3-93*).



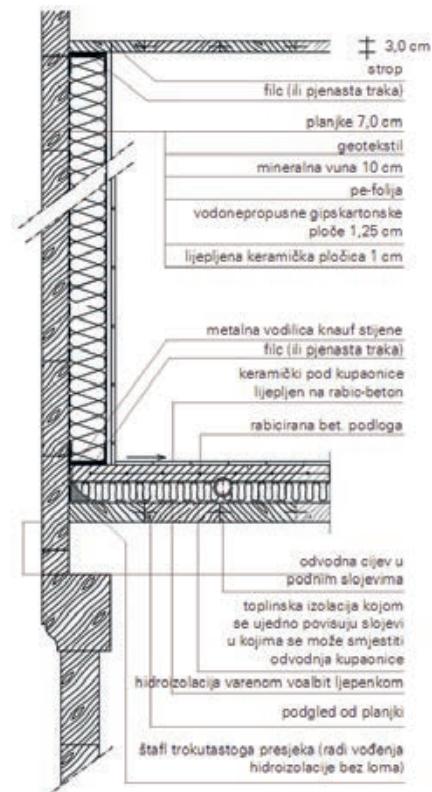
Slika 3-93 Postojeće stanje tradicijske posavske drvene kuće fasadnog zida [222]

Slika 3-94 Primjer unutarnje izolacije te izvedbe vapnene žbuke na vanjskoj stijenci, nanasene na rabiciranu daščanu podlogu [222]

Jedan način energetske obnove je izvođenje unutarnje toplinske izolacije (u potrebnoj debljini), na koju se izvodi unutarnja vapnena žbuka na stijenci od planjki (*slika 3-94*). Vapnena žbuka na stijenci od planjki izvodi se tako da se stijenka od planjki prije žbukanja pripremi pribijanjem: ljeskove šibre, trstike, žičanoga pletiva ("rabić") ili mreže od plastike. Na tako pripremljenu stijenku nabacuje se vapnena žbuka. Obično se na žbuci nakon sušenja pojavljuju manje pukotine (kao posljedica rada drveta). Te pukotine nisu posljedica nikakvog konstrukcijskog poremećaja, a mogu se vidjeti na svim starim kućama. Daščana podloga učvršćena na vertikalne gredice, koje kližu po kratkim drvenim vodilicama učvršćenima na planjku. Da daščana površina ne bi bila izložena naprezanjima zbog rada stijenske, daske se pribijaju na vertikalno postavljene nosače trapeznoga presjeka. Ti su nosači bočno pridržani kraćim vodilicama romboidalnoga presjeka zabijenima u stijenku (*slika 3-95*). Po tim vodilicama kliže vertikalni nosač, zajedno s daskama i rabiciranom žbukom na njima.



Slika 3-95 Aksonometrijski prikaz slojeva toplinski izolirane stijene s unutarnjom vapnenom žbukom na stijenci od planjki [222]



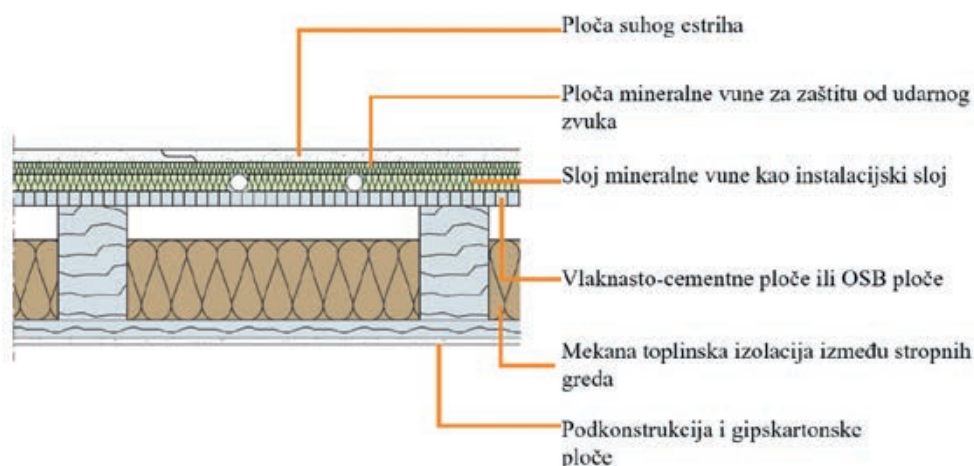
Slika 3-96 Tehničko rješenje fasadnog drvenog zida u mokrim čvorovima s izolacijom s unutarnje strane, kod tradicijskog građenja [222]

Moguće je i rješenje oblaganja unutrašnjih stijenci korištenjem gipskartonskih ploča na metalnu ili drvenu potkonstrukciju (*slika 3-96*), pri čemu se potrebno pridržavati svih pravila gradnje koja su navedena i za modernu gradnju drvom.

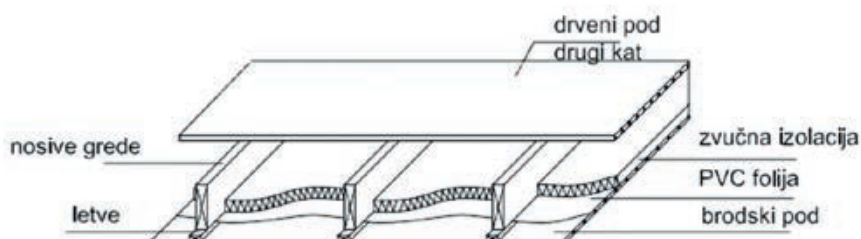
3.3 DRVENI STROPOVI I NJIHOVA IZOLACIJA

3.3.1 Osnovne karakteristike drvenih stropova

Međukatne konstrukcije na zgradama su horizontalni konstruktivni elementi koji zgradu dijele po visini na etaže ili katove i istodobno ju horizontalno ukružuju. Primaju opterećenja od ljudi i namještaja (stalno i pokretno opterećenje) te ih s vlastitom težinom prenose na oslonce, tj. na nosive zidove i stupove.



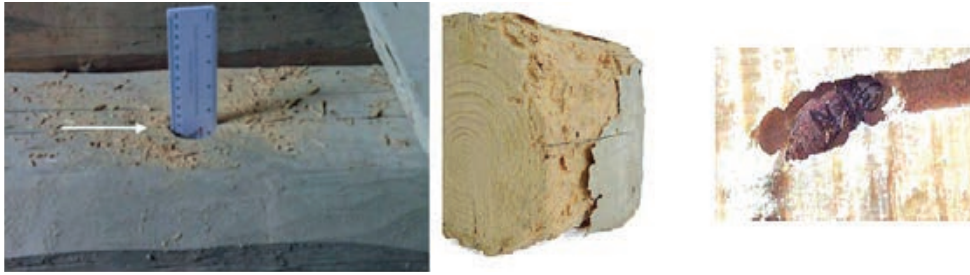
Slika 3-97 Poprečni presjek klasičnog drvenog stropa s osnovnim dijelovima [216]



Slika 3-98 Standardni pod: prostor za zvučnu izolaciju konstruiran je između greda, pozitivno, dovoljno je prostora za izolaciju [216]

Na nosivu konstrukciju (*slika 3-97*) s gornje se strane izrađuje konstrukcija poda, a s donje konstrukcija plafona, dok je prostor između nosača konstrukcije namijenjen toplinskoj i zvučnoj izolaciji (*slika 3-98*).

Prednosti drvenog stropa su što je njegova izvedba jednostavna, brza i jeftina te što je lagan i odmah nosiv. **Nedostaci** su mu mala nosivost, opasnost od požara i brzo propadanje u slučaju pojave vlage te mogućnost napada insekata (*slika 3-99*).



Slika 3-99 Površina grede s uklopljenim obodom trupca; Bjeljika je do dubine od 3,5 cm izjedena, suha i praškasta

Drveni se stropovi izvode od zdravog drva, najčešće od jelovine, borovine ili hrastovine. Materijali i proizvodi koji se koriste su tesane ili piljene grede, platice ili daske, šperploča, lamelirane grede, lamelirane ploče, križno lamelirane ploče i armirane križno lamelirane ploče.

Kod novih tipova drvenih stropova, osnovni elementi (nosiva konstrukcija) su: međukatna ploča, predgotovljeni gredni lamelirani nosači ili stropni elementi.

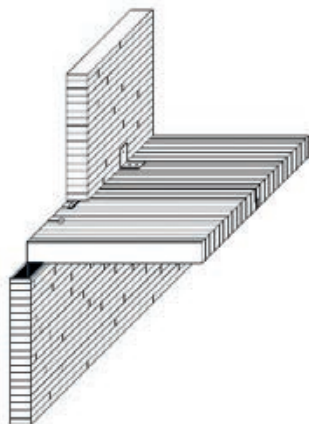
Drveni stropovi se izvode:

- u sustavima drvenih konstrukcija (cijeli sustav od drva)
- u sustavima zidanih konstrukcija (strop drveni, ostala konstrukcija masivna) (slika 3-100)

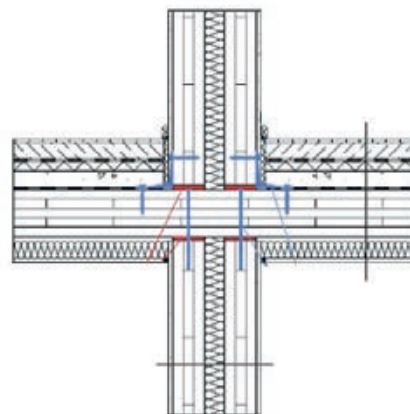


Slika 3-100 Drvena međukatna konstrukcija oslonjena na zidanu konstrukciju [292]

Međukatna ploča izvodi se od masivnih lijepljenih lamela koje su finalno brušene. Debljina ploča varira između 100 i 160 mm, a najveća širina je 1250 mm. Ploče se polažu na stijene, odnosno na nosivu konstrukciju (slike 3-101 i 3-102), s time da je moguća izvedba u kojoj je zid kontinuiran, a ploča naliježe na posebne nosače. Sudar ploča izvodi se s nalijegajućim spojem.

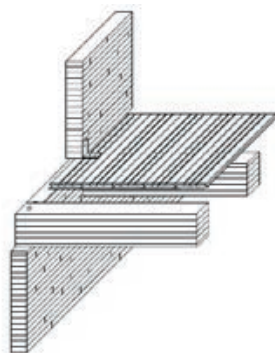


Slika 3-101 Međukatna konstrukcija s pločom [224]

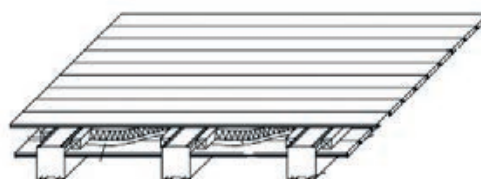


Slika 3-102 Princip spajanja ploče sa zidom

Grede su drveni lijepljeni nosači različitih presjeka, pokriveni daščanom oblogom. S donje strane su ili vidljivi u prostoru (koristi se daščana obloga finalno obrađena) ili se zatvaraju različitim oblogama, kao što su, primjerice, gipskartonske ili drvene ploče (slika 3-103 do 3-105). Dimenzije i razmak greda statički se određuje za svaki objekt posebno.



Slika 3-103 Međukatna konstrukcija s gredom [224]



Slika 3-104 Međukatna konstrukcija s vidljivom gredom i izolacijom



a)



b)

Slika 3-105 Fotografije međukatnih konstrukcija s I-gredama (a) i kvadratnim gredama (b) [293]

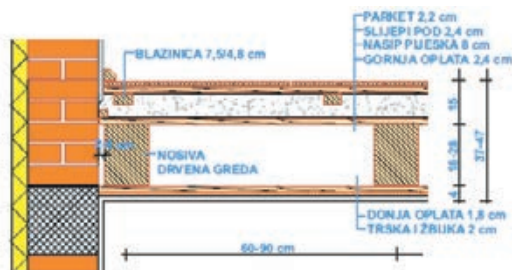
Na gornju stranu okvira pričvršćuju se ploče od drvenih vlakana, čije je funkcija povezivanje elementa. Između drvenih nosača (greda) postavlja se toplinska izolacija koja, gledajući cijeli sustav stropa, poboljšava njegovu zvučnu izolaciju. S donje strane, okomito na nosivu konstrukciju stropnog elementa, pričvršćena je drvena potkonstrukcija, koja se naknadno zatvara različitim oblogama (gipskartonske ili drvene ploče, brodski pod itd.).

Osim toplinske izolacije (u slučaju stropa prema negrijanom tavanu, ravnog krova ili pak poda prema negrijanom podrumu), međukatna konstrukcija mora biti sposobna smanjiti ili potpuno ukloniti prijenos zvuka s etaže na etažu te spriječiti prijenos požara.

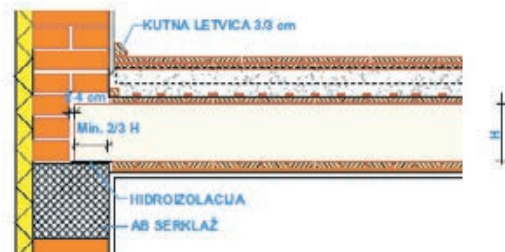
3.3.2 Karakteristični presjeci drvenih stropova u postojećim zgradama

Drveni stropovi danas su ipak najčešći kod postojećih starih zgrada (suvremene adaptacije, rekonstrukcije ili sanacije). *Slike 3-106 do 3-112* prikazuju poprečne presjeke drvenih stropova koji su se izvodili u prošlosti i koje je u Hrvatskoj moguće naći prilikom renovacije postojećih zgrada i/ili njihove energetske obnove.

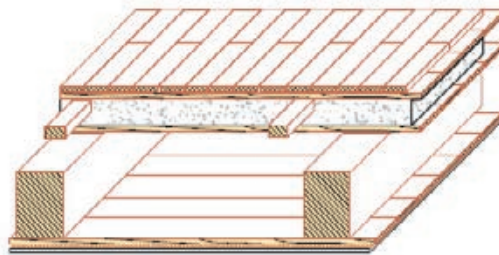
Kao što je vidljivo na slikama, zvučna zaštita ostvarivala se suhim nasipom s gornje strane, a toplinskoj i zaštiti od požara pridavala se mala važnost te one nisu sustavno rješavane kako bi međukatne konstrukcije imale što bolje karakteristike.



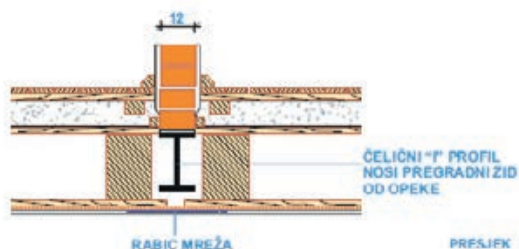
Slika 3-106 Poprečni presjek klasičnog drvenog stropa s nazivima elemenata i njihovim dimenzijama [192]



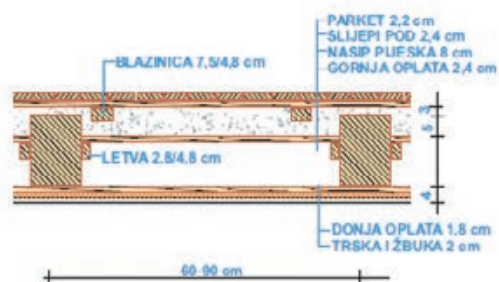
Slika 3-107 Detalj ležaja drvenog grednika [192]



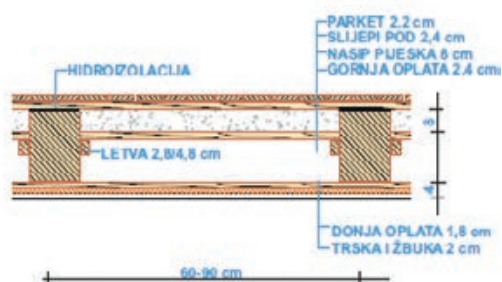
Slika 3-108 Aksonometrijski prikaz drvenog stropa [192]



Slika 3-109 Detalj izvedbe pregradnog zida kod drvenog stropa [192]



Slika 3-110 Poluupušteni drveni strop [192]



Slika 3-111 Upušteni drveni strop [192]

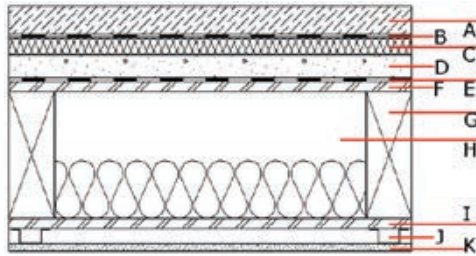


Slika 3-112 Drveni strop od platica [192]

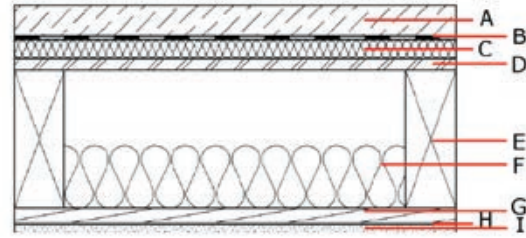
3.3.3 Moderne stropne konstrukcije od drva

U ovom poglavlju bit će prikazane moderne izvedbe međukatnih konstrukcija koje su specifično projektirane da zadovoljavaju tri osnovna zahtjeva: zaštitu od buke (udarnog i zračnog zvuka), zaštitu od požara i smanjenje toplinskih gubitaka (slika 3-113 do 3-116).

Pritom se u izvedbi energetski učinkovitih zgrada nikako ne smije zaboraviti na osiguranje kontinuiteta zrakonepropusnosti konstrukcije, kao i na smanjenje utjecaja toplinskih mostova, prema primjerima pokazanim kod spoja međukatne konstrukcije i vanjskog zida.



s nasipom



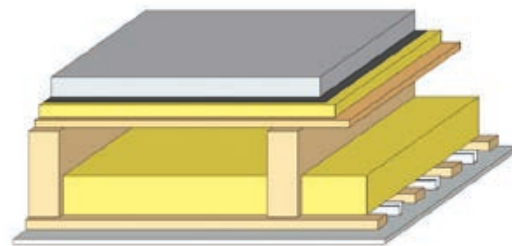
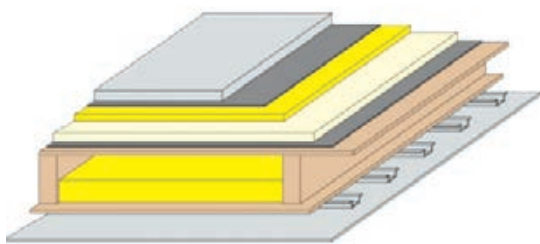
bez nasipa

LEGENDA:

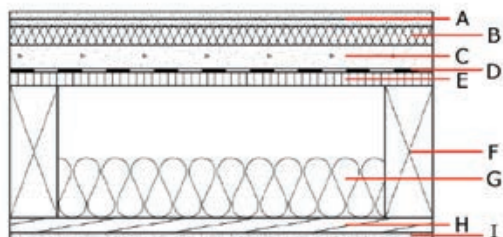
- A. Cementni estrih
- B. PE folija
- C. Zvučna izolacija od mineralne vune
- D. Suhi nasip
- E. PE folija
- F. OSB ploče
- G. Drvena greda
- H. Meka mineralna vuna
- I. Daščana oplata
- J. Stropna potkonstrukcija
- K. Vatrootporna gipskartonska ploča

LEGENDA:

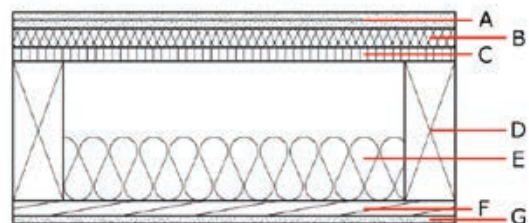
- A. Cementni estrih
- B. PE folija
- C. Zvučna izolacija od mineralne vune
- D. OSB ploče
- E. Drvena greda
- F. Meka mineralna vuna
- G. Razmaknuta daščana oplata
- H. Stropna potkonstrukcija
- I. Vatrootporna gipskartonska ploča



Slika 3-113 Drveni strop na gredama s mokrim cementnim estrihom (s nasipom i bez njega) između dva grijana prostora [294]



s nasipom



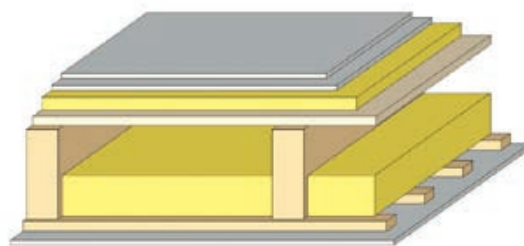
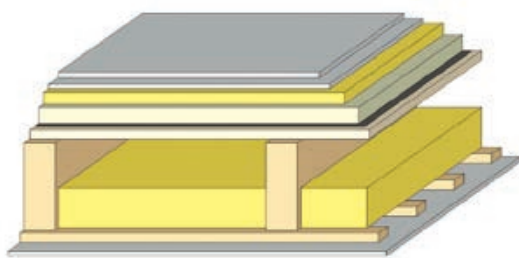
bez nasipom

LEGENDA:

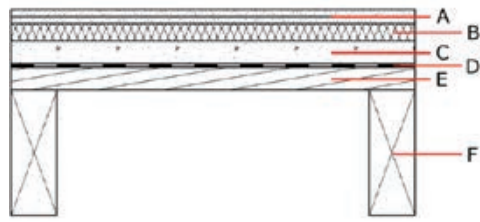
- A. Ploče suhog estriha
- B. Zvučna izolacija od mineralne vune
- C. Suhi nasip
- D. PE folija
- E. OSB ploče
- F. Drvena greda
- G. Meka mineralna vuna
- H. Razmaknuta daščana oplata
- I. Vatrootporna gipskartonska ploča

LEGENDA:

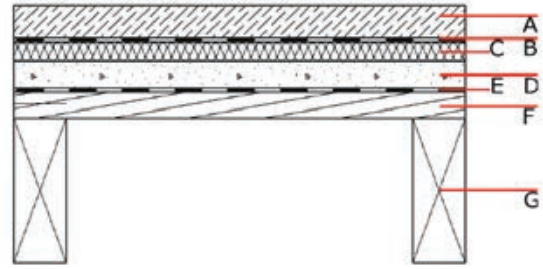
- A. Ploče suhog estriha
- B. Zvučna izolacija od mineralne vune
- C. OSB ploče
- D. Drvena greda
- E. Meka mineralna vuna
- F. Razmaknuta daščana oplata
- G. Vatrootporna gipskartonska ploča



Slika 3-114 Drveni strop na gredama sa suhim estrihom (s nasipom i bez njega) između dva grijana prostora [294]



s nasipom



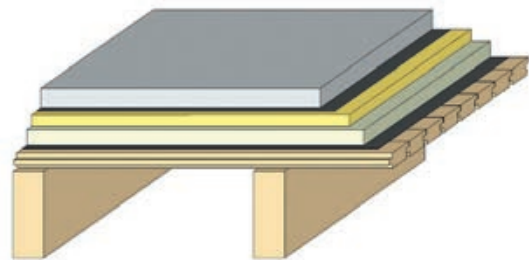
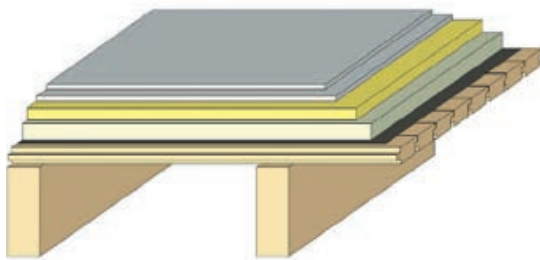
bez nasipa

LEGENDA:

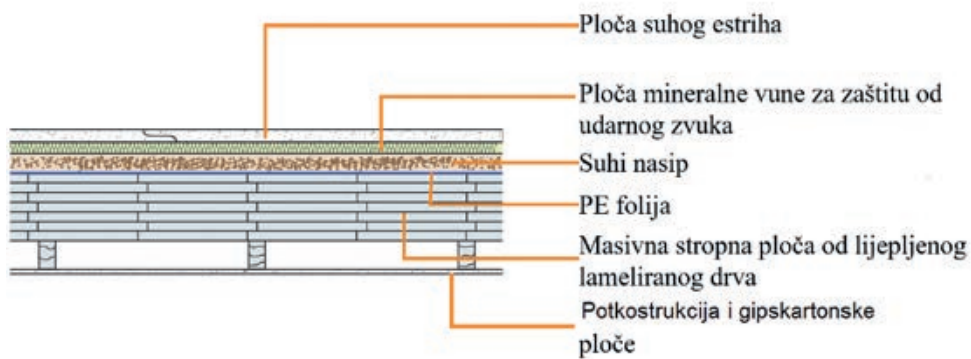
- A. Ploče suhog estriha
- B. Zvučna izolacija od mineralne vune
- C. Suhi nasip
- D. PE folija
- E. Daščana oplata
- F. Drvena greda

LEGENDA:

- A. Cementni estrih
- B. PE folija
- C. Zvučna izolacija od mineralne vune
- D. Suhi nasip
- E. PE folija
- F. Daščana oplata
- G. Drvena greda



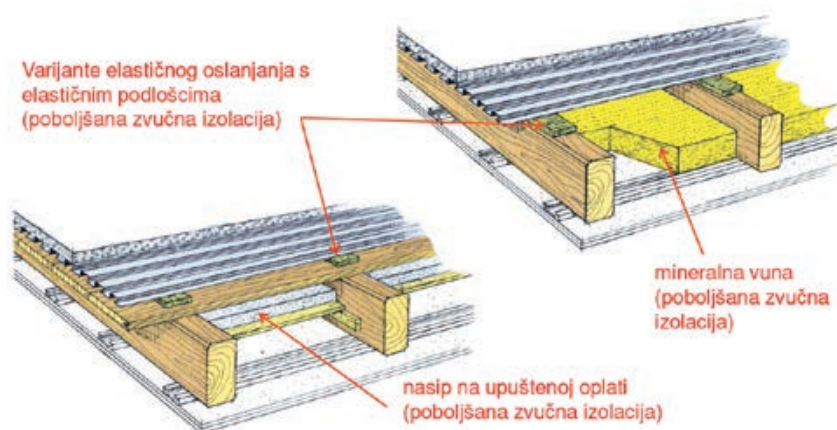
Slika 3-115 Drveni strop s vidljivim gredama sa suhim i mokrim estrihom (s nasipom) između dva grijana prostora [294]



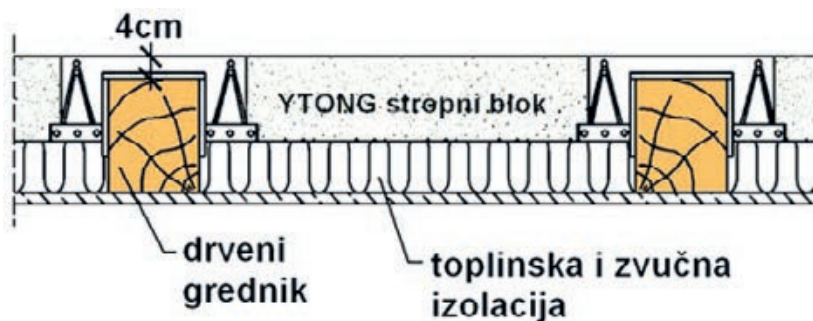
Slika 3-116 Drveni strop s masivnom stropnom pločom od lijepljenog lameliranog drva [216]

Ovisno o tome kakva je razina toplinske zaštite potrebna (ravni krov, strop prema negrijanom tavanu ili pod prema negrijanom podrumu), moguće je dodatno toplinski izolirati stropove s donje ili gornje strane odgovarajućim materijalima.

Dodatno, ovdje su prikazane specifične suvremene izvedbe drvenih stropova koje se izvode radi povećanja nosivosti stropova (kod sanacija), brže gradnje itd. (slika 3-117 do 3-119).



Slika 3-117 Drveni strop s rebrastim limom za izvedbu betonske podloge poda [13]



Slika 3-118 Drveni strop s ispunom od porobetona (tankostijene blok-opeke) i plivajućim podom [295]

Glavna je prednost spregnutog stropa (slika 3-119) to što se ne zadire u nosivu konstrukciju zidova jer se ne demontiraju grede i nema potrebe za izradom novih ležišta za gredice i sl. Tlačne se ploče izvode isključivo do zida. Nema potrebe za bilo kakvim usijecanjem u zidove, izradom niša i sl.

Sprezanjem je znatno povećana nosivost i krutost postojećeg stropa, i to na razini AB ploča. Ušteda je velika s obzirom na to da su trošak samo AB ploča s armaturom i sredstvo za sprezanje, uz uštede na cijeni demontaže drvenih greda i izradi oslonaca. Nedostatak je jedino nešto veća visina u odnosu na ostale stropove.



Slika 3-119 Spregnuti sustav drvo-beton [296]

3.3.4 Primjeri sanacije drvenog stropa

U graditeljstvu značajan udio zauzimaju rekonstrukcije i adaptacije postojećih zgrada. Atraktivne zone gradskih centara obiluju starim stambenim zgradama, uglavnom građenim početkom 20. stoljeća, koje su nerijetko i zaštićene kao kulturna dobra. U njima redovno nailazimo na stropne konstrukcije od drvenih grednika, koje su u iznimno lošem stanju. Drvene grede (često i stoljetne) su trule, a ugrađene su na teško vidljivim mjestima uz oslonce ili ispod betonskih glazura (u mokrim čvorovima kupaonica i WC-a). Nailazimo i na grede u cijelosti izjedene zbog raznih nametnika (crvotočina, gljivica, bakterija i sl).

Autentična restauracija ne odgovara današnjim standardima gradnje jer takvi podovi često škripe, previše su podatni, a često nemaju ni dovoljnu nosivost. Izolacijski slojevi, koji su najčešće bili izvedeni od šute ili pijeska, problematični su zbog prašnjavosti, zaraze i neugodnih mirisa, te su upitnih higrotermalnih svojstava. Stoga se pri planiranju obnove postavljaju dva pitanja: kako sanirati konstrukciju i podsloj tako da budu biološki konzervirani i trajni te kako izvesti novi pod.

3.3.4.1 Sanacija stropa od drvenih grednika

Ukoliko se nakon uklanjanja slojeva postojećeg poda i šute utvrdi da su grednici oštećeni crvotočinom, sanacija se provodi otklanjanjem rastočenih zona drva i njihovim pojačavanjem dodatnim daščanim elementima s gornje strane. Kemijska zaštita nije prijeko potrebna. Međutim, s obzirom na to da će podna

konstrukcija nakon izvedbe poda biti zatvorena, preporučuje se primjena kemijske zaštite protiv insekata koja bi imala represivni učinak (dakle, uništila bi eventualno žive insekte u drvu) i preventivno spriječila daljnje infestiranje drva insektima nakon zatvaranja podne konstrukcije. Ako je sadržaj vode u drvu nizak, a rizik za razvoj gljiva truležnica malen, pretpostavka je da je premazivanje fungicidno-insekticidnom otopinom dovoljno (umjesto prskanja, injektiranja ili fumigacije) da se stanje grednika potpuno biološki sanira (slika 3-123 a).

Ako je uništen samo obodni dio greda, tj. zona bjeljike, a grede su dimenzija 23 do 27 cm širine i oko 30 cm visine, glavni dio srži greda ima još dovoljnu nosivost za projektirano rješenje poda, što treba usuglasiti s projektantom. Moguće je, dakle, ukloniti oštećeni dio grednika, pri čemu se otklanjanje rastočenoga drva provodi mehanički – blanjama, ručnim postrugama ili posebnim lancima na mačevima motornih pila, a postoje i dobra iskustva pjeskarenjem. Treba napomenuti da nije potrebno otkloniti sve drvo koje pokazuje crvotočine, nego samo bjeljiku do zdrave, tvrde srževine. Kanali na otkrivenoj površini srževine bit će restriktivno kemijski zaštićeni u dovoljnoj mjeri da se spriječi razvoj zaraze eventualnim daljnjim djelovanjem larvi u drvu.

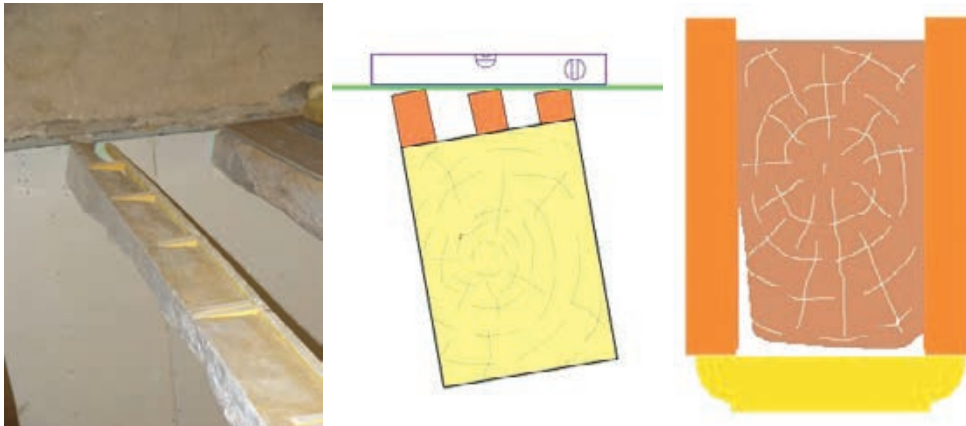
Drvne grednike moguće je s gornje strane ojačati ("potumplati") mosnicama, posebno ako se mosnice uvijanjem vežu uz grede. Moguće je pretpostaviti da bi se nosivost ovako popravljene i sanirane potkonstrukcije povećala i bila dovoljna za sva projektirana opterećenja. Ako nosivost prethodno opisanog ojačanja tumplanjem nije zadovoljavajuća, često se mehaničko ojačanje grednika provodi čeličnim traverzama koje se montiraju na bočne strane greda. Prednost ovog načina ojačanja jest u tome da se razina gotova poda ne mijenja, a traverze se relativno lagano upuste u nosive zidove bez narušavanja statike zgrade. Usad traverze u zid svakako treba izvesti upeto, dakle zalijevanjem u beton, kako bi se sva opterećenja konstrukcije prenosila preko krutoga spoja na zid. Kod zahtjevnijih sanacija čak je moguće izvesti spoj drvenih greda, traverzi i metalnih spajala na taj način da se specijalna spajala ostave izdignutima iznad gornje ravnine greda. Naknadno se lijevanjem armiranobetonske ploče, u koju su uklopljena metalna spajala greda, načini spregnuta drvno-betonska konstrukcija koja ima odlična svojstva nosivosti i dimenzijske stabilnosti.

Ako su postojeće drvene grede prognute, potrebno ih je tumplanjem izravnati. Progib od 0,5 do 1,0 % općenito se ne smatra problematičnim, ali za ovo je potrebno tražiti potvrdu ovlaštenoga građevinskog inženjera. Ovakvo izravnanje je prikladno ako grede nakon izvedene sanacije neće biti vidljive.



Slika 3-120 Primjer izravnanja progiba postojeće drvene grede [297]

Slika 3-121 prikazuje način izravnanja i maskiranja (ako je potrebno) izvijene grede.



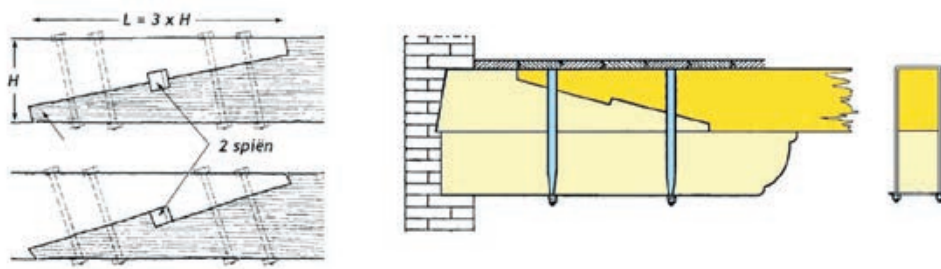
Slika 3-121 Primjer izravnanja izvijanja postojeće drvene grede [297]

Uklonjeno iverje i prašinu potrebno je stalno čistiti, a radnici moraju imati zaštićene dišne putove. Nakon mehaničkog glodanja površinu je treba očistiti čeličnim ili rotirajućim četkama, a nakon toga **DOBRO USISATI INDUSTRIJSKIM USISIVAČEM**. Ovo je važno zbog toga što će zaštitno sredstvo mnogo bolje penetrirati u čistu, otprašenu površinu. Budući da kemikalije zaštitnog sredstva mogu imati neugodan miris, prije premazivanja donjih dijelova greda preporučuje se da se daske podgleda prekriju polietilenskom folijom.

Premazivanje je dovoljno provesti kistovima, u dva navrata, uz izdašno nanošenje na sve zone drva (i uz podgled!) i omogućavanje duboke penetracije. Potrebno je raditi na sobnoj temperaturi i uz dobro prozračivanje.

Primijete li se na drvu tragovi djelovanja gljiva truležnica, postupak sanacije mnogo je ahtjevniji i skuplji. Dijelove konstrukcije koji su zaraženi obavezno je zamijeniti, vadeći segmente koji su najmanje jedan metar duži na svaku stranu od mjesta očite zaraze. Zaraženo drvo mora se vrlo pažljivo zbrinuti, obaveznim uvijanjem u PE folije te odnošenjem na posebno odlagalište ili u spalionicu.

Odlaganje zaraženog drva bez nadzora vrlo je neodgovorno jer će se zaraza zrakom širiti na okolne drvene građevne segmente. Ako je zaraza uznapredovala, cijelu je konstrukciju potrebno i kemijski zaštititi.



Slika 3-122 Primjer nastavljnja drvene grede kod sanacije zbog truleži [297]

Na saniranom gredniku moguće je izvesti različite konstrukcije poda, čija je izvedba opisana u *poglavlju 3.3.3* ovog priručnika (moki ili suhi estrih, s nasipom ili bez njega), i to tako da ispunjava sve zahtjeve zaštite od buke i požara te toplinske izolacije (*slika 3-123 b*).



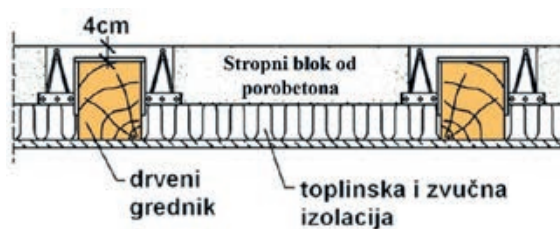
Slika 3-123 Primjer sanacije stropa od drvenih grednika [297]

3.3.4.2 Sanacija stropa od drvenih grednika ispunom od porobetona

Prilikom rekonstrukcije stropova od grednika koji su u lošem stanju (trulež, crvotočina) često je onemogućeno izvođenje radova u stanovima donje etaže, najčešće zbog različitih vlasnika, te se zahtjeva izvođenje stropne konstrukcije, kao i ojačanje zahvaljujući kojem nije potrebno podupirati konstrukciju. Osim toga, često je onemogućen i pristup gradilištu jer su takve zgrade uglavnom u centru grada. Konstrukcija bi tada trebala biti sastavljena od manjih lakših dijelova kako bi se mogla ručno transportirati i ugrađivati, bez teških alata i strojeva.

Nadalje, u takvim je slučajevima često nedovoljno poznato stanje postojećih nosivih konstruktivnih elementa kao što su zidovi, grede i temelji zgrade. Zsigurno ih ne treba dodatno opterećivati i zbog toga je poželjno ugraditi laganu, a dovoljno nosivu stropnu konstrukciju. Jednako tako, novi ugrađeni nosivi elementi trebali bi podići građevinski standard zgrade tako da zadovoljavaju nove i strože zakone po pitanju nosivosti, potresnih i požarnih opterećenja.

Jedan od načina je izvedba konstrukcije koja je "upuštena" između grednika, nakon što se uklone šuta i daske, ili se konstrukcija može izvesti iznad grednika. Ako se sanacija izvodi upuštanjem konstrukcije između grednika, mogu se izbjeći problemi s visinama vrata i postojećih parapeta, a drveni grednik ostaje opterećen samo postojećom trstikom i žbukom.



Slika 3-124 Strop od porobetona upušten između drvenog grednika [295]

U slučajevima građevina koje su zaštićene kao kulturno dobro, ovakav sustav intervencije može osigurati jednake visine međukatne konstrukcije, a samim time i jednake korisne visine etaža, bez utjecaja na proporcije i raspored prostorija izvorno zaštićenih stanova.

Nakon skidanja slojeva poda postojeće međukatne konstrukcije i vađenja šute između grednika, potrebno je zadržati postojeću donju daščanu oplatu, trstiku i žbuku (*slika 3-125 a*). Zatim je potrebno izraditi (ukopati) ležajeve za stropne grede u nosivim zidovima. Ležajevi trebaju biti dubine koju je proizvođač stropa odredio uputama, a sam ležaj treba biti ravan (*slika 3-125 b*).

Zbog problema umetanja gredica između postojećih zidova, ukopavanje mora biti izvedeno tako da se gredica može unijeti, pa obično na jednoj strani rupa mora biti dublja. Ovisno o konkretnim uvjetima, pritom je često potrebno osigurati vezivanje grede za zid, što se obavlja širenjem oslonca u obliku lastina repa. Potom se uz sam zid formira vijenac prema detalju.

Nakon detaljnog pregleda drvene konstrukcije postojeće je grednike i daščanu oplatu potrebno prekriti folijom kako bi se na ležajevima i spojevima postojeće konstrukcije i okolnih zidova osigurala zrakonepropusnost, ali i kako bi se konstrukciju zaštitilo od vlage koja će se unijeti u strop prilikom lijevanja betona. Između grednika zatim se ugrađuje mineralna vuna, koja služi kao toplinska, ali i zvučna izolacija, i to u debljini koja ovisi o visini grednika (*slika 3-124*).

Poznato je da je ukupna visina stropa od porobetona 15 cm. Nakon ugradnje toplinske izolacije (*slika 3-125 c*) ugrađuju se predgotovljene grede u pripremljene ležajeve u okolnim nosivim zidovima te se između gredica postavljaju stropni blokovi od porobetona (*slika 3-125 d i f*).



a)



b)



c)



d)



Slika 3-125 Koraci sanacije stropa od drvenih grednika ispunom od porobetona [295], [298], [299]

Načelno uz svaku drvenu gredu dolaze po dvije gredice bijelog stropa. Gredice su odvojene od drvene grede polistirenom kao oplatom za beton, ali i zvučnom izolacijom. Iznad drvene grede na polistiren se postavlja minimalna armaturna mreža i sloj betona debljine 3-4 cm. U ovom rješenju armatura poprečnih rebara nastavlja se samo iznad drvenih greda. Privremeno pridržavanje gredica obavlja se vješanjem o gornje drvene grede. Prilikom ugradnje betona najbolje je koristiti sitnozrnati beton (*slika 3-125 j*). Preporučeni projektirani razred tlačne čvrstoće takvog betona iznosi C20/25 N/mm², pri čemu konzistencija betona mora biti takva da se može bez problema ugraditi u sve šupljine i male prostore koji su nastali pri ugradnji blokova.

Nakon perioda očvršćivanja betona pristupa se ugradnji zvučne, a prema potrebi i toplinske izolacije poda. Potrebno je naglasiti da je na ovako sanirani strop moguće izvesti i mokri pod (plivajući pod s cementnim estrihom), ali i suhi pod (s pločama suhog estriha). Pritom treba poštovati sva pravila zaštite međukatne konstrukcije od prijenosa udarnog zvuka.

3.3.4.3 Sanacija stropa od drvenih grednika ispunom od suhog nasipa

Ovdje je po koracima opisan postupak suhe nadogradnje stropa (međukatne konstrukcije) s drvenim gredama, uz punjenje prostora između greda stropne konstrukcije, uz istodobnu izradu konstrukcije poda s toplinskom izolacijom.

- 1. korak:** provjera stanja stropa s drvenim gredama. Za starije konstrukcije potrebno je, prije svega, provjeriti stanje stropa s drvenim gredama. Eventualno utvrđena oštećenja potrebno je otkloniti.
- 2. korak:** instalacije. Sve moraju biti postavljene stručno i dovoljno zaštićene od propadanja.
- 3. korak:** postavljanje parne brane i zaštite od propadanja. Ako kod stropa s drvenim gredama postoji opasnost da bi nasip mogao procuriti kroz pukotine, procijepe ili kasnije sušenjem drvenog plafona, nužno je preko kalupa i drvenih greda ponoviti zaštitu od propadanja, koja je ujedno u funkciji parne brane. Zaštitu od propadanja treba povući od gornjeg ruba poda drvene rešetke kako bi se osigurali kutovi.
- 4. korak:** postavljanje punjenja za prazne prostore. Nasip s ekspandiranom glinom između greda potrebno je poravnati letvom (slika 3-126). Postojeće instalacijske cijevi bit će automatski ravnomjerno i potpuno obavijene.
- 5. korak:** postavljanje drvenih ploča. Drvene ploče zakucamo ili zašarafimo za grede. Udare koji idu u smjeru grede potrebno je izvoditi na njezinoj sredini. Prijeko je potrebno zadržati najmanje 1 cm razmaka od gotovog zida.
- 6. korak:** postavljanje rubnih traka i ploča za zvučnu izolaciju hoda. Kako bi se izbjegli zvučni mostovi, postavljaju se rubne trake. Njih treba postaviti 2 do 3 cm iznad gornjeg ruba gotovog poda i odsjeći tek nakon postavljanja konačnog gornjeg poda. Ploče za zvučnu izolaciju hoda moraju biti sasvim pripojene uz rubnu traku, a i međusobno. Pritom je preporuka izbjegavati kružne fuge.

Želimo li na stropnu konstrukciju izraditi pod s istom izolacijom, tada nastavljamo redom kako slijedi.

- 7. korak:** postavljanje konstrukcije poda. Podložne daske zakucaju se za gornji rub stropa (međukatne konstrukcije). Drvenu rešetku valja precizno postaviti i fiksirati. Prve letve postavljaju se s razmakom od najmanje 15 cm u odnosu na zid. Razmak između letvi drvenog roštilja ne smije biti veći od 50 cm (slika 3-127).

- 8. korak:** postavljanje toplinske izolacije. Izolaciju nasuti između pomoćnih konstrukcija, a zatim poravnati.

- 9. korak:** postavljanje donjeg poda. Drvene ploče zašarafe se za drvenu rešetku. Sudare ploče treba poredati na sredini. Razmak od zida je 1 cm.



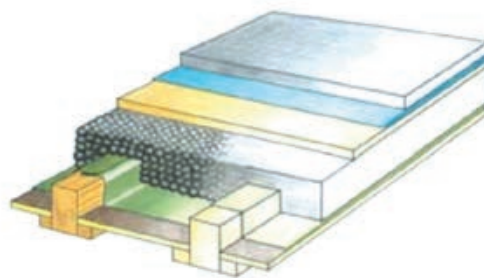
Slika 3-126 Jednostavno poravnanje između drvenih elemenata stropa [300]



Slika 3-127 Postavljanje konstrukcije poda i usipavanje suhog nasipa [301]

10. korak: gornji pod. Vrsta gornjeg poda ovisi o namjeni prostorije. Tijekom njegova postavljanja prijeko je potrebno pridržavati se važećih propisa za tu vrstu poda, kao što je, na primjer, najmanji razmak u odnosu na zid.

Umjesto suhog nasipa može se koristiti i lagani beton od ekspanzirane gline, koji se koristi kao toplinska izolacija kod drvenih stropova kad se pod opterećenjem slojevi mogu naknadno slegnuti ili zbiti. Odlikuje se odličnom toplinskom i zvučnom izolacijom, a istodobno je sigurna, čvrsta i lagana podloga.



Slika 3-128 Primjena laganog betona [302]

3.4 UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE

Vanjska stolarija je kvalitetna i energetska učinkovita onoliko 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 za pravilan način prirodnog prozračivanja prostora. Trenutačno u graditeljstvu prevladava klasičan način ugradnje vanjske stolarije s pomoću poliuretanske pjene, prekrivnih letvica i silikonskog kita. Dosadašnji standardni način ugradnje stolarije podrazumijeva ugradnju pomoću specijalnih turbovijaka kojima se okvir stolarije pričvršćuje na građevinsku konstrukciju te PUR pjene, kojom se ispunjava međuprostor između okvira stolarije i zida. Taj međuprostor iznutra se najčešće prekriva gipsvapnenom žbukom, a izvana izolacijskom fasadom.



Slika 3-129 Gubici topline kroz otvore [13]



Slika 3-130 Brtvljenje međuprostora PUR pjenom [303], [13]

Upravo u tom međuprostoru, zbog često neadekvatno izvedenog spoja, dolazi do gubitaka topline i velike koncentracije vlage, koja kao vodena para dolazi iz prostora u kojem boravimo, što može rezultirati građevinskom štetom. Za ilustraciju, u roku od 24 sata kroz otvor fuge širine 1 mm i duljine 1 m (koja nije paronepropusno izolirana s unutarne strane) kondenzira se otprilike 360 g vode u građevni element, odnosno zid.

Kondenzacija vlage odvija se na temperaturi od 9,3°C, a ona 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. Posljedice vlage u međuprostoru su plijesni, gljivice, trulež, čak i curenje vode iz zida ispod novougrađenog prozora (*slika 3-131*)!



Slika 3-131 Pojava gljivica i vlaženja zida zbog loše ugradnje prozora [13]

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 i 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 unutarne 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)
- osigurati nesmetan izlazak vodene pare iz međuprostora u atmosferu (paropropusnost iz međuprostora prema van)

Kako bi se zadovoljile te smjernice, dosad su se razvila četiri sustava brtvljenja: sustav brtvljenja pomoću folija i ekspanzirajuće brtve, sustav brtvljenja pomoću folija, sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka i sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvice.

3.4.1 Sustav brtvljenja pomoću folija i ekspandirajuće brtve

Na vanjskom dijelu stranice okvira prozora okretnute 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 pjenu.

Nakon što se PUR pjena osuši i odreže, s unutarnje strane zaštićuje folijom, čime je osigurana od djelovanja vanjskih utjecaja (slika 3-132).



Slika 3-132 Brtvljenje folijama i ekspandirajućom brtvom [304]

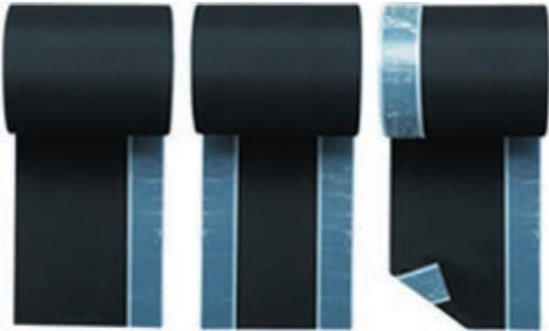
PUR (POLIURETANSKA) PJENA – najbolji toplinski izolator ($\lambda = 0,020 - 0,035 \text{ W/mK}$). Izlazeća pjena povećava volumen i očvršćuje s vlagom iz zraka. Nakon 15 minuta istisnuta pjena postaje neljepljiva na dodir. Višak istisnute pjene može se odrezati nakon 30 do 60 minuta, a potpuno očvrstne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

3.4.2 Sustav brtvljenja pomoću folija

Na okvir prozora iznutra se lijepi vodonepropusna i paronepropusna folija (slika 3-133), a izvana vodonepropusna/paropropusna folija (slika 3-134). Nakon ugradnje stolarije, na spoju elementa sa 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 3-135).



Slika 3-133 Primjer pričvršćenja unutarnjih paronepropusnih traka na građevinski element [305], [171]



Slika 3-134 Folije za brtvljenje [306]



Slika 3-135 Primjer brtvljenja folijom [306]

3.4.3 Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka

Upotrebom brtvenih traka s rješenjem “3 u 1” 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, čime se postiže odgovarajuća vodonepropusnost, paronepropusnost odnosno paropropusnost, ali i toplinska izolacija (*slika 3-136*).

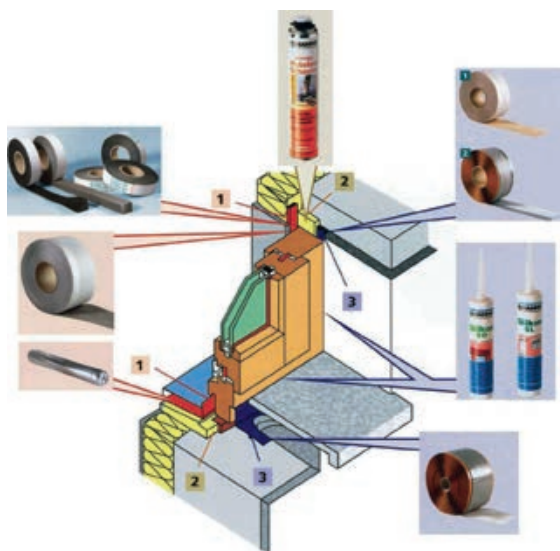


Slika 3-136 Brtvljenje pomoću brtvenih traka [305], [171]

RAL montaža sukladna je preporukama za uštedu energije prema europski priznatim pravilima struke, propisima o toplinskoj zaštiti iz 1995. i standardima 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. 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), kao što je prikazano na slici 3-138. Kako bi se omogućila pravilna ugradnja te ostvarila potrebna zrakonepropusnost prozora, zidarski otvor (špaleta) potrebno je pripremiti žbukanjem toplinskim mortom, posebice ako se prozor ugrađuje u sloj toplinske izolacije (slika 3-137).



Slika 3-137 Žbukanje zidarskih otvora [306]



Slika 3-138 Pravilna pozicija stolarije za ugradnju RAL montažom u vrlo niskoenergetske zgrade i zgrade gotovo nulte energije



Kod drvenih konstrukcija potrebno je napraviti pripremu za pravilnu ugradnju prozora, što znači da se već tijekom proizvodnje montažnih drvenih panela u tvornici i ugradnje paropropusne, odnosno vodonepropusne folije (kišne brane) ona ugradi na način koji omogućuje da se pri naknadnoj ugradnji prozorskog okvira (doprozornika) postigne brtvljenje (slika 3-139).

Drugo na što treba paziti tijekom ugradnje prozora jest da se prilikom ugradnje doprozornika ne ošteti parna brana koja je nalijepljena s njegove unutarnje strane te da bude moguće postići savršeno brtvljenje između parne brane prozorskog okvira i parne brane ili drugog oblika zrakonepropusne barijere (OSB ploča, gipskartonska ploča...), kao što je prikazano na slici 3-140.



Slika 3-139 Prikaz otvora s pripremom za nastavak kišne brane [13]



Slika 3-140 Prikaz ugrađenih prozora s pripremom za nastavak parne brane [13]



Prozorski okvir umeće se u zid pomoću ekspanzirajuće brtvene trake ili odgovarajuće PUR pjene. Pravilan postupak obrade uglova/spojeva prilikom brtvljenja oko otvora s unutarnje strane prikazan je na primjeru upotrebe trake Corvum 30/30 (slika 3-141), pogodne za trajno hermetičko zatvaranje u zatvorenom prostoru.



Slika 3-141 Pravilan postupak brtvljenja oko prozora u drvenoj okvirnoj konstrukciji [307]



a)

b)

Slika 3-142 Primjeri loše ugradnje prozora s obzirom na kontinuitet zrakonepropusne ovojnice: **a)** pričvršćenje prozora preko folije za brtvljenje; **b)** neostvaren kontinuitet zrakonepropusne ovojnice [308]

3.4.4 Sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica

Na okvir prozora s unutarnje strane lijepi se vodonepropusna 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 pucaanja spoja fasade i elementa.

Letvice su konstruirane i profilirane tako da mogu prihvatiti razne materijale, pa postoje letvice za klasičnu žbuku, za fasadu od stiropora ili kamene vune (s mrežicom), za staklenu vunu i za gipskartonske ploče (slika 3-143).

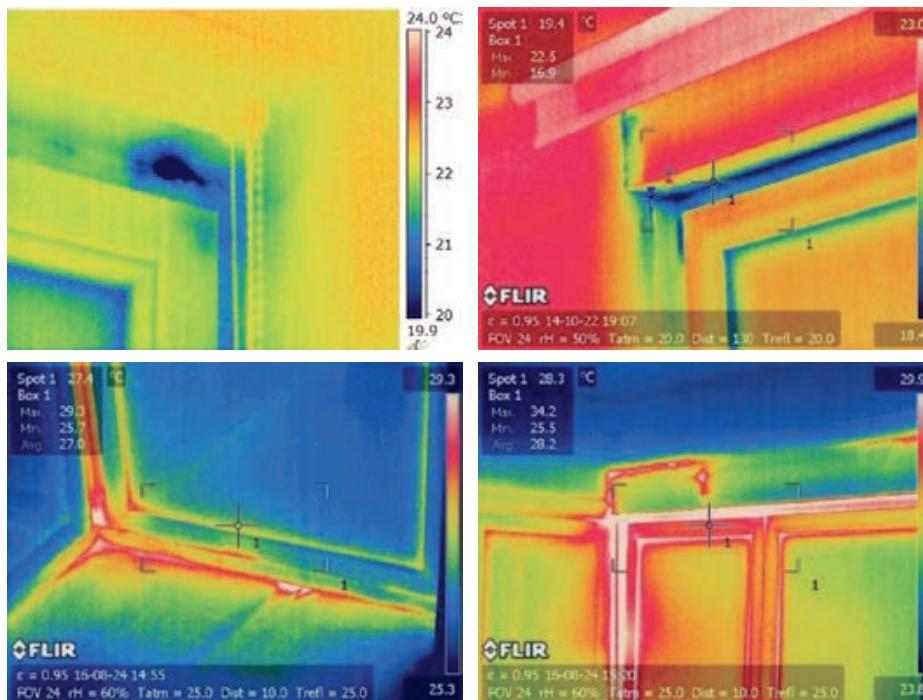


Slika 3-143 Brtvljenje RAL PVC letvicama [306]

3.4.5 Ugradnja u drvenu konstrukciju

Pravilno ugrađeni prozori, postavljeni na pravome mjestu, utječu na energetska učinkovitost zgrade kroz djelovanje toplinskih mostova, kao i na to zasjenjuje li špaleta prozor ili ne (pozicija ugradnje).

Ugradnju prozora moguće je provjeriti korištenjem infracrvene termografije, pri čemu se u slučaju loše ugradnje može vidjeti točna lokacija nedostatka (slika 3-144).



Slika 3-144 Primjeri loše ugradnje prozora prema RAL smjernicama [13]

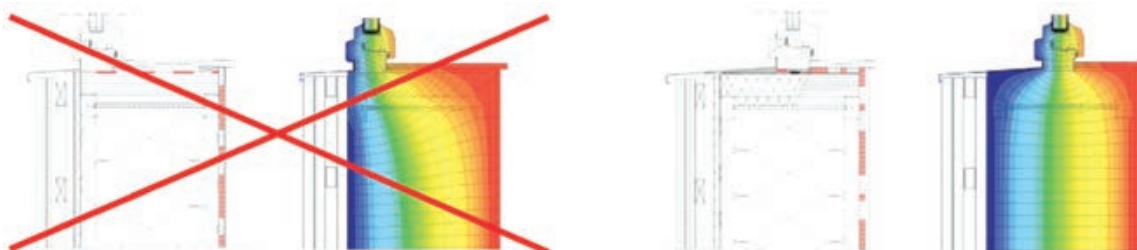
U slučaju ugradnje u vanjsku okvirnu stijenu (slike 3-145 i 3-146) unutarnji su obrubi riješeni pločama, a klupice se mogu izvesti od različitih materijala.



Slika 3-145 Spoj prozora s natprozornikom /dio iznad prozora – drvena okvirna konstrukcija [309]

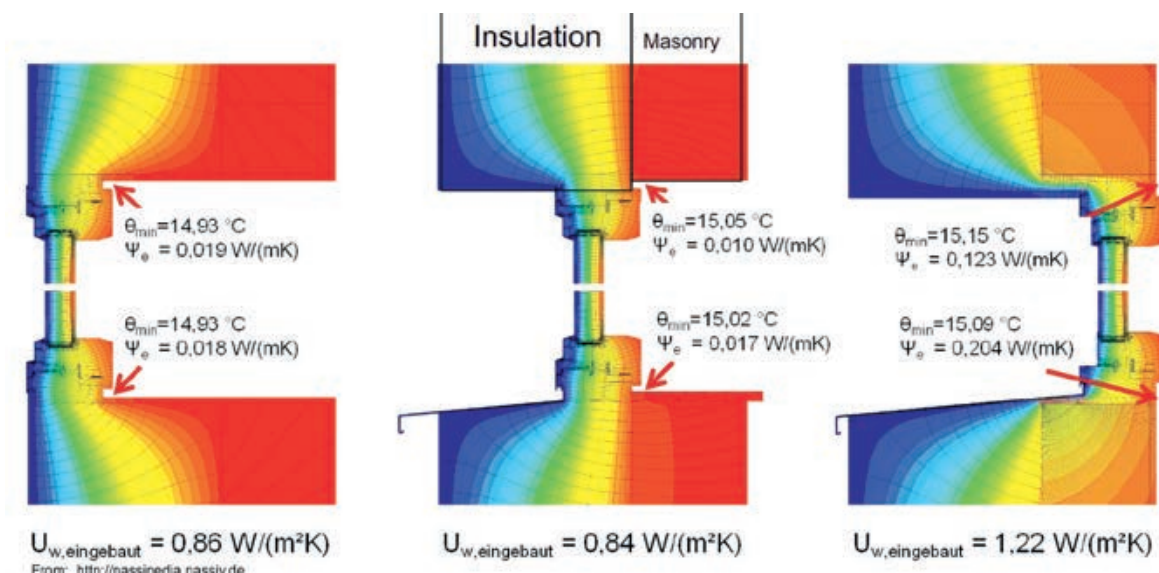


Slika 3-146 Spoj prozora s prozorskom klupčicom – drvena okvirna konstrukcija [309]



Slika 3-147 Primjer loše i pravilne ugradnje prozora u lagani drveni vanjski zid [247]

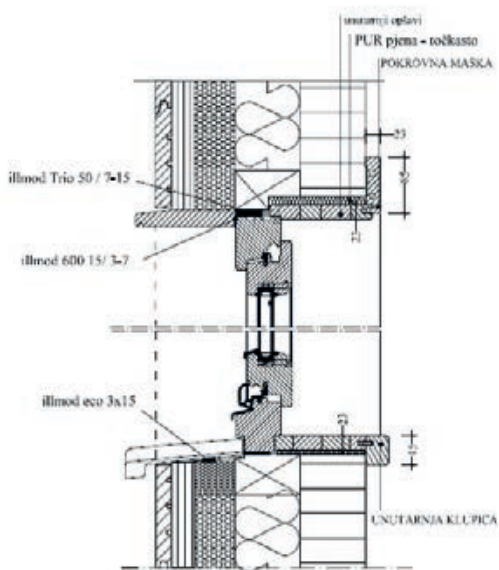
Slika 3-148 prikazuje primjer proračuna unutarnje temperature i linijskog koeficijenta prolaska topline toplinskog mosta. Pritom je na lijevoj slici vidljivo da je, iako je linijski koeficijent prolaska topline (ψ_e) mali, površinska temperatura (θ_{min}) niža od vrijednosti dobivenih za rješenje prikazano na srednjoj slici (gdje je dodatno i ψ_e najmanji). Ugradnja prozora na unutarnju površinu zida (desna slika) ne preporučuje se zbog velikog utjecaja toplinskog mosta (ψ_e) iako je površinska temperatura (θ_{min}) najviša.



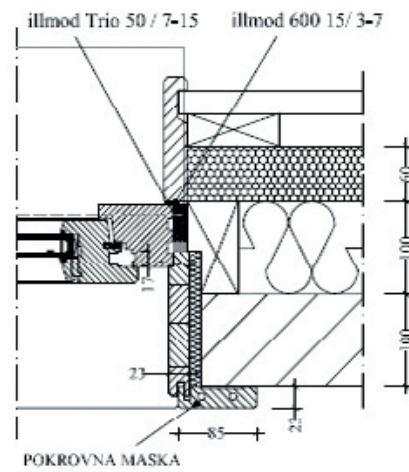
Slika 3-148 Primjer proračuna unutarnje temperature i linijskog koeficijenta prolaska topline toplinskog mosta [247]

Pri ugradnji građevinske stolarije u masivnu drvenu stijenu (slika 3-149 do 3-152) otvori se zatvaraju unutarnjim drvenim opšavima i drvenim klupicama. Oblici, dimenzije i izvedba vanjskih opšava ovisi o tipu fasade, debljini toplinske izolacije i položaju prozora.

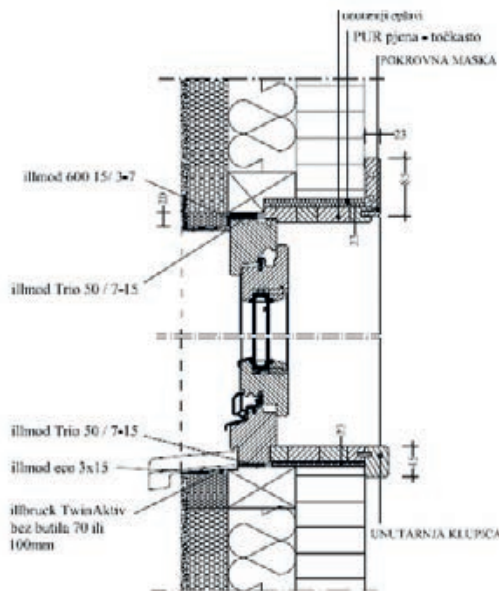
Otvori za ugradnju prozora se pune izolacijskim materijalima i s obje strane lijepe brtvenim trakama (sustavi brtvljenja). Dijelovi konstrukcije na kojima zbog rada drva može doći do toplinskih mostova dodatno se brtve ekspanzijskim brtvenim trakama.



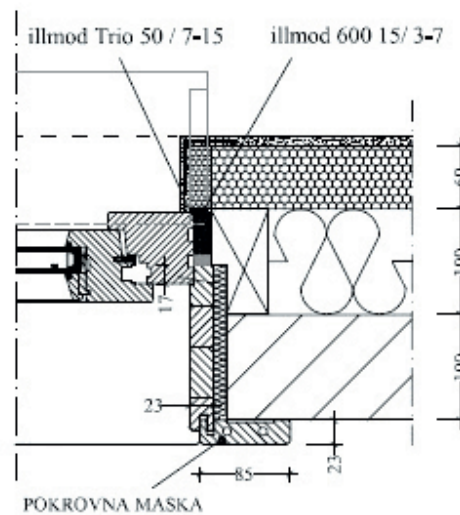
Slika 3-149 Ugradnja stolarije u drvenu masivnu stijenu; ventilirana fasada – presjek [224]



Slika 3-150 Ugradnja stolarije u drvenu masivnu stijenu; ventilirana fasada – tlocrt [224]

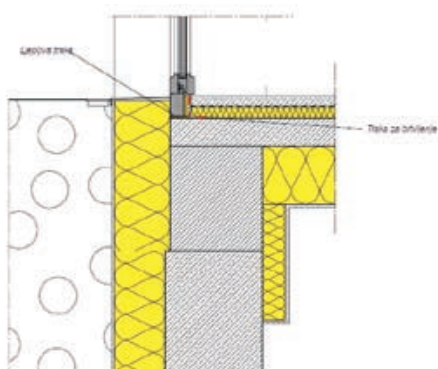


Slika 3-151 Ugradnja stolarije u drvenu masivnu stijenu; žbukana fasada – presjek [224]



Slika 3-152 Ugradnja stolarije u drvenu masivnu stijenu; žbukana fasada – tlocrt [224]

Spoj vrata koja vode prema terasi sa stropom negrijanog podruma (*slika 3-153*) potrebno je izvesti tako da se izbjegnu toplinski mostovi i od strane podruma (dodatnom izolacijom zida podruma) i izvana (podizanje toplinske izolacije preko okvira prozora).



LEGENDA (popis slojeva)

A. Podrumski strop (iznutra prema van)

1. Cementni estrih
2. Izolacijska ploča za izolaciju od udarne buke
3. Armirani beton
4. Izolacija od mineralne vune
5. Vanjska žbuka

B. Podrumski zid (iznutra prema van)

1. Armirani beton
2. Hidroizolacijski sloj
3. Perimetarska izolacija

Slika 3-153 Spoj vrata i negrijanog podruma [309]



Slika 3-154 Detalj ugradnje vrata – spoj vrata i stropa negrijanog podruma [13]

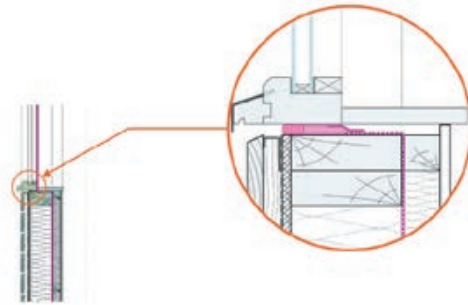
Vanjske su klupice od aluminija koji se pričvršćuje na donje držače (*slike 3-155 i 3-156*). Nagib klupice je minimalno pet stupnjeva.

Klupice imaju bočne graničnike kako bi se spriječio prodor vode s klupice. Za zaštitu od sunca i zatamnjivanje prostora koristimo različite tipove sjenila, kao što su vanjske žaluzine, rolete, grilje, screen roloi i pomični brisoleji.

Osim regulacije svjetlosti, sjenila imaju i druge funkcije, primjerice smanjenje prolaska topline u unutrašnjost građevine, intimnost i udobnost, sigurnost.



Slika 3-155 Detalj ugradnje specijalnog profila za armiranje detalja ispod prozorske klupčice [310]



Slika 3-156 Detalj brtvljenja / drvena okvirna konstrukcija – osiguravanje zrakonepropusnosti [310]

Pravilan postupak obrade uglova/spojeva tijekom brtvljenja kišne brane oko otvora s vanjske strane (slika 3-157).



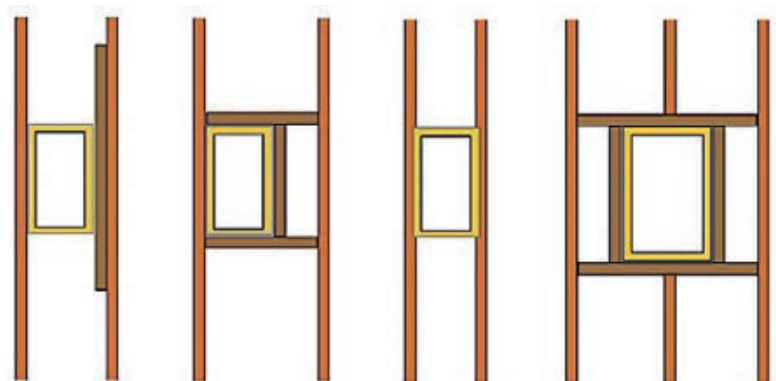
Slika 3-157 Pravilan postupak brtvljenja kišne brane oko prozora u drvenoj okvirnoj konstrukciji [307]

3.4.6 Krovni prozori

Krovni prozori izrađuju se od aluminija, plastike, čelika (pocinčanog), drva ili kao kombinacija materijala s izolacijskim staklom (dvoslojna, troslojna), kaljenim ili akrilnim staklom, a ugrađuju se radi osvjjetljavanja prostora potkrovlja, prozračivanja ili kao otvori za krovni izlaz, odnosno pristup dimnjacima i sl.

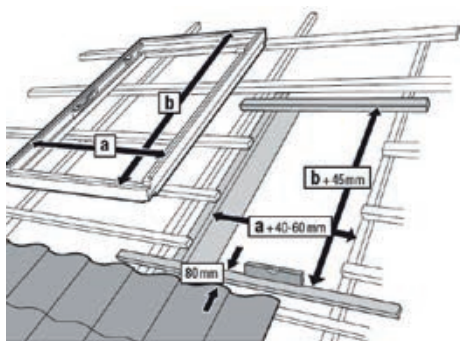
3.4.6.1 Ugradnja krovnih prozora

Ugradnja krovnih prozora povezana je s postavljanjem pokrova, no može se izvršiti i naknadno, što je vrlo često pri preuređenju prostora potkrovlja. Proizvođači imaju u ponudi najrazličitije modele i dimenzije krovnih prozora, a proizvode ih i prema željenim dimenzijama investitora. Dimenzije prozora u odnosu na razmak rogova mogu uvjetovati potrebne dodatne zahvate na konstrukciji krovišta (slika 3-158). Razmak između rogova ne treba biti ograničavajući faktor jer rezanjem roga i izradom prenosnice krovna konstrukcija ostaje i dalje dovoljno stabilna, a omogućuje ugradnju većeg krovnog prozora.



Slika 1-158 Položaj prozora u odnosu na razmak rogova [311]

Prije ugradnje krovnog prozora potrebno je znati točne dimenzije prozora (*slika 3-159*) te znati i vrstu pokrova zbog kvalitetne primjene odgovarajućeg opšava.



Slika 3-159 Razmjera dimenzije otvora u odnosu na dimenzije prozora [312]



Slika 3-160 Učvršćivanje krovnog prozora [313]

U ovom poglavlju ukratko je prikazan način izrade odgovarajućeg opšava krovnih prozora u dijelu koji pripada u tesarske radove. Detaljnije o samom postupku ugradnje krovnih prozora, ali i svjetlosnih tunela moguće je pročitati u *Priručniku za krovopokrivača*.

3.5 IZOLACIJA KROVIŠTA

Izolacija krovišta detaljnije se opisuje u *Priručniku za krovopokrivača*, a ovdje će se navesti samo osnovne smjernice za koje se smatra da su bitne za tesara kako bi krov kao najizloženiji građevni dio zgrade funkcionirao bez problema na energetske učinkovitim zgradama.

Dobro izvedeni krov sa svim detaljima uvjet je dugotrajnosti svih elemenata krovne konstrukcije, a ujedno i uvjet ugodnosti boravka i kvalitete života ljudi koji borave u zgradi. Jedan od najosjetljivijih detalja koji je kod krova potrebno ispravno riješiti je spoj krova i zidova (i na zabatima i na strehi), pri čemu je potrebno osigurati:

- sprječavanje ulaska vode u slojeve ETICS sustava (ili drugih toplinskih sustava zidova)
- kontinuitet (neprekidnost) toplinske izolacije (izbjegavanje toplinskih mostova)
- kontinuitet zrakonepropusne ovojnice zgrade (izbjegavanje kondenzacije vodene pare)
- najčešći oblik krova na obiteljskim i manjim stambenim zgradama je kosi ventilirani krov ili ravni krov.

Kontinuitet toplinske izolacije može se ostvariti na nekoliko načina, izolacijom s vanjske strane, odnosno izolacijom s vanjske i unutarnje strane, ali je potrebno naglasiti da je projektant taj koji izvođaču treba dati riješen detalj spoja krova i zida zgrade prema kojem je tada potrebno izvesti radove. Zrakonepropusnu ovojnicu također je potrebno projektirati, a najčešće se ostvaruje izvođenjem parne brane s unutarnje strane krovišta, pri čemu je ona brtvi na svim nastavcima i probojima te se spaja sa žbukanim građevnim dijelovima (odnosno parnom branom zidova u slučaju drvenih vanjskih zidova – montažne drvene gradnje), što prikazuje *slika 3-161*.



Slika 3-161 Primjer kontinuiteta toplinske izolacije i kontinuiteta zrakonepropusne ovojnice zgrade [92]

Kako bi se spriječila građevinska šteta na drvenim krovovima, najbolje je izvoditi ventilirane krovove. Ventilirani krov je krov u kojem je omogućeno prirodno strujanje zraka ispod krovnog pokrova (crijepa i sl.), tj. između tzv. sekundarnog pokrova i samog pokrova.

Sekundarni pokrov ovdje podrazumijeva paropropusni, a istodobno vodonepropusni sloj koji se nalazi ispod pokrova. On sprječava da eventualni prodor oborinskih voda kroz pokrov prođe u dublje slo-

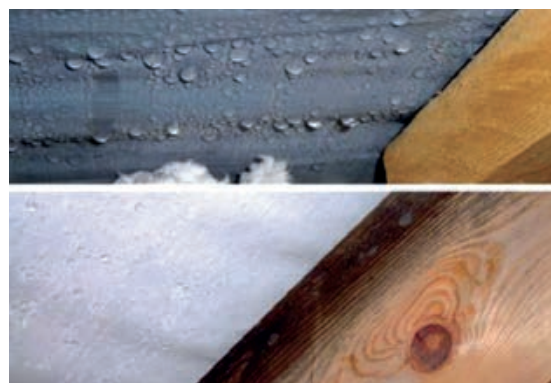
jeve krova, pa se ta voda spušta po njemu do najniže točke krova – okapnice, gdje istječe (okapava). Istovremeno, sekundarni je pokrov paropropusan, što omogućuje isušivanje eventualno kondenzirane vodene pare u slojevima toplinske izolacije.

Sekundarni pokrovi obično su **samonosive krovne folije (paropropusno-vodonepropusne folije) s daščanom podlogom ili bez nje**, koje imaju dovoljnu vlačnu čvrstoću, otpornost na paranje i niski otpor difuziji vodene pare (S_d – vrijednost $S_d < 0,5$ m), kao i vodonepropusnost. Usto moraju biti i UV stabilne i razreda reakcije na požar B ili boljeg.

Premda se tradicionalno kao sekundarni pokrov u prošlosti postavljala i bitumenska ljepenka ili u nekim slučajevima razne vrste PE folija, DANAS SE NJIHOVA PRIMJENA NE PREPORUČUJE zbog toga jer se ponašaju kao parne brane (imaju visok otpor difuziji vodene pare, S_d – vrijednost). Zbog tog visokog otpora difuziji vodene pare može se dogoditi da zapravo one uzrokuju građevinsku štetu uslijed kondenzacije vodene pare.

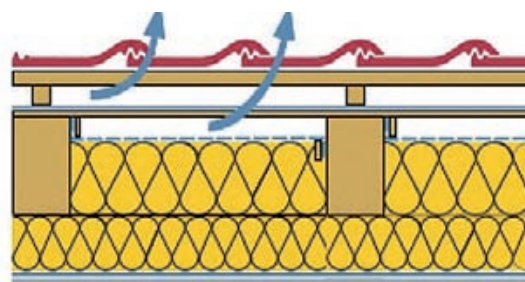


Slika 3-162 Primjer bitumenske ljepenke na krovu, koju treba izbjegavati [314]



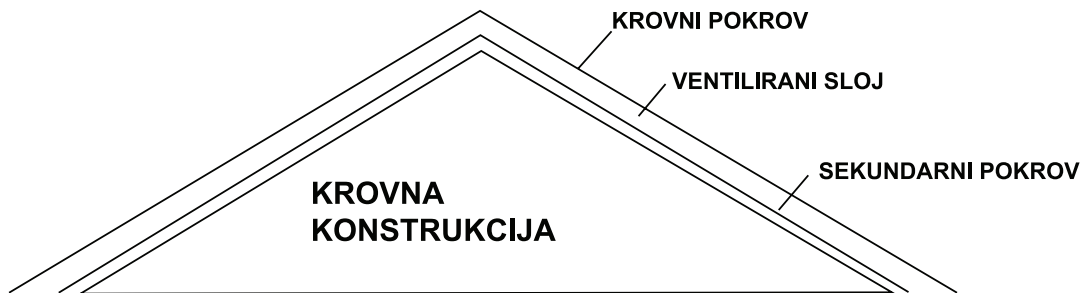
Slika 3-163 Primjer kondenzacije vodene pare na neprikladno odabranoj krovnoj foliji drvenog krovišta [92]

Ako se ipak izvodi krov s bitumenskom ljepenkom kao sekundarnim pokrovom, ili pak obnavlja postojeći krov koji ima bitumensku ljepenku kao sekundarni pokrov, u njemu je potrebno izvesti ventilirajući sloj zraka između daščane oplata i toplinske izolacije (slika 3-164). Ovaj zračni sloj formira se tako da se između rogova napne paropropusno-vodonepropusna folija s odmakom od drvene oplata od najmanje 4-5 cm. Sloj toplinske izolacije između rogova pritom je manje debljine (kako bi se osigurao zračni sloj) te treba izvesti dodatni sloj toplinske izolacije s donje strane krova (slika 3-164).



Slika 3-164 Primjer ventilacije u slučaju izvođenja krova s bitumenskom ljepenkom kao sekundarnim pokrovom [309]

Strujanje se ostvaruje odmicanjem pokrova (zajedno s letvama na kojima leži) od sekundarnog pokrova s istodobnim omogućavanjem ulaska zraka na okapnici (na donjem rubu krovne plohe, kod žlijeba), te izlaska zraka pri vrhu krovnih ploha, tj. na sljemenu krova.



Slika 3-165 Položaj osnovnih dijelova ventilirajućeg krova [117]

Visina ventiliranog sloja ovisi o nagibu krovne plohe i dužini roga – veća je što je nagib krovne plohe manji, a rogovi dulji, te varira od 3 do 30 cm i više. Minimalna preporučena visina u našim krajevima iznosi 5 cm.

3.5.1 Funkcioniranje ventiliranog krova

Ljeti temperature zraka mjerene neposredno ispod pokrova dosežu do 100 °C. Pokrov akumulira (sakuplja) toplinu i predaje ju u okolinu – potkrovlje. Prirodno strujanje zraka (propuh) u ventilirajućem sloju krova izbacuje stalno taj višak topline izvan potkrovlja.

Kod sanacije postojećih krovova, nakon izvedbe ventiliranog krova, u usporedbi s prethodnim stanjem – običnim tavanskim prostorom koji ima samo letve i pokrov, a bez dodatne ugradnje bilo kakvih toplinskih izolacija – temperatura zraka u potkrovlju će se tijekom ljeta sniziti za 5 do 10 °C.

Toplinske izolacije stambenih potkrovlja funkcioniraju samo onda kada su potpuno suhe. Za vrijeme zimskog (vlažnog) razdoblja povećano je upijanje vlage iz zraka u toplinsku izolaciju, pokrov i drvene elemente krova.

Prirodno strujanje zraka u ventiliranim krovovima stalno isušuje toplinsku izolaciju izbacivanjem vlage iz prostora ispod crijeva te tako sprečava hvatanje vlage, kondenzaciju i stvaranje leda s donje strane pokrova, na slojevima hidroizolacije, kao i na svim površinama drvene konstrukcije krova [315], kako je prikazano na (slici 3-166).



Slika 3-166 Primjer vlažnog i trulog drvenog krova [316]

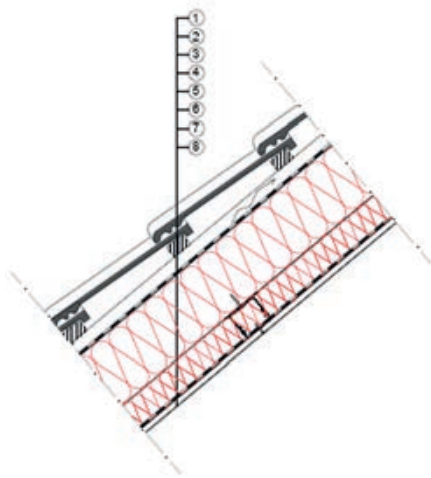
Izvedbom ventiliranog krova uz pravilnu primjenu svih elemenata krova (nosiva konstrukcija, pokrov, građevna limarija, toplinska izolacija, parna brana, paropropusno-vodonepropusna folija i sl.) te uz stručno rješenje svih detalja, trajanje konstrukcije i svih materijala se znatno produkuje, potkrovlje ostaje suho i toplo, a život u njemu ugodan i zdrav.



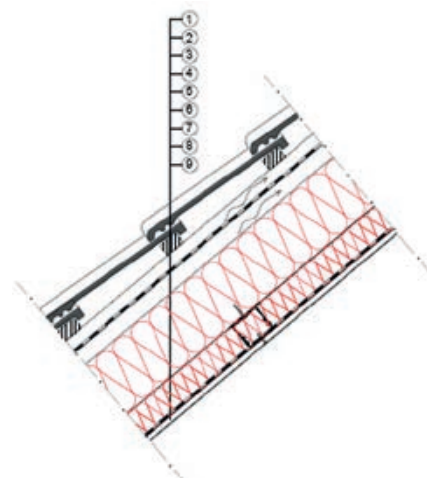
1. Drveni rogovi
2. Daske
3. Folija
4. Izolacija
5. Kontraletve
6. Folija
7. Letve
8. Crijep

Slika 3-167 Ventilirani krov s vidljivom konstrukcijom [317]

Dvije su vrste ventiliranih krovništa – jednostruko i dvostruko ventilirano krovnište, o čemu ovise izvedba detalja te presjeci navedenih krovništa.



1. Primarni pokrov
2. Kontraletva
3. Ventilirani sloj zraka između letvi
4. Paropropusna i vodonepropusna folija
5. Toplinska izolacija (npr. između rogova)
6. Dodatna toplinska izolacija ispod rogova
7. Parna brana
8. Stropna obloga

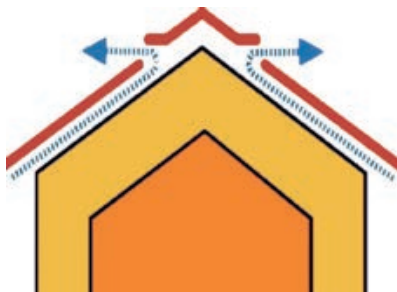


1. Primarni pokrov
2. Kontraletva
3. Ventilirani sloj zraka između letvi
4. Paropropusna i vodonepropusna folija
5. Ventilirani sloj zraka između greda
6. Toplinska izolacija (npr. između rogova)
7. Dodatna toplinska izolacija ispod rogova
8. Parna brana
9. Stropna obloga

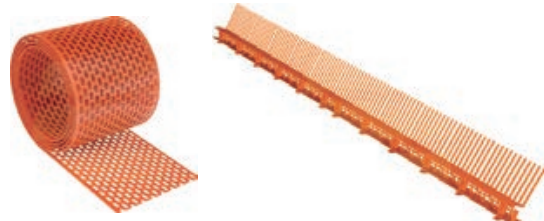
Slika 3-168 Usporedba JEDNOSTRUKOG i DVOSTRUKOG ventiliranog krova u presjeku [92]

Ventilirajući sloj u jednostrukom ventiliranom krovu nalazi se iznad paropropusne folije od sljemena do okapnice kao provjetranje. Takav prostor dobiva se uzdužnim (kontra) letvama koje čavlima pričvršćujemo za rogove. Visina kontraletvi može iznositi 25 do 50 mm.

Deblje kontraletve povećavaju zračni prostor i time omogućavaju efikasnije odvođenje vlage [318]. Za dobro ventiliranje treba osigurati odgovarajući ulaz za zrak kod okapnice i izlaz na sljemenu (*slika 3-169*). Ulaz za zrak kod okapnice zatvara se pomoću mrežice ili češlja, čiji je zadatak zaštita od ulaska ptica i ostalih životinja (*slika 3-170*).



Slika 3-169 Strujanje zraka od okapnice do izlaza na sljemenu [315]



Slika 3-170 Traka za provjetranje i ventilacijski češalj [319]

Slika 3-171 prikazuje oštećenje toplinske izolacije i sekundarnog pokrova zbog ulaska životinja u slojeve krova. Ova mrežica, koja zbog svoje uloge najčešće nosi naziv traka-zračnik, ima velik ulazni presjek koji je jednak presjeku ventilirajućeg sloja, tako da gotovo uvijek zadovoljava postavljene uvjete.



Slika 3-171 Oštećenje toplinske izolacije zbog glodavaca [320]

Dvostruko ventilirani krovovi imaju dva ventilirana sloja. Drugi sloj se nalazi između rogova, a iznad sloja toplinske izolacije, koja je u tom slučaju niža od rogova. Služi za ventilaciju pare iz unutrašnjosti potkrovlja, koja kontrolirano prolazi kroz sloj parne zapreke, koja se u tom slučaju koristi umjesto parne brane.

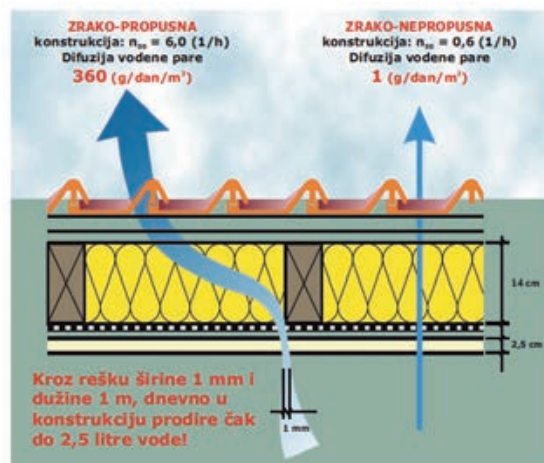
3.5.2 Parna brana na drvenom krovu

Na unutarnjoj (toplijoj strani) krova, između unutarnje obloge krovišta i toplinske izolacije, potrebno je ugraditi **parnu branu**, koja smanjuje prolazak vodene pare kroz krovnu konstrukciju.

Ona sprečava i prolazak zraka kroz krovište te time značajno pridonosi uštedi energije. Osim što može značajno pogoršati energetske bilancu zgrade, zrakopropusnost ovojnice može biti uzrokom i velikih građevinskih šteta. Naime, sa zrakom iz grijanog prostora u konstrukciju ulazi i vlaga.

Kako je izolacijski materijal paropropusan, a istodobno i dobar izolator, vlaga iz zraka unutar njega će se naglo ohladiti i pretvoriti u kapljice vode.

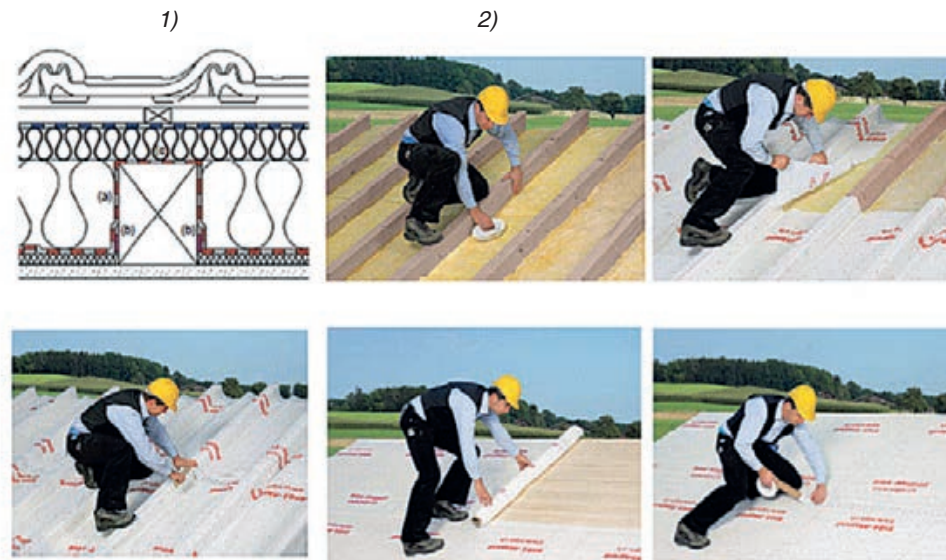
Voda u konstrukciji neizbježno znači i pojavu građevinskih šteta. U pravilno izvedene konstrukcije prodire veoma mala količina vlage. S druge pak strane, ako je konstrukcija zrakopropusna, u nju dnevno prodire i nakuplja se znatna količina vlage. "Pametne" parne brane prilagođavaju se režimu ljeto/zima i svojim "otvaranjem" ljeti ($S_d = 0,2$ m) i "zatvaranjem" zimi ($S_d = 5$ m) rješavaju problem nakupljanja vlage u konstrukcijama, .



Slika 3-172 Važnost postizanja zrakonepropusne krovne konstrukcije [321]

Ovisno o načinu na koji se izvodi krov, moguća su različita rješenja postavljanja parne brane. Ovdje se ponajprije misli na to je li pristup krovu omogućen s gornje strane rogova (*slika 3-173*) ili pak s njihove donje strane, iz potkrovlja (*slike 3-174 i 3-175*). Može se reći da je krovište pouzdano onoliko koliko je pouzdan svaki njegov detalj!

Neovisno o tome postavlja li se parna brana s gornje ili donje strane rogova, obavezno je osigurati njezin kontinuitet. To podrazumijeva pravilna preklapanja i međusobno lijepljenje, kao i lijepljenje na druge građevne dijelove (nadozide, zabatne zidove, dimnjake itd.) te brtvljenje svih prodora.



- 1) *poprečni presjek ventiliranog krova*
 2) *pažljivi rad na polaganju i zatvaranju spojeva parne brane*

Slika 3-173 *Pravilna izvedba paronepropusne i zrakonepropusne krovne konstrukcije s gornje strane [322]*



Slika 3-174 *Postavljanje parne brane s donje strane [323]*



Slika 3-175 *Lijepljenje parne brane s donje strane [323]*

3.5.3 Posljedice loše izvedene paro- i zrakonepropusne ovojnice

Kod izolacije kosih krovova bitno je voditi računa o usklađenju građevinsko-fizikalnih karakteristika svih slojeva krovne konstrukcije. Osim odličnih difuzijskih osobina i toplinske izoliranosti, i zrakopropusnost je vrlo važna za učinkovitost i dugotrajnost cijelog sustava krovne konstrukcije. Osim lijepljenja spojeva zaštitnih folija, potrebno je paziti i na zaštitu parne brane od nepotrebnog oštećenja, čime pripomažemo zadovoljavanju izolacijske učinkovitosti krova za vjetrovitih dana.

Tijekom postavljanja električnih instalacija dolazi do oštećenja parne brane. Na mjestima gdje se nalaze proboji dolaziti će do prevelikog prodiranja vlažnog zraka prema vanjskom sloju.

Posljedice nezalijepljenih spojeva i proboja u parnoj brani mogu biti:

- toplinski gubici veći od očekivanih
- u izolaciju prodire više zračne vlage nego što je bilo predviđeno proračunom građevne fizike
- lokalno se pojavljuju mjesta s povećanom količinom kondenzirane vlage
- moguća pojava plijesni na drvenoj konstrukciji, a time i njezina oštećenja
- umanjuje se učinak toplinske zaštite
- odvođenje topline za hladnih vjetrovitih dana
- prodor vrućega zraka za vrućim vjetrovitih dana

Za izbjegavanje toga svi uzdužni spojevi, proboji i spojevi s obodnim zidovima moraju biti izvedeni precizno i dobro zabrtvljeni s preklopima te biti zalijepljeni.

Kako bi se folije i parne brane zalijepile tako da dugoročno budu funkcionalne i sigurne te da bi se spojile na susjedne građevne dijelove, potrebni su nam odgovarajući sustavi lijepljenja. Pritom je od ključne važnosti osigurati kompatibilnost podloge na koju se lijepi, pribora za lijepljenje i folija kako bi se dugoročno zajamčila njihova funkcionalnost i sigurnost kod crijepa, ploča, limenog pokrova (ravni lim na letvama ili profilirani lim) ili drugih krovnih elemenata. Pri tome folija mora biti od materijala visoke temperaturne postojanosti, s mogućnošću izvedbe učinkovitog lijepljenog spoja kako bismo spriječili prodor vjetra u izolaciju.

Dodatno, postoje učinkovita sustavna rješenja koja kombiniraju krovne folije, parne brane i brtvljenje spojeva, ali u slučaju korištenja takvih sustava potrebno je strogo poštovati propisan postupak montaže njihovih komponenti.

Ako se **loše izvede parna brana**, odnosno zrakonepropusna ovojnica, u hladnije doba godine postoji velika opasnost od kondenzacije vodene pare unutar krovne konstrukcije, ponajprije na njezinim najhladnijim dijelovima (*slika 3-176*).



Slika 3-176 Štete uzrokovane lošom zrakopropusnošću [324], [325], [326], [327], [328]

Kada se dogode pogreške u izvedbi zbog neznanja ili nemara, posljedice po konstrukciju su vidljive (slika 3-177).



Slika 3-177 Pogreške u izvedbi krovišta zbog neznanja ili nemara [329], [330], [331], [332]

Uvjeti izrade konstrukcije krova postaju sve zahtjevniji s obzirom na to da se izvode s dodatnim elementima izvora obnovljive energije – postavljanje fotonaponskih sustava i solarnih kolektora. To rezultira većim toplinskim i opterećenjem na zaštitu toplinske izolacije krova, a to je krovna folija koja regulira pravilan protok vodene pare, osigurava zrakonepropusnost i vodonepropusnost te odvođenje nakupljenog kondenzata ispod krovnog pokrova. Na primjer, pri dodatnoj ugradnji fotonaponskih ćelija na već postojeći krovni pokrov, ugradnjom se mijenja tok ventiliranja krova, tj. povećava se temperaturno opterećenje preko pokrova na zaštitnu foliju s inače prosječnih 50 do 70 °C, a temperature ispod pokrova iznad 90 °C, i to kroz dulji period u ljetnim mjesecima. Uz kombinaciju ponekad smanjenog kapaciteta ventiliranja potkonstrukcije temperature se mogu popeti i iznad 100 °C.

To može rezultirati propadanjem zaštitne folije i poremećajem u funkcioniranju izolacije krova, stoga postoji potreba za vjetronepropusnom i vodonepropusnom zaštitom izolacije, ali i materijalima tih zaštita

koji mogu podnijeti više UV zračenja i puno višu temperaturu od uobičajenih materijala. Iz tih razloga standardno ugrađene krovne folije, koje su najčešće od polipropilena, zamjenjuju se vrstama folija koje mogu podnijeti takvo temperaturno opterećenje (npr. folijama od poliestera koje mogu podnijeti temperature od -40 do +120 °C).

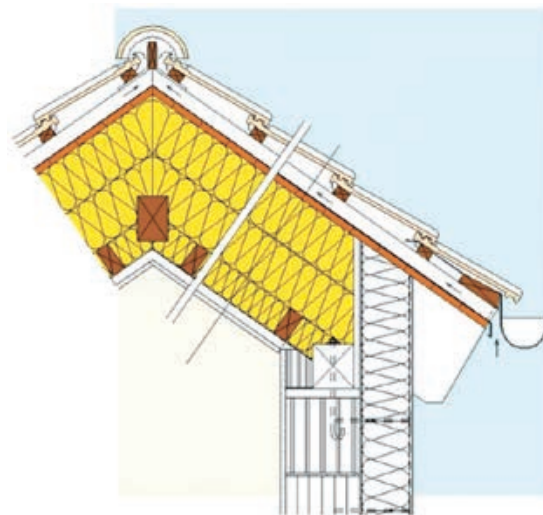
Više o zrakonepropusnosti vanjske ovojnice zgrade i postizanju zrakonepropusne vanjske ovojnice može se pročitati u *poglavlju 5., Kontrola kvalitete građenja*, odnosno pod *točkom 5.1. Zrakonepropusnost u zajedničkom dijelu priručnika za kontinuiranu izobrazbu građevinskih radnika u okviru energetske učinkovitosti*.

3.5.4 Toplinska izolacija krovova

Osigurava ugodne mikroklimatske uvjete: sprečava prekomjerno zagrijavanje i toplinski rad konstrukcije ljeti, a smanjuje gubitak topline i grijanja zimi. Postavlja se iznad, između i/ili ispod rogova kod drvenih provjetravnih krovova ili punoplošno na masivnu nosivu krovnu ploču.

Za toplinsku izolaciju kosih krovova treba koristiti materijale postojane na visoke temperature i paropropusne materijale, kao što su mineralna i staklena vuna, ali je moguće koristiti i druge toplinskoizolacijske materijale (PUR, PIR, ovčju vunu, celulozu, EPS itd.) uz poštovanje pozitivne prakse s obzirom na njihovo ponašanje u požaru, kao i difuziju vodene pare.

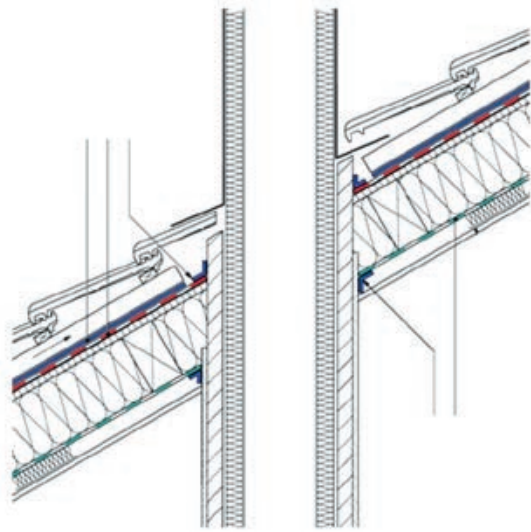
Preporučljiva debljina toplinske izolacije na kosom krovu je od 20 do 30 cm. Izolacija se postavlja u dva sloja: jedan sloj između rogova, a drugi ispod ili između rogova kako bi se spriječili toplinski mostovi (*slika 3-178*).



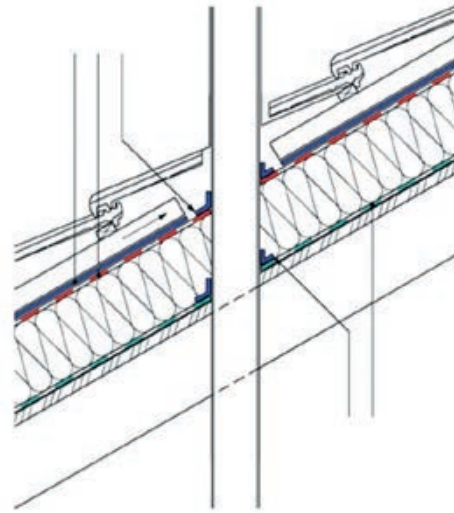
Slika 3-178 Toplinska izolacija krova u dva sloja [309]

U slučaju standardnih krovišta, kada za toplinsku izolaciju nema dovoljno prostora između rogova, izvede se drvena ili metalna potkonstrukcija te se između rogova i završne unutarnje obloge (gipsane ploče, drvena obloga i dr.) postavljaju ploče toplinske izolacije. Preporučljivo je da se taj donji, drugi sloj toplinske izolacije, radi prekrivanja toplinskih mostova i reški između ploča prvog sloja toplinske izolacije, postavlja uvijek okomito na smjer pružanja ploča prethodnog sloja. Minimalna debljina sloja toplinske izolacije je 15 cm.

Krovne folije (parnu branu i paropropusno-vodonepropusnu foliju) oko proboja dimnjaka (*slika 3-179*) i svih drugih prodora kroz ventilirani krov (*slika 3-180*) potrebno je korektno postaviti i zabrtviti ljepljivim trakama jer je to veoma važno za trajnost krovne konstrukcije, i to na način kako je to detaljno prikazano u *Priručniku za krovopokrivača*.

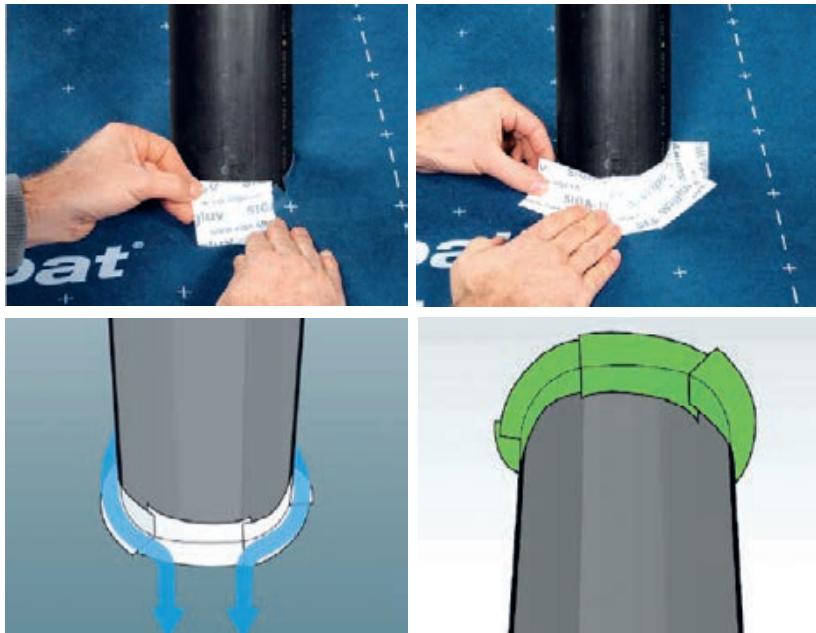


Slika 3-179 Brtvljenje krovnih folija kod prodora dimnjaka [333]



Slika 3-180 Brtvljenje krovnih folija kod prodora za ventilaciju [333]

Kvaliteta izvedbe zgrada od drvene konstrukcije ovisi i o pravilno izvedenim prodorima kroz građevne dijelove. Brtvljenje kružnog prodora izvodi se membranom (*slika 3-181*). Bitno je da se počne brtviti na najnižoj točki, što dodatno pruža zaštitu od prodora vode. Pola trake lijepi se na podlogu, a druga polovica na kružnu cijev. Naknadni komadi nanose se s preklapanjem slojeva. Cijev mora biti dobro pričvršćena i stabilna.



Slika 3-181 Primjer brtvljenja prodora kroz drveno krovništvo [307]

Letve i kontraletve

Iznad folije od sljemena do okapnice provjetravanje treba napraviti uspostavljanjem ventilirajućeg prostora. Takav prostor dobit ćemo uzdužnim letvama (kontraletvama) koje čavlima pričvršćujemo za rogove. Visina kontraletvi može iznositi 25 do 50 mm. Deblje kontraletve povećavaju zračni prostor i time omogućavaju efikasnije odvođenje vlage. Za dobro ventiliranje treba osigurati odgovarajući ulaz za zrak kod okapnice i izlaz na sljemenju. Veličina otvora na okapnici za ulazak zraka treba odgovarati sljedećim vrijednostima:

- min. 2 ‰ površine krova ili
- min. 200 cm² po metru okapnice

Otvor za ulazak zraka treba zaštititi metalnom ili plastičnom mrežicom kako bi se insektima, pticama i manjim životinjama onemogućio pristup prostoru za ventiliranje.

Otvor za izlazak zraka na sljemenju ili na vrhu krova treba odgovarati sljedećim vrijednostima:

- min. 0,5 ‰ površine baze krova ili
- min. 50 cm² po metru sljemena



Slika 3-182 Pravilno postavljanje letvi i kontraletvi kod ventiliranog krova [334]



Slika 3-183 Prva opcija: letva sljemenjaka – montaža na nosač [335]



Slika 3-184 Druga opcija: letva sljemenjaka – montaža na letvenu potkonstrukciju [335]



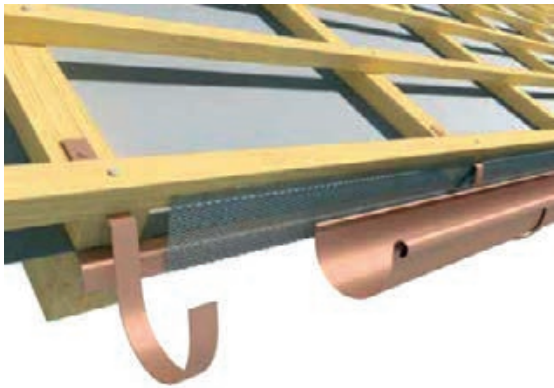
Slika 3-185 Čeonni obrub [335]



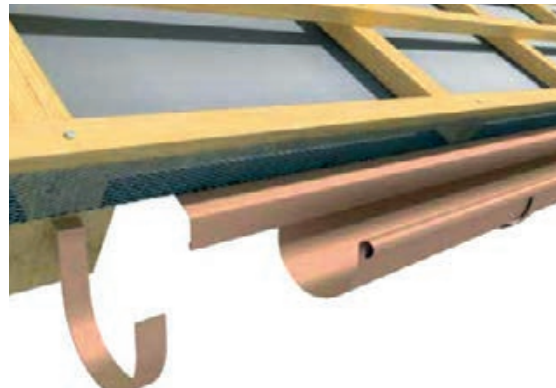
Slika 3-186 Prva opcija: letva kosine – montaža na nosač [335]



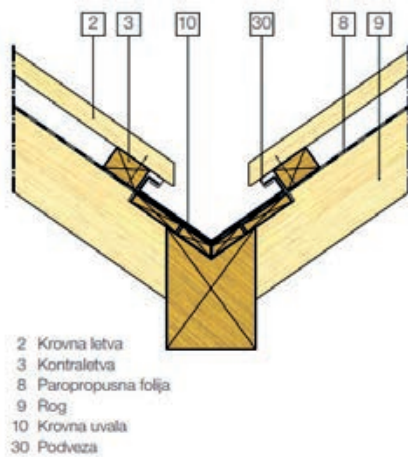
Slika 3-187 Druga opcija: letva kosine – montaža na letvenu potkonstrukciju [335]



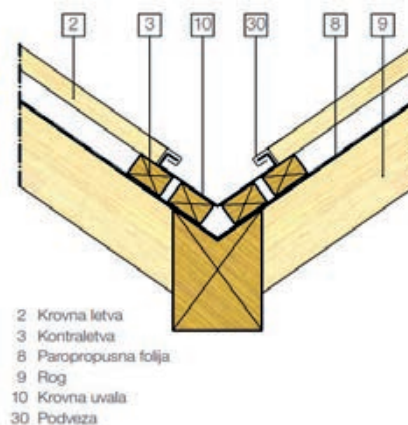
Slika 3-188 Prva opcija: okapnica završava iza žlijeba [335]



Slika 3-189 Druga opcija: okapnica završava u žlijebu [335]



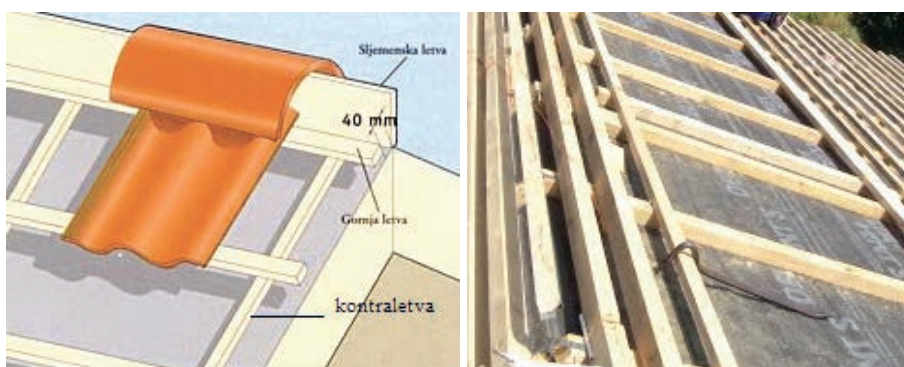
Slika 3-190 Montaža obruba krovne uvale u visini kontraletvi [335]



Slika 3-191 Montaža obruba krovne uvale u visini krovnih letvi [335]

Prilikom izvedbe (*slika 3-182 do 3-191*) moramo obratiti dovoljnu pozornost pravilnom zabijanju letvi i kontraletvi jer zbog loše izvedbe pri jakom vjetru dolazi do oštećenja krova. Važno je kakve čavle upotrebljavamo, njihova dužina i oblik, te sam način zabijanja.

Preporučljivo je upotrebljavati čavle minimalne dužine 9 cm, po mogućnosti spiralnog tijela. ako je izvedena toplinska izolacija iznad rogova (*slika 3-192*). Koriste se sistemski vijci SFS-WFR-T-6x240 mm, za debljinu izolacije 10 cm, odnosno 8 cm je sidrenje vijka u rog (*slika 3-193*).



Slika 3-192 Postavljanje kontraletvi [336], [337]



Slika 3-193 Pričvršćenje kontraletvi ubušavanjem sistemskih vijaka SFS-WFR-T-6x240 mm [338]

Također važno je da letve pri krajevima krovišta dodatno učvrstimo krovnim vijcima kako bi samo krovište bilo otpornije na udare vjetra.

Važno je letve zaštititi fungicidnim sredstvom kako bi letve trajale što dulje.

Letva sljemenjaka montira se na držač ili letvenu potkonstrukciju. Visina sljemenske letve ovisi o nagibu krova. Za odgovarajuće ventiliranje, između letve sljemenjaka i vertikalnog ruba najviše krovne ploče treba osigurati odgovarajući otvor.

Za izradu otvora mogu se koristiti odstoynici (komadi drveta) koji se pričvršćuju na obje strane letve sljemenjaka.

Čeoni obrub izvodimo da se montira letva dimenzija 40×50 mm na krovnu letvu, pričvrsti daska za čeoni obrub na kontra letvu i letvu za čeoni obrub.

Paropropusnu foliju treba saviti prema gore, prema čeonom obrubu. Rub krovne ploče treba biti postavljen ispod čeonog obruba kako bi se osigurala potpuna zabrtvljenost.

Okapnicu treba montirati ispod paropropusne folije. Preporučujemo upotrebu samoljepljive trake na mjestima gdje paropropusna folija prekriva okapnicu.

Donji dio okapnice može biti postavljen iza žlijeba ili u njegovu zadnjem dijelu.

3.5.5 Predgotovljeni krovni elementi

Radi brže gradnje drvenih kuća vrlo se često koriste predgotovljeni krovni elementi koji se dovoze na gradilište, a uključuju rogove, toplinsku izolaciju između i iznad rogova, ugrađenu napuštenu (za ostvarenje kontinuiteta i preklapanje) paropropusno-vodonepropusnu foliju, kao i kontraletve i letve.

Takvi predgotovljeni krovni elementi na gradilištu se pričvršćuju za nosivu konstrukciju zidova te se brtve (ostvarenje zrakonepropusnosti s unutarnje strane zgrade, ali i vodonepropusnosti s vanjske strane) i pokrivaju odabranim pokrovom (*slika 3-194*).



Slika 3-194 Primjer izvedbe ventiliranog krova s pokrovom od trapeznog lima korištenjem predgotovljenih krovnih elemenata [251]

3.5.6 Ojačanje postojećeg krovišta radi ugradnje solarnih kolektora i/ili fotonaponskih sustava

U slučaju solarnih kolektora i/ili fotonaponskih sustava, postojeća krovna konstrukcija bit će dodatno opterećena koncentriranim silama nastalima zbog ugradnje sustava. Takve koncentrirane sile u određenim slučajevima mogu biti i višestruko veće od opterećenja na krovnu konstrukciju prije ugradnje sustava. Ovdje se misli i na samu težinu panela, kao i na odizanje panela, dakle čupanje uslijed djelovanja odižuće sile vjetra. Zbog toga je potrebno postojeće krovove ojačati prije same ugradnje sustava.

Svakako je potrebno u suradnji s ovlaštenim građevinskim inženjerom (statičarom) analizirati moguća rješenja za ojačanje, koja svakako ovise o postojećoj dispoziciji i rezervi nosivosti krovišta te o tome kakav se i koliko velik sustav namjerava ugraditi.



Slika 3-195 Primjer ugradnje fotonaponskog sustava na drveni kosi krov [339]

3.5.7 Izolacija krova drvene kuće

Kad se govori o niskoenergetskim drvenim kućama i uštedi energije, prije svega se mora naglasiti da na to ne utječe oblik krova, nego je presudna krovna konstrukcija. Kod starih zgrada oko jedne trećine energije za grijanje gubi se u atmosferu uslijed slabe izolacije krovne konstrukcije.

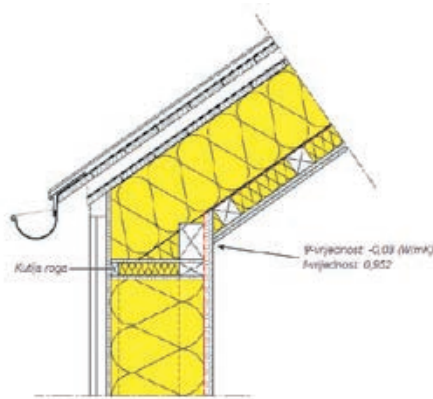
Budući da je većina krovnih konstrukcija laka i ima dovoljno prostora za izolaciju, visoka ušteda energije može se ostvariti i uz minimalne izdatke te s malo truda, tako da je dobra toplinska izolacija krova i s ekonomske strane izvediva. Krovove drvenih kuća i njihove karakteristike razlikujemo prema mogućnostima izrade.

Njihova krovna konstrukcija može se načiniti na klasičan način s rogovima, zatim od gotovih konstruktivnih elemenata, a tu je izvedba kada je nosiva konstrukcija krova napravljena od lijepljenih lameliranih ploča. O odabiru nekog od njih ovisi i izgled detalja spojeva s vanjskim zidovima, pa i sam način postavljanja izolacije.

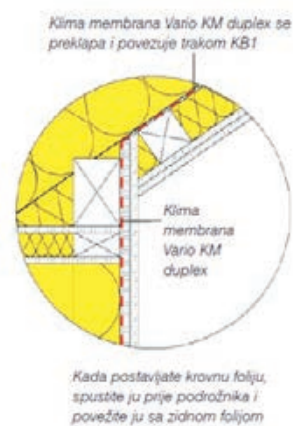
Osobita se pozornost mora posvetiti zrakonepropusnosti (*slika 3-196*). Cijeli princip gradnje drvenih montažnih kuća zasniva se na zahtjevu zrakonepropusnosti cijele vanjske ovojnice zgrade. Svaki spoj između dijelova objekta mora se analizirati, pravilno projektirati i izvesti (*slike 3-197 i 3-198*).



Slika 3-196 Važnost postizanja zrakonepropusne krovne konstrukcije. Primjer sanacije krova s gornje strane:
 1. poprečni presjek ventiliranog krova s naznačenim pravilnim položajem zrakonepropusne folije;
 2. pažljiv rad na polaganju i zatvaranju spojeva parne brane [307]



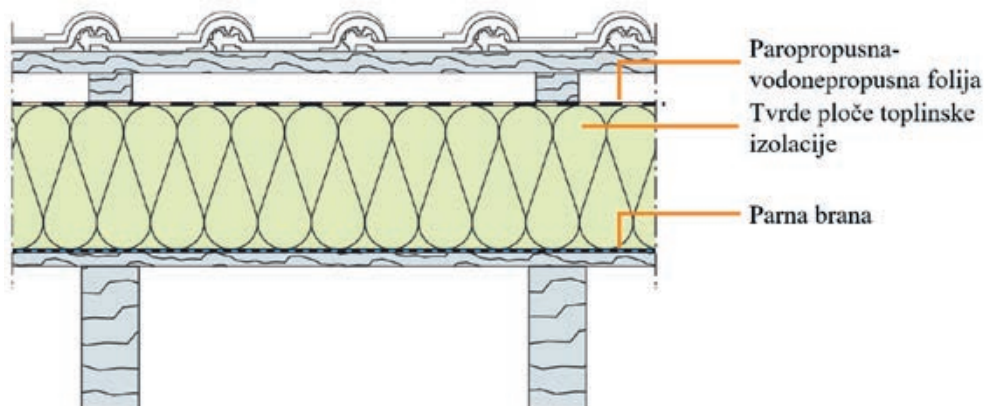
Slika 3-197 Izgled spoja krova i vanjskog zida s pravilnim položajem zrakonepropusne folije i dvostrukom toplinskom izolacijom [309]



Slika 3-198 Detalj spoja dvostruke toplinske izolacije [309]

Kod dvostruke toplinske izolacije, uz izolaciju između rogova, koja se ne provjetrava, postavljen je i izolacijski sloj ispod rogova u instalacijskom sloju. On štiti zrakonepropusni sloj od oštećenja i smanjuje utjecaj toplinskog mosta na rogove.

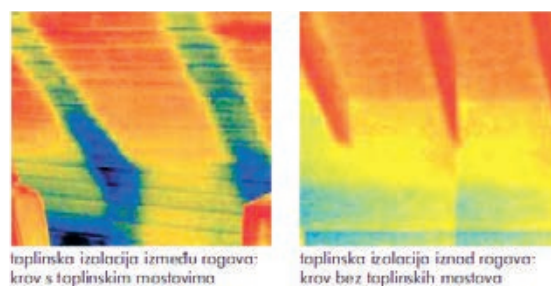
3.5.7.1 Vidljivo krovište – izolacija iznad rogova



Slika 3-199 Vidljivo krovište – izolacija iznad rogova

Do sredine 80-ih godina zbog jednostavnosti gotovo se isključivo koristila izolacija između rogova. S obzirom na to da rogovi predstavljaju tzv. toplinske mostove, toplinska izolacija krovova bila je smanjena, a trebalo je računati i s negativnim učincima glede propusnosti pare. Rješenje je pronađeno u postavljanju izolacija iznad rogova.

Rogovi su vidljivi u prostoru (slika 3-199) i pokriveni vidljivom daščanom oblogom. Na oblogu se polaže folija protiv osipanja (parna brana) i tvrda izolacija u pločama. Preko izolacije se postavlja paropropusno-vodonepropusna folija, koja ima višekratnu ulogu sekundarnog pokrivača. Slijede zračne letve, koje omogućavaju prozračivanje krovne konstrukcije. Na njih su poprečno pričvršćene krovne letve, koje služe za postavljanje crijepa.

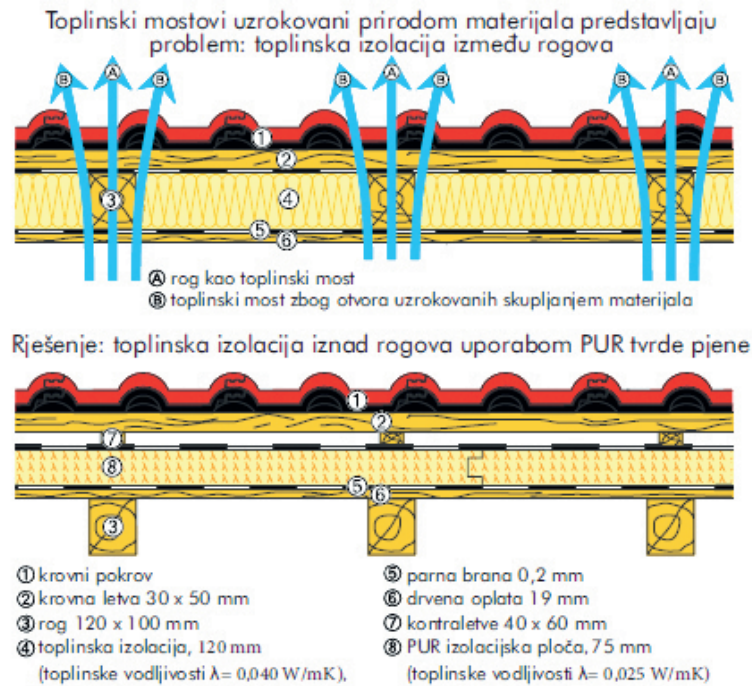


Slika 3-200 Termogram krovništa [339]

Termogrami krovništa (slika 3-200) otkrivaju značajnu razliku između toplinske izolacije iznad rogova i one između njih. Područja toplinskih mostova su hladnija (zbog gubljenja topline) plavkaste su boje, dok su bolje toplinski izolirani dijelovi crvenkaste boje.

Razlozi pojave toplinskih mostova kod izolacije između rogova

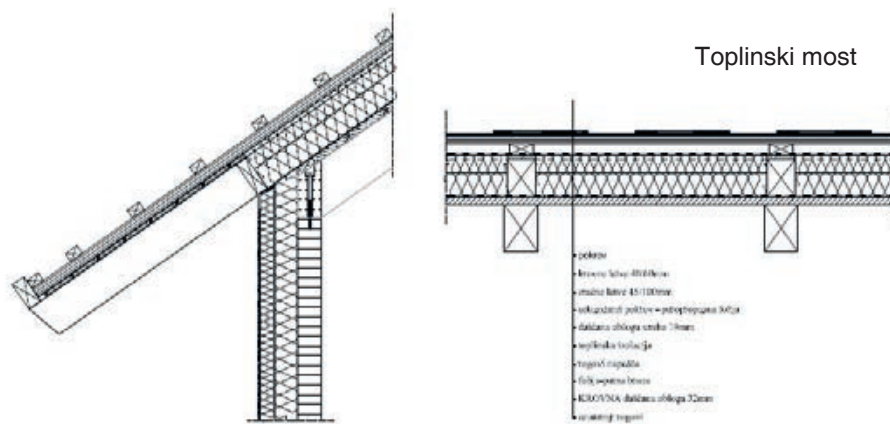
Rogovi posjeduju pet do osam puta lošije vrijednosti toplinske provodljivosti nego neki suvremeni toplinskoizolacijski materijal (npr. mineralna vuna). Određena količina topline odlazi kroz pukotine između izolacijskog materijala i rogova. Znatna količina topline gubi se kroz otvore nastale na mjestima pričvršćivanja izolacijskog materijala, odnosno uz njegove rezane rubove. Osim prednosti nastalih zahvaljujući odsutnosti toplinskih mostova (slika 3-201), toplinska izolacija iznad rogova omogućila je stvaranje krovova koji maksimalno udovoljavaju svim zahtjevima, kao što su dug vijek trajanja, otpornost, sposobnost zvučne izolacije, dugotrajno očuvanje prvotnog oblika, jednostavna montaža.



Slika 3-201 Prikaz toplinskih mostova [147]

Prednosti, nedostaci, ali i način postavljanja izolacije iznad rogova detaljno su objašnjeni u *Priručniku za krovopokrivača*, pa se ovdje neće detaljno obrađivati.

Kombinirano krovište – Riječ je o načelu dvostrukih rogova: jedni su vidljivi u unutrašnjosti objekta i tvore osnovnu krovnu konstrukciju, koja nosi krovnu oblogu i izolaciju, a drugi su između izolacije pričvršćeni na osnovnu konstrukciju i tvore strehu (*slika 3-202*). Kod kombiniranog krovišta u izvedbi prikazanoj na donjoj slici također postoji problem linijskog toplinskog mosta kroz rogove, što je opisano u gornjem tekstu, pa s ovakvim tipom krovišta treba oprezno raditi.



Slika 3-202 Kombinirano krovište

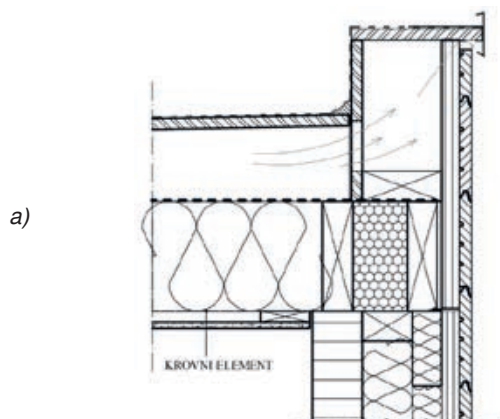
3.5.7.2 Ravni krovovi na drvenim zgradama

Na drvenim zgradama, osim kosih krovova, moguće je izvesti i ravne krovove. Princip izvođenja ravnih krovova ne mijenja se znatno u odnosu na ravne krovove izvedene na masivne nosive konstrukcije od armiranog betona i polumontažnih stropova (FERT, bijeli strop itd.).

Ravni se krov na drvenu nosivu konstrukciju od križno lameliranih ploča ili pak grednih nosača glavne i sekundarne konstrukcije (*slika 3-203*) može izvesti kao klasični ravni krov, obrnuti ravni krov, ventilirani ravni krov (*slika 3-204*) i/ili zeleni ravni krov (*slika 3-205*). Pri tome je potrebno osobitu pozornost obratiti na difuziju vodene pare (pravilna izvedba parne brane), zrakonepropusnost konstrukcije, kao i hidroizolaciju ravnog krova s gornje strane.

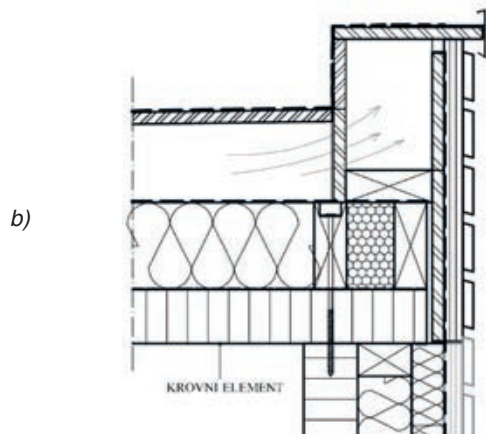


Slika 3-203 Fotografije tipova nosivih konstrukcija ravnog krova drvenih zgrada [12], [277], [341], [342]



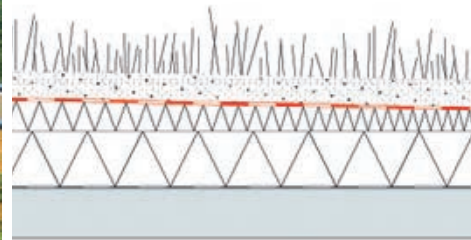
Slojevi iznutra prema van:

- stropna potkonstrukcija
- parna brana ili OSB ploča
- toplinska izolacija (mineralna vuna)
- paropropusna folija
- potkonstrukcija za pad (zračni prostor)
- OSB ploča
- hidroizolacija


Slojevi iznutra prema van:

- stropna ploča
- parna brana
- toplinska izolacija (mineralna vuna)
- paropropusna folija
- potkonstrukcija za pad (zračni prostor)
- OSB ploča
- hidroizolacija

Slika 3-204 Presjek ventiliranog ravnog krova s drvenom nosivom konstrukcijom:
a) gredna konstrukcija; **b)** masivna ploča od križno lameliranog drva [245]


Slojevi iznutra prema van:

- križno lamelirana ploča
- parna brana
- toplinska izolacija
- toplinska izolacija u padu
- hidroizolacija
- vegetacijski sloj

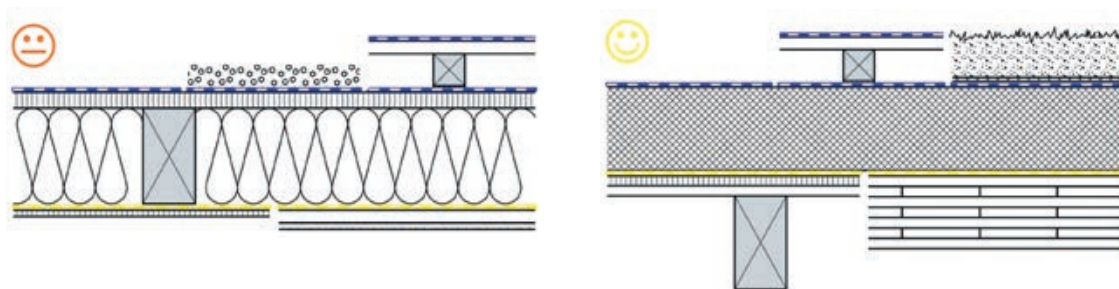
Slika 3-205 Zeleni ravni krov na drvenoj zgradi [343]

Na nosivu konstrukciju ravnog krova izvodi se parna brana te se ostvaruje sloj za pad koji osigurava kvalitetno otjecanje vode s hidroizolacije. Sloj za pad postiže se tako da se izvede u obliku suhog nasipa, laganog betona u padu, te da se montira potkonstrukcija za pad s OSB pločama (*slika 3-204*) ili, pak, da se izvede toplinska izolacija u nagibu (*slika 3-205*).

Kod neventiliranih krovnih elemenata cijeli presjek mora biti ispunjen toplinskom izolacijom, tj. izolira se prostor između potkonstrukcije za pad. Preporuka je postavljati toplinsku izolaciju u ravni krov tako da se prekinu toplinski mostovi, što znači iznad nosača drvene konstrukcije i eventualno između i iznad nosača (*slika 3-206*).

Posebnu pažnju treba posvetiti izvođenju nalijeganja krova na zidove, zatim toplinskoj izolaciji atike ravnog krova, kao i ostvarenju zrakonepropusnosti krova (spojevi, proboji, nosači fotonaponskih panela i solarnih kolektora itd.).

Tablica 3-8 daje primjer postupka izvođenja ravnog krova na da drvenoj zgradi korištenjem suhog nasipa (laganog betona) kao sloja za pad i PIR-a kao toplinskoizolacijskog materijala.



a)

b)

Slika 3-206 Položaj toplinske izolacije u ravnom krovu na drvenoj konstrukciji: **a)** između greda (loše); **b)** iznad greda i/ili križno lameliranih ploča (bolje) [344]

<p>Hladni premaz bitumenskom emulzijom na OSB ploče</p>	<p>Parna brana</p>	<p>Početak izvođenja suhog nasipa od ekspandirane gline</p>
<p>Izvođenje suhog nasipa od ekspandirane gline u padu</p>	<p>Opcija izvođenja laganog betona u padu</p>	<p>Toplinska izolacija od PIR-a</p>
<p>Zapunjavanje reški između ploča PIR-a i konstrukcije PUR pjenom</p>	<p>Izvođenje samoljepljive hidroizolacije</p>	<p>Izgled krova prije izvođenja zaštite hidroizolacije</p>

Tablica 3-8 Primjer postupka izvođenja ravnog krova na drvenoj zgradi [12]

Pri izvođenju ravnog krova na drvenu konstrukciju (*tablica 3-9*) potrebno se pridržavati svih pravila i postupaka kao i tijekom izvedbe svakog drugog ravnog krova. Više detalja o izvođenju ravnih krovova moguće je pročitati u *Priručniku za krovopokrivača*.



Postavljanje parne brane varenjem



Postavljanje toplinske izolacije



Postavljanje drugog sloja toplinske izolacije



Razvlačenje hidroizolacijske membrane



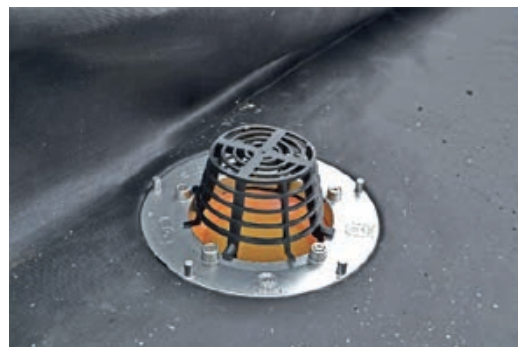
Međusobno varenje hidroizolacijske membrane



Rješavanje detalja oko atike



Postavljena hidroizolacijska membrana



Detalj odvodnje s krova



Zaštita hidroizolacije sa šljunkom



Izvođenje limarskih radova oko atike

Tablica 3-9 Primjer izvođenja neprohodnog ravnog krova na drvenu konstrukciju korištenjem hidroizolacijske membrane [251]

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR**



EKO GRADNJA

4 EKO GRADNJA

4.1 TEHNOLOGIJA IZRADE DRVENIH ZGRADA OD SLAME

4.1.1 Povijest gradnje

Biljna vlakna, veliko lišće, dugačke trave, šiblje i granje koriste se za gradnju od prapovijesti. Stabljike starih vrsta žitarica dosezale su i do dva metra visine, što ih je činilo pogodnim materijalom za gradnju. Slama i konoplja predstavljaju najkvalitetniji jednogodišnji biljni materijal za gradnju. Prednosti gradnje slamom nad konvencionalnim sustavima gradnje su održivost i prirodna obnovljivost slame, visoka energetska učinkovitost, visok stupanj toplinske i zvučne izolacije, smanjen rizik od požara, laka dostupnost i niska cijena.

Slama se u graditeljstvu koristi od davnina, a stoljećima se u Europi koristila za izradu krovova čija je trajnost bila i do 50 godina. Pomoću slame se rade i kuće od nabijene zemlje i zemljane žbuke kojima slama daje čvrstoću jer svojim vlaknima povezuje osušenu zemlju i djeluje kao armatura koja smanjuje pucanje žbuke. Otkriće stroja za baliranje slame sasvim nenadano je omogućilo da se te bale (*slika 4-1*) počnu koristiti kao veliki građevinski blokovi. Prva zabilježena građevina od bala slame sagrađena je u Nebraski (SAD) 1886. godine. Bila je to škola s jednom učionicom. Škola je sagrađena bez ijednog drugog konstrukcijskog elementa, isključivo od bala slame.

I danas se jednostavnije građevine manje katnosti grade tako da su bale slame nosivi elementi. Ta se tehnika prema mjestu nastanka zove Nebraska tehnika ili "load bearing" i predstavlja izuzetno jeftin način gradnje. Ova je tehnika u SAD-u doživjela svoj vrhunac u razdoblju od 1915. do 1930. godine. Prema autoru R. L. Welschu, u tom je razdoblju na taj način sagrađeno je oko 70 građevina, od kojih je 13 bilo u funkciji još 1993. godine.

Razvojem željeznice, a njome i novih industrijskih materijala i trendova, gradnja balama slame u ovom razdoblju nije postigla širu primjenu.



Slika 4-1 Čvrsto ili tvrdo balirana slama: **1)** prizmatična, s dva poveza; **2)** roto bale (valjkasta) [265], [345]

Što je slama?

Slama je suha stabljika (dio od vrha korijena do ploda) žitarice (pšenica, raž, ječam, zob, proso) ili vlaknastih biljaka (riža, konoplja, lan). Obnovljiv je materijal koji se razvija fotosintezom koristeći energiju Sunca, vodu i minerale iz tla. Sastoji se od celuloze, lignina i silicija.

Slama posjeduje vodootpornu voštanu površinu. Zahvaljujući sloju silicija, sporo truli i dugo se razgrađuje. Bale slame nastaju kao nusproizvod u uzgoju žitarica. Slama je biorazgradiva i lokalno dostupna te se za njezinu proizvodnju i transport troši znatno manje energije nego za ostale građevinske materijale.

U današnje se vrijeme u svijetu, a i Hrvatskoj, sve više priča o gradnji održivim građevnim materijalima, pa tako i gradnji slamom. Iako je gradnja slamom izuzetno održiv način gradnje, ovdje je potrebno istaknuti stanje s regulativom o gradnji slamom.

Trenutna hrvatska, ali i europska regulativa u gradnji dopušta ugradnju samo građevinskih proizvoda u zgrade. Ti građevinski proizvodi moraju biti ispitani, a njihova svojstva deklarirana od proizvođača građevnog proizvoda (materijala). Nadalje, građevni proizvod mora biti proizveden tako da njegova svojstva budu jednaka u duljem vremenu kontinuirane proizvodnje i da ne variraju značajno. Razlog toga je osiguranje kvalitete građevine prema različitim kriterijima: sigurnost, tehnička ispravnost, trajnost, udobnost, zaštita čovjekova zdravlja i okoliša.

Zakonski okvir je jedan od nužnih uvjeta kako bi se navedena kvaliteta ostvarila. Potrebno je istaknuti da problem nije tehničke, nego zakonske prirode, a trenutna je zakonska regulativa takva da se bale slame proizvedene na bilo kojem polju ne smiju koristiti kao građevni proizvod, a ako se koriste, zgrada ne može dobiti uporabnu dozvolu.

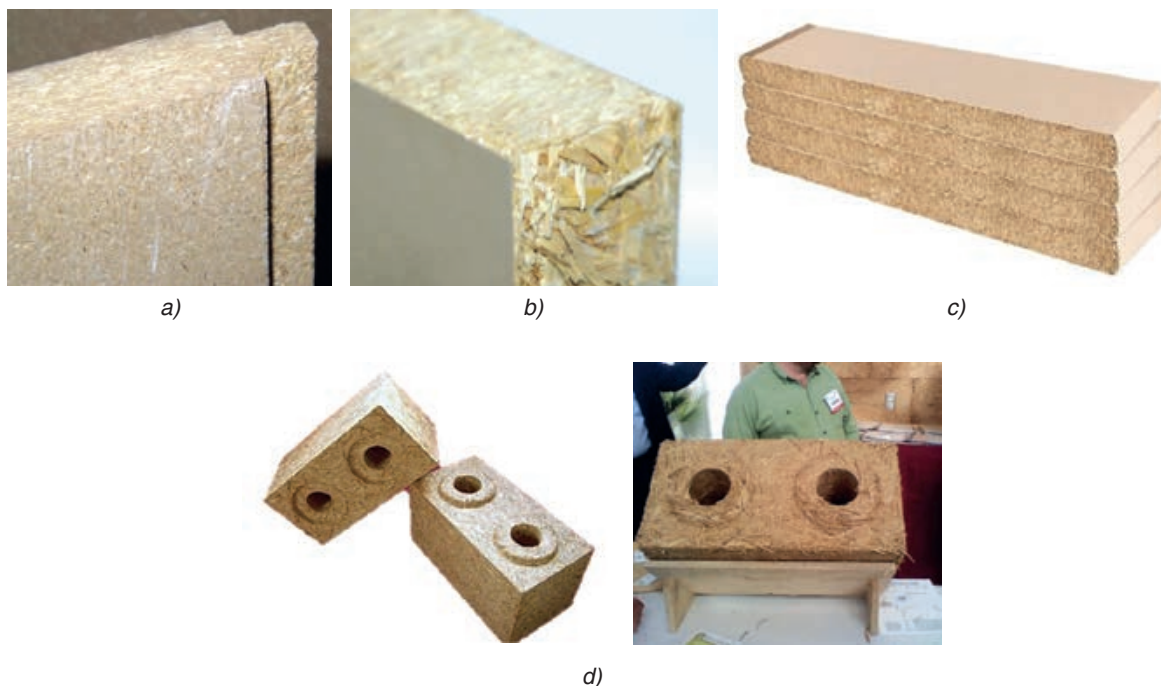
Tu se dolazi do pitanja ujednačenosti kvalitete bala slame koje se koriste u gradnji. Pitanje je mogu li se deklarirana svojstva bala slame uzeti kao reprezentativna s obzirom na mogućnosti balirki (zbijanje slame), vrsta biljke od koje je slama nastala (sorti pšenice, raži, ječma...).

Korištenje bala slame pri gradnji obiteljskih kuća do 400 m² u Hrvatskoj je legalno ako:

- a. bala slame kao proizvod ispunjava zahtjeve propisane Tehničkim propisom o građevnim proizvodima i ako je za njega izdana isprava o sukladnosti u skladu s odredbama posebnog propisa, **što trenutno nije slučaj**, ili
- b. ako se može dokazati uporabljivost u skladu s projektom građevine i važećim tehničkim propisom.

Rezultati višegodišnjeg rada entuzijasta i organizacija koje se bave gradnjom slamom u Njemačkoj i Austriji doveli su do ishođenja Europskog tehničkog dopuštenja (ETA) za građevinske bale slame kojim se odobrava korištenje za toplinsku i/ili zvučnu izolaciju proizvedenu od bala slame određenog proizvođača [346]. **Ako se kod gradnje zgrada u Hrvatskoj koriste isključivo bale slame proizvedene od proizvođača iz Austrije ili Njemačke koji posjeduju Europsko tehničko dopuštenje (ETA), tada je zgrada "legalna" te može dobiti sve dozvole.**

S druge strane, na tržištu postoje proizvodi od slame koji imaju kontrolirana svojstva i koji su, zapravo, tvornički dobiveni upotrebom slame kao glavnog resursa u proizvodnji (*slika 4-2*).



Slika 4-2 Građevni proizvodi izrađeni od prešane slame: **a)** ploče za oblogu; **b i c)** ploče za pregradne zidove s kartonskim prešanim blokom; **d)** prešani blok za zidanje ili ispunu [347], [348], [349], [350], [351]

Ipak, u Hrvatskoj je sagrađeno nekoliko zgrada sa slamom kao toplinsko-izolacijskim materijalom, pri čemu je njihova nosiva konstrukcija drvena ili nekog drugoga oblika, a slama je korištena kao ispunu.

Pritom je pretpostavka da je u skladu sa zakonom dokazano da je korištena slama, odnosno građevni proizvod proizveden na gradilištu za potrebe upravo tog gradilišta. U tom slučaju potrebno je dokazati da taj proizvod zadovoljava zahtjeve za korištenje u gradnji, i to tako da se dokaže uporabljivost u skladu s projektom građevine i važećim tehničkim propisom.

4.1.2 Načini gradnje slamom

Tehnike gradnje balama slame (load bearing ili “nosiva konstrukcija”)

Ugrađene bale tvore nosivu konstrukciju na kojoj leži krov. Ova tehnika znatno je jeftinija i brža za gradnju jer nema drvene konstrukcije. S obzirom na trenutnu zakonsku regulativu u Hrvatskoj, ovakav je način gradnje ilegalan. U dijelovima svijeta koji su skloni potresima, kao što je to Hrvatska, postavlja se pitanje je li uopće moguće graditi na ovaj način.



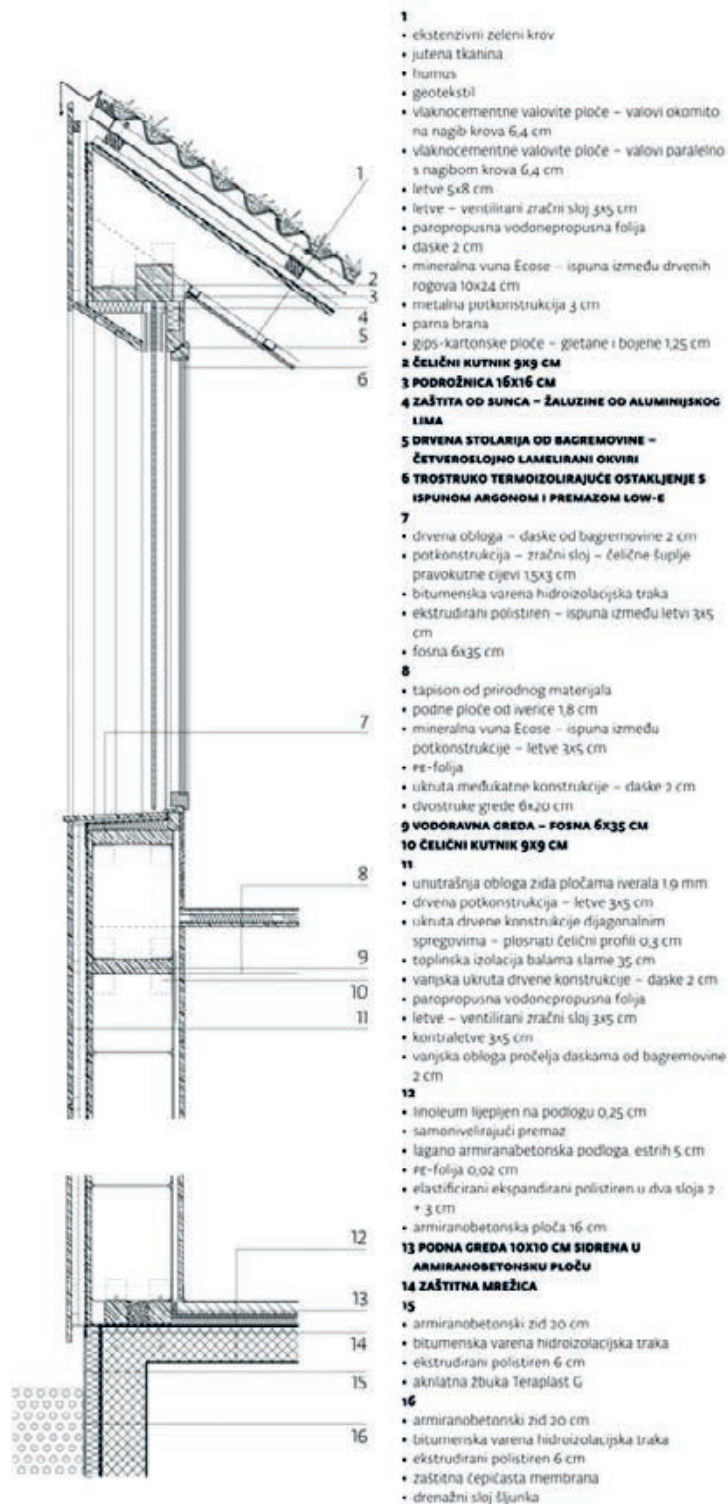
Slika 4-3 Nosivi zid od bala slame [346], [352], [353]

Drvena konstrukcija i bale kao ispuna (post and beam, non load bearing)

Drvena konstrukcija je nosivi dio zgrade sa stupovima, gredama, kosnicima, krovom i ostalim elementima. U ovom načinu gradnje bale slame su ispuna između drvene konstrukcije i kao takve nemaju nosivu ulogu (slike 4-4 i 4-5).

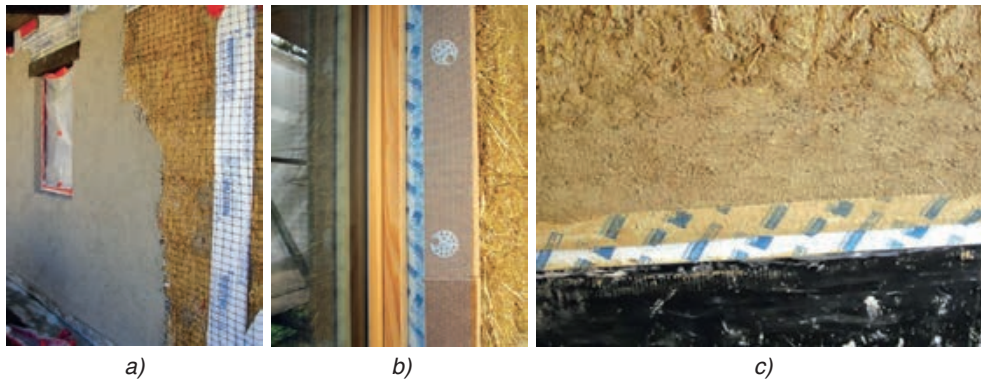


Slika 4-4 Drvena konstrukcija s ispunom od slame [354], [355]



Slika 4-5 Presjek kuće od slame sagrađene u Donjoj Bistri, u kojoj je slama ispunja između drvene konstrukcije [356]

Pri korištenju bala slame kao ispunne, odnosno toplinske izolacije treba se voditi istim principima gradnje kao i kod klasičnih toplinskoizolacijskih materijala. Tu se ponajprije misli na smanjenje utjecaja toplinskih mostova, zatim ostvarivanje zrakonepropusnosti vanjske ovojnice zgrade s unutarnje strane (žbuke – glinena; ploče – OSB ili gipskartonske; folije – parna brana), kao i na zaštitu od prodora kiše s vanjske strane postavljanjem paropropusno-vodonepropusne folije i traka ili izvođenjem žbuke (slika 4-6).



Slika 4-6 Primjer ostvarenja zrakonepropusnosti ovojnice zgrade s ispunom od slame: **a)** žbuka s vanjske i unutarnje strane (vapnena ili glinena); **b)** brtvljenje prozora specijaliziranim trakama; **c)** brtvljenje spoja poda i zida specijaliziranim trakama [357], [358]

Predgotovljeni elementi s ispunom od slame

Predgotovljeni elementi od slame su gotovi ožbukani elementi s predviđenim konstrukcijskim prihvataima i otvorima za stolariju. Ova tehnika omogućuje brzu montažnu gradnju. Princip gradnje predgotovljenim elementima s ispunom od slame analogan je gradnji zgrada s predgotovljenim drvenim elementima s klasičnom ispunom od mineralne ili ovčje vune, celuloze, drvenih vlakana itd. (slika 4-7 a).

Oblaganje postojećih zidova





Slika 4-7 a Montažni elementi u zidu s ispunom od slame i ožbukani sustavi Ecococon i Modcell [359], [360], [361]

Korištenjem slame kao toplinske izolacije mogu se i oblagati postojeći zidovi zgrada (*slika 4-7 b*), pri čemu se bale slame fiksiraju za postojeću konstrukciju tiplanjem preko “rabic” mrežice, a kao vanjska obloga izvodi se žbuka koja je armirana tom mrežicom, kako će biti prikazano kasnije u tekstu.

Osim žbuke, kod ovakve obnove postojećih zgrada moguće je izvesti i ventiliranu fasadu.



Slika 4-7 b Prikaz moguće energetske obnove postojećih zgrada korištenjem bala slame [362], [363], [364]

Prije izvođenja obloge od bala slame potrebno je izraditi oslonac za same bale. Uobičajeno je izraditi temelj, zbog težine samih bala. Bale treba uzdignuti od tla (izvesti sokl) kako bi se izbjeglo propadanje slame uslijed upijanja vode iz tla, odnosno prskanja tijekom kiše.

Ploče od slame (strawboard) (slika 4-8)

Slama se preša u kartonske okvire pri visokim temperaturama bez dodatnih tvari za spajanje.

Predgotovljeni elementi se proizvode u raznim dimenzijama i koriste se za završno uređenje, izolaciju te kao baza za žbukanje ili pregradne zidove.



Slika 4-8 Ploča od slame [341]

4.1.3 Fizikalna svojstva kuća od slame

Toplinska svojstva

Najčešći razlog zbog kojeg se ljudi odlučuju za slamu kao materijal njezina je održivost, a dodatno svojstvo je njezina mala toplinska provodljivost. Debljina i smjer ugrađenih slamki slame kao toplinske izolacije u zidu i/ili krovu utjecat će na toplinske gubitke zgrade. Dodatno, vlažnost slame također ima važnu ulogu – vlažnija bala bolje će voditi toplinu, tj. slabije će izolirati, te postoji opasnost od truljenja. Balirana slama ima toplinsku provodljivost $\lambda=0,044$ W/mK, ali ta provodljivost ovisi o stupnju zbijanja slame, vlažnosti, orijentaciji itd., pa ovu vrijednost treba uzeti s određenom rezervom.

Otpornost na požar

Slama gori pa prema klasifikaciji reakcije na požar materijala pripada u razred E – zapaljivi materijali. Međutim, sustav zida u kojem se nalazi balirana slama, još k tome zatvorena žbukom s vanjske i unutarnje strane, ima vrlo dobru vatrootpornost. Ispitivanja u laboratorijima austrijskih i njemačkih građevinskih instituta pokazala su da neopterećeni (post and beam) zid od balirane slame koji je ožbukao glinenom i vapnenom žbukom pripada u klasu vatrootpornosti F90.

Neka ispitivanja čak dokazuju vatrootpornost klase F120. Razlog solidne vatrootpornosti leži u činjenici da je za gorenje potreban kisik, a balirana, tj. prešana i ožbukana slama ne sadrži dovoljno kisika za izgaranje.

Kako bi se zaštitila od vlage, potrebno je nanositi završni vanjski sloj vapnene žbuke ili ugraditi oplata/ panele s ventiliranim ili neventiliranim slojem zraka na mjestima koja su najizložena padalinama. Velika vlažnost potiče pojavu plijesni, koja utječe na ubrzano raspadanje slame. Plijesan nastaje kada je relativna vlažnost zraka viša od 50 do 80 %, a temperatura je 20 do 28 °C. Slama pri ugradnji mora biti što suša, odnosno najveća dopuštena vlaga bale pri ugradnji je 15 %. Izuzetno je važno da bale ne pokisnu u transportu te da se do ugradnje čuvaju na suhom.

Druge dvije opasnost od plijesni vrebaju pri žbukanju zidova zemljanim žbukama. Ako se žbuka uoči zime, kada su temperature niže od 10 °C, žbuka se puno sporije suši i može se pojaviti plijesan. Također je važno da u zemlji kojom žbukamo nema organskih materijala (grančice, vlasi trave i slično) jer raspadanje tih materijala u žbuci može izazvati pojavu privremene plijesni. Difuzija vodene pare u građevinskim elementima stambenih zgrada iznimno je važna jer izravno utječe na trajnost materijala same zgrade, kvalitetu zraka i život te toplinsku izoliranost ovojnice zgrade. Zbog toga se prilikom gradnje prvi sloj žbuke nanosi odmah nakon ugrađivanja bala, tj. dovršetka zida, kako bi se samom žbukom osigurala zrakonepropusnost vanjske ovojnice. Obavezno će žbukanje, osim što mora spriječiti direktni kontakt slame s vodom, stvoriti paropropusnu membranu koja će dopuštati da višak vode u plinovitom stanju prolazi kroz zid i odlazi u atmosferu. Potrebno je, doduše, razlikovati paropropusnost od zrakopropusnosti zgrade, kako je već opisano u ovom priručniku.

Dodatna je zaštita od vlaženja slame u zidu sloj hidroizolacije između temelja i zidova od slame, kako bi se spriječilo kapilarno vlaženje iz zemlje, te temelji odignuti od zemlje kako bi spriječili močenje donjeg dijela zida uslijed odbijanja, tj. prskanja kiše. Produžene krovne strehe također štite građevinu od oborina. Krovne strehe izvode se u dužini od 50 cm pa do 1 m od stijenke vanjskog zida.

Akustika i zvučna izolacija

Još jedno svojstvo bale slame koje predstavlja prednost u gradnji je vrlo dobra zvučna izolacija. Prema istraživanjima, zidovi s dvostrukom oplatom (vanjskom i unutarnjom žbukom) pokazuju bolje vrijednosti zvučne izolacije nego betonski i cigleni zidovi. Razlog toga je što žbuka ima značajnu masu, koja je osnova zvučne izolacije, a bale slame su elastične, što im omogućuje upijanje zvučnih vibracija. A i blago zakrivljeni zidovi bez oštih bridova drugačije će utjecati na akustiku prostora nego oni u prostorijama s tvrdim površinama te ravnim i ostrim kutovima.

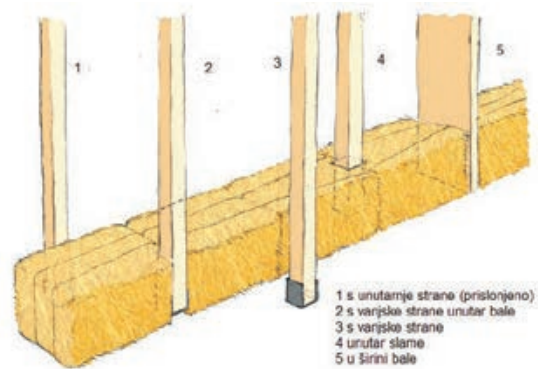
4.1.4 Primjer građenja kuće

Za gradnju kuće od bala slame potrebni su nam uobičajeni građevinski alati, strojevi i oprema. Za gradnju drvene konstrukcije potreban je uobičajeni tesarski alat. Usto je potreban i trimmer s plastičnom niti i električne ili ručne škare za živicu, koji se koriste za završno oblikovanje zidova pred žbukanje, te metalne igle za prekrajanje bala, zatezači, vreće za sakupljanje slame, plastično užje i sprej za označavanje. Alati, strojevi i oprema za žbukanje i završnu obradu zidova su: posude za namakanje i miješanje gline, miješalica za beton, tačke, zidarske kante, bušilica s "mikser" nastavkom za razbijanje gruda gline, zidarske žlice, četke, valjci, gleteri, spužve, lopate, stroj za strojno žbukanje. Građevinska skela kao pomagalo u gradnji gotovo je neizostavna ako se gradi kuća na dvije ili više etaža.

Na spoju s temeljem mora biti hidroizolacijski sloj (*slika 4-9*) koji sprečava da kapilarna vlaga prodre u bale slame. Bale ne smiju biti u direktnom dodiru s hidroizolacijom, nego trebaju biti odignute na drvenoj rešetki. Prostor u rešetki između bale i hidroizolacije treba izolirati. Obično se stavlja pijesak ili ekspandirana glina, no ako ne želimo stvoriti toplinski most, učinkovitije je koristiti bolji izolator, poput celuloze ili vermikulita. Širina konstrukcije za prihvat bala slame ovisit će o dimenziji bale (*slika 4-10*), a potrebno je dimenzionirati tako da buduća završna ravnina zida od bala bude tlocrtno barem 5 cm šira od temelja okapnica, radi slijevanja vode niz zid. Slična drvena konstrukcija može se prethodno napraviti i na pola visine zida, tj. na završetku etaže. Ona će dodatno učvrstiti strukturu zida.



Slika 4-9 Spoj konstrukcije na hidroizolaciji temelja [346]

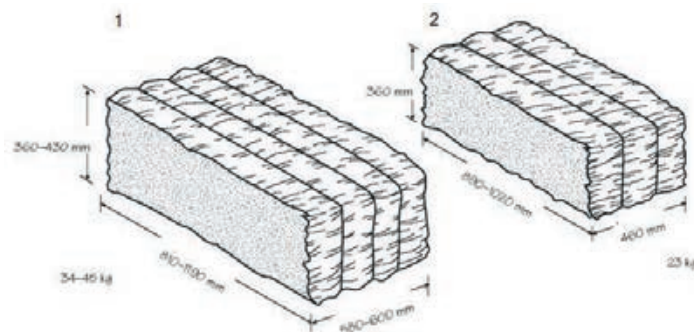


Slika 4-10 Različita mogućnost položaja stupova u odnosu na debljinu zida od slame [346]

Tehnika gradnje balama slame koju ćemo ovdje opisati je ugradnja bale u drvenu konstrukciju, odnosno “post and beam” (stupovi i grede) ili “non load bearing” (neopterećeni zidovi) tehnika. Nužno je nabaviti kvalitetnu, odgovarajuću slamu za gradnju. Slama mora biti tvrdo balirana i suha. Za gradnju je najpogodnija slama pira, raži i pšenice, a slama ječma i zobi manje je stabilna te time i slabije kvalitete. Roto balama ne može se graditi.

Tri su stvari bitne:

- a. Suhoća slame** – Vлага u bali ovisit će o tome kakva je bila vlažnost zraka prilikom baliranja, je li slama balirana suha (< 15 % relativne vlage) i gdje je skladištena od trenutka baliranja do ugradnje. Vлага se može provjeriti vlagomjerom.
- b. Čvrstoća bale** – Kod većine strojeva za baliranje može se podešavati komprimiranost bale, te bi ona trebala biti što veća jer će bale biti čvršće i time lakše za ugradnju, prijanjanje žbuke bit će bolje, a zid kompaktniji. Idealna gustoća je oko 100 kg/m³, što znači da tipična bale dimenzija 90×35×50 cm (0,1575 m³) mora težiti oko 15-16 kg.
- c. Dimenzije bala** – Standardna dužina bale slame je oko 90 cm pa će se, prema tome, prilikom ugradnje bale morati skraćivati na krajevima zida, kod stupova ili kod otvora za vrata i prozore. Ako se drvena nosiva konstrukcija projektira u odnosu na dimenziju bale, bitno je unaprijed poznavati dimenzije bala slame koje će se koristiti. Bale se povezuju špagom, obavijaju mrežom ili žicom.

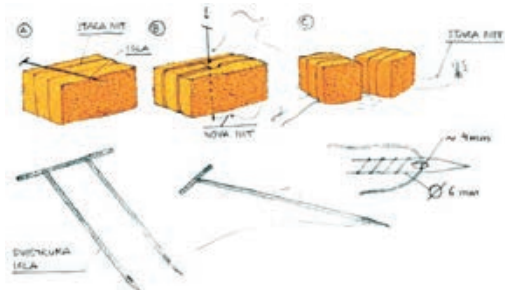


Slika 4-11 Dimenzije bale slame: 1) trostruki povež; 2) dvostruki povež [366]

Same bale mogu se polagati horizontalno sjekomice, prilikom čega se skraćene bale trebaju učvrstiti špagom ili žicom šivanjem (slike 4-12 i 4-13). Dotjerivanje vanjskih površina može se provoditi motornom pilom, škarama za živicu ili trimerom za travu (slika 4-14).



Slika 4-12 Zid od bala slame sa svim dijelovima na spoju s temeljem: **a)** crtež detalja s opisom slojeva; **b)** fotografije takvih zidova [346], [367], [368]



Slika 4-13 Krojenje bala slame [346]



Slika 4-14 Dotjerivanje vanjske površine trimerom prije žbukanja [369]

Otvori

Dimenzije otvora za vrata i prozore treba isplanirati unaprijed tako da se uklapaju u drvenu konstrukciju. Preporučuje se da se visina prozora poklapa s redovima bala slame. To uvelike olakšava gradnju jer se u tom slučaju bale ne moraju krojiti po visini. Jedan od načina ugradnje otvora je imati prethodno napravljene okvire – kutije za prozore i vrata, koji se ugrađuju u procesu postavljanja bala. Kutije za prozore i vrata se mogu raditi na širinu bale, što pojednostavljuje ugradnju. Moguće je napraviti i uže kutije, samo je važno da su postavljene tako da stabilno prihvaćaju bale nad nadvojem (*slika 4-15 a*).

Umjesto kutijama, prozori i vrata se mogu ugraditi u potkonstrukciju od drvenih letvi – štafli (*slika 4-15 b*). I prozorske kutije i potkonstrukcija od štafli moraju biti vezani za drvenu konstrukciju barem u dvije točke ili se mogu pomoću drvenih kolaca ili metalnih šipki učvrstiti i za zid sa sve četiri strane. Prije daljnjeg ubacivanja bala i sabijanja zida svakako ih treba provjeriti prema okomitoj i vodoravnoj ravnini te udaljenosti od ruba zida.

Prozori se postavljaju što bliže vanjskoj ravnini zida radi smanjenja toplinskih mostova i mogućnosti da oborinske vode prodru kroz okvire u bale. S vanjske strane prozora i vrata potrebno je ugraditi vodonepropusnu barijeru (obično se lijepi na okvir prozora i vrata), kao i okapnicu (*slika 4-15 d*).



a)



b)



c)

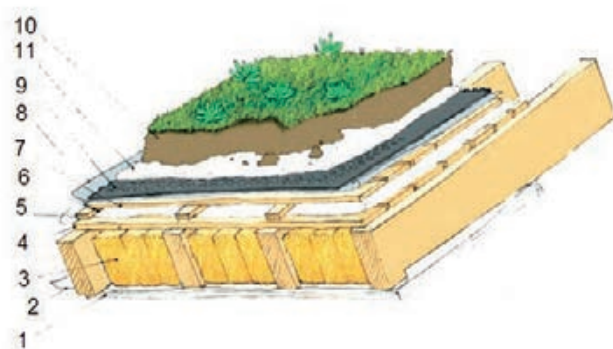


d)

Slika 4-15 Otvori u zidu: **a)** pripremljeni okviri za otvore prozora i vrata; **b)** i **c)** potkonstrukcija nadvoja prozora; **d)** ugrađeni prozori i vodonepropusna barijera oko prozora [346], [370], [371]

Krov

Krovište se izvodi klasično drveno, pri čemu se kao pokrov mogu koristiti uobičajene vrste pokrova kao što je crijep, ali i slamnati krov te klasični ravni ili pak zeleni ravni ili kosi krov (*slika 4-16*).



- | | |
|--|--------------------------------|
| 1. brodski pod ili gipskartonske ploče | 7. daske |
| 2. parna brana | 8. hidroizolacija (V3 ili TPO) |
| 3. bale slame | 9. zaštita - čepasta membrana |
| 4. daske ili OSB ploče | 10. geotekstil |
| 5. parapropusna folija | 11. zemlja i biljke |
| 6. ventilirani prostor s kontraletvama | |

Slika 4-16 Fotografija i crtež kosog krova sa zelenim pokrovom i primjerom slojeva [346], [372]

Instalacije

U ovoj se fazi izvode sve instalacije koje su smještene u zidu (*slika 4-17*). Električne instalacije postavljaju, prema pravilima struke, ovlaštteni električari, a mogu se izvesti nadžbukno i podžbukno. Jedan od načina je postavljati ih nakon ugradnje bala slame, prije žbukanja prve ruke, uz drvene stupove. Zbog zapaljivosti slame svakako je potrebno stavljati vodove u samogasive bužire, a naknadno žbukanje i zatvaranje slame treba spriječiti bilo kakve eventualne probleme s iskrenjem i kratkim spojevima. Zbog specifičnosti materijala potrebno je napraviti nosače za razvodne kutije u zidovima. Drveni klinovi zabijeni u slamu dobro će poslužiti, drugi je način pričvršćenje razvodnih kutija ugrađenih u ploču od iverice ili šperploču šivanjem kroz balu (*slika 4-17*), a treći je način da se kutije pričvršćuju direktno na drvene stupove. Nakon žbukanja kutije trebaju biti čvrste i u cijelosti zatvorene žbukom tako da nema narušavanja zrakopropusnosti ovojnice na tom mjestu.

Instalacije vodovoda i odvodnje predstavljaju rizik od močenja slame ukoliko dođe do puštanja. Zbog toga ih je najsigurnije odvojiti hidroizolacijskom folijom od ostatka zida (*slika 4-17*). Vodovodne i odvodne cijevi treba dodatno izolirati (izolacijska crijeva) u zidu od bala slame kako bi se spriječila kondenzacija, a time i vlaženje zida. Instalacija se svakako mora izvesti kvalitetno i prema pravilima struke.



a)



b)



c)

d)

Slika 4-17 Električne instalacije u zidu od slame: **a)** postavljanje razvodne kutije; **b)** “rabic” mreža protiv glodavaca i za armiranje žbuke; **c)** vodiči u bužirima; **d)** instalacije vodovoda i odvodnje [346], [373], [374], [375]

Instalacije za grijanje i ventilaciju (cijevi, dimnjaci, odzračnici) slobodno se polažu u zidove od bala slame i kroz njih, ali se moraju izolirati mineralnim izolatorom. Najčešće je to vatrootporna kamena vuna. Nosači radijatora montiraju se na predviđene konstrukcijske elemente, najčešće drvo koje se nalazi pod žbukom.

Žbukanje zidova

Žbuka je sastavni dio zida koji sprečava prodor vode i nametnika te gorenje, zaustavlja strujanje zraka kroz zidne površine i omogućuje difuziju vodene pare. Postoje različite vrste materijala koji se koriste za žbukanje slamnatih zidova: to su glina, vapno, cement, gips i njihove kombinacije (slika 4-18). Cementne žbuke se ne preporučuju za zidove od bala slame u našoj klimi iako ih pojedini graditelji koriste. Najveća mana im je visoki faktor otpora difuziji vodene pare koji sprečava prolazak vlage iznutra prema van, pri čemu se povećava mogućnost kondenzacije i truljenja slame.



Slika 4-18 Žbukanje ispune od slame korištenjem vapnene žbuke [376]

Prije početka žbukanja potrebno je postaviti čeličnu „rabic“ mrežicu na zid, čija je funkcija da spriječi ulazak miševa te ostalih glodavaca da uđu u zid, a služi kao armatura za prvi sloj žbuke (slika 4-19).



Slika 4-19 Postavljanje čelične „rabic“ mreže protiv glodavaca i armiranje same žbuke [377]

Žbuka se najčešće nanosi u tri sloja – tzv. tri ruke (slika 4-20). Vanjski završni sloj mora biti vodootporan, a unutarnji to ne moraju biti jer nisu izravno izloženi kiši i snijegu.

- **Prva „ruka“ – gruba glinena žbuka (s predslajem/podžbukom).** Ova se žbuka sastoji od razmočene i dobro promiješane zemlje (ilovače) koju smo prethodno testirali, pijeska, vode i slame.
- **Druga „ruka“ – fina glinena žbuka.** Drugi sloj nanosi se na osušen prvi sloj, koji se neposredno prije žbukanja navlaži vodom, najbolje ručnom prskalicom ili debelom četkom. Sastav je isti, osim što se dodaje manje usitnjene slame.
- **Treća „ruka“ – vapnena žbuka.** Vapnena žbuka je tradicionalni građevinski materijal kojim se postiže visoka vodonepropusnost i čvrstoća vanjskog završnog sloja. Koristi se gašeno ili hidratizirano vapno, koje se potopi najmanje jedan dan prije u posudu s vodom. Ova se žbuka sastoji od vapna i pijeska (najsitniji pijesak, 0,1 mm) u omjeru vapna i pijeska 1: 3. Smjesa se miješa uz dodavanje vode.
- **Završna obrada zida** provodi se prirodnim bojama.



Priprema žbuke u miješalici



Žbukanje prve ruke izvana



Žbukanje prve ruke iznutra



Vlaženje prije nanošenja druge ruke



Nanošenje druge ruke s glinenom žbukom



Treća ruka s vapnenom žbukom

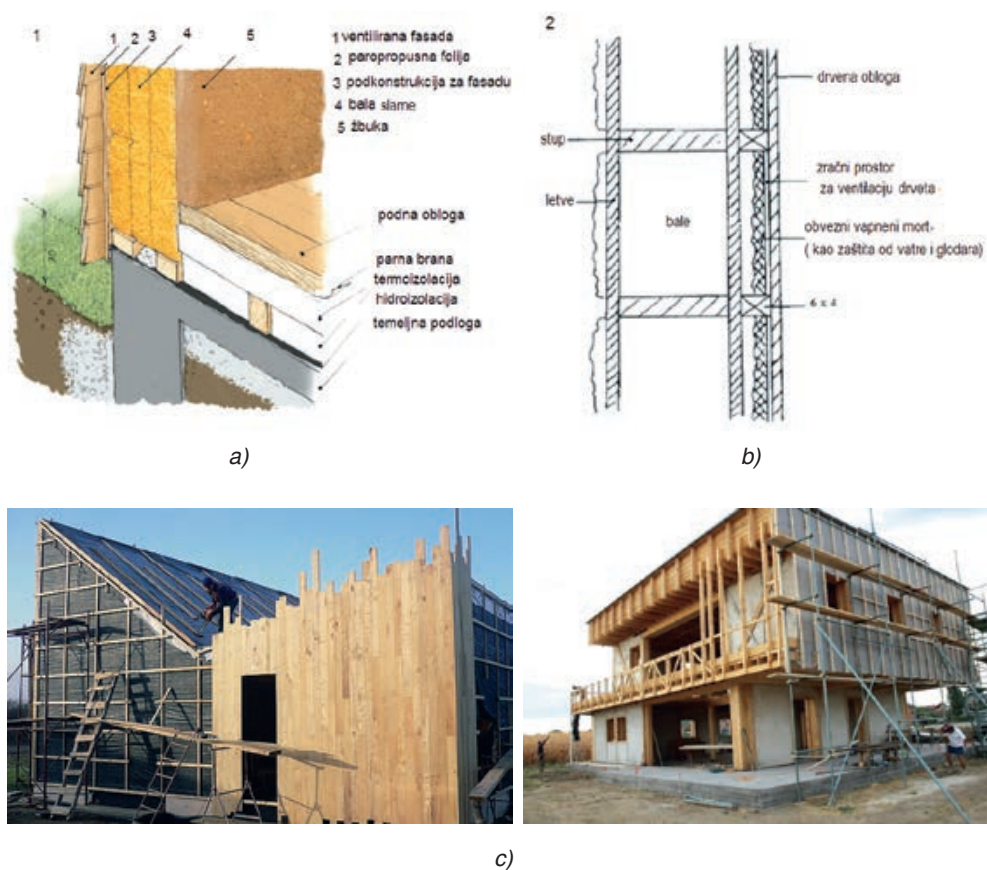


Izgled zgrade nakon žbukanja

Slika 4-20 Žbukanje zidova s ispunom od slame [377], [346], [370]

Fasada zgrade od slame s ventiliranom fasadom

Osim žbukanja, završna obrada zidova koji imaju ispunu od slame moguća je i izvođenjem ventilirane fasade, koja se izvodi jednako kao kod drvenih konstrukcija s konvencionalnom toplinskom izolacijom od mineralne vune. Pritom je paropropusno-vodonepropusnu barijeru s vanjske strane moguće ostvariti vapnenim mortom ili paropropusno-vodonepropusnom folijom.



Slika 4-21 Ventilirana fasada fasadnog zida od bala slame: **a)** aksonometrijska slika; **b)** poprečni presjek; **c)** fotografije tijekom izvođenja [346], [11], [378]

Kuće sagrađene od slame mogu, naravno, i kombinirati žbukanu i ventiliranu fasadu, a općenito se može reći da zgrade od slame mogu izgledati kao i one sagrađene od bilo kojeg drugog materijala. Točnije, mogu izgledati kako god investitor i/ili arhitekt poželi (slike 4-22 i 4-23).



Slika 4-22 Kuća od slame sagrađena kod Vinkovaca [370], [379]





Slika 4-23 Kuća od slame sagrađena u Donjoj Bistri [380], [381], [382]

4.2 TRSTIKA

Slično kao i oni od slame, proizvodi za toplinsku i/ili zvučnu izolaciju napravljeni od trstike održivi su materijali s malim utjecajem na okoliš. Trstika je jedan od prirodnih materijala koji se u povijesti u velikoj mjeri koristio u gradnji. Trskom su se pokrivali krovovi, a koristila se i kao obloga za prihvaćanje žbuke kod stropova od drvenih grednika.

Velike količine trstike rastu u močvarnim predjelima i, za razliku od uvriježenog mišljenja, eksploatacija trstike ima pozitivan efekt na životnu sredinu. Ako se mlada trska ne posječe, često zaraste u korov i više se ne može koristiti, a s vremenom trune i raspada se u vodama močvara, trošeći kisik prijeko potreban ostalim stanovnicima močvare.

Sječena trstika se nakon sušenja preša, čime se dobiva proizvod u obliku ploča čija je standardna debljina 5 cm, iako proizvođači mogu proizvoditi i drukčije ploče po narudžbi. Ploča od prešane trstike ima toplinsku provodljivost od 0,035 W/mK do 0,040 W/mK, što ju čini vrlo dobrim izolatorom.

Za razliku od slame, trstika se kao toplinskoizolacijski materijal najčešće koristi za oblaganje nosive konstrukcije (*slika 4-24*), a može se upotrebljavati i sa slamom kao ispunom između nosača drvene konstrukcije.



Slika 4-24 Primjer ugradnje ploča od trstike kao toplinske izolacije s vanjske strane [383], [384], [385]

Ploče od trstike se ugrađuju na zidove korištenjem polimer-cementnog ljepila, zatim se preko njih postavlja čelična “rabić” mrežica koja se fiksira na zid upotrebom mehaničkih pričvrsnica, što dodatno učvršćuje zalijepljene ploče od trstike (slika 4-24). Sljedeća faza je nanošenje masne vapnene žbuke s dodatkom životinjske dlake (čok), koja mora proći kroz “rabić” mrežicu, čime se žbuka dodatno armira. Nakon toga se pristupa finom žbukanju i završnoj obradi zidova.

Na ovaj način ipak se najčešće toplinski izoliraju postojeće drvene kuće iako je moguća izolacija i zidanih zgrada iznutra ili izvana (slike 4-26 i 4-27).





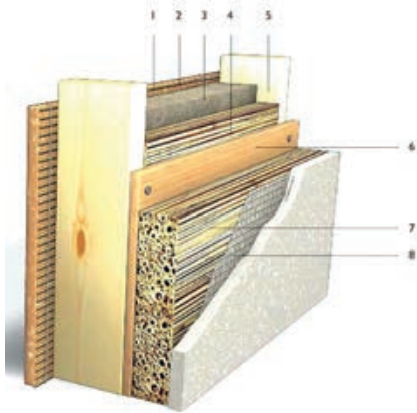
Slika 4-25 Primjeri ugradnje ploča od trstike za toplinsku izolaciju postojeće drvene kuće izvana te iznutra [385]



Slika 4-26 Primjer korištenja trstike za vanjsku izolaciju kod obnove fasade postojeće zgrade iz 1780. godine [386]

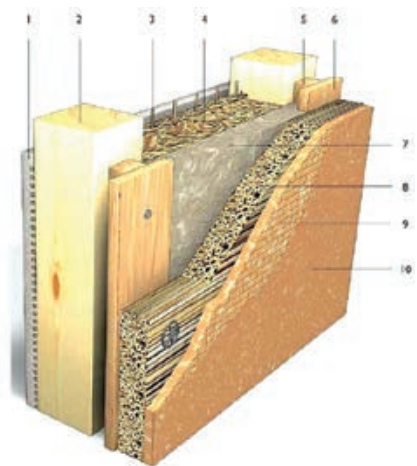


Slika 4-27 Primjer korištenja trstike za unutarnju izolaciju kod obnove postojeće zgrade iz 1930. godine [386]



Drvena okvirna konstrukcija s izolacijom od slame i trstikom s vanjske strane na daščanoj oplati

1. Žbuka od gline i jutena tkanina 20 mm
2. Podloga od trstike za unutarnju žbuku
3. Lagane ploče od gline
4. Ploča od trstike 60 mm
5. Drvena konstrukcija
6. Daščana oplata
7. Ploča od trstike 60 mm
8. Vapnena žbuka armirana "rabic" mrežicom 30 mm



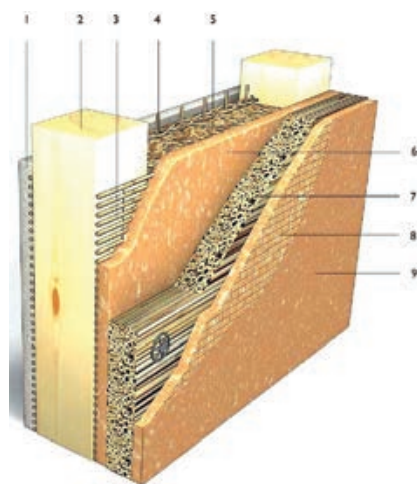
Drvena okvirna konstrukcija s izolacijom od slame i trstikom s unutarnje strane na drvenoj potkonstrukciji

Postojeći zid

1. Vapnena žbuka 30 mm
2. Drvena konstrukcija
3. Podloga od trstike za vanjsku žbuku
4. Ispuna od slame

Unutarnja izolacija

5. Drvena potkonstrukcija
6. Daske za montažu
7. Lagane ploče od gline
8. Ploča od trstike 60 mm
9. Žbuka od gline i jutena tkanina 20 mm
10. Fina žbuka od gline 3 mm



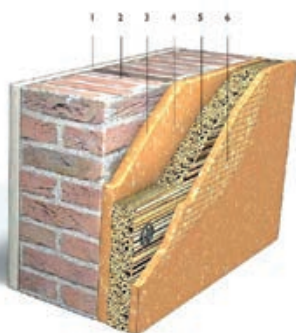
Drvena okvirna konstrukcija s izolacijom od slame i trstikom s unutarnje strane na oblozi od glinene žbuke

Postojeći zid

1. Vapnena žbuka 30 mm
2. Drvena konstrukcija
3. Podloga od trstike za unutarnju žbuku
4. Podloga od trstike za vanjsku žbuku
5. Ispuna od slame

Unutarnja izolacija

6. Žbuka od gline 30 mm
7. Ploča od trstike 60 mm
8. Žbuka od gline i jutena tkanina 20 mm
9. Fina žbuka od gline 3 mm



Masivni zid od opeke, izolacija iznutra

Postojeći zid

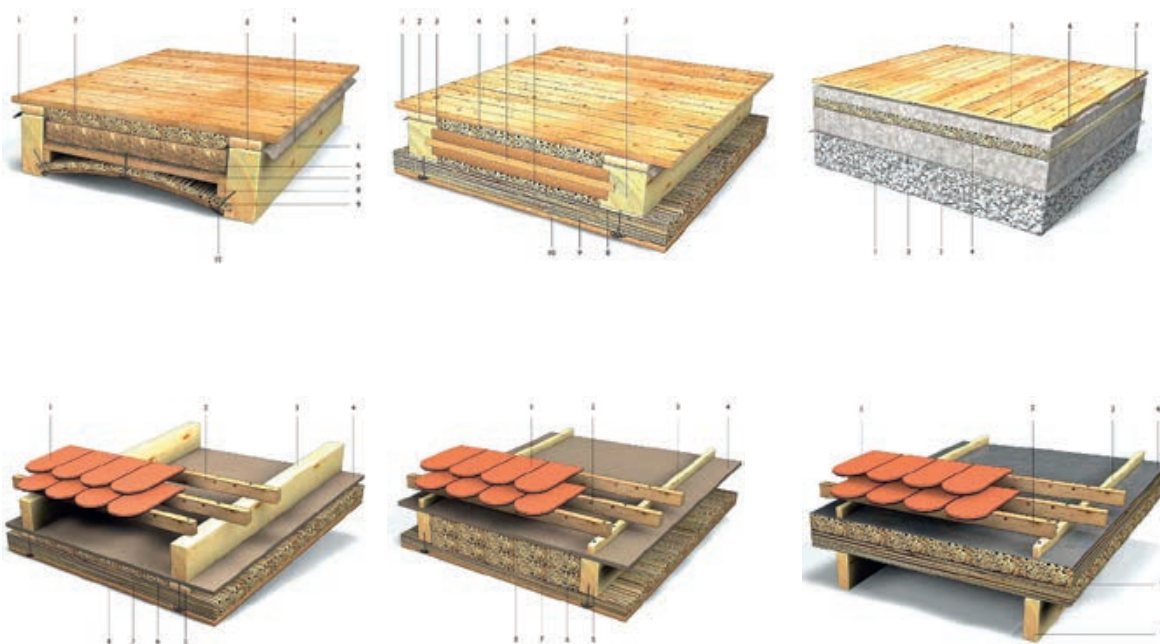
1. Vapnena žbuka 30 mm
2. Zid od opeke 240 mm

Unutarnja izolacija

3. Žbuka od gline 30 mm
4. Ploča od trstike 60 mm
5. Žbuka od gline i jutena tkanina 20 mm
6. Fina žbuka od gline 3 mm

Tablica 4-1 Presjeci s popisom slojeva toplinske izolacije od trstike [386]

Dodatno, trstiku je moguće koristiti za izolaciju podova na tlu i međukatnih konstrukcija, kao i krovova (slika 4-28). Ovdje nije dan popis slojeva zbog toga što se osim trstike, koriste klasični slojevi koji se koriste za navedene građevne dijelove.



Slika 4-28 Primjeri moguće upotrebe trstike kao izolacije međukatne konstrukcije, poda na tlu te kosog krova [386]

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR**



**ENERGETSKA OBNOVA
ZGRADA**

5 ENERGETSKA OBNOVA ZGRADA

Prije izvođenja energetske obnove drvenih zgrada svakako je potrebno provesti pregled postojeće konstrukcije (ako se ona u cijelosti ili njezini dijelovi i dalje planiraju iskoristiti). Potrebno je utvrditi postojanje i ozbiljnost:

- oštećenja vlagom
- mikrobioloških oštećenja drva
- potencijalnih mehaničkih oštećenja drva

Utvrđi li se postojanje oštećenja, potrebno je postupiti na pravilan način te, ovisno o vrsti oštećenja, zamijeniti dio ili cijeli drveni element i/ili ih na odgovarajući način zaštititi od daljnjeg propadanja uslijed mikrobioloških djelovanja.

Svaka rekonstrukcija i/ili obnova postojeće zgrade tehnički je zahtjevnija od gradnje nove zgrade, pa im treba posvetiti dodatnu pozornost i savjetovati se s ovlaštenim inženjerima prilikom rješavanja pojedinih problema. Ako se to nepravilno izvede, često sama rekonstrukcija i/ili obnova mogu uzrokovati propadanje i mikrobiološko oštećenje drvene konstrukcije.

Ovdje se najviše misli na difuziju vodene pare kroz građevne dijelove energetske obnovljene zgrade, ali i na ulazak vode u tekućem obliku u građevne dijelove.

Iako je u okviru ovog teksta već prikazan način obnove postojećih drvenih stropova, u ovom ćemo se poglavlju koncentrirati na energetska obnova vanjskih zidova postojećih zgrada korištenjem drvene potkonstrukcije, na što tesari imaju značajan utjecaj.

5.1 IZVOĐENJE DRVENE POTKONSTRUKCIJE I UPUHIVANJE IZOLACIJE

Tablica 5-1 prikazuje moguće rješenje izvođenja toplinske izolacije na postojeće zgrade kod kojih postoji problem s neravnom površinom ili pak vrlo lošom postojećom žbukom. Za razliku od velikog broja sustava na tržištu koje je potrebno lijepiti ili pričvršćivati za postojeći zid, kod ovakvog se sustava izvodi drvena potkonstrukcija potrebne debljine koja se indirektno pričvršćuje na postojeći zid.

Na potkonstrukciju se polaže "izgubljena oplata" od tvrdih ploča toplinske izolacije, a međuprostor se puni rasutom toplinskom izolacijom poput celuloze, drvenih vlakana itd. Na kraju je moguće izvesti završnu obradu tankoslojnom žbukom, analogno principu i uz poštovanje svih pravila za izvođenje ETICS sustava.



Korak 1: Ugradnja drvene potkonstrukcije na pročelje postojeće zgrade



Korak 2: Ako u postojećoj zgradi treba obnoviti instalacije ili ugraditi ventilaciju, to je moguće s vanjske strane, u sloju toplinske izolacije



Korak 3: Pričvršćenje tvrdih ploča toplinske izolacije na drvenu potkonstrukciju



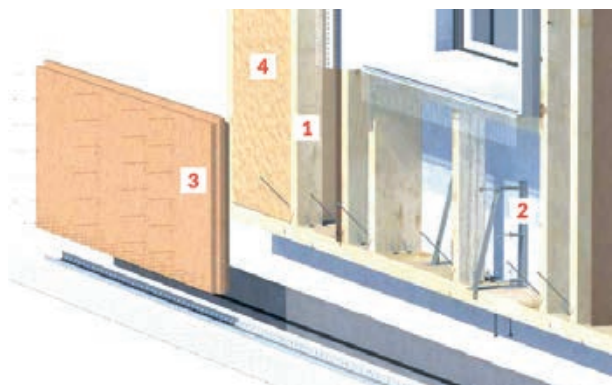
Korak 4: Ugradnja prozora u sloj toplinske izolacije



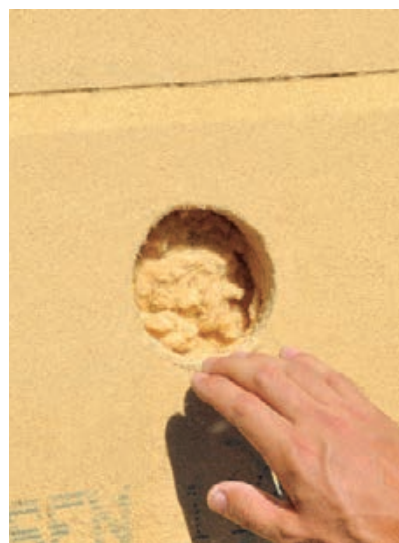
Korak 5: Upuhivanje rasute toplinske izolacije u međuprostor između toplinske izolacije i postojećeg zida



Rasuta toplinska izolacija



1. Drvena potkonstrukcija; 2. kutnik za pričvršćnje drvene potkonstrukcije; 3. tvrde ploče toplinske izolacije; 4. rasuta toplinska izolacija



Tablica 5-1 Prikaz postupka izvođenja toplinske izolacije postojeće zgrade s vanjske strane upuhivanjem rasute izolacije [250], [387], [388]

Prikazani sustav energetske obnove vanjskih zidova upuhivanjem izolacije (tablica 5-1 i slika 5-1) moguće je primijeniti na različite vrste konstrukcija postojećih zgrada, od zidanih, preko armiranobetonskih, do drvenih (kanatni sustavi).



Slika 5-1 Fotografije energetske obnove postojeće zgrade upuhivanjem rasute toplinske izolacije [389], [390], [391]

Pritom se izvođenjem ovakvog sustava kod energetske obnove postojećih zgrada oblažu postojeći toplinski mostovi i ne stvaraju se novi zahvaljujući samoj konstrukciji sustava. Dodatna pogodnost ovakvog sustava je bolja zvučna izolacijska moć vanjskih zidova zbog specifičnosti sustava.

5.2 IZVOĐENJE DRVENE POTKONSTRUKCIJE I VENTILIRANE FASADE

Izvode se i sustavi klasičnih ventiliranih fasada s drvenom potkonstrukcijom, pri čemu postoje različiti načini vješanja potkonstrukcije, a kao ispuna se koriste toplinskoizolacijski materijali namijenjeni klasičnim ventiliranim fasadama.

Detaljnije su načini izvedbe i problematika ventilirane fasade opisani u *Priručniku za fasadera*.



Slika 5-2 Prikaz koraka postavljanja drvene potkonstrukcije za izvođenje ventilirane fasade na postojećoj zgradi [250], [392]



Slika 5-3 Postavljanje okvira oko prozora radi lakše ugradnje novog prozora u ravninu sloja toplinske izolacije [92], [393], [394]



Slika 5-4 Ugradnja toplinske izolacije između potkonstrukcije te osiguranje sloja ventilirajućeg zraka [92], [395]

5.3 UGRADNJA DRVENIH PREDGOTOVLJENIH PANELA

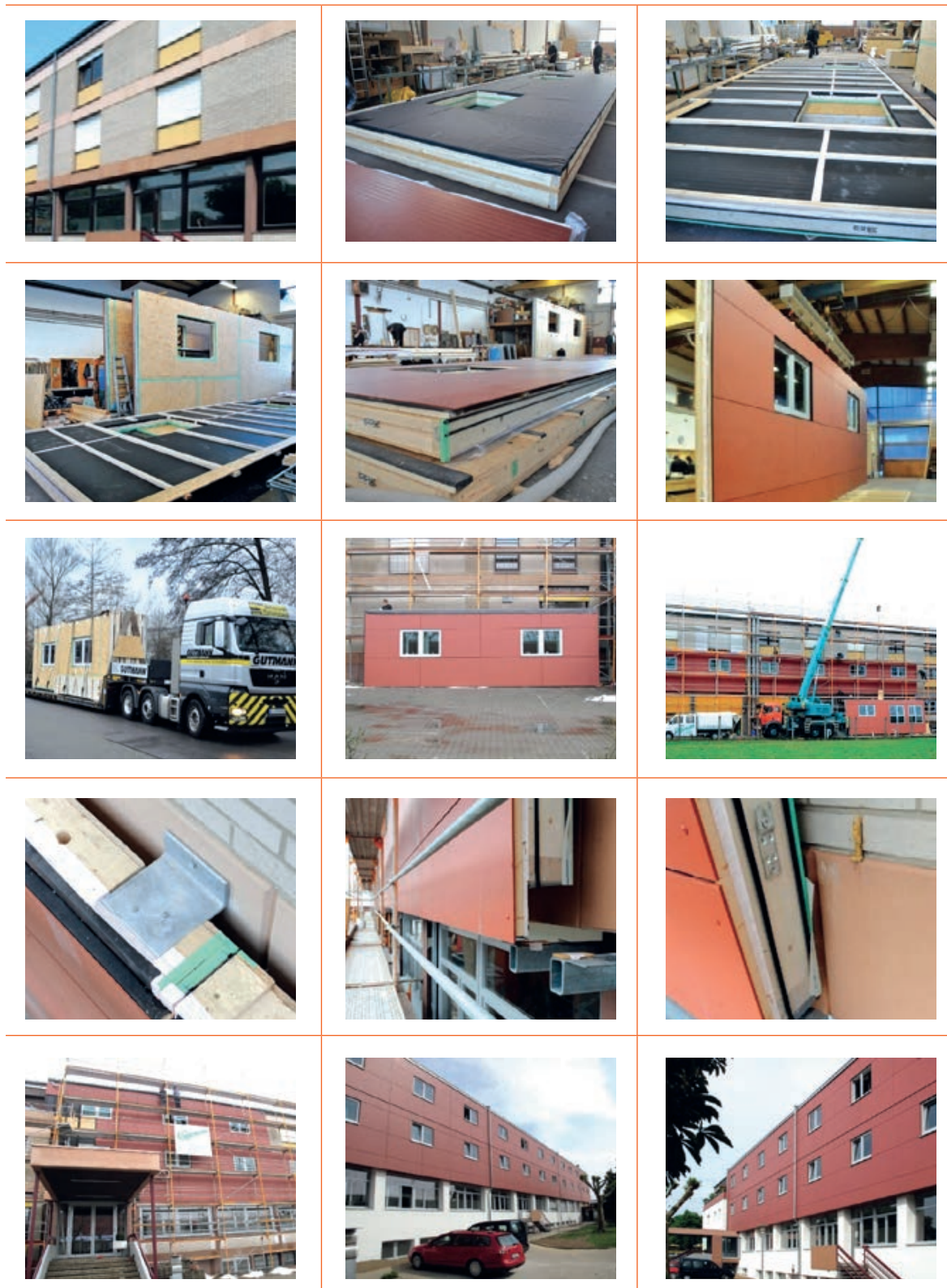
Kod ovog načina, velikoplošni predgotovljeni drveni paneli se vješaju na vanjski zid postojeće zgrade na prethodno pripremljene veze (slika 5-5).

Predgotovljeni drveni paneli upotrebljavaju se u energetskej obnovi zgrada ako postoji potreba za brzom gradnjom (montažom) na gradilištu, pri čemu se ne smije značajno utjecati na korištenje same zgrade (stanare se uznemirava samo tijekom montaže veza i samih panela). Korištenjem predgotovljenih panela fasada postojeće zgrade može se vrlo brzo energetski obnoviti (tijekom samo nekoliko dana – čisti radovi na lokaciji) pod uvjetom da se provedu kvalitetni pripremni radovi (snimanje zgrade) i postavljanje veza za prihvaćanje drvenih panela. Sama izrada panela u tvornici osigurava kvalitetu izvedenih radova na njima te ugodne uvjete za rad radnika.



Slika 5-5 Energetska obnova postojećih zgrada korištenjem predgotovljenih drvenih panela [396]

Tablica 5-2 daje primjer energetske obnove oko 900 m² fasade postojeće zgrade korištenjem predgotovljenih drvenih panela koji su punjeni celulozom kao toplinskom izolacijom i vlaknasto-cementnim pločama kao završnom oblogom.



Tablica 5-2 *Primjer energetske obnove zgrade korištenjem predgotovljenih drvenih panela [390]*

Pri izvođenju posebno se pazilo na kontinuitet paropropusno-vodonepropusne folije koja je međusobno lijepljena prilikom montaže panela. Svi međuprostori između drvenih panela i postojećeg zida nastali zbog njegovih neravnina nakon montaže su iznutra zapunjeni upuhivanom toplinskom izolacijom od celuloze, kako ne bi došlo do pojave strujanja zraka u međuprostoru. U tvornici je moguće ugraditi i sve otvore, tako da više nema potrebe za intervencijama nakon same montaže panela.

Često se tijekom ulaska u energetska obnova postojećih zgrada utvrdi da je moguće na zgradu podići dodatnu etažu, prodati stambeni ili uredski prostor te time djelomično sufinancirati samu energetska obnova zgrade. Prije odluke o tome svakako je potrebno konzultirati ovlaštene građevinske inženjere koji će provjeriti statičke aspekte obnove.

Zbog male mase, predgotovljeni drveni paneli vrlo su pogodni za dodavanje katova na postojeću zgradu tijekom njezine energetska obnove (slika 5-6). Dodatna prednost im je i mogućnost vrlo brzog provođenja samih radova te brzo useljenje u nove prostore zgrade.



Slika 5-6 Dogradnja dodatne etaže na postojeću zgradu korištenjem predgotovljenih drvenih panela [397]

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR**



GRAĐEVINSKA ŠTETA

6 GRAĐEVINSKA ŠTETA

Drvene konstrukcije izuzetno su osjetljive na povećanje vlage, pogotovo ako je sušenje onemogućeno. U takvim se uvjetima razvijaju gljivice i plijesni unutar građevnih dijelova, odnosno dolazi do truljenja drva.

Znakovi koji govore o oštećenju uzrokovanom vlagom su: vidljivi tragovi vlage (pojava curaka) na površinama, zatim promjena boje, bubrenje i ljuštenje završne obloge, miris po plijesni u prostorijama, pojava gljivica i plijesni; problemi s dišnim putevima korisnika zgrade.

Građevinska šteta koja se najčešće pojavljuje kod drvenih kuća koje su građene kao niskoenergetske, pasivne ili kao zgrade gotovo nulte energije su problemi s kondenzacijom vodene pare u slojevima presjeka građevnog dijela zgrade.

Ovakva šteta najčešće je posljedica ugradnje nedovoljno suhih materijala ili neodgovarajuće zaštite od kiše i/ili snijega prilikom same gradnje (*slike 6-1 i 6-2*), lošeg izvođenja ili neodgovarajućeg odabira materijala u izvedbi parne brane (*slika 6-3*) ili pak lošeg izvođenja paropropusno-vodonepropusne barijere s vanjske strane građevnog dijela zgrade (neadekvatno brtvljenje ili odabir neodgovarajućeg materijala (*slika 6-4 i 6-5*)).



Slika 6-1 Stvaranje gljivica i plijesni zbog nemogućnosti isušivanja [309]



Slika 6-2 Izvođenje ETICS sustava na vlažnu podlogu od OSB ploča [12]

Slika 6-1 prikazuje štetu nastalu zbog stvaranja gljivica i plijesni u slojevima drvene konstrukcije zbog toga što je ugrađena mokra drvena građa (ili je došlo do vlaženja slojeva uslijed kiše neposredno prije zatvaranja konstrukcije parnom branom), pri čemu je i s vanjske strane ugrađen pogrešan materijal (parna zapreka ili parna brana) pa nije moglo doći do isušivanja konstrukcije.

Ovakva šteta može se dogoditi i ako se ne poštuje od proizvođača preporučeni smjer ugradnje parne brane i/ili paropropusno-vodonepropusne folije.



Slika 6-3 Stvaranje gljivica i plijesni zbog loše izvedene parne brane [398]



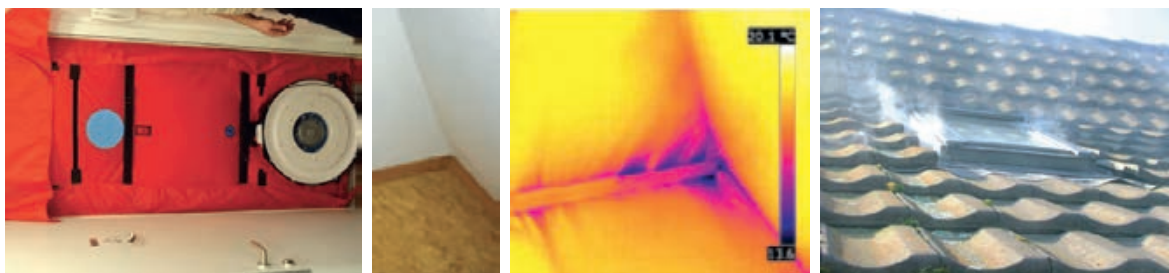
Slika 6-4 Loše zabrtvljeni prodori kroz zrakonepropusnu ovojnicu drvene zgrade [398]



Slika 6-5 Primjer pojave plijesni u sloju toplinske izolacije zbog lošeg odabira materijala "kišne brane" (odabran paronepropusni papir) uz zrakonepropusnu unutarnju oblogu [206]

Kako bi se ostvarilo adekvatno brtvljenje, potrebno se držati pravila i postupaka koji su opisani ranije u ovom priručniku (poglavlja vezana uz ostvarivanje zrakonepropusnosti vanjske ovojnice zgrade), pri čemu se svakako **preporučuje koristiti specijalizirane, industrijski proizvedene proizvode za brtvljenje** (trake, membrane, kitove itd.) i pročitati upute za ugradnju proizvoda za brtvljenje. **IMPROVIZACIJE U POSTIZANJU ZRAKONEPROPUSNOSTI REZULTIRAJU POJAVOM GRAĐEVINSKE ŠTETE.**

Pritom je potrebno imati na umu da svi ti spojevi, proboji i preklapanja moraju **biti trajni u cjelokupnom životnom ciklusu zgrade (nekoliko desetljeća)**, što znači da moraju bez oštećenja izdržati sve moguće pomake konstrukcije. Osim kontroliranja zrakonepropusnosti vanjske ovojnice zgrade potrebno je osigurati zrakonepropusnost između grijanih prostorija, što će pomoći učinkovitijem djelovanju sustava za ventilaciju u takvim zgradama. Loše izvedena zrakonepropusna ovojnica zgrade s unutarnje strane može se relativno jednostavno dokazati, a mjesta propuštanja locirati pomoću testa zrakonepropusnosti ("blower-door"). *Slika 6-6* prikazuje primjere drvene kuće kada je "blower door" podbacio.



Slika 6-6 Primjer drvene zgrade sa zrakopropusnom vanjskom ovojnicom [399]

Šteta (*Slika 6-7*) je nastala zbog loše izvedene kišne brane, pri čemu je voda tijekom kišnih perioda ulazila u slojeve vanjskog zida, odnosno, na ovom se primjeru pokazalo da su mali propusti tijekom izvođenja detalja ETICS sustava uzrokovali rast gljivica i plijesni te, posljedično, truljenje drveta zbog otežanog isušivanja vlage koja je ušla u konstrukciju (kroz EPS prema vanjskom zraku).



Slika 6-7 Vlažna izolacija i truljenje drva kod ETICS sustava s EPS-om izvedenog na drvenu okvirnu konstrukciju [400]

Dodatna građevinska šteta na drvenim zgradama i/ili konstrukcijama nastaje zbog njihova neodržavanja ili, pak, neadekvatnog i lošeg održavanja zgrade.

Vanjsku je oblogu potrebno održavati premazivanjem. Na *slici 6-8* prikazana su oštećenja nastala djelovanjem atmosferilija na neodržavanu drvenu oblogu. Premazi štite završnu oblogu od upijanja vode, UV zračenja itd. Ako je drvena obloga nezaštićena ili loše štćena, ona će svakako propadati, a u najmanju ruku takva će fasada loše izgledati nakon svake kiše.



Slika 6-8 Loše održavana drvena vanjska obloga [401], [402], [403]

Slika 6-9 prikazuje promjenu boje drvene završne obloge zgrade. Izloženo djelovanju UV zračenja, drvo se kemijski raspada, a uslijed djelovanja kiše iz njega se ispire smeđi lignin, pa postaje sivo. Ovakva promjena boje (uslijed UV zračenja) načelno je bezopasna, ali ako investitori ne vole takav izgled vanjske obloge, potrebno ju je redovito održavati premazima otpornima na UV zračenje. Također, do diskoloracije će doći ako postoje dijelovi fasade koji su zaklonjeni strehama, balkonima, nadstrešnicama itd.



Slika 6-9 Diskoloracija drva uslijed djelovanja UV zračenja [398], [404]

Neodgovarajuće pričvršćenje drvene završne obloge može uzrokovati izvijanje pojedinih dasaka, što nije samo estetski problem nego i opasnost za ljude oko zgrade (slika 6-10). Ako se podnožje zgrade ne izvede na odgovarajući način, može doći do propadanja drvene obloge (slika 6-11).



Slika 6-10 Izvijanje daske vanjske obloge [405]



Slika 6-11 Nakupljanje algi i truljenje obloge zbog neodgovarajućeg održavanja podnožja zgrade [406]

Loša ugradnja prozora uzrokuje ulazak vode u slojeve zida, najčešće na mjestu prozorske klupčice. *Slika 6-12* prikazuje trule OSB ploče ispod prozorske klupčice na mjestu loše ugradnje paropropusno-vodonepropusne trake prozora. Ako brtvljenje trake prozora i paropropusno-vodonepropusne barijere s vanjske strane zida (odgovarajuća folija ili pak odgovarajuća završna žbuka ETICS sustava) nisu dobro izvedeni, voda (kišnica) će pronaći mjesto ulaska u slojeve zida i već nakon nekoliko mjeseci izazvati truljenje OSB ploča.



Slika 6-12 Građevinska šteta (truljenje drvene konstrukcije) nastala zbog loše izvedbe (brtvljenja) “kišne brane” zgrade pri ugradnji prozora [388]

Dodatno, na kvalitetu izvedenih radova i trajnost konstrukcije utječu svi sudionici u gradnji, pa tako *slika 6-13* prikazuje primjer truljenja drvene konstrukcije zbog loše izvedenih limarskih radova, odnosno loše riješene odvodnje vode s terase zgrade.



Slika 6-13 Truljenje drvene konstrukcije zbog loše izvedenih limarskih i krovopokrivačkih radova [388], [407]



Slika 6-14 Truljenje drvene konstrukcije zbog sušenja vanjske obloge zgrade prema unutra uslijed djelovanja sunca [388]

Jedan od mehanizama koji mogu uzrokovati truljenje drveta je ulazak vodene pare u zidove uslijed djelovanja sunca, kada se površinski sloj zagrijava te zbog razlike parcijalnih tlakova vodene pare isušuje prema unutra, odnosno, vodena para prodire dublje u presjek građevnog dijela zgrade. Ovaj fenomen javlja se na dobro osunčanim fasadama, obično južnim, a ne postoji na sjevernom pročelju iste zgrade.

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

**PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR**



REFERENCE

7 REFERENCE

[1]	Šalovanje, www.ikorcula.net ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[2]	Izrada fasade, www.pravimajstor.com ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[3]	d'embellissement, www.radio.cz ; Pristupljeno 24. 11. 2016.
[4]	hasici.novy-hradek.cz; Pristupljeno 24. 11. 2016.
[5]	www.srubyzkr.cz ; Pristupljeno: 24. 11. 2016.
[6]	Kranjci gradnja, www.epazin.info ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[7]	http://need4b.eu/?page_id=11706&lang=en#lightbox[gallery_image_1]/5 ; pristupljeno 1. 11. 2016.
[8]	http://assets.inhabitat.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2012/04/Josep-Bunyesc-Spain-First-Passive-House-6.jpeg ; pristupljeno 1. 11. 2016.
[9]	http://www.poslovni.hr/nekretnine/u-hrvatskoj-izgraena-21-pasivna-kuca-u-europi-ih-je-vec-150000-283742 ; pristupljeno 1. 11. 2016.
[10]	http://www.ekocentar.hr/index.php/kuce-od-slame ; pristupljeno 2. 11. 2016.
[11]	http://korak.com.hr/ ; pristupljeno 2. 11. 2016.
[12]	Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, www.grad.hr , 2016.
[13]	http://www.sonex-trgovina.hr/upload/big/333-anwendung.jpg ; pristupljeno 2. 11. 2016.
[14]	https://static1.squarespace.com/static/512d26d9e4b0a2cb5bfc9e85/t/51e1fab5e4b0502fe211b5ae/1373764279192/pencil+dividers.jpg ; pristupljeno 2. 11. 2016.
[15]	https://webshop.schachermayer.com/cat/de-DE/product/schuller-lotschnur-automat-mit-metallgehaeuse-schnurlaenge-30-m/101192057 ; pristupljeno 2. 11. 2016.
[16]	https://webshop.schachermayer.com/cat/pictures/derivates/5/103/233/DV005-ppic_Zimmermanns_Winkelgeraet_Alpha_Classic_0.jpg ; pristupljeno 2. 11. 2016.
[17]	http://www.snickers.morlak-doo.hr/images/251003.jpg ; pristupljeno 2. 11. 2016.
[18]	http://dewalt.hr/wp-content/uploads/2014/03/Digitalna-libela.jpg ; pristupljeno 2. 11. 2016.
[19]	https://i.cdn.nrholding.net/31394107/450/450 ; pristupljeno 2. 11. 2016.
[20]	https://images-eu.ssl-images-amazon.com/images/I/612m0Bfb2ML._SL1145_.jpg ; pristupljeno: 2. 11. 2016.
[21]	Ručna pila za rov, https://s3.amazonaws.com ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[22]	Survival pila za drvo (bucksaw), survival.aforumfree.com ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[23]	www.maxalati.com ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[24]	www.lorencic.hr ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[25]	Fuxteh, exclusiveone.com ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[26]	Gerber Bear Grylls Survival Outdoor-Beil 31-002070, conrad.ba ; pristupljeno 19. 8. 2016.

[27]	<i>Sjekira tesarska, www.drazen-pospaic.com; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[28]	<i>BAHCO stolarska dlijeta set Ergo 434P; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[29]	<i>Staro ručno svrdlo za drvo, www.njuskalo.hr; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[30]	<i>Carpenters Ratchet Brace, www.drapertools.com; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[31]	<i>m.vnexpressv.com; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[32]	<i>Bosch akumulatorska pneumatska udama bušilica GBH 18 V-LI, čekić, www.bug.hr; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[33]	<i>Болгар Bosch GBH 2-26 DRE, market.yandex.ru; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[34]	<i>www.wwgoa.com; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[35]	<i>Holzschlegel 6 Kg 6Hsv, Ø: 16 cm, 760 mm, www.rakuten.de; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[36]	<i>http://centar-alata.hr/media/catalog/product/cache/1/image/800x600/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/u/n/unior_cekic_bravarski_812_1_1_2.jpg; pristupljeno 2. 11. 2016.</i>
[37]	<i>Drawknife, www.ourdaillybreadalbany.com; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[38]	<i>Ray Iles Scorp, www.workshopheaven.com; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[39]	<i>Blanjalica, www.manal.hr; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[40]	<i>Hoblerica Iskra SK 900-82, www.njuskalo.hr; pristupljeno 19. 7. 2016.</i>
[41]	<i>http://www.kuplikom.rs/wp-content/uploads/2016/11/turpija-za-drvo-3-1-topex-06a330152-1.jpg; pristupljeno 2. 11. 2016.</i>
[42]	<i>Šilo, www.njuskalo.hr; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[43]	<i>Limarski alat - razni, www.limas.hr; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[44]	<i>Željezna poluga Rennsteig Werkzeuge 271 400 2 400 mm, www.conrad.com; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[45]	<i>Rothenberger Skládací ponk, www.nipo.cz; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[46]	<i>Houten werkbank 150x65cm, www.baptist.nl; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[47]	<i>Wolfcraft 6906000 stół maszynowy Master cut 1500, www.langelukaszuk.pl; pristupljeno 19.8.2016.</i>
[48]	<i>asador doméstico de carbón de acero inoxidable, www.solostocks.com.mx; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[49]	<i>Šablona za rezanje, www.njuskalo.hr; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[50]	<i>Faber Castell 906CN Circles Template, www.amazon.co.uk; pristupljeno 24. 8. 2016.</i>
[51]	<i>http://images.bosch-professional.com/hr/hr/productimages/prodimpng/cordless-nailer-gsk-18-v-li-0601480300.png; pristupljeno 2. 11. 2016.</i>
[52]	<i>Capsatoare pneumatice, Masini de batut cuie, www.sculesiechipamente.ro; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[53]	<i>Ručna klamera, www.manal.hr; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[54]	<i>FUXTEC motorna pila FX-KS162, www.njuskalo.hr; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[55]	<i>Hitachi Pile, www.comet.hr; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>
[56]	<i>BOSCH ručna kružna pila GKS 65 Professional, hejkupi.me; pristupljeno 19. 8. 2016.</i>

[57]	Preklopne i stolne pile, www.ealati.hr ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[58]	Tračna žaga za kovine CY135VP, www.ceneje.si ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[59]	centar-alata.hr ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[60]	www.makinaturkiye.com ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[61]	Suhe grede KVH, www.mago-banjole.hr ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[62]	http://hyperallergic.com/wp-content/uploads/2011/06/Jurgen-Mayer-H-Seville-Spain-photo-Fernando-Alda-yatzer-11.jpg ; pristupljeno: 2. 11. 2016.
[63]	Dijelovi drveta, bonsai-zen.hr ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[64]	Wood free textures, images and photos, freestocktextures.com/photos-wood/ ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[65]	Wet rot dry rot treatments Hampshire, www.woodwormtreatmentshampshire.co.uk ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[66]	s-media-cache-ak0.pinimg.com ; pristupljeno 2. 11. 2016.
[67]	Proizvodnja drvenih kuća Hirsiset, www.drvene-kuce.com.hr ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[68]	Drvena građa i proizvodi na bazi drva: Osnovna podjela, https://www.scribd.com/document/147601710/Drvena-gradja ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[69]	http://legno-service.com.ba/images/daska3.jpg ; pristupljeno 3. 11. 2016.
[70]	Lesene letvice iz smrekovega lesa, bolha.com ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[71]	Konstruktivno drvo, http://graditehna.weebly.com ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[72]	Bois de construction KVH, www.mesmateriaux.com ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[73]	https://www.frischeis.hr/shop/drvo-za-gradenje/duotrio/duotrio-grede--smreka--konstruktivne-kvalitete~p1054966?category=829378 ; pristupljeno 3. 11. 2016.
[74]	Drvo za ogrjev, www.njuskalo.hr ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[75]	Besprijekorno drvo za konstrukcije, www.schaffer.co.at ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[76]	Karakteristike LLD, drvene-konstrukcije.hr ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[77]	http://drvene-konstrukcije.hr/wp-content/uploads/2013/08/94010.png ; pristupljeno 3. 11. 2016.
[78]	Džajić, Safet: Suvremeni drveni mostovi, https://www.scribd.com/doc/296400596/14-M3-Suvremeni-Drveni-Mostovi ; pristupljeno 3. 11. 2016.
[79]	http://legacy.iaacblog.com/maa2014-2015-digital-fabrication/files/2014/10/clt-02.jpg ; pristupljeno 3. 11. 2016.
[80]	http://www.seattle.gov/DPD/cs/groups/pan/@pan/documents/web_images/dpds022200.jpg ; pristupljeno 3. 11. 2016.
[81]	http://www.petervaldivia.com/eso/materials-and-wood/imagen/plywood.jpg ; pristupljeno 4. 11. 2016.
[82]	http://image.made-in-china.com/2f0j00vmaYOVnLQks/LVL-Laminated-Veneer-Lumber-LVB.jpg ; pristupljeno 4. 11. 2016.
[83]	http://www.sinoplank.com/yutu/uploadfiles/201304151455105856.jpg ; pristupljeno 4. 11. 2016.
[84]	http://r2.forresidentialpros.com/files/base/sola/frpc/image/2013/05/640w/parallampluspsl53m9n4qeyyp4q_10942658.jpg ; pristupljeno 4. 11. 2016.
[85]	http://hjlcms.com/wp-content/uploads/2012/09/hansen_07-25-12-005.jpg ; pristupljeno 4. 11. 2016.
[86]	bucina-ddd.sk ; pristupljeno 4. 11. 2016.

[87]	www.krin.hr ; pristupljeno 4. 11. 2016.
[88]	www.greenbuildingadvisor.com ; pristupljeno 5. 11. 2016.
[89]	http://www.marisanbg.com/uploads/Tehnika/Bitumi/hidroizolacij_na_pokrivi_s_bitumni_keremidi/3.jpg ; pristupljeno 5. 11. 2016.
[90]	http://www.marisanbg.com/uploads/Tehnika/Bitumi/hidroizolacij_na_pokrivi_s_bitumni_keremidi/3.jpg ; pristupljeno 5. 11. 2016.
[91]	Hrvatska udruga proizvođača fasadnih sustava, HUPFAS, www.hupfas.hr , 2016.
[92]	www.eko-budujacy.planergia.pl ; pristupljeno 5. 11. 2016.
[93]	http://www.simposik.rs/images/preview/a5.jpg ; pristupljeno 5. 11. 2016.
[94]	http://bucina-ddd.sk/upload/gallery/13669643094199_2980.jpg ; pristupljeno 6. 11. 2016.
[95]	http://blog.armchairbuilder.com/wp-content/uploads/2014/08/I-Joists-at-LVL.jpg ; pristupljeno 7. 11. 2016.
[96]	wood.i.lithium.com ; pristupljeno 7. 11. 2016.
[97]	www.vaussa.com ; pristupljeno 7. 11. 2016.
[98]	www.altrussco.com.au ; pristupljeno 7. 11. 2016.
[99]	http://3.bp.blogspot.com/_EY2zERkuvlg/S7OEHPHlsUI/AAAAAAAAAB8E/hqTNcctjWbw/s1600/EPS+Structural+Panel.jpg ; pristupljeno 7. 11. 2016.
[100]	https://energy.gov/sites/prod/files/styles/borealis_article_hero_respondlarge/public/sips.jpg?itok=1wXWOaly ; pristupljeno 7. 11. 2016.
[101]	buildingindustry.org ; pristupljeno 7. 11. 2016.
[102]	Kuća s potkrovljem, www.montaznekuceazanjac.com ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[103]	basc.pnnl.gov ; pristupljeno 7. 11. 2016.
[104]	https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/b4/a8/22/b4a8226d07948e0154e5cdad8941cd5f.jpg ; pristupljeno 7. 11. 2016.
[105]	www.domprojekt.hr ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[106]	Peulić, Đ.: "Konstruktivni elementi zgrada", Tehnička knjiga, Zagreb, 2002.
[107]	Bitumen for asphalt road, petroeretoil.com/products/bitumen-for-asphalt-road/ ; pristupljeno 23. 7. 2016.
[108]	Bitumen & Emulsions, Our Bitumen Products; www.coldpremixasphalt.co.za/bitumen-products/ ; pristupljeno 23. 7. 2016.
[109]	Ljepjenka, recitol, bitumenske trake za varenje, www.webgradnja.hr ; pristupljeno 22. 7. 2016.
[110]	Parkirališta IZOGEN, www.izogen.hr ; pristupljeno 22. 7. 2016.
[111]	www.webgradnja.hr ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[112]	http://14557.bg.all.biz/goods ; pristupljeno 19. 7. 2016.
[113]	http://www.webgradnja.hr/specifikacije/1143/voltex/ ; pristupljeno 19. 7. 2016.
[114]	Betonitska hidroizolacija – VoltexBentonite waterproofing – Voltex, www.magnacoop.com/betonitska-hidroizolacija-%E2%80%93-voltex/ ; pristupljeno 19. 7. 2016.
[115]	Ekoseal EPEcoseal EP, www.magnacoop.com ; pristupljeno 19. 7. 2016.
[116]	Graditeljska škola Čakovec, www.gsc.hr , 2016.

[117]	<i>Internal Wall Insulation</i> , http://www.nia-uk.org ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[118]	http://www.archiproducts.com ; pristupljeno 8. 11. 2016.
[119]	www.maksima-trgovina.hr/gradjevinski-materijal-asortiman/izolacijski-sistemi/termoizolacija/ ; pristupljeno 20. 7. 2016.
[120]	www.sika.hr ; pristupljeno 8. 11. 2016.
[121]	<i>Rolne ploče i granulati od pluta</i> , www.infomarket.co.rs/pluta/rolneploce/rolneploce.htm ; pristupljeno 20. 7. 2016.
[122]	<i>Zelena gradnja: energetska ušteda i smanjenje emisija CO2</i> , www.lokal.hr ; pristupljeno 20. 7. 2016.
[123]	<i>Expanded Perlite Powder</i> , http://dir.indiamart.com/impcat/expanded-perlite-powder.html ; pristupljeno 20. 7. 2016.
[124]	<i>Wool The Natural Fibre - IWTO</i> , www.iwto.org ; pristupljeno 20. 7. 2016.
[125]	https://stavbaweb.dumabyt.cz/files/files/2013_11/heraklith/Heraklith-C.jpg ; pristupljeno 8. 11. 2016.
[126]	hayforsaleads.com/browse-ads/ ; pristupljeno 20. 7. 2016.
[127]	https://shop.berner.eu/nl-nl/dsc/30578154-staalnagels/ ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[128]	<i>Nazubljeni čavao</i> , http://shop.berner.eu ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[129]	drvnicentar.filo.hr ; pristupljeno 19. 8. 2016..
[130]	www.metal-flex.com ; pristupljeno 8. 11. 2016.
[131]	<i>Wkręty tarasowe SIHGA</i> , www.dachy-wroclaw.pl ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[132]	proentaris.hr/spojna-sredstva ; pristupljeno 7. 7. 2016.
[133]	<i>Spojna sredstva</i> , proentaris.hr ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[134]	www.revotool.com ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[135]	<i>Plafon od gipsa u potkrovlju?</i> www.elitemadzone.org ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[136]	<i>Tesarska spona Zn 250,300,350</i> , www.bolha.com ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[137]	alatimilic.hr ; pristupljeno 8. 11. 2016.
[138]	<i>gang nail nail plate for wood</i> , dazhefastener.en.alibaba.com ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[139]	http://www.lkvcentar.com/sites/default/files/2016-01/DSC_0487.JPG ; pristupljeno 8. 11. 2016.
[140]	<i>Spajanje drvene građe metalnim okovima</i> , www.webgradnja.hr ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[141]	http://confessionofareluctanthomemaker.blogspot.hr/2010/03/doing-it-yourself-how-to-make-glulam.html ; pristupljeno 8. 11. 2016.
[142]	http://confessionofareluctanthomemaker.blogspot.hr/2010/03/doing-it-yourself-how-to-make-glulam.html ; pristupljeno 8. 11. 2016.
[143]	www.structuremag.org ; pristupljeno 8. 11. 2016.
[144]	<i>Ploče za Šalovanje (Dokine Ploče)</i> , www.njuskalo.hr ; pristupljeno 24.11.2016.
[145]	static.oglasnik.hr ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[146]	www.gradimo.hr ; pristupljeno 24. 11. 2016.

[147]	http://documents.tips/documents/05-tesarski-radovipdf.html ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[148]	https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/c1/16/be/c116be80e44d3e36a1a04667657f015e.jpg ; pristupljeno 8. 11. 2016.
[149]	Mostovi, karasica-vucica.hr; pristupljeno 24. 11. 2016.
[150]	Goujon d'ancrage fischer FAZ II, www.youtube.com; pristupljeno 24. 11. 2016.
[151]	Izrada krovnih konstrukcija i svih vrsta nadstrešnica od drveta, www.olx.ba; pristupljeno 24. 11. 2016.
[152]	http://klamfa.blogspot.hr/2012/11/straw-bale-house-kucica-od-slame.html ; pristupljeno 9. 11. 2016.
[153]	eraikuntza-itxitura-bertikal-itsuak.blogspot.com; pristupljeno 24. 11. 2016.
[154]	www.drvene-kuce.com.hr; pristupljeno 9. 11. 2016.
[155]	cromartietimber.co.uk; pristupljeno 9. 11. 2016.
[156]	http://2.bp.blogspot.com/-OoHn6QKaGF0/UK-cP1yP-1/AAAAAAAAAT8/2E1Cq626Mss/s640/DSC01602.JPG ; pristupljeno 9. 11. 2016.
[157]	i570.photobucket.com/albums/ss141/iverica; pristupljeno 9. 11. 2016.
[158]	http://www.uredisvojd.com/pictures/products/b7a8b034b2900f90dcaab291c542e37f.jpg ; pristupljeno 9. 11. 2016.
[159]	www.ardom.hr; pristupljeno 9. 11. 2016.
[160]	www.monivet.cz; pristupljeno 9. 11. 2016.
[161]	http://www.payer.de ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[162]	Prednosti finskih drvenih kuća u odnosu na klasičnu gradnju, http://www.drvene-kuce.com.hr ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[163]	http://www.buro247.hr/images/lifestyle/putovanja/kolibamagus4.jpg.pagespeed.ce.RGTh4Am5K6.jpg ; pristupljeno 9. 11. 2016.
[164]	www.drvene-kuce.com.hr; pristupljeno 9. 11. 2016.
[165]	www.vecemji.hr; pristupljeno 24. 11. 2016.
[166]	http://2.bp.blogspot.com/-pA19IGG70jE/TV6qjpAP0AI/AAAAAAAAAys/f-Z7rpZc-XM/s1600/batt+insulation+in+seam+of+log.jpg ; pristupljeno 9. 11. 2016.
[167]	www.artichouse.fi; pristupljeno 10. 11. 2016.
[168]	www.loghelp.com/products/log-jam-chinking-29-oz.asp; pristupljeno 11. 11. 2016.
[169]	http://www.topagent.hr/EasyEdit/UserFiles/News/gradnja-kuce-prirodnim-materijalima-10/gradnja-kuce-prirodnim-materijalima-10-635212732716623203-4_720_540.jpeg ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[170]	Dubravko Martinić, korak.com.hr; pristupljeno 11. 11. 2016.
[171]	Rouen, Quartier St Maclou, http://maia-blog.eklablog.com/rouen-quartier-st-maclou-a108902072 ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[172]	http://buildipedia.com/knowledgebase/division-06-wood-plastics-and-composites/06-10-00-rough-carpentry/06-11-00-wood-framing/06-11-00-wood-framing ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[173]	http://www.houtblad.nl/-/media/AD345532D9EE4AF2A4819462F7BE1AEA.JPG ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[174]	https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/originals/a0/22/90/a02290adcacb0fae3a9c0f3ae17cd970.jpg ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[175]	www.constructioncanada.net; pristupljeno 11. 11. 2016.
[176]	pbs.twimg.com; pristupljeno 11. 11. 2016.

[177]	Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zavod za zgradarstvo, Konstrukcije visokogradnje - drvo; https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/06_III_-_drvene_metalne_konstrukcije_-_2016.pdf ; pristupljeno 25.11.2016.
[178]	www.bchydro.com ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[179]	Wohnhaus in Trofaiach DETAIL Inspiration, detail.de ; pristupljeno 25.11.2016.
[180]	www.ghi-homes.eu ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[181]	www.holzbau-schaedler.ch ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[182]	www.vdi.de ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[183]	www.blockhaus-24.de/wp-content/uploads/Wandaufbau-Einfamilienhaus.jpg ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[184]	www.homepower.com ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[185]	www.jura-holzbau.de ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[186]	www.maison-chalet-ossature-bois.com/kit/maison-modulaire-solutech ; pristupljeno 11. 11. 2016.
[187]	www.maisonenergeco.com/images/a-propos/IMG_2894.jpg ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[188]	www.homepower.com/sites/default/files/uploads/sidebars/16_SB_SmartHome_Set_8.jpg ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[189]	img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/70349-4289695.jpg ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[190]	unserholzhaus.files.wordpress.com/2013/10/img_1526.jpg ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[191]	https://static1.squarespace.com/static/54ad526ae4b041b86b0f0469/54c9f3bee4b0de03c96c85bf/54c9f3c8e4b0b6d53ea310d3/1430574982388/neubau-villa_kuesnacht04.jpg ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[192]	Ž. Koški, V. Slabinac, D. Stober, N. Bošnjak, I. Brkanić: Elementi viskogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet, 2013.
[193]	Izvođenje građevinskih radova, www.kpkonstrukcije.hr ; pristupljeno 17. 8. 2016.
[194]	www.alreyn.ru ; pristupljeno 17. 8. 2016.
[195]	www.frischeis.hr ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[196]	Timbory/Haas Fertigbau GmbH, Die Holzprofis., Profihandbuch für Brettsperrholz, July 2013, https://www.yumpu.com/de/document/view/51638571/profihandbuch-fur-brettsperrholz ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[197]	www.x-lam.de/vorbemessung ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[198]	www.lamprecht24.de ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[199]	www.strongtie.co.uk ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[200]	Bauen mit Brettsperrholtz im Geschossbau – fokus Bauphysyk, www.knauf.at ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[201]	http://www.rigips.at/lms/holzbau/vorschau/AW/AW09b_3D.jpg ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[202]	www.klh.at ; pristupljeno 14. 6. 2016.
[203]	http://www.bcl-casa.kr/images/CIMG5602_02.jpg ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[204]	blog.modulor.ch/wp-content/uploads/2015/05/Bild_025-1024x617.jpg ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[205]	BUILD UP Skills – Training Materials, http://www.motiva.fi/en/areas_of_operation/international_cooperation/build_up_skills_finland/build_up_skills_training_materials ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[206]	https://media.wuerth.com/stmedia/shop/800px/2455972.jpg ; pristupljeno 14. 11. 2016.

[207]	http://s1099.photobucket.com/user/terryfai/media/Brickwork/IMG_1420.jpg.html ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[208]	www.svbaltic.com/en/timber-frame-houses ; pristupljeno 14. 11. 2016.
[209]	www.knauf.at/epim/HFA_PLANUNGSBROSCHUERE-BRETTSPERRHOLZ_EBOOK_KNAUF.PDF ; pristupljeno 15. 11. 2016.
[210]	http://www.uomoambiente.it/?p=435 ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[211]	www.hausinfo.ch/content/hausinfo/de/home/gebaeude/bau/holzbau/_jcr_content/contentPar/image.img.jpg/1349860892393.jpg ; pristupljeno 15. 11. 2016.
[212]	www.noz.de/artikel/395656/fresenburg-holzbaufirma-firma-schmees-amp-luhn-fertigt-im-verbund-mit-vier-betrieben-500-ferienhauser ; pristupljeno 15. 11. 2016.
[213]	www.giwog.at/projekte/referenz/passivhaussanierung-graz-dieselweg.html ; pristupljeno 15. 11. 2016.
[214]	http://simontns.co.rs/picture.php?2386 ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[215]	www.heraklith.de/sites/de.heraklith.knaufinsulation.net/files/download/files/knauf-insulation-holzbau-broschuere_201701.pdf ; pristupljeno 15. 11. 2016.
[216]	www.holzforschung.at/fileadmin/Content-Pool/PDFs/2015/Publikationen/HFA_richtlinie_sockel_20150410.pdf ; pristupljeno 15. 11. 2016.
[217]	www.holzfaser.org ; pristupljeno 15. 11. 2016.
[218]	www.isover.com ; pristupljeno 15. 11. 2016.
[219]	www.shoalwater.ie ; pristupljeno 16.11.2016«.
[220]	Tepelná izolace dřevostavby: tvrzená pěna, minerální vata, polystyren, http://www.ireceptar.cz ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[221]	Priručnik – Posavska tradicijska drvena kuća, www.min-kulture.hr/userdocsimages/bastina/Prirucnik%20-%20Posavska%20tradicijska%20drvena%20kuca.pdf ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[222]	klamfa.blogspot.hr/2012/11/straw-bale-house-kucica-od-slame.html ; pristupljeno 16. 11. 2016.
[223]	http://www.riko-hise.si/hr/files/default/Riko-hise/brosure/tehnicka-brosuraHR_2011.pdf ; pristupljeno 28.11.2016.
[224]	www.artichouse.fi/technical-info/the-log-house-system ; pristupljeno 16. 11. 2016.
[225]	www.goldeneagleloghomes.com/log_home_packages/wall_systems.asp ; pristupljeno 16. 11. 2016.
[226]	www.svbaltic.com ; pristupljeno 16. 11. 2016.
[227]	thermalcellinsulation.com/wp-content/uploads/2015/02/IMG_5975_small.jpg ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[228]	www.shoalwater.ie ; pristupljeno 16. 11. 2016.
[229]	» www.nevilllong.co.uk/sites/default/files/products/images/sheep_ wool_install_scotland.jpg ; pristupljeno 16. 11. 2016.
[230]	www.spiralanksys.com ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[231]	www.coolearth.ca/2016/02/26/paper-as-insulation ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[232]	www.dt-stieneke.de/amtool/galerie/bg_main.php?mode=preview&kat_select=6 ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[233]	www.baulinks.de/webplugin/2010/0391.php4 ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[234]	www.baulinks.de/webplugin/2014/0370.php4 ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[235]	www.ekokucamagazin.com/arhitektura/item/kuca-promisljene-arhitekture.html ; pristupljeno 17. 11. 2016.

[236]	informationsdienst-holz.de/fileadmin/Publikationen/1_Holzbau_Handbuch/R04_T05_F03_Holzfaser_Waermedaemmverbundsysteme_2013.pdf ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[237]	www.ais-online.de/media/4867806/images/14722221px1500x1125.jpg ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[238]	http://www.efarba.pl/Catalog.aspx?refid=6844/6845/6885/7680 ; pristupljeno 27.6.2016..
[239]	www.plasticsportal.net/wa/plasticsEU~bg_BG/portal/show/common/plasticsportal_news/2009/09_102?doc_lang=en_GB ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[240]	tamkdebydlime.cz/2016/04/zapomente-konecne-na-polystyren-je-tu-drevovlakno ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[241]	http://informationsdienst-holz.de/fileadmin/Publikationen/1_Holzbau_Handbuch/R04_T05_F03_Holzfaser_Waermedaemmverbundsysteme_2013.pdf ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[242]	http://docplayer.it/14941332-Fisica-delle-costruzioni-e-r-m-e-t-i-c-i-t-a-l-l-a-r-i-a-04-2012.html ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[243]	nl.gutex.de ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[244]	www.riko-hise.si ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[245]	STEICO, http://www.steico.com/fileadmin/steico/content/pdf/Marketing/German/Detailkatalog/STEICO_Detailkatalog_i.pdf ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[246]	passiv.de ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[247]	www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gbg_dateien/R01_T01_F07_Holzrahmenbau_2009Teil1.pdf ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[248]	www.baulinks.de/webplugin/2013/1557.php4 ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[249]	gutex.de/presse/2008/halle.htm ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[250]	www.haag-bau.de ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[251]	www.wolcraft.de/de/produkte/p/handtacker/1_tacocraft_5_tacker_set/s/p/index.html ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[252]	www.secvt.com ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[253]	foursevenfive.com/wp-content/uploads/2014/07/Joist-Sealing.jpg ; pristupljeno 17. 11. 2016.
[254]	www.engineersjournal.ie/wp-content/uploads/2015/07/air51.jpg ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[255]	blog.kingspaninsulation.co.uk/wp-content/uploads/2014/10/Sealing-the-OSB-airtight-layer.jpg ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[256]	klamfa.blogspot.hr/2012/11/straw-bale-house-kucica-od-slame.html ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[257]	www.ekokucamagazin.com ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[258]	Holz-ahmerkamp.de ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[259]	www.knauf-wdvs.de ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[260]	www.thermofloc.de/aktuelles/60/Fassadendaemmung-mit-Thermofloc ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[261]	s417408139.website-start.de/aktuelles ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[262]	www.kreyholzbau.de/html/unsere_arbeit.html ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[263]	i.ytimg.com/vi/tp5KsOZF7YQ/maxresdefault.jpg ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[264]	www.ekocentar.hr/index.php/kuce-od-slame ; pristupljeno 18. 11. 2016.

[265]	www.baulinks.de ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[266]	http://www.drvene-terase.hr/clanci-detajli/fasade/42 ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[267]	www.baunox.de ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[268]	www.ampack.de/produkte/bahnen/winddichtungen/products/tyvek-uv-facade-4 ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[269]	"Gold" für UBA-Neubau, www.umweltbundesamt.de ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[270]	www.kreyholzbau.de/html/unsere_arbeit.html ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[271]	www.deckwise.com ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[272]	www.rbcontracting.org ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[273]	http://pdf.archiexpo.fr/pdf/riko-hise/riko-fassaden/60433-119167-4.html ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[274]	www.loy-holzbau.de/schreinerei/kinderkrippe-st-michael ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[275]	www.holzbau-graf.de/bildergalerie/fassade ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[276]	www.haag-bau.de ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[277]	www.manser-holzbau.ch/element-wohnbau.htm?galerie&detail=24 ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[278]	www.zimmermeister-modernisieren.de/bautagebuecher/erweiterung_eines_einfamilienhauses/der_ausbau_ist_fertig ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[279]	s417408139.website-start.de/aktuelles ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[280]	www.kreyholzbau.de/html/unsere_arbeit.html ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[281]	www.holzundlehm.de ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[282]	ivt.de/de/Steildachtechnik__Lueftungsprofil_-9-43.html?CFID=9794565&CFTOKEN=41630126 ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[283]	www.mein-haus-aus-holz.at/2016/03/16/das-kleid-aus-holz ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[284]	www.hna.de ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[285]	www.bowi-holzbau.de/holzhaeuser/bauphasen/index.html ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[286]	2.bp.blogspot.com/-htqz6ujwt_o/VKM5Y4xChqI/AAAAAAB4U/Ez11oA2qq4U/s1600/IMG_2341.jpg ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[287]	www.intense-energy.eu ; pristupljeno 31. 10. 2016.
[288]	Hrvatska udruga proizvođača fasadnih sustava, HUPFAS, www.hupfas.hr .
[289]	http://www.thegreenage.co.uk/tech/internal-solid-wall-insulation/ ; pristupljeno 31. 10. 2016.
[290]	http://www.barbourproductsearch.info/NG%20Homes_Knauf%20Insul_8B3958-file038335.jpg ; pristupljeno 31. 10. 2016.
[291]	www.pravimajstor.com/stranice/gradnja/pasivna-kuca/lzrada-meduetazne-ploce ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[292]	builddailys.com/hr/pages/1639050 ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[293]	www.dataholz.com ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[294]	www.ytong.hr ; pristupljeno 18. 11. 2016.

[295]	http://virtual.arhitekt.hr/II/Lists/Najave/Attachments/1244/Predavanje%20o%20starim%20gradjevinama.pdf ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[296]	www.klussen-in-frankrijk.eu ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[297]	www.atg.hr ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[298]	www.bijelistrop.com ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[299]	www.agepan.de/bauherrentagebuecher/bericht/neuhof/ ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[300]	www.heinze.de ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[301]	Liapor lagane ispune i nasipi u stropnim i podnim konstrukcijama; korak.com.hr ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[302]	www.turbo-zg.hr/?page_id=578 ; pristupljeno 4. 7. 2016.
[303]	www.nebeska.mojabudowa.pl/?id=169906 ; pristupljeno 4. 7. 2016.
[304]	VBH Holding AG: Montaj profesional ferestre cu greenteQ, www.euroconferinte.ro/prezentari/Tema2-02.pdf ; pristupljeno 4. 7. 2016.
[305]	RAL ugradnja, ilsad.hr/ugradnja/ral-ugradnja/ ; pristupljeno 4. 7. 2016.
[306]	www.siga.com ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[307]	www.homatherm.com/portfolio/mit-holz-gebaut-mit-holz-gedaemmt/ ; pristupljeno 18. 11. 2016.
[308]	www.isover.hr ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[309]	www.dbz.de ; pristupljeno 21.11.2016«.
[310]	Dachfensterlexikon, www.durch-dacht.de ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[311]	Dachfenster einbauen - Anleitung mit Bildern, www.dachfensterdirekt.de ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[312]	http://www.spenglerei-haselwanter.at ; pristupljeno 19. 8. 2016.
[313]	http://rijeka.incroatia.eu/zavrsni-gradevinski-radovi/gradevinski-obrt-bajric/ ; pristupljeno 1.9.2016.
[314]	Ventilirani krov, krov.makoter.hr/ventilirani-krov.php ; pristupljeno: 5. 7. 2016.
[315]	Schule hat Dachschaeden, www.westfalen-blatt.de ; pristupljeno 1. 9. 2016.
[316]	Ventilirani krov, krov.makoter.hr ; pristupljeno 17. 8. 2016.
[317]	GERARD Roofing system, www.termag.hr/_Upload/Documents/Gerard-upute-za-ugradnju.pdf ; pristupljeno 6. 7. 2016.
[318]	Traka za zaštitu i provjetranje strehe, TERRAN crijep d.o.o, www.webgradnja.hr ; pristupljeno 6. 7. 2016.
[319]	Beseitigung und Vorsorge Schaden im Dach durch Marder in Würzburg, peter-jungklaus.de ; pristupljeno 30. 8. 2016.
[320]	Milovanović, B.: "Toplinska ovojnica zgrade – problemi i rješenja u praksi", Zbornik radova III. kongresa sudskih vještaka, Zagreb, 2013.
[321]	www.sika.com ; pristupljeno 22. 7. 2016.
[322]	Kosi krov s metalnom podkonstrukcijom, isover.hr/ugradnja/ ; pristupljeno 21. 7. 2016.
[323]	Need to correct moisture/mold problem on cathedral roof, www.greenbuildingadvisor.com ; pristupljeno 7. 7. 2016.
[324]	Don't Try This At Home: Armchair Building Science, www.greenbuildingadvisor.com ; pristupljeno 7. 7. 2016.

[325]	Mold between insulation and roof, www.doityourself.com ; pristupljeno 7. 7. 2016.
[326]	Crawl Space Insulation in Indiana, www.indianacrawlspacerepair.com ; pristupljeno 7.7.2016..
[327]	Pravilnik o otpornosti na požar, www.legalizacijagradnje.com ; pristupljeno 23. 9. 2016.
[328]	Schimmel am Haus, www.konrad-fischer-info.de ; pristupljeno 17. 8. 2016.
[329]	Foto-Wettbewerb zum Thema Luftdichtheit (2006), www.luftdich.de ; pristupljeno 17. 8. 2016.
[330]	Der Schwindel mit der "Wärmedämmung" und falschem Energiesparen 16, www.konrad-fischer-info.de ; pristupljeno 17. 8. 2016.
[331]	www.luftdich.de ; pristupljeno 17. 8. 2016.
[332]	www.ampack.de ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[333]	Krovište, www.krovovi-breskic.com ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[334]	katto.com.ua ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[335]	Upute za posatvljanje crijepa, www.hippo-gm.hr ; pristupljeno: 22. 8. 2016.
[336]	Odabir crijepa, www.forum.hr ; pristupljeno 22. 8. 2016.
[337]	www.lindab.com ; pristupljeno 21. 9. 2016.
[338]	www.res-net.eu ; pristupljeno 21. 11. 2016«.
[339]	Toplinska izolacija za svaki namjenu, korak.hr.com ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[340]	www.elmer.at/4,technics/21,Flachdach-in-Massivbauweise/32,Flachdach ; pristupljeno 21. 11. 2016.
[341]	www.bauhandwerk.de ; pristupljeno 21. 11. 2016.
[342]	www.proholz.at/zuschnitt/47/warmdach-mit-aufdachdaemmung-begruent ; pristupljeno 21. 11. 2016.
[343]	www.lignotrend.de ; pristupljeno 21. 11. 2016.
[344]	www.poljoinfo.com ; pristupljeno 21. 11. 2016.
[345]	www.zmag.hr/admin/public/javascript/fckeditor/editor/ckfinder/userfiles/files/gradimo%20slamom%20za%20web.pdf ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[346]	home.insightbb.com/leowebb9/strawbd_closeup.JPG ; pristupljeno 21. 11. 2016.
[347]	www.strawtec.com ; pristupljeno 21. 11. 2016.
[348]	www.niftyhomestead.com ; pristupljeno 21. 11. 2016.
[349]	http://greenbuildingelements.com/2015/01/16/building-rice-straw ; pristupljeno 21. 11. 2016.
[350]	inhabitat.com/west-coast-green-2009-day-1-roundup ; pristupljeno 21. 11. 2016.
[351]	klamfa.blogspot.hr/2012/11/straw-bale-house-kucica-od-slame.html ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[352]	jeffreynaturalbuilder.com/blog ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[353]	www.ekokucamagazin.com/arhitektura/item/kuca-promisljene-arhitekture.html ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[354]	www.topagent.hr/EasyEdit/UserFiles/News/gradnja-kuce-prirodnim-materijalima-10/gradnja-kuce-prirodnim-materijalima-10-635212732708703281-3_720_540.jpeg ; pristupljeno 22. 11. 2016.

[355]	Časopis Presjek, Godina 01, broj 04, 2011., www.presjek.hr ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[356]	ths.gardenweb.com/discussions/3409905/its-october-2015-how-is-your-build-progressing ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[357]	annethornearchitects.blogspot.hr ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[358]	www.greenspec.co.uk/building-design/modcell-schools-construction-performance ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[359]	www.ecococon.it ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[360]	www.modcell.com/technical ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[361]	http://www.treehugger.com/green-architecture/is-retrofitting-with-exterior-straw-bale-insulation-practical.html ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[362]	www.houseplanninghelp.com/hph078-externally-insulating-a-bungalow-with-straw-bales-with-john-butler/ ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[363]	www.jutarnji.hr/domidizajn/eksterijeri/prvo-reciklirano-imanje-u-hrvatskoj-pogledajte-kuce-napravljene-od-slame-drveta-i-kamena/4686224 ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[364]	Strawboards, www.raghavandco.in ; pristupljeno 28. 11. 2016.
[365]	www.arhiteko.hr/menu.html?http://www.arhiteko.hr/_kuceodslame.html ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[366]	www.ekokuce.com/materijali/slama ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[367]	http://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/2375/820/profesionalizacija-branse-koja-se-bavi-izolovanjem-pomocu-slame-u-francuskoj ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[368]	ecoenergyhouse.blogspot.hr/2013/06/kuca-od-slame-u-svajcarskoj.htm ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[369]	www.ekocentar.hr ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[370]	www.dvapapira.hr/izvedbeni-projekt.html ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[371]	www.kucasnova.com/video/porodicna-kuca-od-slame-sa-zelenim-krovom-u-svajcarskoj-23313.html ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[372]	buildingwithawareness.com/installing-electrical-wiring-in-straw-bale-walls ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[373]	www.strawbale.com ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[374]	journal.goingslowly.com/2014/07/electrical-wiring-in-strawbale-cottage ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[375]	www.sharestudio.it/en/building-with-straw-bales-natural-technology-insulation ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[376]	www.celebratebig.com/pacific-northwest-ellensburg-strawbale-plastering-workshop ; pristupljeno 22. 11. 2016.
[377]	www.ekokucamagazin.com/arhitektura/item/kuca-promisljene-arhitekture.html ; pristupljeno 23. 11. 2016.
[378]	http://www.jutarnji.hr/domidizajn/interijeri/kuca-od-slame-kod-vinkovaca-mocna-izgledom-a-njezna-prema-prirodi/4115175 ; pristupljeno 23. 11. 2016.
[379]	www.presjek.hr ; pristupljeno 23. 11. 2016.
[380]	www.d-a-z.hr/hr/vijesti/kuca-od-slame-u-presjeku-br.-4,1108.html ; pristupljeno 23. 11. 2016.
[381]	www.jutarnji.hr/kultura/art/po-poljima-sam-skupljala-slamu-iz-sume-vadila-trupce-i-napravila-kucu-u-kojoj-sretno-zivicijela-moja-obitelj/1363329 ; pristupljeno 23. 11. 2016.
[382]	www.hiss-reet.de/baustoffe-aus-schilf/waermedaemmung/aussendaemmung/beispiel-wohnhaus ; pristupljeno 23. 11. 2016.

[383]	betonika.rs/wp-content/gallery/minitrska/imag0301.jpg ; pristupljeno 23. 11. 2016.
[384]	www.igoton.com ; pristupljeno 23. 11. 2016.
[385]	www.hiss-reet.de ; pristupljeno 23. 11. 2016.
[386]	www.malerblatt.de/themen/technik-werkstoffe/formflexibel-einblasdaemmung-aus-holzfaser ; pristupljeno 23. 11. 2016.
[387]	www.greenbuildingadvisor.com ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[388]	www.reinmein.info/architektur/singleview/article/energetische-optimierung-historischer-bausubstanz-teil-4.html ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[389]	www.bauhandwerk.de ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[390]	www.reinmein.info/architektur/singleview/article/energetische-optimierung-historischer-bausubstanz-teil-4.html ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[391]	www.geb-info.de/GEB-2008-4/Ausgezeichnetes-Daemmsystem-fuer-die-Fassade,QUIEPT5OTgzMiZNSUQ9MTA1MzY2.html ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[392]	www2.lambdaplus.de/wp-content/uploads/fensterfoto2.png ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[393]	www.bauexpertenforum.de ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[394]	stateofgreen.com/en/profiles/rockwool/solutions/energy-refurbishment-of-854-apartments-using-rockwool-redair-flex-system ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[395]	www.bine.info/en/publications/projektinfos/publikation/hochdaemmende-grosselemente-in-der-gebaeudesanierung/?artikel=1002 ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[396]	www.saebu-holzbau.de/aktuell/2012/01/platzmangel-deutsche-grossstadte-wohnraum-knapper.html ; pristupljeno 24. 11. 2016.
[397]	www.holzfragen.de ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[398]	www.bauenmitholz.de/luftdichtheit-neu-gefasst/150/5238 ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[399]	bauherrenhilfe.org/probleme-mit-2-linxxx-hausern ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[400]	s-media-cache-ak0.pinning.com/736x/0c/65/f8/0c65f8eea910a87b3f4785740e7789f6.jpg ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[401]	www.periodtimber.co.uk ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[402]	thehelpfulengineer.com/index.php/2010/11/the-problem-with-cedar-cladding ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[403]	www.haus.de/bauen/bauen-mit-holz/brandschutz-von-holzhaeusern-sicher-bauen.htm ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[404]	www.1stassociated.co.uk/article_images/new-houses-and-cladding_clip_image002_0001.jpg ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[405]	thehelpfulengineer.com/index.php/2010/11/the-problem-with-cedar-cladding ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[406]	nzabuyerschoice.wordpress.com/2014/11/10/massive-stucco-failure-lessons-learned ; pristupljeno 25. 11. 2016.
[407]	http://www.pikengo.es ; pristupljeno 19. 8. 2016.

PRIRUČNIK ZA TRENERE GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR



Sufinancirano iz EU programa
Inteligentna energija Europe



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



Hrvatska komora
inženjera građevinarstva



REGIONALNI CENTAR ZAŠTITE OKOLIŠA
Hrvatska



GRADITELJSKA ŠKOLA
ČAKOVEC



Hrvatski zavod za zapošljavanje