

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

– STRUKOVNI DIO –



PRIRUČNIK ZA RADNIKE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR

IMPRESSUM:

Urednici i autori:

Graditeljska škola Čakovec
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

Dizajn i prijelom:

Antonija Čičak

ISBN:

978-953-8168-10-9

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 000961892.

Tisak:

TISKARA ZELINA d.d.
Katarine Krizmanić 1, 10380 Sveti Ivan Zelina

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

Nakladnik:

Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, 2017.

© Sva prava pridržava konzorcij CROSKILLS II.

Kratki dijelovi ove publikacije mogu se reproducirati nepromijenjeni, bez odobrenja autora i pod uvjetom da se navede izvor.

Zagreb, 2017.



**PRIRUČNIK ZA RADNIKE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR**



USUSRET ENERGETSKOJ UČINKOVITOSTI U ZGRADARSTVU

Međunarodno, ali i hrvatsko zakonodavstvo u području zgradarstva određuje sve strože zahtjeve u pogledu energetske učinkovitosti i energetskog svojstva zgrada. Gradnja zgrada gotovo nulte energije, kao i energetska obnova postojećih zgrada, vrlo su složeni procesi koji zahtijevaju promjenu dosadašnjeg načina razmišljanja i izvođenja građevinskih radova. Najveći utjecaj na kvalitetu zgrade u smislu energetske učinkovitosti ima ovojnica zgrade, i to ne samo vrste upotrijebljenih materijala već i izvedba pojedinih detalja.

Iskustvo je pokazalo kako je kvaliteta izvedenih radova na novim zgradama kao i na energetski obnovljenim zgradama nažalost često upitna. Nastale građevinske štete u posljednjih nekoliko godina pokazuju da su mnogi radovi, unatoč upotrebi visokokvalitetnih materijala, izvedeni nestručno.

S tim ciljem pokrenut je **projekt CROSKILLS** koji je usmjeren na izradu programa kontinuirane izobrazbe građevinskih radnika za stjecanje znanja u području energetske učinkovitosti u zgradarstvu. Obrazovanje prema programu CROSKILLS omogućuje savladavanje zahtjevnih izazova postavljenih pred građevinske radnike i obrtnike u smislu visoke kvalitete izvođenja radova, pažljivog izvođenja i najsitnijih detalja na vanjskoj ovojnici zgrade te ugradnje tehničkih sustava. Dodatno, razvijaju se novi proizvodi za koje je često potrebno dodatno znanje i vještine kako bi se pravilno ugradili.

U skladu s navedenim, potrebno se pripremiti za blisku budućnost kada će tržište zahtijevati specijaliziranu obuku i posebno certificiranje građevinskih radnika u području energetske učinkovitosti. Ovaj priručnik namijenjen je polaznicima za građevinsko zanimanje TESAR za stjecanje vještina i znanja za gradnju zgrada po načelu energetske učinkovitosti. Polaznici će imati priliku na jednostavan način naučiti kako prepoznati i izvesti pojedine detalje ključne za izgradnju energetski učinkovitih zgrada te će se upoznati s posljedicama koje se događaju u slučajevima neprikladne izvedbe pojedinih radova. Temelj kvalitetne obnove i gradnje zgrada u okviru energetske učinkovitosti su vještine građevinskih radnika.



TOWARDS ENERGY EFFICIENCY BUILDINGS

International, as well as the Croatian legislation sets strict requirements in the field of energy efficiency and the energy performance of the buildings. Construction of nearly zero energy building and renovation of existing buildings requires a change in the current ways of thinking and construction of blue-collar workers. The biggest impact on the quality of buildings in terms of energy efficiency has the building envelope. This applies not only to the material that is used but also on the performance of the details.

Experience has shown that the quality of work on new and renovated buildings in the frame of energy efficiency is often questionable. It has been shown that, despite of the use of quality materials, construction of buildings are made unprofessional.

CROSKILLS project is launched in order to develop a program of life-long learning of construction workers to acquire knowledge in the field of energy efficiency in buildings. Education under CROSKILLS programme enables to overcome demanding challenges faced by construction workers and craftsmen in terms of high quality of the works, careful performance even of the smallest details on the building envelope and installation of technical systems. In addition, the new products are developed which often requires further knowledge and skills in order to their properly installation.

Accordingly, it is necessary to prepare for the near future when the market will require specialized training and special certification of construction workers in the area of energy efficiency. This manual is intended for workers in the profession of CARPENTER to acquire skills and knowledge for construction of energy-efficient buildings. Participants will have the opportunity to learn how to identify and carry out certain details in order to build energy-efficient buildings. Also they will become familiar with the consequences that occur in cases of improper performance of works. The skills of construction workers are the basis of quality restoration and construction of buildings in the frame of energy efficiency.

1 TESARSKI RADOVI, PRIBOR I ALATI	9
2 MATERIJALI	11
2.1 DRVENA GRAĐA.....	12
2.2 PROIZVODI NA BAZI DRVETA.....	12
3. IZOLACIJA ZGRADE	16
3.1 IZOLACIJSKI MATERIJALI.....	16
4 VEZNA SREDSTVA	21
5 TEHNOLOGIJA ZANIMANJA	22
6 VRSTE SUSTAVA DRVENIH KONSTRUKCIJA	23
7 TEHNOLOGIJA IZRADE DRVENIH OBJEKATA NA PRINCIPU MONTAŽNE GRADNJE	25
7.1 ZAŠTITA DRVENIH ELEMENATA.....	25
7.2 PRIPREMNI RADOVI NA GRADILIŠTU UOČI MONTAŽE.....	27
7.3 ELEMENTI OD DRVENE KONSTRUKCIJE IZ KRIŽNO LAMELIRANIH PLOČA.....	27
7.4 DRVENA OKVIRNA KONSTRUKCIJA.....	32
8 IZOLACIJA ZGRADE	34
8.1 IZOLACIJA TEMELJA I PODOVA.....	34
8.2 VRSTE PODNE KONSTRUKCIJE KOD DRVENIH KUĆA.....	35
8.3 IZOLACIJA FASADNIH DRVENIH ZIDOVA.....	36
8.4 ZRAKONEPROPUSNOST VANJSKE OVOJNICE DRVENE ZGRADE.....	40
8.5 KIŠNA BRANA – PAROPROPUSNO-VODONEPROPUSNA BARIJERA.....	45
8.6 OBLOGA FASADE.....	46
8.7 PODNOŽJE KOD DRVENE ZAVRŠNE OBLOGE.....	47
8.8 MEĐUKATNI SPOJ KOD DRVENE FASADNE OBLOGE.....	48
8.9 ZAŠTITA OD POŽARA.....	49
9 UNUTARNJA IZOLACIJA DRVENIH ZIDOVA	49
10 DRVENI STROPOVI I NJHOVA IZOLACIJA	50
11 SANACIJA STROPA OD DRVENIH GREDNIKA	52
11.1 SANACIJA STROPA OD DRVENIH GREDNIKA ISPUNOM OD POROBETONA.....	53
11.2 SANACIJA STROPA OD DRVENIH GREDNIKA ISPUNOM OD SUHOG NASIPA.....	55
12 IZOLACIJA KROVIŠTA	56
12.1 PREDGOTOVLJENI KROVNI ELEMENTI.....	58
12.2 RAVNI KROVOVI NA DRVENIM ZGRADAMA.....	58
13 TEHNOLOGIJA IZRADE DRVENIH ZGRADA OD SLAME	60
14 TRSTIKA	62
15 ENERGETSKA OBNOVA ZGRADA	63
15.1 IZVOĐENJE DRVENE POTKONSTRUKCIJE I UPUHIVANJE IZOLACIJE.....	63
15.2 IZVOĐENJE DRVENE POTKONSTRUKCIJE I VENTILIRANE FASADE.....	64
15.3 UGRADNJA DRVENIH PREDGOTOVLJENIH PANELA.....	64
16 GRAĐEVINSKA ŠTETA	66

1 TESARSKI RADOVI, PRIBOR I ALATI

Djelatnosti izrade drvenih konstrukcija i izrade krovnih konstrukcija mogu se povezati s područjem energetske učinkovitosti, zbog velike rasprostranjenosti gradnje drvenih kuća kao energetski učinkovitih zgrada te zgrada gotovo nulte energije (*Slika 1*).



Slika 1 Drvene kuće visoke energetske učinkovitosti izgrađene u Hrvatskoj

Kako bi što brže, lakše i kvalitetnije obavljao svoj posao, tesar se pri radu koristi priborom i alatom (*Tablica 1*). Tijekom rada obvezna je upotreba osobnih zaštitnih sredstava.

PRIBOR I ALAT TESARA



Pribor za mjerenje



Pribor za obilježavanje



Pribor za obilježavanje



Sprava za kontrolu ravnine

PRIBOR I ALAT TESARA



Sprava za kontrolu ravnine



Ručni alat za uzdužno i poprečno rezanje



Alat za tesanje



Alat za dubljenje



Alat za bušenje



Alat za zabijanje



Alat za poravnanje



Alat za pribijanje



Alat za pribijanje



Alat za pribijanje



Pila motorna s lancem



Ubodna pila



Kružna ručna pila



Stolna pila



Debljača za drvo



Ravnjača-debljača

Tablica 1 Pribor i alat tesara

2 MATERIJALI

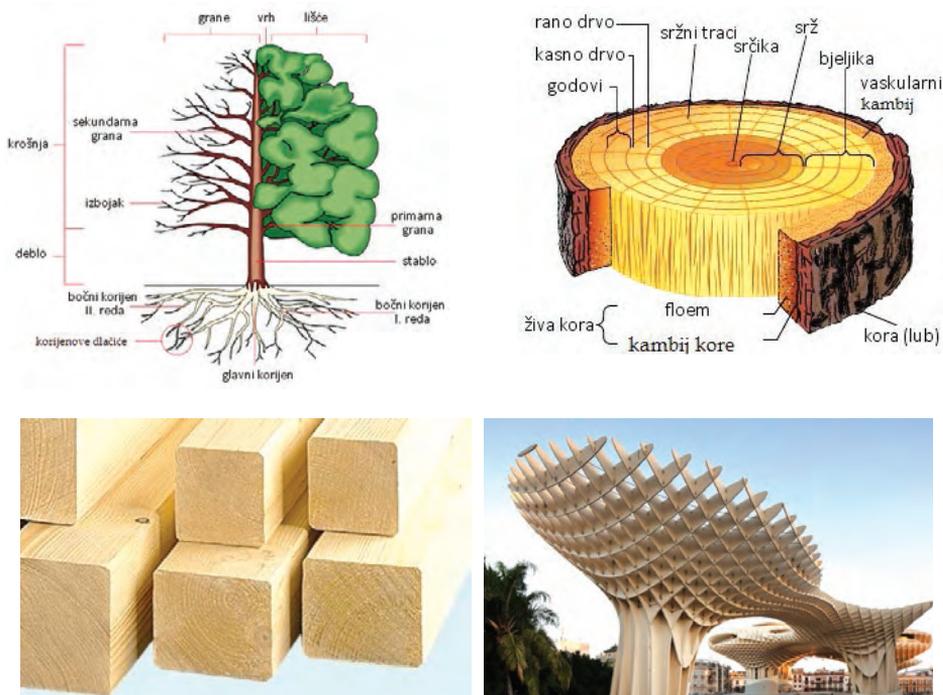
Obradom drveta dobivaju se drveni elementi potrebnih oblika i dimenzija, a oni se međusobno spajaju u čvrste i stabilne konstrukcije tesarskim vezovima ili spojnim sredstvima (Slika 2).

Između ostalog, **prednosti drva za primjenu u graditeljstvu su:**

- relativno je jeftino
- lako se i jednostavno obrađuje
- mala gustoća, velika čvrstoća
- dobar toplinski izolator
- gotovi elementi omogućuju brzu montažu na terenu

Nedostaci za primjenu u graditeljstvu su:

- 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).



Slika 2 Obradom drveta do drvene građe te konstrukcije

2.1 DRVENA GRAĐA

Postoje četiri vrste drvene građe:

1. **Obla građa** – neobrađeno tehničko drvo (*Slika 3*). Kora se skida ručno ili strojno u proizvodnji. Građa je dimenzija do 20 m dužine, promjera 300 mm, s maks. promjenom promjera 20 mm/1 m.
2. **Poluobla građa** – dobiva se uzdužnim presijecanjem oble građe (*Slika 3*). Tako se dobivaju poluobljice ili četvrtine trupca oble građe prerezana po dužini.
3. **Tesana građa** – dobiva se tesanjem oble građe. Cijepana i tesana građa u kategoriji je najkvalitetnije drvene građe, ujedno i najskuplje. Tesanjem se mogu dobiti grede, grede, željeznički pragovi i slično.
4. **Piljena građa** – dobiva se uzdužnim piljenjem oblovine raznim vrstama pila (*Slika 4-Slika 6*). Obično je razvrstana u šest vrsta: daske, platice, letvice, grede, grede i okrajci.



Slika 3 Poluobljica i oblica



Slika 4 Piljena građa, meko i tvrdo drvo



Slika 5 DUO/TRIO greda



Slika 6 Četverodijelna greda

2.2 PROIZVODI NA BAZI DRVETA

Lijepljeno lamelirano drvo (*Slika 7*) - nastaje lijepljenjem lamela voodootpornim i vatrootpornim ljepilima. Debljine lamela uobičajeno 32 ili 44 mm, širine su od 80 do 220 mm. Mehaničke karakteristike lijepljeno lameliranog drva su identične karakteristikama drveta – materijala od kojeg je nastalo.



Slika 7 Ravno i lučno lamelirano drvo

Križno lamelirane ploče (CLT) (Slika 8)

- napravljene od slojeva lamela postavljenih u različitim smjerovima (okomito ili pod kutom). Slojevi su međusobno mehanički spojeni ili slijepljeni.



Slika 8 Križno lamelirane ploče

Furnirske ploče (Slika 9)

- nastaju lijepljenjem ljuštenih furnira koji se međusobno križaju 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.

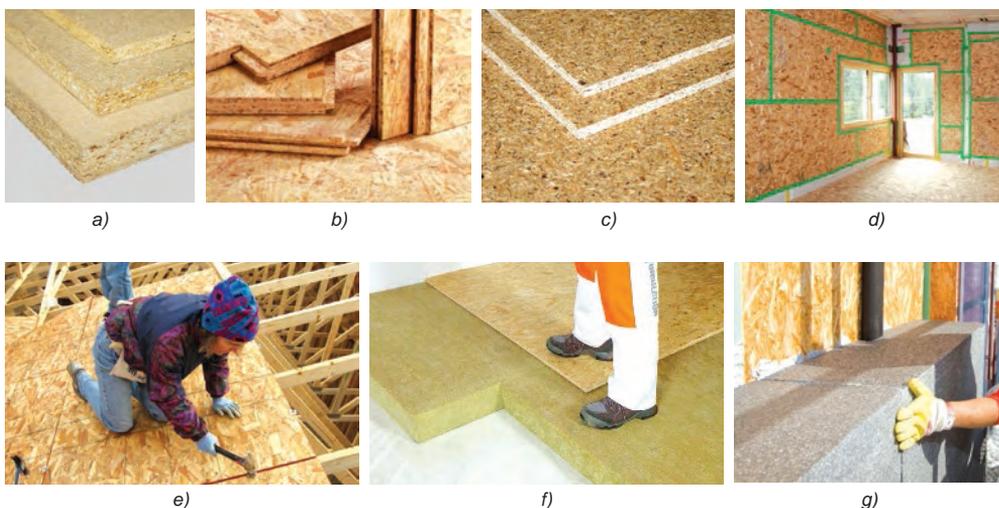


Slika 9 Furnirska ploča i LVL uslojeno drvo

LVL uslojeno drvo (Slika 9)

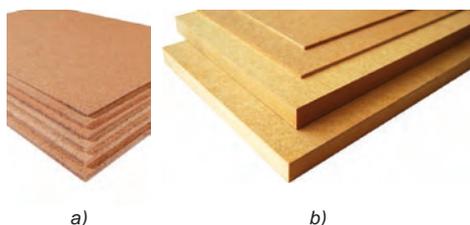
- lijepljenje ljuštenih furnira - listovi furnira su u LVL ploči uvijek položeni u istom smjeru, i to u smjeru dužine. Upotrebljava se umjesto dasaka, platice i greda pri izradi drvenih građevina, nosivih i nenosivih zidova, krovišta.

Ploče iverice – dobivaju se lijepljenjem ivera drva ili drugih prirodnih materijala (slama, konoplja, lan...) pod pritiskom. OSB ploče najčešće se koriste kao obloga i vertikalna oplata okvirnih konstrukcija drvenih kuća i krovišta, izradi pregradnih zidova, suhih podova itd (Slika 10).



Slika 10 Ploče iverice: a) građevinska iverica; b) OSB ploča; c) QSB ploča; d) izvedba zrakonepropusne ovojnice korištenjem OSB ploča; e) daščanje krovišta; f) suhi estrih korištenjem OSB ploča; g) izvedba ETICS sustava na podlogu od OSB ploča

Ploče vlaknatice - Preplitanjem vlaknaca drva ili drugog materijala, zagrijavanjem pod tlakom ili bez tlaka, uz dodavanje veznih sredstava. Mokrim postupkom nastaju ploče male i velike gustoće (lesonit ploče), a suhim postupkom ploče srednje gustoće (MDF ploče), Slika 11.



Slika 11 Ploče vlaknatice: a) lesonit ploče, b) MDF ploče

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 12.



Slika 12 Drvene I-grede

Sandučaste grede (Slika 13) – 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 13 Drvene sandučaste grede

Lagani nosači s drvenim pojasnicama i čeličnim dijagonalama (Slika 14) - 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 14 Lagani nosači s drvenim pojasnicama i čeličnim dijagonalama

SIP (strukturalno izolirani panel) – toplinsko izolacijski sendvič-paneli bilo kojeg tipa. Kod nas su SIP paneli najčešće prešane limene ploče s ispunom od toplinske izolacije, ali postoje i SIP paneli s drvenom oblogom te ispunom od EPS-a, XPS-a ili PUR-a. Potrebno je paziti na ponašanje u požaru i otpornost na požar ako se izvode od gorivih materijala. Glavna prednost gradnje SIP-om je lakše ostvarenje zrakonepropusnosti, što u velikoj mjeri utječe na uštede energije tijekom uporabnog vijeka zgrade, kao i brza i jednostavna montaža.

Montažni zidovi - nosiva konstrukcija od piljene građe, a često i od lameliranog drva obložena gipsano-vlaknastim pločama ili OSB pločama. Između nosača konstrukcije i preko konstrukcije se postavlja toplinska izolacija, a parna brana s unutarnje strane. Kao obloga

s vanjske strane postavlja se kontaktna ili ventilirana fasada. Redoslijed i debljinu pojedinih slojeva određuje projektant te se **PRI IZVOĐENJU MORAJU IZRAZITO PAŽLJIVO IZVESTI I NE SMIJU MIJENJATI.**



Slika 15 Drveni SIP paneli, montaža i brtvljenje



Slika 16 Moguća rješenja toplinske izolacije montažnih zidova, izrada zidova u tvornici

3 IZOLACIJA ZGRADE

3.1 IZOLACIJSKI MATERIJALI

3.1.1 Materijali za hidroizolaciju zgrade (HI)

Hidroizolacija se koristi za zaštitu građevine od vlage (oborinske, sanitarne ili iz zemlje).

Dijelovi zgrade koji su izloženi vlazi su: podrumski zidovi i podovi, podovi prizemlja, gornje plohe temelja u dodiru sa zidovima, soklovi (podnožja), fasadni zidovi (fasadna žbuka), ravni i kosi krovovi, te podovi u “mokrim” prostorijama.

Kao hidroizolacija se koristi:

- Bitumenske hidroizolacije (*Slika 19*)
- Bentonitne hidroizolacijske trake (*Slika 20*)
- Hidroizolacijske trake od sintetske gume (*Slika 20*)
- Vodonepropusni beton i mort/žbuka i premazi (*Slika 20*).



Slika 17 Grafička oznaka HI



Slika 18 Mjesta postave HI



a)



b)



c)

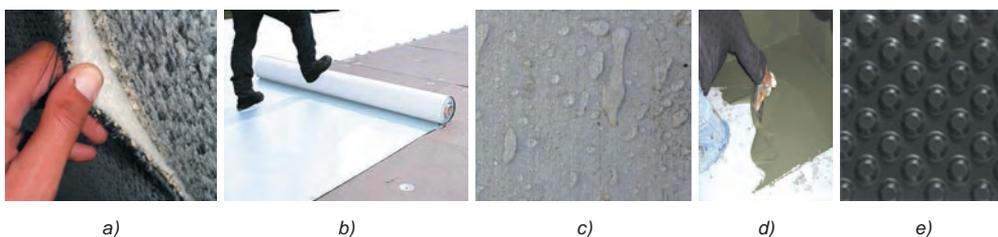


d)



e)

Slika 19 Bitumenske hidroizolacije: a) Rastaljeni bitumen; b) Varenje bitumenske ljepenke; c) punoplošno samoljepljiva hidroizolacijska traka; d) Hladni premaz bitumena; e) Hidroizolacijska pasta

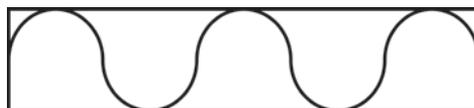


Slika 20 a) Bentonitna HI; b) HI od sintetske gume; c) voodbojni premazi; d) polimercementni premaz; e) zaštita čepastom folijom

Parne brane i parne kočnice koriste se za kontroliranje ulaska vodene pare u građevne dijelove zgrada kako bi se spriječila građevinska šteta nastala uslijed kondenzacije vodene pare.

3.1.2 Materijali za toplinsku izolaciju zgrade (TI)

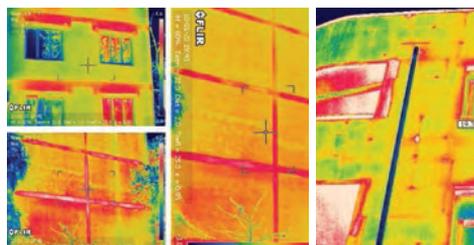
Toplinsko-izolacijski materijali i proizvodi koriste se za smanjenje toplinskih gubitaka zimi i pregrijavanje prostora ljeti. Materijal za TI zgrade je bolji ako ima manju toplinska provodljivost λ (lambda).



Slika 21 Grafička oznaka TI



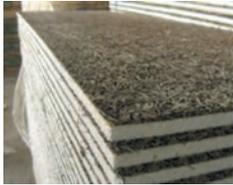
Slika 22 Položaj toplinske izolacije u zgradi s vanjske i unutarnje strane



Slika 23 Primjeri toplinskih mostova

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

Tablica 2 Toplinska provodljivost λ nekih građevnih materijala

 <p>Kamena vuna</p>	 <p>Ekspandirani polistiren – stiropor (EPS)</p>	 <p>- Grafitni EPS</p>	 <p>- Ekstrudirani polistiren (XPS) – stirodurn</p>
 <p>Staklena vuna</p>	 <p>Poliuretanska pjena – tvrda</p>	 <p>Pluto</p>	 <p>Celuloza</p>
 <p>Perlit</p>	 <p>Ovčja vuna</p>	 <p>Drvolut</p>	 <p>Balirana slama</p>

Tablica 3 Fotografije nekih toplinsko – izolacijskih materijala

TOPLINSKI MOST (Slika 23)

- manje područje na vanjskoj ovojnici zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela.
- **Temperatura unutarnje površine na toplinskom mostu manja je nego na ostaloj površini - opasnost od kondenziranja vodene pare.**

POLOŽAJ TI U ZGRADI:

- toplinska izolacija se postavlja **najčešće s vanjske (hladne) strane** građevnog dijela zgrade – NAJLAKŠA RJEŠENJA TOPLINSKIH MOSTOVA, MANJI RIZIK PROBLEMA S DIFUZIJOM VODENE PARE
- **unutarnja TI se postavlja samo u iznimnim slučajevima – POTREBAN OPREZ ZBOG TOPLINSKIH MOSTOVA I DIFUZIJE VODENE PARE.**

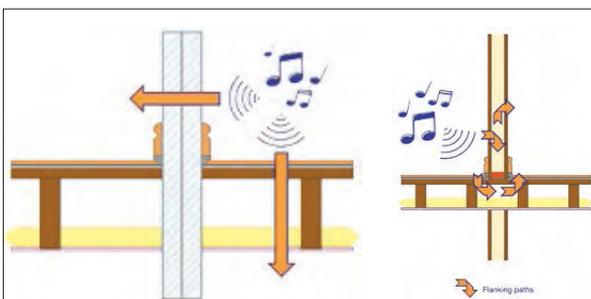


3.1.3 Materijali za zvučnu izolaciju zgrade (ZI)

Buka je svaki za čovjeka nepoželjan i neugodan zvuk.

VRSTE BUKE (Slika 24):

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



Slika 24 Prijenos zvuka kroz konstrukciju zgrade



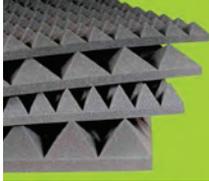
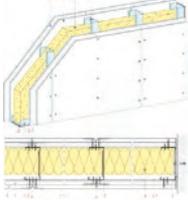
Slika 25 Plivajući pod

Izolacija od udarne buke:

- Plivajućim podom (Slika 25) - ubacivanjem elastičnog i "mekog" materijala po cijeloj površini ispod podne podloge (glazure) i na njezinom spoju sa strane uz zid - podna podloga i obloga "plivaju" u elastičnoj sloju.
 - za plivajuće podove se koriste **specijalizirane „elastične“ ploče (mineralne vune, elastičanog EPS-a, pluta, itd.)**.
 - Kod debljina većih od 3 cm ploče se polažu u 2 ili više slojeva.

Izolacija od prostorne buke (Tablica 4):

- štitimo se **gustim, masivnim materijalima** (kamen, beton, specijalizirana opeka);
- apsorpcijom zvuka korištenjem:
 - Poroznih proizvoda** koji upijaju zvuk poput drvene vune, mineralne vune, reljefnih ploča od pjenastih materijala
 - Laganih sustava od gipskartonskih ploča** (suhomontažni zidovi s mineralnom vunom kao ispunom)
- Vrata** - teža i punija;
- Prozor** – što **deblje staklo**; **3- struka** stakla ispunjenim **teškim plinovima** (npr. SF6); **laminirano** staklo (2 ili više stakla spojenih tankim folijama);

			
Zvučno izolacijski blok	Reljefne ploče od PUR pjene	- Drvena vuna	- Sustav od gipskartonskih ploča

Tablica 4 Neke od mogućnosti izolacije od prostorne buke

VAŽNO JE ZNATI!

- Svaki proizvod koji se koristi na gradilištu (hidroizolacija, parna brana, toplinska izolacija, zvučna izolacija) ima različita svojstva.
- Svaki proizvod se ugrađuje isključivo za namjenu prema preporukama proizvođača.
- Pogrešno odabran proizvod za određenu namjenu može izazvati građevinsku štetu.



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 (Tablica 5).

Drvena vezna sredstva danas se upotrebljavaju sve manje. Izrađuju se od tvrdog drveta. Razlikujemo **drvene čavle (uglate i valjkaste)**, **drvene klinove i kladice**, **moždanike**.

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

Ljepila su kemijski spojevi koji povezuju elemente (daske) površinski i veza je cjelovita po čitavom presjeku. Drvo koje se lijepi mora biti suho i ravne površine. 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.



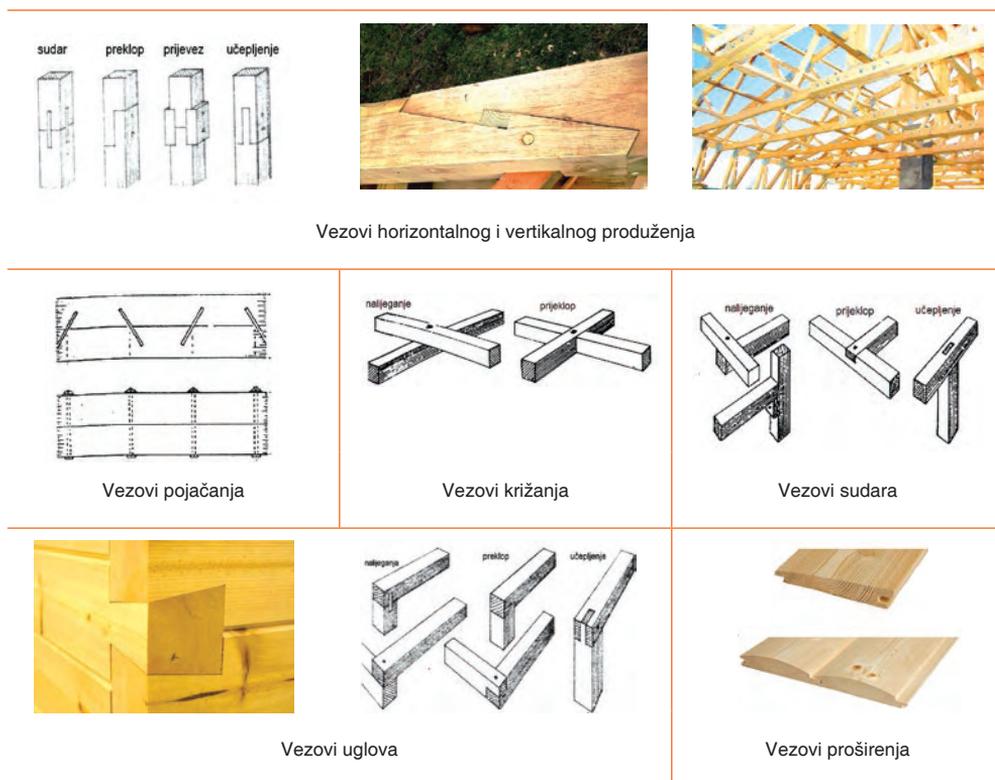
Tablica 5 Vezna sredstva koja se koriste kod povezivanja elemenata drvene građe

5 TEHNOLOGIJA ZANIMANJA

U ovom priručniku koncentrirat ćemo se na trajne drvene konstrukcije u koje se između ostaloga ubrajaju i klasične drvene konstrukcije kao što su **drvene kuće (npr. tradicionalne brvnare)**, dijelovi kuća (**krovišta, stropovi, podovi, ...**), kao i **lake lijepljene konstrukcije te gredne i štapne konstrukcije od punoga drva** spajane na različite načine.

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, pri čemu se koriste osnovni vezovi sudara, preklopa, prijeveza, učepljenja i nalijeganja.

Osim same obrade elemenata koriste se i adekvatna spojna sredstva koja ojačavaju spoj elemenata i učvršćuju cijelu drvenu konstrukciju. Tesarski vezovi razlikuju se po međusobnom položaju dvaju glavnih elemenata konstrukcije koji se povezuju i mogu biti (*Tablica 6*):



Tablica 6 Glavne vrste tesarskih vezova

6 VRSTE SUSTAVA DRVENIH KONSTRUKCIJA

Sustavi punih drvenih stijena - one koje su po cijeloj svojoj visini i dužini sastavljene od drvenih elemenata. Obično se izvode kao zidovi od oblica, poluoblica, greda i platica. Prilikom gradnje stijena od oblica, greda ili platica potrebno je osigurati zrakonepropusnost, ali i vodonepropusnost vanjske ovojnice zgrada (*Slika 26*).



Slika 26 Primjeri sustava punih drvenih stijena i načina brtvljenja

Kanatni sustavi - nosiva konstrukcija se izrađuje od roštilja stupova i greda na manjim razmacima. Građa stijena izrađena je od sustava drvenih nosača – obostrano položenih obloga. U prostor između njih polaže se toplinska i zvučna izolacija (*Slika 27*), 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 27 Primjeri konstrukcije, ispune te izvedbe parne brane s unutarnje strane drvene kuće građene kanatnim sustavom

Skeletni sustavi - sustavi nosivih stupova (*Slika 28*) unutar kojih se preko stupova, greda, štapova, ploča i nosača opterećenje prenosi na temeljno tlo. Stupovi su postavljeni na većim razmacima, optimalno do 5 m, i nose primarne grede na koje se oslanja sustav stropa (strop od greda ili platica). Ukruta sustava je izvedena s dijagonalnim elementima (drvo ili čelik).



Slika 28 Primjer drvene zgrade sa skeletnim sustavom

Sustavi na velikim rasponima - Primjena rešetkastog nosača za krovnu konstrukciju velikog raspona, pri čemu se potrebni koeficijent prolaska topline (U-vrijednost) obično postiže oblaganjem limenim sendvič panelima (*Slika 29*).



Slika 29 Primjeri drvenog rešetkastog nosača i lučnog nosača od lijepljenog lameliranog drva



Slika 30 Primjer klasičnog drvenog krovišta

Klasični (tradicionalni) sustavi krovne konstrukcije (*Tablica 7*)

 <p>Prazno krovište s veznim gredama</p>	 <p>Krovište s pajantom i AB stropom umjesto veznih greda</p>	 <p>Jednostruka visulja</p>
 <p>Trostruka visulja</p>	 <p>Dvostruka stolica s nadozidom</p>	 <p>Trostruka stolica bez nadozida</p>

Tablica 7 Primjeri vrsta klasičnih krovnih konstrukcija

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.

7 TEHNOLOGIJA IZRADE DRVENIH OBJEKATA NA PRINCIPU MONTAŽNE GRADNJE

Montažni sustavi podrazumijevaju sustav gradnje i obnove zgrada drvenim panelima. **Paneli se izrađuju u tvornicama, dovoze se na gradilište i montiraju na licu mjesta.** Montažni paneli, odnosno elementi (*Slika 31*) 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 31 Primjeri drvenih montažnih panela

Koristi se gotove tvorničke elemente (panele), koji se montiraju na terenu, a u procesu proizvodnje izolirani, obloženi fasadnom oblogom te imaju ugrađenu vanjsku stolariju. Elementi se izvide u različitim dimenzijama ovisno o statičkim i građevinsko-fizikalnim zahtjevima. Drvena konstrukcija elementa može biti izvedena na više načina: **elementi izrađeni od križno lameliranih ploča; elementi od drvene masivne konstrukcije; elementi izvedeni kao drvena okvirna konstrukcija.**

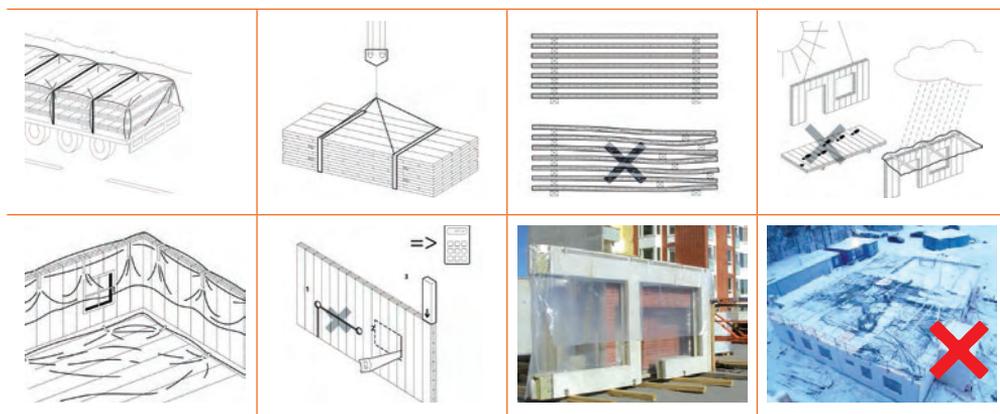
7.1 ZAŠTITA DRVENIH ELEMENATA

Drveni elementi i ploče moraju biti **zaštićeni od vlage i atmosferilija tijekom transporta**, kao i eventualnog skladištenja na gradilištu te tijekom montaže **pokrivanjem spriječiti neželjeno vlaženje.**

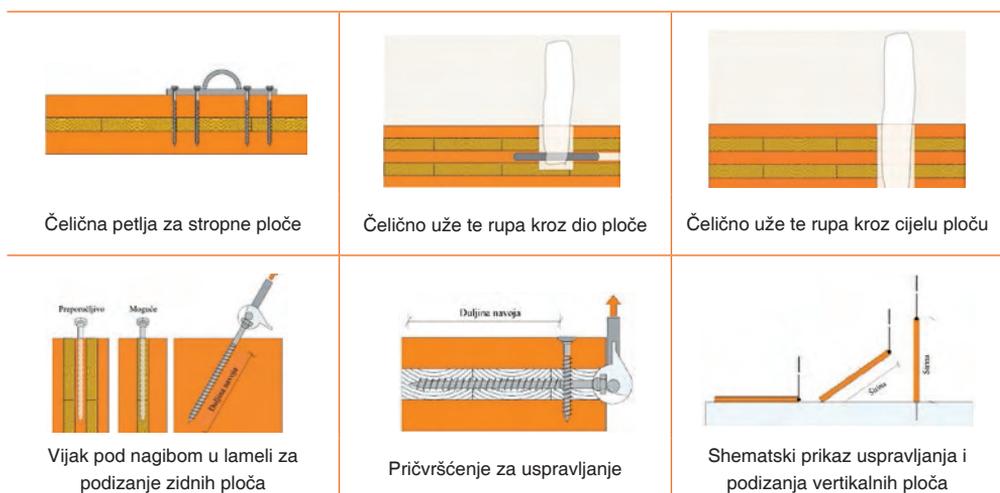
PRILOKOM PROMJENE VLAŽNOSTI DRVO PRIRODNO SKUPLJA ILI BUBRI, DRVENI SE ELEMENTI MOGU IZVITI, A DRVENE PLOČE POPUCATI AKO SU BILI NEZAŠTIĆENI ILI NEPRAVILNO USKLADIŠTENI.



Kod privremenog skladištenja na gradilištu za odvajanje elemenata koristiti drvene kladice te izbjegavati zaprljanje elemenata (*Tablica 8*). Prije početka gradilišnog transporta dobro pričvrstite elemente, *Tablica 9*.



Tablica 8 Savjeti za postupanje s drvenim elementima i križno lameliranim pločama



Tablica 9 Prikaz pričvršćenja užadi za prijenos križno lameliranih ploča

Kako bi se izbjegle greške, improvizacija i izmjene na gradilištu potrebno je vrlo dobro planiranje i priprema izvođenja radova prije same montaže, ali i tvorničke proizvodnje drvenih velikoplošnih panela.

7.2 PRIPREMNI RADovi NA GRADILIŠTU UOČI MONTAŽE

Pripremni radovi na gradilištu prije samog početka montaže uključuju slijedeće korake:



Pozicije zidova na podlozi



Ankeriranje pričvrsnica na svakih
100 do 150 cm



Postavljanje hidroizolacije ispod
zidova



Postavljanje hidroizolacije po cijeloj
AB ploči



Ravnanje podloge, prilagođavanje
visine



Završeni pripremni radovi

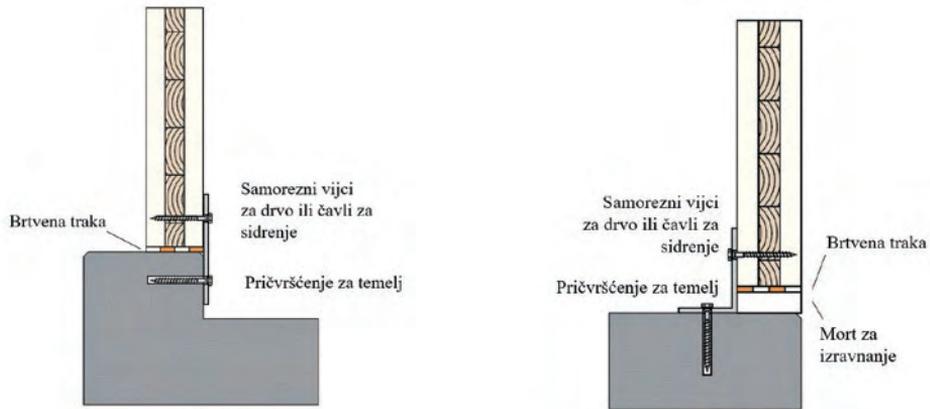
7.3 ELEMENTI OD DRVENE KONSTRUKCIJE IZ KRIŽNO LAMELIRANIH PLOČA

Elementi križno lameliranih ploča izrađeni su od drvenih lamela lijepljenih u velikoplošne križno lamelirane ploče koje se režu u zidne elemente odgovarajuće dužine i visine (Slika 32).

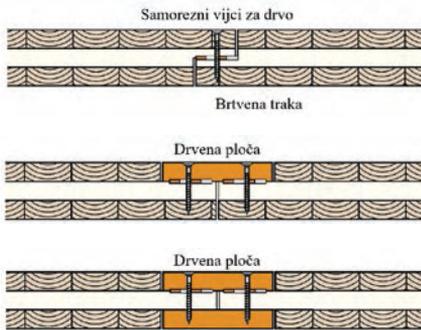
Na sustav od križno lameliranih ploča najčešće je potrebno izvesti dodatnu toplinsku izolaciju najbolje s vanjske strane (iako je moguće i iznutra).



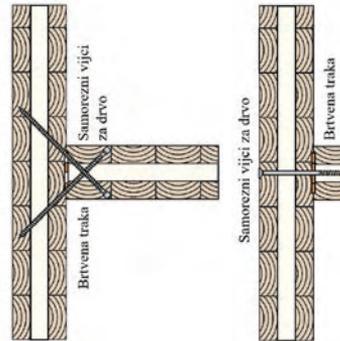
Slika 32 Primjeri gradnje zgrada pomoću križno lameliranih ploča



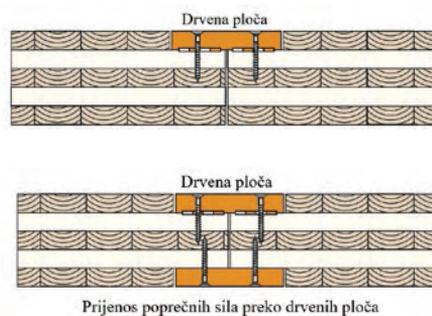
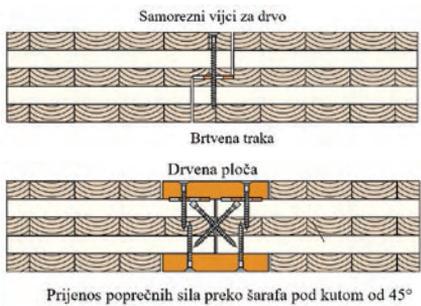
Slika 33 Spoj zidne križno lamelirane ploče i podnožja zgrade, mogućnost izvedbe s vanjske i unutarnje strane



Slika 34 Vez produljenja zidnih križno lameliranih ploča



Slika 35 Vez sudara zidnih križno lameliranih ploča

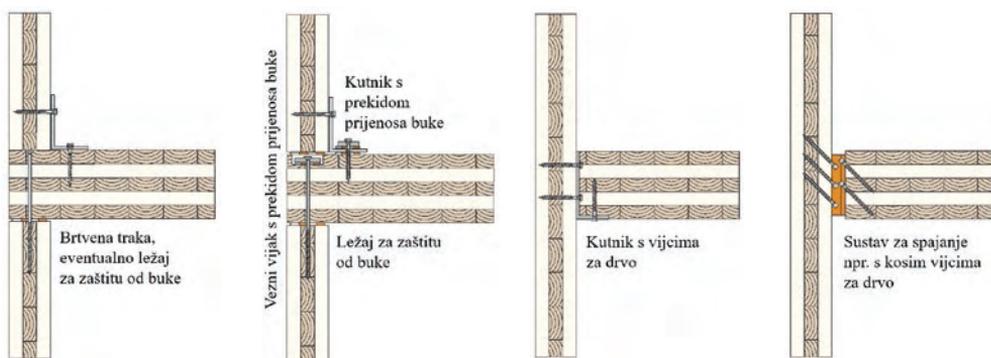


Slika 36 Vez produljenja za prijenos poprečnih sila i momenta savijanja

Spoj križno lameliranih ploča vanjskih zidova s temeljima (podnožjem) zgrade može se izvesti s vanjske ili unutarnje strane (Slika 33). Spoj zidnih lameliranih ploča moguće je izvesti na više načina: s preklpom (primjer 1), jednostranim prijevozom s pločom (primjer 2), obostranim prijevozom (primjer 3), Slika 34. Kod veza produljenja stropnih ploča, potrebno je razlikovati vez za prijenos samo poprečnih sila te vez koji je sposoban prenijeti i moment savijanja te poprečne sile (Slika 36).

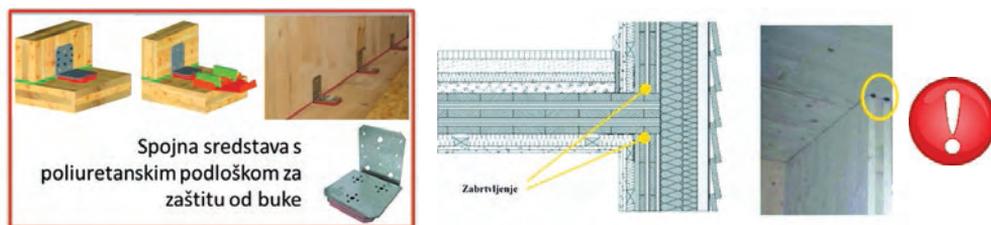
Sudar stropnih i zidnih križno lameliranih ploča moguće je izvesti tako da stropna ploča naliježe na zidne panele ili pak da je zidni panel kontinuiran po visini i da je tada stropna ploča ovješena na zidni panel (Slika 37).

Ključne su dodirne površine su na gornjoj i donjoj strani stropa kontakta sa zidom koje moraju biti spojene tako da je on hermetički zabrtvljen, odnosno da spoj nije zrakopropusan.



Slika 37 Spoj stropnih križno lameliranih ploča i zidova u vezu sudara

Kod spajanja stropnih križno lameliranih ploča i zidova u vezu sudara ključne su ZAŠTITA OD BUKE i ZRAKONEPROPUSNOST spoja (Slika 38).

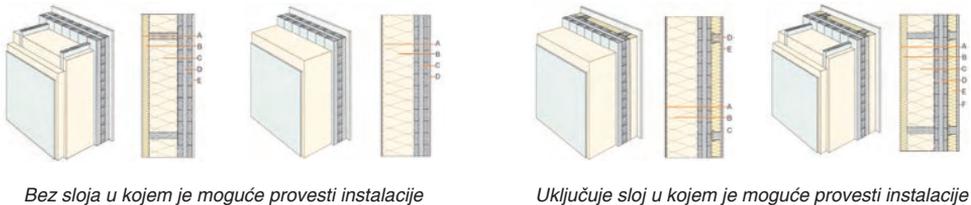


Slika 38 Primjeri ostvarenja zaštite od buke i zrakonepropusnosti spoja

7.3.1 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. 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.

Dodatna toplinska izolacija izvodi se kao **neventilirani i ventilirani vanjski zid** s toplinskom izolacijom od mineralne vune ili drvenih vlakana žbukom tankoslojnom žbukom (kao ETICS sustav) ili s drvenom oblogom (kao ventilirana fasada), *Slika 39*.



Slika 39 Primjeri izvedbe dodatne toplinske izolacije vanjskih zidova s kontaktnom fasadom s vanjske strane



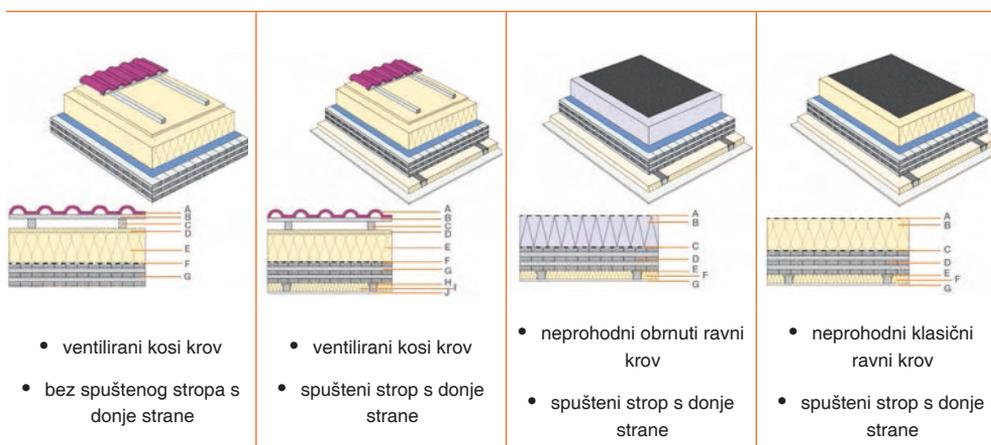
Dodatna toplinska izolacija unutarnjih zidova i zidova između dva stana izrađenih od ploča križno lameliranog drva uključuje **sloj u kojem je moguće provesti instalacije**, obostrano ili jednostrano obložen gipskartonskim pločama, te dvostruki zid s izolacijom od mineralne vune u međuprostoru čime se poboljšava prijenos udarne buke, ali i povećava otpornost sustava na požar.

Dodatna toplinska izolacija podova izrađenih od ploča križno lameliranog drva može se izvesti kao prikazano u *Tablici 10*.



Tablica 10 Moguća izvedba dodatne toplinske izolacije podova izrađenih od ploča križno lameliranog drva

Kod izvođenja dodatne toplinske izolacije krova izrađenog od ploča križno lameliranog drva, najčešće se izvodi ventilirani kosi krov (Tablica 11) ili pak ravni krov.



Tablica 11 Moguća izvedba dodatne toplinske izolacije kosih i ravnih krovova izrađenih od ploča križno lameliranog drva

7.3.2 Kanali za instalacije

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

Kanal se urezuje u smjeru vlakana križno lameliranih ploča, i to u dubini od maksimalno 4/5 jedne lamele. Horizontalno urezivanje (okomito na smjer vlakana) moguće je do

određene mjere, uz konzultacije s građevinskim inženjerom, ali ga je općenito potrebno izbjegavati.

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. Kod stropnih je ploča urezivanje instalacijskih kanala redovito moguće izbjеći s obzirom na to da se instalacije gotovo uvijek mogu provesti kroz slojeve poda.

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.

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 instalacija u slojeve poda

Tablica 12 Primjer ugradnje instalacija u sustave s križno lameliranim pločama

7.4 DRVENA OKVIRNA KONSTRUKCIJA

Vanjski okvirni zid je veliki plošni element napravljen od okvirne drvene konstrukcije, ispunjene različitim izolacijskim materijalima (drvena vlakna, mineralna vuna, celuloza i sl), *Slika 40*. 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 pot-

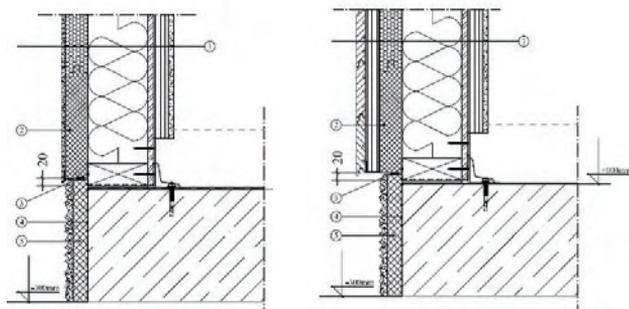
konstrukcija – **instalacijska ravnina**, prekrivena gipsvlaknastim, gipskartonskim ili OSB pločama.

Na vanjsku stranu drvenog okvira pričvršćen je završni izolacijski sloj od tvrdih ploča od drvenih vlakana, EPS-a ili mineralne vune. Ako je vanjska obloga izvedena u obliku **ET-ICS sustava, on se izvodi na potpuno analogan način kao kod betonskih ili zidanih podloga**, Slika 41.

S druge strane, ako je vanjska obloga izvedena kao ventilirana fasada (Slika 41), na ploče toplinske izolacije s vanjske je strane potrebno izvesti još i **paropropusnu-vodonepropusnu foliju** kao zaštitu od atmosferilija, nosivu potkonstrukciju i završnu oblogu od drveta ili nekog drugog prikladnog materijala.



Slika 40 Primjer proizvodnje drvenih okvirnih panela u tvornici



Slika 41 Drveni okvirni zid, žbukana i ventilirana fasada

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 sličan način**.

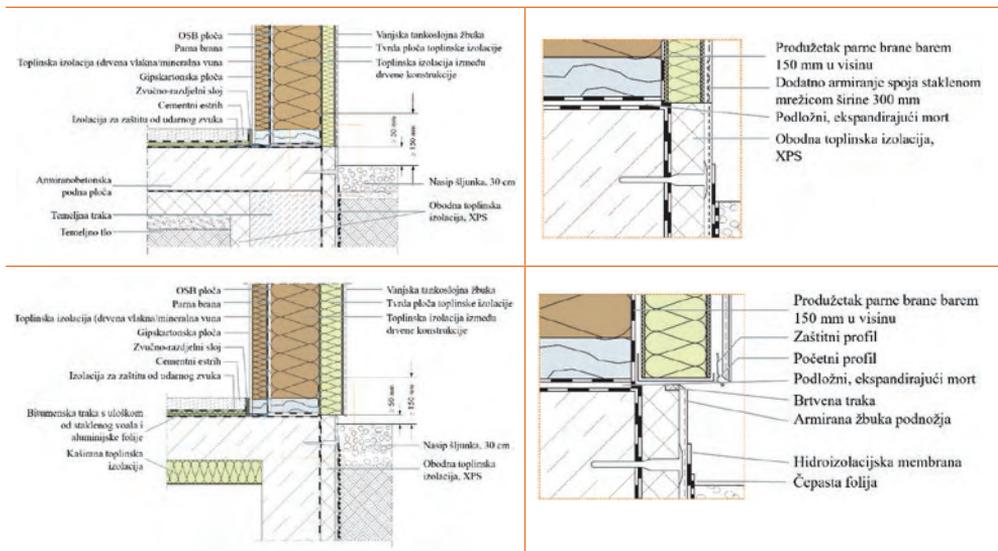
Razlika je to što se tijekom proizvodnje ovakvih elemenata u tvornici oni pune toplinskom izolacijom, pa je **potrebna znatno manja debljina izolacije izvedene nakon montaže**, da bi se postigla ista toplinska svojstva.

8 IZOLACIJA ZGRADE

8.1 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).

Slika 42 daje optimalno riješen toplinski most te prikazuje kako izvesti zrakonepropusan spoj stropa negrijanog podruma pomoću ljepljivih i brtvjenih traka s parnom branom vanjskog drvenog zida na koji je izvedena dodatna toplinska izolacija s vanjske strane u obliku ETICS sustava.



Slika 42 Primjer mogućeg rješenja spoja drvenog zida (okvirna konstrukcija) i poda na tlu (stropa negrijanog podruma)



Slika 43 Primjer izvedbe i napuštanja hidroizolacije podnožja zgrade zbog izvođenja preklopa kod drvenih zgrada prije izvedbe ETICS fasadnog sustava

Iako je to u pogledu difuzije vodene pare lošija opcija, **moгуće je izvesti izolaciju poda prema negrijanom podrumu s gornje, toplije strane**. 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**.

Toplinsko-izolacijski 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 pričvrscnicama, a 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 44 i Slika 45*).



Slika 44 Prikaz rješenja detalja spoja s podom prema negrijanom podrumu – izolacija s gornje strane



Slika 45 Prikaz izvođenja perimetarske toplinske izolacije betonskog temelja korištenjem XPS-a

8.2 VRSTE PODNE KONSTRUKCIJE KOD DRVENIH KUĆA

Podne konstrukcije i njihova toplinska, ali i zvučna izolacija ovisit će prije svega o tome je li zgrada sagrađena na tradicionalan način ili je građena 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 46*).



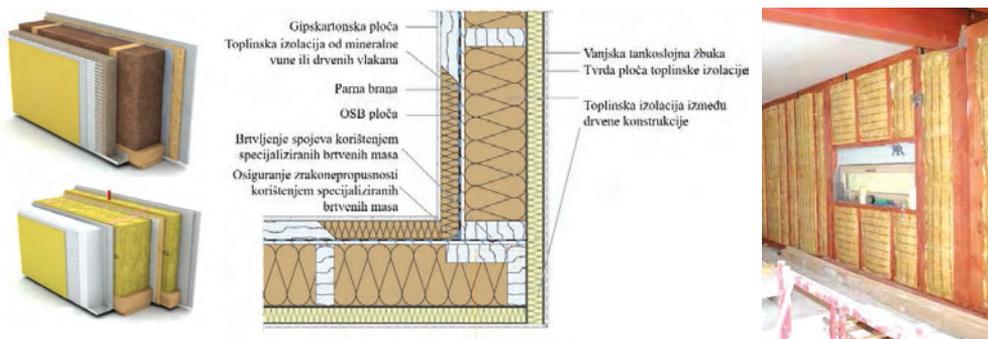
Slika 46 Detalj podne konstrukcije tradicijske posavske drvene kuće; izvođenje drvenog roštilja uzdignutog poda novosagrađene kuće

Ukoliko se podovi se izvode na klasičan način u kontaktu s tlom, potrebno ih je **izolirati s donje ili gornje strane te izvesti plivajući pod** - kao klasični (cementni) estrih ili kao suhomontažni estrih.

8.3 IZOLACIJA FASADNIH DRVENIH ZIDOVA

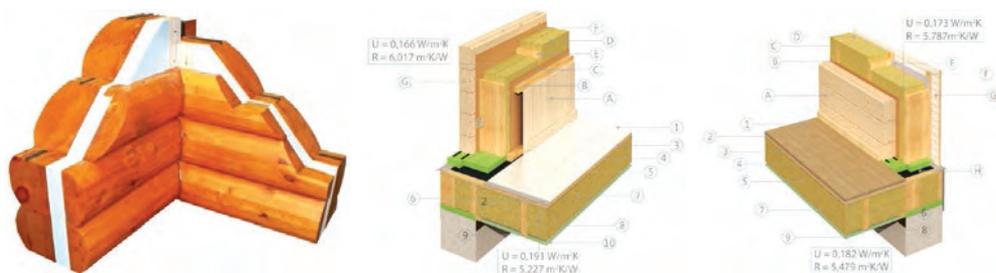
Prednost je zgrada s drvenom vanjskom ovojnicom zgrade je što se pri ovakvom načinu gradnje postiže jednaka toplinska izolacija s manjom debljinom zida.

U slučaju **okvirnih drvenih konstrukcija**, samo manji dio toplinske izolacije pričvršćuje se za zid s vanjske i/ili unutarnje strane, a **većina izolacije smještena je u prostoru između drvene konstrukcije** (Slika 47). 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 47 Primjeri toplinske izolacije okvirnih drvenih zidova

Kod **masivnih drvenih zidova**, 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 48). Tada se često izvedu masivni drveni zid koji prenosi opterećenje te parna brana, a zatim se na toplinsku izolaciju izvedu paropropusna-vodonepropusna folija te ventilirana fasada ili tanka završna obloga željenog izgleda.



Slika 48 Primjeri izolacije sendvič-zida od gredica i od poluoblica

Toplinska izolacija pričvršćuje lijepljenjem, sidrenjem, prikucavanjem čavlima, vijcima, ugrađivanjem s pomoćnim letvicama, prskanjem ili upuhivanjem (Slika 49).

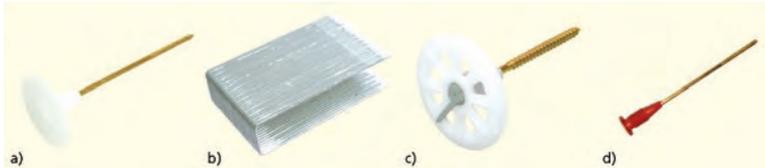


Slika 49 Primjeri načina pričvršćivanja izolacije za drvenu konstrukciju

Izbor toplinske izolacije i način pričvršćenja izolacije ovisi o samoj nosivoj konstrukciji. Na primjer, na masivni lamelirani zid toplinsko-izolacijske ploče ili lamele lijepe se, sidre i prikucavaju. Kod laganih konstrukcija, toplinsku izolaciju (celulozne i drvene pramice, 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.

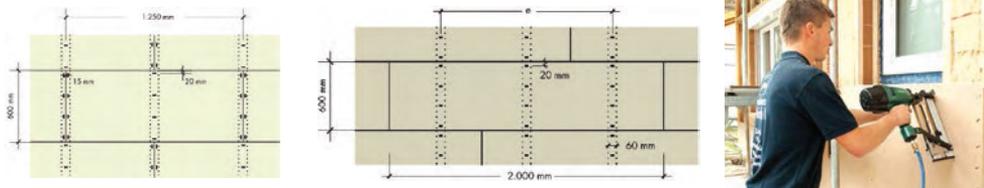
Završnu obradu žbukom – kontaktna fasada tipa ETICS provode fasaderi na način koji je analogan postavljanju ETICS-a na podlogu od opeke ili armiranog betona. Ova dva postupka se razlikuju samo u načinu pričvršćenja toplinske izolacije za drvenu podlogu.



Slika 50 Primjeri vrsta spojnice koje je moguće koristiti za pričvršćenje toplinske izolacije za drvenu konstrukciju u slučaju izvođenja ETICS sustava

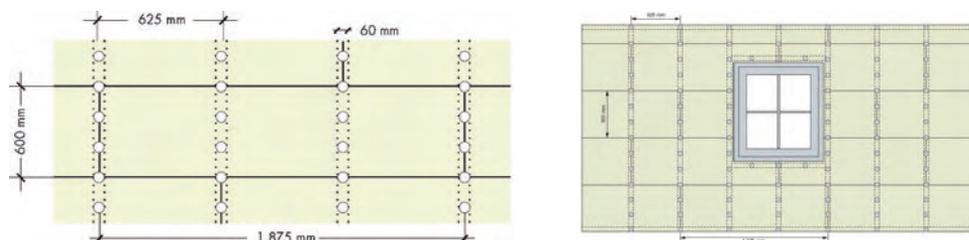
Pričvršćenje ploča TI klamanjem –drvena konstrukcija ne treba nužno biti obložena pločama, ali ako se ploče ili lamele toplinske izolacije lijepe za drvenu konstrukciju, onda podloga na koju se lijepe treba biti OSB ploča ili neka druga vrsta ploča. Klamanje se provodi uz slijedeće uvjete:

- Koristiti najmanje četiri klamerice po visini ploče,
- Ploča mora prelaziti preko najmanje tri drvena oslonca,
- Klamerice - udaljene najmanje 20 mm od gornjeg i donjeg ruba ploče,
- Dužina klamerice barem 25 mm veća od debljine ploče izolacije koja se želi pričvrstiti, slično vrijedi i za termovijke.



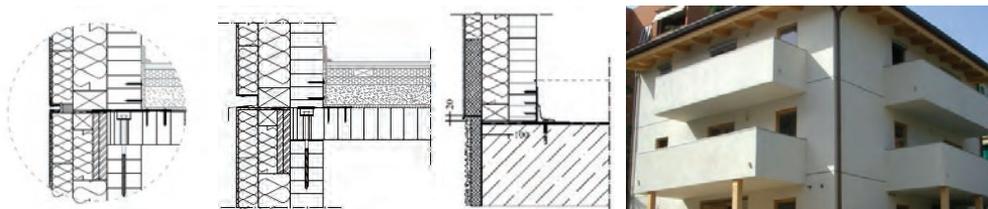
Slika 51 Prikaz rasporeda pričvršćenja ploča toplinske izolacije od drvenih vlakana za drvenu potkonstrukciju kod klamanja

Ako se koriste vijci za drvo ili čavli s rozetom za pričvršćenje, 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 52).



Slika 52 Prikaz rasporeda pričvršćenja ploča toplinske izolacije od drvenih vlakana za drvenu potkonstrukciju kod korištenja vijaka za drvo s rozetom

Zbog deformiranja drvene konstrukcije, kako bi se spriječile pukotine često se izvodi **ETICS s dilatacijskom fugom** u koju se stavlja dilatacijska guma. Ona ima mogućnost rastezanja i skupljanja te sprečava prodor vode u unutrašnjost konstrukcije (Slika 53).



Slika 53 Vertikalni presjek vanjskog zida/ramelirani nosač s ETICS sustavom i dilatacijskom fugom u visini stropa, odnosno poda

S druge strane, međukatni spoj drvene kuće kod koje je kao dodatna toplinska izolacija izveden ETICS sustav moguće je izvesti i **bez dilatacijskih fuga** (Slika 54).



Slika 54 Moguće rješenje vertikalnog presjeka vanjskog zida i međukatne konstrukcije bez izvođenja dilatacije ETICS-a

Ventilirane fasade (Tablica 13) – izvode se na način analogan izvedbi na zidovima od opeke ili armiranog betona. Potrebno je obratiti pozornost na postizanje ravnosti, minimiziranju toplinskih mostova, kao i zaštiti toplinske izolacije paropropusno-vodonepropusnom folijom te osiguranju ventiliranja sloja zraka.



Tablica 13 Izvedba potkonstrukcije za ventiliranu fasadu

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...)

ZA UGRADNJU TOPLINSKE IZOLACIJE U DRVENE ZIDOVE BITNO JE ZAPAMTITI:

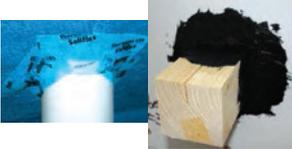
- toplinska izolacija mora biti ugrađena tako da u potpunosti ispuni sav prostor, pri čemu je potrebno koristiti odgovarajuće materijale, koji olakšavaju ovu zadaću
- ne smiju zaostati zračni prostori neispunjeni toplinskom izolacijom
- građevni dijelovi moraju biti izvedeni kao zrakonepropusni
- preklopi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



8.4 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 (Tablica 14):

		
<ul style="list-style-type: none"> • OSB pločama ili gipskartonskim pločama (pravilno brtvljenima na spojevima) <p>BRTVLJENJE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jednostrano ljepljive trake 	<ul style="list-style-type: none"> • specijaliziranim folijama (parnim branama i/ili parnim zaprekama) <p>BRTVLJENJE:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jednostrano ljepljive trake • dvostrano ljepljive trake ili ljepila specijalizirana brtvila 	<ul style="list-style-type: none"> • specijaliziranim trakama i brtvnenim masama (paziti na kompatibilnost trake i materijala podloge) <ul style="list-style-type: none"> - jednostrano ljepljive trake - dvostrano ljepljive trake ili ljepila - ekspanzirajuće trake - specijaliziranog brtvila

Tablica 14 Mogući načini izvođenja zrakonepropusne ovojnice drvene zgrade

Zrakonepropusni sloj postavlja se isključivo s unutarnje strane toplinske izolacije jer je cilj **sprječiti 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.

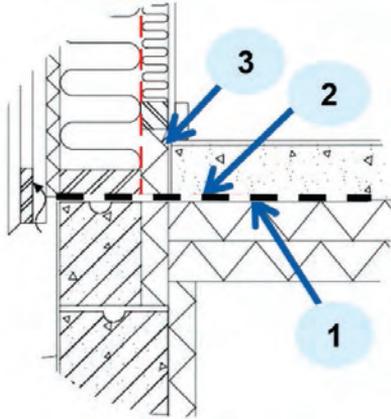
POTREBNO JE RAZLIKOVATI ZRAKONEPROPUSNU I PARONEPROPUSNU VANJSKE OVOJNICE ZGRADA.



Paronepropusna vanjska ovojnica zgrada je ona kod koje **ne dolazi do prolaska vodene pare** kroz građevne dijelove zgrada. Izvodi se ako se s vanjske (hladne) strane građevnog dijela (zida) planira izvesti sloj parne zapreke (koji će zaustaviti difuziju vodene pare) i na kojem će onda doći do kondenzacije vodene pare. Također, izvodi se u slučajevima kada su korišteni **materijali vrlo podložni rastu gljivica i plijesni**, odnosno općenitom propadanju (građevinskoj šteti) uslijed povećanja njihove vlažnosti.

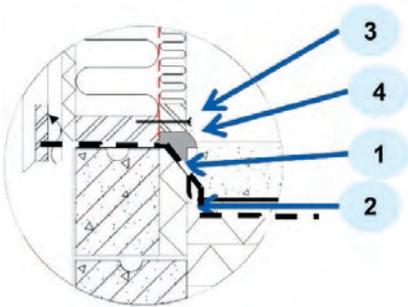
Zrakonepropusna vanjska ovojnica zgrada je ona kod koje **ne dolazi do prolaska unutarnjeg (toplog) zraka** kroz građevne dijelove. Topli zrak nosi sa sobom veliku količinu vodene pare koja se na hladnoj (vanjskoj) strani zidova onda **kondenzira i uzrokuje građevinsku štetu**.

Tablica 15 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.



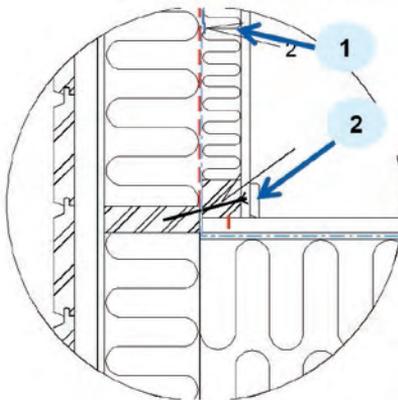
Drveni zid i pod na tlu

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



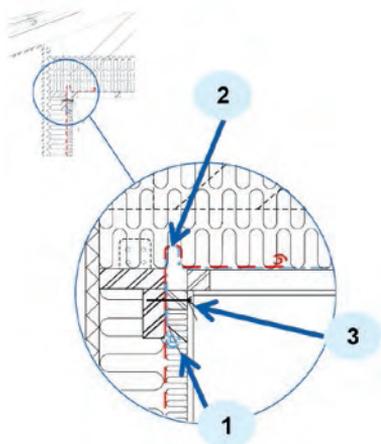
Drveni zid i pod na tlu

1. Bitumenska HI ispod zida i preko AB ploče poda na tlu, savijanje pod blagim kutom, da ne popuca HI
2. Preklap HI zida i poda
3. Tijekom montaže i/ili gradnje drvenog zida parna brana se pričvrsti za donji dio drvenog okvira
4. Sljubnica (fuga) između drvenog zida i poda se popuni specijaliziranim brtvilom



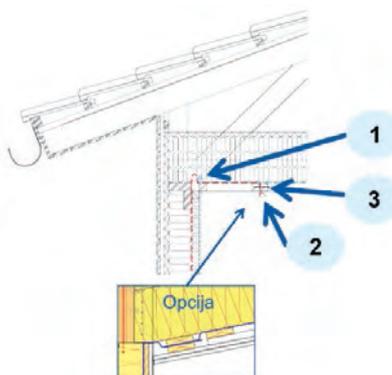
Drveni zid i uzdignuti pod prema tlu

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



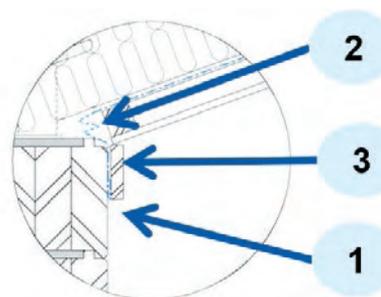
Drveni vanjski zid i međukatne konstrukcije stropa prema negrijanom tavanu

1. Postaviti parnu branu zida (crveno) i stropa (plavo). Obje parne brane se prepusti barem 20 cm, tako da nastaje preklop od 40 cm
2. Preklop 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



Drveni vanjski zid i međukatne konstrukcije stropa prema negrijanom tavanu

1. Postaviti parnu branu zida (crveno) i stropa (plavo). Preklop 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 prepusti barem 20 cm.
3. Parne brane se međusobno zalijepe specijaliziranim ljepljivom i pričvrste letvicom

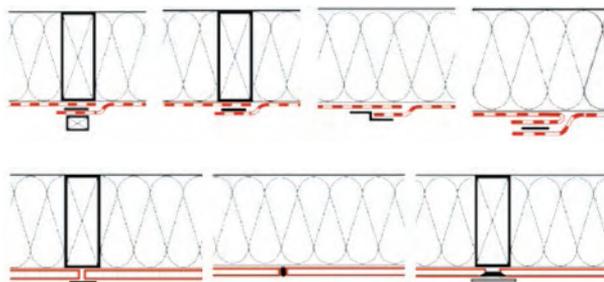


Vanjski zid od masivnog drva i kosog krova

1. Postaviti parnu branu krova tako da bude prepuštena preko zida
2. Preklop izvesti tako da folija nije zategnuta, omogućiti 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. Samo se zidna parna brana prepusti 20 cm. Parne brane se međusobno zalijepe specijaliziranim ljepljivom i pričvrste letvicom

Tablica 15 Mogući detalji postavljanja zrakonepropusne barijere u nekim karakterističnim spojevima kod drvenih kuća

Princip pravilno izvedenih nastavaka zrakonepropusne barijere: a) s jednostranom i dvostrano ljepljivom trakom te folijom; b) s pločama i ljepljivom trakom (lijevo), brtvenom masom (u sredini) te ispunom spojeva kod gipskartonskih ploča (desno).



Slika 55 Pravilno izvođenje nastavaka zrakonepropusne barijere

Dobro planiranje kod gradnje predgotovljenim drvenim panelima (okvirna ili masivna stijena) **znatno olakšava postavljanje zrakonepropusne vanjske ovojnice** tijekom gradnje drvenim elementima in situ.



Slika 56 Primjeri dobrog planiranja i pripreme olakšava brtvljenje zrakonepropusne ovojnice

BRTLJENJE TREBA IZVESTI S IZNIMNOM PAŽNJOM I BEZ IMPROVIZACIJA (Slika 57).



Slika 57 Primjeri nezabrtvljenih proboja greda drvenih stropova prilikom energetske obnove zgrade

8.5 KIŠNA BRANA – PAROPROPUSNO-VODONEPROPUSNA BARIJERA

Paropropusno-vodonepropusna barijera postavlja se s vanjske (hladnije) strane zgrade 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)

Paropropusno-vodonepropusna barijera se kod drvenih zgrada može postići (Slika 58):



Hidrofobiranje završne obloge

Izvođenje paropropusno-vodonepropusnih folija ispod završne obloge

Postavljanje brtvene trake ili brtvene mase

Izvođenje tankoslojne žbuke (u sklopu ETICS-a)

Slika 58 Primjeri dobrog planiranja i pripreme olakšava brtvljenje zrakonepropusne ovojnice

Paropropusna-vodonepropusna barijera zgrade sprečava eventualni prodor oborinskih voda u dublje slojeve građevnog dijela zgrade, pa se ta voda spušta po njoj do najniže točke – okapnice. Istodobno, ova barijera je paropropusna, što omogućuje isušivanje eventualno kondenzirane vodene pare ili ugrađene vlage u slojevima toplinske izolacije.



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.

KIŠNA BRANA JE:

- samonosiva - dovoljne vlačne čvrstoće,
- otporna na paranje
- paropropusno-vodonepropusna folija - ($S_d < 0,5$ m), vodonepropusnost.
- UV stabilne
- razreda reakcije na požar B ili boljeg.



Slika 59 Primjer kondenzacije vodene pare na PE foliji

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. Preporuča se korištenje **mineralnih žbuka koje omogućuju nesmetanu difuziju vodene pare** (paropropusne su), dok upotreba **akrilnih (organskih) žbuka sprečava difuziju vodene pare** (parne zapreke).

Da bi paropropusno-vodonepropusna folija ispunila svoju izvornu namjenu (da ne propušta vodu), ona **treba biti kontinuirana** (s preklopom od 10 cm i međusobno zalijepljeni), detalji moraju biti pravilno zabrtvljeni (*Slika 60*).



Slika 60 Primjer postavljanja paropropusno-vodonepropusne folije na drvenu potkonstrukciju ventilirane fasade drvene zgrade

8.6 OBLOGA FASADE

Završni sloj koji **štiti fasadu od atmosferilija te doprinosi zvučnoj izolaciji zgrade**. 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.



Slika 61 Primjer oblaganja fasade daskama i letvicama

Osnovna pravila kod postavljanja drvene fasade:

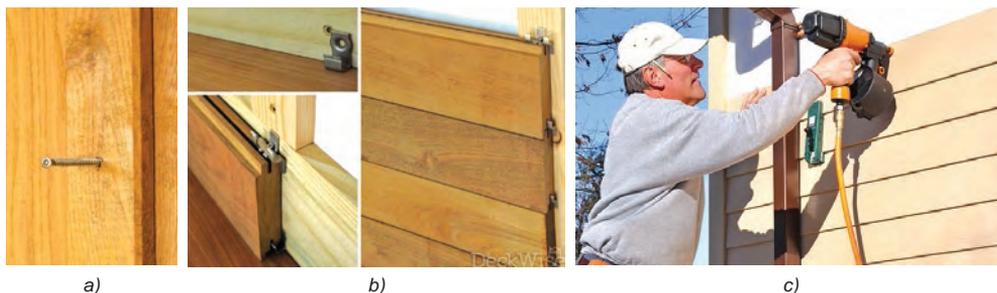
- spriječiti da voda prodire u drvo i da se dulje u njemu zadržava
- svi čelni presjeci moraju biti pokriveni i zabrtvljeni
- izbjegavati utore, rupe i otvore na površini
- osigurati rad drveta zbog promjena temperature i vlage



Letvice i/ili daske se postavljaju vertikalno ili horizontalno (*Slika 61*), debljine su minimal-

no 15 do 20 mm, s time da su deblje daske dimenzijski stabilnije.

Pričvršćenje se najčešće izvodi **nehrđajućim vijcima ili čavlima** (Slika 62), 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 62 Načini pričvršćenja drvene vanjske obloge: **a)** pričvršćenje vijkom za drvo; **b)** nevidljivo vješanje; **c)** pričvršćenje pribijanjem

8.7 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. **Općeniti savjet je 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.

Ako se drvene završne obloge izvodi 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 63). **Ukoliko se podnožje zgrade izvede nepravilno, vrlo će brzo doći do diskoloracije fasade, a zatim i do rasta gljivica, odnosno truljenja završne obloge.**



Slika 63 Načini izvedbe podnožja u slučaju drvene završne obloge

Za perimetarnu toplinsku izolaciju primjenjuju se materijali koji ne upijaju vodu, kao što je XPS. Prije polaganja izolacijskih ploča za podnožja, mora se izvesti hidroizolacija.

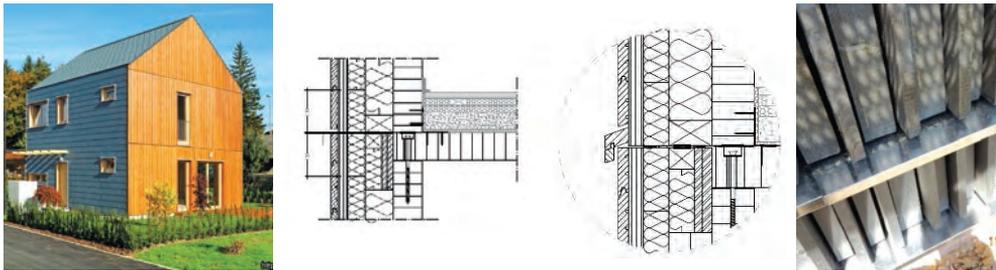
Ako se drvena obloga izvodi iznad terase, balkona ili kosog krova, potrebno se pridržavati istih principa gradnje kao i u slučaju podnožja.

8.8 MEĐUKATNI SPOJ KOD DRVENE FASADNE OBLOGE

Kod ventiliranih fasada međukatni spoj može se izvoditi s okapnicom ili bez nje. 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.

Međukatni spoj drvene fasade može se izvesti s aluminijskom okapnicom ili drvenom dilatacijskom letvom (Slika 64), koja teče po opsegu zgrade i ima funkciju zaštite od prodora vode u konstrukciju, također i u varijanti s preklapom fasadnih obloga, jednom preko druge.

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 65).



Slika 64 Međukatni spoj s okapnicom kod ventilirane fasade s drvenom oblogom



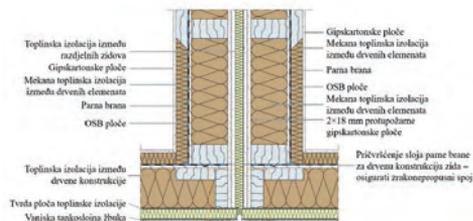
Slika 65 Prijelaz s ventilirane na kontaktnu fasadu

8.9 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 66).



Slika 66 Primjer požara koji su se proširili po fasadi drvene zgrade



Slika 67 Detalj spajanja razdjelnog zida požarnih sektora i vanjskog zida drvene zgrade

Ako je predmetna zgrada razdijeljena na nekoliko požarnih sektora, **razdjelne zidove između dva požarna sektora potrebno je odvojiti na ispravan način** (Slika 67). Pri tome međuprostor između dva zida (koji je veći od 5 cm) mora biti u potpunosti ispunjen mineralnom vunom.

9 UNUTARNJA IZOLACIJA DRVENIH ZIDOVA

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

Toplinska izolacija postavlja se s unutarnje strane i u tzv. **instalacijski sloj**, koji služi za razvođe električnih instalacija, instalacija grijanja i ventilacije po zgradi (Slika 68).

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



Slika 68 Primjer postavljanja instalacija u drvenu kuću te oblaganje parnom branom i gipskartonskim pločama

10 DRVENI STROPOVI I NJIHOVA IZOLACIJA

Međukatne konstrukcije na zgradama su horizontalni konstruktivni elementi koji zgradu dijele po visini na etaže ili katove i istodobno ju horizontalno ukružuju.

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

Drveni stropovi se izvode (*Slika 69, Tablica 16*):

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

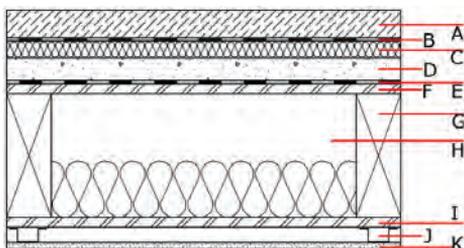
Drveni stropovi danas su ipak najčešći kod postojećih starih zgrada (suvremene adaptacije, rekonstrukcije ili sanacije).



Slika 69 Načini pričvršćenja drvene vanjske obloge: **a)** pričvršćenje vijkom za drvo; **b)** nevidljivo vješanje; **c)** pričvršćenje pribijanjem

Drveni strop na gredama s mokrim cementnim estrihom (s nasipom i bez njega) između dva grijana prostora

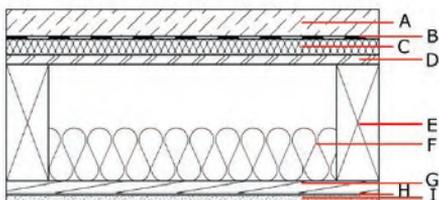
S NASIPOM



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

BEZ NASIPA

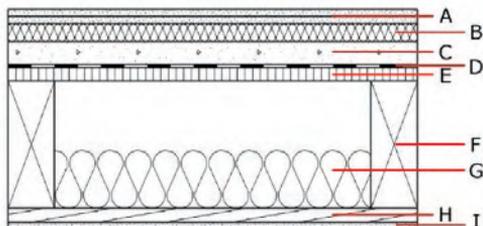


LEGENDA:

- 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

Drveni strop na gredama sa suhim estrihom (s nasipom i bez njega) između dva grijana prostora

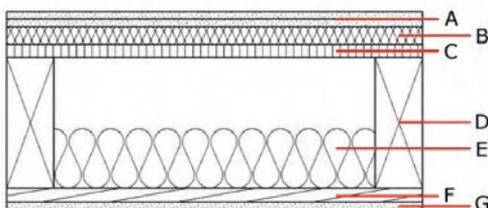
S NASIPOM



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

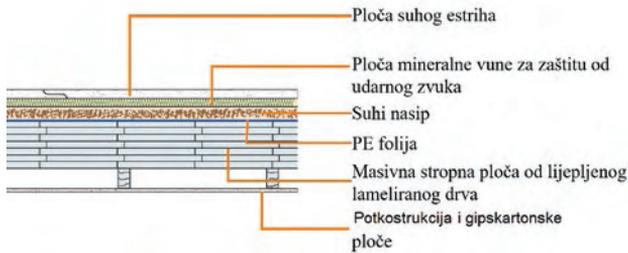
BEZ NASIPA



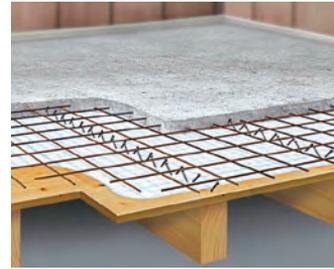
LEGENDA:

- 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

Tablica 16 Moguće izvedbe drvenog stropa s gredama



Slika 70 Drveni strop s masivnom stropnom pločom od lijepljenog lameliranog drva



Slika 71 Spregnuti sustav drvo-beton

Sprezanjem je znatno povećana nosivost i krutost postojećeg stropa, i to na razini AB ploča (Slika 71). 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.

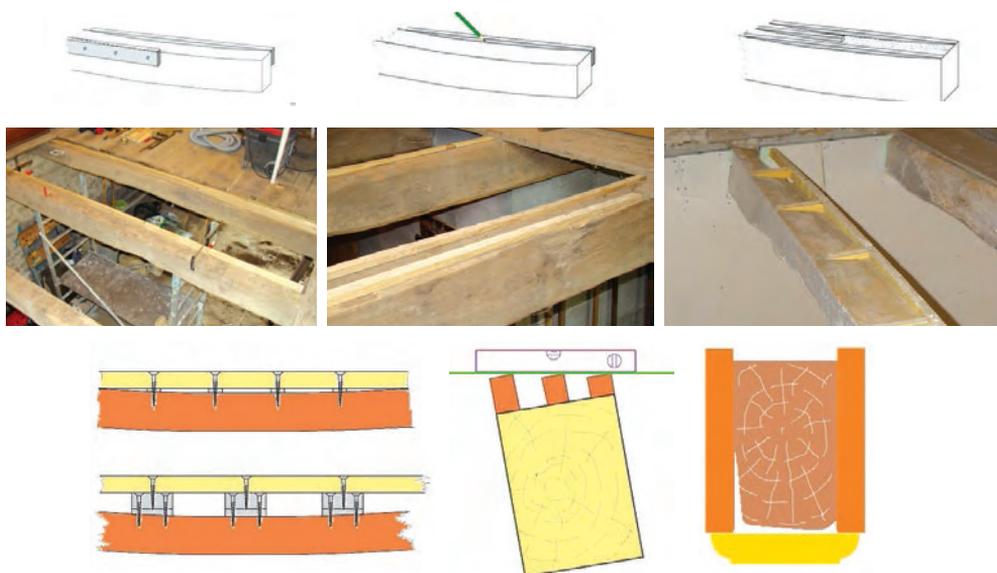
11 SANACIJA STROPA OD DRVENIH GREDNICA

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.

Drvene grednike moguće je s gornje strane ojačati ("potumplati") mosnicama, posebno ako se mosnice uvijanjem vežu uza 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.

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 izravnaje je prikladno ako grede nakon izvedene sanacije neće biti vidljive, Slika 72.



Slika 72 Primjer izravnanja progiba te izravnanja izvijanja postojeće drvene grede

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**. 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, 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.

11.1 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. Ovakvo rješenje se koristi kada je poželjno ugraditi lananu, a dovoljno nosivu stropnu konstrukciju.

Nakon skidanja slojeva poda postojeće međukatne konstrukcije i vađenja šute između grednika, potrebno je **zadržati postojeću donju daščanu oplatu, trstiku i žbuku**. Zatim je potrebno izraditi (**ukopati**) **ležajeve za stropne gređice u nosivim zidovima**.

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. Poznato je da je ukupna visina stropa od porobetona 15 cm. Nakon ugradnje toplinske izolacije ugrađuju se **predgotovljene gređice u pripremljene ležajeve** u okolnim nosivim zidovima te se između gređica postavljaju stropni blokovi od porobetona (*Tablica 17*). Načelno uz svaku drvenu gredu dolaze po dvije gređice bijelog stropa. Gređice su odvojene od drvene grede EPS-om kao oplatom za beton, ali i zvučnom izolacijom. Iznad drvene grede na EPS se postavlja minimalna armaturna mreža i sloj betona debljine 3-4 cm.



Tablica 17 Koraci sanacije stropa od drvenih grednika ispunom od porobetona

11.2 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.
- 2. korak:** instalacije - sve moraju biti postavljene stručno i dovoljno zaštićene od propadanja.
- 3. korak:** postavljanje parne brane i zaštite od propadanja.
- 4. korak:** postavljanje punjenja za prazne prostore. Nasip s ekspandiranom glinom između greda potrebno je poravnati letvom.
- 5. korak:** postavljanje drvenih ploča.
- 6. korak:** postavljanje rubnih traka i ploča za zvučnu izolaciju, kako bi se izbjegli zvučni mostovi.

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

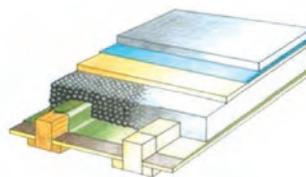
- 7. korak:** postavljanje konstrukcije poda. Podložne daske zakucaju se za gornji rub stropa (međukatne konstrukcije). Drvenu rešetku valja precizno postaviti i fiksirati. Prve letve postavljaju se s razmakom od najmanje 15 cm u odnosu na zid. Razmak između letvi drvenog roštilja ne smije biti veći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



Poravnanje nasipa između drvenih elemenata stropa



Postavljanje konstrukcije poda i usipavanje suhog nasipa



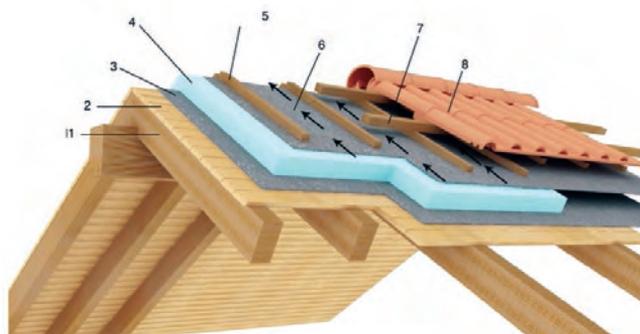
Primjena laganog betona

Slika 73 Primjer sanacije stropa od drvenih grednika ispunom od suhog nasipa

12 IZOLACIJA KROVIŠTA

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.

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.**



1. Drveni rogovi
2. Daske
3. Folija
4. Izolacija
5. Kontraletve
6. Folija
7. Letve
8. Crijep

Shematski prikaz ventiliranog kosog krovišta



Primjeri građevinske štete nastale u slučaju lošeg funkcioniranja krova

Slika 74 Shematski prikaz ventiliranog kosog krovišta; primjeri građevinske štete nastale u slučaju lošeg funkcioniranja krova

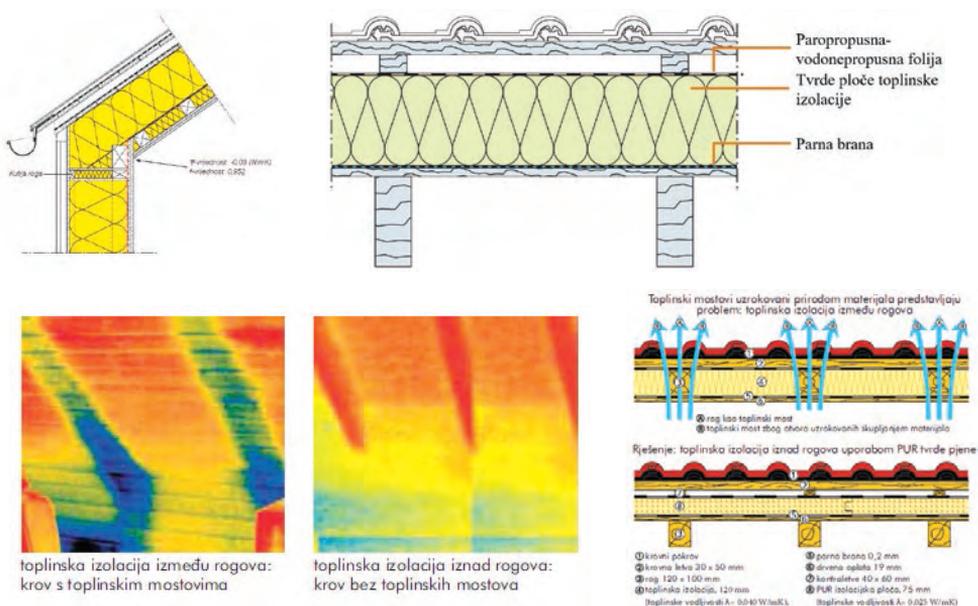
Ukoliko ventilirani kosi krov loše funkcionira na način da se kondenzira vodena para, tada će doći do pojave građevinske štete (Slika 74).

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 ili pak s njihove donje strane, iz potkrovlja.

KROVIŠTE JE 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.

Toplinska izolacija se postavlja iznad, između i/ili ispod rogova kod drvenih provjetrovanih krovova ili punoplošno na masivnu nosivu krovnu ploču (Slika 75).



Slika 75 Prikaz toplinske izolacije kosog krova između i ispod rogova; izolacija iznad rogova; toplinski mostovi u slučaju nedostatka dodatne toplinske izolacije iznad ili ispod rogova

U slučaju **standardnih krovišta s izolacijom s donje strane**, 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, postavlja uvijek okomito na smjer pružanja ploča prethodnog sloja**, radi prekrivanja toplinskih mostova i reški između ploča prvog sloja toplinske izolacije.

Termogrami krovišta (Slika 75) 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.

Krovne folije (parnu branu i paropropusno-vodonepropusnu foliju) oko proboja dimnjaka i svih drugih prodora kroz ventilirani krov potrebno je korektno postaviti i zabrtviti ljepljivim trakama - **VRLO VAŽNO ZA TRAJNOST KROVNE KONSTRUKCIJE.**

12.1 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 paropropusno-vodonepropusnu foliju, kao i kontraletve i letve (za ostvarenje kontinuiteta i preklapanje).

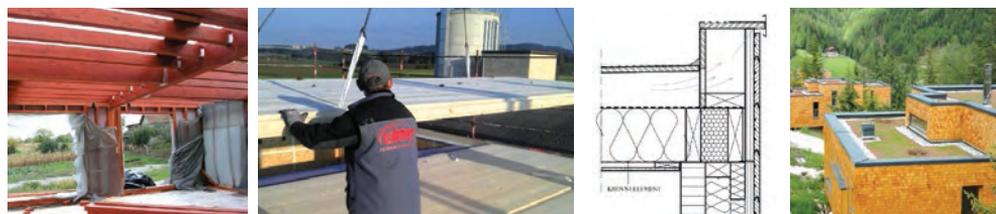


Slika 76 Primjer izvedbe ventiliranog krova s pokrovom od trapeznog lima korištenjem predgotovljenih krovni elemenata

12.2 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 **može izvesti kao klasični ravni krov, obrnuti ravni krov, ventilirani ravni krov i/ili zeleni ravni krov.**



Slika 77 Primjeri izvedbe različitih vrsta ravnih krovova na drvenim zgradama

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** ili, pak, da se izvede **toplinska izolacija u nagibu**.

			
<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</p>	<p>Zapunjavanje reški između ploča PUR pjenom</p>	<p>Izvođenje samoljepljive hidroizolacije</p>

Tablica 18 Primjer postupka izvođenja ravnog krova na drvenoj zgradi

13 TEHNOLOGIJA IZRADE DRVENIH ZGRADA OD SLAME

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, pri čemu postoji spektar proizvoda od slame, ali se i bale slame mogu koristiti kao ispuna (Slika 78).



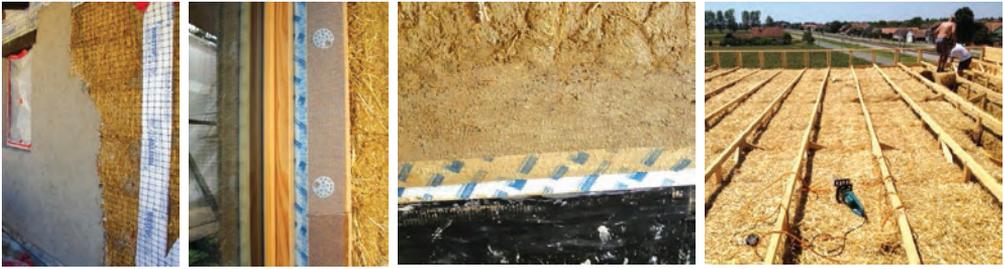
Slika 78 Proizvodi od slame, slama kao ispuna drvene konstrukcije

U Hrvatskoj su sagrađene kuće od slame gdje je drvena konstrukcija 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 (Slika 79).



Slika 79 Slama kao ispuna drvene nosive konstrukcije

Pri korištenju bala slame kao ispune, odnosno toplinske izolacije treba se voditi istim principima gradnje kao i kod klasičnih toplinsko-izolacijskih 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 80).



Slika 80 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

Kao završna obrada kuće od slame mogu se izvesti ventilirane fasade ili pak žbuke (Slika 81).



Slika 81 Primjer žbukane završne obloge te ventilirane fasade s drvenom oblogom

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.



Slika 82 Primjeri kuće od slame sagrađene kod Vinkovaca te u Donjoj Bistri

14 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. Trstikom su se pokrivali krovovi, a koristila se i kao obloga za prihvaćanje žbuke kod stropova od drvenih grednika. Za razliku od slame, trstika se kao toplinskoizolacijski materijal najčešće koristi za oblaganje nosive konstrukcije, a može se upotrebljavati i sa slamom kao ispunom između nosača drvene konstrukcije.



Slika 83 *Primjer ugradnje ploča od trstike kao toplinske izolacije s vanjske strane*

Ploče od trstike se ugrađuju na zidove korištenjem polimer-cementnog ljepila, zatim se preko njih postavlja čelična “rabic” mrežica koja se fiksira na zid upotrebom mehaničkih pričvrstaka, što dodatno učvršćuje zalijepljene ploče od trstike (*Slika 84 i Slika 85*). Sljedeća faza je nanošenje masne vapnene žbuke s dodatkom životinjske dlake (čok), koja mora proći kroz “rabic” mrežicu, čime se žbuka dodatno armira. Nakon toga se pristupa finom žbukanju i završnoj obradi zidova.



Slika 84 *Primjer korištenja trstike za vanjsku izolaciju kod obnove fasade postojeće zgrade iz 1970. godine*



Slika 85 *Primjer korištenja trstike za unutarnju izolaciju kod obnove postojeće zgrade iz 1930. godine*

15 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.

Ako se 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 energetski obnovljene zgrade, ali i na ulazak vode u tekućem obliku u građevne dijelove.

15.1 IZVOĐENJE DRVENE POTKONSTRUKCIJE I UPUHIVANJE IZOLACIJE

Ovo je 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, *Slika 86.*



Slika 86 Prikaz postupka izvođenja toplinske izolacije postojeće zgrade s vanjske strane upuhivanjem rasute toplinske izolacije

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

Na kraju je moguće izvesti završnu obradu tankoslojnom žbukom, analogno principu i uz poštovanje svih pravila za izvođenje ETICS sustava.

15.2 IZVOĐENJE DRVENE POTKONSTRUKCIJE VENTILIRANE FASADE

Izvide 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. Ovdje se poštuju svi principi izvedbe ventiliranih fasada, *Slika 87*.



Slika 87 Prikaz postavljanja drvene potkonstrukcije na postojeću zgradu, ugradnje okvira oko prozora radi lakše ugradnje novog prozora te ugradnje toplinske izolacije i osiguranje sloja ventilirajućeg zraka

15.3 UGRADNJA DRVENIH PREDGOTOVLJENIH PANELA

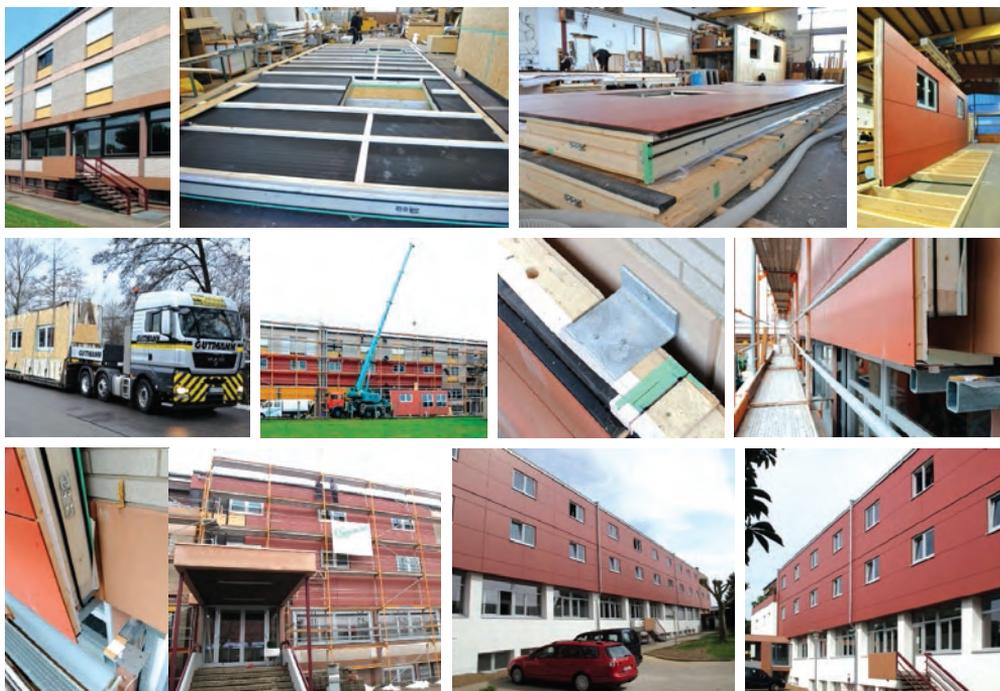
Kod ovog načina, velikoplošni predgotovljeni drveni paneli se vješaju na vanjski zid postojeće zgrade na prethodno pripremljene veze, *Slika 88*.

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**.

Postojeće zgrade mogu 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 88 Prikaz energetske obnove zgrade korištenjem predgotovljenih drvenih panela

Pri izvođenju posebno je **paziti na kontinuitet paropropusno-vodonepropusne folije**. Sve **međuprostore** između drvenih panela i postojećeg zida koji su nastali zbog njegovih neravnina nakon montaže **treba iznutra zapuniti upuhivanjem toplinske izolacije 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.

16 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,
- promjena boje,
- bubrenje i ljuštenje završne obloge,
- miris po plijesni u prostorijama,
- pojava gljivica i plijesni,
- problemi s dišnim putevima korisnika zgrade.

Kod niskoenergetskih, pasivnih kuća ili zgrada gotovo nulte energije, građevinska šteta se očituje kroz probleme s kondenzacijom vodene pare u slojevima presjeka građevnog dijela zgrade.

Građevinska šteta najčešće je posljedica (*Tablica 19*):

- **ugradnje nedovoljno suhих materijala** ili
- **neodgovarajuće zaštite od kiše i/ili snijega** prilikom same gradnje,
- lošeg izvođenja ili neodgovarajućeg odabira materijala u izvedbi **parne brane**
- lošeg izvođenja **paropropusno-vodonepropusne barijere** s vanjske strane



Stvaranje gljivica i plijesni zbog nemogućnosti isušivanja



Izvođenje ETICS sustava na vlažnu podlogu od OSB ploča



Stvaranje gljivica i plijesni zbog loše izvedene parne brane



Pojave plijesni u sloju toplinske izolacije lošeg odabira materijala "kišne brane" (odabran paronepropusni papir) uz zrakopropusnu unutarnju oblogu

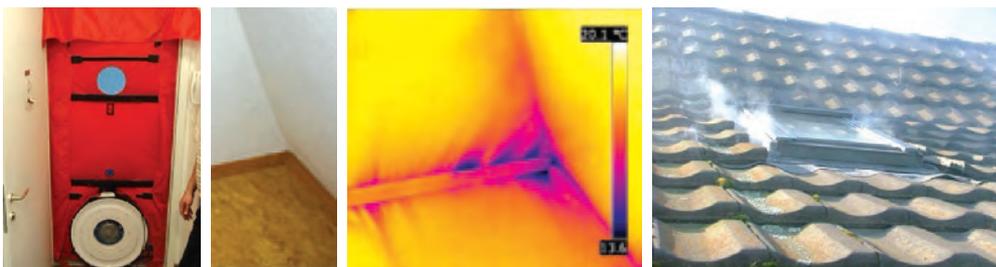
Tablica 19 Prikaz uzroka pojave građevinske štete u drvenim zgradama

Kako bi se ostvarilo adekvatno brtvljenje, **preporučuje se 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.

Svi 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.

Loše izvedena zrakonepropusna ovojnica zgrade s unutarnje strane može se relativno jednostavno dokazati, a **MJESTA PROPUŠTANJA LOCIRATI POMOĆU TESTA ZRAKONEPROPUSNOSTI (BLOWER DOOR TEST)**, *Slika 89*.



Slika 89 Prikaz ispitivanja zrakonepropusnosti drvene zgrade metodom blower door

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, gdje premazi štite završnu oblogu od upijanja vode, UV zračenja itd (*Slika 90*).



Slika 90 Loše održavana drvena vanjska obloga i diskoloracija drva uslijed djelovanja UV zračenja

Neodgovarajuće pričvršćenje drvene završne obloge može uzrokovati izvijanje pojedinih dasaka, što nije samo estetski problem nego i opasnost za ljude oko zgrade (*Slika 91*). Ako se podnožje zgrade ne izvede na odgovarajući način, može doći do propadanja drvene obloge. Dodatno, loša ugradnja prozora uzrokuje ulazak vode u slojeve zida, najčešće na mjestu prozorske klupčice.

Na kvalitetu izvedenih radova i trajnost konstrukcije utječu svi sudionici u gradnji, pa tako zbog loše izvedenih limarskih radova, odnosno loše riješene odvodnje vode s terase zgrade može doći do truljenja drvene konstrukcije.



Izvijanje daske vanjske obloge



Neodgovarajuća izvedba i održavanje podnožja zgrade



Loše brtvljenje "kišne brane" zgrade pri ugradnji prozora

Slika 91 *Primjeri pojave građevinske štete kod drvenih zgrada*

PRIRUČNIK ZA RADNIKE GRAĐEVINSKO ZANIMANJE TESAR



Sufinancirano iz EU programa
Inteligentna energija Europe



Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet



Hrvatska komora
inženjera građevinarstva



REGIONALNI CENTAR ZAŠTITE OKOLIŠA
Hrvatska



Hrvatski zavod za zapošljavanje