



# GRADNJA DRVENIH ZGRADA

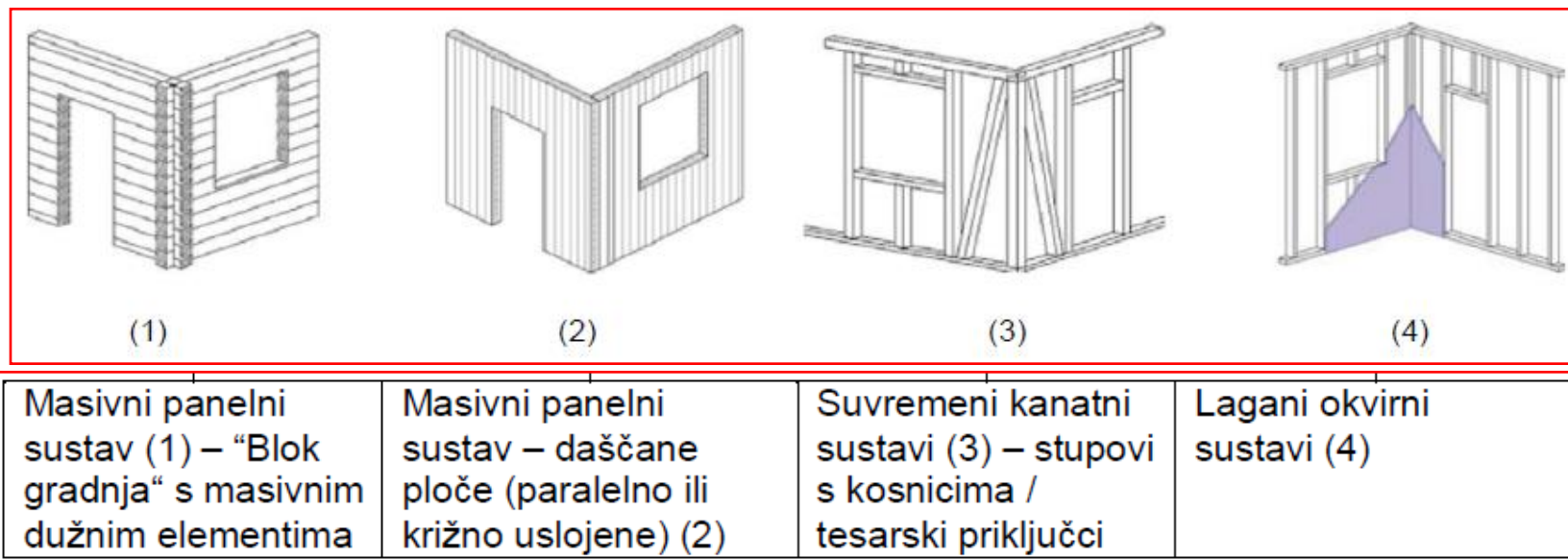
Prof.dr.sc. Vlatka Rajčić  
Građevinski fakultet Sveučilišta u  
Zagrebu



## Tipologija drvenih zgrada

### ■ Osnovna podjela konstrukcijskih sustava drvenih zgrada

- Presjeci i aksonometrijski prikaz

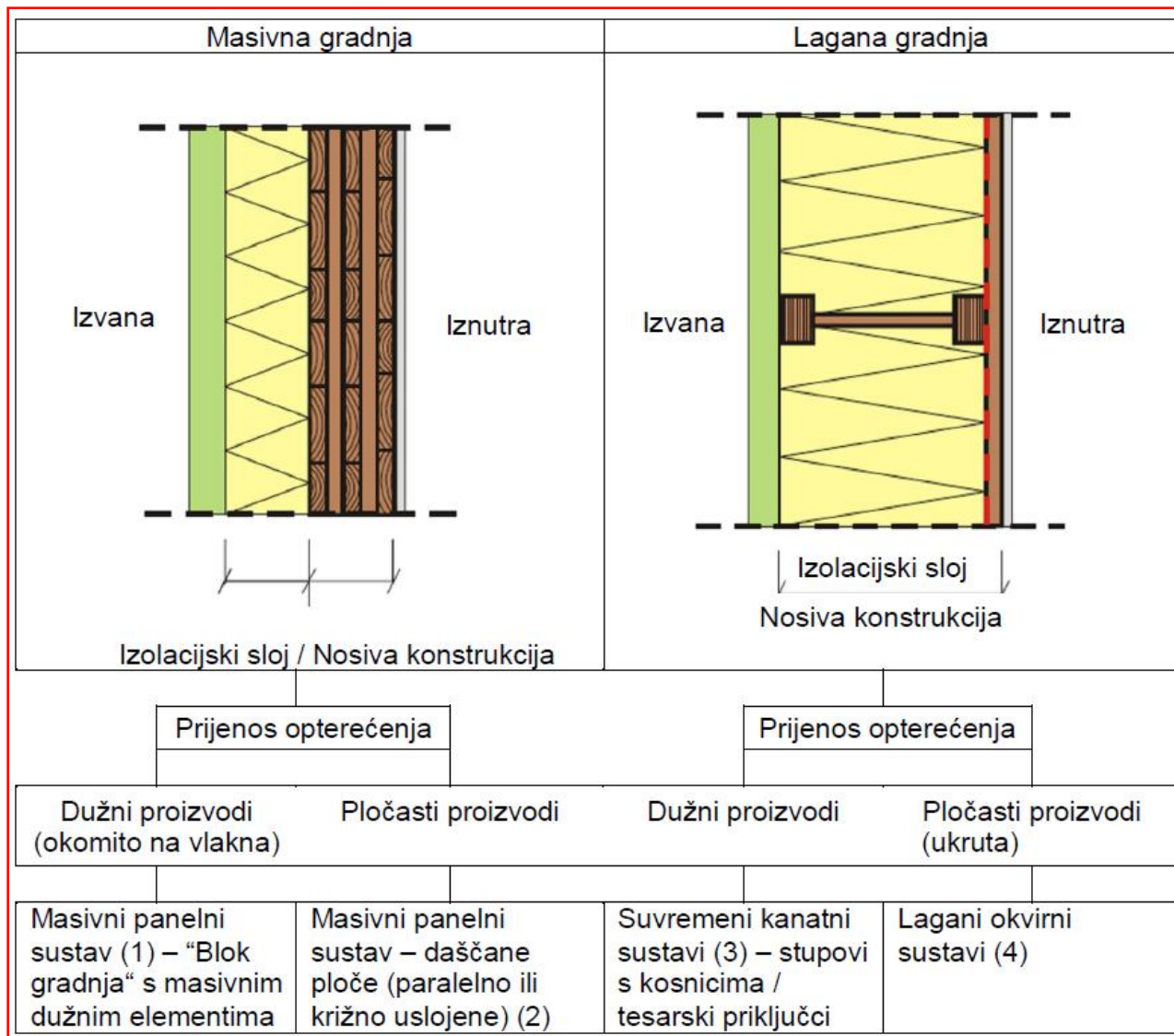


### ■ Podjela prema konstruktivnom sustavu zidova

- Panelni sustavi
- Okvirni sustavi
- Skeletni sustavi.
- Mješoviti sustavi.



## Tipologija drvenih zgrada



- OPĆA RAZMATRANJA
- Osnovna podjela prema tipu gradnje / načinu ugradnje izolacijskog sloja
- Masivna gradnja
  - izolacijski sloj je odvojen od nosive konstrukcije zidova.
- Lagana gradnja
  - Izolacijski sloj je poravnat s nosivom konstrukcijom zidova.



Tipologija drvenih zgrada

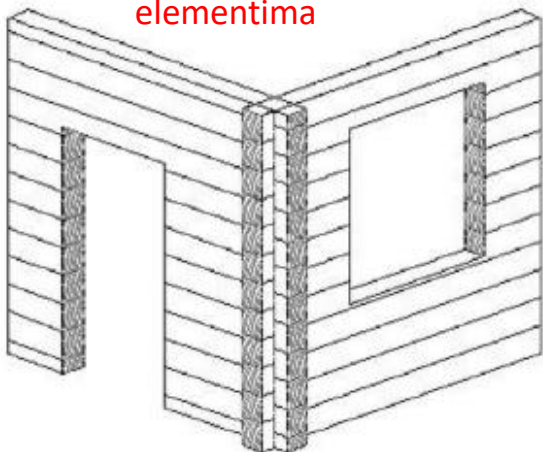
# KONSTRUKCIJSKI SUSTAVI ZA MASIVNI TIP GRADNJE



## Tipologija drvenih zgrada

### MASIVNA BLOK GRADNJA – Izvedba kutnih spojeva

Masivna gradnja s dužnim elementima



predbušenje za ugradnju spajala

CAD/CAM profiliranje masivnog nosivog elementa

brtva

masivni nosivi element

kutni spoj – “lastin rep”



spajalo

profilirani nosivi element



spajalo / profilirani nosivi element

kutno pojačanje (čelična ukruta)



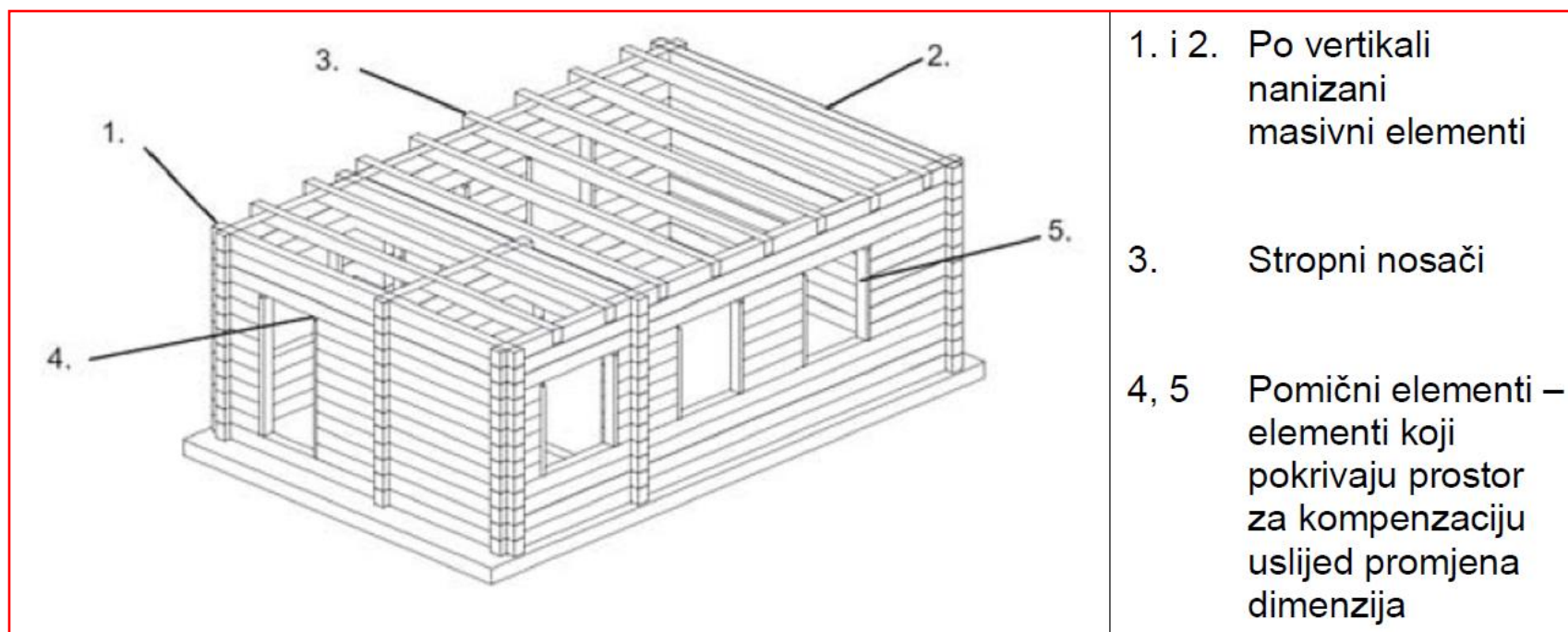
### MASIVNA BLOK GRADNJA

- Pravila projektiranja sa stajališta utjecaja svojstava materijala
- Poznavati utjecaj svojstava na mehaničku otpornost i stabilnost:
  - Anizotropija, fizičko-kemijska svojstava i osjetljivosti na promjene volumena zbog promjene sadržaja vlage i dr.
    - Pri prijenosu vertikalnog opterećenja masivni elementi su tlačno napregnuti okomito na vlakanca.
    - Prekomjerno slijeganje – posljedica negativnog učinka anizotropije pri deformiranju okomito na vlakanca ( $E_{90,mean} \ll E_{0,mean}$ ).
- Primijeniti odgovarajuće konstruktivne mjere za sprečavanje negativnog učinka svojstava na mehaničku otpornost i stabilnost.



### MASIVNA BLOK GRADNJA

- Terminologija – elementi u masivnom sustavu gradnje





# Poprečni presjeci

ugao kuće s pravokutnim profilima



Pravokutni oblici poprečnih presjeka



Poluoblica

i

oblica



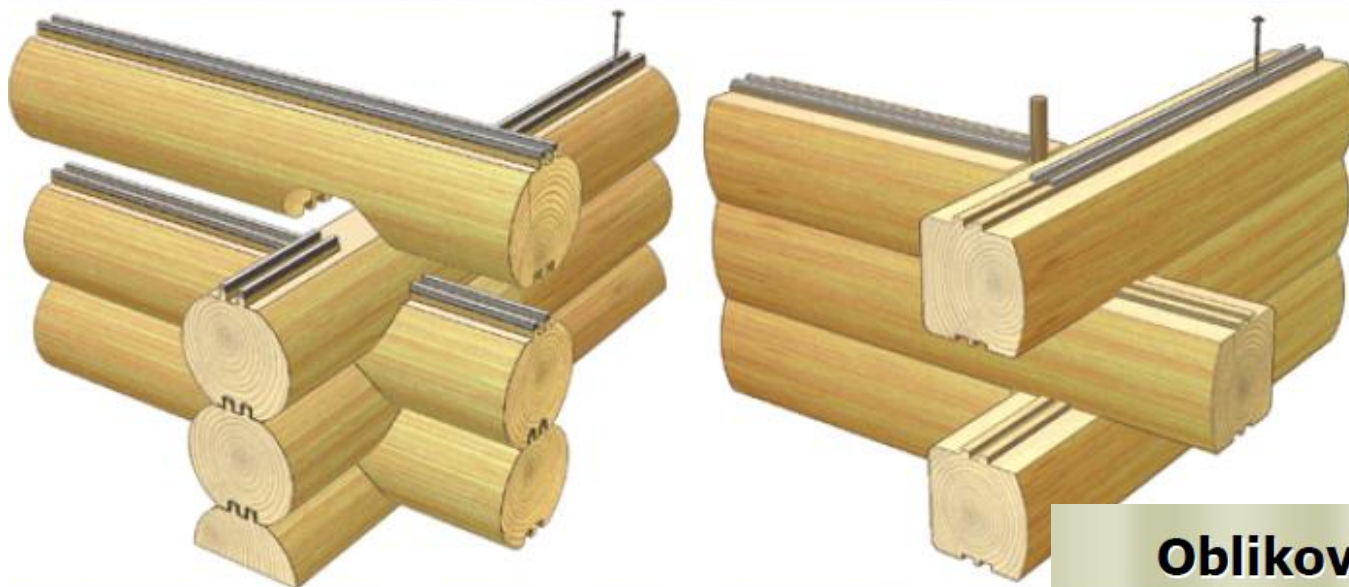
Oblica s utorima

Izrada pravokutnog profila

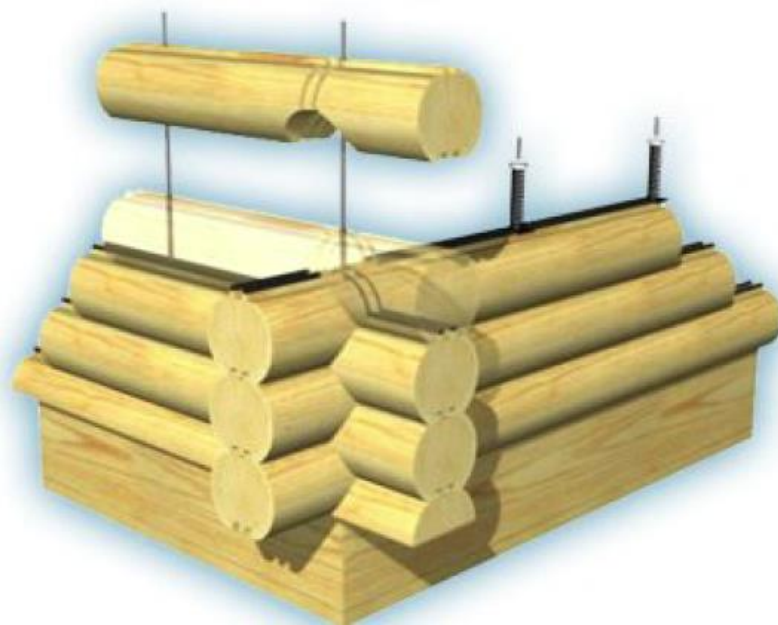




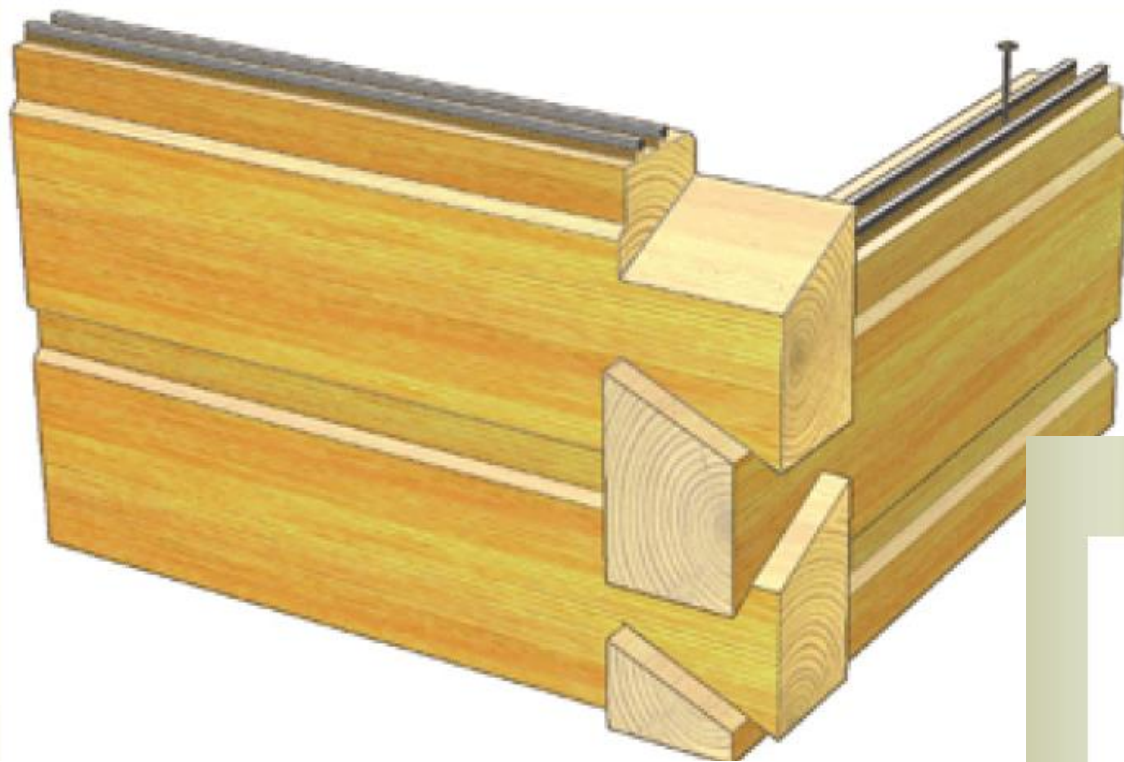
## Oblikovanja ugla kuće



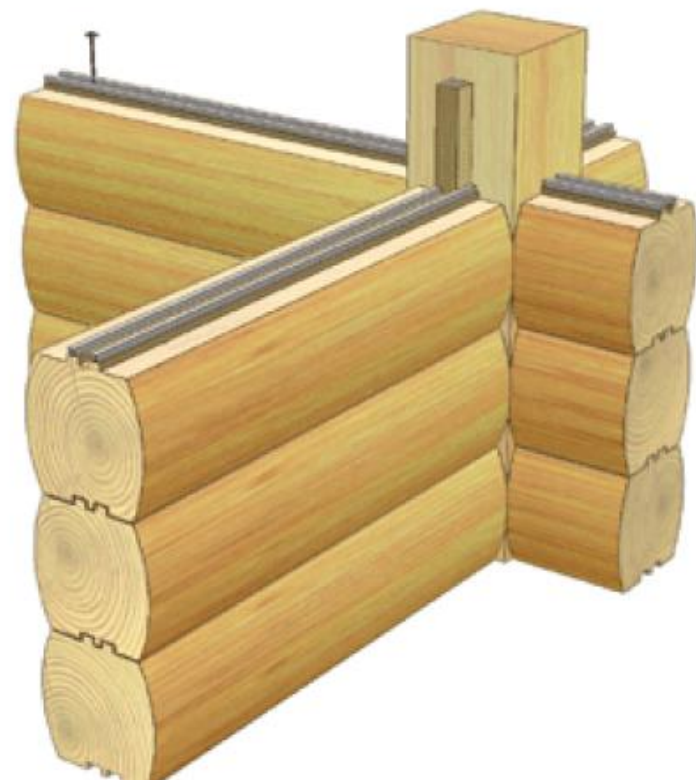
## Oblikovanje ugla kuće



## Oblikovanje ugla kuće



## Oblikovanje ugla kuće





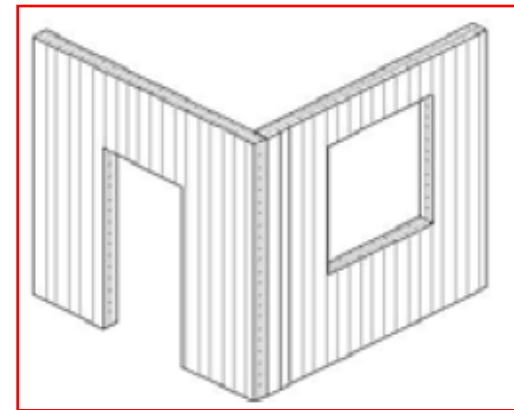




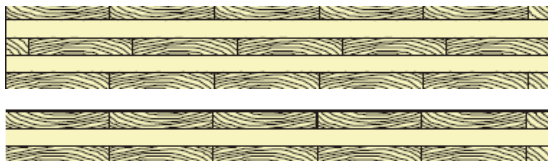
## ■ 2. MASIVNI TIP GRADNJE

### ■ MASIVNI SUSTAVI S PLOČASTIM ELEMENTIMA

- Slogovi paralelno uslojenih dasaka ili lamela uslojenih po debljini (engl. "laminated timber deck").



- Višeslojne križno uslojene daščane ploče.





## Tipologija drvenih zgrada

- **MASIVNI SUSTAVI SA SLOGOVIMA PARALELNO USLOJENIH DASAKA**

- **Pojedinačni elementi**

- Daske debljine od 24mm do 30 mm (uglavnom iz vanjskog dijela debla).
- Sušenje ( $15\% \pm 3\%$ ), blanjanje i paralelno slaganje u niz.
- Čavlanje ili povezivanje dasaka trnovima od tvrdog drva (zbog prijenosa udarnih opterećenja između dasaka).

- **Gotovi elementi**

- Niz paralelnih dasaka – proizvod željene širine na koje se mogu parcijalno rasporediti poprečna opterećenja.
- Mogući su čeoni nastavci dasaka u sredini elementa.



## Tipologija drvenih zgrada

- MASIVNI SUSTAVI S KRIŽNO USLOJENIM DAŠČANIM PLOČAMA
- **Posebnosti**
- Masivni zidni, stropni i krovni elementi mogu se proizvesti u skladu sa napucima iz projekta i povezati jednostavnim i standardiziranim spojevima
  - Komplicirano završavanje i montaža na gradilištu – nepotrebno.
- Toplinska izolacija, obloge i elementi fasade jednostavno se učvršćuju na elemente od ovakvih višeslojnih ploča
  - Brza montaža.
- Moguće su i kombinacije s drugim konstrukcijskim sustavima (npr. izvedba stropa najvišeg kata sa zaobljenom gredom i dodatnim pokrovom ili s višeslojnim pločama od paralelno slaganih dasaka).



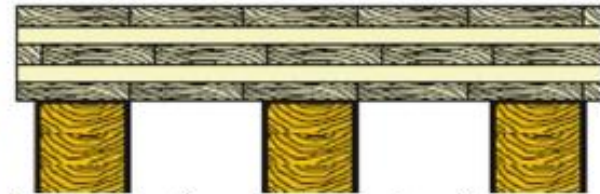


## Tipologija drvenih zgrada

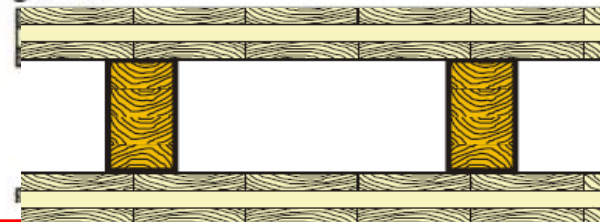
- Za stropne elemente većih raspona i više zidne elemente bez dodatnih potpora preporučuju se primjena sastavljenih presjeka:
  - T-presjeci – ploče s rebrastim ojačanjima od LL greda.
  - Sandučasti presjeci s rebrima od lijepljenih lameliranih greda.



Peteroslojna križno uslojena ploča i rebra od lijepljenih lameliranih greda



Sandučasti presjek – pojasnice od troslojnih križno uslojenih ploča i rebra od lijepljenih lameliranih greda





## Tipologija drvenih zgrada

- MASIVNI SUSTAVI S KRIŽNO USLOJENIM DAŠČANIM PLOČAMA

Prikazi montaže unaprijed sklopljenog elementa i učvršćivanja fasadnih i toplinsko-izolacijskih elemenata





## Tipologija drvenih zgrada

- MASIVNI SUSTAVI S KRIŽNO USLOJENIM DAŠČANIM PLOČAMA
- Primjena elemenata od križno uslojenih ploča u gradnji stambenih i poslovnih objekata / zgrade javne namjene, hale, radionice i sl.







## Tipologija drvenih zgrada

### ■ MASIVNI SUSTAVI S KRIŽNO USLOJENIM DAŠČANIM PLOČAMA



Postavljanje zidova



Postavljanje stropova



Unutrašnjost: nosiva i ukrutna funkcija

### Primjena križno uslojenih ploča u stambenim objektima



Unutrašnjost: ploče za stubište



Ploče balkona, točkasto poduprte



Istaknuta ploča balkona



## Tipologija drvenih zgrada

- MASIVNI SUSTAVI S KRIŽNO USLOJENIM DAŠČANIM PLOČAMA



Otvor u stropu za stubište



Otvor u stropu za dimnjak



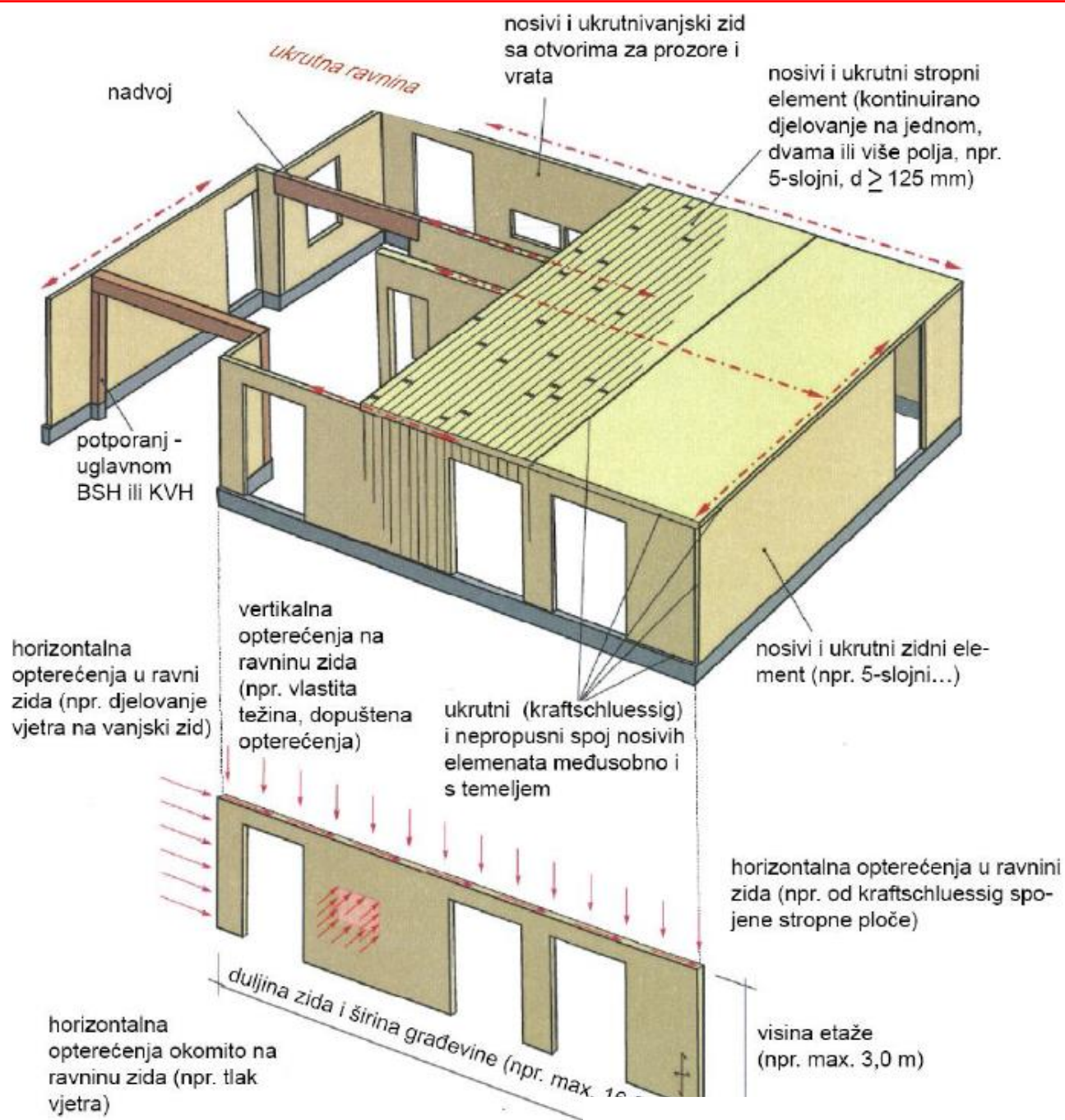
Otvor u stropu za svjetlarnik  
(stropni prozor)

Primjena križno uslojenih ploča u stambenim objektima – izvedba otvora





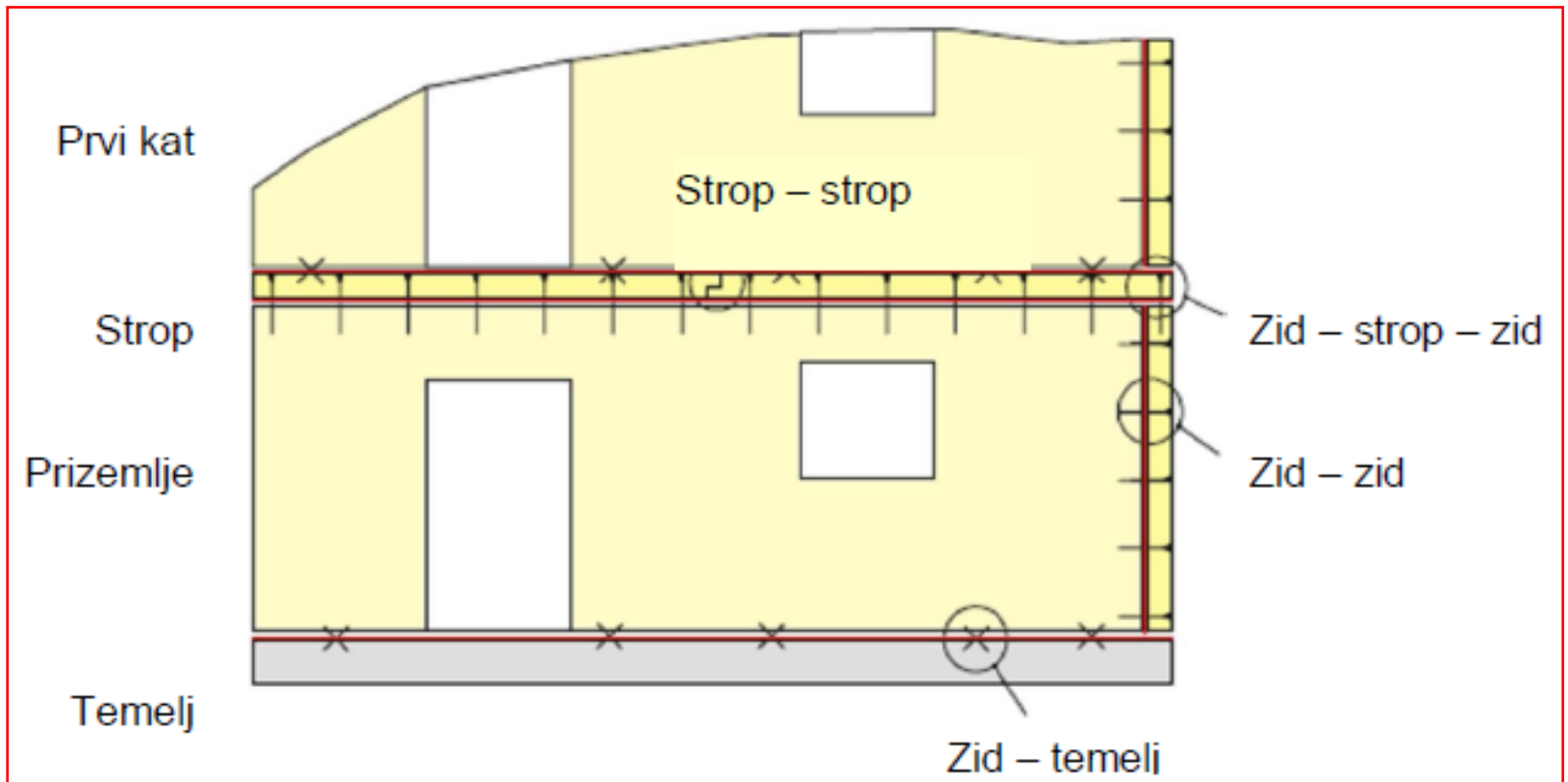
- MASIVNI SUSTAVI S KRIŽNO USLOJENIM DAŠČANIM PLOČAMA
- Primjena elemenata za stropove i zidove





## Tipologija drvenih zgrada

- MASIVNI SUSTAVI S KRIŽNO USLOJENIM DAŠČANIM PLOČAMA
- Sustavi spajanja ploča od križno uslojenih dasaka
  - Pozicije karakterističnih spojnica elemenata u zgradi





## Tipologija drvenih zgrada

- MASIVNI SUSTAVI S KRIŽNO USLOJENIM DAŠČANIM PLOČAMA
- Sustavi spajanja ploča od križno uslojenih dasaka – spojevi
- U spojevima zid – strop – zid i zid – temelj prevladavaju tlačna opterećenja (od vlastite težine masivnih nosivih i učvršnih elemenata, zidova i stropova) – spojevi su uglavnom kontaktni.
- Prijenos opterećenja – na mjestima diskretno raspoređenih spajala
  - vijci za drvo, ulijepljene navojne šipke, čavli, trnovi, vijci i/ili druga mehanička spajala (navode se u normi HRN EN 1995-1-1 ili imaju Tehničko dopuštenje za primjenu (za nenormirani postupak provjere).
- Vlačna opterećenja kontaktnih spojeva – moguća tek izuzetno:
  - Zbog posebnih opterećenja pri montaži i/ili zbog posebne geometrije zgrade (npr. višekatnice s ukrutnim zidovima smanjene širine).
  - U takvim slučajevima – predvidjeti prikladni *način sidrenja* za prienos vlačnih sila u temelje / potkonstrukciju i *ograničiti otvaranje spojeva*



## Tipologija drvenih zgrada

- MASIVNI SUSTAVI S KRIŽNO USLOJENIM DAŠČANIM PLOČAMA
- **Konstrukcijski detalji**
- Najveće širine ploča su ograničene (proizvodnja, transport):
  - Ovisno o proizvodu variraju od 3,0 do 4,8 m.
  - Spajanje / nastavljivanje pojedinačnih ploča u sastavljenom elementu – neophodno za premošćenje većih raspona.
- Kontaktni spoj strop – strop
- Kontaktni spoj zid – strop – zid
- Kontaktni spoj zid – zid (kutni spoj)
- Kontaktni spoj zid – temelj

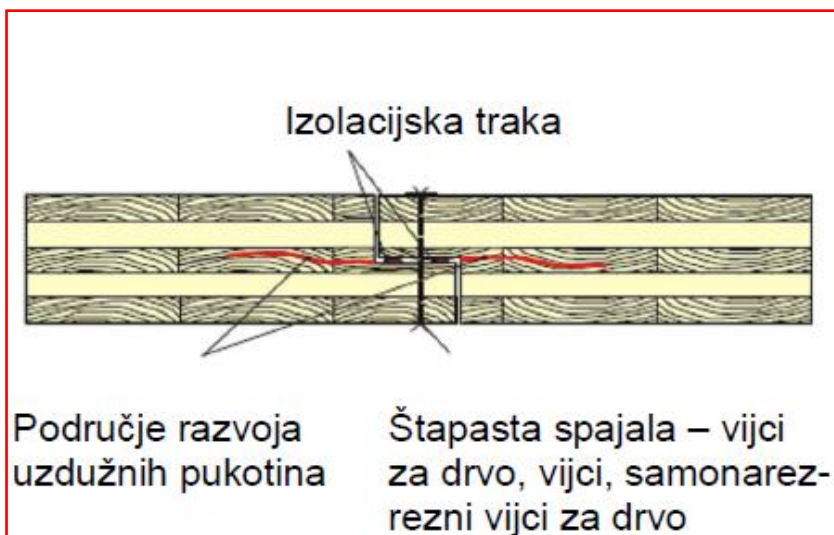
<https://www.rothoblaas.com/catalogues-rothoblaas>





## Tipologija drvenih zgrada

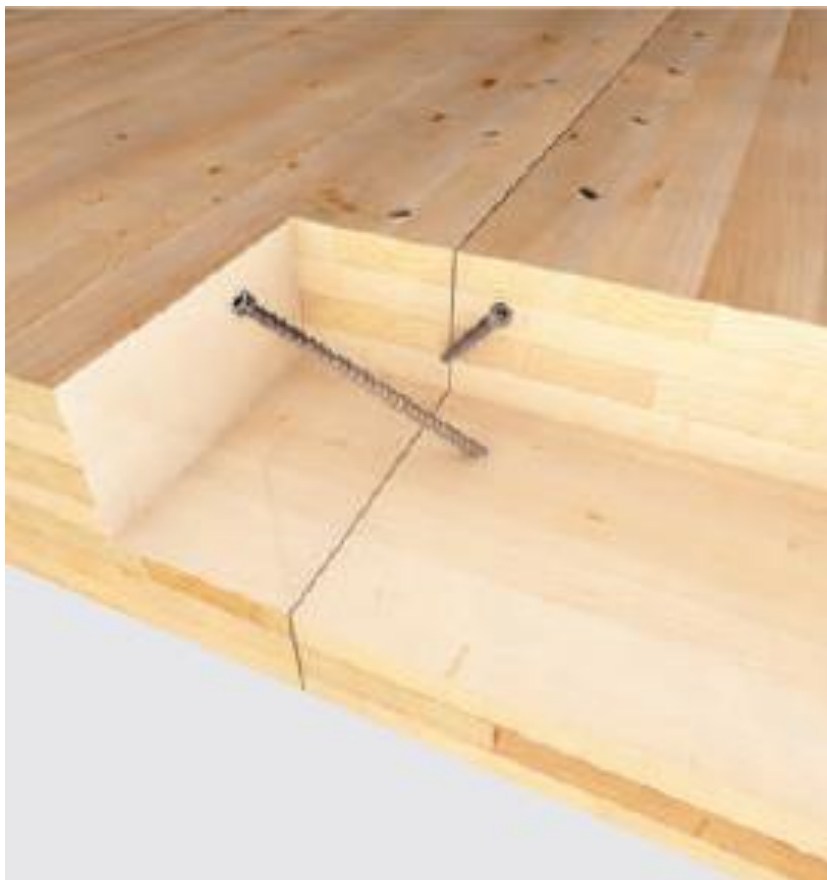
- **Kontaktni spoj strop – strop (stariji detalj)**
- Preklop s poluutorima osiguran vijcima – jedan od mogućih načina uzdužnog nastavljanja ploča
- Preklop s poluutorima / “Veza na list” – zglobna veza koje se uglavnom se koristi u glavnom nosivom smjeru stropa.
- Okomita normalnih naprezanja – posljedica neravnomjerne raspodjele opt.
  - Veća vlačna okomita naprezanja – opasnost razvoja uzdužnih pukotina u području stepenastog zasijecanja





## Tipologija drvenih zgrada

- **Kontaktни spoj strop – strop (noviji detalj)**
- Nastavljanje na okomiti sučeljak uz vijke za drvo dva u paru pod 45°

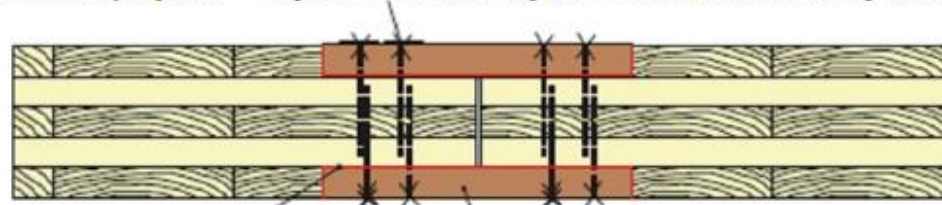




## Tipologija drvenih zgrada

- **Kontaktni spoj strop – strop**
- Izvedba krutih nastavaka ploča – prihvaćaju momente savijanja
  - Odgovarajući raspored mehaničkih spajala koja se ugrađuju iznad višeslojnih ploča (npr. masivne ploče od križno uslojenih dasaka, furnirske ploče i/ili LVL ploča (lamelirana furnirska građa s dužno uslojenim furnirima s max. 20% furnira okomitih na raspon ploče).
  - Ljepilo – vijci za drvo i čavli za potrební dodatni pritisak lijepljenja.
  - Izvedbu lijepljenih spojeva na gradilištu – izbjegavati.

Štapasta spajala – vijci za drvo, vijci, samonarezni vijci za drvo



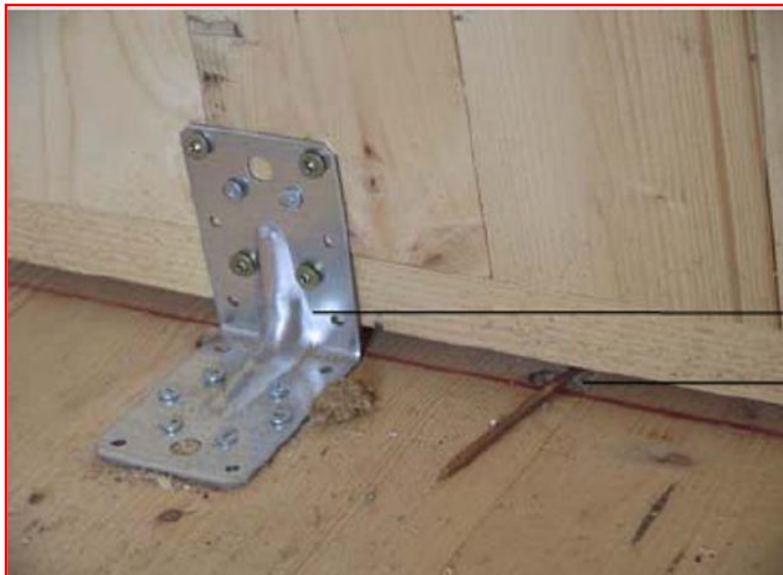
Lijepljena obloga (pritisak lijepljenja osiguravaju čavli ili vijci za drvo)

Upuštena obloga (lamela od paralelno ili križno uslojenih furnira, 3- ili 5-slojna ploča)



## Tipologija drvenih zgrada

- **Kontaktni spoj zid – strop**
- Spojeve treba izvesti tako da omoguće prijenos horizontalnih utjecaja (npr. djelovanje vjetera na zidne elemente) u ravninu stropa i prijenos vlačnih sila.
- Mogućnosti izvedbe spojeva pomoću:
  - Dodatnih kutnih elemenata (čelični kutnici) i vijaka ili vijaka za drvo.
  - Utorenih drvenih profila i ulijepljenih navojnih šipki.
  - Izravnog spajanja vijcima za drvo – *nepovoljni priključci*



Primjer nepravilne izvedbe  
spoja s čeličnim kutnicima

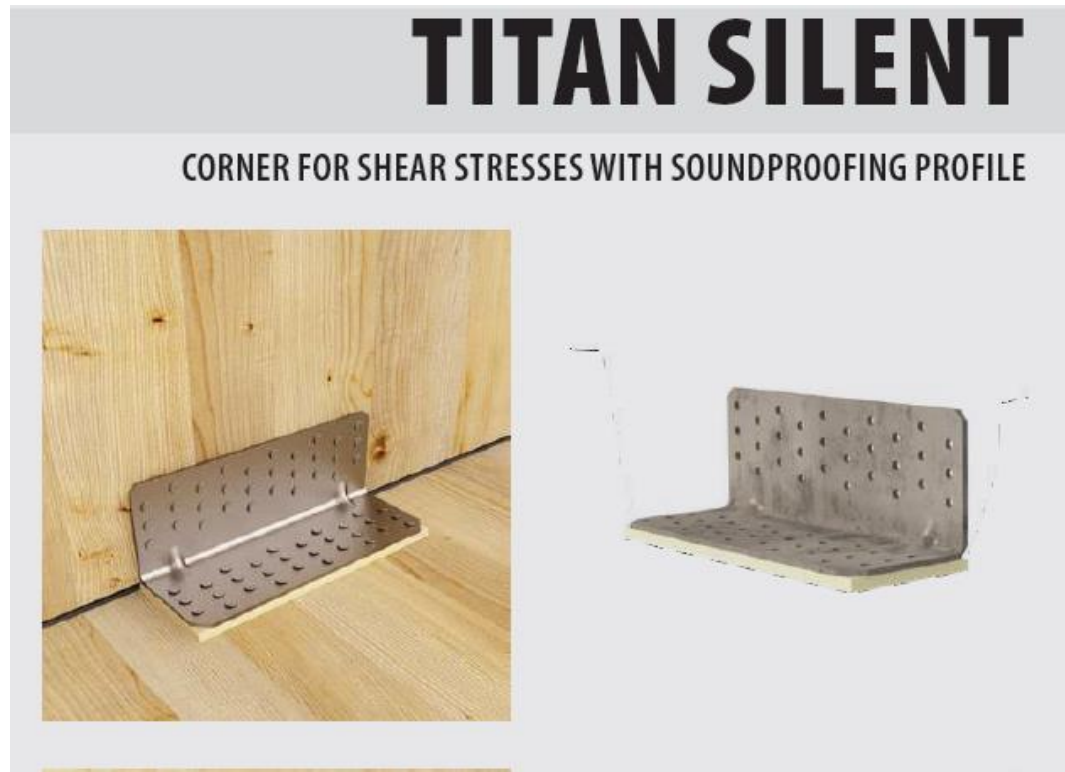
Nisu poštivane udaljenosti od rubova

Otvaranje kutnog spoja



## Tipologija drvenih zgrada

- **Kontaktni spoj zid – strop** Spojeve treba izvesti tako da omoguće prijenos horizontalnih utjecaja (npr. djelovanje vjetera na zidne elemente) u ravninu stropa.

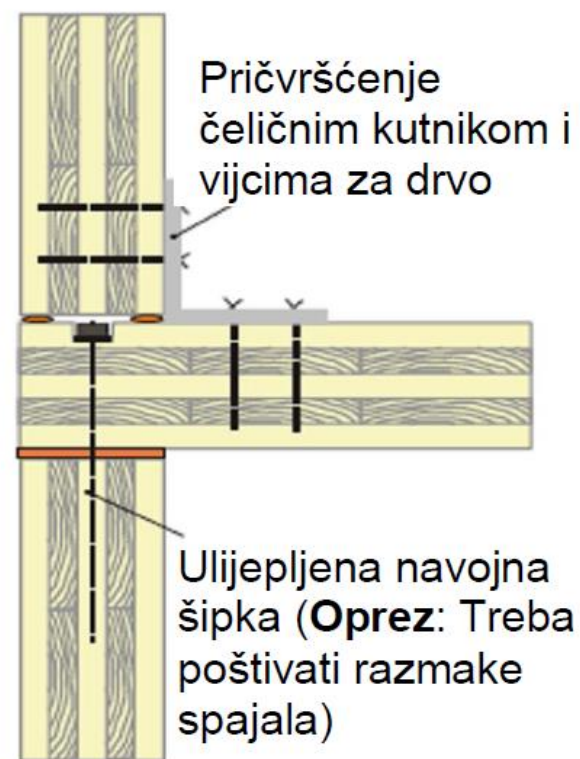
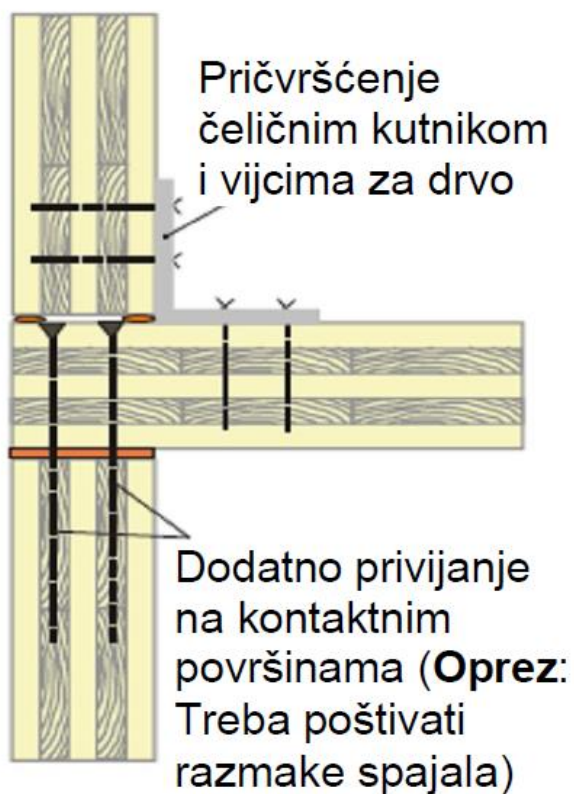
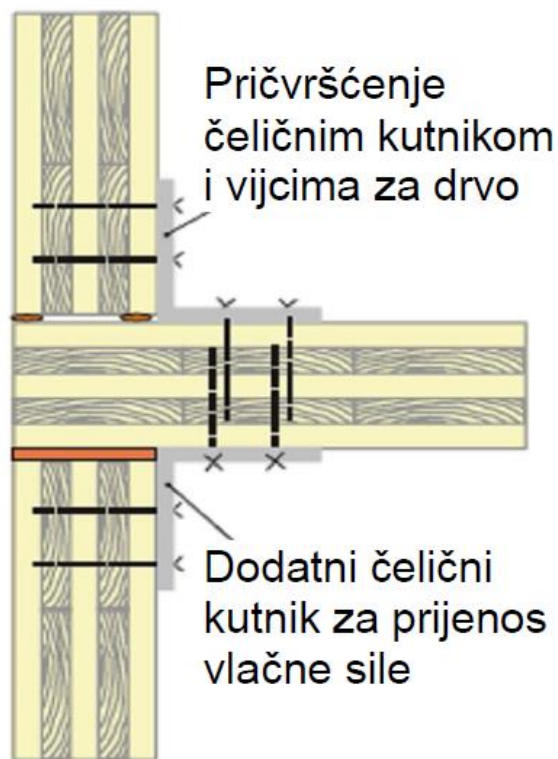






## Tipologija drvenih zgrada

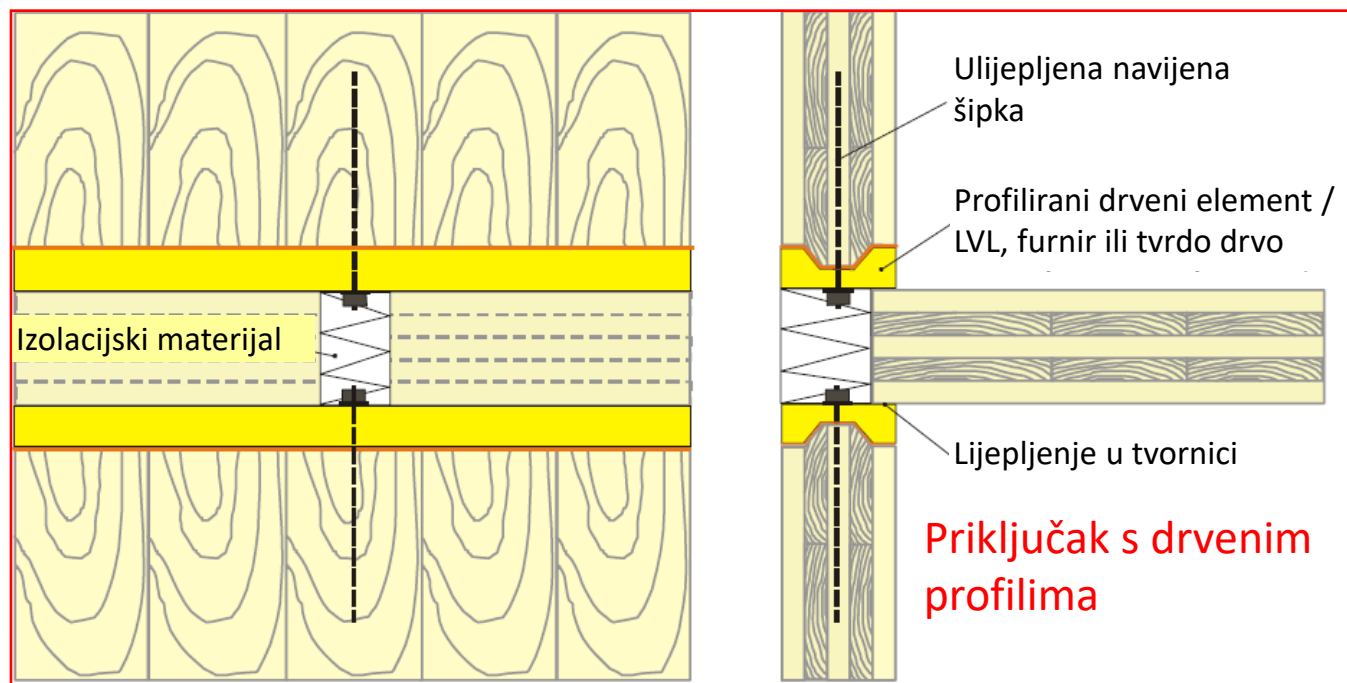
- MASIVNI SUSTAVI S KRIŽNO USLOJENIM DAŠČANIM PLOČAMA
- Kontaktni spoj zid – strop – zid
  - Primjer pravilne izvedbe spoja s čeličnim kutnicima





## Tipologija drvenih zgrada

- **Kontaktni spoj zid – strop – zid**
- Spoj zid-strop-zid s drvenim profilima koji se u tvornici pričvršćuju na stropni element.
- Materijal za drvene profile – lamelirana furnirska građa (LVL) ili križno uslojene furnirske ploče, hrast ili bagrem.
- Posebni utori – za privijanje tvornički ulijepljenih navojnih šipki.

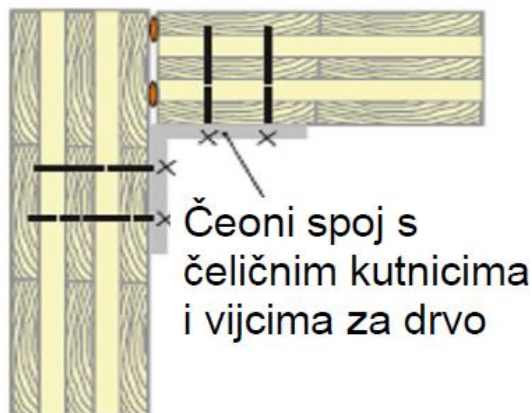




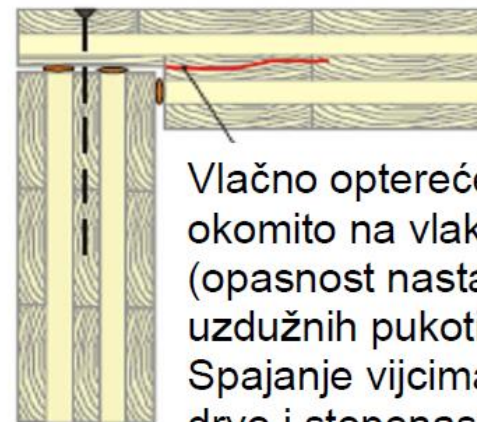
## Tipologija drvenih zgrada



Čeoni spoj vijcima  
za drvo (**oprez:**  
Treba poštivati  
razmake spajala!)



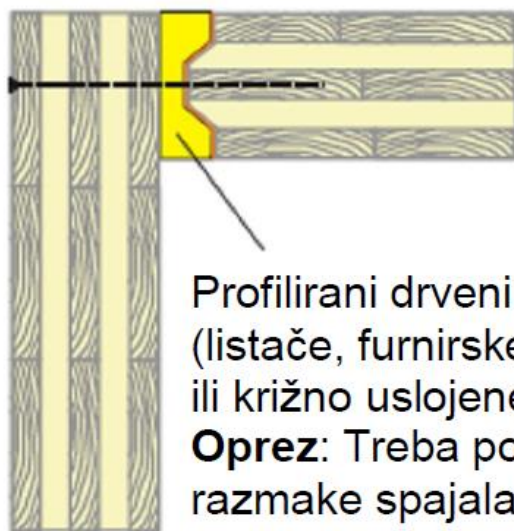
Čeoni spoj s  
čeličnim kutnicima  
i vijcima za drvo



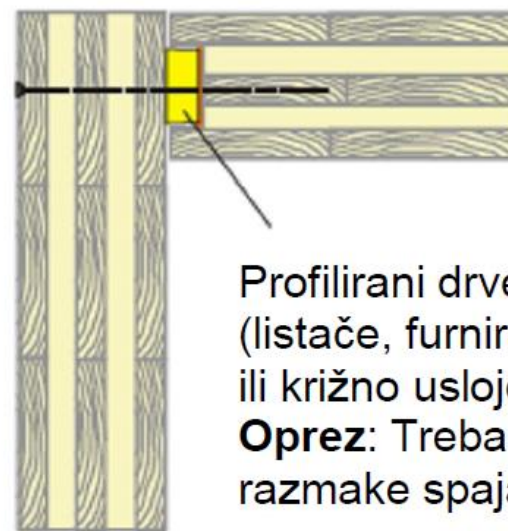
Vlačno opterećenje  
okomito na vlakanca  
(opasnost nastanka  
uzdužnih pukotina)  
Spajanje vijcima za  
drvo i stepenastim  
zasijecanjem (**oprez:**  
Treba poštivati  
razmake spajala!)

- Primjena vijaka za drvo u čeonim spojevima

- Primjena vijaka za drvo i utorenih drvenih elemenata



Profilirani drveni element  
(listače, furnirske ploče: LVL  
ili križno uslojene)  
**Oprez:** Treba poštivati  
razmake spajala!

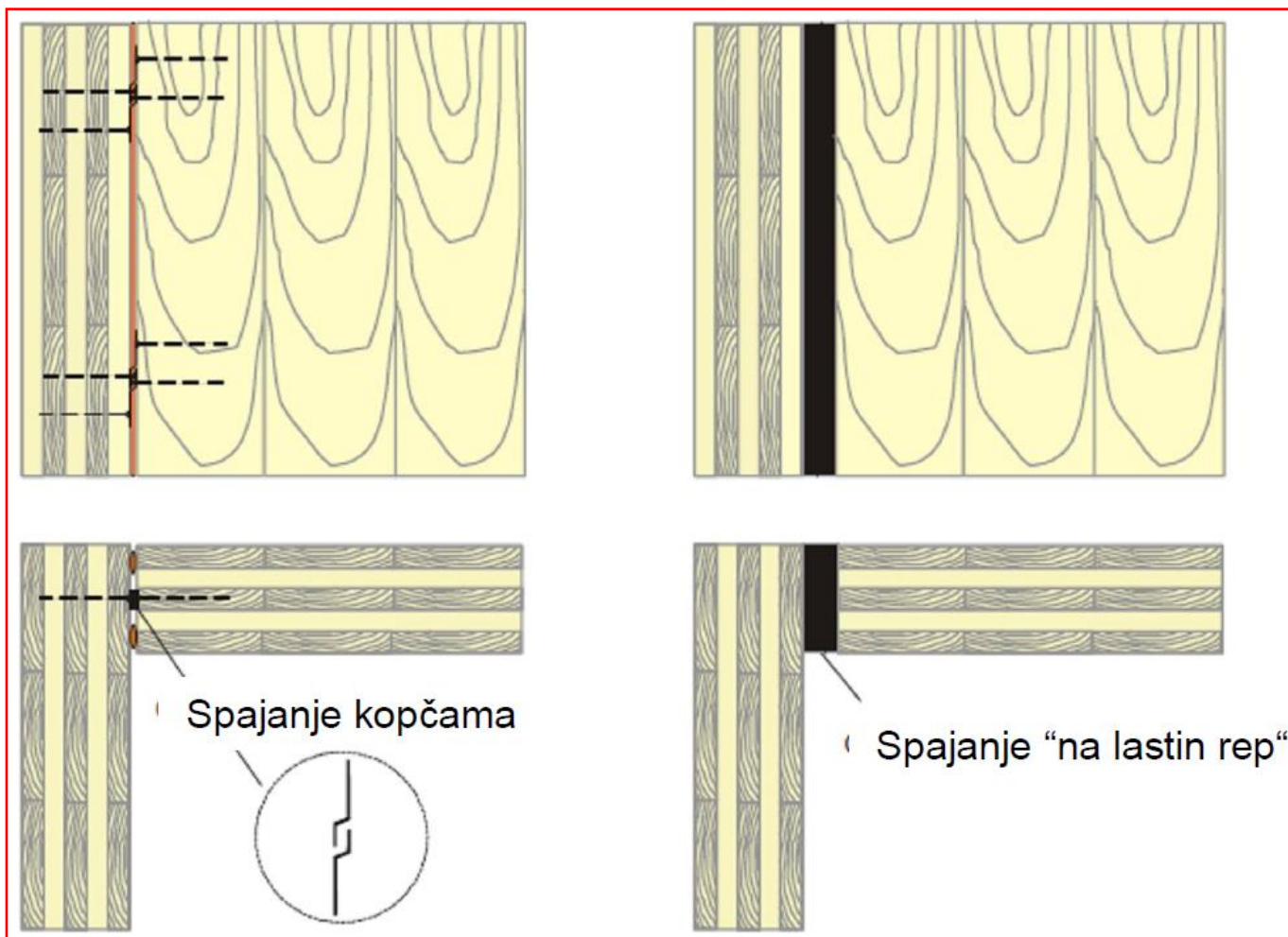


Profilirani drveni element  
(listače, furnirske ploče: LVL  
ili križno uslojene)  
**Oprez:** Treba poštivati  
razmake spajala!



## Tipologija drvenih zgrada

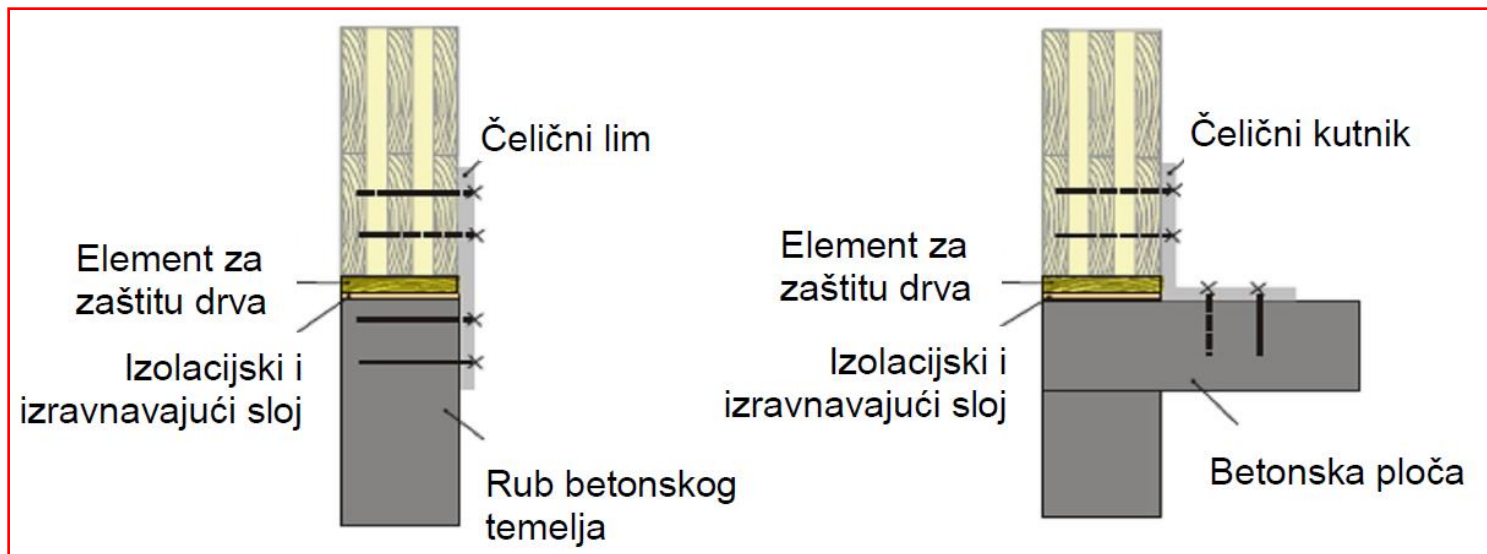
- Kontaktni spoj zid – zid (čeonni spojevi)
  - Primjena kukastih elemenata (kopče) i spajanja na “lastin rep”







- **Kontaktni spoj zid – temelj**
- Čelične ploče i kutnici za učvršćenje i/ili prihvaćanje vlačnih sila
- Čelične ploče i kutnici u kombinaciji s drvenim zaštitnim elementima

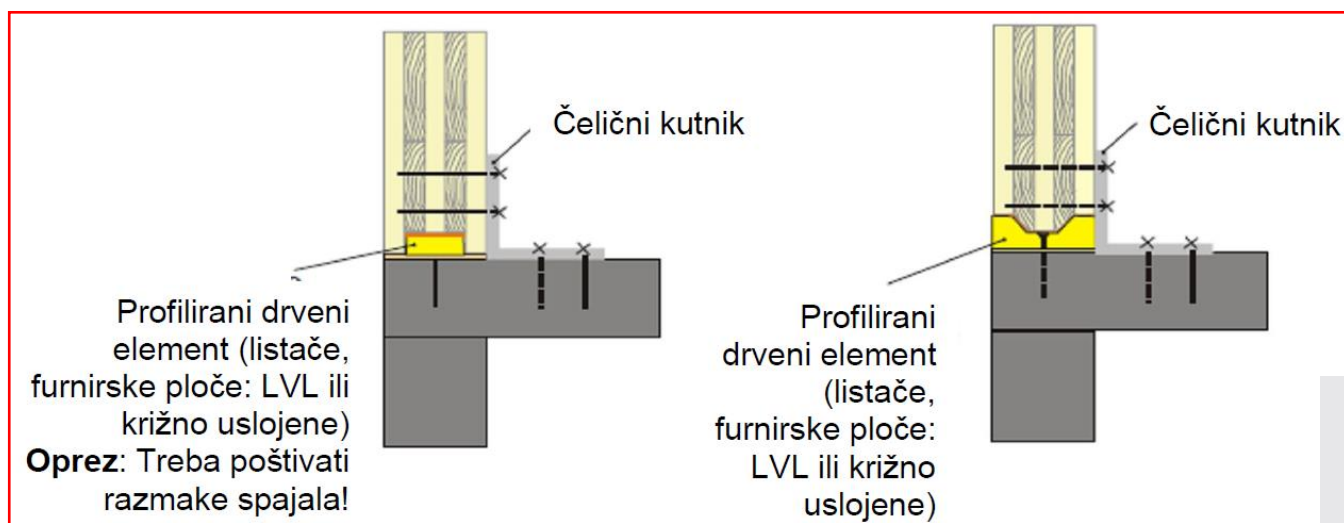






## Tipologija drvenih zgrada

- **Kontaktni spoj zid – temelj**
- Čelične ploče i kutnici u kombinaciji s drvenim utorenim elementima





## Tipologija drvenih zgrada

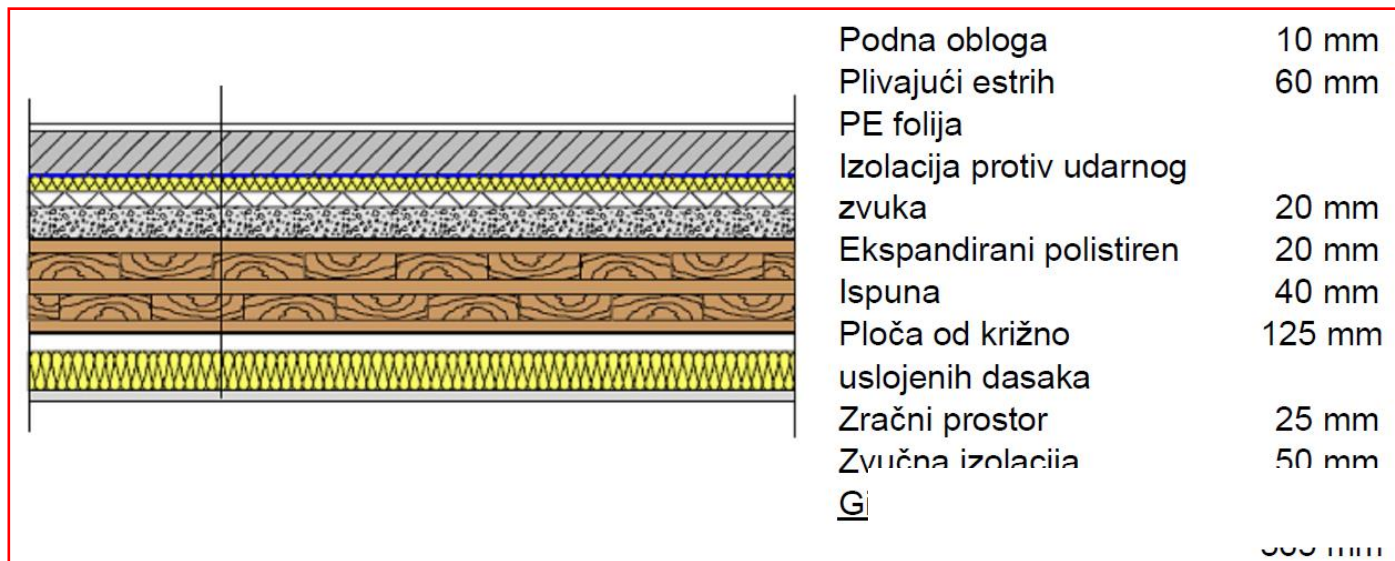
- **Konstrukcije stropova i zidova**
- Zahtjevi nosivosti i uporabljivosti
  - Nosivi dio konstrukcije stropnih i zidnih elemenata i priključci
- Zahtjevi za zvučnom izolacijom



- Za višekratne objekte su iznimno važni
- Plivajući pod i viseći strop

- Ispuna – nadoknađuje razlike u visini i prekriva električne instalacije

Primjer konstrukcije  
stropa s jako dobrom  
zvučnom izolacijom





## Tipologija drvenih zgrada

- **Konstrukcije stropova i zidova**

- Primjeri konstrukcija:

- vanjskih zidova
- međukatnih (stropnih) konstrukcija,
- konstrukcije nosivih unutrašnjih zidova,
- konstrukcije razdjelnih zidova

- Veze između elemenata

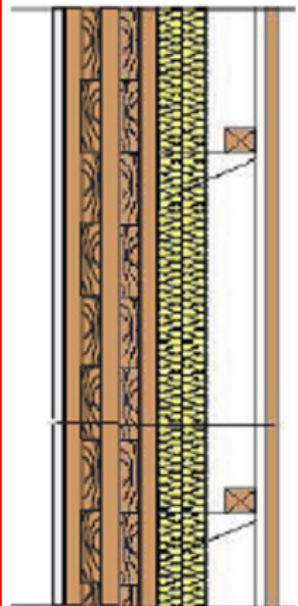
- Vanjska drvena obloga vanjskog zida može se odabrati prema želji, ali spojevi moraju biti zatvoreni kako bi se zadovoljili najmanji zahtjevi za zvučnu izolaciju.
- Svojstva zvučne izolacije u dva izolacijska sloja moraju biti usklađena.



## Tipologija drvenih zgrada

### ■ Konstrukcije stropova i zidova

- Konstrukcija vanjskog zida s jako dobrom toplinskom i zvučnom izolacijom



|                                     |              |
|-------------------------------------|--------------|
| Gips-kartonska ploča                | 15 mm        |
| Ploča od križno<br>uslojenih dasaka | 125 mm       |
| Toplinska izolacija                 | 40 mm        |
| Toplinska izolacija                 | 40 mm        |
| Zaštita od vjetra                   |              |
| Razmak za strujanje zraka           | 30 mm        |
| Letva                               | 50 mm        |
| Obloga                              | 20 mm        |
| <u>Fasadna obloga (pročelje)</u>    | <u>20 mm</u> |
|                                     | 340 mm       |



## Tipologija drvenih zgrada

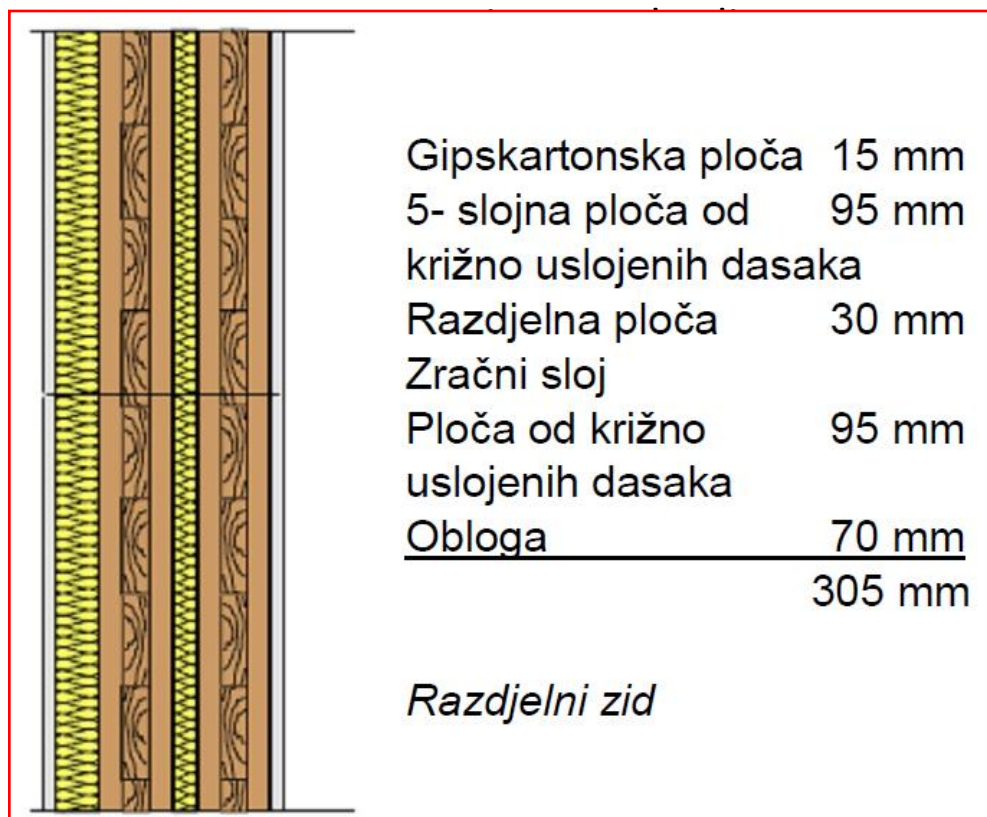
- **Konstrukcije stropova i zidova**

- **Razdjelni zid unutar kuće**

- Dvije ploče od križno uslojenih dasaka obložene gips- kartonskom pločom nisu dostatno zvučne

- Barem s jedne strane postaviti dodatni element.

- Primjer izvedbe razdjelnog zida s jako dobrom zvučnom izolacijom







## Tipologija drvenih zgrada

- **Konstrukcije stropova i zidova**
- **Unutarnji nosivi zid**
- Više opterećen – izvodi se deblji.
- Prosječni zahtjevi otpornosti na djelovanje požara
  - u pravilu zadovoljava jednostavna obloga od gips- kartonske ploče.
- **Primjer izvedbe unutrašnjeg zida jako dobre nosivosti**

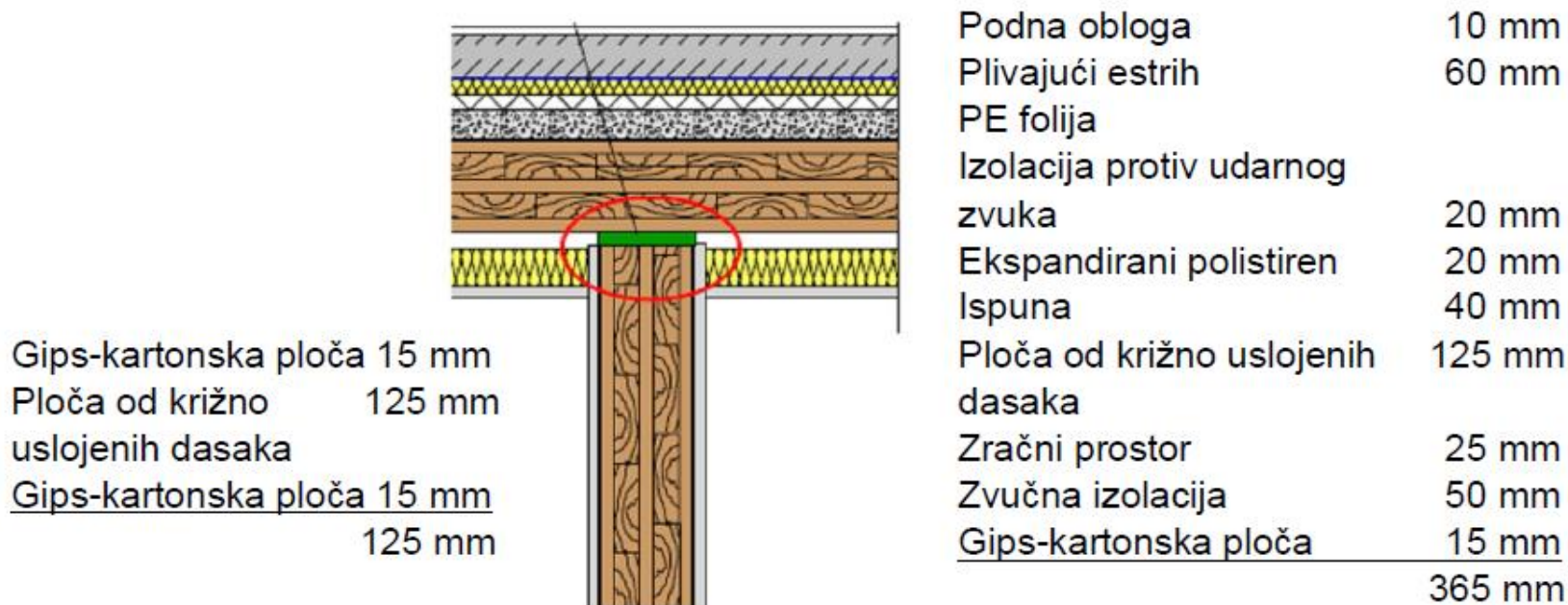




## Tipologija drvenih zgrada

- **Kontaktne spojevi kojima se sprečava širenje zvuka**
  - Primjer kontaktnog spoja unutrašnjeg nosivog zida i stropa

Ležaj za zaštitu od zvuka



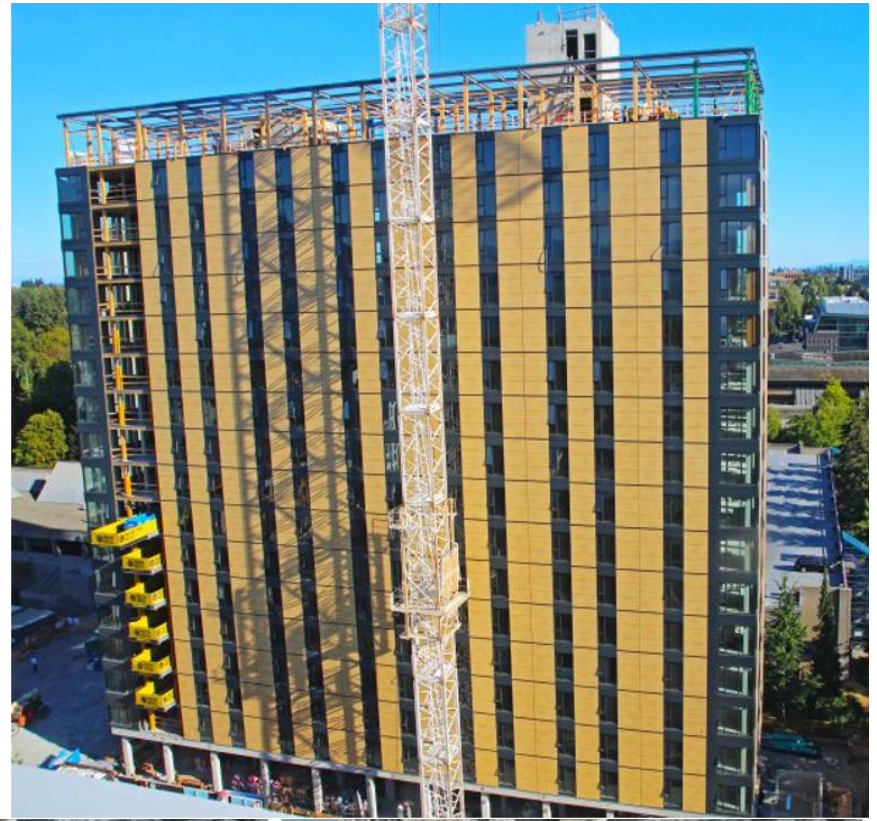
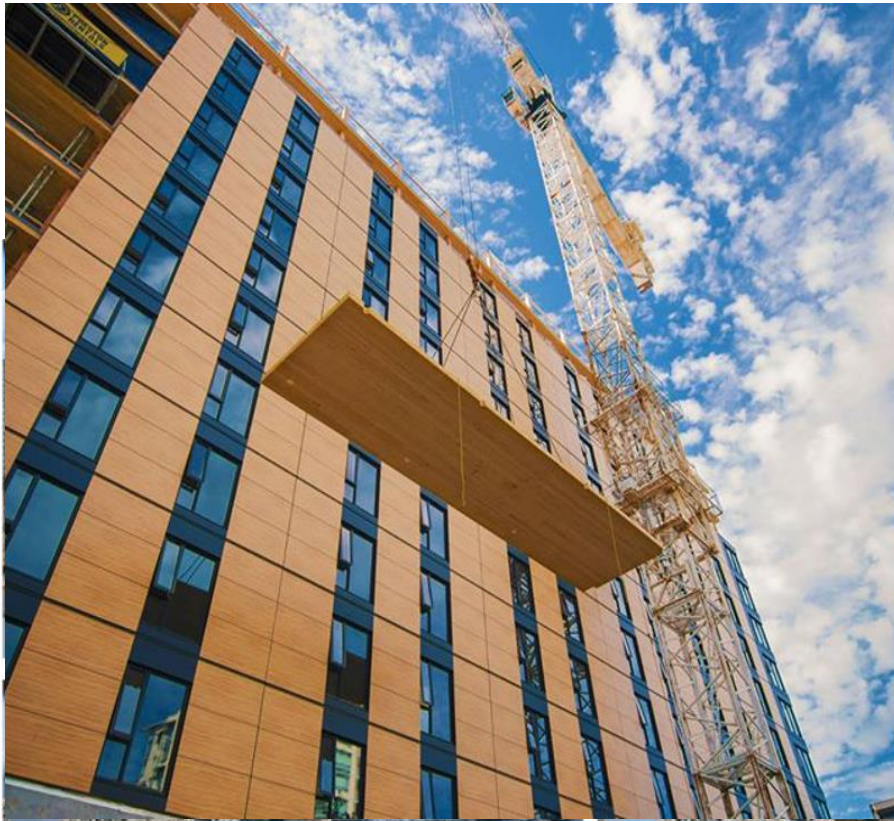


## Tipologija drvenih zgrada

- **Kontaktni spojevi kojima se sprečava širenje zvuka**
  - Primjer izvedbe potpore za zvučnu izolaciju stropa
  - Ležajevi za zaštitu od zvuka







hybrid structure and encapsulation

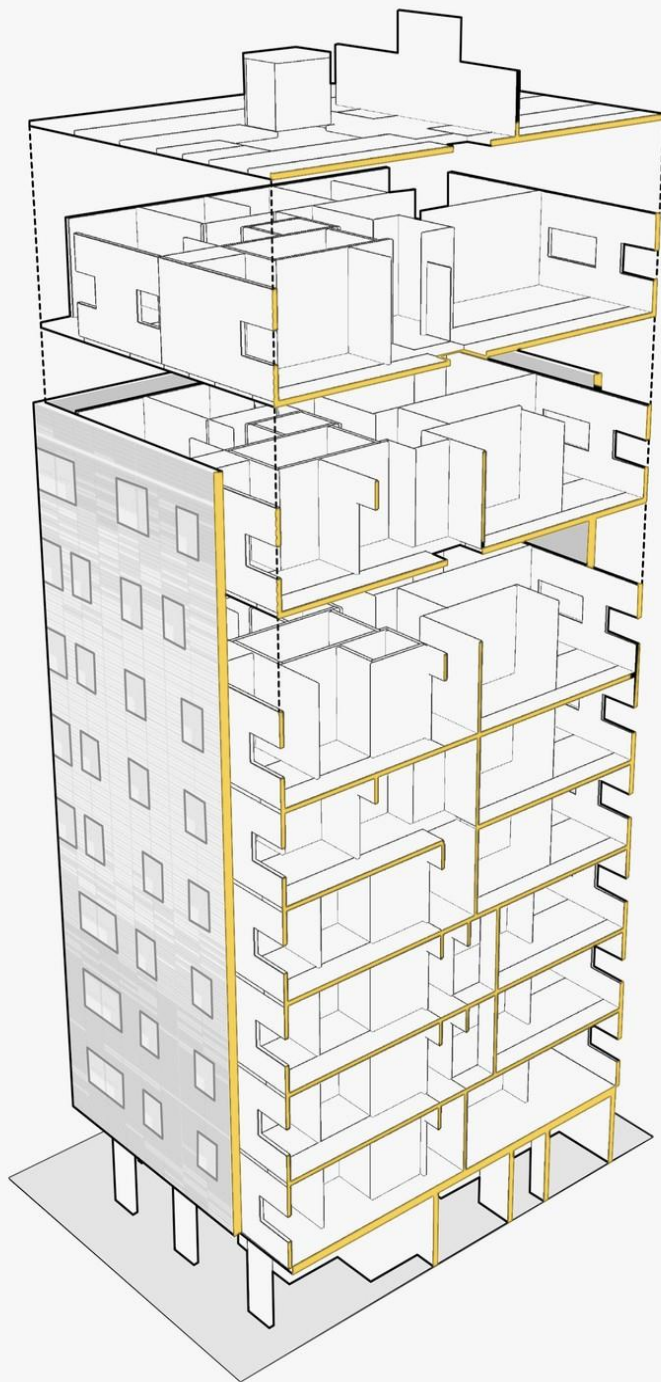
# Brock Commons, Vancouver, Canada



## Murray Groove, London – 9 katova











PHOTOGRAPH BY WILL PRICE.

#### THE BUILDING BLOCKS

The panels, made of three or five layers, are up to 6 inches thick and 30 feet long. But thicker and bigger panels can be made.

Cross section of a cross-laminated timber panel

LAYERS OF WOOD BOARDS GLUED TOGETHER



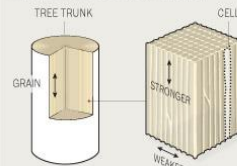
STRUCTURALLY SOUND CORE

#### IN CASE OF FIRE

When massive solid-wood panels burn, their surface becomes charred. Charring can slow the fire and protect the inner core from heating, keeping it structurally sound. Panels with more layers of wood last longer in a fire. Typically walls and ceilings are covered with plasterboard to further reduce risk of the fire.

#### STRUCTURE OF WOOD

Long tubular cells of the tree trunk make wood strongest and most stable in the direction of the grain, and weaker and more prone to expansion and shrinkage due to moisture in the cross-grain direction.

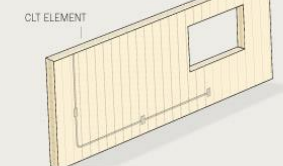


#### MAKING THE PANELS

Layers of spruce boards are glued together. To provide maximum strength and stability, each layer's grain is laid perpendicular to the previous one's.

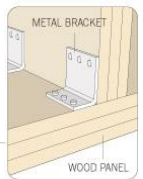


Computer-controlled machinery in the factory trims the panels to exact dimensions, and cuts openings for windows and other installations.

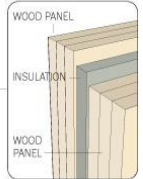


WOOD PANELS

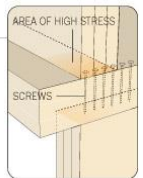
#### A CLOSER LOOK



INSTALLING ELEMENTS  
Floors and walls can be lifted in place with a mobile crane. Metal brackets and screws are used to join panels together.



ELEVATOR SHAFT  
For fire safety and soundproofing, the elevator shafts and stairwells have double walls with an insulating layer between.



ADDING STRENGTH  
In areas of high stress where walls press into the floor, additional screws or nails can be driven into the floor to distribute the surface load deeper into the panel.

THERMAL INSULATION  
Insulation is installed on the exterior of the wood panels.

GROUND FLOOR  
Concrete structure transfers the loads to the foundation.



