



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za arhitekturo



EKO SKLAD
SLOVENSKI OKOLJSKI
JAVNI SKLAD



KULTURA
TRAJNOSTNE
LESENE
GRADNJE
V ALPSKI
REGIJI

SKORAJ NIČ-ENERGIJSKE JAVNE STAVBE V SLOVENIJI: stanje, reference, vizija, problematika

PREDNOSTI LESENE MASIVNE KONSTRUKCIJE PRI GRADNJI
JAVNIH OBJEKTOV ZA DOSEGANJE ZRAKOTESNOSTI IN SKORAJ
NIČ ENERGIJSKEGA STANDARDA

dr. Bruno Dujic

CBD d.o.o. - Contemporary Building Design

bruno.dujic@cbd.si



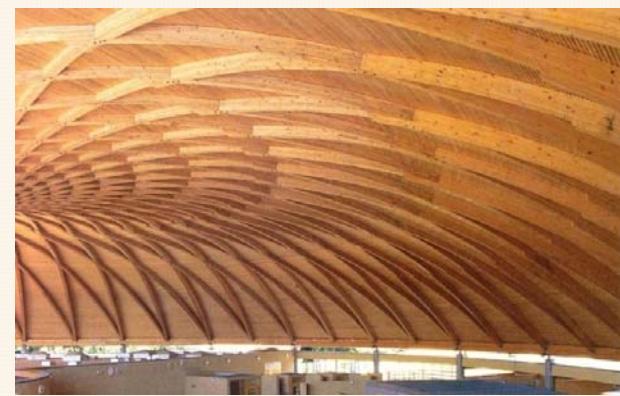
This project is co-financed
by the European Union



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO

Uvod

- Zaradi prepoznavne vloge lesa kot edinega naravnega materiala, iz katerega lahko ustvarimo tudi najzahtevnejše in najprijetnejše bivalno okolje, se v zadnjem desetletju realizirajo vizionarske ideje o gradnji z lesom.
- Sodobna arhitektura posega po lesu kot konstrukcijskem materialu tudi v najzahtevnejših arhitekturnih in konstrukcijskih izvedbah, kjer lahko novi lesni kompoziti s sodobnimi tehnologijami izdelave in obdelave celo presegajo zmožnosti klasične gradnje.



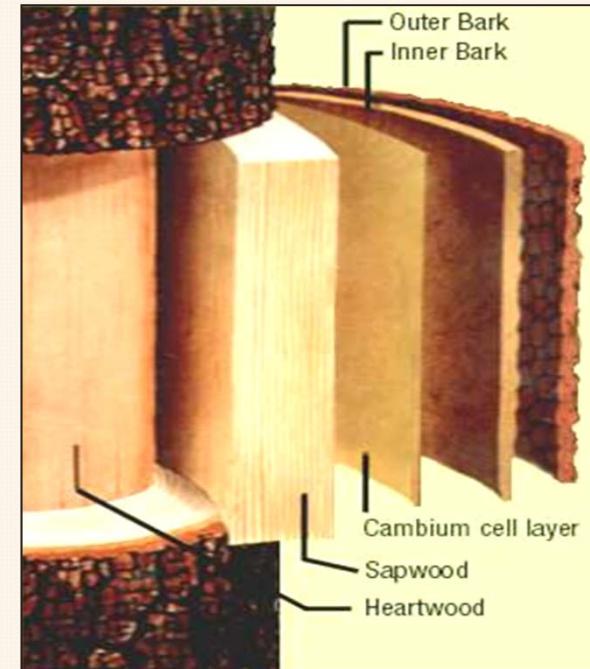
Uvod

- Les kot gradbeni material doživlja izjemno renesanco. Eden izmed takšnih inovativnih sistemov gradnje z lesom so konstrukcije iz križno lepljenih lesenih panelov, ki so v zadnjem desetletju povzročile preporod tako v ekološkem smislu kakor tudi v gradbeniškem, arhitekturnem in nenazadnje tudi ekonomskem smislu.
- Tako se gradnja z lesom je vse bolj uveljavlja v sodobnem trajnostnem gradbeništvu.
- Lesene konstrukcije ne predstavljajo več zgolj strešnega sistema ali klasičnih montažnih objektov.

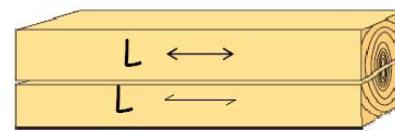
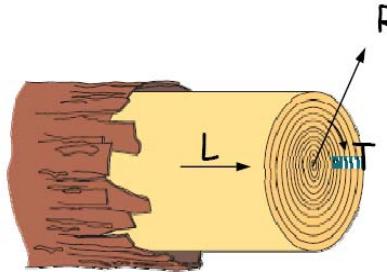


Lastnosti lesa

- kompleksna notranja struktura
- naravno spremenljiva gostota strukture oziroma raščenosti lesa; velike razlike v specifični masi
- porozen in nehomogen material
- nestabilnost geometrije lesenega elementa oziroma strukture prečno na vlakna zaradi delovanja kot posledica krčenja lesa
- mehanske lastnosti lesa močno odvisne od vsebnosti vlage, velikosti vzorca, temperature in trajanja obtežbe



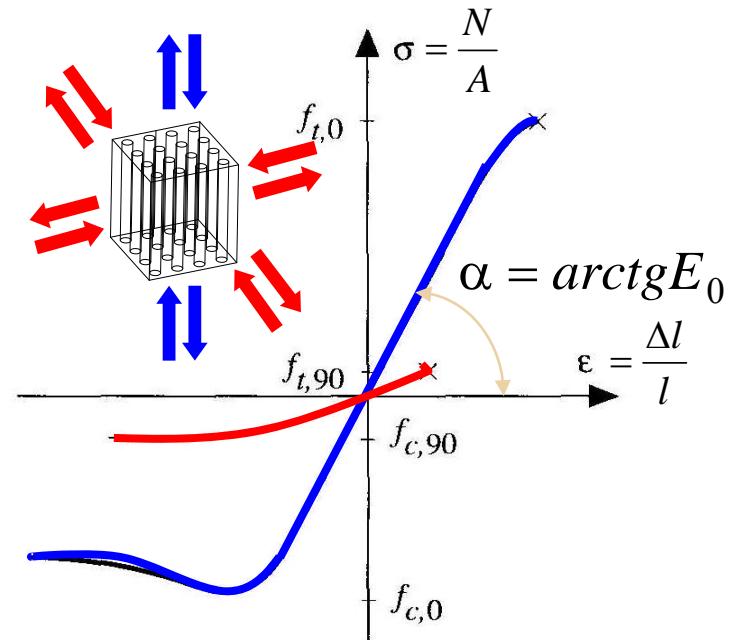
Anizotropija lesa



L = Longitudinal direction, grain direction \longrightarrow

R = Radial direction

T = Tangential direction $\} =$ cross-grain direction, \perp



Lastnosti in uporaba lesa

- glavne lastnosti lesa (naravno obnovljiva surovina, skladiščenje CO₂, sonaravnost bivanja, ekološka gradnja, trajnostni razvoj, anisotropija, krčenje, nabrekanje, vlažnost, gostota, mehanske lastnosti – visoka specifična nosilnost v smeri vlaken, ...)
- uporaba lesa: rezan les, enosmerno lepljeni nosilci, križno lepljene plošče plošče/nosilci, LVL, vezane plošče, OSB plošče idt.
- izvedba lesenih konstrukcij: stanovanjski objekti (hiše in večnadstropne stavbe), poslovni in industrijskih objekti, inženirski objekti, sakralni objekti
- vrste konstrukcijskih sistemov: masivne, okvirne in skeletne konstrukcije, ločne konstrukcije, palični sistemi



Lastnosti, ki vplivajo na izbiro konstrukcijskega materiala

- poznavanje materiala
- prisotnost materiala v družbi
- cena in dostopnost
- arhitekturne možnosti
- trajnost
- ekološka ozaveščenost
- varovanje okolja
- fizikalne in mehanske lastnosti materiala
- možnost natančnih računskih analiz
- tehnologija in hitrost gradnje
- zanesljivost in varnost konstrukcije



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



Prednosti in “slabosti” lesa

prednosti:

- naraven in trajnosten material
- visoka estetska vrednost
- prijeten na dotik in za bivanje
- sposobnost uravnavanja zračne vlage
- izolativen material (ni topotnih mostov v konstrukciji)
- visoko razmerje med nosilnostjo in prostorninsko maso

“slabosti”:

- cena napram drugim gradbenim materialom
- anizotropija in s tem vpliv na mehanske lastnosti
- vlažnost in z njo povezane deformacije
- trajnost, če ni pravilno zaščiten pred navlaževanjem

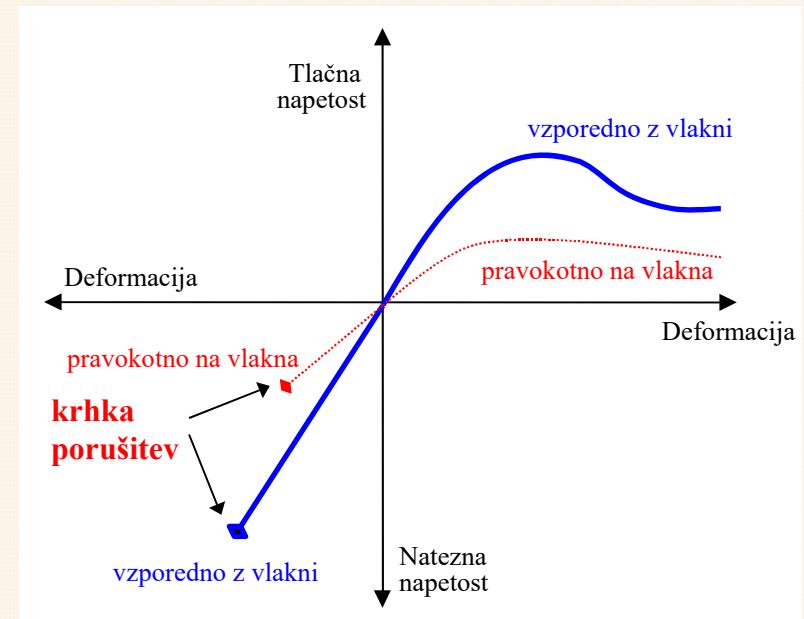
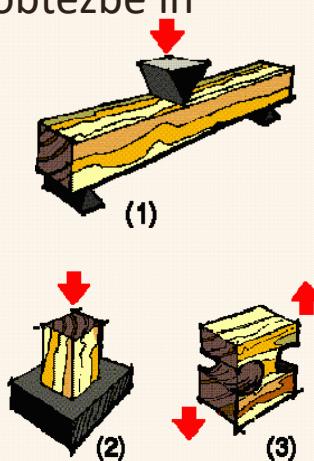


REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



Mehanske lastnosti lesa in načini porušitve

- se zelo razlikujejo glede smeri obtežbe in usmerjenosti vlaken lesa
- krhki načini porušitve
- nateg vzdolžno z vlakni
- nateg pravokotno na vlakna
- strig
- upogibne porušitve
- duktilni načini porušitve
- tlak pravokotno na vlakna
- tlak vzporedno z vlakni
- anizotropični material – trdnosti in togosti se zelo razlikujejo glede na orientiranostjo vlaken



Primerjava lastnosti z drugimi gradbenimi materiali

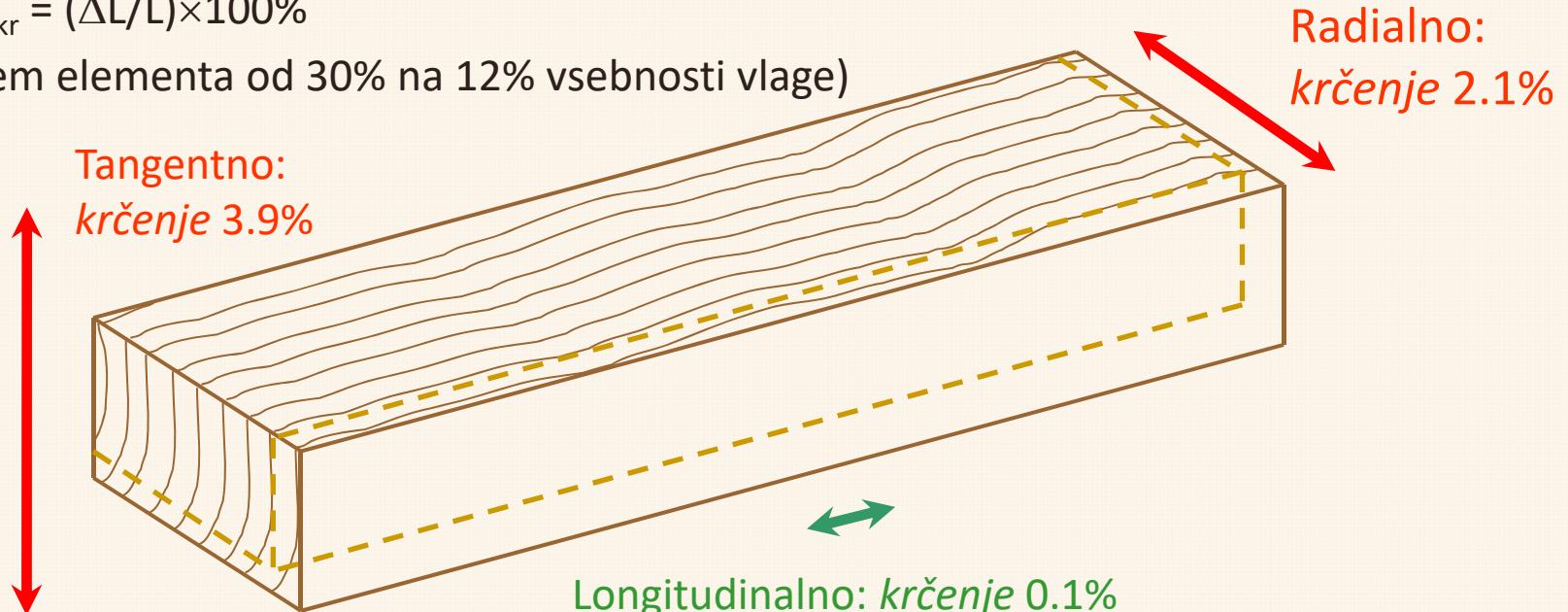
LASTNOSTI	LES	JEKLO	BETON
dopustne napetosti (tlak) $\sigma_{c, \text{dop}}$ [MPa]	10	160	10
prostorninska masa ρ_m [kg/m ³]	500	7850	2400
razmerje $\rho_m / \sigma_{c,\text{dop}}$	50	50	240
elastični modul [GPa]	10	210	30
natezna trdnost	JA	JA	NE
duktilnost	NE	JA	NE
obnašanje odvisno od časa	JA	NE	JA
higroskopsko obnašanje	JA	NE	NE
isotropija	NE	JA	JA
homogenost	NE	JA	JA
vnetljivost, gorljivost	JA	NE	NE



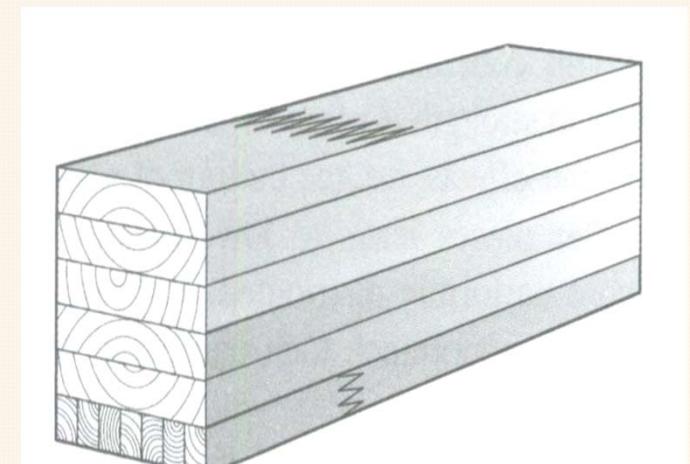
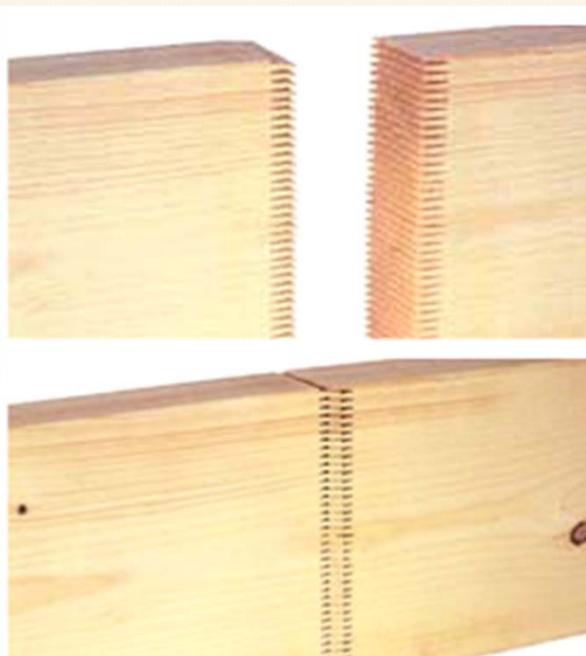
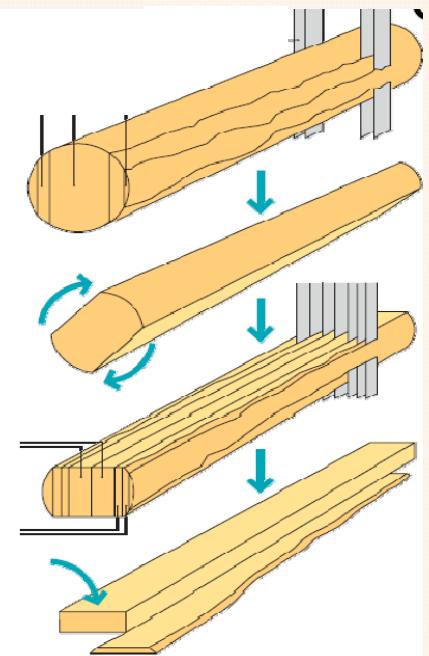
Vpliv lastnosti lesa na način povezovanja elementov

Krčenje $\varepsilon_{kr} = (\Delta L/L) \times 100\%$

(s sušenjem elementa od 30% na 12% vsebnosti vlage)

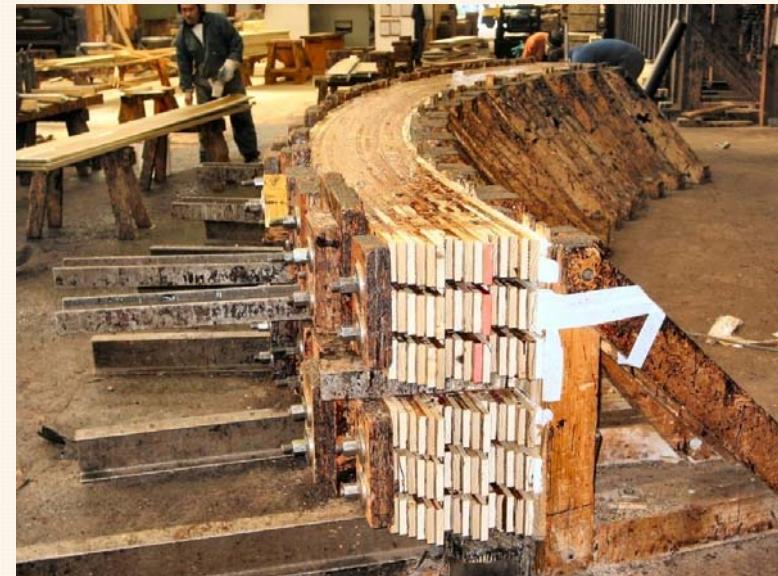


Uporaba lesa - rezan les, masivni elementi, KVH, GL ...



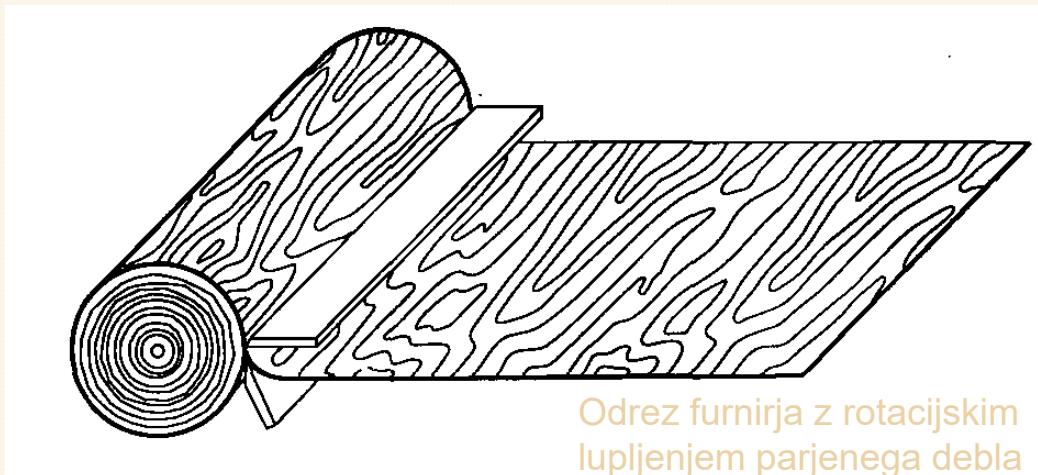
Izdelava enosmerno lepljenih nosilcev

vpenjalne glave in stiskalni bati za ravne in ukrivljene lepljene nosilce



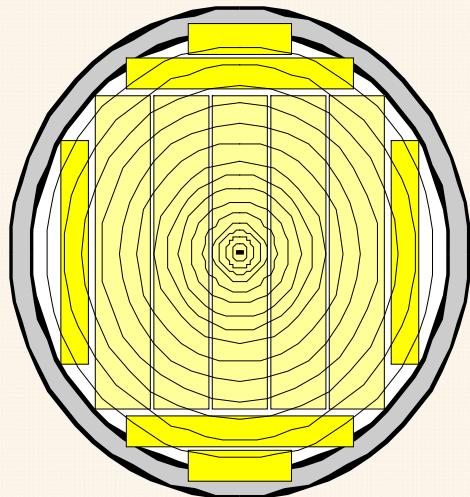
Uporaba lesa – LVL (Laminated Veneer Lumber) nosilci

LVL je izdelan iz plasti furnirja debeline od 2 do 4 mm, ki so v pokončnih plasteh lepljene v enovit prerez

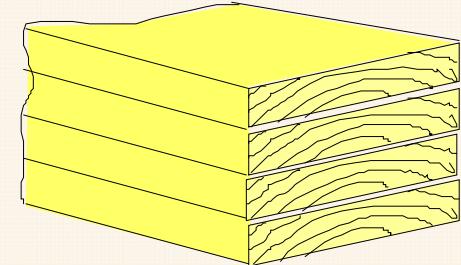


Izvedba križno lepljenih lesenih masivnih plošč XLam

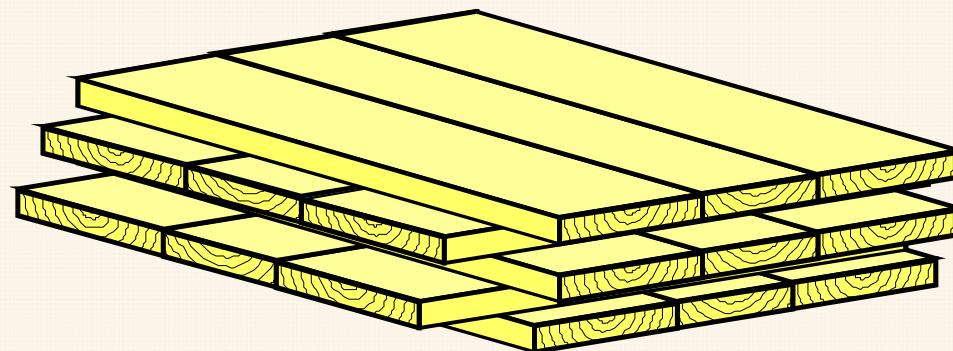
Uravnavanje mehanskih lastnosti z usmerjenim lepljenjem lamel



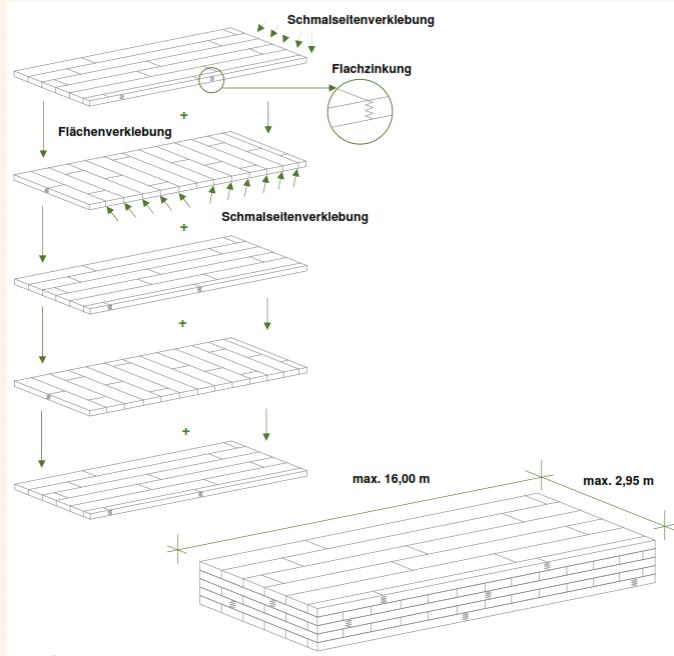
enosmerno lepljenje



navzkrižno lepljenje

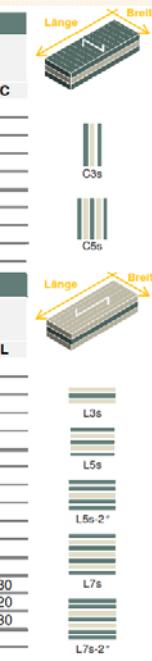


Izvedba križno lepljenih lesenih masivnih plošč XLam



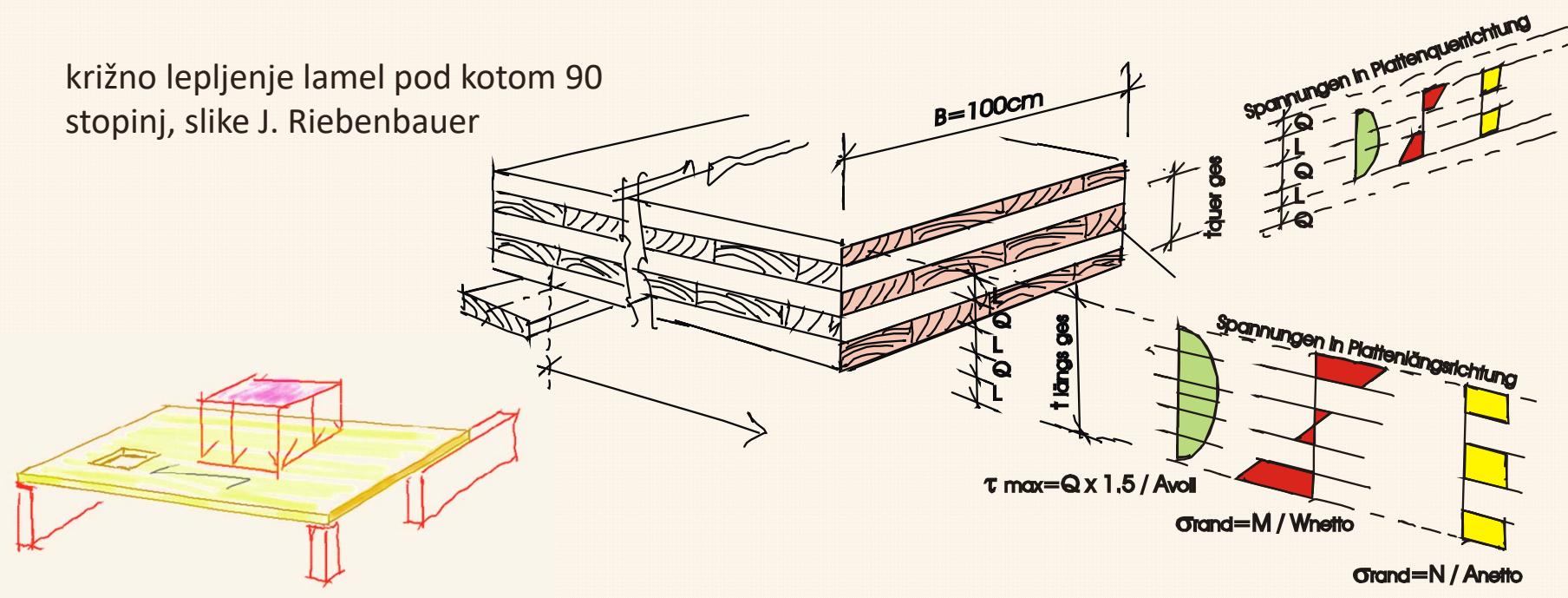
C-Platten			Lamellenaufbau [mm]					
Nennstärke [mm]	Bezeichnung [-]	Schichten [-]	C	L	C	L	C	L
60	C3s	3	20	20	20			
80	C3s	3	30	20	30			
90	C3s	3	30	30	30			
100	C3s	3	30	40	30			
120	C3s	3	40	40	40			
100	C5s	5	20	20	20	20	20	
120	C5s	5	30	20	20	20	30	
140	C5s	5	40	20	20	20	40	
160	C5s	5	40	20	40	20	40	

L-Platten			Lamellenaufbau [mm]					
Nennstärke [mm]	Bezeichnung [-]	Schichten [-]	L	C	L	C	L	
60	L3s	3	20	20	20			
80	L3s	3	30	20	30			
90	L3s	3	30	30	30			
100	L3s	3	30	40	30			
120	L3s	3	40	40	40			
100	L5s	5	20	20	20	20	20	
120	L5s	5	30	20	20	20	30	
140	L5s	5	40	20	20	20	40	
160	L5s	5	40	20	40	20	40	
180	L5s	5	40	30	40	30	40	
200	L5s	5	40	40	40	40	40	
160	L5s-2-	5	60	40	60			
180	L7s	7	30	20	30	20	30	20
200	L7s	7	20	40	20	40	20	20
240	L7s	7	30	40	30	40	30	40
220	L7s-2-	7	60	30	40	30	60	
240	L7s-2-	7	80	20	40	20	80	



Prenos obtežbe v dveh smereh medetažne plošče

križno lepljenje lamel pod kotom 90 stopinj, slike J. Riebenbauer



Novi konstrukcijski elementi na osnovi tehnologije križnega lepljenja lesa – križno lepljena rebrasta plošča



INTECHLES  CBD
ContemporaryBuildingDesign

EU patent in EU projekt

nadaljnji razvoj hibridnih konstrukcijskih elementov



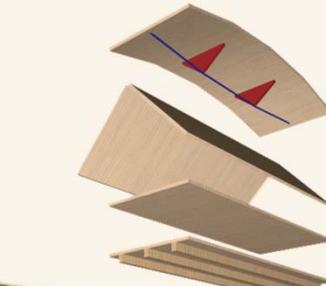
 **TRIPLE WOOD**
SUSTAINABLE WOOD BUILDING CULTURE IN THE ALPINE REGION



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



Raznolikost lesenih konstrukcijskih elementov



TRIPLE WOOD

SUSTAINABLE WOOD BUILDING CULTURE IN THE ALPINE REGION



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



Raznolikost lesenih konstrukcijskih sistemov

Traditional log system



Platform or
2by4 system



Moment-resisting
frame system



Massive –
Xlam sistem



Svetovni trend gradnje lesenih konstrukcij

2007
7 storey



2006
3 storey



2009
8 storey



2013
9 storey



TREND

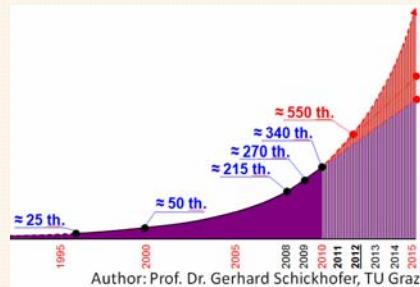
...



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



Xlam sistem - svetovni trend



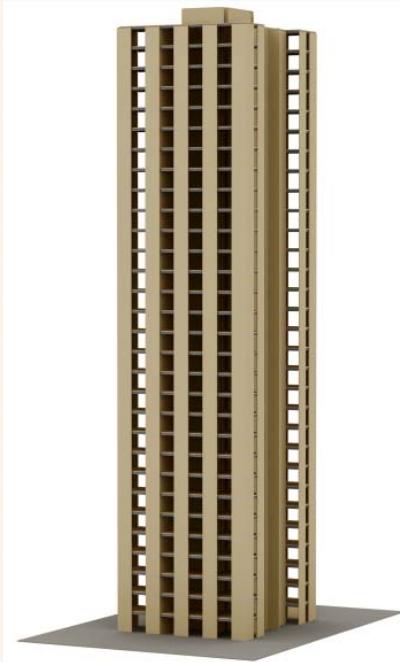
12 storey



20 storey



30 storey



40 storey

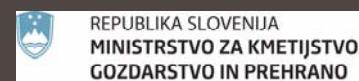


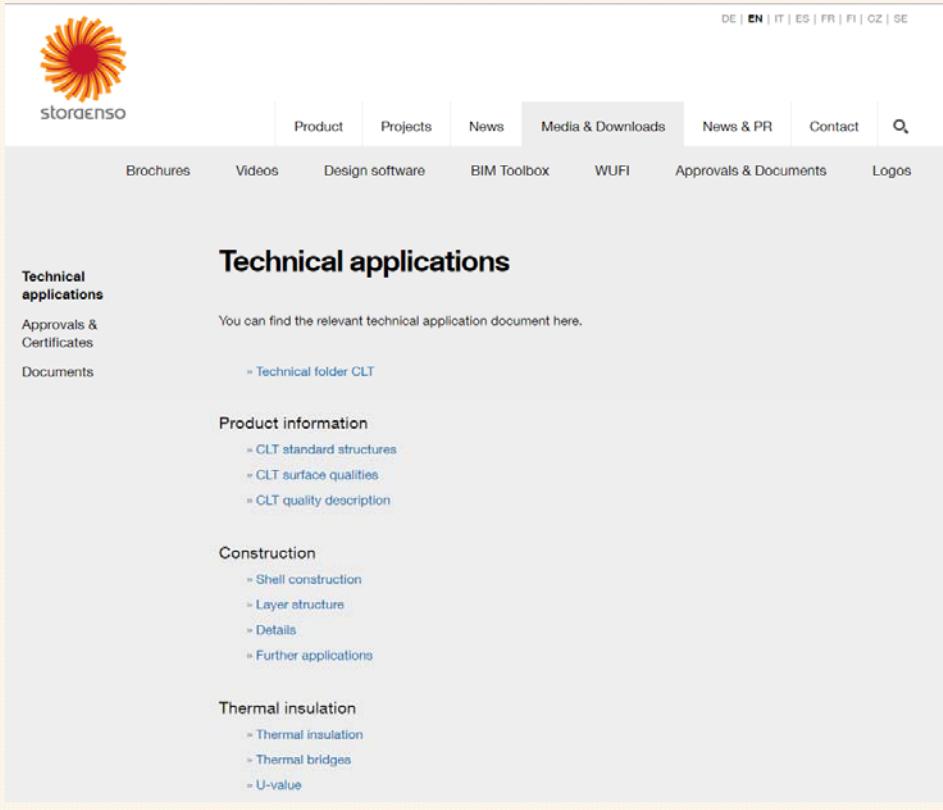
REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO





Trenutno najvišja lesena stavba je »Brock Commons Campus« v Vancouver, Kanada
Višina: 53 m (18. nadstropij)





The screenshot shows the Stora Enso website's 'Technical applications' page. At the top, there is a navigation bar with links for DE | EN | IT | ES | FR | FI | CZ | SE, Product, Projects, News, Media & Downloads (which is highlighted), News & PR, Contact, and a search icon. Below the navigation, there are links for Brochures, Videos, Design software, BIM Toolbox, WUFI, Approvals & Documents, and Logos.

Technical applications

Approvals & Certificates
Documents

You can find the relevant technical application document here.

- » Technical folder CLT

Product information

- » CLT standard structures
- » CLT surface qualities
- » CLT quality description

Construction

- » Shell construction
- » Layer structure
- » Details
- » Further applications

Thermal insulation

- » Thermal insulation
- » Thermal bridges
- » U-value

Airtightness

- » Airtightness
- » CLT Airpermeability - Graz Technical University test report

Moisture

- » Moisture

Soundproofing

- » Soundproofing for CLT by Stora Enso
- » Soundproofing of CLT internal wall structures
- » Software-based prediction of the sound insulation performance of CLT walls
- » Prediction model for airborne sound insulation of CLT-Wall

Fire protection

- » Classification report wall REI 60
- » Classification report wall REI 90
- » Classification report wall REI 120
- » Classification report floor REI 60
- » Classification report floor REI 90
- » CLT Documentation on fire protection

Structural analysis

- » Wall - Internal walls
- » Wall - External walls
- » Floor - Single-Span Beam - Vibration
- » Floor - Single-Span Beam - Deformation
- » Floor - Two-Span Beam - Vibration
- » Floor - Two-Span Beam - Deformation
- » CLT Connections
- » CLT Pointsupport
- » CLT Lifting points
- » The seismic behaviour of buildings erected in solid timber construction
- » General finger joint for CLT



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



TU
Graz Technische Universität Graz
Erzherzog-Johann-Universität

Institut für Hochbau & Bauphysik
Inffeldgasse 24
A-8010 GRAZ

LABOR FÜR BAUPHYSIK
Notifizierte - Akkreditierte
Prüf- und Überwachungsstelle
Tel.: +43 (0) 316 873 1301
Fax: +43 (0) 316 873 1320
Mail: bauphysik@TUGraz.at
Web: bauphysik.TUGraz.at
UID: ATU 57477929

TEST REPORT NO. 812.156.024.100

APPLICANT: Stora Enso Wood Products GmbH Ybbs
Bahnhofstraße 31
3370 Ybbs, Austria

APPLICATION: Air permeability test on a test object in accordance with
ÖNORM EN 1026 and ÖNORM EN 12114.

TEST OBJECT: Laminated timber plates delivered by the applicant and
consisting of bonded board lamellas arranged at right angles
to one another, identified as "CLT 100 NV1 3s"; a vertical
stepped rebate, a vertical butt joint, installation grooves
visible on room side.
Design: see page 2, "Test object".

DATE: 10.06.2013

TEST REPORT CONTENT:

- 1 Application
- 2 Test object
- 3 Test
- 4 Test results
- 5 Test report validity

Enclosure 1 Diagram of test bench and attachment of test
object to test bench
Enclosure 2 Test certificate – EN 12207
Enclosure 3 Test certificate – EN 12114
Enclosure 4 Layout

**SCOPE OF
THE TEST REPORT:** 17 pages (A4 format) including enclosures

B12.156.024.100
As of 10.06.2013
Page 17 of 17

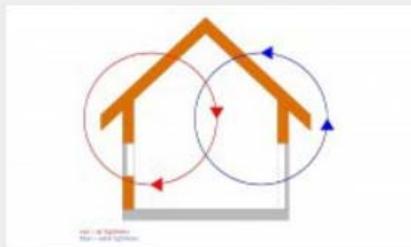
Enclosure 3: Layout (provided by applicant)



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



Zrakotesnost križno lepljenih (Xlam) 3s ali 5s elementov



SEPTEMBER 2013

Air tight already with 3-layers

Stora Enso CLT – Massive Wood Elements are convincing again on the issue of air tightness. This was confirmed by the Technical University of Graz with their recently done tests.

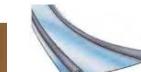
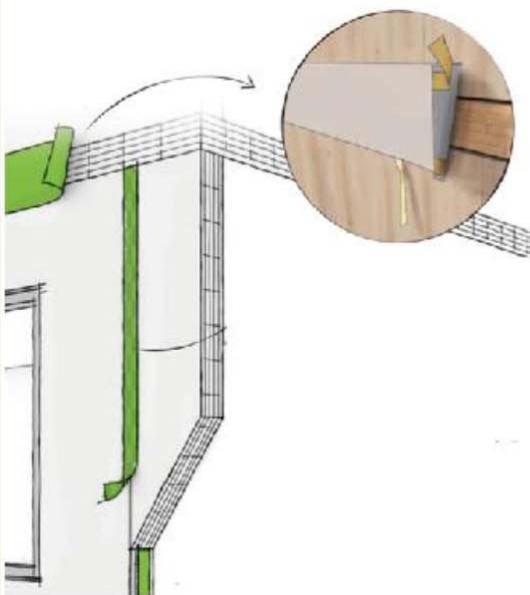
Air tightness tests in 2008 already showed impressive results of Stora Enso CLT – Massive Wood Elements: “The investigated joint configurations and the solid wood panel as a whole showed high air tightness. Due to the low permeability the volume of air passing through the two different types of joints and through the continuous CLT was too low to be measured”. In the recent study by the Technical University of Graz, it has been analysed what effects may be caused through wood drying cracks and deeper mechanical millings in CLT solid wood panels on the performance of air tightness. Again could be detected, that in a three-ply element in the test laboratory according to European standards, despite cracks and millings no air flow through the element can be measured!

These confirms the enormous advantage of Stora Enso CLT that it is not only air tight in 5-ply or more ply lay-ups, this property is already given in 3-layer elements! This is a massive advantage of Stora Enso CLT.

Related documents see [Media & Downloads](#)



Primeri tesnjenja lesene masivne konstrukcije



EPDM-Dichtung



Dichtband

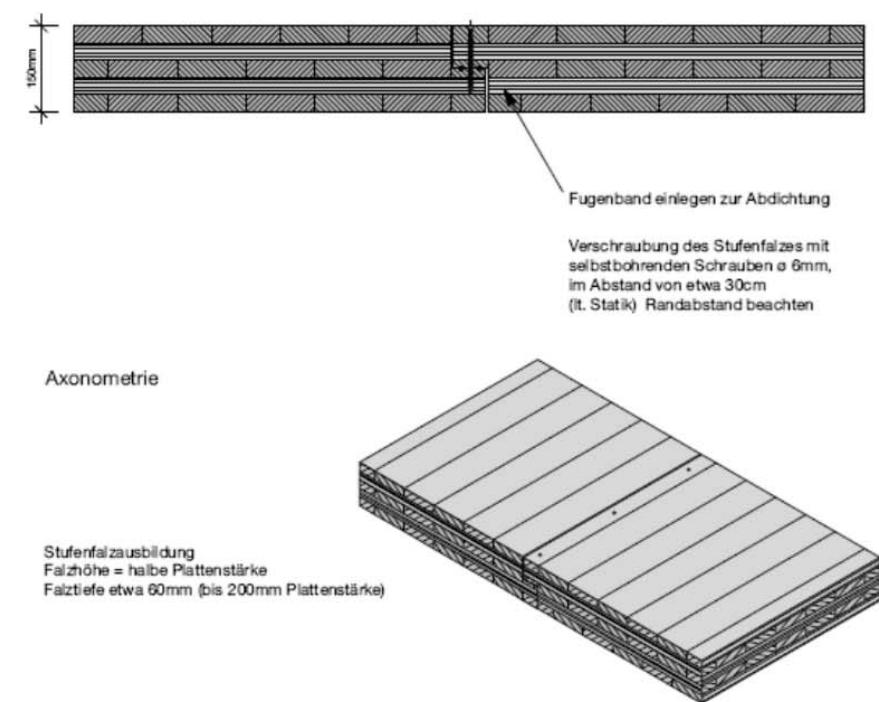


Kompriband



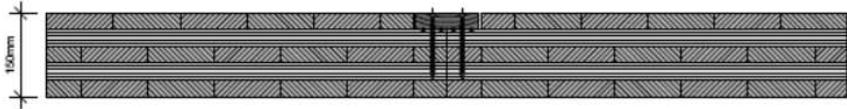
Klebeband





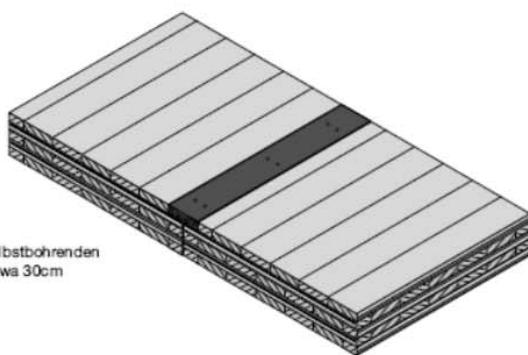
Stepped rebate connection:

Both the longitudinal and transverse seals of the stepped rebate are important (see illustration above).



Fugenband einlegen zur Abdichtung

Axonometrie



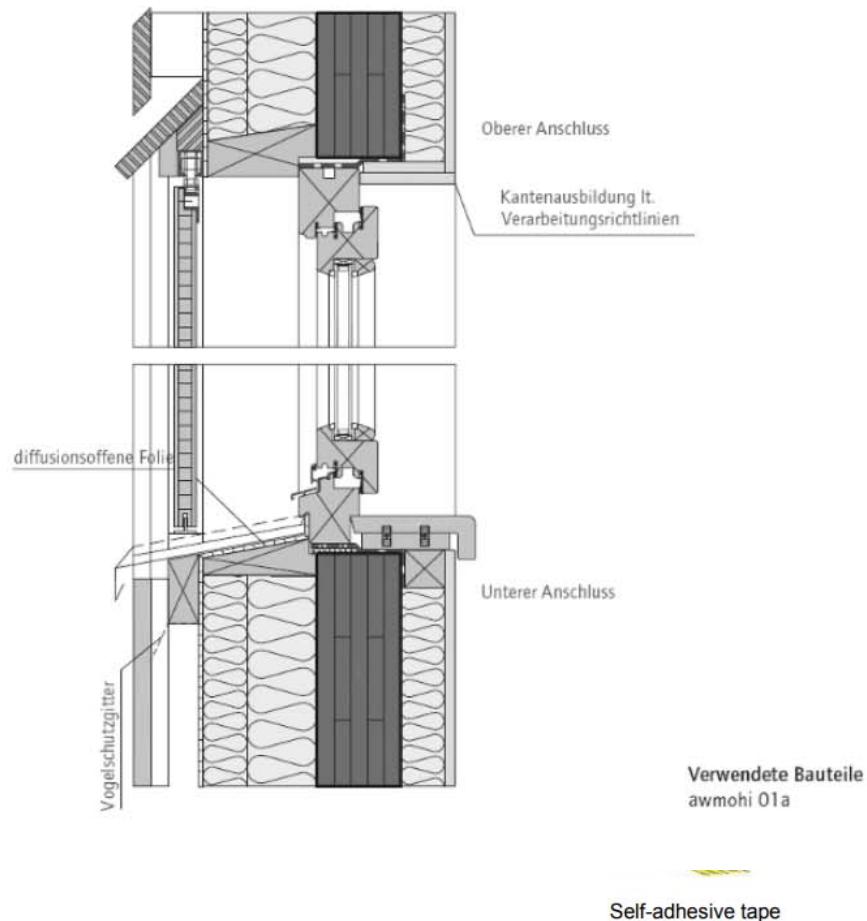
Verschraubung des Falzbrettes mit selbstbohrenden Schrauben ø 6mm, im Abstand von etwa 30cm (lt. Statik) Randabstand beachten

Kontaktfuge Element - Element:
Verlegung/Montage erfolgt mit "Luft"
Toleranzmaß über die Gesamtbreite beachten



Jointing board connection:

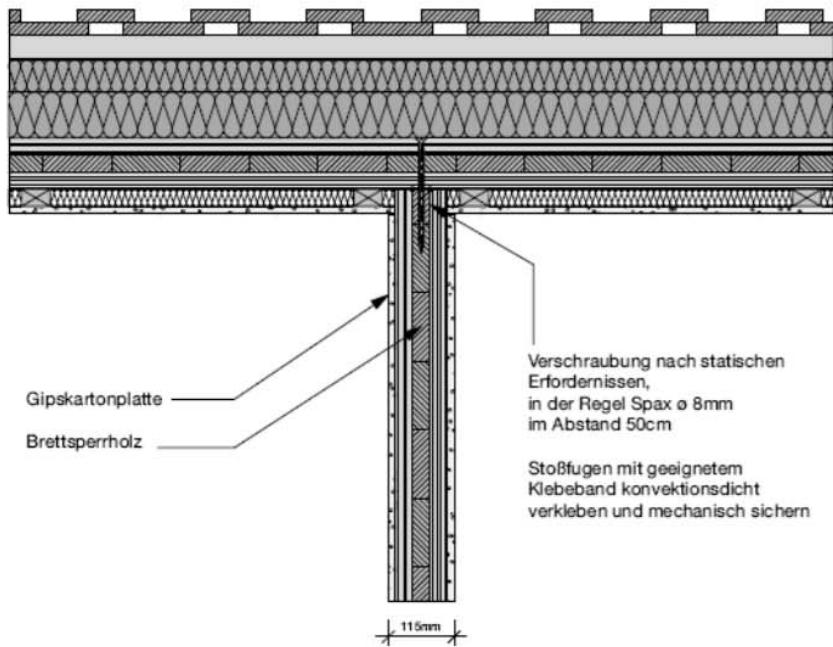
The same procedure should be adopted for this connection as for a connection with a stepped rebate (see above).



Connection of inserted window:

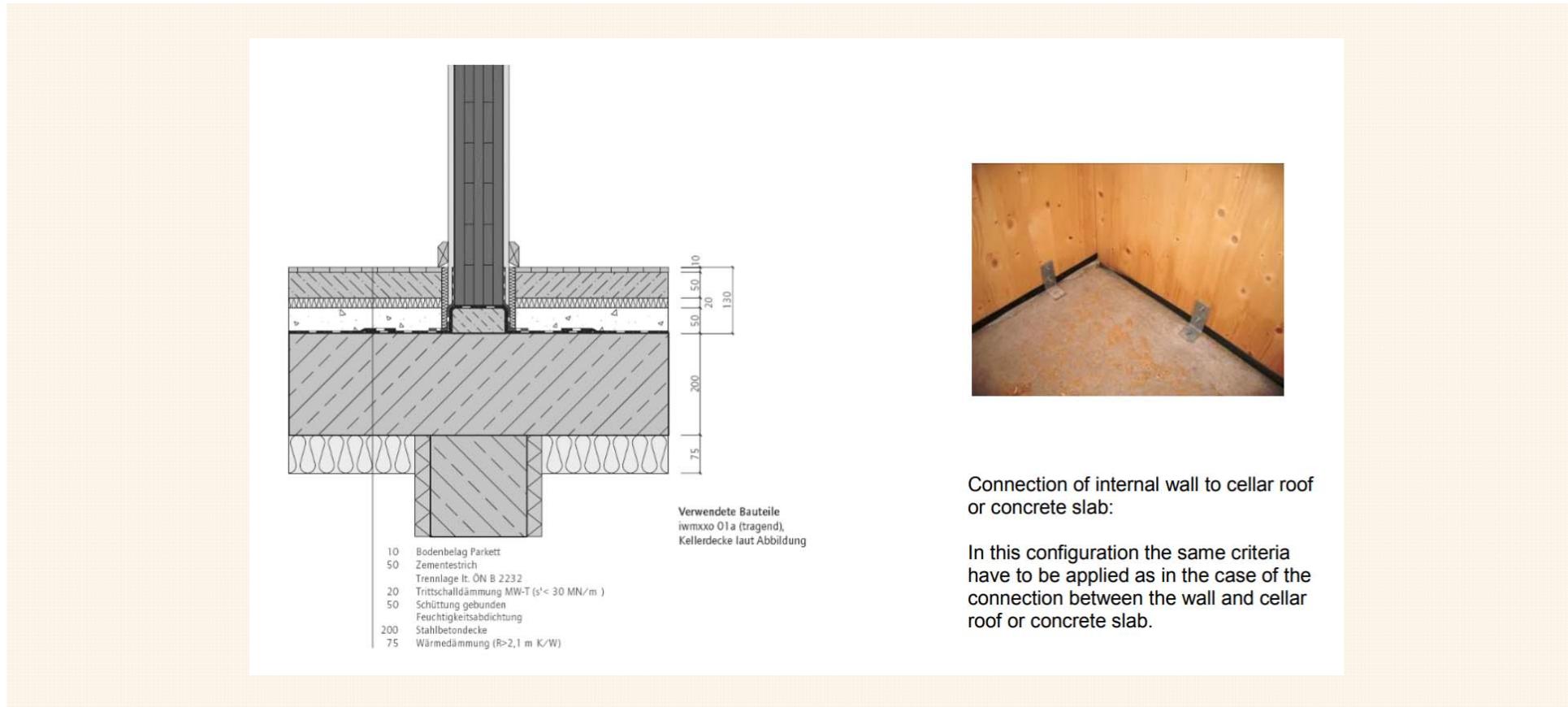
In this case the window frame is inserted into the CLT wall.

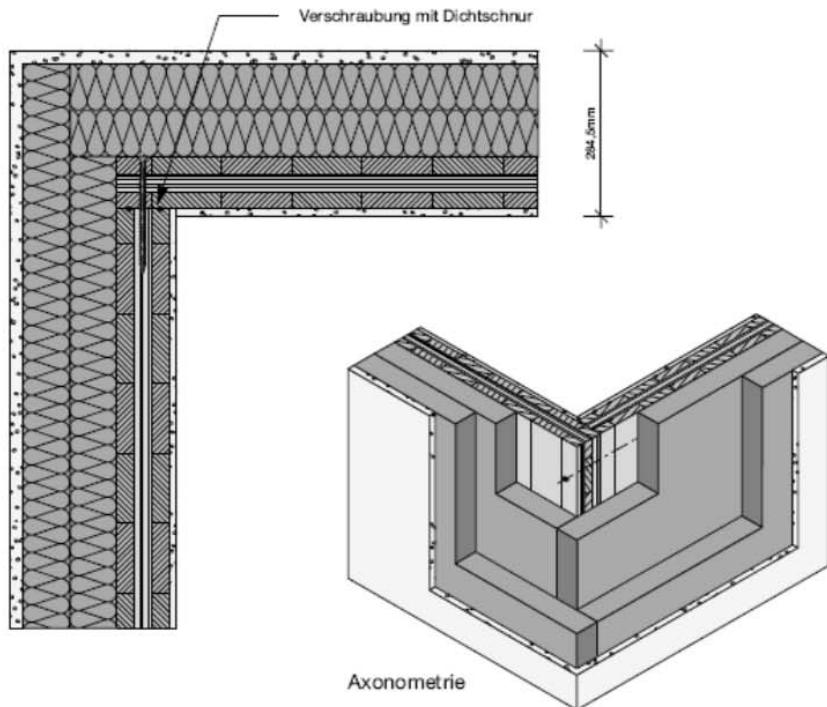
The window frame is inserted using wall gasket "Compriband" or a suitable PU foam. A soft-cell foam is recommended. It is important to ensure a proper, careful finish (precise corners etc.).



Connection of longitudinal wall to transverse wall:

The same procedure as for a corner joint must be adopted here.

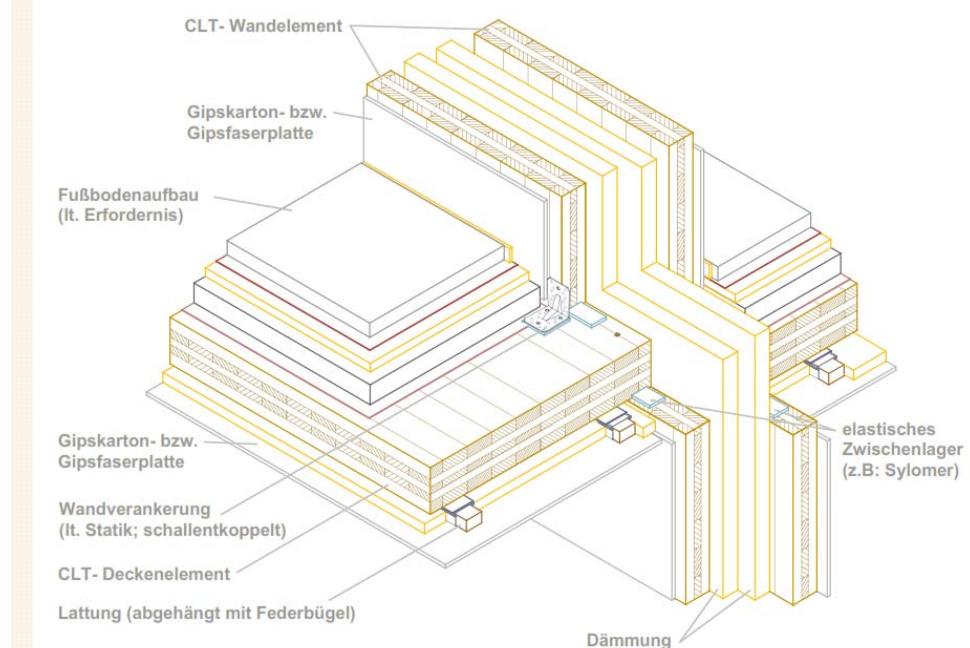
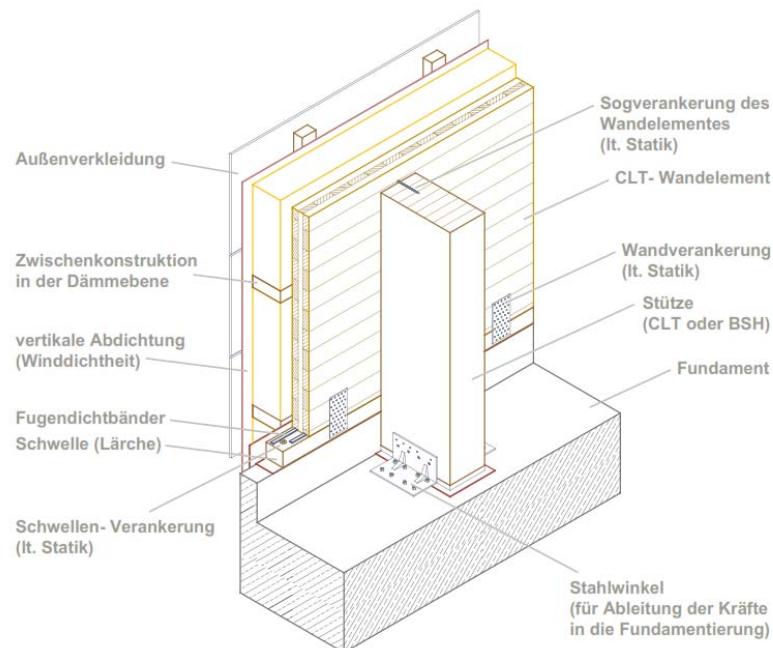




Corner joint:

With all horizontal and vertical seals it is important to ensure a continuous joint seal (horizontal and vertical seals must be connected to each other).

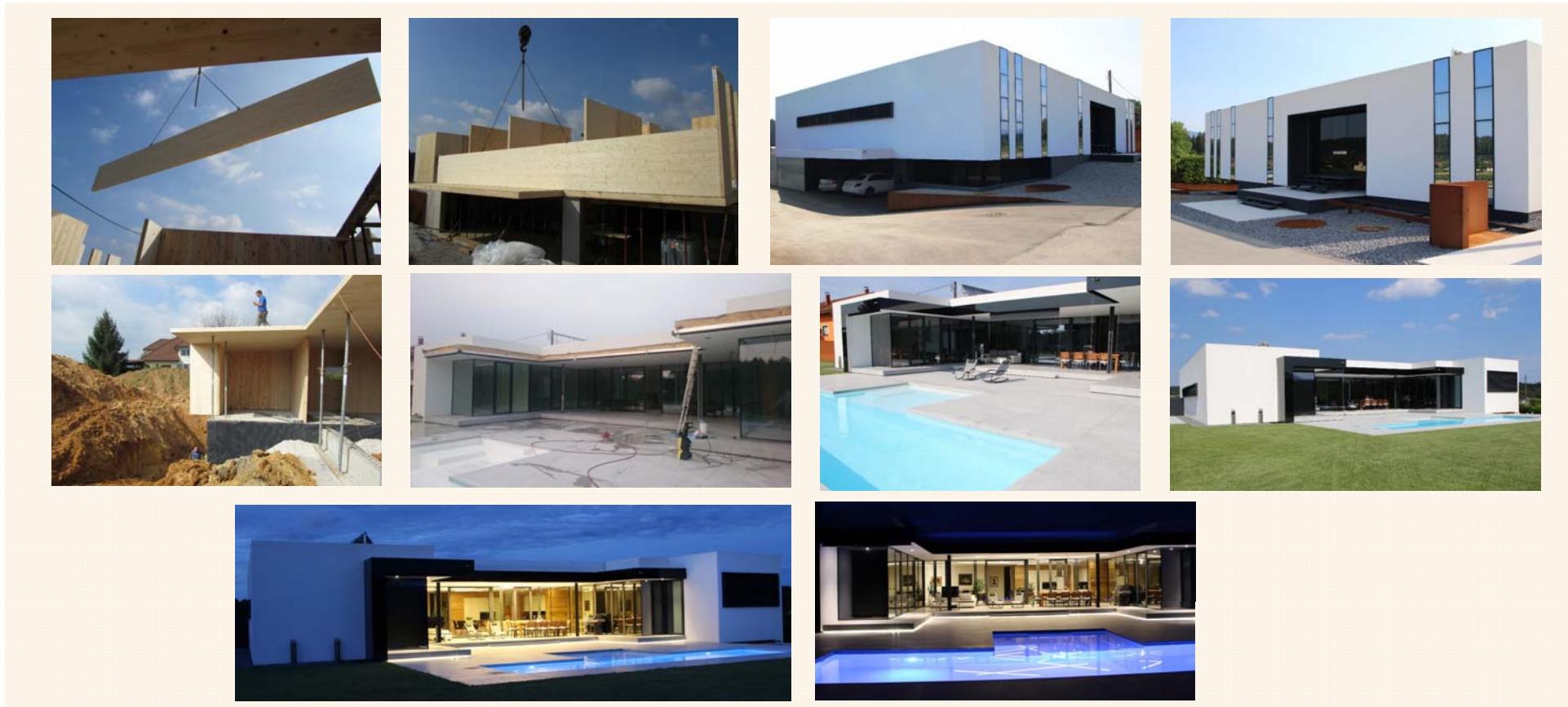
Primeri sestave posameznih konstrukcijskih sklopov



Različni primer sestave konstrukcij stanovanjskih hiš







REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO





SUSTAINABLE WOOD BUILDING CULTURE IN THE ALPINE REGION



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO





REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO





REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO





SUSTAINABLE WOOD BUILDING CULTURE IN THE ALPINE REGION



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



Primer – izvedba 4 etažnih blokov



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



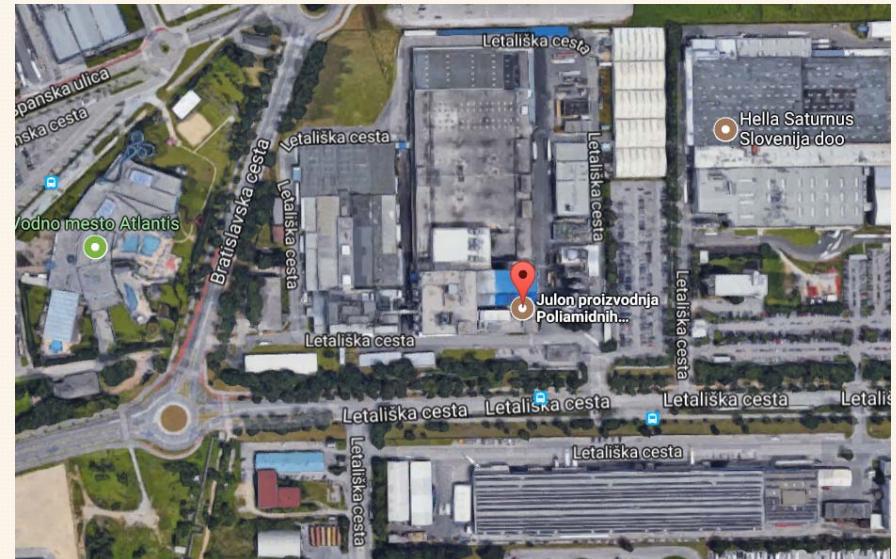
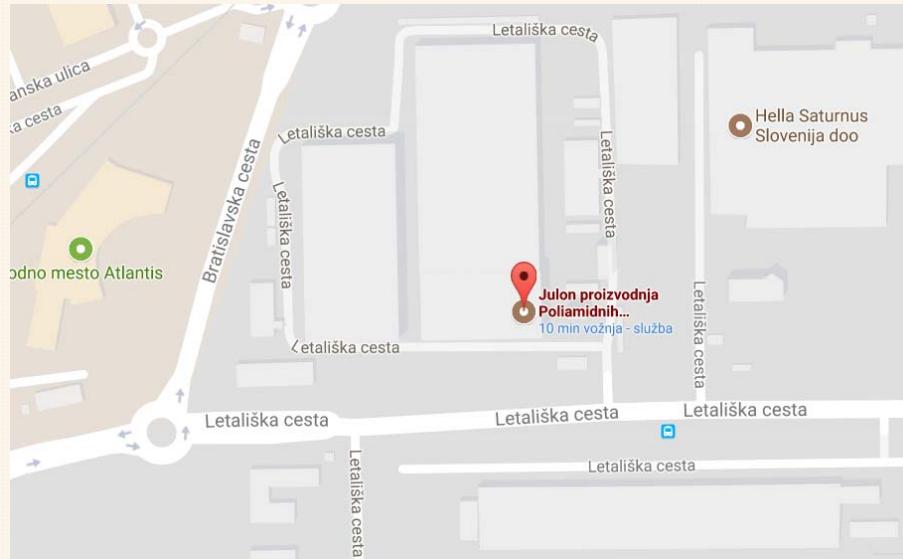
Primer – nadgradnja hotela Terme Čatež



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO

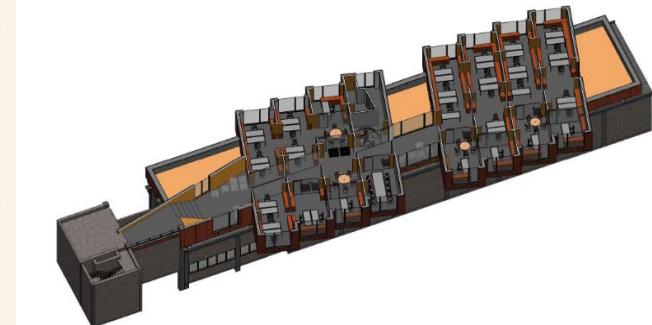
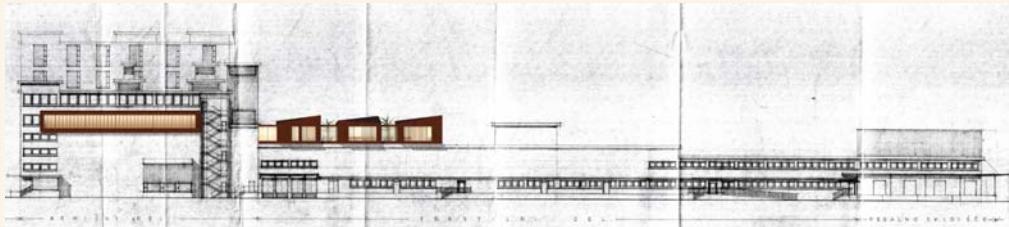


Primer – nadgradnja industrijske stavbe Julon – Aquafil



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



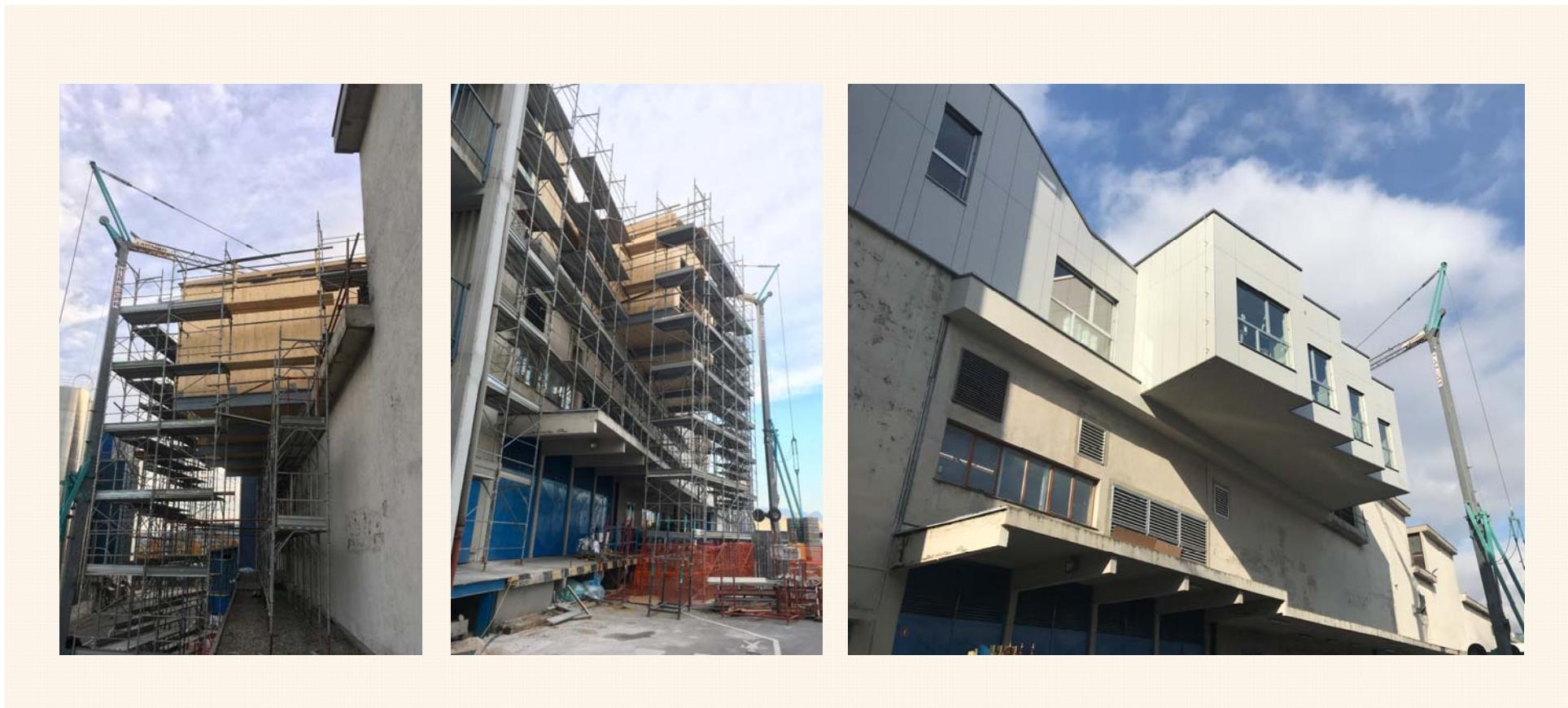


SUSTAINABLE WOOD BUILDING CULTURE IN THE ALPINE REGION



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO

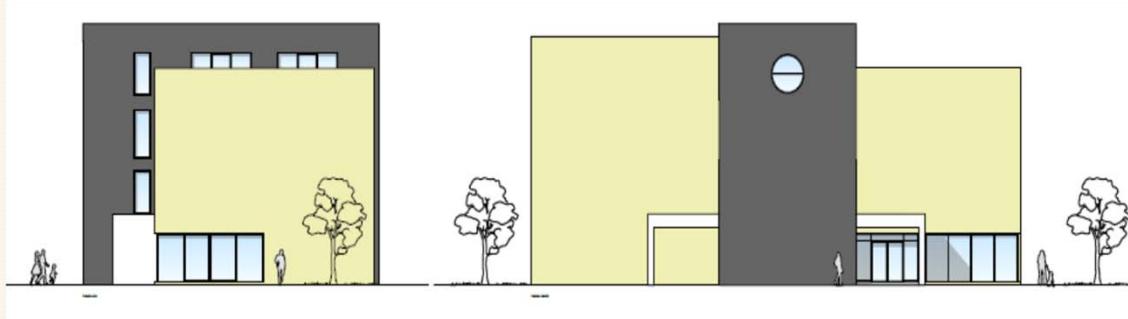




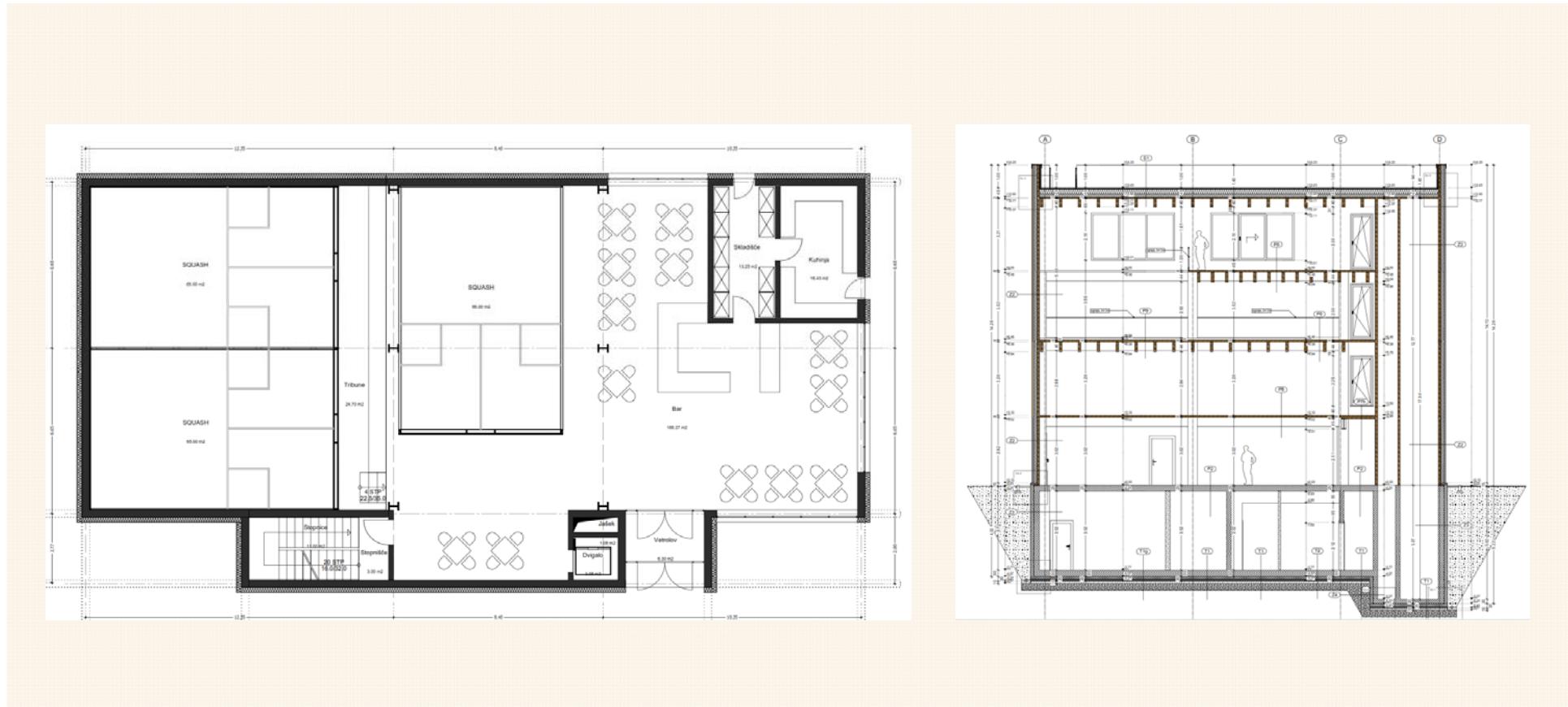
REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO



Primer – športni objekt Squashland

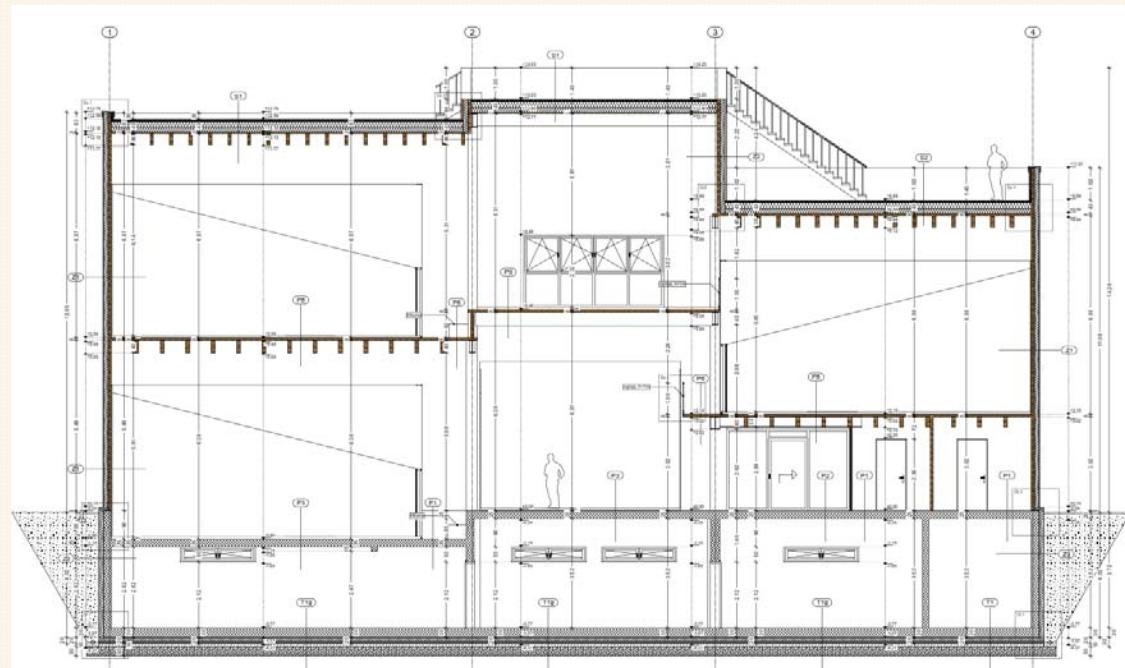
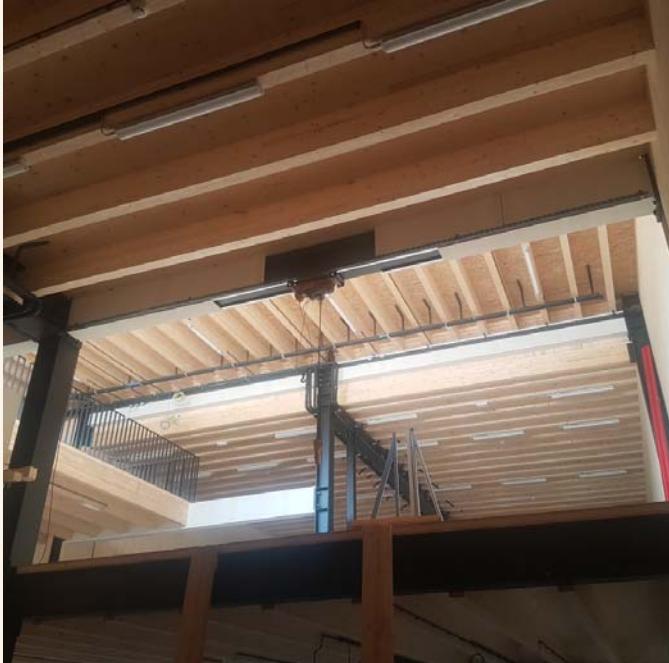


- Ime objekta: Trajnostni športni center SQUASHLAND
- Avtor projekta / arhitekturni biro: Goran Milićević / POINT d.o.o.
- Investitor: CURBIS d.o.o.
- Statika in izvajalec lesene konstrukcije: CBD d.o.o.
- Leto izvedbe: 2018
- Kvadratura objekta: cca. 1500 m²
- Lokacija objekta: Štepanjsko naselje ob Litijski cesti v Ljubljani



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO





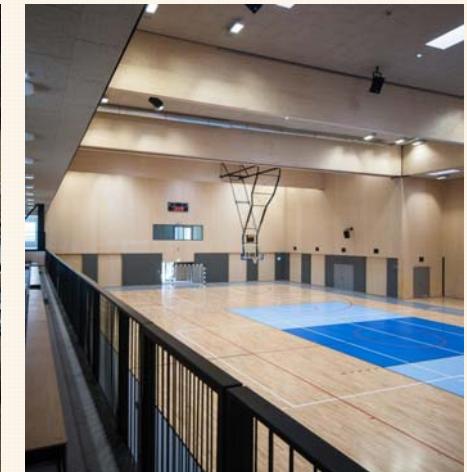
REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO





REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO





Primer – športna dvorana Mislinja

Zahvaljujem se za vašo pozornost

