

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



Bakalářská práce

2021

Jindřich Vítovec

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



Návrh a posouzení dřevostavby z CLT panelů

Bakalářská práce

Autor: Jindřich Vítovec

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Dvořák

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jindřich Vítovec

Dřevařství
Zpracování dřeva

Název práce

Návrh a posouzení dřevostavby z CLT panelů

Název anglicky

Design and assessment of wooden construction from CLT panels

Cíle práce

Cílem práce je vypracování výrobní dokumentace pro realizaci obytné budovy na bázi konstrukce z CLT panelu na základě požadavků investora. Cílem literární rešerše bude rozbor historického vývoje CLT panelů, způsobu jejich použití a popis jejich vlastností.

Cílem další části je tvorba výrobní dokumentace konstrukce obytné dřevostavby na bázi CLT pro výrobu na základě požadavků investora s ohledem na možnosti výroby.

Metodika

V rámci literární rešerše bude proveden rozbor historického vývoje CLT panelů, způsobu jejich použití a popis jejich vlastností. Následně bude v rámci projektu na základě požadavků investora stanovena konstrukce obytného domu na bázi CLT pro výrobu, a to z hlediska tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového. Bude zpracováno technické řešení včetně výrobní dokumentace pro realizaci stavby, včetně výkresové dokumentace, řešení konstrukčních detailů a technické zprávy.

Červenec – září 2021:

- Literární rešerše vývoje CLT panelů.

Říjen – listopad 2021:

- Vlastní návrh konstrukčního řešení objektu z CLT panelu pro výrobu na základě požadavků investora.

Prosinec 2021 – březen 2022:

- Zpracování technické a výkresové dokumentace pro výrobu.

Duben 2022:

- Závěr

- Odevzdání závěrečné práce.

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stran + přílohy

Klíčová slova

Výroba; CLT panel; konstrukce na bázi dřeva

Doporučené zdroje informací

- Borgström, E. Design of timber structures: Structural aspects of timber construction. SE 102 04 Stockholm: Swedish Forest Industries Federation, 2016. ISBN 978-91-980304-8-8
- Götz, K.H. Holzbau Atlas. Mnichov: Institut für Holzforschung und Holztechnik der Universität München, 2001.
- Gulvanessian, H, Calgaro, J.A., Holický, M. Designers' guide to Eurocode: basis of structural design: EN 1990. 2nd ed. London: ICE Publishing, 2012. ISBN 9780727741714
- Jodidido, P. 100 Contemporary Wood Buildings. Kolín nad Rýnem: Taschen, 2019. ISBN 3836561565
- Kolb, J. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. aktualizované vydání v České republice. Přeložil Bohumil Koželouh. Praha: Grada, 2011. ISBN 9788024740713
- Kuklík, P. Dřevěné konstrukce. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 8086769720
- Neufert, E., Neufert, P. Navrhování staveb: zásady, normy, předpisy o zařízeních, stavbě, vybavení, nárocích na prostor, prostorových vztazích, rozměrech budov, prostorech, vybavení, přístrojích z hlediska člověka jako měřítko a cíle. 2. české vyd., (35. německé vyd.). Praha: Consultinvest, 2000. ISBN 8090148662
- Newman, M. Design and Construction of Wood Framed Buildings, New York: McGraw-Hill Education, 1994. ISBN 978-0070463639
- Opderbecke, A. Das Holzbau-Buch: Für den Schulgebrauch und die Baupraxis. Wallingford: Chiron Media 2013. ISBN: 9783878707196
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Ondřej Dvořák

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konzultant

Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 1. 5. 2021

Ing. Radek Rinn

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 4. 2. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 19. 03. 2022

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh a posouzení dřevostavby z CLT panelů vypracoval samostatně pod vedením Ing. Ondřejem Dvořákem. Použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom že zveřejněním bakalářské souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V..... dne.....

Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Ondřeji Dvořákovi, za odborné vedení, cenné rady a pomoc při jejím vypracování.

Abstrakt

Jindřich Vítovec

Návrh a posouzení dřevostavby z CLT panelů

Tématem bakalářské práce je využití CLT panelů pro rodinné domy a popis vzniku výrobní dokumentace. V první části se bakalářská práce věnuje historickému vývoji dřevostaveb z CLT panelů, možnostem použití a vlastnostem této technologie. V další části se práce zabývá výrobní dokumentací pro prefabrikovanou výrobu panelů a konstrukčními detaily pro následnou montáž na stavbě.

Klíčová slova: CLT, křížově lepené panely, dřevostavba, výrobní dokumentace

Abstrakt

Jindřich Vítovec

Design and assessment of wooden construction from CLT panels

The topic of the bachelor thesis is the use of CLT panels for family houses and a description of the origin of production documentation. In the first part, the bachelor thesis deals with the historical development of wooden buildings out of CLT panels, the possibilities of use and properties of this technology. The next part of this thesis deals with the documentation about making the panels and construction details for following assembly on the site.

Keywords: CLT, cross laminated timber, wooden building, production documentation

Obsah

Seznam obrázků.....	10
1 Úvod.....	12
2 Cíle práce	13
3 Rozbor problematiky.....	14
3.1 Historie a vývoj dřevostaveb a CLT panelů.....	14
3.2 Ekologická stránka	15
3.2.1 Ukládání uhlíku.....	15
3.2.2 Energetická náročnost na výrobu.....	16
3.3 Konstruktivní řešení	17
3.3.1 Stěnové panely	17
3.3.2 Stropní panely	18
3.3.3 Střešní panely.....	19
3.4 Estetické řešení.....	20
3.4.1 Interiér	20
3.4.2 Fasády	20
3.5 Konstruktivní detaily	22
3.5.1 Založení soklu CLT panelu.....	22
3.5.2 Rohový spoj a spoj ve tvaru T	22
3.5.3 Délkové napojení panelů	23
3.5.4 Napojení stropního panelu	24
3.5.5 Střešní napojení panelu	24
3.5.6 Napojení oken, balkonových a vchodových dveří.....	25
3.5.7 Elektroinstalace.....	26
3.5.8 Sanitární technika	26
3.5.9 Prostup komínu.....	27
3.5.10 Konstrukce průmyslových staveb.....	27
3.6 Možnosti využití.....	28
3.6.1 Rodinné domy.....	28
3.6.2 Vícepodlažní budovy	29
3.6.3 Speciální.....	32
4 Metodika	35
5 Praktická část	36
5.1 Vynesení půdorysu.....	36
5.2 Stavební otvory	37
5.3 Technika prostředí.....	38

5.4	Statické prvky.....	39
5.5	Značení oken a panelů.....	39
5.6	Střešní konstrukce	40
5.7	3D modelování	41
5.8	Určení těžiště a způsob manipulace	42
5.9	Kontrola kolize a export jednotlivých stěn	43
5.10	Nakládka a doprava.....	44
6	Diskuze	45
7	Závěr.....	46
8	Seznam použité literatury.....	47
9	Seznam příloh.....	50

Seznam obrázků

Obrázek 1 Porovnání emmisí CO2 při výrobě materiálů	16
Obrázek 2 CLT panel	17
Obrázek 3 Skládání CLT panelů.....	18
Obrázek 4 Tloušťka stropních panelů.....	19
Obrázek 5 Pohledovost ploch CLT panelů	20
Obrázek 6 Obklad z masivních třívrstvých desek	21
Obrázek 7 Založení soklu	22
Obrázek 8 Rohový spoj.....	23
Obrázek 9 Podélné nastavení panelu	23
Obrázek 10 Napojení stropního panelu	24
Obrázek 11 Stropní CLT panel	25
Obrázek 12 Detail napojení okna.....	25
Obrázek 13 Vedení elektroinstalace	26
Obrázek 14 Předstěna pro WC blok	27
Obrázek 15 Konstrukce průmyslových staveb	28
Obrázek 16 Rodinný dům z CLT panelů	29
Obrázek 17 Mjøstårnet.....	30
Obrázek 18 HoHo Wien	30
Obrázek 19 W 350 Project.....	31
Obrázek 20 Lyžař Edy	32
Obrázek 21 Větrná turbína Hannover	33
Obrázek 22 Hala Studenzen.....	33
Obrázek 23 Věž Schneckenu v Korneuburgu.....	34
Obrázek 24 Setas de Sevilla.....	34
Obrázek 25 3D model krovu.....	40
Obrázek 26 3D model 1NP.....	41
Obrázek 27 3D model dřevostavby z CLT panelu	42

Seznam použitých zkratek a symbolů

2D	Dvourozměrný – prvky nacházející v jedné rovině
3D	Trojrozměrný – prvky nacházející se v prostoru
BSH	Lepené lamelové dřevo
CAD	Computer Aided Design – 2D a 3D počítačové projektování
CLT	Cross laminated timber – křížem lepené dřevo
CNC	Computer Numeric Control – číslicové řízení počítačem
DWG	DraWinG – nativní formát souborů programu AutoCAD
DXF	Drawing Exchange Format – formát pro výměnu dat mezi programy
GLT	Glue-laminated timber – stejným směrem lepené dřevo
GmbH	Společnost s ručením omezeným v Německu
KLH	Kreuzlagenholz – křížem lepené dřevo
KVH	Délkově nastavené čtyřstranně hoblované profily
OSB	Oriented strand board – lisovaná deska z orientovaně rozprostřených velkoplošných třísek
SDK	Sádrokartonové desky
UV	Ultraviolet – ultrafialové záření
WPC	Wood-plastic composite – kompozitní materiál složený ze dřeva a polymeru
X-LAM	Křížem lepené dřevo
ZTI	Zdravotně technické instalace

1 Úvod

Dřevostavby mají na našem trhu v posledních letech stále větší zastoupení. Díky svým vlastnostem se dostávají do povědomí veřejnosti. CLT panely jsou jedním z nejnovějších a nejmodernějších konstrukčních systémů na bázi dřeva, jsou vyrobeny z kolmo na sebe lepených lamel, které zajišťují rozměrovou stálost a téměř neomezené možnosti využití v architektuře a stavebnictví. Stavby s touto technologií mají výbornou statickou únosnost vzhledem k hmotnosti. Za výhodou lze považovat paropropustnost a zároveň vzduchotěsnost těchto panelů. Díky těmto vlastnostem dokáží regulovat vzdušnou vlhkost interiéru, a jsou ideální pro využití difúzně otevřené konstrukce rodinných domů.

Dřevostavby z CLT panelů jsou vytvářeny téměř vždy na míru a vždy prefabrikované, toto přináší mnohé výhody, například rychlost stavby. CLT panely jsou vyráběny individuálně pomocí CNC strojů. Pro výrobu je proto zapotřebí vypracovat výrobní dokumentaci z projektu pro stavební povolení.

V dnešní době jsou kladeny na stavby vyšší požadavky na snižování energetické náročnosti, ekologickou výstavbu a trvalou udržitelnost. Dřevostavby se z tohoto pohledu jeví jako zajímavá a výhodná alternativa.

Impulzem pro vznik této bakalářské práce byla stáž autora v realizační firmě, která se zabývá výrobou panelových dřevostaveb.

Výsledkem bakalářské práce je výrobní dokumentace pro stavbu, která splňuje parametry rodinného domu, který je energeticky úsporný, ekologický a využitelný po generace.

2 Cíle práce

Cílem práce je vypracování výrobní dokumentace pro realizaci obytné budovy na bázi konstrukce z CLT panelu na základě požadavků investora. Cílem literární rešerše bude rozbor historického vývoje CLT panelů, způsobu jejich použití a popis jejich vlastností. Cílem další části je tvorba výrobní dokumentace konstrukce obytné dřevostavby na bázi CLT pro výrobu na základě požadavků investora s ohledem na možnosti výroby.

3 Rozbor problematiky

3.1 Historie a vývoj dřevostaveb a CLT panelů

Jednou z nejstarších zachovalých dřevěných staveb je Japonský buddhistický chrám Daigodži. Tento chrám pochází z 10 st. n. l. a nachází se ve čtvrti Fušimi na ostrově Kjóto. Dřevěná konstrukce je pětipatrová pergola dosahující výšky 31,45 m. V Evropě můžeme spatřit mnoho hrázděných vícepodlažních staveb, které stále plní svou funkci již po několik století. Řemeslnou zručnost středověkých lidí dokazují krovy velkých, především náboženských objektů. Mnohé jsou v původní podobě dochované dodnes, až 400 let od jejich vzniku. Toto je důkaz, že dřevo, pokud je vhodně použito a chráněno, má velmi dobrou trvanlivost (Pavlas, 2016).

V průběhu 18.-19. st došlo k výraznému poklesu využití dřeva ve stavebnictví. Toto nastalo díky více faktorům. Vývoj technologií umožnil vývoj materiálů jako železo, beton a plast. Na dřevo se začalo nahlížet jako na energetickou surovinu. V 19. st. se dřevo stalo nedostupnou surovinou kvůli častým kalamitám. Dřevostavby se v podstatě stavěly pouze v horských oblastech. V meziválečném období zaznamenalo dřevařství vzestup. Vznikaly deskové materiály především dřevotřísky, které byly využívány ve stavebnictví pouze pro bednění betonových konstrukcí.

Po druhé světové válce se Česko oddělilo od západní části světa, kde se často využívalo dřevo pro obnovu velkého počtu bytů. V Československu bylo dřevo zákonem degradováno na pomocný stavební materiál. Dřevostavby v tomto období byly stavěny jen jako rekreační objekty nebo stavby malého rozsahu. Toto u nás téměř zastavilo vývoj dřevostaveb a začaly vznikat předsudky méněcennosti dřevostaveb často přetrvávající dodnes. Po roce 1989 se zvýšil počet firem zaměřujících se na dřevostavby, ty z důvodu nezkušenosti a nedodržení technologických postupů nedosahovaly požadovaných kvalit. Toto ještě více degradovalo stavby na bázi dřeva. Do roku 1996 nebylo legislativně možné realizovat více než dvoupodlažní budovy na bázi dřeva (Smola, 2009).

Dnes zažíváme určitou renesanci ve využití dřeva jako stavebního materiálu. Určitou inspiraci můžeme sledovat ze sousedního Rakouska, kde bylo využití dřeva zachováno. V moderní architektuře se dřevo nevyužívá jen jako pomocný materiál,

ale často i hlavní prvek nosné konstrukce. Nejčastěji je využíváno pro rodinné domy, ale i pro budovy občanské vybavenosti a vícepodlažní stavby. Nejvyšší vícepodlažní stavby dosahují výšky přes deset podlaží (Pavlas, 2016).

Křížově lepené panely byly vynalezeny na počátku 90. let v Rakousku a Německu. Tudíž se jedná o jednu z nejmladších konstrukčních technologií pro dřevostavby. Zásahu na tom měl Rakušan Gerhard Schickhofer, který roku 1994 dokončil svou doktorskou práci na téma křížově lepené panely. Na základě tohoto výzkumu byly v roce 2002 v Rakousku zveřejněny národní směrnice pro křížově lepené dřevo. Tyto směrnice umožnily stavět vícepodlažní budovy s touto technologií a začaly vznikat v Rakousku hotely, školky a rodinné domy.

Značný podíl na rozvoji křížově lepených panelů má Institut dřevěných konstrukcí TU ve Štýrském Hradci. Prvním výrobcem, který začal využívat CLT technologii byla rakouská společnost KLH Massivholtz GmbH. Tato společnost byla založena roku 1999 a nadále si zachovává přední místo výrobců CLT panelů. Díky této společnosti se můžeme dnes setkat s označením KLH pro masivní dřevěné panely.

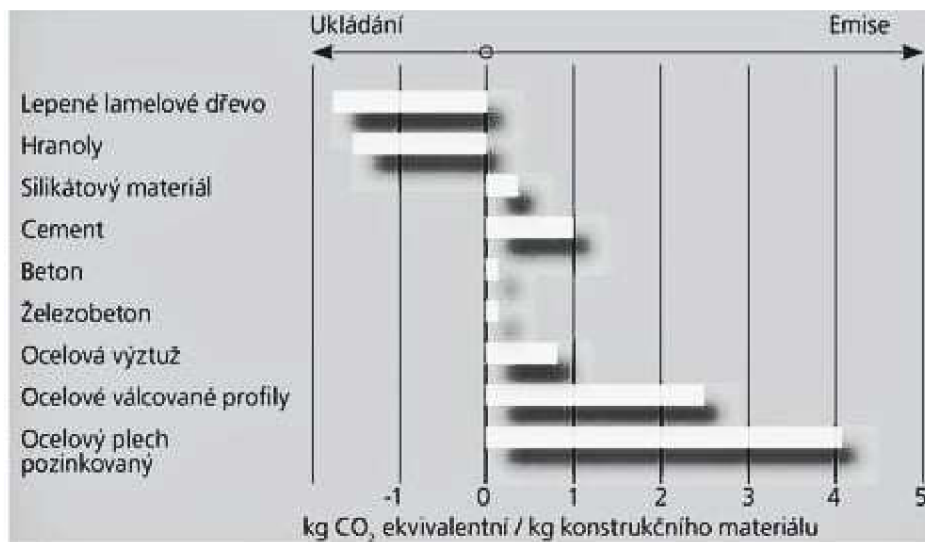
Z počátku byl nástup CLT technologie pozvolný, až po roce 2000 se celkem rychle rozšířil z Rakouska do okolních zemí. Většinou se jedná o velké podniky, které následně vyváží panely do zahraničí. V blízké době lze očekávat rozšíření technologie do Severní Ameriky, Kanady a Spojených států amerických. S rostoucím počtem výrobců vzniká na trhu konkurence, to má za následek optimalizaci a neustálé vylepšování technologie, například v dnešní době se výrobci zabývají využitím i jiných druhů dřevin než smrku. Tímto krokem by byla podpořena diverzifikace skladby lesů (Pavlas, 2016).

3.2 Ekologická stránka

3.2.1 Ukládání uhlíku

Dřevo jako materiál má velmi malou uhlíkovou stopu. Vše začíná v lese, kde stromy pohlcují CO₂ ze vzduchu. Pomocí fotosyntézy ukládají uhlík do dřeva a vypouští zpět O₂. Dřevo v sobě ukládá uhlík a na konci své životnosti ho lze jednoduše vypustit zpět do atmosféry např. hořením. V posledních letech je snaha

tento cyklus co nejvíce prodloužit, například recyklací dřevní hmoty a následného využití. Z tohoto pohledu dřevostavba zadrží výrazně více uhlíku po delší dobu než ostatní výrobky ze dřeva. Při výrobě různých stavebních materiálů dochází k tvoření emisí. Lepené dřevo však CO₂ ukládá oproti betonovým konstrukcím, viz obrázek č.1 (Kobl, 2011).



Obrázek 1 Porovnání emisí CO₂ při výrobě materiálů

(Kobl, 2011)

3.2.2 Energetická náročnost na výrobu

Z velmi dlouhodobého pohledu se z každého stavebního materiálu stává odpad. Pro každý materiál je energetická náročnost pro výrobu a stavbu odlišná. Dřevěné konstrukce mají v tomto ohledu výhodu nízké náročnosti, v porovnání s jinými stavebními materiály. Pro výrobu pálené cihly je zapotřebí 3krát více energie než na výrobu dřeva o stejné hmotnosti, pro beton 6krát a ocel 24krát. Při výstavbě lehké dřevěné konstrukce místo železobetonové, lze ušetřit až 1/3 energie. A ještě není bráno v potaz, že při likvidaci dřeva lze poměrně jednoduše energii získat (Štefko, 2006).

Na objekt z CLT panelů se spotřebuje až dvakrát více dřeva než pro klasickou sloupkovou konstrukci. Toto má za následek více uloženého uhlíku v dřevostavbě, ale také zároveň vyšší energetickou náročnost na výrobu (Pavlas, 2016).

3.3 Konstrukční řešení

3.3.1 Stěnové panely

Stěnové panely se skládají z vnějších a vnitřních. Mají především nosnou funkci, kterou plní už při tloušťce 62 mm. Pro vyšší zatížení stěn se tloušťka pohybuje okolo 160 mm. Zatěžovací síly jsou především přenášeny svisle orientovanými vrstvami. Kolmo orientované vrstvy zejména zajišťují tvarovou stálost a tuhost. Povrchové lamely jsou většinou orientovány svisle, viz obrázek č.2.



Obrázek 2 CLT panel

(<https://www.jafholz.cz/produkty/materialy-pro-drevostavby/clt-panely>, 31.03.2022)

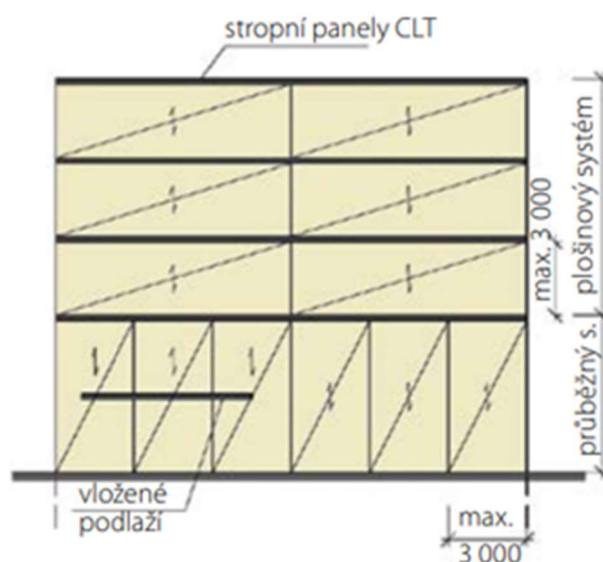
Obvodové stěny oddělují interiér od exteriéru. Z tohoto důvodu jsou na ně kladeny vyšší požadavky na tepelnou izolaci. Dřevo v CLT panelu má vcelku dobré tepelně izolační vlastnosti. Pro tloušťku 62 mm je součinitel prostupu tepla 1,55 W(m²K) a pro 124 mm 0,89 W(m²K). Tyto vlastnosti však nejsou dostačující pro dnešní standardy. Pro zlepšení tepelně izolačních vlastností se využívají izolační materiály např. minerální izolace, polystyren nebo dřevovláknité desky, na které lze využít klasické fasádní systémy nebo obklady. Díky malé tloušťce nosné konstrukce lze dosáhnout nízké tloušťky celé skladby. Při tloušťce okolo 280 mm lze splnit normu ČSN 73 0540-2. Malá tloušťka stěny pozitivně ovlivní poměr mezi zastavěnou plochou a užitnou plochou budovy (Pavlas, 2016).

Dřevostavby z CLT lze provádět jak difúzně otevřené, tak difúzně uzavřené. Vhodnější pro tyto stavby je difúzně otevřená konstrukce, jelikož samotnou

vzduchotěsnost nám zajišťuje přímo CLT panel se vzduchově utěsněnými spoji. Difúzně otevřená skladba dokáže do značné míry odvádět vzdušnou vlhkost z interiéru a ta zlepšuje vnitřní klimatické podmínky. Pro difúzně otevřené skladby se volí materiály s klesajícím difúzním odporem směrem z interiéru k exteriéru, aby nedocházelo ke kondenzaci uvnitř stěny.

Vnitřní stěny rozdělují budovu na jednotlivé místnosti dle jejich užití. Jsou na ně kladeny nároky z pohledu tepelné izolace, protipožární ochrany a zvukové izolace (Smola, 2011).

Šířka CLT panelů je limitována šířkou 3 m z důvodu dopravy. Tato šířka je dostatečná pro výšku podlaží rodinných domů i pro většinu obytných budov, proto jsou nejčastěji osazovány podélně. Pokud výška podlaží je vyšší než 3 m, lze panely umisťovat na výšku, viz obrázek č. 3 spodní patro (Pavlas, 2016).



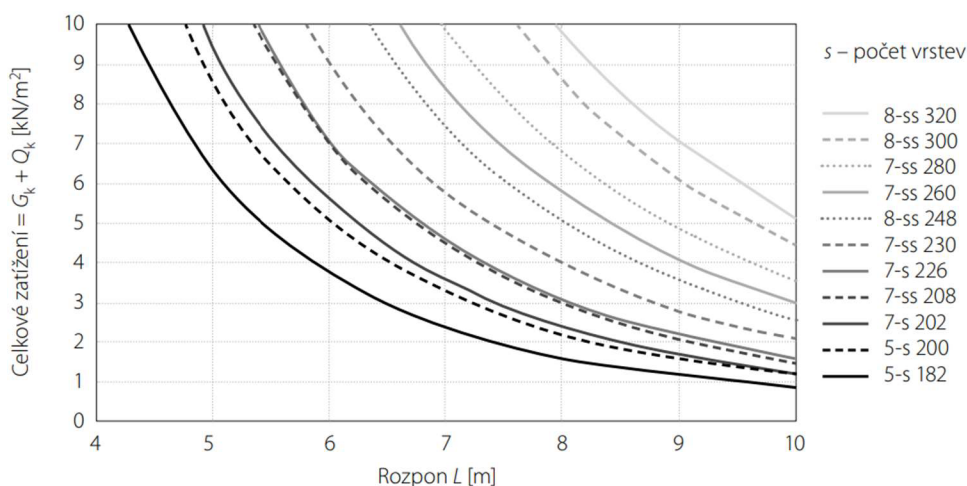
Obrázek 3 Skládání CLT panelů

(Pavlas, 2016)

3.3.2 Stropní panely

Stropní panely mají stejnou konstrukci jako stěnové, pouze se skládají z vícero vrstev a mají větší tloušťku. Zatížení je přenášeno zejména lamelami rovnoběžně s rozpětím. Pro větší únosnost jsou tímto směrem orientovány povrchové lamely. Na kolmé vrstvy zajišťují tvarovou stálost a tuhost. Dále na ně působí valivý smyk, který zvyšuje celkovou únosnost. Tento styl konstrukce je

vhodný pro přemostění do 7 m. Pro větší rozměry dochází k přílišné spotřebě dřeva a nabývání hmotnosti stropní konstrukce. Při větších rozponech lze CLT panely kombinovat s jinou konstrukcí např. dřevěnými lepenými nosníky, nebo ocelovou konstrukcí. Maximální délka panelů je 16 až 18 m, tak můžou stropní panely překonávat více polí a tím vytvořit spojitý nosník.



Obrázek 4 Tloušťka stropních panelů

(Pavlas, 2016)

Samotné stropní panely požadavkům na zvukovou izolaci nevyhoví. Pro dobré až velmi dobré hodnoty je důležité zvolit správnou skladbu podlahy a panely pružně uložit na stěny pomocí těsnící pásky. Vzniklou mezeru lze ponechat příznanou, nebo skrýt lištou (Pavlas, 2016).

3.3.3 Střešní panely

CLT panely lze využít i na nosnou konstrukci střechy. Tato střešní konstrukce splňuje požadavky z pohledu statiky, požární a protihlukové ochrany. V létě se významně podílí na ochraně před přehříváním budovy. Za výhodu lze považovat rychlost montáže a rovnou zhotovenou pohledovou plochu. Pro větší rozpory lze využít společně s jinou konstrukcí např. ocelovou konstrukcí nebo dřevěnými lepenými nosníky (www.jafholtz.cz).

3.4 Estetické řešení

3.4.1 Interiér

Panely se provádí minimálně ve dvou provedení povrchu. Lze je dělit na pohledové a nepohledové. Dle výběru se liší požadavky na kvalitu, druh dřeviny a vady. U nepohledové kvality jsou přípustné vady zamodráná, jakékoliv suky, smolníky, výletové otvory od napadení hmyzem... Povrch nemusí být broušen v celé ploše, je přípustné opracování řetězovou pilou, jsou povoleny směsi dřevin smrk, jedle a borovice. Vady na nepohledovém panelu nesmí ovlivňovat mechanické vlastnosti pod garantovanou hranici výrobcem. Požadavky na kvalitu pohledových a nepohledových panelů si určuje výrobce. U nepohledových panelů se v interiéru používají pro finální povrchovou úpravu sádkartonové desky, sádrovláknité desky, tapety či obklad (www.cltsk.info).



Obrázek 5 Pohledovost ploch CLT panelů

(<https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>, 31.03.2022)

3.4.2 Fasády

Fasády plní dvě základní funkce. Plní funkci ochranou a estetickou. U staveb z CLT panelů se využívají klasické fasádní systémy, které jsou známé ze zděných staveb nebo například sloupkových dřevostaveb. U difúzně otevřených konstrukcí je nutné řešit difúzní odpor omítky nebo obkladu (Pavlas, 2016).

Nejčastěji se využívají pastovité probarvené venkovní omítky zejména díky snadné aplikaci, možnosti mnoho textur, snadnému obarvení a dlouhé životnosti (Blaha, 2004).

Na venkovní dřevěné obklady jsou kladeny výrazně vyšší nároky než na vnitřní. Narozdíl od nich nejsou chráněny před UV zářením, změnou vlhkosti, větrem, hmyzem a prachem. Venkovní dřevěné obklady jsou voleny silnější 16-20 mm. Provádí se zadem odvětrávaným roštem, aby se dřevo pravidelně vysoušelo a nedocházelo k zvýšení vlhkosti, která by vytvořila vhodné podmínky pro napadení houbami, plísní nebo hmyzem. Nejčastěji využívaná dřevina je smrk. Pro dosažení lepších vlastností se dále využívá borovice, thermo borovice, cedr, meranti a sibiřský modřín. Odhadovaná životnost dřevěného obkladu je 20 let. Toto číslo se může výrazně lišit v závislosti na konstrukční ochraně, použitém dřevu a údržbě.

Deskové obklady musí odpovídat třídě použití 3, jejich tloušťka musí být min 12 mm (pro masivní desky 19 mm). Obvykle se používají dřevotřískové desky, OSB desky, s vhodnou povrchovou úpravou, nebo třívrstvé masivní desky. Při využití třívrstvých masivních desek se dosáhne podobného vzhledu CLT panelů (Gabriel, 2011).



Obrázek 6 Obklad z masivních třívrstvých desek

(<https://www.peknebydleni.cz>, 31.03.2022)

Cementovláknité a cementotřískové desky jsou složeny z dřevní hmoty portlandského cementu, vody a hydratačních přísad, které jsou slisované. Jedná se o kompaktní tvrdý materiál, který lze formátovat na požadované rozměry. Tyto desky jsou hojně využívány v moderních stavbách.

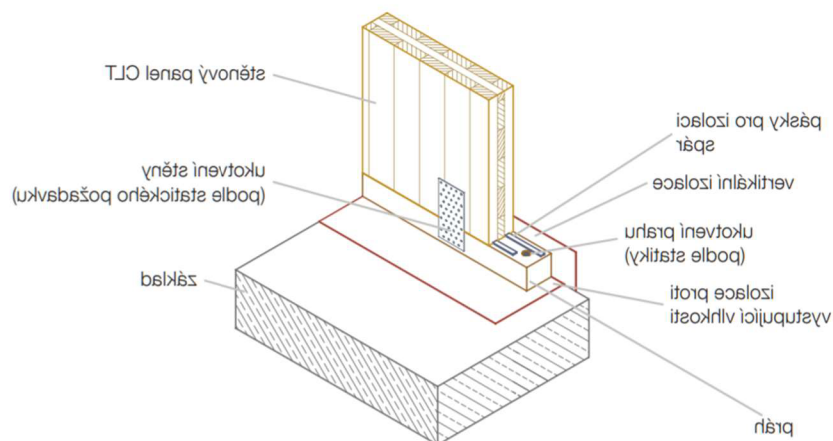
Lisované a vytlačované obklady na bázi dřeva jsou na podobné bázi jako WPC materiál. Vyrábí se ze směsi dřevního vlákna, termoplastické pryskyřice, aditiv a barevných pigmentů (Böhm a kol., 2012).

V moderní architektuře se dále využívají fasády skleněné, nebo z lisovaných profilovaných plechů.

3.5 Konstrukční detaily

3.5.1 Založení soklu CLT panelu

CLT panel lze osazovat přímo na suché i mokré maltové lože, nebo na práh z odolnějšího dřeva např. modřínu. Panel se musí izolovat od vlhkosti stoupající ze základu. K připevnění panelu se využívají úhelníky a tahové kotvy dle statických výpočtů. U provedení s prahem lze práh ukotvit do desky a k prahu ukotvit panel dle statických výpočtů. Při využití podkladního hranolu je zvýšená konstrukční ochrana panelu. Kotvící prvky jsou k základu připevněny pomocí chemické kotvy (Pavlas, 2016).

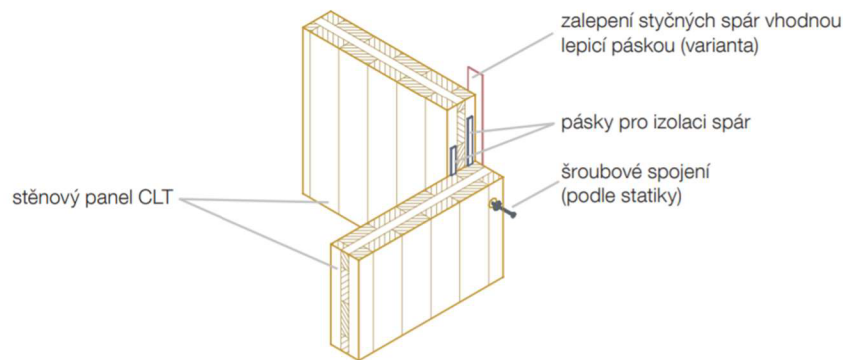


Obrázek 7 Založení soklu

(<https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>, 31.03.2022)

3.5.2 Rohový spoj a spoj ve tvaru T

Nejčastěji využívaný spojovací prostředek je vrut. Vrut se šroubuje dle statických požadavků pod úhlem 90°, nebo do čelního dřeva šikmo. Alternativní, méně využívaný je hákový spoj. Pásky pro izolaci spár a lepicí pásky se využívají pro zamezení tepelných mostů a zajištění vzduchotěsnosti. U pohledového panelu se páska lepí na vnější stranu. Pro zakrytí vzniklé spáry lze použít zalištování (Flatscher a kol., 2015).

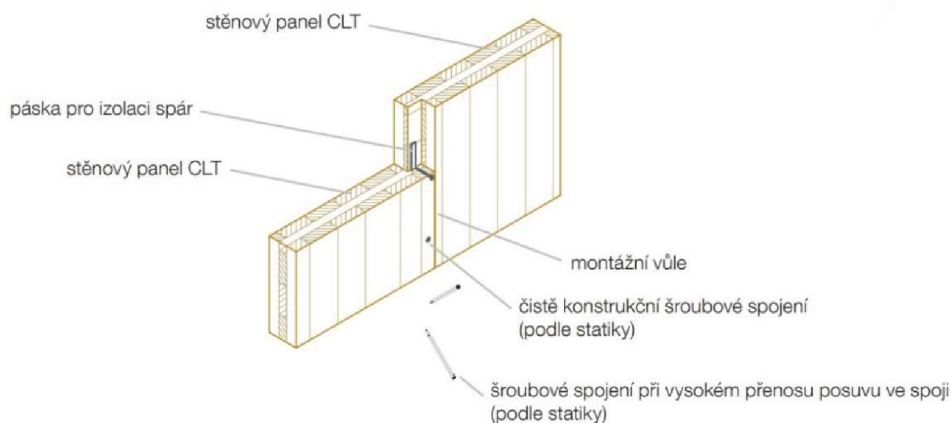


Obrázek 8 Rohový spoj

(<https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>, 31.03.2022)

3.5.3 Délkové napojení panelů

Délkově nastavovaný spoj se využívá z důvodu omezených rozměrů na stěnové nebo stropní panely. Délkové nastavení se provádí na stupňovitou polodrážku, nebo polodrážku a spárovku. Vzduchotěsnost zajišťuje páska pro izolaci spár a lepicí páska. Umístění a výběr spoje se provádí na základě statických výpočtů. Při vysokém přenosu posuvu ve spoji, je nutné spojovací prostředky vyměřit a vhodně umístit. Nejčastějším spojovacím prostředkem je vrut. Při vyšších, posouvajících silách se využívá spojovací deska s vruty (Brandner a kol., 2016).

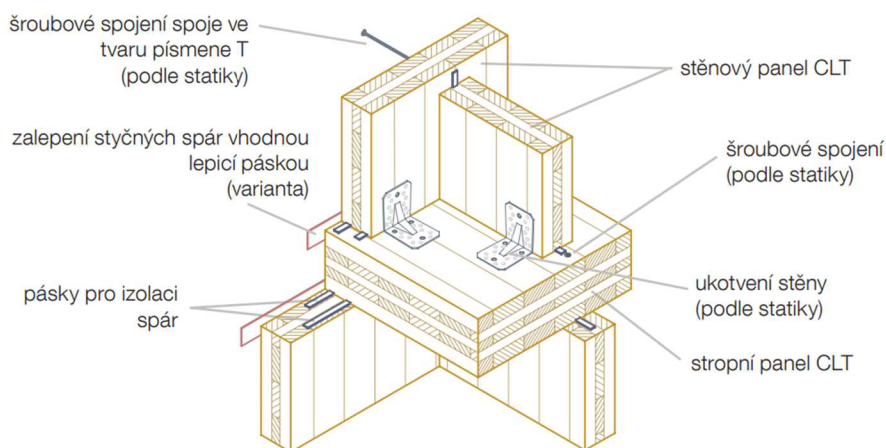


Obrázek 9 Podélné nastavení panelu

(<https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>, 31.03.2022)

3.5.4 Napojení stropního panelu

Panely lze provádět jako balloon frame, nebo platform frame konstrukce. Dle typu se liší konstrukce. Balloon frame se usazuje na kovový úhelník nebo na stropnici. Z důvodů omezených rozměrů se více využívá platform frame. Jednotlivé prvky jsou kotveny pomocí vrutů a vzduchotěsnost je zajištěna páskou pro izolaci spár a lepicí páskou (Pavlas, 2016).

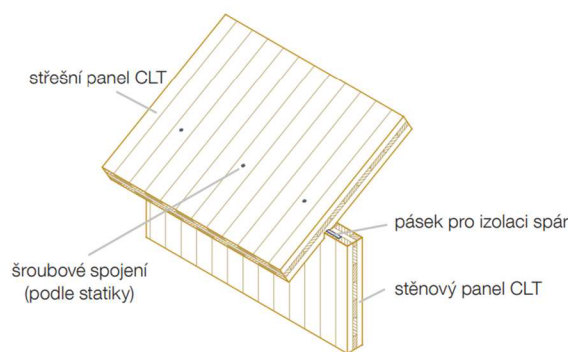


Obrázek 10 Napojení stropního panelu

(<https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>, 31.03.2022)

3.5.5 Střešní napojení panelu

Stavby z CLT panelů často využívají krovové konstrukce, ale lze využít i samotný CLT panel. Panel se osazuje na stěnu, takzvaně na tupo, kdy je seříznutá stěna pod úhlem, nebo na zářez podobný osedlání u krokve. Typ spoje a množství spojovacích prostředků se určí dle statických výpočtů. Přesah střechy může být tvořen samotným CLT panelem, nebo falešnými krokvemi. Spoj panelů u hřebene se provádí na pokos, nebo na tupo. Panely jsou vzájemně kotveny vruty a vzduchotěsnost je zajištěna páskou (www.cltsk.info).

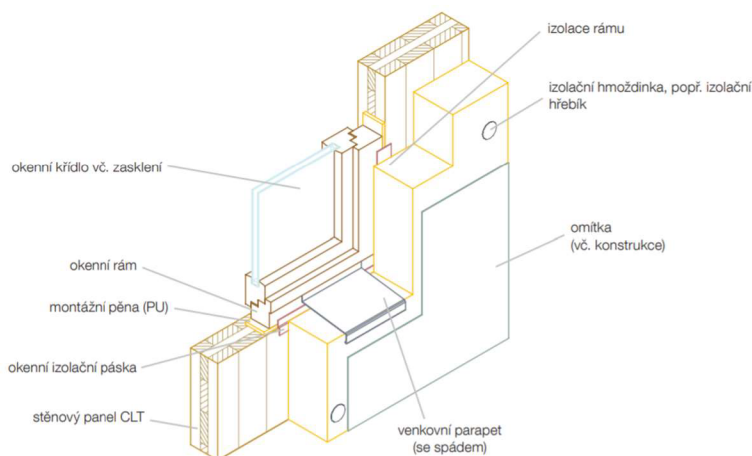


Obrázek 11 Stropní CLT panel

(<https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>, 31.03.2022)

3.5.6 Napojení oken, balkonových a vchodových dveří.

Pro napojení oken a panelu se využívají klasické spojovací prostředky pro upevňování oken například turbošrouby, nebo kotvící plechy. Upevnění se volí dle výrobce nebo statiky. Napojení musí zajistit vzduchotěsnost, stabilitu a nesmí tvořit tepelné mosty. Díky přesnosti CNC opracování není zapotřebí pro okenní otvor počítat s velkou nadmírou, díky tomu je připojovací spára menší. Pro izolaci připojovací spáry se využívá montážní polyuretanová pěna, nebo komprimační páska. Vzduchotěsnost zajišťuje okenní izolační páska, nebo prolepení okenní folie. Speciální montáž je pomocí multifunkční těsnící pásky, která je vevnitř neprodyšná, větru vzdorná a zvukotěsná (www.cltsk.info).

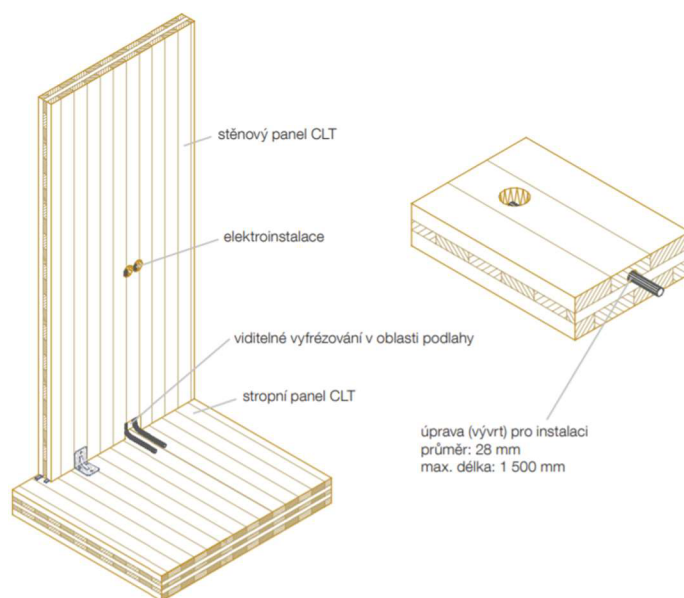


Obrázek 12 Detail napojení okna

(<https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>, 31.03.2022)

3.5.7 Elektroinstalace

Elektroinstalace ve stěnových panelech může být vedena v drážce nebo v otvoru. Drážka je frézovaná pomocí stopkové frézy a oproti otvoru umožňuje změnu směru vedení. Vedení pomocí drážky se využívá u CLT panelů, které jsou nepohledové, kde je drážka skryta například pod sádkartonem. U pohledových panelů se elektroinstalace vede v otvoru zhotoveným vrtákem. Hloubka vývrtu je omezena délkou vrtáku. Pro napojení elektroinstalace do vývrtu, se v oblasti podlahy vyfrézuje drážka. Vedení elektroinstalace k vypínači lze provést v drážce v ostění dveřního otvoru a následněm vývrtu směrem k umístění vypínače. Drážka bude později zakryta dveřním rámem. Při zhotovení elektroinstalace nesmí dojít k narušení vzduchotěsnosti obvodového panelu (www.cltsk.info).



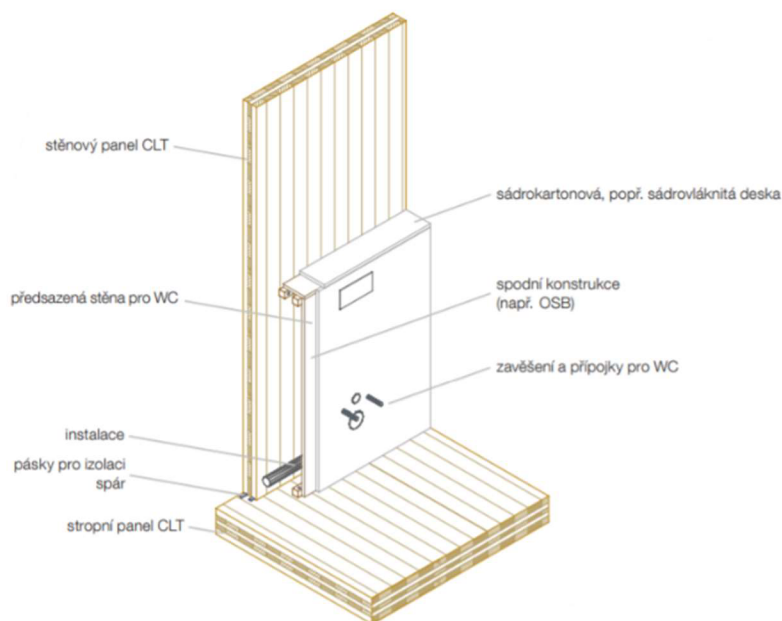
Obrázek 13 Vedení elektroinstalace

(<https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>, 31.03.2022)

3.5.8 Sanitární technika

Z důvodu větší tloušťky se sanitární technika umísťuje do instalační předstěny. Pro instalaci WC modulu je zapotřebí tloušťka předsazené stěny 160 až 200 mm dle výrobce. Pro instalaci umyvadla je zhotovena v instalační předstěně odnímatelná část pro dodatečné připojovací práce. Předstěna je opláštěna zeleným

sádkartonem do vlhkých prostor, nebo sádrovláknitými deskami. Vedení instalace musí být akusticky odděleno od konstrukční části (Pavlas, 2016).



Obrázek 14 Předstěna pro WC blok

(<https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>, 31.03.2022)

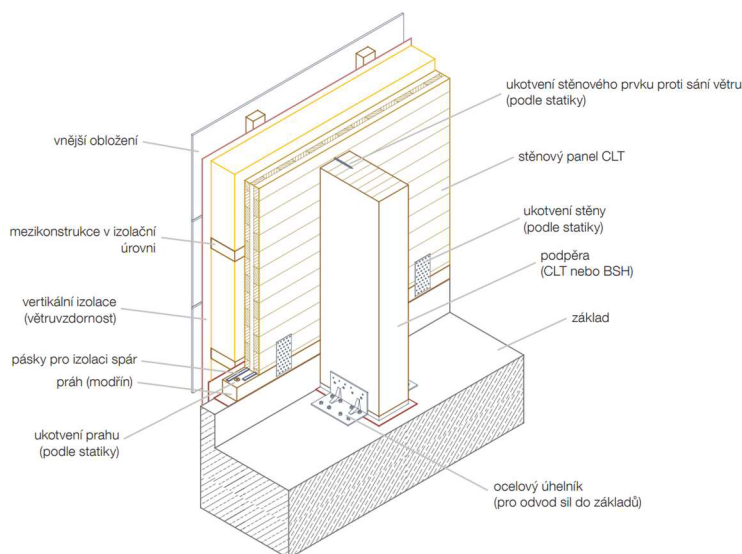
3.5.9 Prostup komínu

U dřevostaveb z CLT panelů je nezbytné věnovat pozornost především provedení komínů, kouřovodů, ale i spotřebičů, které mohou být příčinou požáru. Nejčastěji se využívají vícevrstvé systémy, kde vzdálenost povrchu od hořlavých stavebních dílců je 50–100 mm v odvětrávaném prostoru. Pro prostupy stropním nebo stěnovým panelem je nutné použít certifikované bezpečnostní nehořlavé prostupy, které oddělí komín a dřevěnou konstrukci. Spotřebiče stojící na podlaze musí být osazené na dostatečně velké nehořlavé podložce (Veverka, 2008).

3.5.10 Konstrukce průmyslových staveb

Jelikož se jedná o panelový systém, tak pro přemostění větších rozponů je velká spotřeba materiálu, která je neúměrná k nárůstu mechanických vlastností. Pro přemostění více než 6 m se využívá kombinace s lepenými nosníky, které přenášejí zatížení. CLT panel je spojen s nosníky pomocí vrutů a zajišťuje tuhost stavby, vzduchotěsnost a částečně tepelnou izolaci. Výběr a rozmístění kotvicích prvků se

provádí dle statiky. Síly působící na CLT panel je nutné převést do podpěry pomocí celozávitových šroubů (Pavlas, 2016).



Obrázek 15 Konstrukce průmyslových staveb

(<https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>, 31.03.2022)

3.6 Možnosti využití

3.6.1 Rodinné domy

Volba konstrukčního systému vychází z potřeb daného projektu. Nelze určit typ konstrukce bez ohledu na požadavky a podmínky. Konstrukční systémy lze kombinovat pro lepší výsledné vlastnosti. CLT panely se nejčastěji kombinují se sloupkovou konstrukcí, nebo s trémovými stropy. Největší uplatnění této technologie je právě u rodinných domů.

Oproti ostatním typům konstrukcí nabízí křížem lepené panely řadu výhod. Nejčastěji se využívá přiznaná konstrukce, kdy architekti s oblibou využívají texturu dřeva jako výrazný interiérový prvek. CLT technologie se uplatňuje u domů v pasivním standardu, u nichž jsou vyšší požadavky na kvalitu konstrukce.

Za nevýhodu, zejména menších staveb, jsou považovány další náklady spojené s dopravou a s montáží pomocí jeřábu. Ceny rodinných domů z CLT panelů jsou zpravidla vyšší. Ve snaze o snížení nákladů je řada projektů realizována v kombinaci s trémovými stropy, vazníkovou konstrukcí, nebo klasickými krovky (Pavlas, 2016).



Obrázek 16 Rodinný dům z CLT panelů

(<https://www.asb-portal.cz/architektura/rodinne-domy/drevostavby/stavime-pasivni-drevostavbu/attachment/68982-5b434528b5351>, 31.03.2022)

3.6.2 Vícepodlažní budovy

Technické vlastnosti CLT panelů dovolují výstavbu mimo rodinných domů i vícepodlažní budovy. Výhodou je především vysoká prostorová tuhost, akustické vlastnosti panelů, požární odolnost a nižší hmotnost celkové konstrukce. Významným bodem pro výběr CLT technologie je vysoká rychlost výstavby, nízké prostorové nároky na staveniště a snadná montáž. CLT panely mohou být plnohodnotnou alternativou k zděné konstrukci, nebo železobetonové konstrukci. Oproti těmto konstrukcím křížem vrstvené panely mají výhodu nižší ekologické zátěže budovy (Pavlas, 2016).

Jednou z prvních moderních výškových budov z CLT panelů je Stadthaus, jedná se o 30 metrů vysokou, devítipatrovou budovu. Stadthaus je výsledkem architektonické kanceláře Waugh Thistleton a objekt se nachází v Hackney v Londýně. Kromě nosných stěn a stropních desek jsou celodřevěné výtahové šachty i schodiště. Výstavba byla dokončena v roce 2009. Roku 2012 nejvyšší budovou z křížem vrstvených panelů se stala rezidenční výšková budova v australském městě Melbourne s výškou 32,2 m. Od roku 2015 byla nevyšší dřevěná budova s názvem The Tree s výškou 52,8 m, na rozdíl od předchozích kombinuje konstrukci lepeného lamelového dřeva a CLT panelů. V roce 2017 The Tree překonala studentská rezidence Brock Commons s výškou 57,9 m ve Vancouveru (www.mezistromy.cz).

Dnešní nejvyšší dřevěnou výškovou budovou je Mjøstårnet v Brumunddal v Norsku. Budova je výsledkem práce Voll Arkitektur, HENT a Moelven Limtre. Osmnácti patrová budova dosahuje výšky 85,4 m. Jedná se o kombinaci CLT a GLT technologie. GLT panely jsou podobně vrstvené panely jako CLT pouze mají všechny vrstvy orientované stejným směrem. Pro 12. až 18. patro jsou využity betonové podlahové desky pro zajištění stability budovy (guinnessworldrecords.com).



Obrázek 17 Mjøstårnet

(<https://www.skyscrapercenter.com/building/mjostarnet/26866>, 31.03.2022)

HoHo Wien s výškou 84 m je druhá nejvyšší dřevěná budova. V 24 patrech se nachází byty, kanceláře, hotel, posilovna a restaurace. Budova je kombinací betonového jádra a konstrukce CLT panelů. Díky využití dřeva se při výstavbě ušetřilo až 2800 t CO₂ (www.hoho-wien.at).



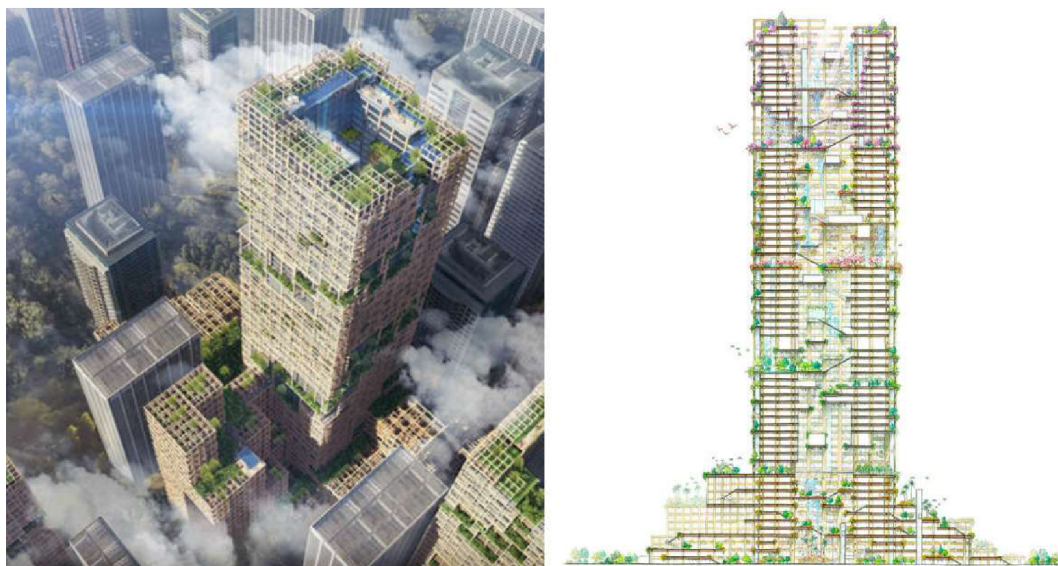
Obrázek 18 HoHo Wien

(<https://www.woschitzgroup.com/projekte/hoho-wien-holzhoehhaus/>, 31.03.2022)

Ascent MKE se začala stavět v srpnu 2020 v Milwaukee v USA. Dle aktualizovaného projektu se bude jednat o 25 podlažní budovu s výškou 86,56 m. Dokončení je plánováno v červenci roku 2022. S touto výškou se stane nejvyšší realizovanou dřevěnou budovou světa (www.ctbuh.org).

Maximální výška staveb na bázi dřeva se stále zvyšuje a tento trend bude nadále pokračovat. Ve fázi plánování nebo průzkumu je spousta zajímavých projektů, některé i přesahující výšku 300 m. Za zmínku stojí například Woho v Berlíně s plánovanou výškou 98 m, Trätoppen ve Stockholmu, nebo The Dutch Mountains I. a II. s plánovanou výškou 150 m.

Mezi nejambicióznější projekty patří mrakodrapy River Beech Tower s plánovanou výškou 228 m, Oakwood Tower s plánovanou výškou 304,8 m a W350 Project s plánovanou výškou 350 m a 70 podlažími (en.wikipedia.org).



Obrázek 19 W 350 Project

(<https://www.spoon-tamago.com/2018/02/11/japan-w350-wooden-skyscraper/>, 31.03.2022)

W350 Project je plánován v centru Tokia v Japonsku. Je předpokládáno, že bude z 90 % ze dřeva a 10 % z oceli. Ocelové výztuže budou použity pro zvýšení odolnosti proti větru a seismické aktivitě, která je v této oblasti častá. Cena výstavby se odhaduje na 117 mdl. Kč (Čapka, 2018, on-line).

V České republice nelze realizovat výškové budovy z důvodu omezení normami. Jelikož prvky na bázi dřeva spadají dle normy ČSN 73 0862 – stanovení stupně hořlavosti stavebních hmot do kategorie DP2 nebo DP3, nesmí dřevostavby, dle normy ČSN 73 0810 – požární bezpečnost staveb – společná ustanovení,

přesáhnout požární výšku 9 nebo 12 m. Požární výška 12 m je pouze pro objekty s chráněnou požární únikovou cestou z materiálů skupiny DP1. Požární výška není celkovou výškou budovy, jedná se o vzdálenost od podlahy nejnižšího nadzemního patra po podlahu nejvyššího patra (Pavlas, 2016).

3.6.3 Speciální

Konstrukce z masivního křížem lepeného dřeva lze využít i ve specifických případech, pro které nebylo původně zamýšleno. Jedná se o atypické stavby malých i velkých rozměrů, nebo doplňující architektonické prvky budov.

Dřevěný lyžař Edy jedná se nejvyšší podobu Lyžaře na světě. Nachází se ve švýcarském lyžařském středisku Svatý Mořic. Lyžař je ve sjezdovém postoji a na výšku měří 19 m a jeho lyže jsou dlouhé 15 m. Na projektu spolupracovali architekt Hermann Blumer, pověstný odvážnými projekty, a firma NOVATOP. Pro opláštění bylo využito speciálně vyrobených trojúhelníkových CLT panelů. Edy se skládá z 637 originálních trojúhelníků vyrobených v České republice (www.drevoastavby.cz).



Obrázek 20 Lyžař Edy

(<https://www.estav.cz/cz/4748.nejvetsi-lyzar-sveta-meri-19-m-a-je-z-novatopu>, 31.03.2022)

Dřevěná věž Hannover plní funkci větrné turbíny a dosahuje výšky 100 m. Je vyrobena z lepeného lamelového dřeva a opláštěna CLT panely. Stavba splňuje současné německé požadavky na protipožární ochranu, certifikaci a pojištění. Odhadovaná životnost je minimálně 20 let, po vypršení lze dřevo snadno recyklovat. Dřevo zde bylo vybráno pro snížení environmentálních dopadů na

životní prostředí. Dřevěná větrná turbína v Hannoveru je zkušebním projektem výrobce pro následnou sériovou výrobu (Pavlas, 2016).



Obrázek 21 Větrná turbína Hannover

(<https://inhabitat.com/timbertower-the-worlds-first-wooden-wind-turbine-erected-in-germany/timbertower-germany-1/>, 31.03.2022)

Křížem lepené panely jsou pro hlavní nosnou konstrukci haly nevhodné, pro přemostění několika desítek metrů by byla zapotřebí velká tloušťka panelu. CLT panely se využívají v kombinaci s lepenými dřevěnými nosníky, nebo s ocelovou konstrukcí. CLT panely v tomto případě zajišťují tuhost. Příkladem je sportovní hala Studenzen, kde je využito předepnutých ocelových lan a CLT panelů (Pavlas, 2016).



Obrázek 22 Hala Studenzen

(http://www.x-lam.cz/data/images/Sporthalle_8_72dpi.jpg, 31.03.2022)

Rakouská vyhlídková věž Schneckén v Korneuburgu je součástí muzea fosilií Fossilienwelt. Je vysoká 17 m a je inspirovaná fosilií plže. Hlavní nosnou

konstrukcí je ocelový sloup, kolem kterého je zavěšena konstrukce převážně z CLT panelů (Daňková, 2019, on-line).



Obrázek 23 Věž Schnecken v Korneuburgu

(<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/5482-drevostavby-z-clt-panelu-vrstveneho-masivniho-dreva>, 31.03.2022)

Setas de Sevilla neboli Metropol Parasol je dřevěná stavba nacházející se ve španělském městě Seville. Byla navržena německým architektem Jürgenem Mayerem a patří k největším dřevěným konstrukcím na světě. Stavba byla dokončena v roce 2011. Skládá se z šesti spojených slunečníků připomínající houby. Inspirací pro konstrukci byly klenby katedrály v Seville a fikusové stromy. Střední část vynášející dřevěnou terasu tvoří ocelové prvky. Dřevěná konstrukce je tvořena ze speciálních masivních lepených panelů Kerto-Q. Tyto panely jsou tvořeny z křížem lepených dýh. Kerto-Q panely byly zvoleny pro dosažení požadovaných statických vlastností při malé tloušťce 7 až 22 cm. Pro ochranu dřeva byl zvolen novodobý polyuretanový nátěr, který je schopen ochránit dřevo až 25 let (Pavlas, 2016).



Obrázek 24 Setas de Sevilla

(<https://www.espanaguide.com/seville/metropol-parasol-setas-de-sevilla/>, 31.03.2022)

4 Metodika

Práce se zabývá kompletním zpracováním výrobní dokumentace pro realizaci dvoupodlažního domu. Dům je plánován jako panelová sloupková dřevostavba, pro kterou je vypracovaná dokumentace pro stavební povolení. Tato práce se zabývá vytvořením alternativní konstrukce podobné stavby z CLT panelů.

Výrobní dokumentace, někdy také nazývána dílenská, je specifickou formou dokumentace pro výrobu. Většinou tuto dokumentaci provádí realizační a dodavatelská firma. Na kvalitě této dokumentace závisí celkový výsledek prováděné stavby. Výrobní technik vytváří dokumentaci pro bezproblémovou montáž, kde každý nevyřešený problém ji výrazně prodlužuje a prodražuje. Tím vznikají zbytečně vyšší náklady na celkovou stavbu. Technik zajišťuje funkčnost a návaznost jednotlivých dílů stavby, montážních styků s ohledem na snadnost montáže, funkčnost a ochranu konstrukce. Výrobní dokumentace je posledním stupněm dokumentace před zahájením výroby. Jelikož CLT panely jsou vždy prefabrikovány. Výrobní dokumentace je vždy nutná pro samotnou prefabrikovanou výrobu panelů. Z výrobní dokumentace technik vytváří podkladní data pro opracování na CNC strojích. Technik tak musí znát omezení a postupy dané CNC výrobní linky.

Součástí výrobní dokumentace je i montážní dokumentace, kde jsou zakresleny a označeny jednotlivé panely. Slouží pro snadnou orientaci a rychlou bezproblémovou montáž stavby. Dokumentace zahrnuje jasné a srozumitelné detaily náročnějších spojů pro snadnou a rychlou realizaci.

Výrobní dokumentace pro dřevostavbu z CLT panelů většinou zajišťuje samotná vybraná realizační firma na základě dokumentace pro stavební povolení.

5 Praktická část

Výrobní dokumentace plynule navazuje na dokumentaci pro stavební povolení. Začíná se vytvářet po udělení stavebního povolení daným stavebním úřadem.

5.1 Vynesení půdorysu

Pro vytvoření výrobní dokumentace se používají 3D softwary například SEMA software, nebo CADwork s možností výstupu pro CNC stroje. Stavební povolení je nejčastěji rýsováno v čárových aplikacích CAD. Pro výměnu podkladů se využívá export v souborech dxf nebo dwg. Výrobní dokumentaci lze vytvořit i z tištěných výkresů, nebo pdf souborů, tyto soubory však musí být řádně okótovány. Využití dxf, nebo dwg souborů značně ulehčuje a zrychluje práci. Je zde také menší riziko chyb. Pro vytvoření výrobní dokumentace rodinného domu jsou zapotřebí především výkresy koordinační situace stavby, půdorysy přízemí a dalších pater, pohledy, řez, rozvody ZTI, půdorys ústředního vytápění a výkres elektroinstalace. Tyto výkresy zpracovávají autorizovaní inženýři nebo technici.

Po přenesení projektové dokumentace do jednotlivých podkladních hladin se ve 2D dokumentaci půdorys obrísuje příslušnými stěnami, které mají definovanou pohledovou kvalitu, typy ukončení a tloušťku s výškou pro 3D modelování. U těchto stěn se rozlišuje pořadí obráběných ploch, zda je obráběna první vnitřní nebo vnější strana. Dle těchto stran se dále volí jednotlivé operace. Pro pohledovou kvalitu CLT panelů nelze zvolit obrábění řetězovou dlabačkou nebo řetězovou pilou z důvodu znečištění olejem. Jsou zde i vyšší nároky na kvalitu opracované hrany. Vyšší kvality docílíme snížením rychlosti posuvu stroje. Dle koordinační situace se umístí značka pro jeřáb na odhadované místo dle příjezdové cesty, v našem případě na jižní stranu. Průběžný, či neprůběžný typ spoje se volí s ohledem na statiku a snadnost montáže. Odhadovaná poslední stěna by měla zaklopit celé patro. Vsouvání poslední stěny mezi dvě průběžné lze, ale z pohledu montáže je to náročné. Poslední stěna by měla mít alespoň jeden konec průběžný, nejlépe však oba. Stěny delší než cca 12 m, se z důvodu dopravy rozdělují na více dílů, kde tak vznikne podélný spoj.

Předstěny se vytváří pro umístění bloků pro umyvadlo a závěsné WC. Využívají se z důvodu potřeby tlustší stěny. Silnější stěnu z CLT panelu lze zhotovit, ale negativně se to projeví na ceně a užité ploše objektu. Předstěny bývají z dřevěné sloupkové konstrukce. Výhodou je zde téměř libovolné rozmístění sloupků dle požadavků daných bloků, například pro konstrukci závěsného WC od firmy Geberit je zapotřebí vzdálenost mezi sloupky min 500 mm. Předstěna je opláštěna sádrovláknitými nebo sádrokartonovými deskami. Do místností s předpokládanou zvýšenou vlhkostí se využívají zelené impregnované sádrokartony do vlhkých prostor. Pro snadnou montáž se z přední strany zhotovuje odnímatelný dekl. Tento dekl je pouze přivrtán vruty, nikoli přistřílen sponami. Předstěny mohou být prefabrikované, nebo zhotoveny na stavbě.

5.2 Stavební otvory

Okna usazujeme z předem zvolených typů, zda se jedná o dvoukřídlé, jednokřídlé, s roletou, s žaluzií... Pro správné umístění stavebního otvoru pro okna se zadává výška parapetu, výška a šířka okna. Jelikož CLT panely se obrábějí na CNC strojích, je zde vysoká přesnost a pravoúhlost okenního otvoru, proto zde není zapotřebí velká nadmíra od objednánoho rozměru. Zpravidla se využívá nadmíra 20 až 30 mm. Výška parapetu se vypočítává dle tloušťky podlahy. V půdorysu od projektanta je výška parapetu uváděna pod kótovací čarou v závorce za výškou otvoru. Tato výška parapetu je však od čisté podlahy. Námí zadávaná výška je výška od spodní hrany panelu, neboli od hrubé podlahy. V našem případě je zvolena podlaha tloušťky 160 mm. Například u okna č. 2 je výška parapetu v projektu 885 mm. Námí zadávaná výška parapetu je 1005 mm. Skládá se z výšky parapetu z projektu 885 mm plus tloušťka podlahy 160 mm mínus 40 mm pro osazení parapetu. Výška spodního parapetu u balkonových a vchodových dveří je pro 160 mm podlahu 121 mm a pro bezbariérový přístup při stejné tloušťce podlahy 112 mm. Tyto rozměry jsou doporučovány dodavatelem oken. Výška a šířka stavebního otvoru lze přepsat z projektu. Dobré je provést kontrolu dle objednánoho rozměru ze seznamu truhlářských výrobků, nebo popisu. Rozměry pro HS portál se vynášejí dle výkresové dokumentace daného typu od dodavatele.

Zhotovení otvorů pro interiérové dveře. Nejčastěji je využívána obložková zárubeň. Otvor ve spodní části je průběžný až k hrubé podlaze v kombinaci s nižší výškou panelu a vyššími dveřmi 2100 mm se pro zajištění pevnosti při manipulaci zachovává cca 100 mm spodní práh, který se na stavbě vyřízne. Výška stavebního otvoru je tloušťka podlahy 160 mm plus výška dveří, v našem případě 2100 mm, plus 40 mm pro osazení. V našem případě bude výška otvoru pro dveře 2300 mm od hrubé podlahy. Šířka otvoru vychází ze světlosti dveří plus 50 mm na každou stranu, například pro světlost dveří 800 mm se vytvoří stavební otvor o čisté šířce 900 mm.

5.3 Technika prostředí

Umístění rozvaděčů pro podlahové vytápění a elektrických rozvaděčů nalezneme ve výkresech technika prostředí – ústřední vytápění a technika prostředí – elektroinstalace. Pro rozvaděč podlahového vytápění musí být zhotovena předstěna ze sloupkové konstrukce, nebo musí být zvolena větší tloušťka CLT panelu. Minimální tloušťka CLT panelu pro osazení rozvaděče je 150 mm v závislosti na zvoleném rozvaděči podlahového topení. V našem případě je zvolen tepelný rozvaděč REHAU HKV D6 o rozměrech 605 mm x 730 mm x 130 mm v provedení na omítku. Otvor se vyfrézovává stopkovou frézou. U elektrického rozvaděče se zhotovuje vybrání v CLT panelu. V našem případě se jedná o rozvaděč 120 modulů o rozměrech 500 mm x 920 mm x 110 mm.

Elektroinstalace se rýsuje do samostatné hladiny elektro. Vedení elektroinstalace je prováděno v drážce, nebo v otvoru v závislosti na pohledovosti panelů. Vývrty pro elektroinstalaci jsou vytvořeny dle výkresu technika prostředí – elektroinstalace a výkresu kuchyně. Pokud není ve výkresu technika prostředí – elektroinstalace specifikována výška postupuje se dle doporučené normy ČSN 33 2130, např. zásuvky min 200 mm většina lidí preferuje 300 mm, vypínače 900 mm až 1200 mm nejčastěji však 1050 mm. Tyto rozměry jsou od čisté podlahy. Osová vzdálenost vícenásobných zásuvek je 70 mm s maximální počtem 3 zásuvky v řadě. Další krabička pro zásuvky je osově vzdálena 140 mm. Vícenásobné krabičky nevyhovují protipožární ochraně. Vývrt nesmí být v těsné blízkosti namáhaného stavebního otvoru. Minimální vzdálenost určuje statik. Jelikož výška vývrtů je

zadávana od hrubé podlahy, musí se přičíst tloušťka podlahy. Vedení v drážce vyfrézováva stopková fréza. Toto se provádí u nepohledové kvality CLT panelů. Vrtání se provádí u pohledové konstrukce a je omezeno délkou vrtáku 1500 mm. Jelikož výška panelu zpravidla nebývá vyšší než 3 m, lze vrtáním z obou stran zhotovit průběžný otvor. Pro vyvedení kabelu z CLT panelu vyvrtaného otvoru, se vytváří ve spodní či horní části vyfrézování. Z důvodu protipožární ochrany nelze umístit zásuvky proti sobě. Pro naši stavbu je zvoleno vedení elektroinstalace v podhledu.

Rozvody vody a topení se provádí v podlaze a jsou zhotovovány až na stavbě. Ve výrobě se provádí pouze příprava prostupů a stoupaček. Podklady pro vedení instalace vody se nachází ve výkresu technika prostředí – zdravotní instalace půdorys rozvodů ZTI. Rozvody topení jsou zakresleny ve výkresu technika prostředí – ústřední vytápění půdorys. Projektanti se snaží vést topení a vodu v místě dveří, ne vždy toto lze takto řešit a je jednodušší vyhotovit prostup. Tímto se ušetří zbytečné další přidávání operací ve výrobě.

5.4 Statické prvky

Statické prvky se přidávají ze statického stanoviska. Nejčastěji se jedná o statické tahové kotvy pro zajištění obvodového panelu. Některé statické kotvy se zafrézovávají přímo do CLT panelu. Záleží na zvoleném typu a postupu realizační firmy. Za statické prvky lze dále považovat přidané statické sloupky, počet vrutů a překlady. Překlady nejčastěji jsou z lepeného masivního dřeva, CLT, nebo GLT. Pro více namáhané překlady lze využít i ocelových I nebo H nosníků. Pro překlady se vytváří příprava v CLT panelu dle stanoviska.

5.5 Značení oken a panelů

Značení oken se provádí pro snadnější orientaci ve výrobních výkresech. Číslování vychází ze seznamu truhlářských výrobků, nebo popisu. V našem případě jsou okna značena v trojúhelnících. Dle těchto pozic se řídí montážníci oken. Montáž oken může probíhat na výrobní hale nebo přímo na staveništi.

Značení panelů se provádí pro snadnější montáž na stavbě. Značení začíná od nejvzdálenějšího spodního panelu od jeřábu. Pro zvýšení stability první dva

panely tvoří vzájemně písmeno L nebo T. Dále se postupuje stěnami směrem k jeřábu tak, aby při montáži jeřábník viděl na umístění panelu. Poslední CLT panel daného podlaží je navrhnut tak, aby celé patro zaklopil, nikoliv byl vsunut. Tímto způsobem se pokračuje i při značení stropních a stěnových panelů dalších pater. V našem případě jsou stěny značeny číslem v kruhu. Pokud jsou prefabrikovány i předstěny ze sloupkové konstrukce, značí se také tímto číslem. Dle značení probíhá v opačném pořadí výroba a také nakládka. V případech nedostupného terénu, kde se nedostane dlouhé nákladní auto, je zapotřebí rozdělit dlouhé panely pro případnou překládku. Případnou překládku sděluje stavby vedoucí.

5.6 Střešní konstrukce

U staveb z CLT panelů se nejčastěji využívají vazníky, krovové soustavy, nebo střešní CLT panely. Dimenzování a rozmístění prvků zhotovuje autorizovaný projektant a statik. U krovové konstrukce výrobní technik volí nspecifikované konstrukční spoje. Spoje se volí dle osazených nástrojů na CNC obráběcím centru.



Obrázek 25 3D model krovu

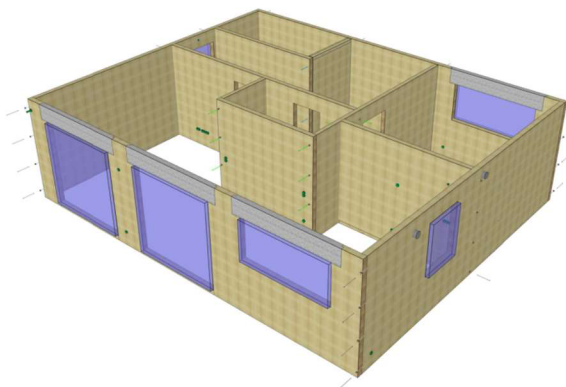
(vlastní tvorba)

Dále označí jednotlivé dílce pro montáž na stavbě. Dimenzi prvků, konstrukci vazníku a zavětrování navrhuje statik. Výrobní technik pouze označí postup instalace vazníků a přenesse do řezu pro rozvržení laťování střechy. Rozmístění

laťování se provádí dle výrobce střešní krytiny. V našem případě se jedná o firmu Bramac, která doporučuje spodní lať umístit na výšku a druhou lať umístit na ležato a horní hranu 280 mm od spodní hrany první latě. Horní hrana vrchní lať je vzdálena 40 mm od vrcholu. Rozmístění se vypočítá dle tabulky udávané výrobcem. Hlavním faktorem je sklon střechy a typ krytiny. Délka latí se volí dle dostupných délek na skladě, přesah latí přes krovek je doporučen o 200 mm. Dále se vypočte počet latí pro danou střechu.

5.7 3D modelování

Vymodelování ve 3D probíhá v různých programech odlišně. Nejčastěji se využívá přenesení půdorysu z 2D do 3D. Tyto schránky stěny mohou mít definovanou výšku, šířku a typ již z 2D půdorysu. Dále se označí schránky stěn a přidají se výrobní čísla dle označení ve 2D. Po přidání výrobních čísel se provede přidání prvků elementace dle zvolených předdefinovaných detailů. Tento automatický výpočet není vždy 100%. Je zde nutná postupná úprava jednotlivých panelů a spojů.



Obrázek 26 3D model 1NP

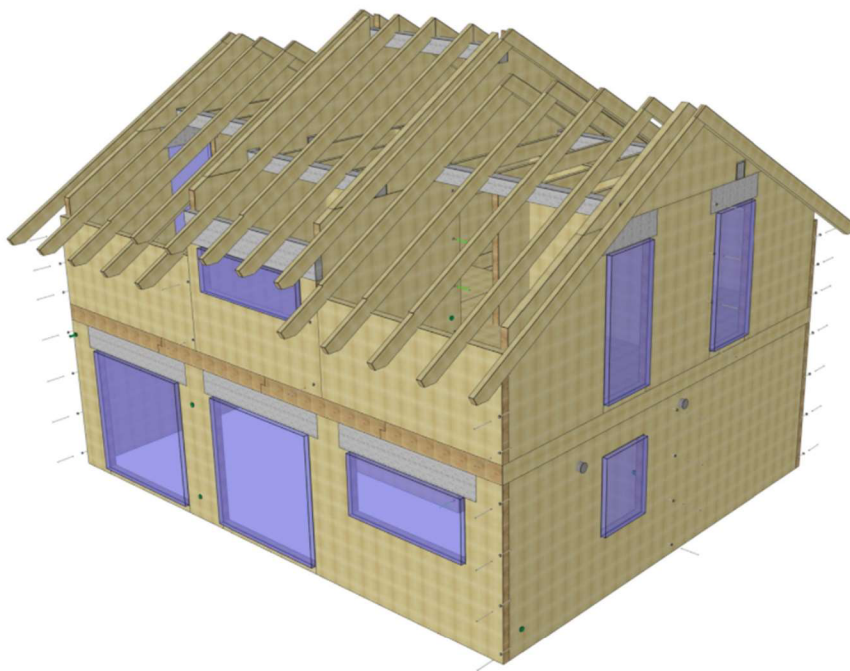
(vlastní tvorba)

Opláštění panelů se přidá dle zvoleného typu stěny. Jednotlivé latě dřevěného roštu jsou rozmístěny v násobcích 625 mm. Tento rozměr je odvozen od rozměrů OSB nebo SDK desky. Tyto desky se nejčastěji vyrábí v šířce 1250 mm. Na tento rozměr je zapotřebí jednotlivé desky naformátovat.

Vynesení elektroinstalace ve 3D se provádí v odlišné hladině než CLT panely. Vynesení je možné z 2D půdorysu. Pokud se jedná o stejný program

například z CADWORK 2d do CADWORK 3d je vynesena i výška v ose Z. Pokud se jedná o rozdílný software od různých výrobců, je zapotřebí definovat výšku a průměr otvorů, v našem případě otvor pro krabičku zásuvky je o průměru 68 mm a o hloubce 50 mm. Tento rozměr je stanoven z důvodu protipožární ochrany. Po vynesení se přiřadí jednotlivé vývrty k příslušným podskupinám jednotlivých stěn. Funkcí řezat se vytvoří pomocí řezných těles dané otvory v jednotlivých panelech.

Přenesení statiky se provádí z půdorysu, nebo vytvoření pomocí prutů ve 3D softwaru. Prvky se dále označí a přiřadí do jednotlivých stavebních podskupin příslušných stěn. Pomocí řezných těles se vyhotoví zářezy pro tahové kotvy, překlady a statické sloupky se zhotoví dle zašlých výrobních detailů dané realizační firmy.



Obrázek 27 3D model dřevostavby z CLT panelu

(vlastní tvorba)

5.8 Určení těžiště a způsob manipulace

Správné určení těžiště je možné, pokud všechny započítané materiály mají definovanou objemovou tíhu. Objemová tíha se zadává v kN/m^3 . Toto číslo lze přepočítat z objemové hmotnosti kg/m^3 . Objemová tíha CLT panelu je 4,7 až 4,9

kN/m^3 . Podobné hodnoty jsou pro KVH, BSH, nebo rostlé uměle sušené dřevo. Sádrokartonové desky mají objemovou tíhu $7,5 \text{ kN/m}^3$ a OSB desky $6,7 \text{ kN/m}^3$ (Remeš 2014).

Výpočet se provádí ve zvoleném softwaru dle jednotlivých stavebních podskupin. Manipulace je možná pomocí vývrtů, vrutů na stavbě, nebo pomocí otvorů. Vývrty pro manipulaci se zhotovují dle délky a hmotnosti panelu. Pro panely kratší než 5 m a s hmotností do 1000 kg se zhotovuje pouze jeden vývrt v bodě těžiště. Pro panely delší než 5 m nebo s hmotností do 1400 kg se zhotovují 4 vývrty bodově symetrické přes těžiště. První dvojice otvorů je vzdálena od těžiště 500 až 1500 mm. Druhá dvojice je vzdálená 2000 až 2500 mm od těžiště. Pro panely s hmotností nad 1400 kg se zhotovuje 6 vývrtů. Z počátku se postupuje jako pro panely s čtyřmi vývrty, pouze se přidají 2 vývrty na každé straně vzdálené minimálně 250 mm od vývrtu. Vývrty se umísťují mimo vyfrézovaných drážek například pro elektroinstalaci. Otvory se vytvářejí pouze u nepohledových CLT panelů. Rozmísťují se do 3 m od těžiště. Pro montáž panelů s těmito otvory se na stavbě provlékne lano. Další způsob je pomocí vrutů s talířovou hlavou, které se navrtají rázovým utahovákem na stavbě. Vruty musí být bodově symetrické přes vyznačené těžiště. Maximální zatížení závěsných vrutů zašroubovaných do hloubky 145 mm je dané jejich únosností. Jeden vrut při šroubování kolmo k vláknům má únosnost 850 kg a jeden vrut při šroubování podélně k vláknům má únosnost 260 kg. Počet vrutů na jeden panel se stanoví dle únosnosti jednotlivých vrutů. Nejčastěji se využívají 2 vruty na jeden manipulovaný panel. Panely se umísťují pomocí speciálních háků. Po usazení panelu na místo se vruty odstraňují.

5.9 Kontrola kolize a export jednotlivých stěn

Kontrola kolize jednotlivých prvků se provádí po dokončení rýsování před exportem dat. Nejdříve se provádí kontrola pouze CLT panelů. Dále se provádí kontrola kolize všech prvků. Při zjištění kolize je nutné daný detail upravit.

Vytvoření výkresů jednotlivých stěn se provádí exportem dle jednotlivých podskupin z 3D modelu. Dané výkresy slouží k výrobě a následné kontrole jednotlivých panelů. Ve výkresech musí být řádně okótovány všechny stavební otvory, prostupy a vývrty. CLT panely musí být okótovány tak, aby byla možná

ruční výroba. Součástí těchto výkresů jsou výrobní čísla jednotlivých panelů, pohledovost CLT panelu a celkové rozměry panelu.

5.10 Nakládka a doprava

Přeprava na stanoviště je standardně zajištěna kamionovou dopravou v krytých návěsech, které panely chrání před povětrnostními vlivy. Nakládka probíhá v opačném pořadí dle čísel panelů. Maximální délka balíku je 12 m. Jedná se o číslo odvozené od maximální délky ložné plochy návěsu. Panely se většinou z rozměrových důvodů převáží na výšku. Při dopravě a montáži se musí dbát na ochranu CLT panelů před povětrnostními vlivy, zejména u panelů s pohledovou kvalitou. Působení vody může způsobit optické vady vrchní vrstvy. Krátkodobé zvýšení vlhkosti nemá vliv na výsledné mechanické vlastnosti a technickou funkčnost. Dokud nebude zajištěna ochrana proti dešti, hrubá stavba musí být chráněna foliemi nebo plachtami.

V praktické části jsem vycházel z vnitřních směrnic firem zabývajících se výrobou CLT panelů zejména firem STORA ENSO WOOD PRODUCTS ŽDÍREC s.r.o. a AGROP NOVA a.s., dále z vnitřní směrnice firmy HAAS FERTIGBAU s.r.o., která se zabývá panelovou výrobou dřevostaveb sloupkové konstrukce.

6 Diskuze

Podobnou stavbu lze realizovat dalšími systémy dřevostaveb nebo zděnými stavbami. Podobná dřevostavba byla projektována a realizována sloupkovou konstrukcí. Tato práce zpracovává podobnou stavbu z CLT panelů. V porovnání se sloupkovou konstrukcí se u staveb z CLT panelů využije více dřevní hmoty a konstrukce je o trochu dražší. Díky křížem lepeným vrstvám se zlepšila rozměrová stálost a tuhost celé konstrukce. Využití CLT panelů pozitivně ovlivnilo užitnou plochu při podobném půdorysu. Zvýšení užité plochy mělo za následek menší tloušťku vnitřních stěn. Dále při zachování celkových rozměrů domu se zmenšila potřebná základová deska o 80 mm z každé strany. Výhodou je i změnění konstrukce z difúzně uzavřené na difúzně otevřenou. Oproti zděným stavbám a neprefabrikovaný dřevostavbám je výrazně rychlejší montáž srovnatelná s panelovými sloupkovými systémy. V porovnání se sloupkovou konstrukcí mají dřevostavby z CLT panelů jednodušší konstrukční detaily, které minimalizují vznik tepelných mostů nebo porušení vzduchotěsnosti.

7 Závěr

Výsledkem bakalářské práce je přehled historického vývoje CLT staveb, přehled vlastností této technologie a jejich dnešní využití pro rodinné domy, vysoko podlažní budovy a speciální využití. Součástí bakalářské práce je výrobní dokumentace pro dvoupodlažní rodinný domek z CLT panelů. Práce podává ucelený postup při tvoření výrobní dokumentace od počátku, kdy vychází z dokumentace pro stavební povolení a řeší problémy při vytváření dokumentace pro prefabrikovanou výrobu. Ve výrobní dokumentaci jsou vyřešeny všechny konstrukční spoje, posloupnost montáže panelů a jejich jednotlivé tvary a rozměry s ohledem na snadnost montáže a konstrukční ochranu.

Pro vytvoření výrobní dokumentace byly použity programy AutoCAD a SEMA. Půdorys a jednotlivé panely byly rýsovány v AutoCAD pro 3D byl využit SEMA software. Dále byla zhotovena technická zpráva k zpracované výrobní dokumentaci.

8 Seznam použité literatury

Literatura

- BÖHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. *Materiály na bázi dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.
- GABRIEL, Ingo. *Dřevěné fasády: materiály, návrhy, realizace*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3819-2
- KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4071-3.
- PAVLAS, Marek. *Dřevostavby z vrstvených masivních panelů: technologie CLT*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-271-0055-2.
- REMEŠ, Josef. *Stavební příručka: to nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-5142-9.
- SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada, 2011. ISBN 478-80-247-2995-4.
- ŠTEFKO, Jozef, Ladislav REINPRECHT a Petr KUKLÍK. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 2., české vyd. Bratislava: Jaga, 2006. Můj dom. ISBN 80-807-6043-8.
- VAVERKA, Jiří, 2008. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 380 s. Stavitel. ISBN ISBN978-80-247-2205-4.

Internetové zdroje

- Ascent, Milwaukee, *Structurally Tops Out* [online], 2021. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.ctbuh.org/ascent-milwaukee-structurally-tops-out>
- BLAHA, Martin. *Omítky* [online]. Praha: Grada, 2004 [cit. 2022-03-24]. ISBN 80-247-0898-1.
- ČAPKA, Radomír, 2018. *V Japonsku vyroste nejvyšší dřevěný mrakodrap na světě*: Dřevařský magazín [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://drevmag.com/cs/2018/03/09/v-japonsku-vyrose-nejvyssi-dreveny-mrakodrap-na-svete/>

- BRANDNER, R., G. FLATSCHER, A. RINGHOFER, G. SCHICKHOFER a A. THIEL, 2016. *Cross laminated timber (CLT): overview and development*. European Journal of Wood and Wood Products [online]. 74(3), 331-351 [cit. 2022-03-29]. ISSN 0018-3768. Dostupné z: doi:10.1007/s00107-015-0999-5
- DAŇKOVÁ, Dana, 2019. *Dřevostavby z vrstvených masivních panelů - představujeme technologii CLT: DŘEVOstavby* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/5482-drevostavby-z-clt-panelu-vrstveneho-masivniho-dreva>
- FLATSCHER, Georg, Katarina BRATULIC a Gerhard SCHICKHOFER. *Experimental tests on cross-laminated timber joints and walls*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings [online]. 2015 [cit. 2022-03-19]. ISSN 0965-0911.
- HoHo Wien. HoHo Wien [online]. Wien: Kerbler Group, c2017 [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <http://www.hoho-wien.at/>
- SMOLA, Josef. *Léta rozvoje i nucený útlum – historie dřevostaveb v Česku* [online]. [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/stavba/drevostavby/leta-rozvoje-i-nuceny-utlum-historie-drevostaveb-v-cesku.aspx>
- List of tallest wooden buildings [online], 2018. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_tallest_wooden_buildings
- Nejvyšší dřevěné stavby světa. MeziStromi.cz [online]. 30. 11. 2017 [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/drevostavby/-nejvyssi-drevene-stavby-sveta/odborny>
- Největší lyžař světa měří 19 m a jmenuje se Edy: DŘEVOstavby [online], 2017. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/zajimavosti/4433-nejvetsi-lyzar-sveta-meri-19-m-a-jmenuje-se-edy>
- NOVATOP [online]. [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://novatop-system.cz/ke-stazeni/technicka-dokumentace/>

- Stora Enso Wood Products Building Solutions [online]. 2015 [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.cltsk.info/wp-content/uploads/2019/10/Kompletny-katalog-CLT.pdf>
- Tallest wooden building [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://guinnessworldrecords.com/world-records/79569-tallest-wooden-building/>

Normy

- ČSN EN 1995-1-1 (731701) - Eurokód 5: *Navrhování dřevěných konstrukcí Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- ČSN 73 0540-2 (730540) - *Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky.*
- ČSN 73 0810 (730810) *Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení.*
- ČSN 73 0862 (730862) *Stanovení stupně hořlavosti stavebních hmot.*
- ČSN 33 2130 (332130) *Elektrické instalace nízkého napětí.*

9 Seznam příloh

- Půdorys 1NP
- Půdorys 2NP
- Pohledy
- Řez a krov
- Výrobní výkres stropních panelů
- Výrobní výkres obvodového stěnového panelu
- Výrobní výkres vnitřních stěnových panelů
- Výrobní výkres štitového panelu
- Technická zpráva