

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

Navrhování a provádění budov

Dřevěný kontejner
pro modulární výstavbu

Diplomová práce

Bc. Jana Macánová

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

Plzeň 2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd
Akademický rok: 2022/2023

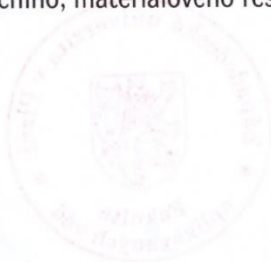
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana MACÁNOVÁ**
Osobní číslo: **A21N0096P**
Studijní program: **N0732P260002 Stavební inženýrství – Moderní budovy**
Specializace: **Navrhování a provádění budov**
Téma práce: **Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu**
Zadávající katedra: **Katedra mechaniky**

Zásady pro vypracování

1. Analýza řešení současné modulové výstavby a jejich materiálová řešení.
2. Návrh dřevěného kontejneru, požadavky na dopravu a výrobu modulu.
3. Dispoziční řešení a skládání modulů pro výstavbu.
4. Statické řešení a analýza specifických detailů, spojů a návrh obálky.
5. Zhodnocení z hlediska konstrukčního, materiálového řešení a udržitelného rozvoje.



Rozsah diplomové práce: **úvodní část 50 – 60 stran A4**
Rozsah grafických prací: **práce se skládá z výkresů a textových částí**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

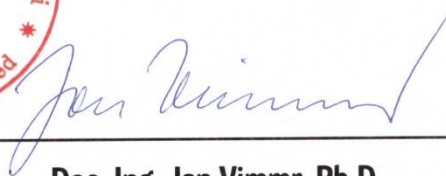
1. ČSN, vyhlášky a zákony pro výstavbu.
2. ČAJKOVÁ, Ludmila. Nauka o budovách 3. Vyd. 3., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 1999. ISBN 978-80-01-03778-2.
3. Karel Lorenz: Navrhování nosných konstrukcí. 1. vydání., Praha: ČKAIT, 2015, ISBN 978-80-87438-65-7.
4. Podklady výrobců stavebních materiálů.
5. ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1.1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.**
Katedra mechaniky

Datum zadání diplomové práce: **26. října 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **31. května 2023**



Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Jan Vimmr, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 26. října 2022

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce pana Doc. Ing. Jana Paška, Ph.D. Veškeré podklady použité k vypracování této práce jsou uvedeny v seznamu.

V Plzni, dne

.....

Bc. Jana Macánová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu Doc. Ing. Janu Paškovi, Ph.D. za ochotu, vstřícnost, trpělivost a za cenné a užitečné rady při konzultacích.

Chtěla bych také poděkovat panu Ing. Petru Keslovi, Ph.D. za ochotu a konzultaci řešení ocelových konstrukcí. Dále bych také chtěla poděkovat panu Ing. Jakubovi Denkovi za užitečné rady týkající se kontejnerové výstavby. Zároveň bych chtěla poděkovat všem vyučujícím, kteří mě doprovázeli během celého mého studia v bakalářském i navazujícím magisterském studiu.

Poděkování také hlavně patří i mé rodině a mým nejbližším za výjimečnou podporu a laskavost během mých studentských let.

Anotace

Předmětem této diplomové práce je zpracování návrhu dřevěného kontejneru a jeho optimalizace pro modulární výstavbu. Práce se také zabývá tepelně technickým posouzením skladeb a statickým posouzením nosných prvků kontejneru.

Každá jednotlivá část této diplomové práce byla vypracována v souladu s příslušnými normami v aktuálním znění.

Tepelně technické posouzení bylo zpracováno v programu Teplo 2017. Statický výpočet byl proveden na základě výsledků z programů Scia Engineer 22 a FIN EC 2021. Pro statické posouzení byl také použit program CLT Designer a pro zpracování výkresů byl použit program Graphisoft Archicad 21.

Klíčová slova:

kontejner, modulární výstavba, modul, křížem vrstvené dřevo, CLT panel, dřevostavba, tepelně technické posouzení, rodinný dům

Abstract

The subject of this Diploma thesis is about a wooden container designed its optimization for modular construction. The thesis also includes the thermal assessment of the compositions and the static assessment of the supporting elements.

Each part of this diploma's thesis was prepared in accordance with the relevant standards in the current version.

The thermal technical assessment was processed in the Teplo 2017 program. The static assessment was performed based on the results from the Scia Engineer 22 and FIN EC 2021 programs and the drawings were processed in the Graphisoft Archicad 21 program.

Key words:

container, modular construction, module, cross laminated timber, CLT panel, timber construction, thermal assessment, statics, flat floor, family house

Obsah:

Seznam obrázků.....	7
Seznam tabulek.....	10
Seznam zkratk.....	11
Úvod.....	12
Teoretická část diplomové práce	14
1 Modulární výstavba z kontejnerů	14
1.1 Nákladní kontejner	15
1.2 Historie vzniku kontejneru	16
1.3 Výroba nákladního kontejneru	17
1.4 Výhody a nevýhody nákladního kontejneru pro modulární výstavbu	18
1.5 Stavební kontejner.....	19
1.6 Přeprava kontejneru na stavbu	20
1.7 Zakládání modulární výstavby	20
1.8 Materiálová řešení stavebního kontejneru pro modulární výstavbu	22
1.9 Výhody modulární výstavby z kontejnerů	23
1.10 Nevýhody modulární výstavby z kontejnerů.....	24
1.11 Modulární stavby ve světě.....	24
1.11.1 Studentské koleje „Qubic“	24
1.11.2 Modulární dům „X-Line 014“	26
1.11.3 Rodinný dům „Lake losco House“	26
1.11.4 Modulární stavba „Redondo Beach House“	27
2 Dřevostavby z křížem vrstveného dřeva.....	28
2.1 Historie dřeva ve stavebnictví.....	28
2.2 Typy dřevostaveb	30
2.2.1 Elementární stavby na bázi dřeva	30

2.2.2	Skeletové stavby	31
2.2.3	Masivní dřevostavby	32
2.2.4	Kontejnerová výstavba z dřevěných materiálů	34
2.3	Křížem vrstvené dřevo	34
2.3.1	Historie CLT panelů	37
2.3.2	Výhody konstrukce z CLT panelů	37
2.3.3	Nevýhody CLT panelů	38
2.3.4	Stěnové panely	38
2.3.5	Stropní a střešní panely	38
2.3.6	Statický návrh CLT panelů	40
2.3.7	Konstrukční spoje	42
2.4	Vícepodlažní budovy z křížem vrstveného dřeva	54
2.4.1	Bytový dům „Ascent“ v Milwaukee	56
2.4.2	Polyfunkční dům „Mjøstårnet“	58
2.4.3	Hotel „HoHo Wien“	59
2.5	Stavby s technologií CLT v České republice	60
2.5.1	Administrativní budova „BudexHub“	60
2.5.2	Bytový dům „Radlický Dřevák“	60
	Praktická část diplomové práce	62
3	Návrh dřevěného kontejneru	62
3.1	Popis kontejneru	62
3.1.1	Kontejner A	63
3.1.2	Kontejner B	63
3.2	Modulární stavby	64
3.2.1	Kompatibilita kontejnerů	64
3.2.2	Modulární stavba 1A	65
3.2.3	Modulární stavba 2A	66

3.2.4	Modulární stavba 3A	66
3.3	Konstrukční a materiálová řešení kontejneru.....	68
3.3.1	Skladby	71
3.4	Požadavky na výstavbu dřevěného kontejneru	75
3.4.1	Vnější okrajové podmínky.....	75
3.4.2	Vnitřní okrajové podmínky.....	80
3.5	Statické posouzení konstrukcí.....	84
3.5.1	Charakteristika zatížení.....	84
3.5.2	Stanovení vnitřních účinků	93
3.5.3	Materiálové charakteristiky:	94
3.5.4	Posouzení v programu CLT Designer	95
4	Závěr	100
5	Reference	101
	Seznam použitých softwarů	106
	Seznam příloh	106
	Seznam výkresů	106

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Nákladový kontejner standardních rozměrů	Zdroj: [3]	15
Obrázek 2 - Modulární stavba z nákladních kontejnerů "Containers of Hope" v Kostarice	Zdroj: [5]	19
Obrázek 3 - Založení kontejneru na šroubových základech	Zdroj: [6]	21
Obrázek 4 - Přeprava stavebního modulu na jeřábu	Zdroj: [7]	22
Obrázek 5 - Studentské koleje v Amsterdamu	Zdroj: [9]	25
Obrázek 6 - Půdorys 1.NP studentských kolejí „Qubic“	Zdroj: [8]	25
Obrázek 7 - Modulární dům "X-Line 014"	Zdroj: [10]	26
Obrázek 8 - Stavba modulu ve výrobní hale pro dům "X-Line 014"	Zdroj: [10]	26
Obrázek 9 - Rodinný dům "Lake losco House"	Zdroj: [11]	27
Obrázek 10 - Stavba z lodních kontejnerů - "Redondo Beach House"	Zdroj: [8]	27
Obrázek 11 - Vývoj výstavby dřevostaveb od začátku 21. století	Zdroj: [14]	29
Obrázek 12 - a) Konstrukce hrázděné stavby, b) Konstrukce elementární stavby	Zdroj: [12]	30
Obrázek 13 - Hrázděná dřevostavba	Zdroj: [16]	31
Obrázek 14 - Skeletová dřevostavba během realizace	Zdroj: [17]	32
Obrázek 15 - Srubová dřevostavba	Zdroj: [18]	33
Obrázek 16 - Princip skládání jednotlivých vrstev CLT panelu	Zdroj: [20]	35
Obrázek 17 - Možnosti vrstvení lamelových desek v CLT prvku vzhledem k orientaci lamel	Zdroj: [21]	35
Obrázek 18 - Maximální rozměry CLT panelů dle výrobce „Stora Enso“	Zdroj: [20]	36
Obrázek 19 - Ukázka vedení elektroinstalace v CLT stěně při pohledové kvalitě	Zdroj: [22]	36
Obrázek 20 - Stropní konstrukce z CLT vyráběné společností „Novatop“	Zdroj: [23]	39

Obrázek 21 - Žebrový strop z CLT panelů a lepeného lamelového dřeva	Zdroj: [22]. 39
Obrázek 22 - Systém připojení kovového držáku	Zdroj: [25] 42
Obrázek 23 - Systém připojení kovových desek	Zdroj: [25] 43
Obrázek 24 - Vnitřní/skrytý systém připojení kovových desek	Zdroj: [25] 43
Obrázek 25 - Systém připojení závitové tyče	Zdroj: [25] 44
Obrázek 26 – Vnitřní drážkový spoj	Zdroj: [25] 45
Obrázek 27 – Dvojité povrchové drážkování	Zdroj: [25] 45
Obrázek 28 – Jednoplšné drážkování	Zdroj: [25] 46
Obrázek 29 - Poloviční spojovací systém	Zdroj: [25] 46
Obrázek 30 - Přímý samořezný šroubový spojovací systém (jednoduchý)	Zdroj: [25] 47
Obrázek 31 - Úhlový samořezný šroubový spoj	Zdroj: [25] 47
Obrázek 32 - Spojení šroubem a ocelovým úhelníkem	Zdroj: [25] 48
Obrázek 33 - Rybinový spojovací systém	Zdroj: [25] 48
Obrázek 34 – Skrytý závěsný spojovací prvek	Zdroj: [25] 49
Obrázek 35 - Rybinový systém spojení dřevěných profilů	Zdroj: [25] 49
Obrázek 36 - Samořezný šroubový spojovací systém	Zdroj: [25] 50
Obrázek 37 - Připojení stěn a stropu pomocí ocelových úhelníků	Zdroj: [25] 51
Obrázek 38 - Připojení pomocí dlouhé závitové tyče	Zdroj: [25] 51
Obrázek 39 - Systém připojení skrytých ocelových úhelníků	Zdroj: [25] 52
Obrázek 40 - Připojení pomocí vlepěných závitových tyčí	Zdroj: [25] 52
Obrázek 41 - Samořezný šroubový spojovací systém „Balónový typ“	Zdroj: [25] 53
Obrázek 42 - Spojovací systém s ocelovým úhelníkem „Balónový typ“	Zdroj: [25]. 53
Obrázek 43- Bytový dům z CLT panelů "Bridport House" v Londýně	Zdroj: [26] 55
Obrázek 44 - Nejvyšší dřevostavba na světě ve městě Milwaukee, státu Wisconsin v USA	Zdroj: [28] 56

Obrázek 45 - Model výškové dřevostavby v Milwaukee, Wisconsin, USA Zdroj: [27]	57
Obrázek 46 - Polyfunkční dům "Mjøstårnet" v Norsku ve městě Brumunddal Zdroj: [29].....	58
Obrázek 47 - Výšková budova z CLT panelů s názvem "HoHo" ve vídeňské rezidenční čtvrti Aspern Seestadt Zdroj:[31].....	59
Obrázek 48 - Pasivní čtyřpodlažní dřevostavba, administrativní budova v Plané u Českých Budějovic Zdroj: [33].....	60
Obrázek 49 - Dřevostavba z CLT panelů v městské čtvrti Radlice v Praze Zdroj: [35]	61
Obrázek 50 - Vizualizace modulární stavby 1A Zdroj: autor	65
Obrázek 51 – Vizualizace modulární stavby složené ze tří modulárních staveb typu 2A Zdroj: autor	66
Obrázek 52 - Vizualizace modulární stavby 3A – západní pohled Zdroj: autor.....	67
Obrázek 53 - Ukázka ložné plochy modulárního podvalníku SCHEUERLE Zdroj: [38]	78
Obrázek 54 – Návrhové schéma zavěšení kontejneru na jeřáb Zdroj: autor.....	79
Obrázek 55 - Zatížení sněhem na plochou střechu Zdroj: autor	86
Obrázek 56 - Rozměry posuzované střechy	87
Obrázek 57 - Vítr zleva 1 (sání) Zdroj: autor	87
Obrázek 58 - Vítr tleva 2 (tlak a sání) Zdroj: autor	88
Obrázek 59 - Vítr zdola (sání) Zdroj: autor	88
Obrázek 60 - Vítr zprava 1 (sání) Zdroj: autor	88
Obrázek 61 - Vítr zprava 2 (tlak a sání) Zdroj: autor	89
Obrázek 62 - Vítr shora (sání) Zdroj: autor	89
Obrázek 63 - Vítr obálka 1 (tlak) Zdroj: autor	89
Obrázek 64 - Vítr obálka (sání) Zdroj: autor	90

Obrázek 65 - Půdorys a Pohled objektu, směr větru 1	Zdroj: autor	91
Obrázek 66 - Půdorys a pohled objektu, směr větru 2	Zdroj: autor.....	91
Obrázek 67 - Výpočtový model kontejneru A	Zdroj: autor.....	93
Obrázek 68 – Výpočtový model CLT panelu v programu CLT Designer	Zdroj: autor	95
Obrázek 69 - Průběh ohybového momentu ve směru y	Zdroj: autor.....	95
Obrázek 70 - Průběh normálových sil ve směru x	Zdroj: autor	96
Obrázek 71 - Průběh posouvajících sil ve směru y	Zdroj: autor.....	96
Obrázek 72 – Výpočtový model CLT panelu v programu CLT Designer	Zdroj: autor	97
Obrázek 73 - Průběh ohybového momentu ve směru y	Zdroj: autor.....	97
Obrázek 74 - Průběh normálových sil ve směru x	Zdroj: autor	97
Obrázek 75 - Průběh posouvajících sil ve směru y	Zdroj: autor.....	98
Obrázek 76 - Průběh svislého zatížení n_{xy} na stěnu	Zdroj: autor.....	99

Seznam tabulek

Tabulka 2 - Parametry jednotlivých kontejnerů	78
Tabulka 1 - Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů [37].....	81
Tabulka 3 - Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v domech a byty [40] ...	82
Tabulka 4 - Celkové ceny kontejnerů	83
Tabulka 5 - Skladba obvodové stěny – Stálé zatížení	84
Tabulka 6 - Skladba podlahy – Stálé zatížení.....	84
Tabulka 7 - Skladba ploché střechy – Stálé zatížení .. Chyba! Záložka není definována.	
Tabulka 8 - Skladba ploché střechy – Stálé zatížení	85
Tabulka 9 - Skladba vnitřní příčky – Stálé zatížení.....	85
Tabulka 10 - Skladba vnitřní příčky s akustickou izolací – Stálé zatížení	85

Tabulka 11 - Užité zátížení	86
Tabulka 12 - Charakteristické hodnoty zátížení (v závorce návrhové hodnoty)	91
Tabulka 13 - Charakteristické hodnoty zátížení (v závorce návrhové hodnoty)	92

Seznam zkratk

ISO	Mezinárodní organizace pro normalizace (z anglického překladu „International Organization for Standarization“)
ČSN EN	Česká technická norma se zavedením normy evropské
USA	Spojené státy americké
CLT	Křížem vrstvené dřevo (z anglického překladu „Cross laminated timber „)
LVL	Lepené vrstvené dřevo (z anglického překladu „Laminated Veneer Lumber“)
EWP	Trámová botka (z anglického překladu „Engineered Wood Products“)
EPS	Expandovaný pěnový polystyren
PUR	Tvrdá polyuretanová pěna
SVD	Sádrovláknité desky
CNC	Číslicové řízení pomocí počítače (z anglického překladu „Computer Numerical Control“)
tzv.	takzvaný
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
tl.	tloušťka
MSÚ	mezní stav únosnosti

Úvod

Návrh stavby domu pro trvalý pobyt osob podléhá mnohým zákonům a předpisům například z hlediska stavebně konstrukčního řešení. Jedním z důležitých parametrů při návrhu stavby je vybrat vhodný způsob výstavby. Snahou dnešních projektantů je vybrat takový přístup, který bude efektivní, rychlý a udržitelný vzhledem k životnímu prostředí. Modulární výstavba disponuje nejen těmito výhodami, ale také díky tomuto způsobu lze snížit celkové náklady na výstavbu v souladu s přesností prefabrikace jednotlivých modulů v kontrolovaných provozech.

Součástí návrhu stavby je také vybrat vhodný hlavní stavební materiál, který může ovlivňovat celkové chování budovy a princip konstrukčního řešení. Vývoj technologií výroby stavebních materiálů se neustále posouvá a v dnešní době je především snaha využít takové materiály, které mají nízký environmentální dopad na životní prostředí.

Cílem této práce je zpracování návrhu dřevěného kontejneru pro modulární výstavbu. Práce se zabývá dispozičním, stavebně technickým a konstrukčním řešením kontejneru, který lze využít pro trvalý pobyt osob. Dále byly zpracovány varianty řešení modulárních staveb sestavených ze standardizovaného řešení kontejneru a analýza klíčových požadavků ovlivňující výstavbu z těchto modulárních jednotek. Tato práce je také doplněna o posouzení samotného kontejneru z hlediska tepelně technického řešení a statického chování hlavních nosných prvků.

Zpracování tohoto řešení je dle vyhlášky č. 499/2006 Sb., ve znění novely vyhlášky č. 405/2017 Sb., o dokumentaci staveb, a vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.

V rámci návrhu a posouzení kontejneru byly použity normy ČSN 73 4301 (Obytné budovy), ČSN 73 0540-2 (Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky), ČSN 73 0532 (Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky), ČSN 73 0580-1 (Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky), ČSN 73 0580-2 (Denní osvětlení budov – Část 2: Denní osvětlení obytných budov), ČSN EN 1995-1-1 (Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1.1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby), ČSN EN 1990 (Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí), ČSN EN 1991 (Eurokód 1: Zatížení konstrukcí).

Pro posouzení kontejneru z hlediska dopravy byla použita vyhláška č. 209/2018 Sb., o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel a vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

Teoretická část diplomové práce

1 Modulární výstavba z kontejnerů

Stavební projekty a návrhy modulárních budov z kontejnerů zažívají v posledních letech vzestup, jelikož v dnešní době je snaha o zrychlení procesu návrhu a následné realizace. Modulární výstavba je rychlá a efektivní, proto se také hojně využívá pro dočasné stavby, u kterých se spíše poukazuje na funkčnost a byla spojována s provizorním řešením.

Návrh konstrukce kontejneru pro modulární výstavbu nepředstavuje jenom provizorní buňku, ale v dnešní době také trvalé řešení pro bydlení. Stavba z kontejnerů musí splňovat veškerá nařízení a základní požadavky na stavby dané stavebním zákonem a vyhláškami. Správným návrhem buňky může výsledná stavba konkurovat běžným řešením pro výstavbu z cihelných, betonových nebo ocelových konstrukcí. Konkurence nespočívá jenom v oblasti materiálů a způsobu provedení, ale také v architektonickém řešení. Současné realizované projekty modulárních staveb z kontejnerů ukazují, že lze uskutečnit návrh se stavebními i architektonickými prvky, kde prefabrikace buněk není na první pohled patrná a stavba nebudí dojem provizorního řešení.

Dalšími důležitými výhodami projektování prefabrikovaných domů může být ekonomické zvýhodnění vzhledem ke zkrácení doby výstavby a šetření životního prostředí. Stavbu lze navrhovat z recyklovaných nákladních kontejnerů, které již neslouží pro účely obchodu se zbožím. Nové prefabrikované moduly lze navrhovat i z běžných stavebních materiálů např. ze dřeva nebo ocele.

Principem výstavby je postupné skládání stavebních buněk, které mohou být k sobě pevně uchycené a společně představují ucelenou stavbu. Kontejnery jsou vyráběny ve výrobních halách a mohou být doplněny o další konstrukce dle projektové dokumentace. Následně se uskuteční přesun modulu na předem určené místo stavby s minimálním množstvím dalších konstrukčních úprav. Na stavbě probíhají práce spojené s kompletací fasádních panelů, osazením výplní otvorů anebo např. napojení stavby na inženýrské sítě.

1.1 Nákladní kontejner

Slovo kontejner pochází z latinského slova „contingere“, což v překladu představuje význam držet pohromadě, obklopovat, skladovat. [1] Kontejner dříve sloužil převážně k přepravě a skladování zboží a rozměry byly standardizované v roce 1961. Mezi nejčastějšími rozměry lodních kontejnerů činí 6,058 m x 2,438 m x 2,591 m nebo 12,192 m x 2,438 m x 2,591 m. Rozměry kontejneru a maximální hmotnost jsou stanovené v normě ČSN ISO 668, Kontejnery řady 1 - Třídění, rozměry a brutto hmotnosti.

Standartním materiálem pro výrobu kontejnerů je robustní povětrnostně odolná ocel nazývaná „Corten“. Jedná se o vysokopevnostní nízkolegovanou svařitelnou konstrukční ocel, která má výjimečnou odolnost vůči korozi. Tato ocel je povětrnostně odolná díky chemické úpravě, která podporuje tvorbu ochranné vrstvy. Nejprve kontejner z této oceli začne korodovat stejným způsobem jako z oceli běžné bez úpravy, ale postupem času se vrstva rzi na této oceli změní na tmavě hnědou vrstvou z patiny, která má ochrannou funkci. Rychlost této změny závisí na vnějším klimatických podmínkách a na úrovni znečištění ovzduší. Obvykle tento proces trvá dva roky nebo až šest let. V tomto případě se na ocel nemusí provádět dodatečný protikorozní nátěr, jelikož vrstva patiny ho chrání před atmosférickými vlivy. Při mechanickém porušení této vrstvy se nemusí obnovovat a má schopnost se sama zacelit. Barva nákladních kontejnerů není striktně daná a každá firma vlastníci své moduly si barvy volí např. dle firemního designu. [2]



Obrázek 1 - Nákladový kontejner standartních rozměrů Zdroj: [3]

1.2 Historie vzniku kontejneru

První návrh přepravního kontejneru vznikl v New Jersey. Místní podnikatel Malcom McLean vlastnil v polovině 20. století přepravní společnost s nákladními automobily. Ve snaze ušetřit peníze při zkrácení času stráveným postupným vykládáním a nakládáním zboží mezi přepravci, přišel s nápadem vykládat na loď nebo nákladní vlak celou přepravní buňku se zbožím. Cílem bylo vymyslet takový kontejner, který by měl standardizované rozměry a byl by použitelný pro různé druhy dopravy. Univerzální kontejner by se přímo z lodi dal strojem přesunout na nákladní auto a jeho otevření by proběhlo až v místě doručení.

Tradiční lodní průmysl s touto myšlenku nesympatizoval. Cenu dopravy ovlivňovaly různé aspekty, jako například množství, velikost, váha a hodnota zboží. Lodní přepravci by o tuto možnost hodnocení přišly a zároveň by tato změna měla za následek ztrátu pracovních míst. Mezi hlavní argumenty na prosazení této myšlenky byly časová úspora pro přesun zboží, jelikož by ji prováděly stroje. Cena dopravy by byla spravedlivější a transparentnější. Tím by se snížila pravděpodobnost ztráty zboží nebo jeho odcizení.

V roce 1956 Malcom McLean koupil lodní přepravní společnost, kde měl šanci realizovat svůj nápad, jelikož stále nezískával podporu pro uplatnění univerzálních nákladních kontejnerů pro kamiony, lodě a vlaky. Konkurenční společnosti byly pobouřeny a podaly na McLeana žalobu. Odvolávaly se na tehdy platný antimonopolní zákon, který zakazuje provozovat současně námořní a pozemní dopravu. McLean se proto vzdal své úspěšné přepravní společnosti s kamiony a věnoval se naplno své nové lodní přepravní společnosti. Téhož roku vyplul se svojí první kontejnerovou lodí s názvem „Ideal X“ z přístavu města Newark v New Jersey. Odborná veřejnost byla k tomuto plánu velmi skeptická. Jeho přístup se velice odlišoval od ostatních námořních přepravců tím, že hlavním zájmem byl prevoz nákladu v co nejkratším čase. Tento způsob měl za následek snížení cen nákladu a větší dostupnost pro běžného spotřebitele. V mnoha zemích výrazně ovlivnil chování spotřebitele na trhu, protože ceny sezónního zboží byly kvůli nízkým cenám dopravy dostupnější. Vyložení nákladu, které ostatním obchodníkům trvalo několik dní, McLeanovi se svým kontejnerovým systémem trvalo pouze 24 hodin. Rychlost kontejnerové přepravy byla velmi žádoucí během války ve Vietnamu v 60. letech 20. století, kdy se zásoby pro americké vojáky musely co nejdříve

dopřít na předem určené místo. Následně začal převážet zboží z Japonska, Tchaj-wanu nebo z Hongkongu a zpřístupnil zboží z asijských zemí do ostatních kontinentů. McLeanova kontejnerová přeprava se brzo rozšířila po celém světě a také dal základ pro současnou moderní kontejnerovou přepravu zboží. Celosvětová standardizace kontejnerů byla uvedena v 70. letech 20. století se zavedením mezinárodní normy, kde jsou uvedeny technické specifikace kontejneru. [1]

1.3 Výroba nákladního kontejneru

Výroba ocelových kontejnerů se provádí na montážních linkách v Asii, především v Číně, Indonésii a Indii. Hlavní nosnou konstrukcí jsou válcované ocelové profily. Mezi používané typy pro hlavní konstrukci kontejneru patří profily ve tvaru L, C, obdélníkové profily nebo profily se speciálním průřezem s tloušťkou až 4,5 mm. Prvním krokem bývá svaření zesílených ocelových konstrukcí v rozích, kde jsou umístěné specifické úchyty určené k přepravování a stohování. Tyto upevňovací body jsou popsány v samostatné normě. Po svaření hlavního rámu se celá konstrukce nalakuje ve stříkací kabině. Dále se realizuje podlaha z ocelových žeber, na která jsou umístěna prkna z odolného tvrdého dřeva. Před osazením obvodových stěn zajišťují stabilitu konstrukce diagonální vzpěry, které se po montáži stěn odstraní. Stěny jsou navrženy z tenkých trapézových plechů tl. 2 mm, které plní funkci výplňovou, ale také částečně nosnou, protože jsou po celém svém obvodu přivařeny k ocelovému rámu. Podlahová krytina se většinou navrhuje z překližkových desek. Otvor na koncích je uzavřen ocelovými rámovými dveřmi, které jsou utěsněné syntetickou pryží s odolností vůči vlhkosti a chemickým látkám. Dveřní křídla jsou uzavíratelná pomocí závor a příslušných podpěr. Výsledný kontejner projde finálním testem stability, nosnosti a vodotěsnosti. Poté následuje kontrola také z hlediska celkové hmotnosti. Za rok se přibližně vyrobí 70 000 kusů, což odpovídá nepřerušované výroby s frekvencí každých 8 minut. [1]

Nákladní kontejnery se vyrábí i z jiných stavebních materiálů jako je např. hliník, dřevo nebo plast. Tyto materiály však nejsou příliš časté kvůli horším fyzikálním a mechanickým vlastnostem. Hlavním sledovaným parametrem je únosnost, odolnost proti vlhkosti a možnost snadné opravy. [4]

1.4 Výhody a nevýhody nákladního kontejneru pro modulární výstavbu

Modulární výstavba z nákladních kontejnerů má své výhody při použití recyklovaného materiálu, což je příznivé z hlediska udržitelnosti ve vztahu k životnímu prostředí. Dále mezi ně patří variabilita dispozice při odstranění obvodové trapézové stěny, doprava běžným způsobem bez zvláštního povolení vzhledem ke standardizovaným rozměrům a další výhodou je celková pevnost konstrukce.

Mezi hlavní nevýhody patří především přizpůsobení konstrukce kontejneru pro modulovou výstavbu. Nákladní kontejnery přímo z výroby nejsou pro výstavbu téměř dostupné, protože se primárně použijí aspoň na jednu cestu pro převoz nákladu. Z tohoto důvodu je nutné, aby moduly prošly kontrolou a následným ošetřením dle poškození způsobeného přepravou s nákladem. Mezi první stavby s využitím nákladního kontejneru byly výstavby dílen, skladů na nářadí apod. Pro tyto stavby nejsou vyžadovány minimální stavební fyzikální požadavky a lze moduly použít bez dalších úprav.

Pro výstavbu rodinných domů se nákladní kontejner se upraví, aby vyhovoval požadavkům především z hlediska tepelné izolace. Přestavba tohoto typu je náročná a může zhoršit některé statické vlastnosti lodního kontejneru. Konstrukce kontejneru se přizpůsobí návrhu projektanta a vytvoří se otvory pro okna a dveře, proběhne dodatečné ztužení konstrukce a provede se celkové zaizolování z hlediska požadavků na tepelnou techniku. Úprava konstrukce probíhá ve výrobních halách a spočívá v doplnění o vnější obálky a vnitřních povrchů, aby byly splněny veškeré požadavky stavby pro bydlení. Celková přestavba záleží na místních podmínkách, kde bude modul stát a pro jaký účel bude postaven. Při kombinování kontejnerových modulů je žádoucí stohovat moduly na sebe vzhledem k zalícovaným rohům a ke svislému přenášení zatížení. Při odchýlení roviny přenášeného zatížení je nutné vyztužit konstrukci v místech, kde se rohy setkávají s rámovým nosníkem. [1]



Obrázek 2 - Modulární stavba z nákladních kontejnerů "Containers of Hope" v Kostarice Zdroj: [5]

1.5 Stavební kontejner

Stavební kontejner se navrhuje za účelem použití v modulární výstavbě. Snahou je zachovat princip standardizovaných řešení, které zaručují vzájemnou kompatibilitu modulů a další zvýhodnění, které plyne z procesu prefabrikace např. kvalitní provedení. Konstrukce samotného stavebního kontejneru se zároveň navrhuje v souladu s hlavními požadavky na stavbu dané stavebním zákonem. Kontejnery používané ve stavebnictví jsou využívány pro kanceláře, komerční, bytové účely, ambulantní buňky, zázemí na staveništích a mnoho dalších.

V dnešní době lze kontejnery navrhovat v libovolných rozměrech a materiálových řešení. Rozměry nákladních kontejnerů jsou dány mezinárodní normou, ale stavební kontejnery této normě nepodléhají a lze je navrhovat v libovolných rozměrech. Spojovací a přepravní prvky jsou také individuální dle návrhu projektanta a dalších posouzení. Výhodou modulů větších rozměrů mají více možností pro vnitřní dispozici. [2]

Stěnové panely lze kompletně sestavovat již ve výrobě včetně zateplení, parozábran, vnitřních a vnějších obkladů. Zároveň se do připravených otvorů osazují okenní a dveřní výplně. Příčky v kontejneru se navrhují např. z lehké dřevěné konstrukce nebo z kovových profilů opatřených vnitřní izolací a obkladních desek. Stavební kontejner lze převážet včetně sanitárního zařízení a vnitřních keramických obkladů. Vnitřní rozvody inženýrských sítí se také v této fázi doporučuje předem instalovat.

Fotovoltaické panely lze ke konstrukci připojit již ve výrobě a šetrnou manipulací lze takto převést na stavbu. Na místě stavby po umístění modulu se všechny moduly k sobě navzájem připojí nejenom konstrukčně, ale i včetně dalších inženýrských sítí. Podrobné plánování posloupnosti procesů v modulární výstavbě je klíčové od návrhu, přes výrobu až po realizaci, jelikož modulární výstavba je závislá na časové a prostorové přesnosti.

Pro návrh je důležité kontrolovat hmotnost celého stavebního dílu. Důvodem je omezená únosnost zvoleného dopravního prostředku pro přepravu, striktní požadavky na dopravních komunikacích ohledně maximální hmotnosti vozidla a důležitým aspektem je také působící zatížení od upraveného kontejneru při jejich stohování. V případě navržení vícepodlažní stavby z kontejnerů se návrh provede v souladu s vyhovujícím statickým výpočtem celé konstrukce včetně všech působících zatížení. Do výpočtu se zahrnuje vlastní tíha konstrukcí, klimatické zatížení, užitné zatížení a další zatížení kterým může být kontejner vystaven. [1]

1.6 Přeprava kontejneru na stavbu

Doprava kontejneru na stavbu závisí na mnoha požadavcích. Mezi hlavní požadavky patří dostupnost dopravních prostředků a jejich omezení při převozu. Klíčové jsou parametry nákladu a jeho hmotnost, které jsou rozdílné pro jednotlivé státy. Při překročení maximálních parametrů nákladu je nutné zažádat o povolení příslušného silničního úřadu. Důvodem jsou případné překážky na trase, jako jsou například tunely, mosty nebo určité vozovky, přes které by vozidlo s nadměrným nákladem nedokázalo projet. Při předložení žádosti o povolení je důležité doložit parametry převáženého nákladu, přepravního vozidla a trasy, z jakého místa a kam je náklad převážen. Dalším důležitým aspektem ke správnému osazení modulu je splnění maximální nosnosti jeřábu, který kontejner umístí na stavbě na požadované místo. Jeřáb se vybírá dle prostorových možností staveniště a dle složitosti a hmotnosti konstrukce.

1.7 Zakládání modulární výstavby

Základy se dimenzují na zatížení působící od celé modulární stavby včetně všech kontejnerů, dalších působících zatížení v závislosti na soudržnosti zeminy. Druh základu se také volí v závislosti na plánovanou životnost stavby. V případě zakládání provizorní

stavby z kontejnerů je vhodné zvolit takový typ, který lze po přesunu kontejneru snadno demontovat.

Pro mobilní ocelové kontejnery bez stohování se běžně navrhují základy z prefabrikovaných betonových desek o tloušťce 140 mm. Desky se pokládají na ztuhnutou zeminu se štěrkovým ložem a pískovým zásypem. Tento způsob je snadno demontovatelný. Pro dočasné zakládání se také používají šroubové základy, které jsou přímo zavrtané do země a lze je také snadno odstranit. Výhodou tohoto zakládání je, že po demontáži šroubů zůstává zemina bez značného porušení a lze šrouby opět použít. Dalším způsobem pro provizorní kontejnery je založení na prefabrikovaných betonových patkách, které jsou upevněny do zeminy pomocí ocelových tyčí pod úhlem. U mobilních řešení je nutné sledovat také výšku kontejneru nad zemí, která při menší celkové hmotnosti kontejneru a nedostatečném zatížení od vlastní tíhy způsobí možnost nadzvednutí konstrukce při působení větru. V tomto případě se na konstrukci základů nad zemí připevní vnější obálka, která zamezí proudění vzduchu pod kontejnerem. Dalším řešením může být použití závaží ve vybraných místech konstrukce. [1]



Obrázek 3 - Založení kontejneru na šroubových základech

Zdroj: [6]

Zakládání pro trvalé stavby se navrhuje tak, aby konstrukce základů měla stejnou životnost jako je celková životnost stavby. Příkladem běžného zakládání jsou základové pasy, základové patky nebo zakládání na betonové desce. Veškeré parametry, typy a

provedení vyplývají z návrhu projektanta a zvoleného materiálu nosné konstrukce, ze statických výpočtů, z konkrétních místních podmínek pro zakládání atd.

Jednotlivé kontejnery mohou být dodávané na staveniště již v kompletní podobě. Na místě stavby se pouze usadí na předem určené místo a zajistí se proti posuvu. [1]

1.8 Materiálová řešení stavebního kontejneru pro modulární výstavbu

Hlavní nosnou konstrukci kontejneru lze navrhnout z ocelového rámu, který je doplněn stěnovými a střešními nosníky. Dalšími používanými materiály pro stavební kontejnery jsou např. hliníkové profily, dřevěná rámová konstrukce, lepené lamelové dřevo nebo kompozitní konstrukce vyztužená skelnými vlákny.

Opláštění ocelové konstrukce může být rozdílné vzhledem k návrhu od projektanta či architekta. Materiál pro obvodové stěny může být z celoproskleného fasádního pláště, z dřevěných panelů, z recyklovaných materiálů, z ocelových nebo plastových panelů. Okna a dveře jsou též dle návrhu projektanta a mohou být umístěny libovolně.



Obrázek 4 - Přeprava stavebního modulu na jeřábu

Zdroj: [7]

Výroba modulu probíhá dle předem schválené projektové dokumentace a kontejnery již mohou obsahovat stavební otvory pro dveře, okna včetně prostupů pro instalace. Z hlediska finanční úspory výstavby z modulů se doporučuje konstrukci kontejneru navrhnout tak, aby byly moduly navzájem kompatibilní a nevznikaly přebytečné finanční náklady na následnou úpravu pro jejich spojení.

1.9 Výhody modulární výstavby z kontejnerů

Budovy z kontejnerů jsou nejen určeny pro bydlení, ale také mohou sloužit jako buňky pro příležitostné využití při společenských akcích, za účelem rekreační stavby, mobilní lékařské ambulance apod. Prefabrikovaná výroba usnadňuje průběh stavby v mnoha směrem. Jedna z nesporných výhod je časová úspora výstavby domu. Výroba kontejneru, následná doprava a stavba modulárního domu jsou časově méně náročná než kompletní realizace klasické stavby na místě. Kontejnery jsou v celku dováženy přímo na staveniště, kde se jeřábem usadí na požadované místo. Proces osazení a dokončení stavby z kontejnerů lze předpokládat v řádech týdnů.

Pro budoucí modulární výstavbu je také důležitá výhoda snazšího rozšíření stavby o další moduly. Tyto přidané kontejnery je potřeba důkladně posoudit z hlediska statického řešení, pokud stávající stavbu lze ještě víc zatížit, nebo pokud je to možné z hlediska dostatečného prostoru na pozemku.

Výhodná je též jejich demontáž a následné opětovné použití, což je z hlediska udržitelnosti a šetrnosti k životnímu prostředí velice příznivé.

Mezi další výhody výstavby z kontejnerů se řadí variabilita dispozičního řešení a napojení více buněk do jednotného celku kvůli flexibilním obvodovým stěnám. [4]

Další výhodou je při nepříliš značných zásahů do konstrukce nesporně ekonomicky výhodné řešení pro výstavbu, kde se uplatňuje výhoda standardizovaných řešení projektu při následné sériové výrobě.

Jednodušší je i demolice stavby a demontáž jednotlivých částí, které se odvezou z místa stejným způsobem a kterým se na pozemek kontejnery dopravily z výrobní haly. Tyto kontejnery jsou po demontování ze stavby opět použitelné a po důkladné kontrole konstrukce modulu a případném ošetření je lze využít pro další výstavbu. [1]

1.10 Nevýhody modulární výstavby z kontejnerů

Prefabrikované kontejnery s sebou nesou také některé nevýhody. Návrh stavby se musí přizpůsobit předem daným rozměrům kontejneru a konstrukčnímu systému. Dispozice budovy se také musí přizpůsobit konkrétnímu řešení modulu, aby byly splněny požadavky na výstavbu dle příslušných norem.

Nevhodné základové podmínky mohou být komplikací při výstavbě z kontejnerů. V tomto případě může být zakládání nákladné vzhledem k náročné konstrukci základů, které mohou být z pilot, mikropilot nebo např. z injektážních kotev.

Další nevýhodou je předsudek ze strany veřejnosti, která kontejnerovou výstavbu považuje za dočasné řešení, nikoli za řešení trvalé určené k bydlení. Rozhodující jsou i životní návyky lidí, pokud hledají dlouhodobé bydlení v jedné lokalitě nebo se často stěhují. Stěhování obyvatel zároveň i s modulární budovou je v USA běžná záležitost a na rozdíl od obyvatel České republiky je tato verze stěhování spíše ojedinělá, jelikož se většina přiklání k trvalejším robustním stavbám bez možnosti změny lokality. V Číně jsou kontejnerové stavby rozšířenější, avšak používají se převážně jako provizorní řešení.

[1]

Doprava běžného kontejneru, který má rozměry dle normy, lze přepravovat bez vyšších nákladů a bez povolení vjezdu na pozemní komunikace. V případě dopravy kontejneru o nestandardních rozměrech, které překračují povolené limity dle vyhlášek, je zapotřebí zažádat o povolení vjezdu na pozemní komunikace a cena za přepravu nadrozměrného nákladu je také vyšší.

1.11 Modulární stavby ve světě

1.11.1 Studentské koleje „Qubic“

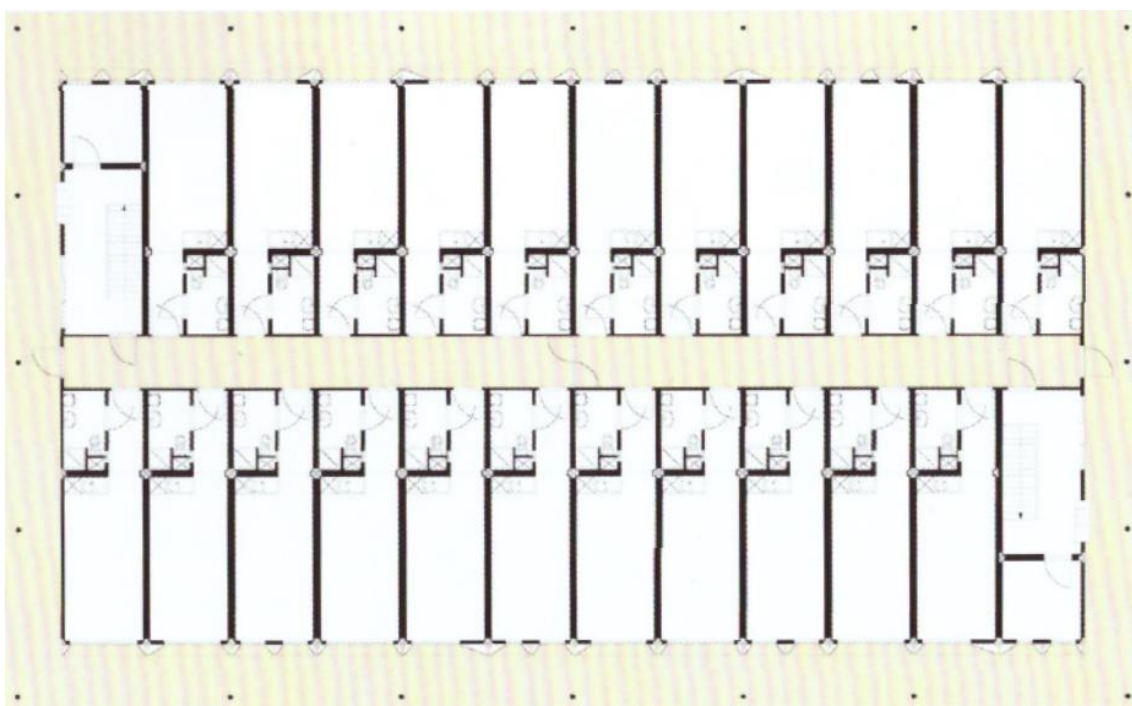
Modulární studentské koleje navrhla společnost „HVDN Architecten“. Stavba leží v Amsterdamu v Nizozemku a nachází se zde 715 ubytovacích jednotek. Celková kapacita kolejí je 1000 osob. Budova se skládá z jednotlivých prefabrikovaných kontejnerů a výstavba trvala přibližně jeden rok. Tento způsob skládání jednotlivých prefabrikovaných modulů studentských kolejí výrazně zkrátil celkovou dobu výstavby.

[8]



Obrázek 5 - Studentské koleje v Amsterdamu

Zdroj: [9]



Obrázek 6 - Půdorys 1.NP studentských kolejí „Qubic“

Zdroj: [8]

1.11.2 Modulární dům „X-Line 014“

Modulární dům s názvem „X-Line 014“ je složený ze šesti prefabrikovaných dřevěných modulů a má dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží. Svým vzhledem nenarušuje okolní zástavbu, ale naopak byl návrh zvolen tak, aby mezi ostatní stavby v okolí zapadal. Důvodem zvolení výstavby z dřevěných modulů byla zkrácená doba výstavby a využití přírodních materiálů. [10]



Obrázek 7 - Modulární dům "X-Line 014" Zdroj: [10]



Obrázek 8 - Stavba modulu ve výrobní hale pro dům "X-Line 014" Zdroj: [10]

1.11.3 Rodinný dům „Lake losco House“

Rodinný dům „Lake losco House“ se nachází ve městě Bloomingdale ve státě New Jersey. Tato stavba je složená ze čtyř stavebních modulů, které byly na stavbu dovezeny včetně výplní otvorů a vnějšího zateplení. Po usazení se celá stavba opatřila fasádním obkladem. Tento dům je ukázkou řešení, že v případě kontejnerové výstavby lze realizovat stavbu, která nebudí dojem provizorního řešení. [10]



Obrázek 9 - Rodinný dům "Lake losco House" Zdroj: [11]

1.11.4 Modulární stavba „Redondo Beach House“

Stavba „Redondo Beach House“ se nachází ve městě Los Angeles ve státě Kalifornie. Projekt byl navržen společností „DeMaria Design Associates“ za použití recyklovaných lodních kontejnerů. V budově se nachází osm nákladních kontejnerů s délkou modulu 12 m. [8]



Obrázek 10 - Stavba z lodních kontejnerů - "Redondo Beach House" Zdroj: [8]

2 Dřevostavby z křížem vrstveného dřeva

Dřevo jako stavební materiál disponuje mnoha výhodami. Má dobré tepelně izolační vlastnosti, vysokou pevnost v poměru k hmotnosti materiálu a vzhledem k jeho přírodnímu původu to je také obnovitelný materiál šetrný k životnímu prostředí. Tento materiál je anizotropní, kde závisí na směru působení vnějších sil dle vnitřních vláken v prvku. Při návrhu je důležité dbát na správný návrh, aby byla zajištěna pevnost prvku v závislosti na těchto vnějších účincích. Struktura a barva dřeva podle průzkumů také pozitivně ovlivňuje psychiku člověka.

Mezi hlavní nevýhody dřeva patří náchylnost vůči změnám vlhkosti v prostředí. V případě dlouhodobě působící vlhkosti může materiál měnit rozměry, hustotu a další důležité vlastnosti zachovávající stabilitu a pevnost prvku. Zároveň je také dřevo náchylnější na napadení dřevokaznými houbami a škůdci. Z hlediska akustiky je dřevo spíše špatným zvukovým izolantem, a proto je vhodné výslednou skladbu ze dřeva dodatečně posoudit na neprůzvučnosti konstrukce. Dřevo je také náchylné na vnitřní vady v prvcích, které jsou ovlivněny vnitřní nepravidelnou strukturou, působení klimatickými změnami, anebo vady vzniklé při výrobě a manipulaci se dřevem. Suky a trhliny mohou ovlivňovat např. celkovou pevnost dřeva, stabilitu, tepelně izolační schopnosti atd.

2.1 Historie dřeva ve stavebnictví

Dřevo se řadí mezi nejstarší stavební materiály a jeho oblíbenost použití do dnešních staveb neklesá. V kombinaci s dalšími materiály jako např. s kameny, jíly apod., se dřevo používalo primárně pro výstavbu zhruba až do konce 18. století. [12]

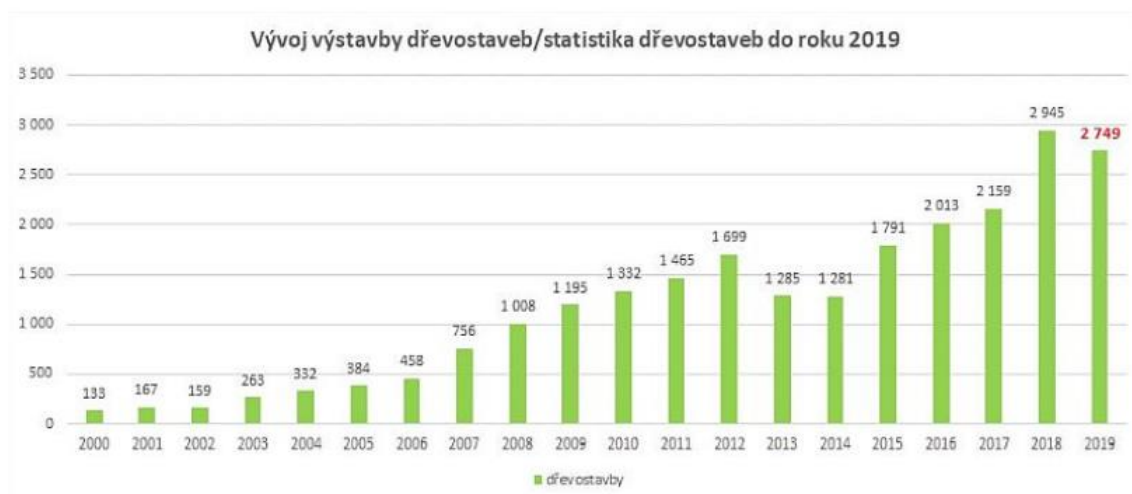
Vzhled a konstrukční řešení historických dřevostaveb záviselo hlavně na klimatických podmínkách místa stavby, ale také na dostupných materiálech, dostupnosti stavební techniky, místní kultuře a zvyklostech obce nebo města. Tradiční obytné stavby nebo jednoduché účelové stavby byly dříve ve skalnatých oblastech z přírodního kamene a pro lesnaté krajiny bylo typické použití přírodního dřeva jako hlavního konstrukčního materiálu. Jiné zvyklosti nebyly ani na planinách, kde nejpoužívanější materiál pro obydlí byla hlína v kombinaci s dřevěnými prvky a v tropických pralesech se nejčastěji používaly snadno dostupné lehké dřeviny.

V 19. století výstavbu výrazně ovlivnila industrializace z hlediska nových metod zpracování přírodního materiálu a nových způsobů stavění. Pro stavbu se začínal běžně

používat beton, železo nebo ocel. V průběhu času se také zlepšila doprava materiálu na stavbu, se kterou bylo možné materiál dopravit i ze vzdálenějších míst, než bylo působiště stavby. V tomto století se také lidé často stěhovali z vesnic do měst a postupně se zvyšovaly i nároky lidí na bydlení v rámci hygieny a komfortu.

Průběh 20. století byl spíše obdobím krize, kdy se vývoj a výzkum během obou světových válek zpomalily. Avšak nedostatek potřebných surovin vedlo opět k používání lokálních stavebních materiálů. Po druhé světové válce se používání dřeva podstatně zvýšilo ve Švýcarsku, Rakousku nebo v Německu. V zemích Skandinávie se výstavba během let nezměnila a dřevo zde bylo hlavním stavebním materiálem po staletí. Vzestup dřeva v ČR jako hlavního konstrukčního materiálu pro výstavbu lze sledovat až na začátku 21. století, kdy se více začínalo smýšlet nad celkovým dopadem stavby na životní prostředí. Dalším důvodem byl vzestup nových technologií a moderních spojovacích prostředků, dle kterého dřevo může konkurovat ostatním stavebním materiálům.

V dnešní době se omezení vyplývající z výstavby dřevostaveb výrazně snížila z hlediska dopravy téměř jakéhokoli materiálu a techniky, které jsou na trhu k dispozici. Zároveň se změnila metody zpracování dřeva a je snaha celý proces řídit logisticky a efektivně. Hlavním cílem je materiál zpracovat kvalitně, rychle a snadno ho dopravit na staveniště. Návrhy současných architektů a stavařů se snaží dřevo prosadit nejenom jako hlavní konstrukční materiál, ale i do interiéru vzhledem k jeho pozitivním vlastnostem. [13] Na následujícím grafu je možné vidět vzestup v počtu výstavby dřevostaveb od počátku 21. století do roku 2019. Podíl dřevostaveb na trhu z celkové výstavby dle Českého statistického úřadu činila v roce 2019 až 14,94 %.



Obrázek 11 - Vývoj výstavby dřevostaveb od začátku 21. století Zdroj: [14]

Dle aktuálního vyjádření ČSÚ byl v roce 2021 podíl dřevostaveb na trhu 14,6 %. Tento údaj ukazuje klesající počet realizovaných dřevostaveb od roku 2018, avšak to může být zapříčiněno situací se zvyšováním cen stavebních materiálů a menším počtem stavebních pozemků na trhu. [15]

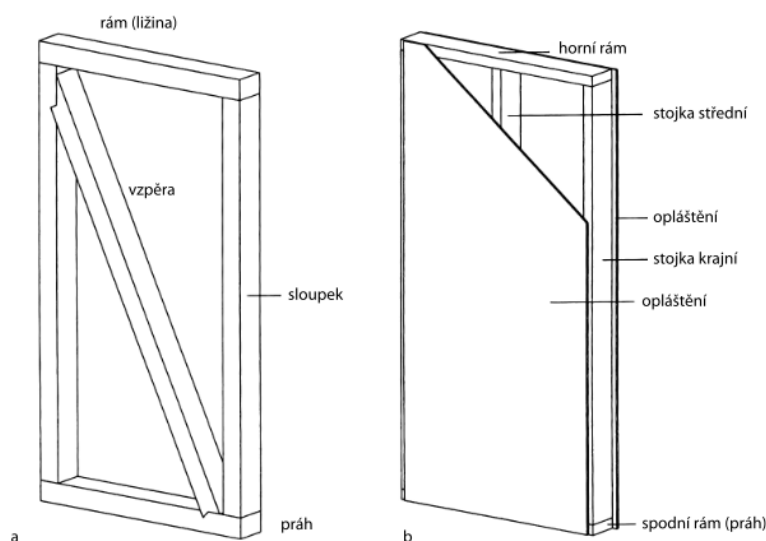
2.2 Typy dřevostaveb

Současnou výstavbu dřevostaveb lze charakterizovat dle konstrukčních systémů do tří skupin. Mezi stavby elementární řadíme ty, které jsou sestavované z jednotlivých elementů. Dalšími skupinami dřevostaveb jsou stavby skeletové a masivní. [12]

2.2.1 Elementární stavby na bázi dřeva

Elementární dřevostavby tvoří nosný systém z jednotných profilů nebo přířezů, které se vyvinuly ze systému hrázděných dřevostaveb. Vývoj přispěl ke zjednodušení systému z dřevěných prvků. U hrázděných dřevostaveb je ztužení provedeno pomocí šikmých vzpěr, které byly součástí hlavní nosné konstrukce. Elementární stavby jsou vyztuženy pomocí vnějšího pláště z prken ve vodorovném nebo šikmém směru. V dnešní době je ztužení navrženo především z deskových materiálů.

Mezi tyto dřevostavby patří skupina rámových dřevostaveb, které mají nosnou konstrukci z přířezu stejného profilu na výšku jednoho podlaží a ztužení je pomocí obvodového pláště. [12]



Obrázek 12 - a) Konstrukce hrázděné stavby, b) Konstrukce elementární stavby
Zdroj: [12]

Dalším typem jsou panelové dřevostavby, kde je nosná konstrukce dřevěného rámu sestavena ve výrobní hale. Dřevěný rám se opláští z obou stran včetně parotěsné fólie. Během výroby panelu se také již zavedou potřebné rozvody instalace, provede se osazení oken a vnější zateplení konstrukce. Na staveništi je panel dopravený ve svislé poloze připravený pro montáž.

2.2.2 Skeletové stavby

Skeletové stavby tvoří nosné konstrukce tyčových prvků, které přenášejí veškerá zatížení bez dodatečného výztužného opláštění. Prvním typem těchto dřevostaveb byla v minulosti stavba s hrázděnou konstrukcí. Během technologického vývoje a vzniku nových spojovacích prostředků se tato konstrukce zjednodušila a vznikly stavby skeletové.

Stavba s hrázděnou konstrukcí dřevostavby byla v porovnání s ostatními dřevostavbami velice pracná a výroba jejích prvků probíhala v tesařských dílnách. Na staveništi se konstrukce pouze montovala. Dřevěná konstrukce byla v tomto případě viditelná a stěny v této konstrukci byly vyplněné přízdívkou, která neplnila funkci nosnou, ale pouze ochrannou interiéru. Nevýhodou této konstrukce bylo nedostatečné spojení mezi hrázděnou konstrukcí dřeva a vyzdívkou z cihel, kde vznikaly spáry mezi konstrukcemi. [12]



Obrázek 13 - Hrázděná dřevostavba

Zdroj: [16]

Skeletové dřevostavby mají nosnou konstrukci z vodorovných a svislých nosných prvků. Ve stěnách nosnou konstrukci tvoří pouze dřevěné sloupy, které jsou doplněny o tyčové prvky plnící pouze funkci výplňovou. Nosnou konstrukci stropu tvoří vodorovné dřevěné nosníky uložené na sloupech. Nosné sloupy jsou uspořádány do předem určených vzdáleností dle projektové dokumentace a jsou přímo spojeny se základovou konstrukcí bez působení základového dřevěného prahu jako u konstrukcí rámových. Dřevěný nosný sloup musí být v místě základů dostatečně ochráněn proti vlhkosti ze základové konstrukce.



Obrázek 14 - Skeletová dřevostavba během realizace *Zdroj: [17]*

Mezi novodobé skeletové dřevostavby lze řadit i stavby se sloupkovou konstrukcí. Tyto stavby tvoří nosný základový práh, svislá žebra s malým průřezem a kratšími osovými vzdálenostmi a horní rám. Tento systém je též označován jako žebrová soustava nebo lehký dřevěný skelet. [12]

2.2.3 Masivní dřevostavby

Alternativním systémem k lehkým dřevěným skeletům jsou v dnešní době dřevostavby z masivních dřevěných panelů. Tímto systémem se svými vlastnostmi lze konkurovat systémům z klasických materiálů jako je např. cihla nebo beton. Nosnou

konstrukci dřevostavby tvoří v tomto případě velkoplošné dřevěné panely, ve kterých tepelná izolace není součástí dřevěného roštu. Dřevěné bloky jsou navzájem spojovány lepením nebo mechanicky např. pomocí hřebíků, vrutů nebo šroubů. Nosnou konstrukci stavby tvoří dřevěná kostra pevně spojená s opláštěním konstrukce plnící také nosnou funkci. Dřevěné bloky v konstrukci lze kombinovat s lehkými elementárními prvky.

Základními typy těchto dřevostaveb byly sruby a roubené dřevostavby, které se zachovaly dodnes. Roubené stavby jsou tvořeny stěnami z kruhových, obdélníkových profilů nebo čtvercových průřezů, kde je použité vysušené dřevo nebo lepené lamelové dřevo. Spojení prvků je spojem „na pero a drážku“. Vodorovné spáry se také opatřují tmelem nebo pěnovými páskami. Skladbu obvodové stěny tvoří pouze konstrukce z masivního dřeva. Nevýhodou těchto staveb bývá nedosažení požadovaných tepelně technických vlastností a vzduchotěsnost konstrukce, které se však při správném provedení bez chyb mohou eliminovat.



Obrázek 15 - Srubová dřevostavba Zdroj: [18]

Dnešní masivní stavby ze dřeva jsou složeny ze stěnových, stropních nebo střešních dílců, které jsou vyráběny ve výrobních halách. Na stavenišťe jsou tyto dílce následně dopraveny, kde se zkompletují do tzv. „hrubé stavby“. Obvodový plášť se dodatečně zkompletuje včetně tepelných izolací a fasádního systému. Možností jsou i dodávky kompletně zateplených panelů, které se na stavbě pouze usadí a následně se opatří fasádním systémem. [12]

2.2.4 Kontejnerová výstavba z dřevěných materiálů

Kontejnerová výstavba navržená z přírodních materiálů jako je dřevo disponuje mnoha výhodami. Jednou z hlavních je prefabrikace modulů, která může zajistit správné provedení konstrukcí včetně hydroizolací a celkového zateplení. Tím se snižují rizika pronikání vlhkosti do stavby a vzniku tepelných mostů, které by vznikly při nesprávné montáži jednotlivých konstrukcí. Tyto rizika znehodnocení dřevěné konstrukce při běžné výstavbě mohou být také z případných namoknutí nechráněné konstrukce před deštěm.

2.3 Křížem vrstvené dřevo

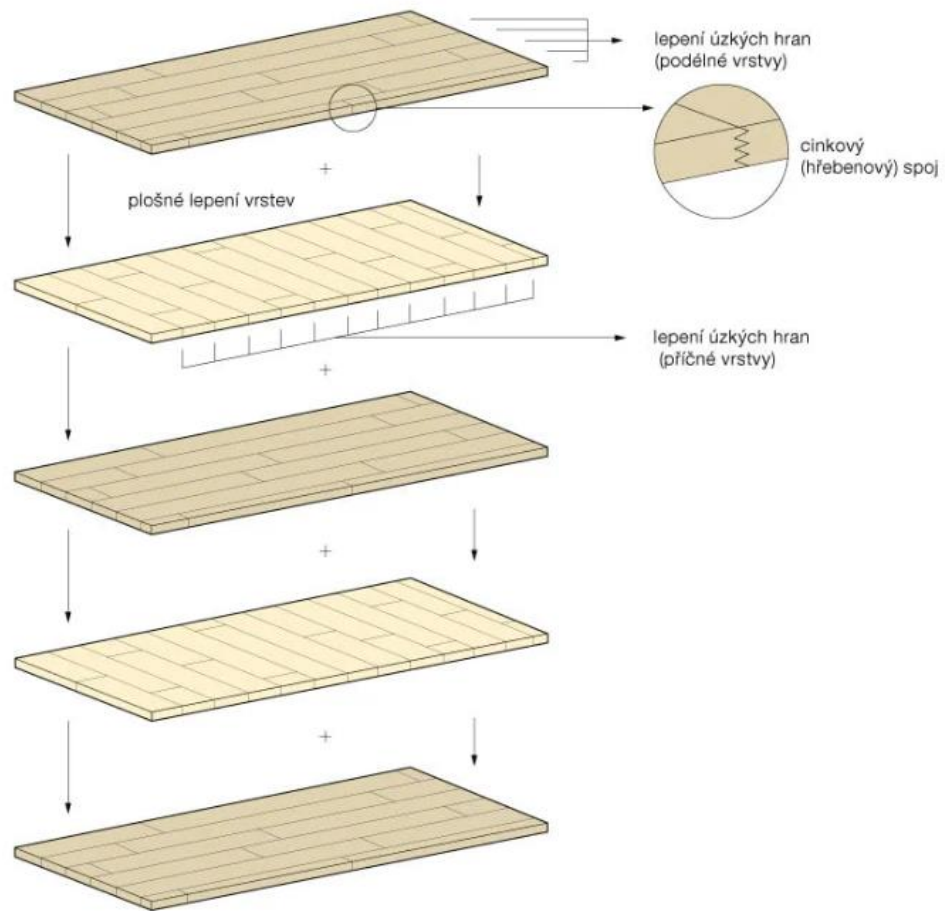
Křížem vrstvené dřevo představuje masivní dřevěné panely a k označení těchto panelů se využívá zkratka CLT. Dřevostavby z těchto masivních panelů jsou vhodné k výstavbě nízkopodlažních i vysokopodlažních budov pro bytové i nebytové účely. Desky CLT se používají pro konstrukci podlah, stěn, stropů, střech a také na konstrukci schodiště. Tento materiál lze použít i jako nosníkový prvek pro vodorovné konstrukce stropů a střech, jako svislý prvek pro konstrukci sloupů a masivních pilířů. Variabilitnost návrhu stavby z těchto panelů je nespornou výhodou pro stavební inženýry. Konstrukci lze dle návrhu přizpůsobit při dodržení technologických postupů, základních požadavků na konstrukci a při dodržení limitů vyplývajících z dopravy.

Výroba probíhá skládáním z desek složených z lamel, které se kladou ortogonálně na sousedící vrstvu. Ve specifických případech lze některé vrstvy klást ve stejném směru jako vrstvu předchozí. Samotná výroba panelů probíhá za pomoci automatizovaného CNC stroje, který využívá data z digitálního modelu. Rozměrová odchylka velkoformátových panelů se uvádí 2 mm při maximálním rozměru 3 x 18 m.

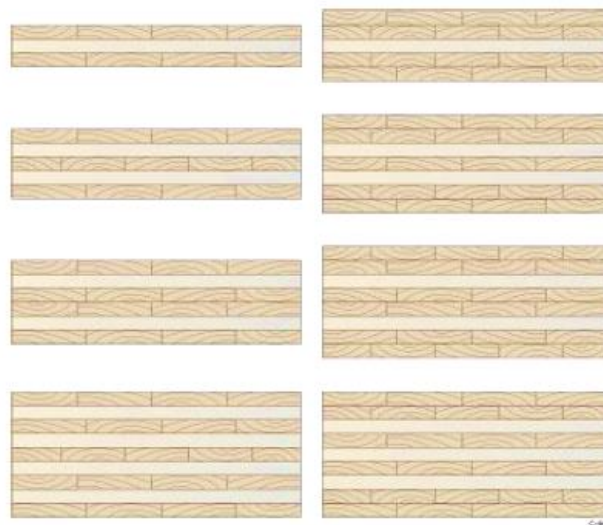
Hlavním materiálem pro výrobu těchto panelů jsou lamely z rostlého dřeva. Nejčastěji je používáno smrkové dřevo. Dalším využívaným typem dřeviny může být modřín, jedle nebo borovice.

Spojení vrstev je převážně za pomoci lepidla, které se nanáší mezi desky a v některých případech i na obvodové hrany pro lepší soudržnost materiálu. Lepidlo pro spojení desek musí splňovat vysoké nároky na trvanlivost pro splnění základních požadavků na vnitřní integritu desek. Pro lepení desek se většinou používá polyuretanové lepidlo, které má garanci zdravotní nezávadnosti. Desky lze k sobě kotvit i mechanicky hřebíky, šrouby nebo pomocí dřevařských spojů. Tento způsob kotvení může být uplatněn

k uchycení vnitřní vrstvy v CLT panelu. Panely se skládají většinou v lichých vrstvách v běžném počtu 3 až 7 vrstev. [19]

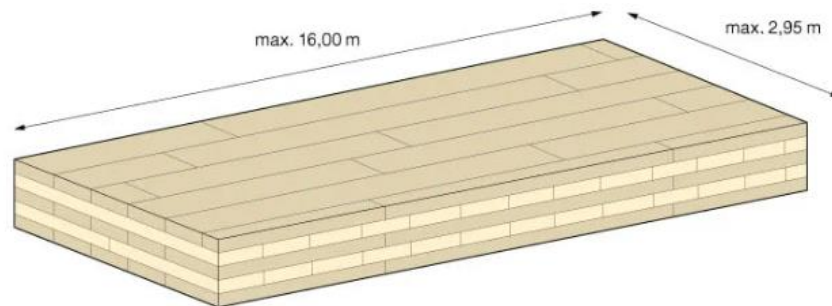


Obrázek 16 - Princip skládání jednotlivých vrstev CLT panelu Zdroj: [20]



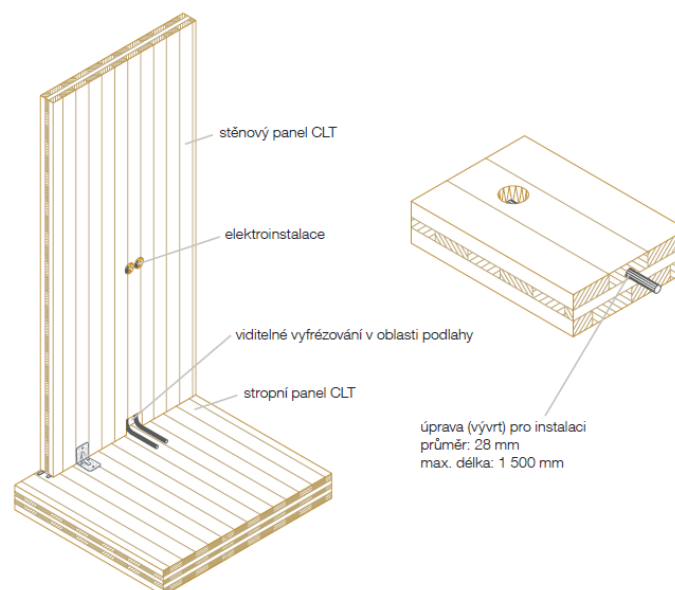
Obrázek 17 - Možnosti vrstvení lamelových desek v CLT prvku vzhledem k orientaci lamel Zdroj: [21]

Rozměry CLT panelů jsou dané výrobcem tohoto materiálu. Obvyklá tloušťka jedné lamelové desky se pohybuje od 16 mm do 51 mm. Celková tloušťka CLT desky může být od 60 mm do 240 mm. Typické šířky jednoho panelu jsou 0,6 m, 1,2 m, 2,4 m, a 3 m. Délka panelu může být až 18 m. Panely lze rozměrově přizpůsobit dle návrhu stavby, avšak jediným omezením jsou přepravní limity, se kterými je nutné během návrhu počítat. [21]



Obrázek 18 - Maximální rozměry CLT panelů dle výrobce „Stora Enso“ Zdroj: [20]

Křížem vrstvené dřevěné panely lze vyrábět s pohledovou kvalitou, která umožňuje návrh konstrukce bez vnitřního obložení. Povrch panelu je broušený, kde nejsou viditelné spáry ani zbytky lepidla. V tomto případě je nutné během návrhu stavby předem určit pozice elektroinstalace vzhledem k nenarušení pohledového povrchu materiálu. Kabely lze vést v předem provedených vývrtech ve stěně. Příklad vedení elektroinstalace je znázorněno na obrázku č. 19.



Obrázek 19 - Ukázka vedení elektroinstalace v CLT stěně při pohledové kvalitě Zdroj: [22]

Základní řešení vedení instalace technické infrastruktury je v předstěnách nebo v drážkách za obkladní deskou. Další řešení je vést instalace ve stropním pohledu. Při těchto řešení není nutné, aby CLT konstrukce byla v pohledové kvalitě.

2.3.1 Historie CLT panelů

Stavební materiál z křížem vrstveného dřeva se poprvé představil v Rakousku a Německu na počátku 90. let 20. století. V Rakousku v pol. 90. let 20. století akademikové zahájili výzkum ve spolupráci s průmyslovým odvětvím a dali podobu dnešní moderní CLT konstrukci. Z toho materiálu se realizovaly bytové i nebytové prostory v Evropě.

Na počátku 21. století, kdy se především začalo dbát na environmentální výstavbu a sledovaly se dopady stavby na životní prostředí, se používání CLT panelů výrazně zvýšilo. Technologie CLT se postupem času rozšířila do celého světa. Dosud realizované projekty ukazují, že tento materiál má perspektivní využití nejenom v běžných stavbách, ale i pro střední a výškové budovy. Na základě prověřených vlastností a výhod při výstavbě z tohoto materiálu vznikla v některých případech konkurence běžným materiálům jako je např. zdivo, ocel nebo beton. [21]

2.3.2 Výhody konstrukce z CLT panelů

Kromě obecných výhod výstavby z dřevěného materiálu, mají CLT panely další výhodu spojenou s jeho konstrukcí z lamel. Princip křížení jednotlivých vrstev v panelech zlepšuje mnoho vlastností. Jednou z nich je zlepšená rozměrová stabilita panelu, což umožňuje vyrábět desky ve větších šířkách a délkách. Tento způsob skládání vrstev zlepšuje také pevnostní a tuhostní charakteristiky celkové konstrukce a je možné obousměrné působení desky jako je tomu např. u desky ze železobetonu. Způsob křížení lamel také může lépe zabraňovat odtržení jednotlivých vrstev v panelu ve spojovacích systémech. [21]

Požární odolnost masivních CLT panelů je jedna z výhod, která umožňuje výstavbu vícepodlažních staveb z tohoto materiálu. Například panel při tloušťce 80 mm může vykazovat požární odolnost REI30. Při vyšších tloušťkách lze dosáhnout požární odolnosti až REI90. Přesné hodnoty požární odolnosti konkrétního panelu však specifikuje výrobce individuálně dle složení panelu a způsobu výroby. Pro zajištění vyšší požární odolnosti konstrukce lze použít obložení z protipožárních desek.

Mezi hlavní výhody také patří snadná montáž a rychlá výstavba z CLT panelů, přičemž výstavbu lze provádět i v zimních měsících. [19]

2.3.3 Nevýhody CLT panelů

Jednou z nevýhod z hlediska výstavby z CLT jsou omezení vyplývající z maximálních rozměrů panelu způsobených danými limity při přepravě materiálu na stavbu. Maximální rozměry vyplývají také z výrobních možností CNC stroje.

Limitujícím parametrem pro masivní panely CLT může být také maximální výška dřevostavby, která vychází dle platných normových požadavků požární bezpečnosti staveb.

Další nevýhodou tohoto materiálu jsou akustické vlastnosti, které většinou dle platných norem a požadavků na provoz stavby nevyhoví. V tomto případě je nutné přijmout opatření v podobě zvukové izolace v podhledech nebo v obložení stěn. [19]

2.3.4 Stěnové panely

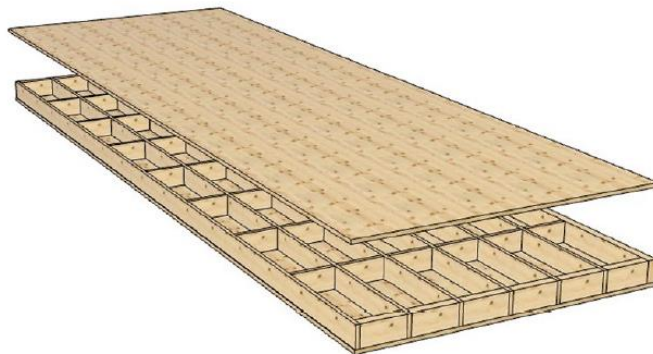
Stěnové panely z materiálu CLT lze charakterizovat dle směru lamel, kde převažuje počet vrstev se svislou orientací vzhledem k působícímu zatížení, které je ve směru těchto lamel. Vrstvy kladené svisle ve směru zatížení zajišťují prostorovou tuhost panelu a jeho tvarovou stálost. Jejich tloušťka je obvykle do 160 mm vzhledem k celkové hmotnosti konstrukce, která je limitována dopravou a dodržení maximální hmotnosti nákladu. Rozměry a skladba panelu jsou závislé na daném výrobcu a zároveň na celkovém návrhu stavby. [19]

2.3.5 Stropní a střešní panely

Skladba stropních a střešních panelů je podobná stěnovým panelům, avšak mohou disponovat větší tloušťkou kvůli většímu působení zatížení. Vrstvy, které přenáší zatížení do svislých stěn, jsou směřovány rovnoběžně s přenášeným zatížením. Vrstvy kolmé na směr působícího zatížení zajišťují tvarovou stálost a prostorovou tuhost konstrukce stropu.

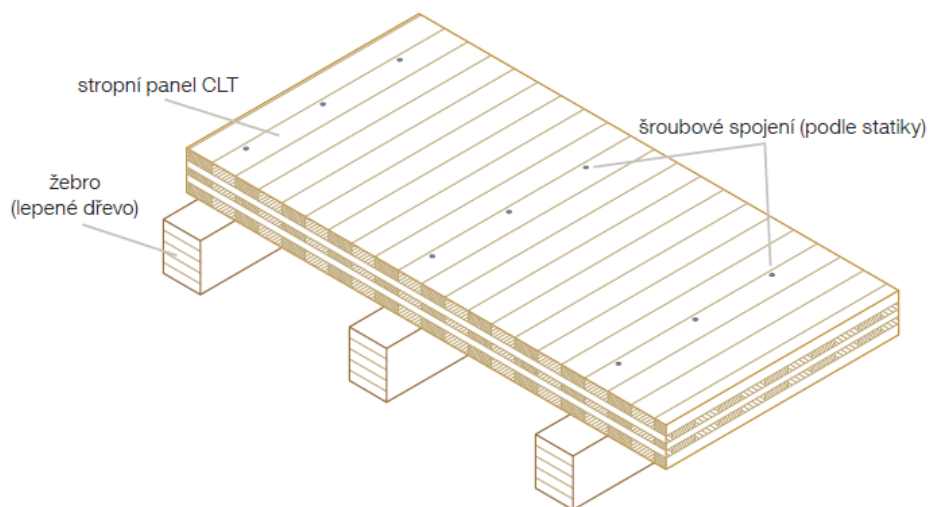
Maximální tloušťka se může pohybovat až do 320 mm dle statického posudku, avšak tato tloušťka desky může výrazně ovlivňovat celkovou hmotnost stavby.

Alternativní řešení pro klasické vrstvené stropní a střešní panely se vyrábí za účelem snížení celkové hmotnosti konstrukce. Jedná se o skladbu desek z materiálu CLT s vloženým středním nosným roštem mezi deskami. Volný prostor dutin v roštu lze vyplnit tepelnou nebo akustickou izolací. Tyto panely jsou též vyráběny ve výrobních halách a dodávány na stavbu ve finální verzi nosné konstrukce. [20]



Obrázek 20 - Stropní konstrukce z CLT vyráběné společností „Novatop“ Zdroj: [23]

Dalším možným řešením ke snížení výšky stropu a dosažení větších rozponů stropní konstrukce je pomocí žebrového stropu. Principem je sprážení stropních panelů s dřevěnými lamelovými lepenými nosníky, které jsou navzájem spojeny lepením. Vzdálenost mezi žebry je navržena od 40 cm do 60 cm pro stropní konstrukci a pro střešní konstrukci se rozpětí žeber pohybuje od 60 cm do 120 cm. Prostor mezi žebry lze opět vyplnit tepelnou nebo akustickou izolací nebo je možno v tomto prostoru vést instalace technické infrastruktury. Tyto stropní panely se vyrábí i v pohledové kvalitě bez nutnosti obložení.



Obrázek 21 - Žebrový strop z CLT panelů a lepeného lamelového dřeva Zdroj: [22]

2.3.6 Statický návrh CLT panelů

Navrhování konstrukce s křížem vrstveného dřeva momentálně nemá z hlediska statického řešení přesně daný postup. V dosud platném Eurokódu 5 (EN 1995) nejsou k dispozici pravidla pro návrh konstrukce z tohoto materiálu, avšak návrh konstrukce může být proveden dle základních pravidel mechaniky. Jelikož se jedná o vrstvené lepené dřevo, je potřeba zahrnout do výpočtu i účinky vnitřních lepených vrstev a jejich tuhost z hlediska spolupůsobení. Posouzení na účinky požáru se v obecném případě také neuvažuje s možnou delaminací jednotlivých vrstev, která může mít následně vliv na celkovou požární odolnost konstrukce. Pro přesný návrh konstrukce z tohoto materiálu se připravuje nová verze Eurokódu 5. [24]

2.3.6.1 *Postup návrhu za běžné teploty*

Konstrukce z křížem vrstveného dřeva lze navrhovat pomocí různých výpočetních postupů nebo výpočetních programů, které umožňují zadat konstrukci s veškerými parametry spojené s výpočtem.

- Gama metoda

Tato analytická metoda je z hlediska navrhování CLT panelů nejpoužívanější a dle Eurokódu 5 je používána pro návrh mechanicky spojovaných nosníků. Do výpočtu je zahrnuta efektivní tuhost CLT panelu, která je vypočtena základními principy stavební mechaniky a pro výpočet se zavádí součinitel účinnosti spojení jednotlivých částí průřezu panelu. Součinitel nese označení γ a vyjadřuje také smykovou deformaci vnitřní příčné vrstvy CLT panelu, která se mění vzhledem k jejímu připojení. Při hodnotě součinitele $\gamma = 1$ jsou vrstvy navzájem dokonale spojeny. Pokud je hodnota součinitele $\gamma = 0$, jsou vrstvy nespojené. Běžná hodnota CLT panelu se pohybuje v rozmezí 0,85 – 0,99. Tato metoda je velice přesná pro panely, které jsou prostě podepřené a rovnoměrně zatížené spojitým zatížením. [24]

- K – metoda

Pro návrh CLT panelu lze také použít metodu pro kompozitní materiály, která se používá hlavně pro zjištění únosnosti překližovaných desek. Pro tyto desky se do výpočtu nezahrnuje kolmá vrstva, $E_{90} = 0$. Při návrhu CLT desek se v této metodě uvažuje

s modifikací a předpokládá se tuhost kolmé vrstvy $E_{90} = 0,3$. Tato metoda předpokládá linearitu průběhu napětí a přetvoření dle Bernoulliho-Navierovy hypotézy a zavádí se součinitel k , který definuje různé použití panelu a jeho možné zatížení. [24]

- Metoda smykové analogie

Při této metodě se bere v úvahu rozdílná smyková tuhost jednotlivých vrstev a jejich vzájemná spojení. CLT panel je virtuálně rozdělen do dvou nosníků „A“ a „B“. Tyto nosníky jsou spojené nekonečně tuhými „stojinami“, čímž je zajištěná stejná deformace obou nosníků. U nosníku „A“ se pro každou vrstvu zvlášť počítá tuhost a napětí podél lokálních neutrálních os. U druhého nosníku je zahrnut do výpočtu Steinerův doplněk kolem globální neutrální osy průřezu. Výsledkem je součet jednotlivých průběhů napětí. Tato metoda je velice přesná a použitelná pro všechny typy panelů. [24]

- Tymošenkova metoda

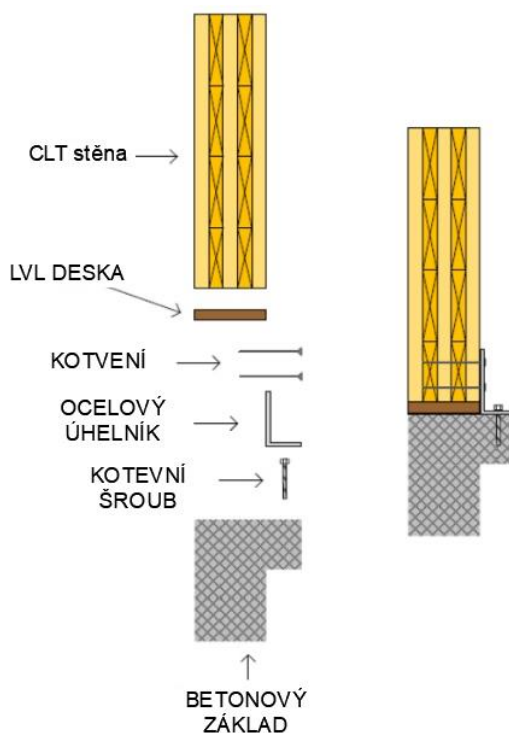
Tato metoda byla zpracována profesorem Schickhoferem na základě Tymošenkovy paprskové teorie, která vychází z hypotézy Bernoulliho-Naviera rozšířené o smykovou deformaci nosníků s vyšší tloušťkou. Pro výpočet průhybů kolmo k rovině CLT panelů je tato metoda jednou z nejpresnějších. Principem je součinitel, který se zjišťuje experimentální metodou dle poměrů rozpětí a šířky CLT panelu a Youngova modulu valivého smyku. [24]

2.3.7 Konstrukční spoje

2.3.7.1 *Spojení stěny a základu*

- Systém připojení kovového držáku

Jedná se o klasický systém připojení stěny CLT k betonovému základu, kde se k upevnění stěny na betonový základ používají běžné šrouby. Ocelový úhelník se používá, když je betonový základ plochý a stěna je k němu kolmá. Toto spojení se provádí upevněním kotvy k betonovému základu kotevním šroubem, zatímco druhá strana ocelového úhelníku je přišroubována k stěně. Mezi stěnu a betonový základ je položena trámová botka (EWP), jako je překližka nebo LVL. [25]

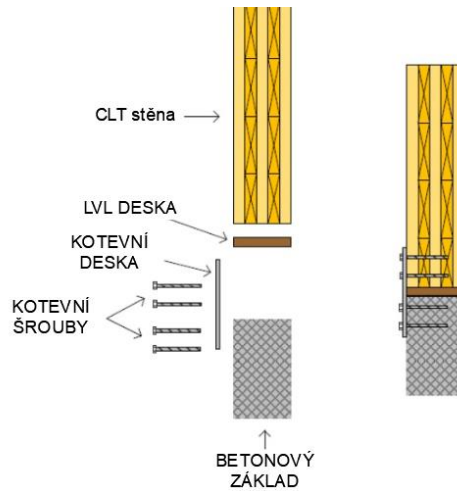


Obrázek 22 - Systém připojení kovového držáku Zdroj: [25]

- Systém připojení kovových desek

Jedná se o neinovativní systém připojení stěny k betonovému základu, kde se k upevnění stěny na betonový základ používají běžné šrouby. V tomto spojovacím systému se kovová deska používá, když je betonový základ dostatečně vysoký a CLT panel lze spojit s betonem a plochou kovovou deskou. Toto spojení se provádí upevněním konzoly k betonovému základu kotevním šroubem, zatímco druhá strana kovové desky je

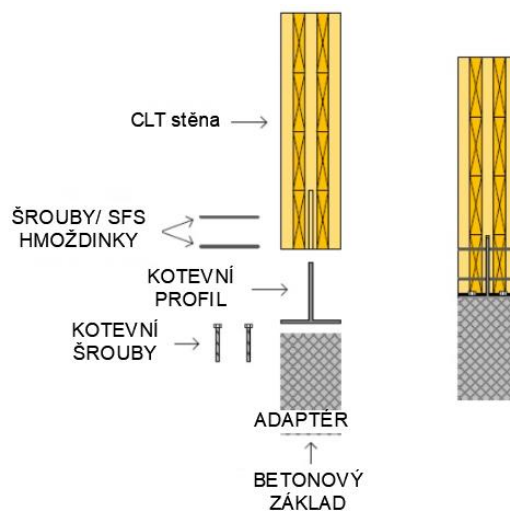
přišroubována k stěně. Mezi stěnu a betonový základ se umístí trámová botka (EWP), jako je překližka nebo LVL. [25]



Obrázek 23 - Systém připojení kovových desek Zdroj: [25]

- Vnitřní/skrytý systém připojení kovových desek

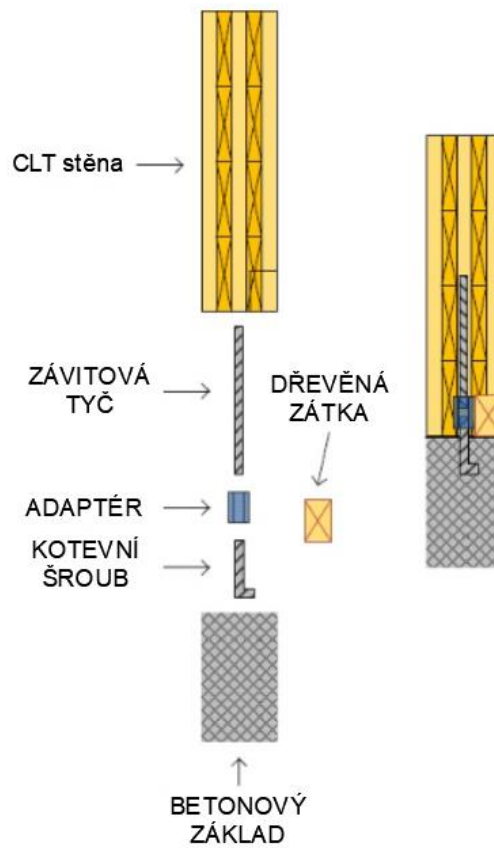
Jedná se o neinovativní systém připojení stěny k betonovému základu, kde se k upevnění stěny na betonový základ používají běžné šrouby. V tomto spojovacím systému je kovová deska vložena do stěny, zatímco její základna je připevněna k betonovému základu. Toto spojení se provádí v případě potřeby skrytého spoju a při pohledové kvalitě stěn. [25]



Obrázek 24 - Vnitřní/skrytý systém připojení kovových desek Zdroj: [25]

- Systém připojení závitové tyče

Jedná se o inovativní systém připojení stěny k betonovému základu, kde lze připojit stěnu k betonovému základu bez potřeby běžných šroubů. V tomto spojovacím systému je závitová tyč vložena do stěny, zatímco kotevní šroub je upevněn do betonového základu a jak závitová tyč, tak kotevní šroub jsou připevněny adaptérem. [25]



Obrázek 25 - Systém připojení závitové tyče

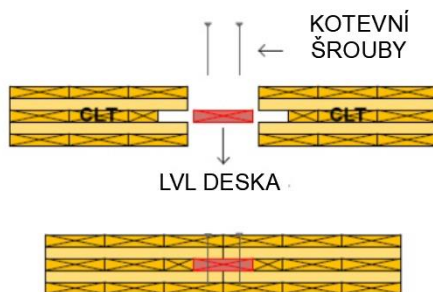
Zdroj: [25]

2.3.7.2 Vodorovné pojení CLT panelů

Vzájemné spojení panelu s panelem lze provést pomocí vnitřních, dvojitých povrchů, jednoplošných drážek vyrobených z dřevěných materiálů jako je např. překližka nebo deska LVL. [25]

- Vnitřní drážkový spoj

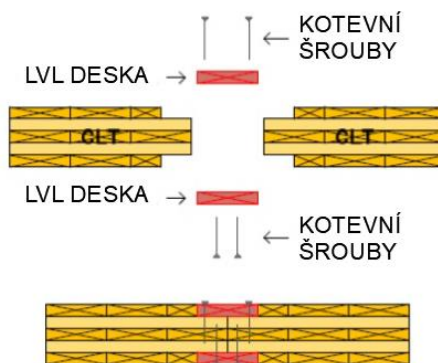
Dva CLT panely jsou spojeny dohromady překližkou nebo LVL deskou umístěnou ve středu spoje. Panely jsou vzájemně spojeny samořeznými šrouby procházející z jedné strany přes drážku na druhou stranu panelu. [25]



Obrázek 26 – Vnitřní drážkový spoj Zdroj: [25]

- Dvojité povrchové drážkování

Dva CLT panely jsou spojeny pomocí dvou kusů překližovaných desek nebo desek LVL. Panely jsou vzájemně kotveny pomocí samořezných šroubů z obou stran. [25]

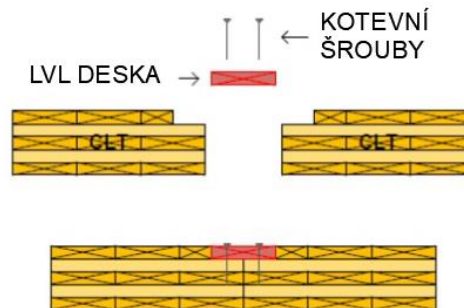


Obrázek 27 – Dvojité povrchové drážkování

Zdroj: [25]

- Jednoplšné drážkování

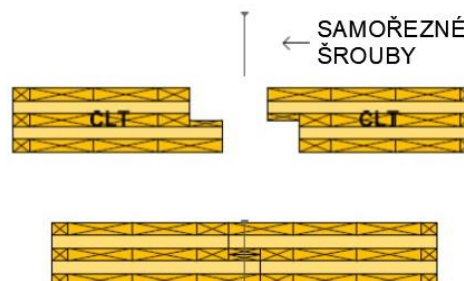
Dva CLT panely jsou spojeny jedním kusem překližované desky nebo desky LVL ležícím na obou površích, a vzájemně kotveny samořeznými šrouby na obou panelech prostupujících z drážkování do obou panelů. [25]



Obrázek 28 – Jednoplšné drážkování Zdroj: [25]

- Klínové spojení

Tato metoda nevyžaduje žádné drážkování, kde dvě CLT stěny jsou k sobě pevně spojeny a přišroubovány samořeznými šrouby. [25]



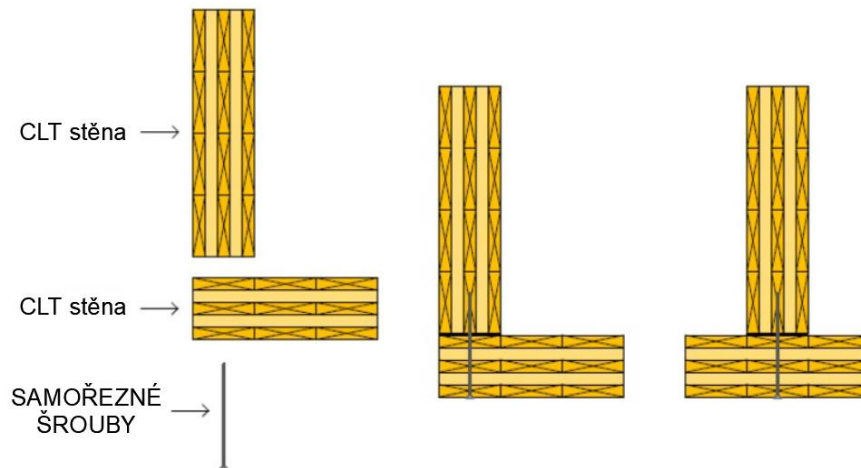
Obrázek 29 - Poloviční spojovací systém Zdroj: [25]

2.3.7.3 Spojení rohů

Pro spojování vnitřních a vnějších stěn se používají v zásadě dva obecné systémy připojení; jednoduchý spojovací systém a inovativní spojovací systém. [25]

- Přímé samořezné šroubové spojení

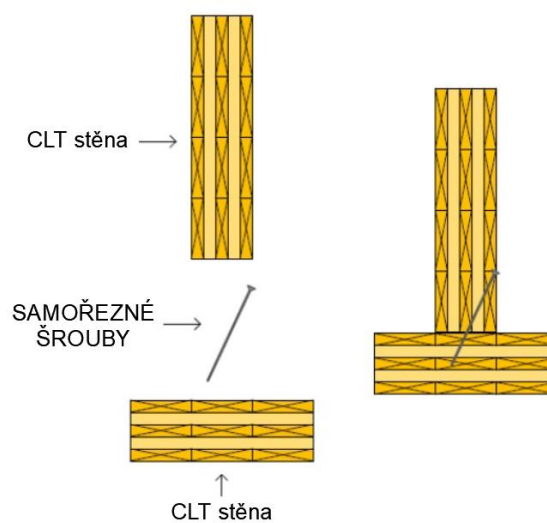
Přímý a jednoduchý způsob, jak spojit dvě stěny CLT dohromady, je provrtat samořezné šrouby skrz jednu stěnu do druhé se správnou délkou samořezných šroubů v závislosti na tloušťce stěn. [25]



Obrázek 30 - Přímý samořezný šroubový spojovací systém (jednoduchý) Zdroj: [25]

- Úhlový samořezný šroubový spoj

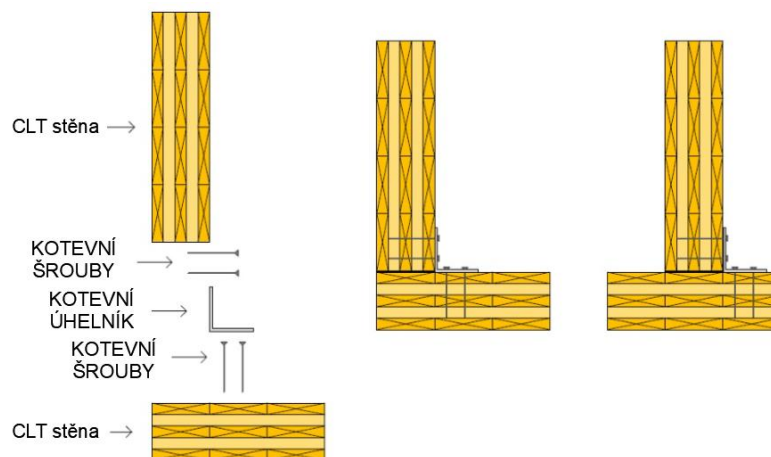
Tento spojovací systém je velmi podobný přímému samořeznému spojovacímu systému s jediným rozdílem. Samořezné šrouby nejsou vrtány rovně, ale pod určitým úhlem kvůli proniknutí šroubů do druhé CLT stěny. [25]



Obrázek 31 - Úhlový samořezný šroubový spoj Zdroj: [25]

- Spojení šroubem a ocelovým úhelníkem

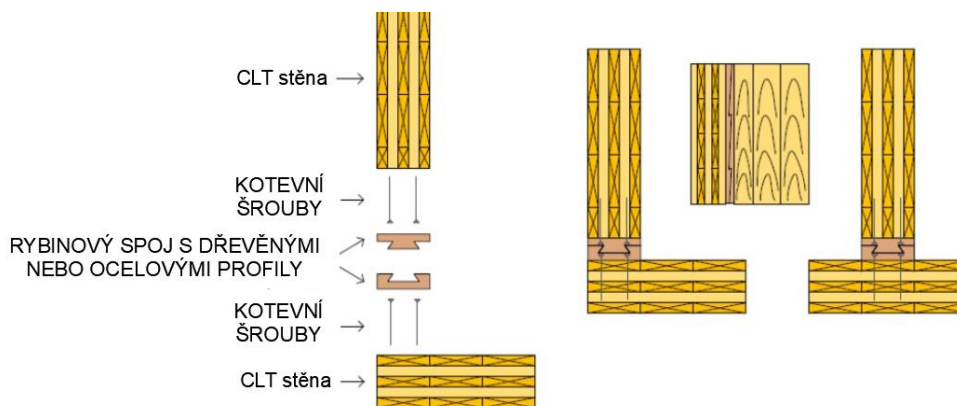
Ocelový úhelník se používá pro jednoduché spojení stěny k další stěně jednoduchým přišroubováním jedné strany kotvy k jedné stěně a druhé strany kotvy ke druhé stěně. [25]



Obrázek 32 - Spojení šroubem a ocelovým úhelníkem Zdroj: [25]

- Rybinový spojovací systém

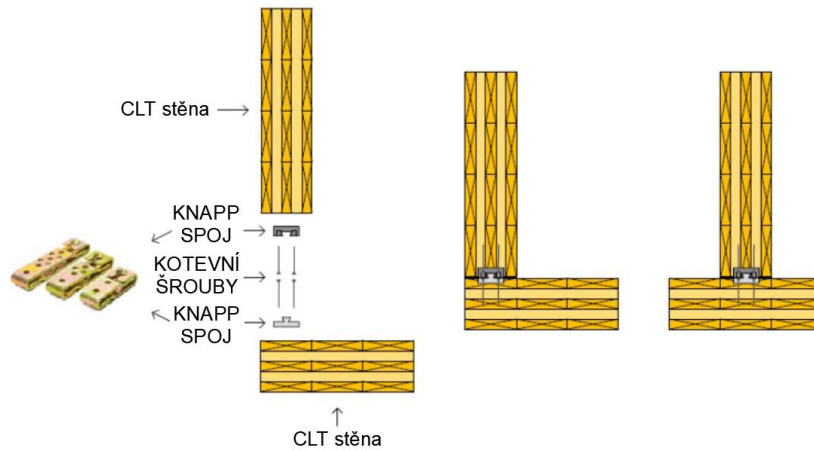
Rybinový spoj je běžná spojovací technika používaná v práci se dřevem a běžně se používá pro svou silnou odolnost proti roztržení. Rybinový spoj pomocí dřevěných nebo ocelových profilů se používá při spojování dvou CLT stěn. Dvě stěny s rybinovým spojem lze ve spoji navzájem slepit, které již nevyžadují žádné mechanické spojovací prvky. Tento spojovací systém je rychlý, snadno proveditelný, přesný, časově nenáročný, pevný a výhodný z hlediska ceny. [25]



Obrázek 33 - Rybinový spojovací systém Zdroj: [25]

- Skrytý závěsný spojovací prvek

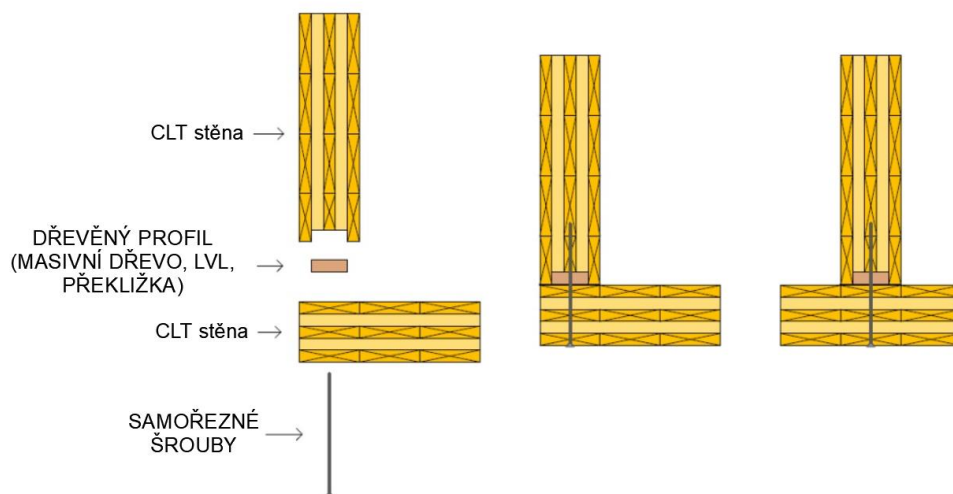
Jedná se o upevňovací systémy dřeva pro spojení pomocí „zámku“, které jsou připevněny k oběma stěnám CLT a stěny jsou připraveny ke spojování. Po instalaci a připojení panelů jsou zámky skryté a samoutahovací. Stěny lze snadno demontovat. [25]



Obrázek 34 – Skrytý závěsný spojovací prvek Zdroj: [25]

- Rybinový systém spojení dřevěných profilů

Tento spojovací systém je velmi podobný rybinovému spojovacímu systému, kde jsou CLT panely připevněny rybinovými spoji pro snadnou a pevnou montáž, avšak zde jsou použity pro zesílení spojení další samořezné šrouby. [25]

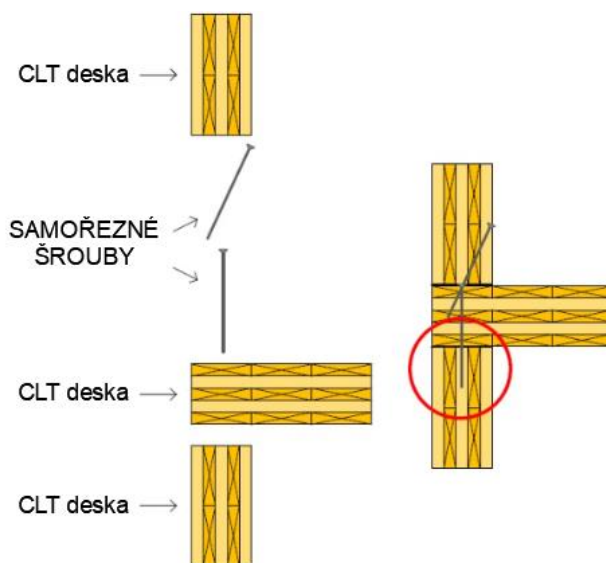


Obrázek 35 - Rybinový systém spojení dřevěných profilů Zdroj: [25]

2.3.7.4 Spojení strop a stěna

- Samořezný šroubový spojovací systém

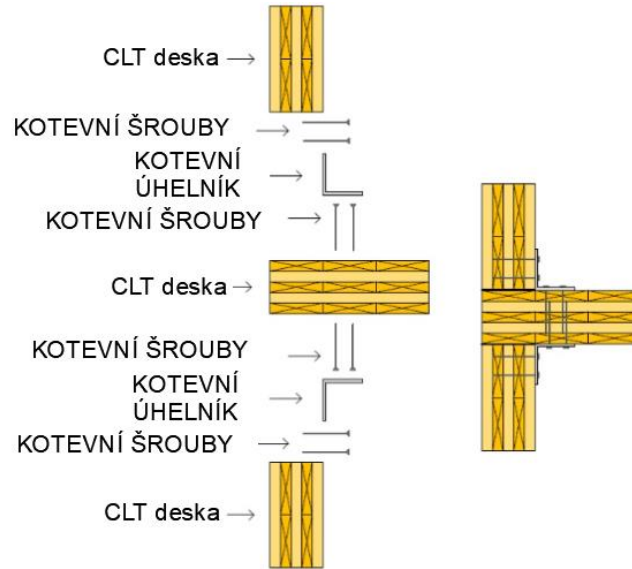
Stěnu lze připojit ke stropní desce nebo k dalšímu podlaží provrtáním samořezných šroubů. Nejprve se připevní stropní deska ke stěně ve spodním patře a poté se usadí a zakotví stěna v horním patře k podlaze. Při montáži se doporučuje věnovat pozornost spoji znázorněném na obrázku č. 36. [25]



Obrázek 36 - Samořezný šroubový spojovací systém Zdroj: [25]

- Připojení stěn a stropu pomocí ocelových úhelníků

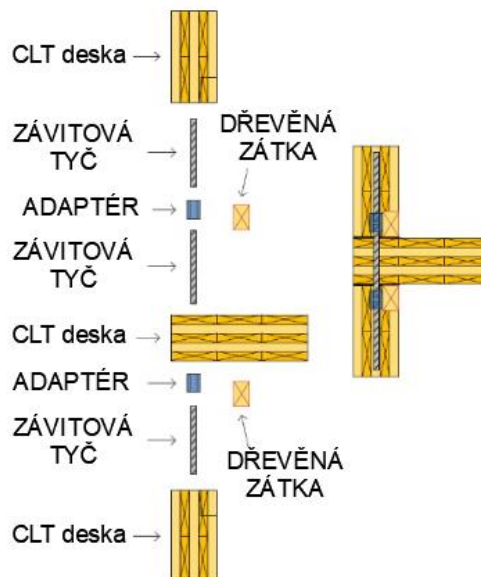
Tento spojovací systém patří mezi oblíbené při výstavbě z CLT v Evropě. Tento systém se používá pro připojení stěny ke střeše nebo podlaze opatřením ocelových úhelníků z obou stran konstrukce, které jsou na desky přišroubovány. V některých případech lze použít samořezné šrouby. [25]



Obrázek 37 - Připojení stěn a stropu pomocí ocelových úhelníků Zdroj: [25]

- Připojení pomocí dlouhé závitové tyče

Základem tohoto spojovacího systému jsou do CLT panelů vyvrtány tři dlouhé závitové tyče. Jedna závitová tyč je navrtána do podlahy, další tyč je navrtána do spodní stěny a poslední je navrtána do horní stěny. Poté se všechny spojí a dojde k dotažení příslušnými adaptéry. Mezery u adaptérů se zakryjí dřevěnými krytkami. [25]

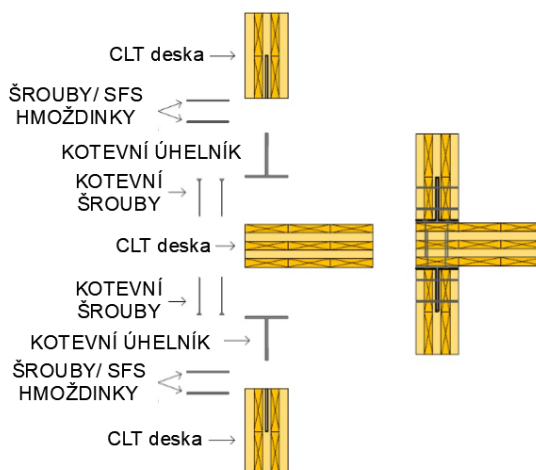


Obrázek 38 - Připojení pomocí dlouhé závitové tyče

Zdroj: [25]

- Systém připojení skrytých ocelových úhelníků

V tomto spojovacím systému jsou ocelové úhelníky navrtány do podlahy a poté jsou kovové desky skryty a vloženy z obou stran do spodní a horní stěny. Tyto úhelníky jsou zašroubovány do dřeva za pomoci samovrtných hmoždinek nebo tradičních hmoždinek a šroubů. [25]

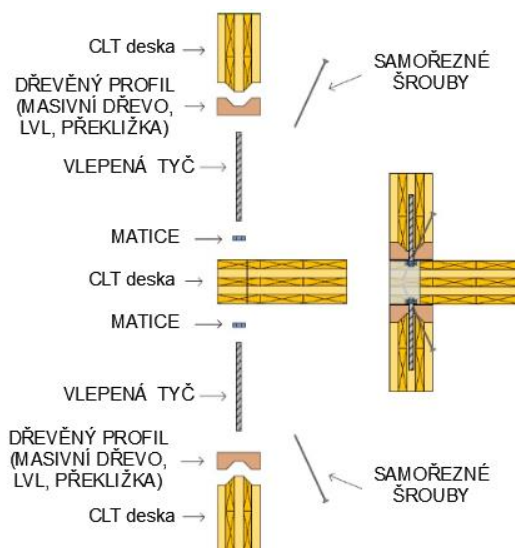


Obrázek 39 - Systém připojení skrytých ocelových úhelníků

Zdroj: [25]

- Připojení pomocí vlepených závitových tyčí

Tento spojovací systém je proveden nalepením tyčí v horní i spodní stěně a přišroubováním těchto tyčí k podlaze pomocí matice. Následně se provede spojení pomocí samořezných šroubů shora a zdola pro utažení spodní a horní stěny k podlaze. [25]

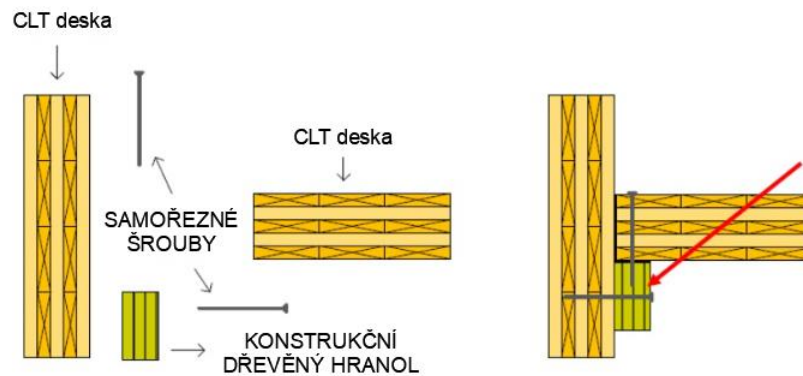


Obrázek 40 - Připojení pomocí vlepených závitových tyčí

Zdroj: [25]

- Samořezný šroubový spojovací systém „Balónový typ“

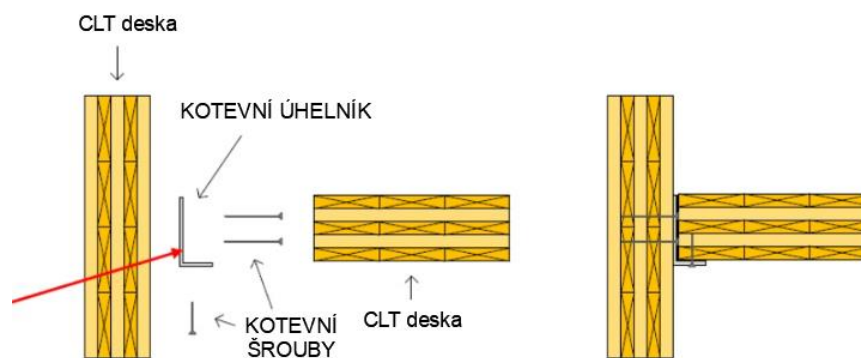
Konstrukce spojené pomocí „balónového typu“ lze desku připojit ke stěně jednoduchým připevněním konstrukčního hranolu ke stěně CLT pod stropní desku a zajistit je zašroubováním samořezných šroubů. [25]



Obrázek 41 - Samořezný šroubový spojovací systém „Balónový typ“ Zdroj: [25]

- Spojovací systém s ocelovým úhelníkem „Balónový typ“

Pro spojení konstrukce stropu se stěnou lze použít také tradiční ocelové úhelníky a šrouby. Ocelové úhelníky se nejprve přišroubují ke stěně a poté se na něj usadí stropní deska, kde je následně do ocelového úhelníku zašroubována. [25]



Obrázek 42 - Spojovací systém s ocelovým úhelníkem „Balónový typ“ Zdroj: [25]

2.4 Vícepodlažní budovy z křížem vrstveného dřeva

Dřevostavby v posledních letech jsou žádanější vzhledem k mnoha pozitivním vlastnostem. Jednou z nich je rychlost výstavby a využití přírodního udržitelného zdroje jako hlavního stavebního materiálu pro konstrukce nosné i nenosné. Využití CLT panelů je výhodné i z hlediska stavebně-fyzikálních vlastností, které jsou pro výškovou stavbu rozhodující. Nespornou výhodou je také rychlost výstavby z CLT panelů, jelikož jsou prefabrikovány, na staveništi se pouze osadí na předem určené místo a dostatečně ukotví spojovacími prostředky. V tomto případě je potřeba provést detailní návrh celé budovy, do kterého jsou zahrnuty všechny otvory a prostupy pro instalace. Případné změny na staveništi by již vzhledem k prefabrikaci nebyly optimální a v některých případech nemožné. Při návrhu pohledových CLT panelů v interiéru již do nich není možné zasahovat např. v rámci elektroinstalací.

Projekt vícepodlažní dřevostavby je závislý především na správném návrhu z hlediska tuhosti nosných konstrukcí. Konstrukční systém z CLT panelů se rozdělí na primární a sekundární prvky. Pro přenos svislých a vodorovných zatížení budou použity primární prvky, ve kterých by neměly být otvory nebo prostupy snižující celkovou tuhost konstrukce. Primární stěny by měly probíhat celou výškou budovy a délka dílce stěny by měla být závislá na celkové výšce budovy. Důvodem je bezpečný rozklad zatížení do paty stěny, kde jsou k základům připojené pomocí smykových desek, pomocí úhelníků nebo kotev. Příklad konstrukčního systému rozdělený na primární a sekundární stěny je vidět na obrázku č. 43, kde je uvedena dřevostavba z CLT panelů „Bridport House“ v Londýně. [24]



Obrázek 43- Bytový dům z CLT panelů "Bridport House" v Londýně Zdroj: [26]

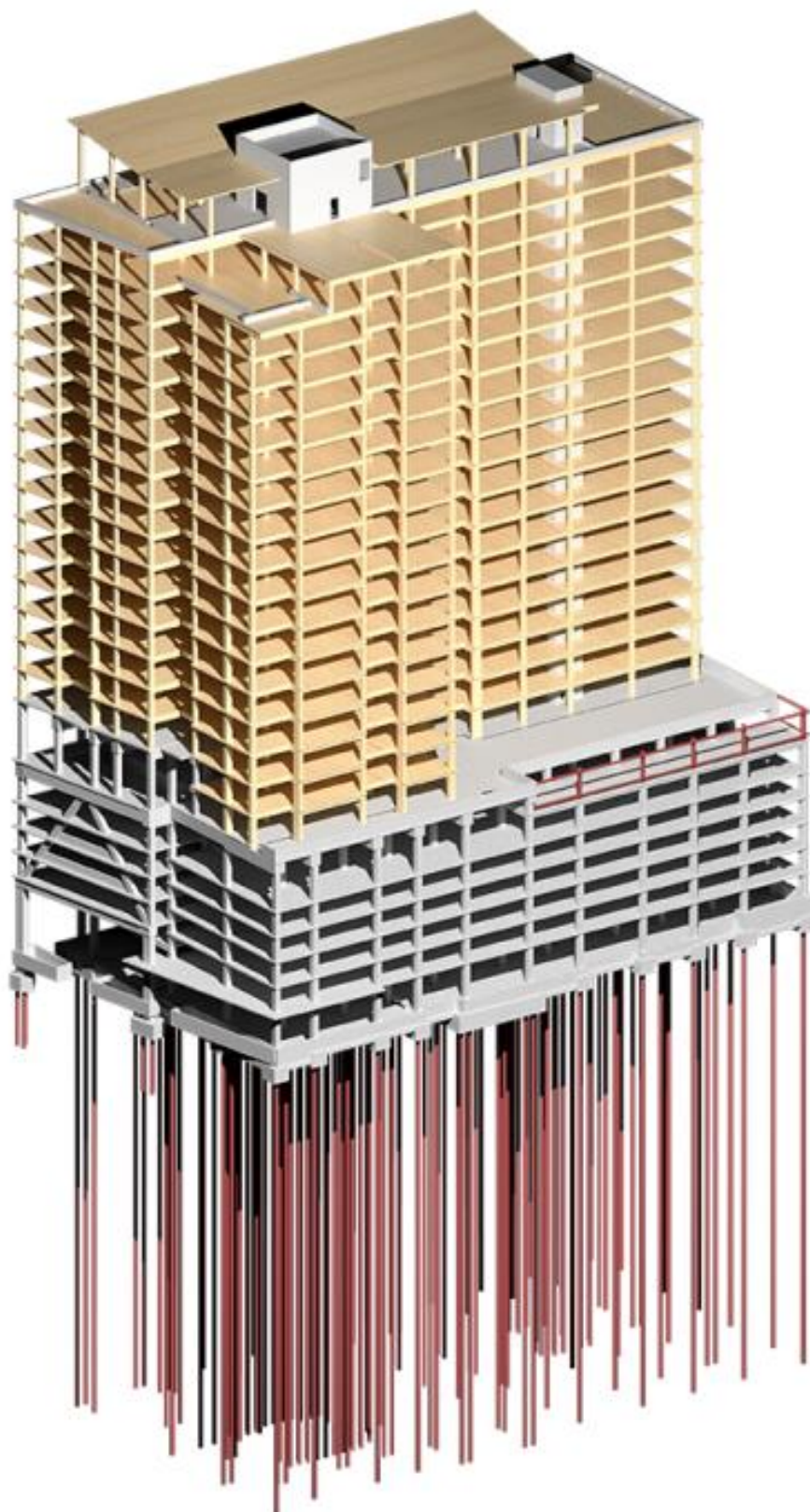
Pro realizaci vícepodlažní dřevostavby je zapotřebí nejenom detailní návrh stavby se zohledněnými veškerými aspekty pro výstavbu z hlediska tuhosti a akustiky, ale i požární bezpečnosti. Požadavky na požární bezpečnost staveb v České republice jsou specifikovány v technických normách. Nejčastěji se dřevostavby volí pro nevýrobní objekty a požadavky na výstavbu jsou blíže specifikovány v normě ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní budovy. Zde je dle výpočtového požárního zatížení daná maximální požární výška pro daný stupeň požární bezpečnosti požárního úseku. Oproti jiným státům jsou tyto normy striktnější a je obtížné zde vícepodlažní dřevostavbu navrhnout tak, aby splňovala veškeré zavedené normy. Cílem projektantů a ekologů je začlenit dřevo jako běžný stavební materiál, který by byl konkurenční pro současné nejběžnější stavební materiály staveb jako je zdivo nebo beton. Historické stavby ze dřeva jsou jasným důkazem toho, že lze navrhnout dřevostavbu tak, aby splňovala veškeré požadavky a zároveň vydržela několik stovek let.

2.4.1 Bytový dům „Ascent“ v Milwaukee

Nejvyšší dřevostavbou na světě se v roce 2022 stal bytový dům Ascent ve městě Milwaukee státu Wisconsin. Budova je vysoká 86,6 m a obsahuje 259 bytových jednotek. V šestém nadzemním podlaží se také nachází bazén. Konstrukční systém je kombinovaný se sloupy z lepeného lamelového dřeva (glulam) a dvou betonových jader, které zajišťují boční stabilitu. Konstrukce stropů jsou z křížem vrstveného lamelového dřeva (CLT). Celá stavba je založena na pilotách. [27]



Obrázek 44 - Nejvyšší dřevostavba na světě ve městě Milwaukee, státu Wisconsin v USA
Zdroj: [28]



Obrázek 45 - Model výškové dřevostavby v Milwaukee, Wisconsin, USA Zdroj: [27]

2.4.2 Polyfunkční dům „Mjøstårnet“

Mezi další výškové dřevostavby patří v Norsku ve městě Brumunddal budova „Mjøstårnet“. V roce 2019 patřila mezi nejvyšší dřevostavby na světě s celkovou výškou 85,4 metrů. Stavba má 18 podlaží a nacházejí se zde kanceláře, hotel, byty, restaurace a plavecký bazén v přízemí. V posledním podlaží se nachází veřejná vyhlídková terasa. [29]



*Obrázek 46 - Polyfunkční dům "Mjøstårnet" v Norsku ve městě Brumunddal
Zdroj: [29]*

2.4.3 Hotel „HoHo Wien“

Hlavním konstrukčním materiálem pro tento hotel byly zvoleny CLT panely. Stabilitu konstrukce zajišťuje železobetonové jádro umístěné uvnitř stavby. S celkovou výškou 84 m patří hotel ke skupině nejvyšších dřevostaveb. Stavba byla dokončena v roce 2021 a nachází se zde hotel, kanceláře, samostatné byty a wellness centrum. [30]



Obrázek 47 - Výšková budova z CLT panelů s názvem "HoHo" ve vídeňské rezidenční čtvrti Aspern Seestadt Zdroj: [31]

2.5 Stavby s technologií CLT v České republice

2.5.1 Administrativní budova „BudexHub“

Mezi nejvyšší dřevostavby u nás se může řadit projekt administrativní budovy „BudexHub“ v Plané u Českých Budějovic. Stavba má čtyři nadzemní podlaží a konstrukční systém této stavby tvoří CLT panely. Výstavba začala v srpnu roku 2022 a plánované dokončení je v prosinci roku 2023. Účelem stavby je poskytnout zázemí pro společnost poskytující online služby. [32]



Obrázek 48 - Pasivní čtyřpodlažní dřevostavba, administrativní budova v Plané u Českých Budějovic Zdroj: [33]

2.5.2 Bytový dům „Radlický Dřevák“

Stavba se nachází v Praze v městské čtvrti Radlice. Jedná se o čtyřpodlažní bytový dům, který bude součástí komplexu bytových domů. Hlavním konstrukčním materiálem této stavby budou CLT panely ve všech nadzemních podlažích. Tyto panely jsou navrženy i pro konstrukci příček a budou v interiéru pohledové. Snahou tohoto projektu je zajistit nízkou energetickou náročnost provozu budovy, proto jsou zde navrženy

technologie jako např.: centrální rekuperační jednotka pro vytápění a chlazení, hospodaření s dešťovou vodou, fototermické panely pro předehřev teplé užitkové vody atd. Pro zlepšení mikroklima oblasti a celkovému ochlazení budovy je zde navržena také zelená střecha. Začátek výstavby se plánuje na rok 2024 a její dokončení se předpokládá v roce 2026. [34]



Obrázek 49 - Dřevostavba z CLT panelů v městské čtvrti Radlice v Praze Zdroj: [35]

Praktická část diplomové práce

3 Návrh dřevěného kontejneru

Předmětem řešení je optimalizace návrhu dřevěného kontejneru pro modulární výstavbu. Jedná se o obytný kontejner, který je navržen k trvalému pobytu osob, ale lze ho využít i pro krátkodobý pobyt osob pro rodinnou rekreaci nebo pro menší kancelářské prostory. V rámci návrhu jsou specifikovány dvě varianty kontejneru, které mají stejná materiálová a konstrukční řešení s rozdílnými celkovými rozměry a počtem pobývajících osob. Varianta kontejneru typu A je navržena pro trvalý pobyt pouze jedné osoby a varianta kontejneru typu B je navržena pro trvalý pobyt dvou osob. Kontejnery jsou navrženy tak, aby splňovaly obecně technické požadavky na výstavbu a byly v souladu se stavebním zákonem, příslušnými normami a dalšími předpisy.

V rámci této práce je blíže specifikováno řešení kontejneru varianty A včetně statického posouzení nosných prvků kontejneru a tepelně technického posouzení skladeb. Dále je zpracováno několik možností sestavení modulů pomocí varianty A do jednotné modulární stavby.

Řešení skládání kontejnerů varianty B je předmětem dalšího vývoje této práce. Dalším předpokladem je skládání kontejnerů kombinací obou variant vzhledem ke stejnému konstrukčnímu řešení a stejným vzdálenostem okenních a dveřních otvorů.

Součástí práce je také výkresová část základních typů navržených kontejnerů, které jsou součástí příloh.

3.1 Popis kontejneru

Stavba kontejneru je obdélníkového tvaru s půdorysnými rozměry 2,514 m x 11,324 m pro variantu A a pro variantu B s rozměry 2,964 m x 11,324 m. Výška stavby je 3,67 m u obou typů stejná.

Nosnou konstrukci modulu tvoří dřevěné masivní desky z křížem vrstveného dřeva. Vnější zateplení kontejneru je navrženo z fenolických desek a zateplení střešního pláště je řešeno šedým expandovaným polystyrenem. Fasádní obklad tvoří hliníkové kompozitní desky se světle šedým odstínem.

Kontejner je zhotoven prefabrikací ve výrobní hale a na pozemek se dováží včetně všech zařízení, vnějšího zateplení a fasádního obkladu. Konstrukce kontejneru je

navržena tak, aby by bylo možné stavbu kdykoli přemístit na předem připravené základové konstrukce, které nejsou součástí prefabrikace kontejneru. Celková orientace stavby ke světovým stranám je závislá na typu pozemku a preferencích stavebníka. Pro splnění základních požadavků na oslunění interiéru je doporučené rozpětí orientace naznačeno ve výkresech půdorysů jednotlivých staveb.

3.1.1 Kontejner A

- Zastavěná plocha domu: 28,47 m²
- Obestavěný prostor: 99,45 m³
- Užitná plocha: 19,63 m²
- Účel užívání stavby: rodinný dům
- Počet obyvatel: 1 osoba

3.1.1.1 *Dispoziční řešení kontejneru A*

Hlavní vstup do kontejneru A je do zádveří a nachází se na jihu dle předpokladu orientace ke světovým stranám. V této místnosti se také nachází technická zařízení. V pravé části je koupelna se sociálním zařízením a ze zádveří je také vstup do pracovní kuchyně. Na západní straně stavby se nachází samostatný jednolůžkový pokoj.

3.1.2 Kontejner B

- Zastavěná plocha domu: 33,56 m²
- Obestavěný prostor: 117,50 m³
- Užitná plocha: 25,50 m²
- Účel užívání stavby: rodinný dům
- Počet obyvatel: 2 osoby

3.1.2.1 *Dispoziční řešení kontejneru B*

Hlavní vstup do kontejneru B je do zádveří a nachází se na jihu dle předpokladu orientace ke světovým stranám. V této místnosti se také nachází technická zařízení a v pravé části je koupelna se sociálním zařízením. Ze zádveří je vstup velké obytné místnosti, kde se nachází kuchyňský kout.

3.2 Modulární stavby

Kontejnery jsou přizpůsobeny tak, aby je bylo možné skládat do modulární výstavby pouze s drobnými úpravami v obvodovém plášti. Modulární stavbu lze pořídit kompletní v navrženém stavu nebo je možné stavbu skládat postupně. Důvodem postupného skládání mohou být finanční nedostatky při pořizování kontejneru nebo také postupné zvyšování počtu členů v domácnosti. V tomto případě je jeden základní kontejner se standardizovaným řešením a v případě zakoupení dalšího lze návrh nového modulu přizpůsobit dle možných dispozic.

Součástí návrhu jsou některé příklady možných řešení modulárních staveb. Kontejnery jsou navrženy tak, aby je bylo možné variabilně skládat bez posunu dveřních či okenních otvorů do stran. V případě potřeby je možné nežádoucí otvor řádně zaslepit. Další stavební úpravou může být rozšíření okenního otvoru pro dveřní výplň. Tyto úpravy jsou řešeny v následující kapitole.

V rámci řešení je také představen dispoziční návrh schodišťového modulu pro budoucí patrovou modulární výstavbu. Podrobné řešení vícepodlažní modulární stavby z těchto kontejnerů však není předmětem této práce a je podnětem pro další rozvoj návrhu.

3.2.1 Kompatibilita kontejnerů

Principem modulární výstavby je možnost skládat jednotlivé kontejnery do jednotného stavebního celku určeného pro bytové nebo nebytové účely. Navržený dřevěný kontejner je možný rozšířit o další stavební kontejner, který lze napojit na ten stávající bez konstrukčních zásahů stávajícího nosných prvků. Stavební připravenost by probíhala v rámci výstavby nových základů pod připojovaný kontejner. Další úpravou po usazení nového kontejneru je nové oplechování vzniklé spojením sousedících atik plochých střech kontejnerů.

Další úpravou je rozšíření okenních otvorů na výšku typizované dveřní výplně dle dokumentace. Nejprve se odstraní stávající okenní výplň a po té dojde k rozšíření otvoru na požadovanou výšku. Přejechod mezi kontejnery se po obvodě otvoru v místě napojení doplní o tepelnou izolaci a parotěsnou fólii pro zachování správného chování skladby pláště. V místě spojení se finálně osadí dřevohliníkový rám k zakrytí viditelných částí přechodné fólie. Porušení integrity stávajících hydroizolací během stavebních úprav je

nutné zajistit a zachovat jejich funkci dodatečným zaizolováním konstrukce proti vlhkosti.

3.2.2 Modulární stavba 1A

Modulární stavba typu 1A je sestavena ze dvou kontejnerů varianty A. Možnosti orientace ke světovým stranám jsou naznačeny ve výkrese č. D.1.1.15. Stavba má obdélníkový půdorys s rozměry 5,028 m x 11,324 m. Výška stavby kontejnerů zůstává 3,67 m vzhledem ke skládání kontejnerů plošně.

3.2.2.1 *Dispoziční řešení modulární stavby 1A*

Hlavní vstup se nachází v levé části této stavby. Ze zádveří je přístup do obývacího pokoje, odkud je přístup do jednoho pokoje v pravé části. Ve střední jižní části se nachází pracovní kuchyň, ze které je možné vstoupit z pravé strany do chodby vedoucí ke koupelně se sociálním zázemím. Z druhé strany kuchyně je přístup do dalšího pokoje.



Obrázek 50 - Vizualizace modální stavby 1A Zdroj: autor

3.2.3 Modulární stavba 2A

Modulární stavba typu 2A je sestavena ze tří kontejnerů varianty A. Možnosti orientace ke světovým stranám je naznačena ve výkrese č. D.1.1.16. Stavba má obdélníkový půdorys s rozměry 7,542 m x 11,324 m. Výška stavby zůstává 3,67 m vzhledem ke skládání kontejnerů plošně. Tato modulární stavba je svojí dispozicí vhodná pro výstavbu menších bytových domů o maximálním počtu dvou nadzemních podlaží. Tento typ dispozice je také vhodné pro výstavbu modulárních apartmánových domů apod.

3.2.3.1 *Dispoziční řešení modulární stavby 2A*

Hlavní vstup se nachází v levé části této stavby. Ze zádveří je přístup do chodby, odkud je vstup do dvou oddělených bytových jednotek. V severní části se nachází byt se zádveřím a pracovní kuchyní. Ve východní části bytu se nachází pokoj a v západní části koupelna se sociálním zařízením. Z chodby, která vede z kuchyně, je také přístup do druhého pokoje tohoto bytu.

Druhá bytová jednotka se nachází na severní straně a disponuje zádveřím, koupelnou se sociálním zařízením, pracovní kuchyní a pokojem orientovaným na západ.



*Obrázek 51 – Vizualizace modulární stavby složené ze tří modulárních staveb typu 2A
Zdroj: autor*

3.2.4 Modulární stavba 3A

Návrhu modulární stavby 3A vycházel z hlavní dispozice standardního kontejneru A. Tato modulární stavba je sestavena ze tří kontejnerů do nepravidelného půdorysu o

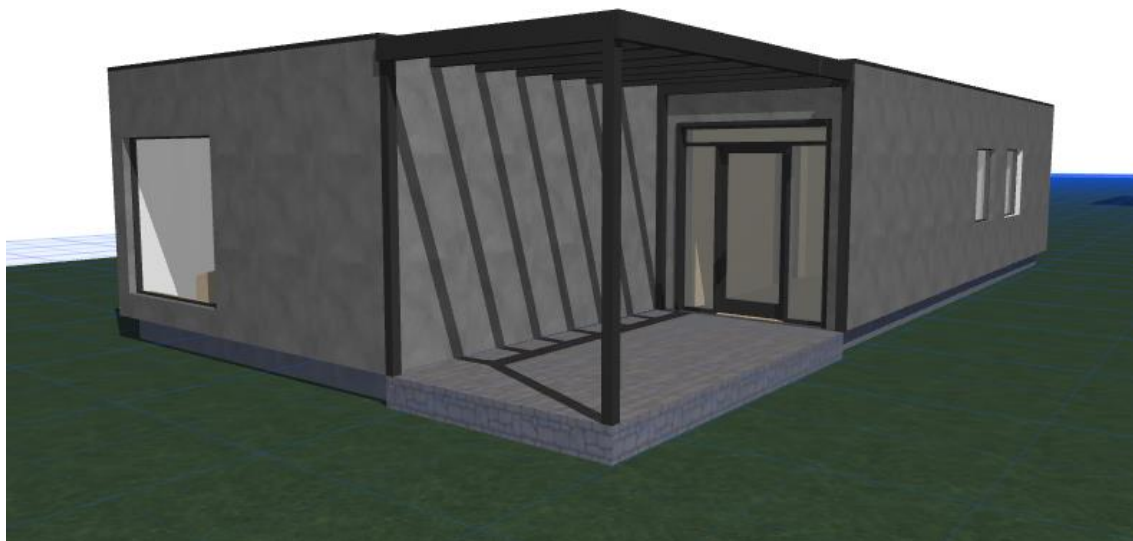
rozměrech 7,542 m x 15,924 m. Stavba má výšku 3,67 m vzhledem k plošnému skládání. Možnosti orientace ke světovým stranám je naznačena na výkrese č. D.1.1.17.

Tento tvar skládání byl zvolen pro možnost doplnění stavby o pergoly, které mohou být dřevěné nebo hliníkové např. se zastřešením z polykarbonátových desek nebo s možností sklápění střešních lamel. Důvodem návrhu toho typu střešního pláště pergoly je z hlediska dostatečného proslunění navazujících vnitřních prostor. Dispozičně jsou přístupné z obývacích místností a z hlavního vstupu.

Nevýhodou tohoto půdorysného tvaru může být zhoršení chování budovy z hlediska energetické náročnosti oproti stavby s pravidelným obdélníkovým tvarem. Průkaz energetické náročnosti budovy není součástí této práce, ale je podnětem pro další rozvoj návrhu.

3.2.4.1 Dispoziční řešení modulární stavby 3

Hlavní vstup se nachází v levé jižní části této stavby. Ze zádveří je přístup do chodby, odkud je přístup přímo do obývací místnosti. V pravé části severního kontejneru se nachází samostatný pokoj. Ve středním kontejneru je umístěna kuchyň, ze které je v pravé části přístup přes chodbu do koupelny. V jižním kontejneru je z kuchyně přístup do dalšího obývacího pokoje. V levé části tohoto kontejneru se nachází další pokoj.



Obrázek 52 - Vizualizace modulární stavby 3A – západní pohled Zdroj: autor

3.3 Konstrukční a materiálová řešení kontejneru

Konstrukčním řešením těchto kontejnerů je prefabrikovaný stěnový systém z křížem vrstvených dřevěných panelů tzv. CLT desek. Pro návrh kontejneru byly zvoleny CLT panely společnosti Stora Enso.

- Základové konstrukce

Založení je navrženo z tvárnic ztraceného bednění 300x500x250 mm a betonové patky 600x800 mm. Betonové tvárnice jsou shora opatřeny hydroizolační cementovou stěrkou a kotevními úhelníky pro usazení a nasměrování kontejneru při pokládce. Úhelníky jsou opatřeny otvory umožňující jejich posunutí při ukládání kontejneru.

Realizace základové konstrukce musí být s dostatečným předstihem před usazením kontejneru, z důvodu zrání betonu. Tato doba je závislá na zvolené směsi betonu a také klimatické podmínky, kdy je základ realizován.

Zajištění sesuvu půdy mezi základovými konstrukcemi v severní části je zajištěno kovovou mřížovinou tzv. tahokovem, kotveným do soudržné zeminy. Pokud nelze tento způsob zajištění provést lze mezi tvárnice umístit např. gabionové koše.

Návrh základů je pouze předběžný a je nutné základovou konstrukci navrhnout a posoudit dle konkrétních podmínek pro zakládání. Stavbu lze založit i na základ z betonových pasů vyztuženými ocelovou konstrukcí.

- Svislé nosné konstrukce

Pro stěnové nosné desky byly vybrány panely z křížem vrstveného dřeva s označením 120 L5s s tl. 120 mm s pohledovou kvalitou, které budou ve většině místnostech viditelné. Nosná konstrukce atiky je v tomto návrhu řešena z CLT dílců tl. 80 mm do výšky 300 mm.

- Svislé nenosné konstrukce

Materiálem pro příčky byly vybrány také desky z křížem vrstveného dřeva s označením 100 L5s s tl. 100 mm s pohledovou kvalitou, které budou v interiéru z části neobložené.

- Vodorovné nosné konstrukce

Pro vodorovnou stropní a podlahovou desku byly vybrány panely z křížem vrstveného dřeva s označením 120 C5s tl. 120 mm.

- Tepelné izolace

Součástí skladby obvodového pláště stěn a podlahové skladby jsou tepelně izolační desky z fenolické pěny Kooltherm K5. Zateplení střechy je navrženo z šedého polystyrenu ISOVER EPS Grey tl. 180 mm a spádování střešního pláště je řešeno pomocí spádovaných klínů z této izolace v tl. od 20 mm do 110 mm.

- Izolace proti vodě a vlhkosti

Konstrukci obálky chrání před pronikáním vlhkosti z interiéru parotěsná fólie Izocell Airstop 1500 tl. 2 mm. Konstrukce obvodové stěny a podlahové desky je pokryta z vnější části paropropustnou fólií Guttafol DO 121 tl. 0,2 mm. Střešní plášť chrání před pronikáním vody do konstrukce hydroizolační fólie z PVC Trocal A tl. 0,8 mm. V koupelně jsou vnitřní stěny a podlaha pod obklady jsou opatřeny hydroizolační stěrkou v místech keramických obkladů a dlažby.

- Izolace proti hluku

Zvuková izolace je navržena v podlaze z dřevovláknitých lisovaných desek tl. 60 mm a vzhledem k nízké vzduchové neprůzvučnosti CLT stěn je navržena dodatečná zvuková izolace v příčkách z jedné strany z dřevovláknitých desek tl. 60 mm. Izolace je uložena v dřevěném roštu 40/60 obložené sádrovláknitými deskami tl. 12,5 mm. V koupelně je navržena předstěna tl. 150 mm také z dřevěného roštu obloženého sádrovláknitou deskou. Zavěšený podhled z dřevěného roštu je ukotven do stropní konstrukce pomocí přímého závěsu. Podhled je zároveň vyplněn dřevovláknitými deskami nelisovanými tl. 60 mm a obložen sádrovláknitou deskou tl. 12,5 mm

- Výplně otvorů

Okenní a dveřní otvory jsou dle návrhu dřevohliníkové s izolačním trojsklem. Dveře mají obložkové zárubně s dveřními křídly s průsvitnou výplní a standardním

kováním. Konstrukce oken je dle návrhu předsazená a jejich maximální hodnota součinitele prostupu tepla je $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ dle pasivních standardů.

- Klempířské výrobky

Veškeré klempířské prvky jsou navrženy z titan-zinkového plechu v barvě antracitové šedé RAL 7016. Provedení klempířských výrobků bude dle ustanovení ČSN.

- Zámečnické práce

Zámečnické prvky jsou navrženy z pozinkovaného plechu a provedení bude dle platných norem ČSN.

- Schodiště

Konstrukce schodiště je navržena z dřevěných odsazených schodnic. Jednotlivé schodišťové stupně a konstrukce dvou schodnic jsou navrženy z materiálu CLT. Schodnice jsou složeny z dřevěných dílců, které jsou navzájem spojeny šterbinovým plechem a válcovým kolíkem. Uložení schodnic je navrženo na podlahové nosné desce z CLT a v horní části na stropní konstrukci desky spodního kontejneru. Mezi konstrukcemi stropní desky, podlahové desky a schodnicemi jsou umístěny tlumící podložky z materiálu PUR, které zamezí přenosu kročejového hluku. Jednotlivé stupně jsou upevněny na schodnice šroubovým spojem, který je zakryt schodišťovým nášlapem.

Detail konstrukce schodiště a jeho uložení na stropní konstrukci, který je navrženo v rámci dřevěného kontejneru, je znázorněn na výkrese č. D.1.1.14. Toto řešení slouží pouze jako návrh možné konstrukce schodiště v případě patrové modulární stavby z dřevěných kontejnerů. Návrh nosné konstrukce a řešení jednotlivých spojů je nutné posoudit pro konkrétní modulární stavbu dle zvolené sestavy kontejnerů, účelu užívání a dalších vlivů ovlivňující statické chování budovy.

3.3.1 Skladby

3.3.1.1 *Skladba střechy*

- celková tloušťka: 0,487 m

Exteriér

- Hydroizolační fólie PVC fólie – Trocal A 2 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100 20 mm
(spádové klíny 110–20 mm)
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100 180 mm
- Křížem lepená dřevěná stropní deska 120 mm
- Parotěsná fólie – Isocell Airstop 1500 2 mm
- Podhled z dřevěných latí 40/60
+ dřevovláknité desky nelisované 40 mm
+ vzduchová mezera 150 mm
- Sádroláknitá deska Fermacell 12,5 mm

Interiér

3.3.1.2 *Skladba obvodové stěny*

- celková tloušťka: 0,284 m

Interiér

- Křížem lepené dřevěná stěna – pohledová 120 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 120 mm
- Parotěsná fólie – Isocell Airstop 1500 2 mm
- Fasádní rošt z dřevěných latí 40/60 + Vzduchová mezera 40 mm
- Obklad z hliníkových kompozitních desek 2 mm

Exteriér

3.3.1.3 Skladba podlahy

- celková tloušťka: 0,373 m

Interiér

- Nášlapná vrstva – PVC 4,5 mm
- OSB konstrukční deska 12 mm
- Dřevovláknité desky lisované 60 mm
- Parotěsná fólie – Isocell Airstop 1500 2 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska 120 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 160 mm
- Paropropustná polypropylenová fólie, Isocell Omega 100 0,2 mm
- Cementotřísková konstrukční deska – CETRIS 12 mm

Exteriér

3.3.1.4 Skladba střechy v koupelně

- celková tloušťka: 0,486 m

Exteriér

- Sádroláknitá deska Fermacell 12,5 mm
- Parotěsná fólie – Isocell Airstop 1500 2 mm
- Podhled z dřevěných latí 40/60
+ dřevovláknité desky nelisované 40 mm
+ vzduchová mezera 150 mm
- Křížem lepená dřevěná stropní deska 120 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100 180 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100 20 mm
(spádové klíny 110–20 mm)
- Hydroizolační fólie PVC fólie – Trocal A 2 mm

Interiér

3.3.1.5 Skladba obvodové stěny v koupelně

- celková tloušťka: 0,362 m

Interiér

- Keramický obklad 8 mm
- Lepící tmel 5 mm
- Sádrovláknitá deska Fermacell 12,5 mm
- Parotěsná fólie – Izocell Airstop 1500 2 mm
- Předstěna z dřevěných latí 40/60 mm
+ dřevovláknité desky nelisované 50 mm 50 mm
- Křížem lepené dřevěná stěna – pohledová 120 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 120 mm
- Paropropustná fólie Guttafol DO 121 2 mm
- Fasádní rošt z dřevěných latí 40/60 + Vzduchová mezera 40 mm
- Obklad z hliníkových kompozitních desek 2 mm

Exteriér

3.3.1.6 Skladba podlahy v koupelně

- celková tloušťka: 0,385 m

Interiér

- Keramická dlažba 10 mm
- Lepící tmel 5 mm
- Sádrovláknitá deska Fermacell 12,5 mm
- Parotěsná fólie – Isocell Airstop 1500 2 mm
- Dřevovláknité desky lisované 60 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska 120 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 160 mm
- Paropropustná polypropylenová fólie, Isocell Omega 100 1,5 mm
- Cementotřísková konstrukční deska – CETRIS 12 mm

Exteriér

3.3.1.7 Skladba vnitřní příčky tl. 100 mm

- Křížem vrstvené dřevo – pohledové 100 mm

3.3.1.8 Skladba vnitřní příčky tl. 172 mm

- Křížem vrstvené dřevo – pohledové 100 mm
- Dřevovláknité desky nelisované 60 mm
+ rošt z dřevěných latí 40/60 mm
- Sádrovvláknité desky Fermacell 12 mm

Skladby konstrukcí byly posouzeny v programu Teplo 2017 EDU. Tepelně technické posouzení jednotlivých konstrukcí se nachází v příloze č.1 – Tepelně technické posouzení skladeb. Veškeré výplně otvorů a souvrství jsou navrženy tak, aby splňovala požadavky normy ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov.

3.4 Požadavky na výstavbu dřevěného kontejneru

3.4.1 Vnější okrajové podmínky

3.4.1.1 *Požadavky územního plánu*

Navrhovaný dřevěný kontejner slouží nejenom pro dočasné řešení rekreační stavby, ale hlavně jako trvale obydlenou stavbu shodnou s definicí stavby rodinného domu. Výstavba tohoto kontejneru podléhá požadavkům územního plánu obce v místě vybrané lokality a v přípravné fázi projektu je nutné ověřit, zda je stavba v souladu s tímto plánem.

3.4.1.2 *Podmínky pro zakládání stavby*

V místě stavby je nezbytné provést hydrogeologický posudek pro určení hladiny podzemní vody a geologický posudek pro klasifikaci základového půdy. Dle průzkumů a návrhu působícího zatížení na stavbu je následně možné navrhnout konstrukci základů pro dřevěný kontejner.

3.4.1.3 *Okolní zástavba*

Vzhledem k účelu stavby, která je klasifikována jako rodinný dům, je vhodné umístit kontejner na stavební pozemek určeným pro bydlení. Nedoporučuje se umístit kontejner do průmyslových zón a jiných míst, kde dochází k nadměrnému hluku, který může pronikat do budovy. V případě rizika nadměrného hluku v okolí je nutné stavbu předem posoudit z hlediska zvukové izolace kontejneru a zda je možné splnit základní požadavky na stavbu z hlediska požadované vzduchové neprůzvučnosti obálky.

3.4.1.4 *Inženýrské sítě a napojení na veřejnou infrastrukturu*

Napojení kontejneru na inženýrské sítě závisí především na lokalitě, dostupnosti veřejné infrastruktury inženýrských sítí a na preferencích investora. Veškeré instalace sítí je nutné provést a připravit na napojení před osazením kontejneru na základovou konstrukci.

Připojení kontejneru na technickou infrastrukturu je možné provést dodatečně po usazení, jelikož je pod kontejnerem navržen manipulační prostor výšky 600 mm.

Rozvody vody a odpady, které jsou vyvedeny do větrané mezery, je nutné tepelně zaizolovat, aby nemohlo dojít k jejich zamrznutí.

- Splašková kanalizace

Stavbu kontejneru lze napojit na veřejnou kanalizaci, domácí čistírny odpadních vod a jiné způsoby likvidace odpadních vod. V případě odvedení splaškových vod do veřejné sítě bude napojení umístěné v revizní šachtě na pozemku stavby. Vnitřní rozvody kanalizace jsou navrženy v předstěnách.

- Dešťová kanalizace

Z ploché střech je dešťová voda svedena do střešních vpustí DN70, odkud vede odhlučněné odpadní potrubí svedené pod kontejner. Potrubí je uvnitř kontejneru vedeno v předstěnách. Dešťovou kanalizaci je možné vyvést do částečného vsaku a přebytek dešťových vod odvodnit do akumulární nádrže. Výběr odvodnění také závisí na množství srážkové vody ve vybrané lokalitě.

- Vodovod

Kontejner lze napojit na veřejnou vodovodní síť, která bude připojená přes revizní šachtu umístěnou na pozemku stavby. Dalším způsobem napojení může být např. vrtaná studna. Vnitřní rozvody vodovodu jsou navrženy v předstěnách.

- Elektroinstalace

Vedení elektroinstalační kabeláže v případě pohledových desek CLT je navrženo v předem připraveném vývrtnu v panelu, který lze provést pouze z jedné strany panelu. V případě provedení více vývrtů na jednom místě, je nutné dodržet podmínku minimální vzdálenosti os těchto vývrtů 50 mm dle výrobce panelů. Výška vývrtnu bude maximálně 1 500 mm od hrany panelu. Vedení elektroinstalace ve stropě bude provedeno v podhledu.

- Vytápění, chlazení vzduchu a ohřev vody

V kontejneru je navržena aktivní rekuperace vzduchu zajišťující vytápění a chlazení vzduchu. Tato jednotka je spojená s přímým ohřevem teplé vody. Rozvody pro

vzduchotechniku jsou vedené v podhledu a vedení rozvodů teplé vody jsou v předstěnách kontejneru. Průměr rozvodných trubek je nadimenzován dle potřeby výměny vzduchu v místnostech. Tento výpočet není součástí práce a bude upřesněn v dalším zkoumání.

Oddělené větrání je v provozu kuchyně nad kuchyňskými spotřebiči, aby nedošlo k zanesení vzduchotechnické jednotky z provozu kuchyně. V kuchyni je proto navržena samostatná jednotka s vyvedením nad střechu.

3.4.1.5 *Doprava a manipulace s kontejnerem*

Na stavenišťě budou dopravovány kompletní zhotovené kontejnery z prefabrikace. Pro dopravu bylo zvoleno nákladní motorové vozidlo kategorii N3, které je určené pro přepravu nákladu a maximální nosnost vozidla dle této kategorie překračuje 12 tun. [37] Přeprava kontejneru se řídí pravidly silničního provozu dle zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích.

- Požadavky na dopravní dostupnost

Vzhledem k přepravě celého kontejneru pomocí nákladního vozidla je nezbytné, aby měl stavební pozemek přístup pomocí zpevněné pozemní komunikace a aby bylo možné kontejner dopravit na stavenišťě vzhledem k možným zákazům průjezdu vozidel překračující nejvyšší povolenou hmotnost apod.

- Přeprava kontejneru

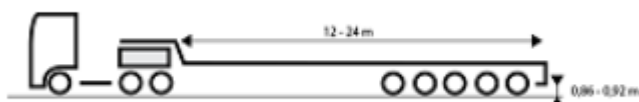
Dřevěný kontejner je navržen tak, aby ho bylo možné kdykoli přemístit dle požadavků investora. Pro přepravu obou kontejnerů je potřeba zvláštní povolení z důvodu převozu nadrozměrného nákladu na pozemních komunikacích. V tomto případě je nutné vzhledem k překračující maximální šířce nákladu žádat o povolení příslušného silničního úřadu. Důvodem jsou případné překážky na trase, jako například tunely, mosty nebo určité vozovky, přes které by vozidlo s nákladem nedokázalo projet. Při předložení žádosti o povolení je důležité doložit informace o parametrech převáženého nákladu, přepravního vozidla a trasy, od jakého místa a kam je náklad převážen a další informace vyžádané tímto úřadem.

Maximální šířka vozidel a jízdních souprav včetně nákladu pro tuto kategorii je stanovena 2,55 m. Maximální výška vozidel kategorií N činí 4,20 m a maximální délka jízdní soupravy motorového vozidla s návěsem je stanovena 16,50 m. [38] Při převozu je

důležitá i celková hmotnost nákladu, přičemž maximální parametry jsou závislé na počtu náprav na vozidle.

Rozměry samotného kontejneru A nepřekračují maximální parametry dle příslušné vyhlášky, avšak celkové rozměry vozidla včetně nákladního automobilu s podvalníkem překračují maximálními povolené rozměry na délku a na výšku.

Pro tento kontejner byl vybrán nákladní vůz MB Arocs 3363 s 2 s pěti nápravami modulárního podvalníku SCHEUERLE, kde ložná plocha odpovídá rozměrům kontejneru.



Obrázek 53 - Ukázka ložné plochy modulárního podvalníku SCHEUERLE Zdroj: [38]

Doprava kontejneru B je obdobná jako u kontejneru A. Pro tento kontejner byl také vybrán nákladní vůz MB Arocs 3363 s 2 s pěti nápravami modulárního podvalníku SCHEUERLE, kde ložná plocha odpovídá rozměrům kontejneru.

Tabulka 1 - Parametry jednotlivých kontejnerů

Zdroj: autor, [37]

	Kontejner A	Kontejner B	Maximální povolené rozměry vozidla kategorie N3 se čtyřmi nápravami
Šířka	2,514 m	2,964 m	2,55 m
Výška	3,67 m	3,67 m	4,20 m
Délka	11,324 m	11,324 m	18,75 m
Hmotnost	cca 16 000 kg	cca 18500 kg	32 000 kg

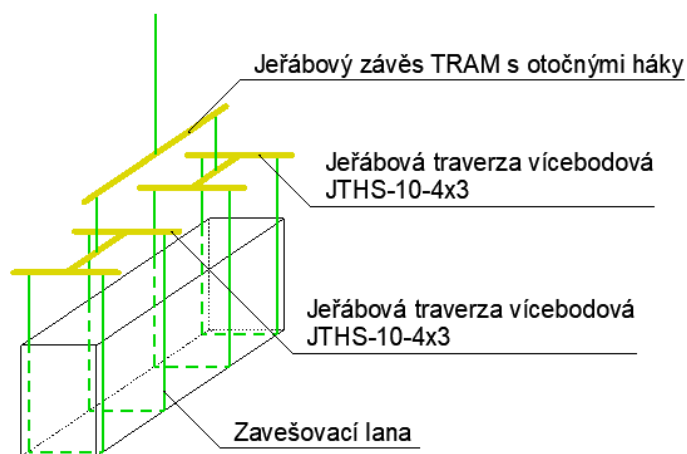
- Manipulace s kontejnerem

Pro nakládání a vyložení kontejneru z nákladního vozidla bude použita zdvihací technika. Vzhledem ke hmotnosti obou kontejnerů, která je přibližně u kontejneru typu A 16 t a u kontejneru B 18,5 t, je možné kontejnery vyložit pomocí mobilního jeřábu, který má nosnost dle zvoleného typu kontejneru. Typ jeřábu je také závislý na vzdálenosti a výšce uložení kontejneru na místo určení, která je udána vozidlem s maximálním možným

bočním dosahem a zdvihem. Pro oba typy kontejnerů byl vybrán Autojeřáb Lieberherr LTM 1040-2.1 s maximální nosností 40 t s možným rozpětím vyložení od 10 m do 35 m.

Kontejner se nakládá na ložnou plochu přívěsů nákladního vozidla, kde je kontejner podložen po celé ložné ploše. Pokud není možné kontejner při převozu podložit po celé ploše, je nutné zajistit podpěry po každých 3 m délky kontejneru.

Zavěšení kontejneru je navrženo pomocí dvou vícebodových jeřábových traverz JTHS, které se skládají z jedné podélné traverzy a dvou příčných traverz. K zavěšení lze také použít jeřábovou rámovou traverzu, která se skládá z nosného rámu ve tvaru čtverce nebo obdélníku. Tyto traverzy jsou zachyceny na hlavní jeřábový závěs TRAM s otočnými háky, který je připojen přímo na jeřáb. Spodní zavěšení kontejneru na traverzách je za pomoci otočných háků, na které se uchytí závěsné textilní úvazky nesoucí kontejner. Zavěšovací lana se protáhnou skrz čtvercový uzavřený profil, který je upevněn ve spodní části kontejneru. Před zdvihem je nutné opatřit fasádní obklad ochranným prvkem v místech kontaktu se zavěšovacími lany např. pěnovými vložkami, aby nedošlo k promáčknutí obvodového pláště. Podrobné posouzení navrhovaného řešení závěsu není součástí této práce a je předmětem pro navazující výzkum.



Obrázek 54 – Návrhové schéma zavěšení kontejneru na jeřáb Zdroj: autor

Kontejner je usazen na místě stavby na předem připravené základy s kotevními úhelníky, které zajišťují přesné umístění a kotvení kontejneru na základ. Úhelníky jsou také opatřeny otvory umožňující jejich rektifikaci při ukládání kontejneru.

- Ochrana kontejneru při transportu

Před převozem je nutné zajistit všechny výplně otvorů jako jsou např.: dveře, okna a prostupy, aby nedošlo k jejich poškození při manipulaci. V místech dotyku závěsných lan s obvodovým pláštěm a v rozích obvodového pláště je nutné tato místa opatřit pěnovou fólií pro eliminaci mechanického poškození. Obvodový plášť se před převozem obalí teplem svařitelnou a smrštitelnou fólií „MilCorr“. Tato fólie se používá pro balení objemných celků, kde nelze vzhledem k celkovým rozměrům náklad převézt v boxu. Během skladování a při transportu fólie chrání náklad před povětrnostními vlivy, korozi a mechanickým poškozením. Aplikování fólie probíhá při teplotách 120 až 160 °C impulzním svařováním. Následně se fólie horkovzdušnou pistolí smrští při teplotách 170 až 220 °C. Během tohoto procesu fólie přesně kopíruje tvar nákladu a po vychladnutí vytváří pevný fixní obal. Poškození fólie během přepravy nebo kontroly lze snadno opravit pomocí horkovzdušné pistole a příslušného kusu fólie. Pro běžný převoz se vyrábí fólie v bílé barvě a o tloušťce 200 mikrometrů, která plní svou ochrannou funkci až po dobu 12 měsíců. V případě potřeby odolnější fólie pro náročnější klimatické podmínky nebo nutnost skladování delší dobu lze náklad opatřit fólií se žlutohnědou barvou a o tloušťce 250 až 300 mikrometrů, kde výrobce deklaruje zachování ochranných vlastností až po dobu 5 let. [39]

3.4.2 Vnitřní okrajové podmínky

3.4.2.1 *Velikost nahodilých zatížení a únosnost stropů*

Návrh působícího zatížení na nosnou konstrukci z CLT desek a jejich posouzení jsou popsány v následující kapitole 3.5 Statické posouzení nosných prvků.

3.4.2.2 *Součinitel prostupu tepla obalových konstrukcí*

Součinitel prostupu tepla se zjišťoval na šesti skladbách: konstrukce podlahy, podlahy 1.NP v koupelně, obvodové stěny, obvodové stěny v koupelně, ploché střechy a ploché střechy v koupelně. Posudek byl proveden v programu Teplo 2017. Na všech konstrukcích součinitel prostupu tepla vyhověl pro kategorii pasivní domy podle normy ČSN 73 0540-2, Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.

Skladba konstrukce	U [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$] (výpočet)	U _N [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$] (pasivní domy)
Podlaha z CLT	0,135	0,15 – 0,10
Podlaha z CLT v koupelně	0,136	0,15 – 0,10
Obvodová stěna z CLT	0,177	0,18 - 0,12
Obvodová stěna z CLT v koupelně	0,131	0,18 - 0,12
Plochá střecha z CLT	0,122	0,15 – 0,10
Plochá střecha z CLT v koupelně	0,126	0,15 – 0,10

3.4.2.3 Požadavky na neprůzvučnost stěn, stropů, obálky a otvorových výplní

Kontejner je navržen v souladu se základními požadavky na ochranu před okolním hlukem. Vzhledem ke konstrukčnímu materiálu v podobě křížem vrstveného dřeva, byla v některých příčkách oddělující obytné místnosti od ostatních místností navržena dodatečná zvuková izolace z dřevovláknitých nelisovaných desek v dřevěném roštu obložené sádrovláknitou deskou. Výpočet neprůzvučnosti konstrukcí stavby není předmětem této práce.

Tabulka 2 - Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů Zdroj: [40]

Požadovaná zvuková izolace obvodového pláště v hodnotách R'_w ^a nebo $D_{nT,w}$ ^a , v dB							
Druh chráněného vnitřního prostoru	Ekvivalentní hladina akustického A tlaku v denní době 06:00 h – 22:00 h ve vzdálenosti 2 m před obvodovým a střešním pláštěm, $L_{A,eq,2m}$ ^b , v dB						
	do 50	od 51 do 55	od 56 do 60	od 61 do 65	od 66 do 70	od 71 do 75	od 76 do 80
Obytné místnosti bytů, pokoje v ubytovnách (koleje, internáty apod.)	30	30	30	33	38	43	48°
Pokoje v hotelech a penzionech	30	30	30	30	33	38	43°
Nemocniční pokoje	30	30	30	33	38	43	48°
Druh chráněného vnitřního prostoru	Ekvivalentní hladina akustického A tlaku v noční době 22:00 h – 06:00 h ve vzdálenosti 2 m před obvodovým a střešním pláštěm, $L_{A,eq,2m}$ ^b , v dB						
	do 40	od 41 do 45	od 46 do 50	od 51 do 55	od 56 do 60	od 61 do 65	od 66 do 70
Obytné místnosti bytů, pokoje v ubytovnách (koleje, internáty apod.)	30	30	30	33	38	43	48
Pokoje v hotelech a penzionech	30	30	30	30	33	38	43
Nemocniční pokoje	30	30	33	38	43	48	53°

Tabulka 3 - Požadavky na zvukovou izolaci mezi místnostmi v domech a byty Zdroj: [40]

Chráněný prostor (místnost příjmu zvuku)					
Řádka	Hlučný prostor (místnost zdroje zvuku)	Požadavky na zvukovou izolaci			
		Stropy		Stěny	Dveře
		$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	$L'_{n,w}, L'_{nT,w}$ dB	$R'_{w, D_{nT,w}}$ dB	R_w dB
A. Bytové domy, rodinné domy, terasové nebo řadové domy a dvojdomy – všechny obytné místnosti bytu					
1	Všechny ostatní obytné místnosti téhož bytu	≥ 47	≤ 58	$\geq 40^a$	$\geq 27^a$

R'_{w} – vážená stavební vzduchová neprůzvučnost

$L'_{n,w}$ - vážené hladiny akustického tlaku kročejového zvuku

3.4.2.4 Proslunění, zastínění a osvětlení

Pro dosažení maximální světelné pohody ve vnitřních prostorech kontejneru jsou navržena velkoformátová okna v obytných místnostech. Doporučuje se kontejnery situovat tak, aby obytné místnosti směřovaly blíže k jihu, a tím byla zajištěna světelná pohoda v interiéru. Podlahy v místnostech jsou navrženy do světlých teplých barev. Stěny jsou tónované do bílých odstínů určených k prosvětlení interiéru v kombinaci s pohledovými dřevěnými stěnami z CLT s teplým odstínem, které slouží k ohraničení prostor. Stropy jsou navrženy do čistě bílé sloužící k prosvětlení.

Zastínění oken je pomocí vnitřních žaluzií, které jsou ovládané manuálně dle potřeby. Stínění je doplněno o vnitřní stínící prvky navržených ze záclon a závěsů. Kontejner je možné posoudit z hlediska letní stability vzhledem k velkoformátovým oknům v obytných místnostech. Tento posudek však není součástí této práce a je předmětem dalšího zkoumání.

Osvětlení v interiéru je zajištěno sdruženým osvětlením, aby byla dosažena dostatečná světelná pohoda pro osoby s trvalým pobytem.

Vzhledem k návrhu kontejneru, při kterém není stanoven konkrétní pozemek, nelze posoudit světelně technické prostředí. Tento posudek bude zajištěn v rámci dalšího zkoumání při konkrétních podmínkách a při ovlivnění okolní zástavbou.

3.4.2.5 Světlá a konstrukční výška

Světlá výška obou kontejnerů je navržena na 2,5 m dle normových požadavků, kde je tato výška minimální pro obytné budovy. Konstrukční výška je 2,86 m.

3.4.2.6 Požadovaná provozní (nejen energetická) náročnost

Posouzení energetické náročnosti kontejneru není součástí diplomové práce. Řešení bude následně provedeno autorizovanou osobou.

3.4.2.7 Ekonomické zhodnocení

Součástí této práce bylo také finanční zhodnocení z hlediska celkové výstavby kontejneru. Byly posouzeny oba kontejnery dle základních navržených parametrů a předpokládaných technických zařízení. Předpokládané celkové ceny obou kontejnerů jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka 4 - Celkové ceny kontejnerů *Zdroj: autor*

	Kontejner A	Kontejner B
Celková cena stavby bez DPH	1 243 700 Kč	1 390 500 Kč
15 % DPH	186 600 Kč	208 600 Kč
Celková cena stavby s DPH	1 430 300 Kč	1 599 100 Kč

Ceny obou kontejnerů jsou pouze orientační a závisí na mnoha aspektech. Jedním z nich je například doprava. Kontejnery se řadí dle vyhlášek o provozu na pozemních komunikacích mezi nadrozměrný náklad a je potřeba pro jeho převoz vyřídít potřebné povolení a před jízdou zajistit jistá opatření. Tyto úkony mohou vést k navýšení celkové ceny za stavbu. Dalším parametrem ovlivňující celkovou cenu může být konstrukce speciálního zakládání, pokud je záměrem umístit kontejner na pozemek v náročném podloží s nestandardními podmínkami zeminy. Hodnotu také může ovlivňovat aktuální cena stavebních materiálů.

3.5 Statické posouzení konstrukcí

Statické posouzení je provedeno pro návrh samostatného kontejneru typu A. Podmínky byly zvoleny dle návrhové lokality v oblasti města Domažlice.

3.5.1 Charakteristika zatížení

3.5.1.1 *Stálé zatížení skladeb konstrukcí*

Tabulka 5 - Skladba obvodové stěny – Stálé zatížení Zdroj: autor

Vrstva (materiál)	d [m]	γ [kN/m ³]	G_k [kN/m ²]	γ_G	G_d [kN/m ²]
Křížem vrstvené dřevo	0,12	4,7	0,56	1,35	0,76
Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5	0,12	0,35	0,04	1,35	0,06
Parotěsná fólie – Isocell Airstop 1500	0,002	8	0,02	1,35	0,02
Dřevěné latě 40/60+ Vzduchová mezera	0,04	0,7	0,03	1,35	0,04
Obklad z hliníkových kompozitních desek	0,002	9,3	0,02	1,35	0,03
	0,28		0,67		0,90

Tabulka 6 - Skladba podlahy – Stálé zatížení Zdroj: autor

Vrstva (materiál)	d [m]	γ [kN/m ³]	G_k [kN/m ²]	γ_G	G_d [kN/m ²]
Nášlapná vrstva – PVC	0,0045	20	0,09	1,35	0,12
OSB konstrukční deska	0,012	6,5	0,08	1,35	0,11
Dřevovláknité desky lisované	0,06	6	0,36	1,35	0,49
Parotěsná fólie – Isocell Airstop 1500	0,002	4,4	0,01	1,35	0,01
Křížem vrstvené dřevo	0,12	4,7	0,56	1,35	0,76
Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5	0,16	0,5	0,08	1,35	0,11
Paropropustná polypropylenová fólie, Isocell Omega 100	0,002	8	0,02	1,35	0,02
Cementotřísková konstrukční deska – CETRIS	0,012	13,5	0,16	1,35	0,22
	0,373		1,36		1,83

Tabulka 7 - Skladba ploché střechy – Stálé zatížení

Zdroj: autor

Vrstva (materiál)	d [m]	γ [kN/m ³]	G_k [kN/m ²]	γ_G	G_d [kN/m ²]
Sádrovláknitá deska Fermacell	0,0125	11,5	0,14	1,35	0,19
Dřevěné latě 40/60 + Dřevovláknité desky nelisované	0,06	3	0,18	1,35	0,24
Parotěsná fólie – Isocell Airstop 1500	0,002	4,4	0,01	1,35	0,01
Křížem vrstvené dřevo	0,14	4,7	0,66	1,35	0,89
Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey	0,16	0,19	0,03	1,35	0,04
Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey (spádové klíny)	0,11	0,19	0,02	1,35	0,03
Hydroizolační fólie PVC fólie – Trocal A	0,002	13,1	0,03	1,35	0,04
	0,49		1,07		1,44

Tabulka 8 - Skladba vnitřní příčky – Stálé zatížení

Zdroj: autor

Vrstva (materiál)	d [m]	γ [kN/m ³]	G_k [kN/m ²]	γ_G	G_d [kN/m ²]
Křížem vrstvené dřevo	0,1	4,7	0,47	1,35	0,63
	0,10		0,47		0,63

Tabulka 9 - Skladba vnitřní příčky s akustickou izolací – Stálé zatížení

Zdroj: autor

Vrstva (materiál)	d [m]	γ [kN/m ³]	G_k [kN/m ²]	γ_G	G_d [kN/m ²]
Sádrovláknitá deska Fermacell	0,0125	11,5	0,14	1,35	0,19
Dřevěné latě 40/60 + Dřevovláknité desky nelisované	0,06	3	0,18	1,35	0,24
Křížem vrstvené dřevo	0,1	4,7	0,47	1,35	0,63
	0,17		0,79		1,07

3.5.1.2 Užitné zatížení

Tabulka 10 - Užitné zatížení

Zdroj: autor

Vrstva (materiál)	Q_k [kN/m ²]	γ_G	Q_d [kN/m ²]
A: Obytné plochy	1,5	1,5	2,25
H: Plochá střecha	0,75	1,5	1,125
Celkem:	2,25		3,375

3.5.1.3 Klimatické zatížení

1) Zatížení sněhem

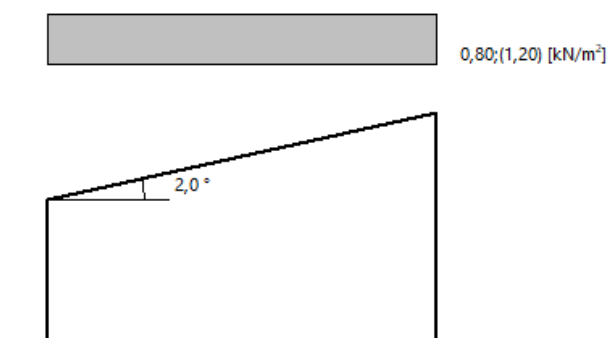
Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast:

II (návrhová oblast – Domažlice)

Charakteristická hodnota zatížení $s_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$

Typ krajiny: normální

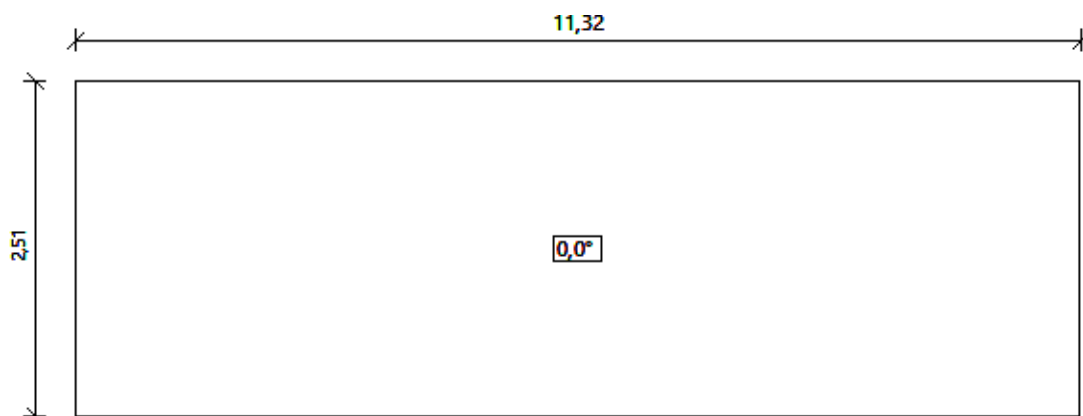
Součinitel expozice $C_e = 1,00$ Tepelný součinitel $C_t = 1,00$ Součinitel zatížení $g_f = 1,50$ **Tvar zastřešení: pultová střecha**Sklon střechy $a = 1,1^\circ$ Tvarový součinitel $m_1 = 0,80$ **Charakteristická hodnota zatížení (v závorce návrhová hodnota)** $s_1 = 0,80 \text{ kN/m}^2$ ($1,20 \text{ kN/m}^2$)

Obrázek 55 - Zatížení sněhem na plochou střechu Zdroj: autor

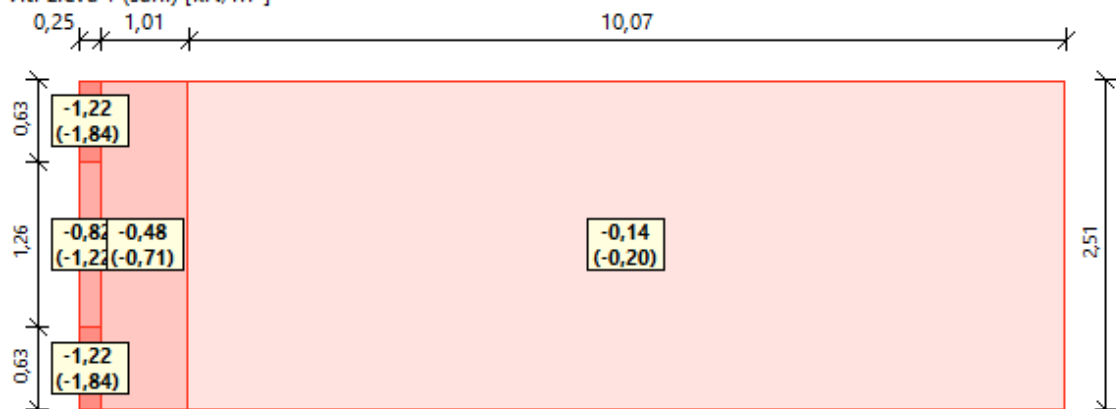
2) Zatížení větrem na plochou střechu

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

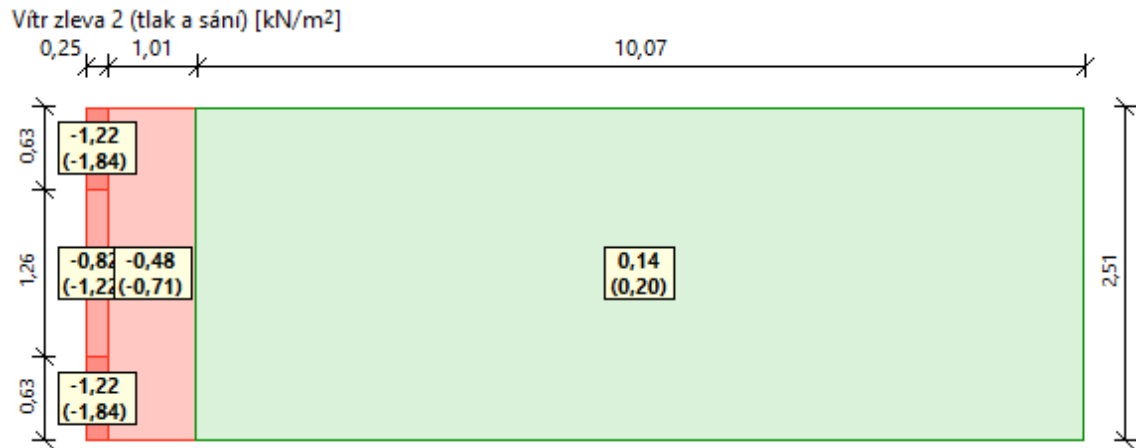
Větrná oblast:	II
Rychlost větru	$v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$
Kategorie terénu:	II
Referenční výška budovy	$z_e = 3,64 \text{ m}$
Součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,00$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1,00$
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1,250 \text{ kg/m}^3$
Součinitel orografie	$c_o = 1,00$
Maximální dynamický tlak	$q_p = 0,66 \text{ kN/m}^2$
Součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,50$
Plocha pro stanovení cpe	$A = 28,47 \text{ m}^2$



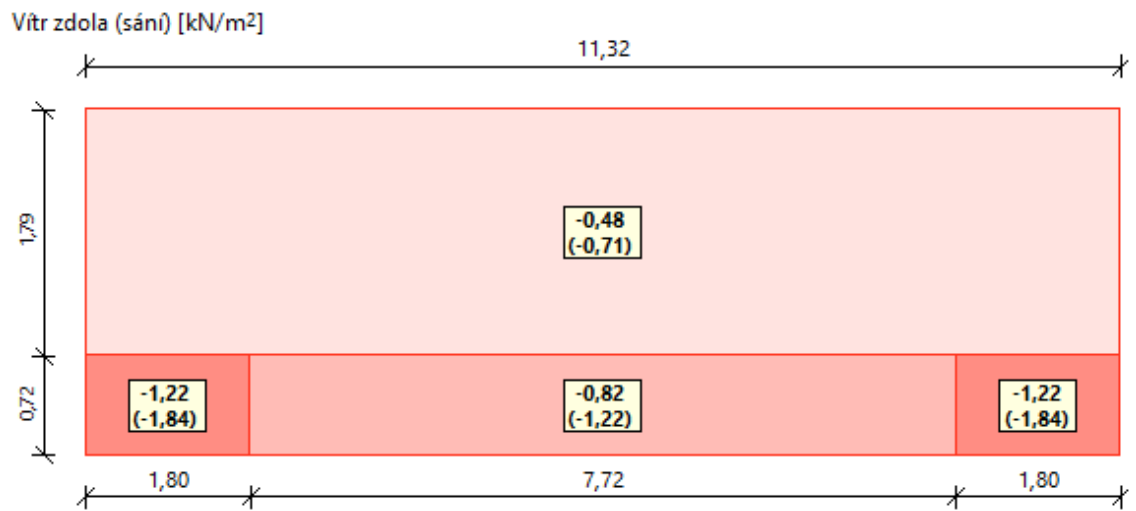
Obrázek 56 - Rozměry posuzované střechy

Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty)Vítr zleva 1 (sání) [kN/m²]

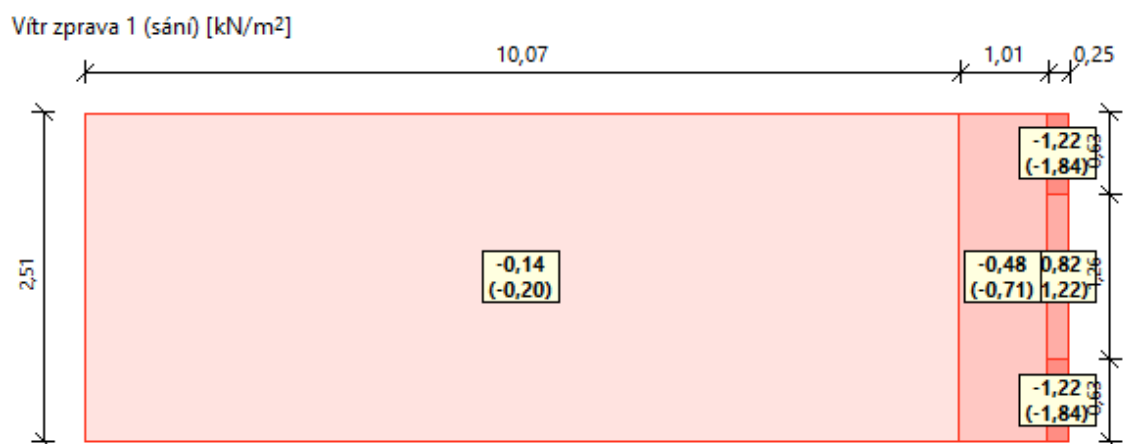
Obrázek 57 - Vítr zleva 1 (sání) Zdroj: autor



Obrázek 58 - Vítr tleva 2 (tlak a sání) Zdroj: autor

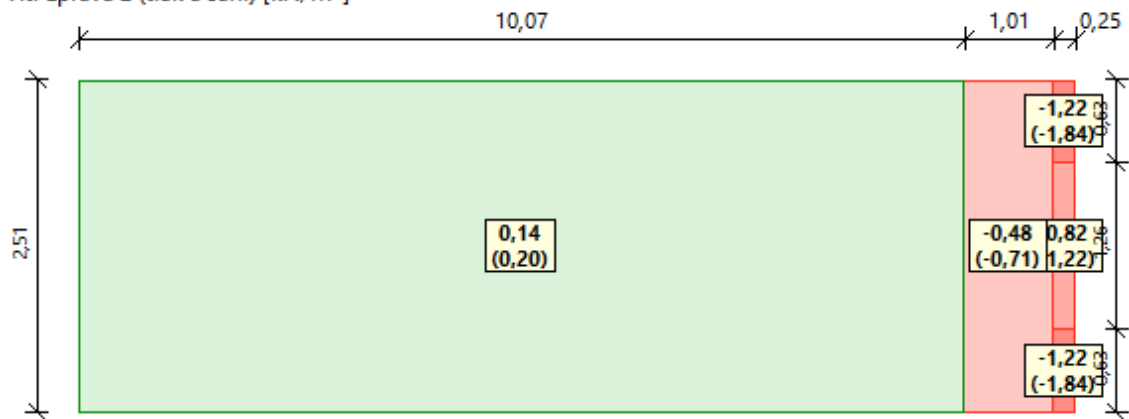


Obrázek 59 - Vítr zdola (sání) Zdroj: autor



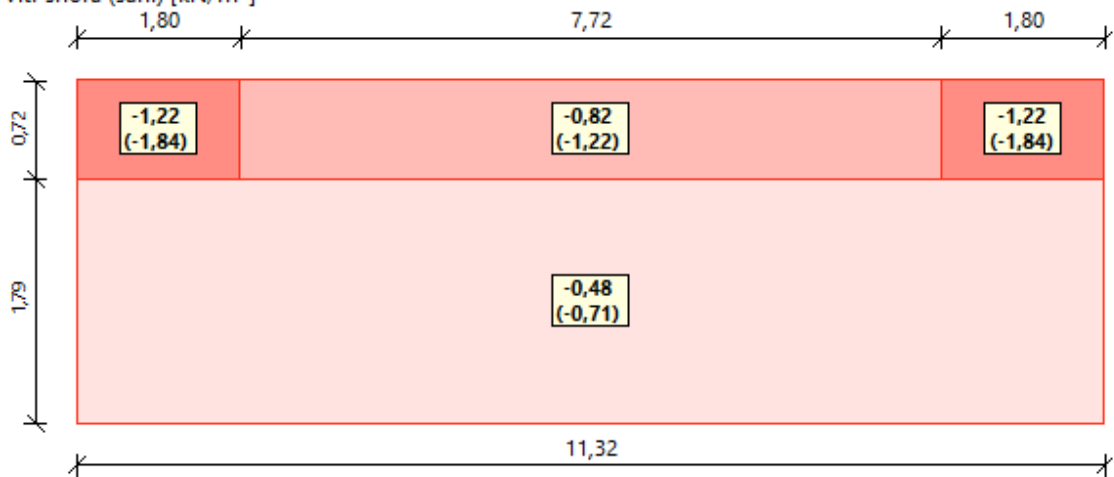
Obrázek 60 - Vítr zprava 1 (sání) Zdroj: autor

Vítr zprava 2 (tlak a sání) [kN/m²]



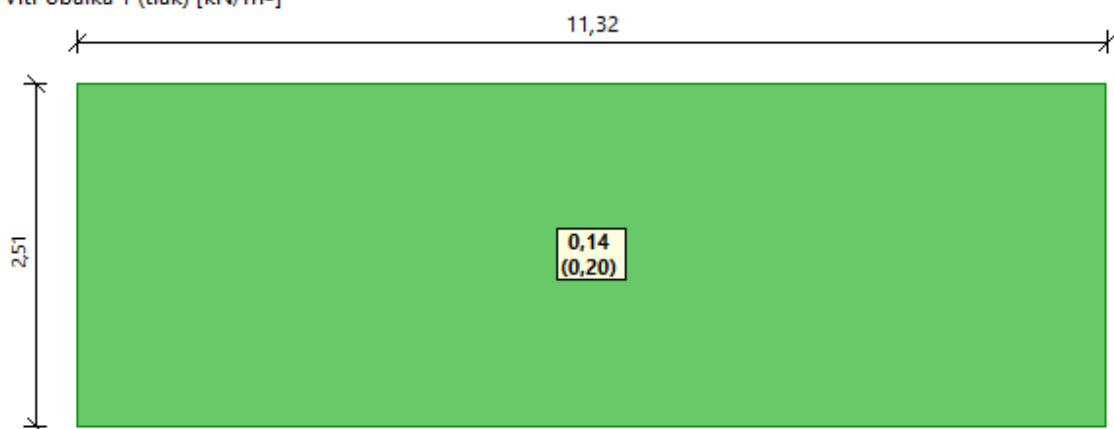
Obrázek 61 - Vítr zprava 2 (tlak a sání) Zdroj: autor

Vítr shora (sání) [kN/m²]

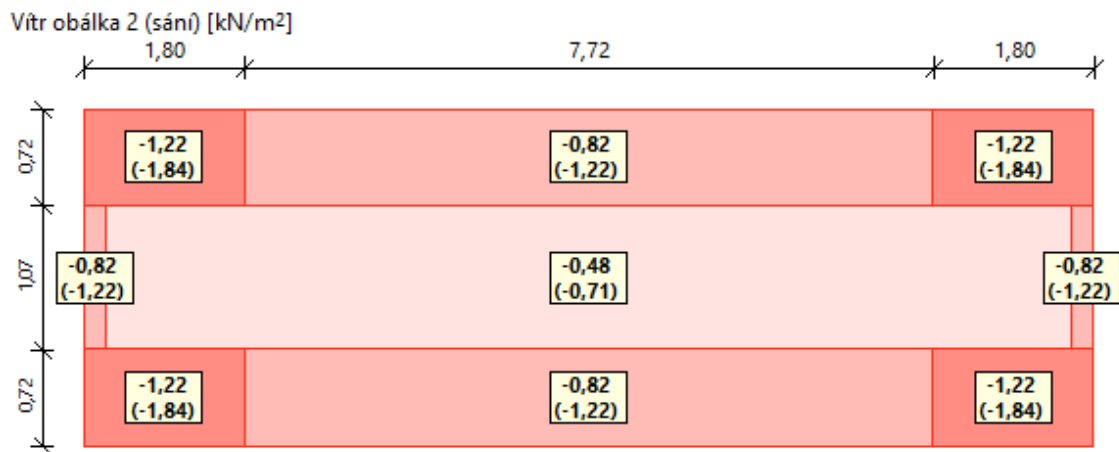


Obrázek 62 - Vítr shora (sání) Zdroj: autor

Vítr obálka 1 (tlak) [kN/m²]



Obrázek 63 - Vítr obálka 1 (tlak) Zdroj: autor



Obrázek 64 - Vítr obálka (sání) Zdroj: autor

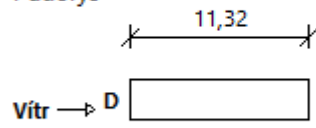
3) Zatížení větrem na stěnu

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

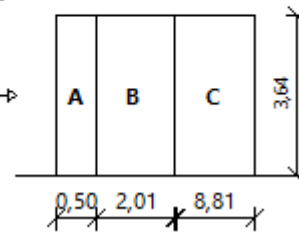
Větrná oblast:	II
Rychlost větru	$v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$
Kategorie terénu:	II
Referenční výška budovy	$z_e = 3,64 \text{ m}$
Součinitel směru větru	$c_{dir} = 1,00$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1,00$
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1,250 \text{ kg/m}^3$
Součinitel orografie	$c_o = 1,00$
Maximální dynamický tlak	$q_p = 0,66 \text{ kN/m}^2$
Součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,50$
Plocha pro stanovení	$c_{pe A} = 37,36 \text{ m}^2$
Stěny pravoúhlého objektu – směr 1	
Výška objektu	$h = 3,64 \text{ m}$
Délka objektu	$d = 11,32 \text{ m}$
Šířka objektu	$b = 2,51 \text{ m}$

Stěny pravouhlého objektu - směr 1Výška objektu $h = 3,64$ mDélka objektu $d = 11,32$ mŠířka objektu $b = 2,51$ m

Půdorys



Pohled



Obrázek 65 - Půdorys a Pohled objektu, směr větru 1 Zdroj: autor

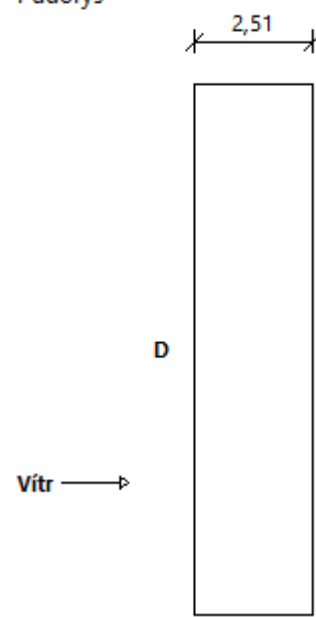
Tabulka 11 - Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty) Zdroj: autor

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]				
	A	B	C	D	E
0,23	-0,72 (-1,09)	-0,48 (-0,72)	-0,30 (-0,45)	0,36 (0,55)	-0,16 (-0,25)
2,85	-0,82 (-1,23)	-0,55 (-0,82)	-0,34 (-0,51)	0,41 (0,62)	-0,19 (-0,28)

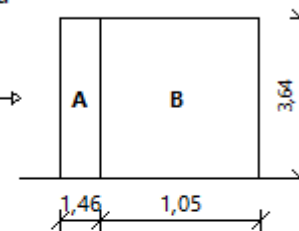
Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,85.

Stěny pravouhlého objektu - směr 2Výška objektu $h = 3,64$ mDélka objektu $d = 2,51$ mŠířka objektu $b = 11,32$ m

Půdorys



Pohled



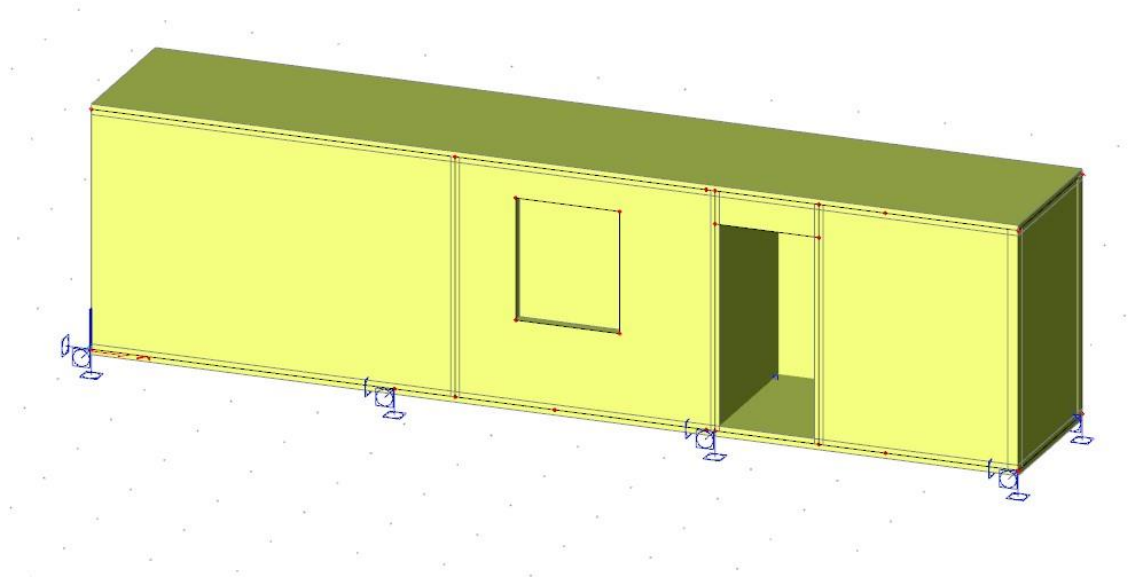
Obrázek 66 - Půdorys a pohled objektu, směr větru 2 Zdroj: autor

Tabulka 12 - Charakteristické hodnoty zatížení (v závorce návrhové hodnoty) Zdroj: autor

Výška nad terénem [m]	Tlak větru v oblastech [kN/m ²]			
	A	B	D	E
0,23	-0,82 (-1,23)	-0,55 (-0,82)	0,47 (0,71)	-0,31 (-0,46)
2,85	-0,82 (-1,23)	-0,55 (-0,82)	0,47 (0,71)	-0,31 (-0,46)

Nedostatečná korelace tlaků uvažována koeficientem 0,86.

3.5.2 Stanovení vnitřních účinků



Obrázek 67 - Výpočtový model kontejneru A

Zdroj: autor

Zatěžovací stavy:

- ZS1 – Vlastní tíha
- ZS2 – Stálé zatížení
- ZS3 – Užité zatížení
- ZS4 – Sníh
- ZS5 – Vítr, směr x
- ZS6 – Vítr, směr y
- ZS7 – Doprava
- ZS8 – Montáž

Pro výpočet vnitřních sil křížem vrstvených panelů byl použit program Scia Engineer 22, ve kterém byla zadána kombinační rovnice 6.10 pro MSÚ.

3.5.3 Materiálové charakteristiky:

Deska:	$h = 120 \text{ mm}$
Označení:	C5s
Počet vrstev:	5
Struktura lamel [mm]:	30/20/20/20/30
Pevnostní třída lamel:	C24
Modifikační součinitel:	$k_{\text{mod}} = 0,8$
Součinitel pevnost soustavy:	$k_{\text{sys}} = 1,0$
Součinitel materiálu:	$\gamma_m = 1,3$

- Rovnoběžně s vlákny

Charakteristická pevnost v ohybu:	$f_{m, k} = 24 \text{ N/mm}^2$
Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{c,0, k} = 21 \text{ N/mm}^2$
Charakteristická pevnost v tahu:	$f_{t,0, k} = 14,5 \text{ N/mm}^2$
Charakteristická pevnost ve smyku:	$f_{v,090, k} = 14,5 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti:	$E_{0, \text{mean}} = 12\,000 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti ve smyku:	$G_{90, \text{mean}} = 460 \text{ N/mm}^2$

- Kolmo k vláknům:

Charakteristická pevnost v ohybu:	$f_{m, k} = 26,4 \text{ N/mm}^2$
Charakteristická pevnost v tlaku:	$f_{c,90, k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$
Charakteristická pevnost v tahu:	$f_{t,90, k} = 0,12 \text{ N/mm}^2$
Charakteristická pevnost ve smyku:	$f_{v,90, k} = 4,0 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti:	$E_{90, \text{mean}} = 370 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti ve smyku:	$G_{90, \text{mean}} = 690 \text{ N/mm}^2$

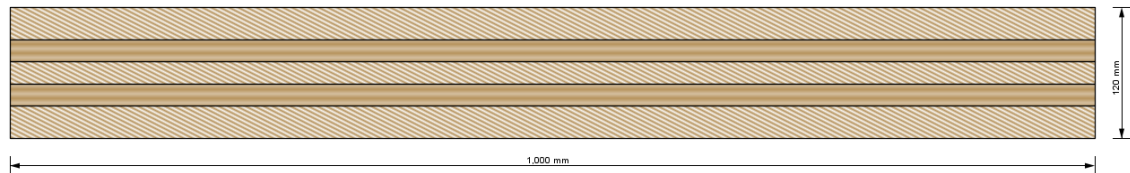
Statické posouzení bylo provedeno v dostupném výpočetním programu CLT Designer, který posuzuje panely z křížem vrstveného dřeva.

3.5.4 Posouzení v programu CLT Designer

Posouzení bylo provedeno v programu CLT Designer, který je určen pro výpočet CLT panelů. Posudek je uvažován za běžné teploty.

Následující posouzení konstrukčních prvků bylo vytvořeno dle metody zadání známých vnitřních sil. Vyhodnocení prvků je dle mezního stavu únosnosti (MSÚ), kde se posuzuje ohybové a smykové napětí kolmo k vláknům pro vodorovné panely. Stěnové panely jsou posouzeny na smyk a kroucení.

3.5.4.1 Posouzení stropní desky



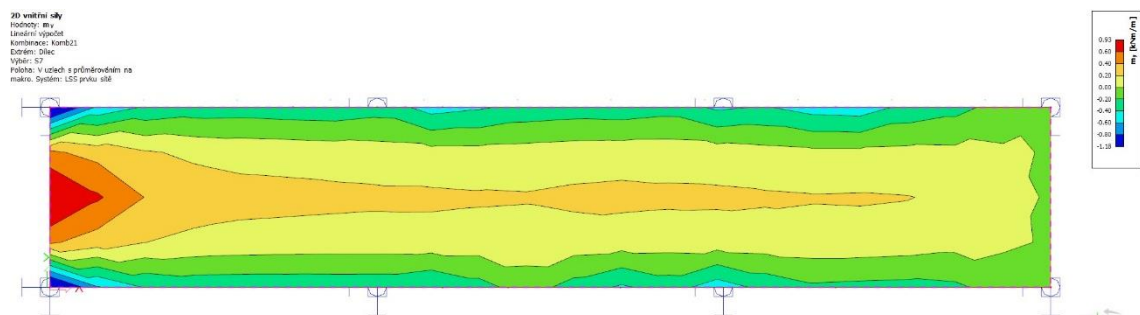
Obrázek 68 – Výpočtový model CLT panelu v programu CLT Designer Zdroj: autor

Maximální hodnoty vnitřních sil:

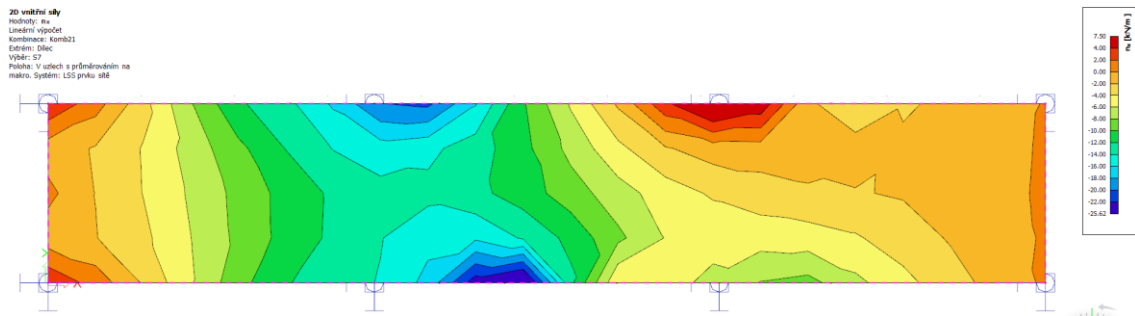
$$M_{ed} = 0,93 \text{ kNm} \quad (\text{ve směru } y)$$

$$N_{ed} = 7,5 \text{ kN} \quad (\text{ve směru } x)$$

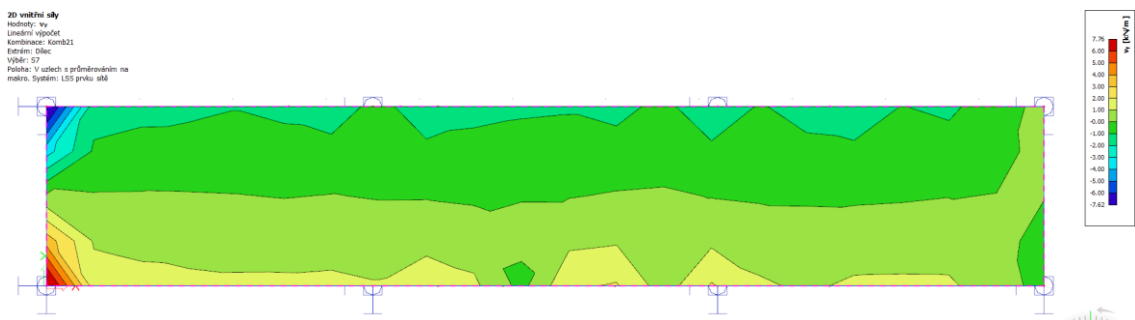
$$V_{ed} = 7,76 \text{ kN} \quad (\text{ve směru } y)$$



Obrázek 69 - Průběh ohybového momentu ve směru y Zdroj: autor



Obrázek 70 - Průběh normálových sil ve směru x Zdroj: autor



Obrázek 71 - Průběh posouvajících sil ve směru y Zdroj: autor

Vyhodnocení:

Posouzení dle MSÚ:

Využitelnost průřezu

- Ohyb η_{M+N} 3.8 %
- Smyk η_V 10.8 %

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$24,47 \text{ kNm} \geq 0,93 \text{ kNm}$$

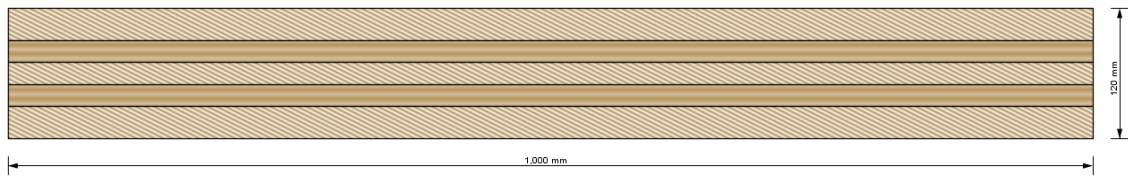
→ vyhovuje

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$71,85 \text{ kN} \geq 7,76 \text{ kN}$$

→ vyhovuje

3.5.4.1 Posouzení podlahové desky



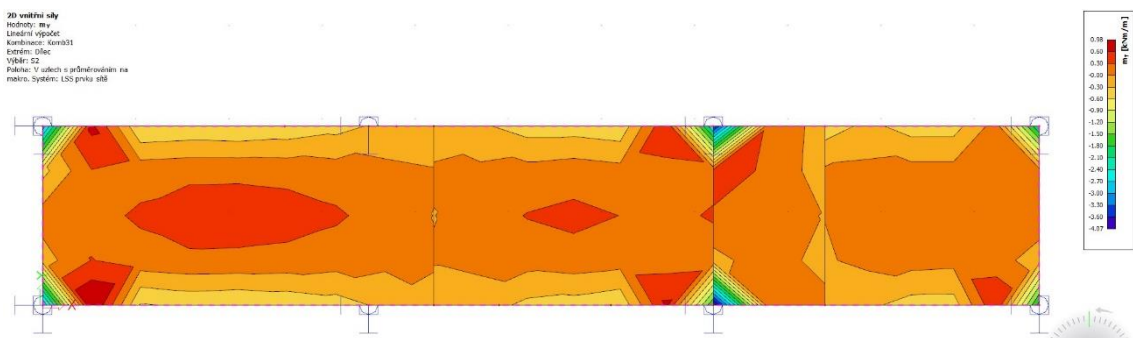
Obrázek 72 – Výpočtový model CLT panelu v programu CLT Designer Zdroj: autor

Maximální hodnoty vnitřních sil:

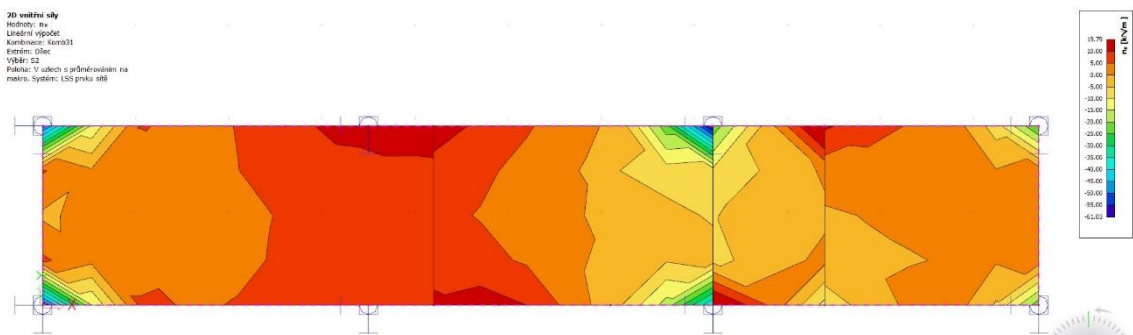
Med = 0,98 kNm (ve směru y)

Ned = 19,79 kN (ve směru x)

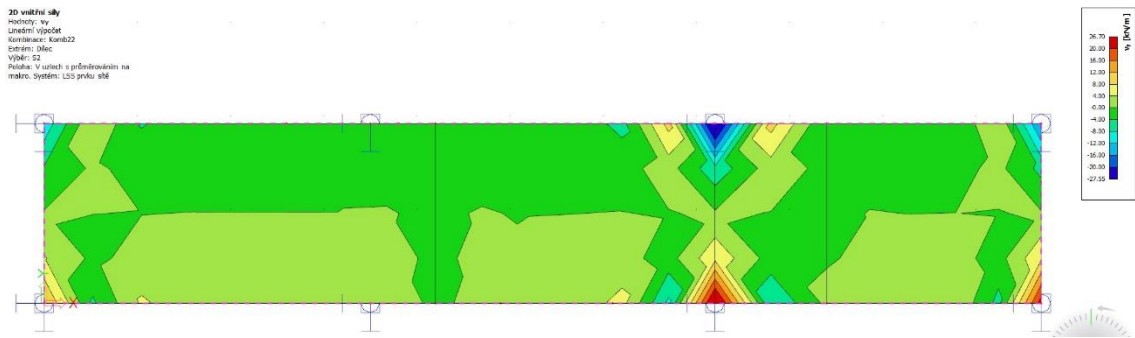
Ved = 26,70 kN (ve směru y)



Obrázek 73 - Průběh ohybového momentu ve směru y Zdroj: autor



Obrázek 74 - Průběh normálových sil ve směru x Zdroj: autor



Obrázek 75 - Průběh posouvajících sil ve směru y Zdroj: autor

Posouzení dle MSÚ:

Využitelnost průřezu

- Ohyb η_{M+N} 4.9 %
- Smyk η_V 37 %

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$20 \text{ kNm} \geq 0,98 \text{ kNm}$$

→ vyhovuje

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

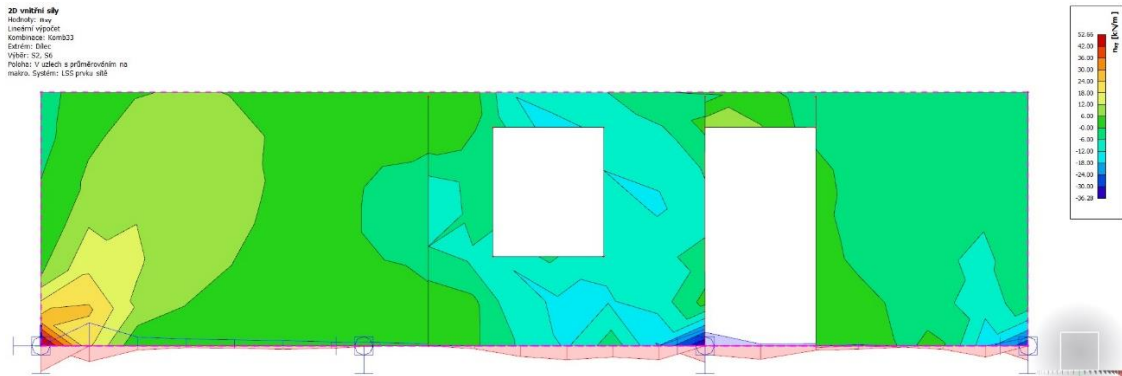
$$72,16 \text{ kN} \geq 26,70 \text{ kN}$$

→ vyhovuje

3.5.4.2 Posouzení stěnové desky

Maximální hodnoty vnitřních sil:

$$n_{xy,d} = 56,83 \text{ kN/m}$$

Obrázek 76 - Průběh svislého zatížení n_{xy} na stěnu

Zdroj: autor

Posouzení dle MSÚ:

Panel byl v programu CLT Designer posouzen na smyk a kroucení.

Využitelnost průřezu

- Smyk $\eta_{nxy,V}$ 59.2 %
- Kroucení $\eta_{nxy,T}$ 34.6 %

→ vyhovuje

4 Závěr

Předmětem této diplomové práce bylo zpracování návrhu dřevěného kontejneru vzhledem ke klíčovým aspektům vyplývajících z modulární výstavby. V praktické části této práce bylo navrženo dispoziční, stavebně technické a konstrukční řešení samotného kontejneru, který je primárně určen pro účely bydlení. Tento návrh byl zpracován v souladu s platnými normami a technickými předpisy. Na základě analýzy příslušných požadavků byly navrženy 2 typy kontejnerů s rozdílným počtem trvale pobývajících osob. Následně byly navrženy možné varianty modulárních staveb složených ze standardizovaného řešení kontejneru typu A.

Na základě teoretických poznatků a dostupných řešení byl navržen hlavní konstrukční materiál z křížem vrstveného dřeva, který umožňuje flexibilní uspořádání otvorů a dispozičního řešení. Tento materiál je také vhodný z hlediska šetrnosti k životnímu prostředí a dostatečné únosnosti umožňující případné stohování kontejnerů.

Dalším úkolem bylo zanalyzovat požadavky na modulární výstavbu z kontejnerů. V rámci této části byly zpracovány vnější a vnitřní okrajové podmínky, kterými se řídí výstavba z těchto kontejnerů. V této práci bylo také provedeno posouzení samotného kontejneru z hlediska tepelně technického řešení, kde byly posouzeny skladby obvodového pláště kontejneru při běžných venkovních a vnitřních návrhových podmínkách. Všechny návrhové skladby vyhovují dle požadavků na pasivní domy. V rámci statického posouzení byly zhodnoceny hlavní nosné vodorovné a svislé desky z křížem vrstveného dřeva, které dle posouzení v dostupném programu všechny vyhověly.

V rámci dalšího vývoje této práce by byl vhodný návrh patrové modulární výstavby v souladu s navrženým řešením dřevěného kontejneru. Dalším výzkumem této práce by také bylo porovnání materiálových řešení obalových konstrukcí ke snížení tloušťky skladeb pro dosažení minimálních rozměrů a možnosti přepravy kontejneru bez potřebného povolení.

5 Reference

- [1] Han Slawik, Julia Bergmann, Matthias Buchmeier a Sonja Tinney, Container Atlas, A Practical Guide to Container Architecture, Berlin: Gutenberg Beuys Feindruckerei GmbH, Langenhagen, 2021.
- [2] SSAB, „Průvodce povětrnostně odolnou ocelí,“ 2023. [Online]. [cit. 29. 4. 2023]. Dostupné z: <https://www.ssab.com/cs-cz/obchodni-znacky-vyrobky/kategorie-oceli/povetrnostne-odolna-ocel>.
- [3] NOVAK CONTAINER s.r.o., „Námořní kontejnery,“ 2023. [Online]. [cit. 25. 3. 2023]. Dostupné z: <https://www.novak-container.cz/namorni-kontejnery/>.
- [4] S. Z. Cornelia Dörries, Construction and Design Manual, Container and Modular Buildings, Berlin, Germany: DOM publishers, www.dom-publishers.com, 2019.
- [5] ArchDaily, „Containers of Hope / Benjamin Garcia Saxe Architecture,“ ArchDaily, 2008. [Online]. [cit. 29. 3. 2023]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/143332/containers-of-hope-benjamin-garcia-saxe-architecture>.
- [6] The Ground Screw Centre, „Ground Screw Foundations | Self Install | No Digging No Concrete,“ [Online]. [cit. 29. 3. 2023]. Dostupné z: <https://www.groundscrewcentre.co.uk>.
- [7] Nomodic, „Retail & Commercial Modular Construction,“ 2023. [Online]. [cit. 06. 05. 2023]. Dostupné z: <https://www.nomodic.com/what-we-build/retail-commercial-modular-construction/>.
- [8] A. L. Triquell, Prefab Architecture, Paris: KÖNEMANN, 2018.
- [9] Archello, „Qubic,“ Archello, 2023. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. <https://archello.com/story/519/attachments/photos-videos/2>.

- [10] A. Minguet, Container & Prefab Housing, Sustainable and Affordable Architecture, Barcelona: Monsa Publications, 2020.
- [11] ArchDaily, „Lake Iosco House / Resolution: 4 Architecture,“ 30. 05 2012. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/238938/lake-iosco-house-res4>.
- [12] Z. H. M. J. a. k. Jiří Vaverka, Dřevostavby pro bydlení, Praha: Grada Publishing, a.s., 2008.
- [13] J. Kolb, Dřevostavby, Systémy nosných konstrukcí obvodového pláště, Praha: Grada Publishing, a.s., 2011.
- [14] Redakce Dřevo&stavby.cz, „Statistika dřevostaveb 2019: Každý sedmý rodinný dům u nás je dřevostavba,“ 16. 06 2020. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/doporucujeme/6068-dle-statistik-je-kazdy-sedmy-rodinny-dum-drevostavba>.
- [15] Český statistický úřad, „Téměř 15 % nových rodinných domů jsou dřevostavby,“ 01 12. 2021. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. Dostupný z: <https://www.czso.cz/csu/czso/temer-15-novych-rodinnych-domu-jsou-drevostavby>.
- [16] J. Kuthan, „Konstrukce dřevostaveb,“ 09. 12 2019. [Online]. [cit. 06. 05. 2023]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/5790-zaciname-stavet-jak-se-vyznat-v-konstrukcich-drevostaveb>.
- [17] I. P. Novák, „Skeletová dřevostavba z českého dřeva,“ 03 05. 2013. [Online]. [cit. 06. 05. 2023]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/mechanicke-vlastnosti-dreva-domacich-drevin/24078>.
- [18] Caledonian Cabins, „Luxury in the Scottish Highlands,“ 2022. [Online]. [cit. 06. 05. 2023]. Dostupné z: <https://www.caledoniancabins.co.uk>.
- [19] P. Ing. arch. Marek Pavlas, Dřevostavby z vrstvených masivních panelů, Technologie CLT, Praha: GradaPublishing, a.s., 2016.

- [20] Stora Enso, „Křížem lepené dřevo (CLT),“ 2023. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. Dostupný z: <https://www.storaenso.com/cs-cz/products/mass-timber-construction/building-products/clt#T2c3af613-108a-4115-bf63-165f74694654>.
- [21] S. G. Erol Karacabeyli, Canadian CLT Handbook, FPInnovations, 2019.
- [22] Stora Enso, „Stora Enso Wood Products, Building Solutions,“ 2015. [Online]. [cit. 06. 05. 2023]. Dostupné z: <https://pdf.archiexpo.com/pdf/stora-enso/building-solutions/97776-369401.html>.
- [23] Novatop, „Novatop Element, Technická dokumentace,“ 05. 2022. [Online]. [cit. 06. 05. 2023]. Dostupné z: <https://novatop-system.cz/produkt/novatop-element/>.
- [24] C. doc. Ing. Petr Kuklík, „Vícepodlažní dřevostavby z křížem vrstveného dřeva,“ INFORMAČNÍ CENTRUM ČKAIT s.r.o., 27 března 2023. [Online]. [cit. 28. 3. 2023]. Dostupné z: <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-vicepodlazni-drevostavby-z-krizem-vrstveneho-dreva.html>.
- [25] „CLT - Cross Laminated Timber,“ 2013. [Online]. [cit. 08. 04. 2023]. Dostupné z: <http://www.cltcrosslaminatedtimber.com.au/products/connectors-brackets-fixings>.
- [26] I. a. M. P. Ph.D., „Dům na bázi dřeva,“ 11 listopad 2019. [Online]. [cit. 30. 04. 2023]. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/dum-na-bazi-dreva/152-architektura/5747-svet-stavi-vyskove-drevostavby-v-cr-si-zatim-o-nich-muzeme-nechat-jen-zdat>.
- [27] J. Peronto, „The Ascent in Milwaukee is the tallest mass timber structure in the world,“ 2022. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. Dostupné z: <https://www.thorntontomasetti.com/project/ascent>.
- [28] H. Just, „Nejvyšší mrakodrap ze dřeva nedávno pokřtili v USA. Proč v Česku takový vyrůst nemůže?,“ KONSTRUKCE Media, s.r.o. , 13 září 2022. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. Dostupné z: <https://konstrukce.cz/realizace-staveb/nejvyssi-mrakodrap-ze-dreva-nedavno-pokrtili-v-usa-proc-v-cesku-takovy-vyrust-nemuze-1129>.

- [29] Paula Pintos, „Mjøstårnet Věž jezera Mjøsa / Voll Arkitekter,“ ArchDaily, 25 Únor 2020. [Online]. [cit. 08. 05. 2023]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter>.
- [30] M. R. Dohnal, „Dřevěný mrakodrap HoHo ve Vídni boří hranice evropského stavitelství,“ NETION, s.r.o., 15 leden 2021. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/dreveny-mrakodrap-ve-vidni-bori-hranice-evropskeho-stavitelstvi>.
- [31] H. Wien, „HoHo Wien steht für die ANDERE Gewerbefläche – für arbeiten, kaufen, konsumieren, mit Stil,“ 2021. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. Dostupné z: <https://www.hoho-wien.at>.
- [32] „Mrakodrap ze dřeva posunul hranice stavebnictví a láme rekordy,“ NETION, s.r.o., 7 listopad 2022. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/nejvyssi-drevostavba-v-zahranici>.
- [33] „Levnější, rychlejší, ekologičtější. Nejvyšší tuzemská dřevostavba bude stát u Českých Budějovic,“ CZECH NEWS CENTER a.s. , 17 červen 2020. [Online]. [cit. 29. 04. 2023]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/magazin/levnejsi-rychlejsi-ekologictejsi-nejvyssi-tuzemska-drevostavba-bude-stat-u-ceskych-budejovic-1370711>.
- [34] redakce s podklady Skanska Residential, „V pražských Radlicích vyroste největší rezidenční dřevostavba u nás,“ Topinfo s.r.o., 3 listopad 2022. [Online]. [cit. 07. 05. 2023]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/24534-v-prazskych-radlicich-vyroste-nejvetsi-rezidencni-drevostavba-u-nas>.
- [35] Skanska, „Skanska plánuje v České republice postavit první bytový dům ze dřeva s téměř 80 byty,“ Skanska a.s., 20 říjen 2022. [Online]. [cit. 06. 05. 2023]. Dostupné z: <https://www.skanska.cz/kdo-jsme/media/archiv-tiskovych-zprav/267948/Skanska-planuje-v-Ceske-republice-postavit-prvni-bytovy-dum-ze-dreva-s-temer-80-byty/>.

- [36] *Vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*, 2015.
- [37] *Vyhláška č. 209/2018 Sb., o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel*, 2018.
- [38] František Vlk, „Autodoprava, zemní práce, Podvalníky,“ 2023. [Online]. [cit. 06. 05. 2023]. Dostupné z: <https://www.vlkdoprava.cz/podvalniky>.
- [39] TART, s.r.o., „Exportní balení,“ 2011. [Online]. [cit. 02. 05. 2023]. Dostupné z: <https://www.tart.cz/files/download/media/2016/folie-milcorr-nahrazuje-drevene-obaly-ph.pdf>.
- [40] ČSN 73 0532, *Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků*, 2020.

Seznam použitých softwarů

- Microsoft Word 2016
- Microsoft Excel 2016
- Graphisoft ArchiCad 21
- Scia Engineer 22
- FIN EC 2021
- CLT Designer
- Teplo 2017 EDU

Seznam příloh

- Příloha č. 1 – Tepelně technické posouzení skladeb

Seznam výkresů

- D.1.1.1 - Půdorys základů
- D.1.1.2 - Půdorys a řez A-A kontejneru A
- D.1.1.3 - Pohledy kontejneru A
- D.1.1.4 - Výkres prefabrikátů kontejneru A
- D.1.1.5 - Půdorys a řez B-B kontejneru B
- D.1.1.6 - Pohledy kontejneru B
- D.1.1.7 - Výkres prefabrikátů kontejneru B
- D.1.1.8 – Půdorys střechy kontejneru A a B
- D.1.1.9 - Půdorys schodišťových kontejnerů
- D.1.1.10 - Řez schodišťovými kontejnery C-C
- D.1.1.11 – Detail atiky
- D.1.1.12 – Detail soklu varianta 1
- D.1.1.13 – Detail soklu varianta 2
- D.1.1.14 – Detail napojení schodiště
- D.1.1.15 – Modulární výstavba 1 – Kontejner A
- D.1.1.16 – Modulární výstavba 2 – Kontejner A
- D.1.1.17 – Modulární výstavba 3 – Kontejner A

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra mechaniky

Příloha č. 1

Tepelně technické posouzení skladeb

**Dřevěný kontejner
pro modulární výstavbu**

Vypracovala: Bc. Jana Macánová

Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph.D.

Obsah

1) Posouzení skladby ploché střechy	3
2) Posouzení skladby obvodové stěny	9
3) Posouzení skladby podlahy na provětrávaném roštu.....	14
4) Posouzení skladby ploché střechy v koupelně	18
5) Posouzení skladby obvodové stěny v koupelně	18
6) Posouzení skladby podlahy v koupelně.....	24

1) Posouzení skladby ploché střechy

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce [C]	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10
Plochá střecha z CLT	střecha	8.061	0.122	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017

Název úlohy : **Plochá střecha z CLT**
 Zpracovatel : Bc. Jana Macánová
 Zakázka : Diplomová práce
 Datum : 29.3.2023

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Sádrovláknité	0,0125	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
2	Dřevovláknité	0,0400	0,0580*	2105,2	309,6	10,0	0.0000
3	Uzavřená vzduch	0,1100	0,5880	1010,0	1,2	1,0	0.0000
4	Parozábrana -	0,0020	0,3900	1700,0	440,0	150000,0	0.0000
5	Křížem vrstven	0,1200	0,1356	1600,0	470,0	100,0	0.0000
6	Isover EPS Gre	0,1800	0,0320	1270,0	20,0	30,0	0.0000
7	Isover EPS Gre	0,0200	0,0320	1270,0	20,0	30,0	0.0000
8	Hydroizolační	0,0008	0,1600	960,0	1265,0	6860,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
-------	------------------------	--------------------------------

1	Sádrovláknité desky - Fermacell	---
2	Dřevovláknité desky nelisované 1	---
		vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946
		Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.038 W/(m.K)
		Tep. vodivost tep. mostů: 0.220 W/(m.K)
		Šířka tepelných mostů: 0.0600 m
		Tloušťka tepelných mostů: 0.1500 m
		Os. vzdálenost tep. mostů: 0.5000 m
3	Uzavřená vzduch. dutina tl. 100 mm	---
4	Parozábrana - Izocell Airstop 1500	---
5	Křížem vrstvené dřevo (CLT)	---
6	Isover EPS Grey 100	---
7	Isover EPS Grey 100 (spádové klíny 100 - 20mm)	---
8	Hydroizolační fólie PVC - Trocal A	---

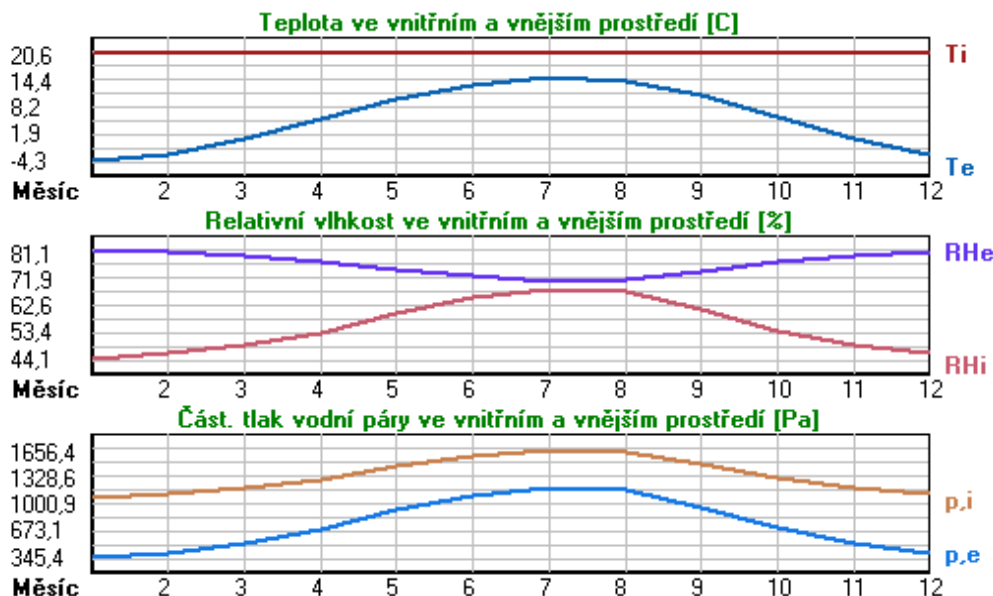
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.10 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :	0.25 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.04 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :	0.04 m ² K/W

Návrhová venkovní teplota Te :	-13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :	21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :	85.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH _i :	60.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]	
1	31	744	20.6	44.1	1069.5	-4.3	81.1	345.4
2	28	672	20.6	46.0	1115.6	-3.0	80.8	384.2
3	31	744	20.6	49.2	1193.2	0.7	79.6	511.3
4	30	720	20.6	53.3	1292.6	5.2	77.7	687.0
5	31	744	20.6	59.7	1447.8	10.0	75.0	920.5
6	30	720	20.6	65.3	1583.6	13.3	72.5	1106.8
7	31	744	20.6	68.3	1656.4	14.9	71.0	1202.4
8	31	744	20.6	67.2	1629.7	14.3	71.6	1166.4
9	30	720	20.6	61.0	1479.4	10.8	74.4	963.2
10	31	744	20.6	53.9	1307.2	5.7	77.5	709.4
11	30	720	20.6	49.1	1190.8	0.6	79.6	507.6
12	31	744	20.6	46.3	1122.9	-2.8	80.8	390.7

Poznámka: Tai, RH_i a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Průměrná měsíční venkovní teplota T_e byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střechou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 8.061 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.122 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.14 / 0.17 / 0.22 / 0.32 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Doporučená hodnota $U_N = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$, pro pasivní domy $U_N = 0,15 - 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U = 0,122 \text{ W/m}^2\text{K} < U_N = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K} \dots\dots\dots \text{VYHOVUJE}$

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.7E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_{y^*} podle EN ISO 13786 : 825.0

Fázový posun teplotního kmitu Ψ_{i^*} podle EN ISO 13786 : 12.6 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{s,i,p}$: 19.98 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: **0.970**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	80%		100%		$T_{s,i}$ [C]	f_{Rsi}	$RH_{s,i}$ [%]
	$T_{s,i,m}$ [C]	$f_{Rsi,m}$	$T_{s,i,m}$ [C]	$f_{Rsi,m}$			

1	11.3	0.626	8.0	0.492	19.9	0.970	46.2
2	11.9	0.632	8.6	0.491	19.9	0.970	48.1
3	12.9	0.615	9.6	0.446	20.0	0.970	51.0
4	14.2	0.583	10.8	0.362	20.1	0.970	54.8
5	15.9	0.560	12.5	0.235	20.3	0.970	60.9
6	17.3	0.554	13.9	0.077	20.4	0.970	66.2
7	18.1	0.554	14.6	-----	20.4	0.970	69.0
8	17.8	0.556	14.3	0.001	20.4	0.970	68.0
9	16.3	0.558	12.8	0.206	20.3	0.970	62.1
10	14.3	0.580	10.9	0.352	20.2	0.970	55.4
11	12.9	0.616	9.5	0.447	20.0	0.970	50.9
12	12.0	0.633	8.7	0.491	19.9	0.970	48.3

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

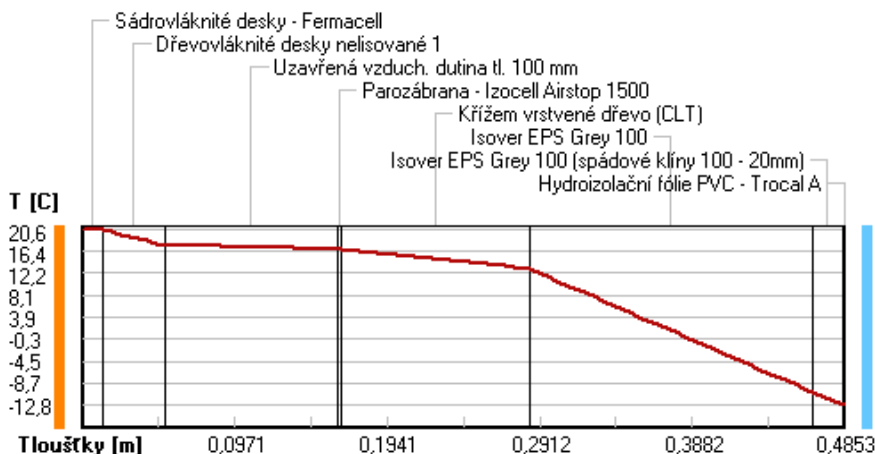
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

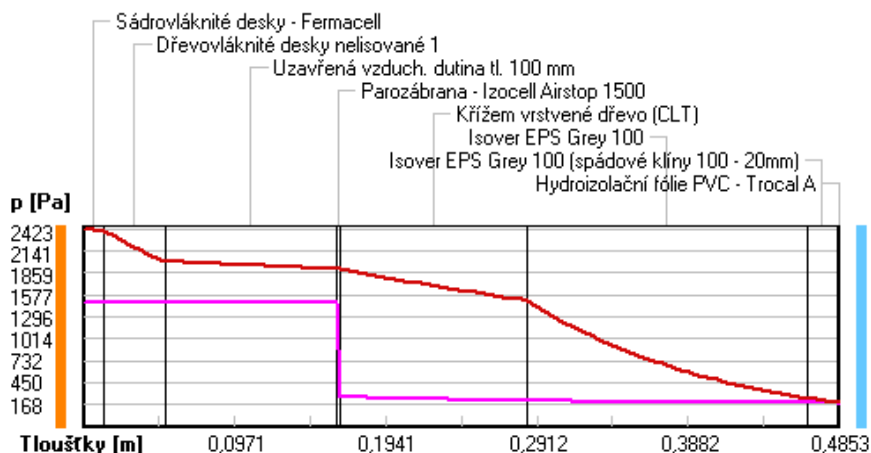
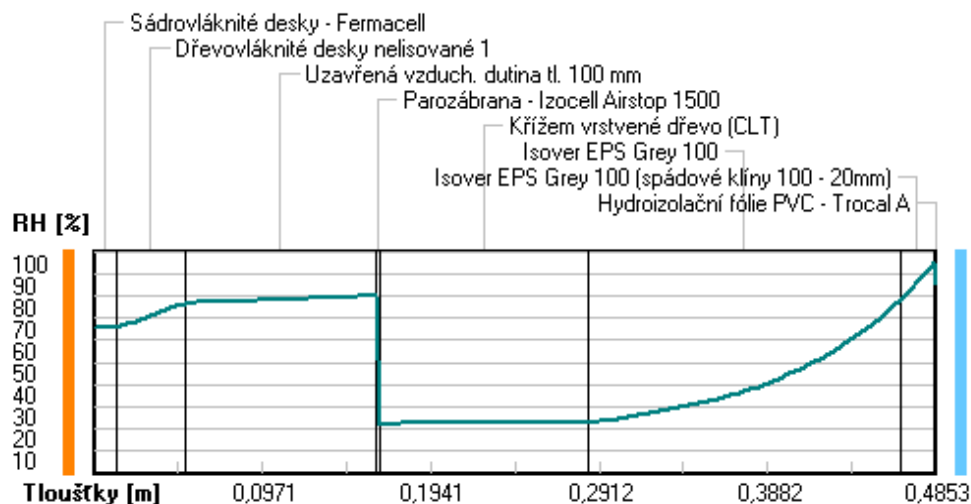
Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	e
theta [C]:	20.6	20.4	17.6	16.8	16.8	13.1	-10.2	-12.8	-12.8
p [Pa]:	1491	1491	1489	1489	264	215	193	191	168
p,sat [Pa]:	2423	2399	2007	1911	1908	1507	254	201	201

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 8.163E-0010 kg/(m².s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Sádrovláknité	212	153	---	---	---
2	Dřevovláknité	212	122	31	---	---
3	Uzavřená vzduc	181	122	62	---	---
4	Parozábrana -	181	122	62	---	---
5	Křížem vrstven	365	---	---	---	---
6	Isover EPS Gre	---	62	303	---	---
7	Isover EPS Gre	---	---	214	151	---
8	Hydroizolační	---	---	214	151	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřijatelné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Teplo 2017, (c) 2016 Svoboda Software

2) Posouzení skladby obvodové stěny

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce [C]	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10
Obvodová stěna z CLT	stěna	5.389	0.177	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017

Název úlohy : **Obvodová stěna z CLT**
 Zpracovatel : Bc. Jana Macánová
 Zakázka : Diplomová práce
 Datum : 29.3.2023

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější dvouplášťová
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Křížem vrstven	0,1200	0,1356	1600,0	470,0	100,0	0.0000
2	Kooltherm K5 f	0,1200	0,0230	1400,0	35,0	35,0	0.0000
3	Paropropustná	0,0020	0,3500	1450,0	800,0	200,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo Kompletní název vrstvy Interní výpočet tep. vodivosti

1	Křížem vrstvené dřevo (CLT)	---
2	Kooltherm K5 fenolická deska	---
3	Paropropustná fólie Guttafol DO 121	---

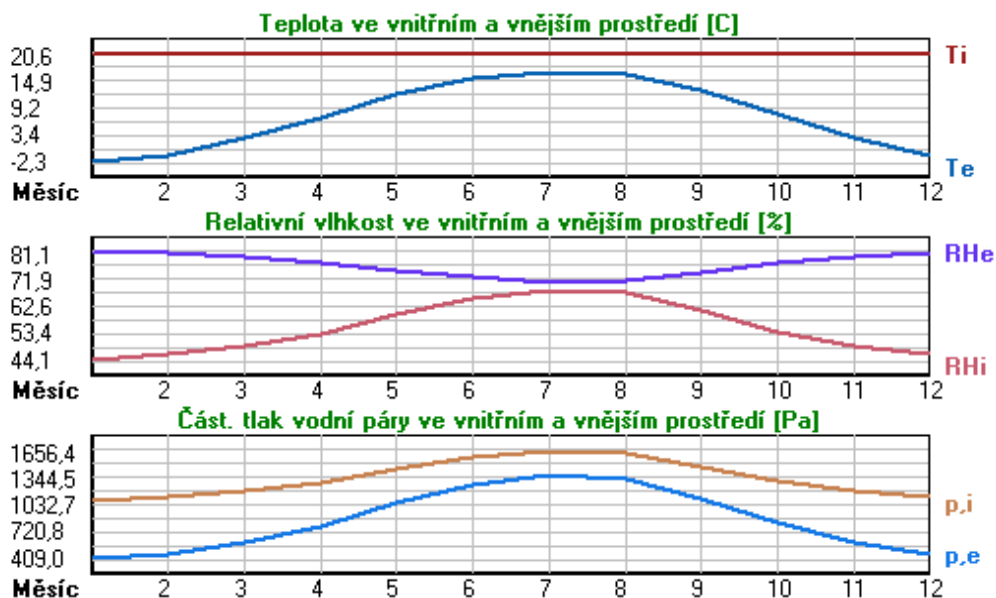
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0.13 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{si} : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} : 0.13 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{se} : 0.13 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 21.0 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 85.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 60.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	T_{ai} [C]	RHi [%]	P_i [Pa]	T_e [C]	RHe [%]	P_e [Pa]
1	31 744	20.6	44.1	1069.5	-2.3	81.1	409.0
2	28 672	20.6	46.0	1115.6	-1.0	80.8	454.1
3	31 744	20.6	49.2	1193.2	2.7	79.6	590.2
4	30 720	20.6	53.3	1292.6	7.2	77.7	788.8
5	31 744	20.6	59.7	1447.8	12.0	75.0	1051.4
6	30 720	20.6	65.3	1583.6	15.3	72.5	1259.8
7	31 744	20.6	68.3	1656.4	16.9	71.0	1366.3
8	31 744	20.6	67.2	1629.7	16.3	71.6	1326.3
9	30 720	20.6	61.0	1479.4	12.8	74.4	1099.3
10	31 744	20.6	53.9	1307.2	7.7	77.5	814.1
11	30 720	20.6	49.1	1190.8	2.6	79.6	586.0
12	31 744	20.6	46.3	1122.9	-0.8	80.8	461.7

Poznámka: T_{ai} , RHi a P_i jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a T_e , RHe a P_e jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :**Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R : 5.389 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.177 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.20 / 0.23 / 0.28 / 0.38 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírůzkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Doporučená hodnota UN = 0,20 W/m²K, pro pasivní domy UN = 0,18 - 0,12 W/m²K
U = 0,177 W/m²K < UN = 0,20 W/m²K VYHOVUJE

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 8.8E+0010 m/s
 Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 160.4
 Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 8.8 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.53 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.957**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}	T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
1	11.3	0.593	8.0	0.448	19.6	0.957	46.9
2	11.9	0.598	8.6	0.444	19.7	0.957	48.7
3	12.9	0.572	9.6	0.384	19.8	0.957	51.6
4	14.2	0.520	10.8	0.267	20.0	0.957	55.2
5	15.9	0.458	12.5	0.057	20.2	0.957	61.1
6	17.3	0.386	13.9	-----	20.4	0.957	66.2
7	18.1	0.313	14.6	-----	20.4	0.957	69.0
8	17.8	0.349	14.3	-----	20.4	0.957	68.0
9	16.3	0.445	12.8	0.002	20.3	0.957	62.3
10	14.3	0.515	10.9	0.251	20.0	0.957	55.8
11	12.9	0.573	9.5	0.386	19.8	0.957	51.5
12	12.0	0.599	8.7	0.443	19.7	0.957	49.0

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

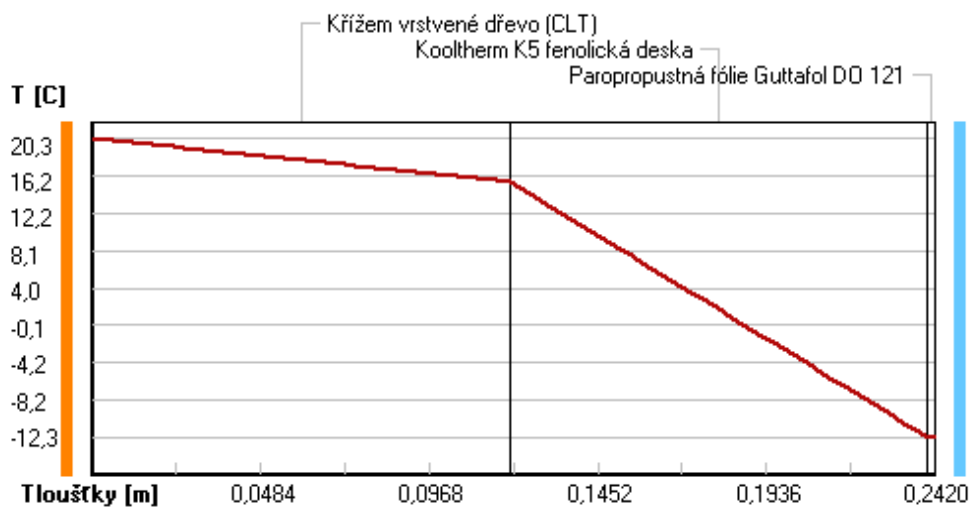
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

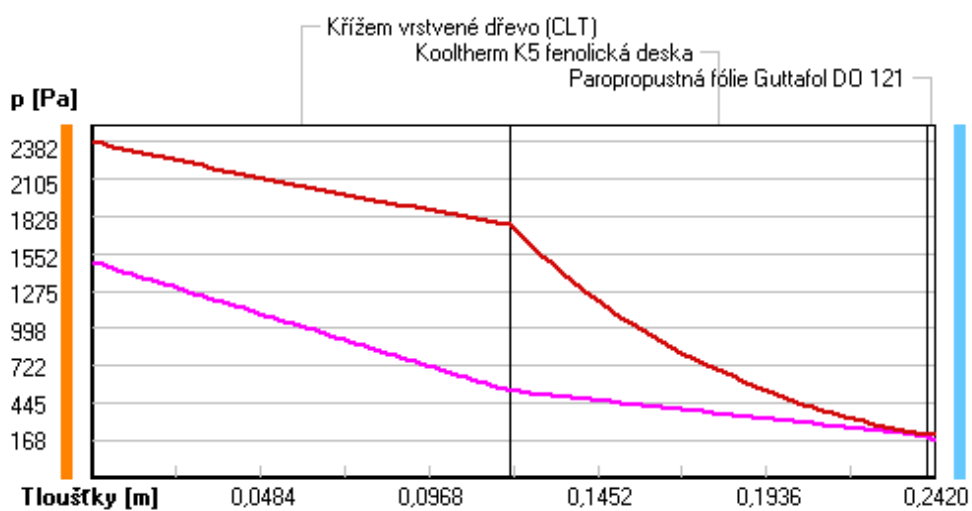
rozhraní:	i	1-2	2-3	e
theta [C]:	20.3	15.6	-12.3	-12.3
p [Pa]:	1491	535	200	168
p,sat [Pa]:	2382	1769	211	211

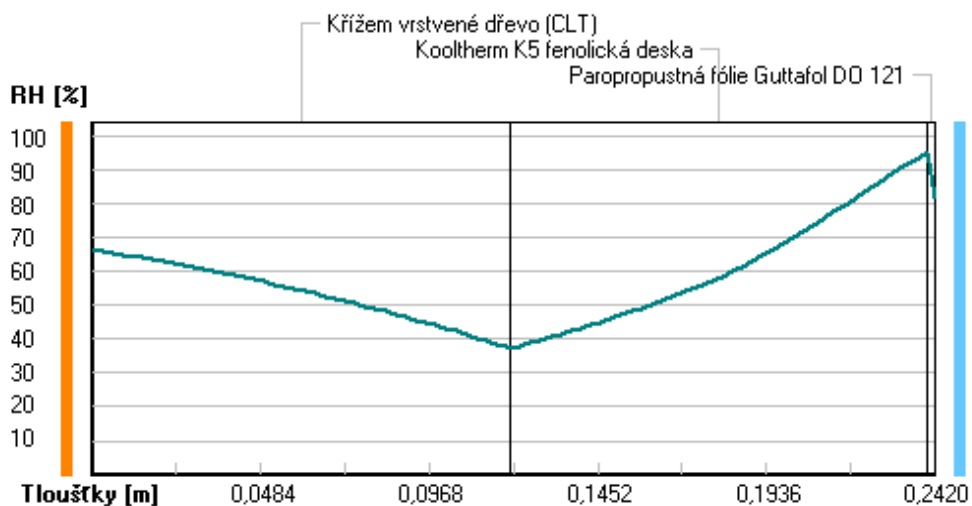
Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.594E-0008 kg/(m².s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Křížem vrstven	212	153	---	---	---
2	Kooltherm K5 f	---	---	275	90	---
3	Paropropustná	---	---	275	90	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

3) Posouzení skladby podlahy na provětrávaném roštu

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce [C]	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10
Podlaha z CLT	podlaha	7.184	0.135	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017

Název úlohy : **Podlaha z CLT**
 Zpracovatel : Bc. Jana Macánová
 Zakázka : Diplomová práce
 Datum : 29.3.2023

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha nad nevytápěným či méně vytáp. vnitřním prostorem
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Nášlapná vrstev	0,0045	0,1600	840,0	2000,0	100,0	0.0000
2	OSB desky	0,0120	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000
3	Dřevovláknité	0,0600	0,1300	1630,0	600,0	12,5	0.0000
4	Parozábrana -	0,0020	0,3900	1700,0	440,0	150000,0	0.0000
5	Křížem vrstven	0,1200	0,1356	1600,0	470,0	100,0	0.0000
6	Kooltherm K5 f	0,1600	0,0230	1400,0	35,0	35,0	0.0000
7	Paropropustná	0,0002	0,3500	1450,0	800,0	200,0	0.0000
8	Desky Fermacel	0,0120	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Nášlapná vrstva - PVC	---
2	OSB desky	---
3	Dřevovláknité desky lisované 2	---

4	Parozábrana - Izocell Airstop 1500	---
5	Křížem vrstvené dřevo (CLT)	---
6	Kooltherm K5 fenolická deska	---
7	Paropropustná fólie Guttafol DO 121	---
8	Desky Fermacell	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.17 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :	0.17 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.04 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :	0.04 m ² K/W

Návrhová venkovní teplota Te :	-13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :	21.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :	100.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi :	60.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :**Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R :	7.184 m ² K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U :	0.135 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.16 / 0.19 / 0.24 / 0.34 W/m²K
 Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Doporučená hodnota UN = 0,16 W/m²K, pro pasivní domy UN = 0,15 - 0,10 W/m²K
U = 0,135 W/m²K < UN = 0,16 W/m²K VYHOVUJE

Difúzní odpor a tepelně akumuláční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT :	1.7E+0012 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 :	658.2
Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 :	15.3 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p :	20.22 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p :	0.977

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně Rsi=0,25 m²K/W.

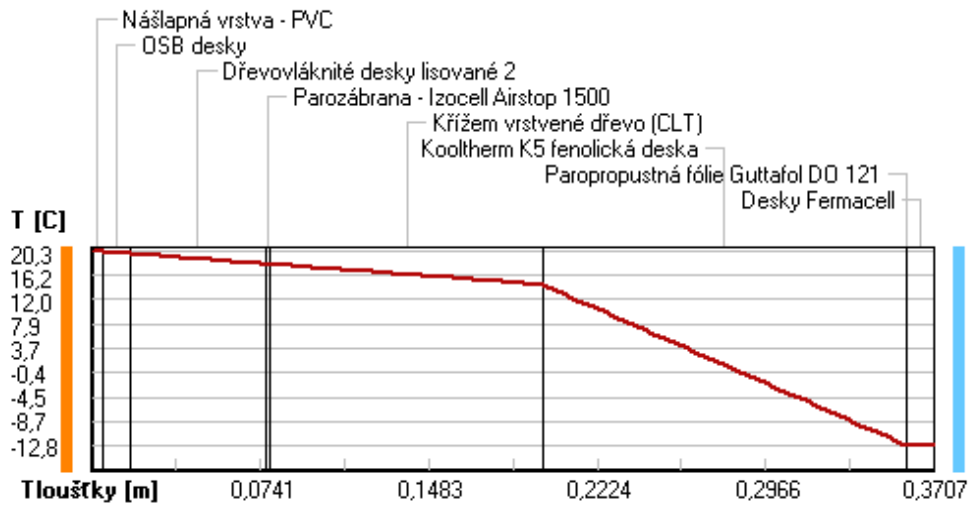
**Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

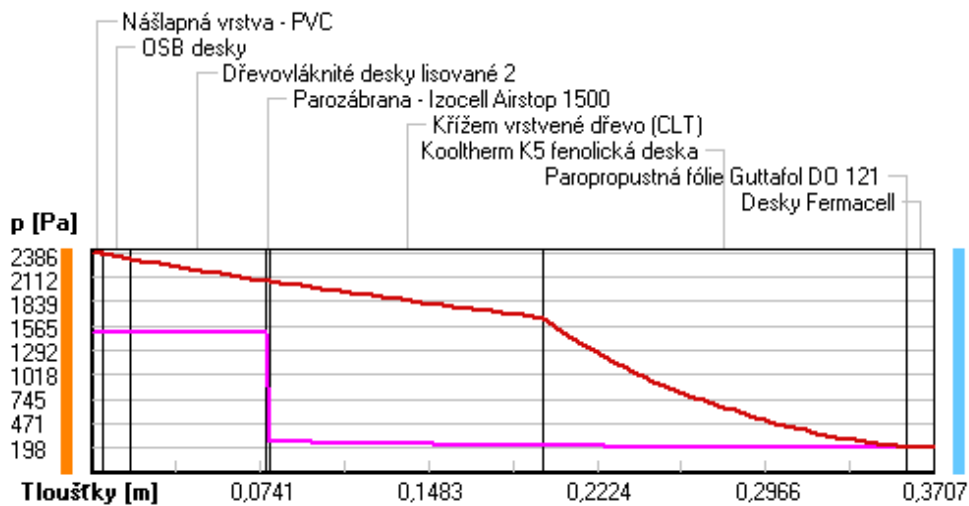
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	e
theta [C]:	20.3	20.2	19.9	18.1	18.0	14.6	-12.7	-12.7	-12.8
p [Pa]:	1491	1490	1487	1484	270	221	199	199	198
p,sat [Pa]:	2386	2369	2317	2070	2067	1657	204	204	201

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

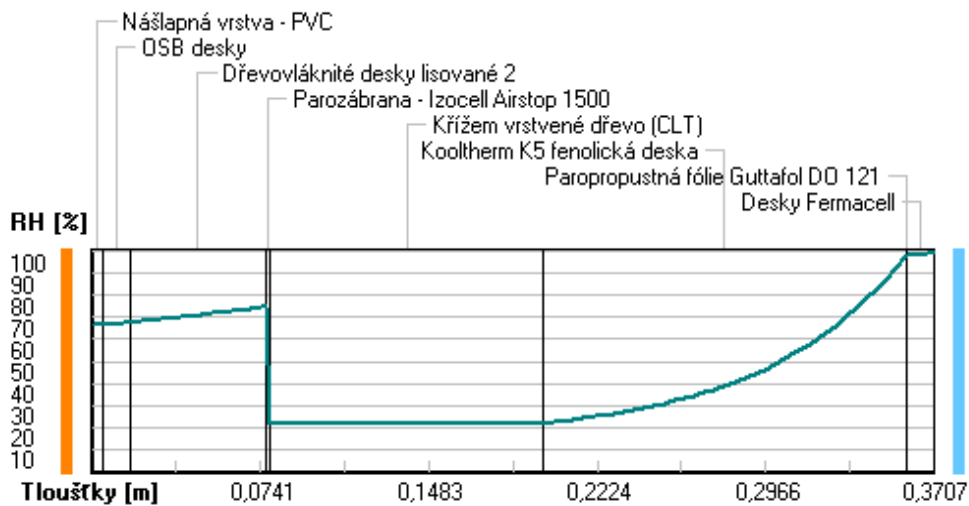
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 8.094E-0010 kg/(m².s)

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Teplo 2017, (c) 2016 Svoboda Software

4) Posouzení skladby ploché střechy v koupelně

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce [C]	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10
Plochá střecha z CLT v koupelně	střecha	7.794	0.126	0.0002	ano	---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017Název úlohy : **Plochá střecha z CLT v koupelně**

Zpracovatel : Bc. Jana Macánová

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 29.3.2023

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Sádrovláknité	0,0125	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
2	Parozábrana -	0,0020	0,3900	1700,0	440,0	150000,0	0.0000
3	Uzavřená vzduch	0,1500	0,2460*	1190,0	73,1	1,0	0.0000
4	Křížem vrstven	0,1200	0,1356	1600,0	470,0	100,0	0.0000
5	Isover EPS Gre	0,1800	0,0320	1270,0	20,0	30,0	0.0000
6	Isover EPS Gre	0,0200	0,0320	1270,0	20,0	30,0	0.0000
7	Hydroizolační	0,0008	0,1600	960,0	1265,0	6860,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Sádrovláknité desky - Fermacell	---
2	Parozábrana - Izocell Airstop 1500	---

3	Uzavřená vzduch. dutina tl. 50 mm	---
		vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946
		Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.250 W/(m.K)
		Tep. vodivost tep. mostů: 0.220 W/(m.K)
		Šířka tepelných mostů: 0.0600 m
		Tloušťka tepelných mostů: 0.0400 m
		Os. vzdálenost tep. mostů: 0.5000 m
4	Křížem vrstvené dřevo (CLT)	---
5	Isover EPS Grey 100	---
6	Isover EPS Grey 100 (spádové klíny 100 - 20mm)	---
7	Hydroizolační fólie PVC - Trocal A	---

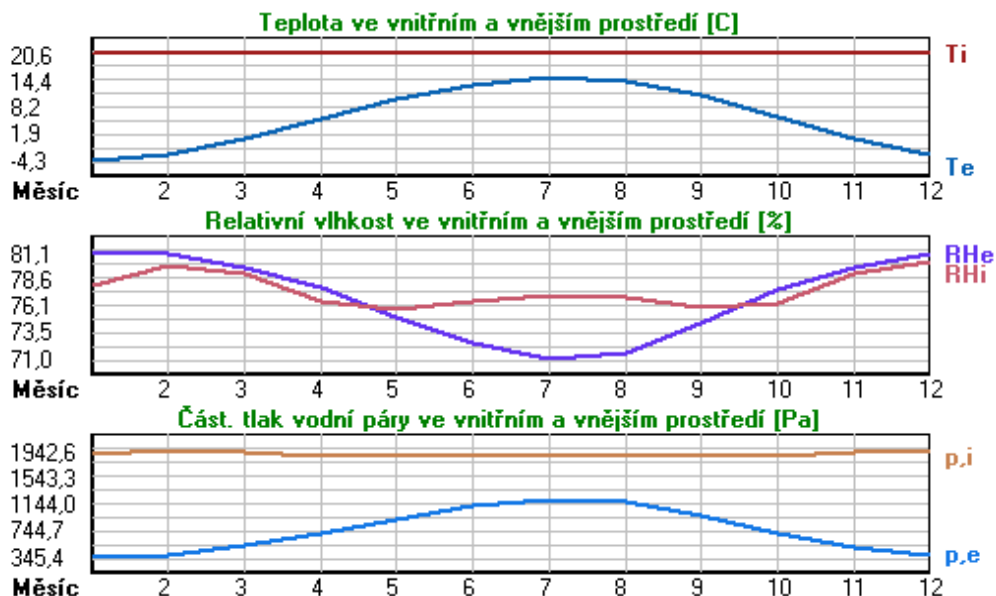
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.10 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :	0.25 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.04 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :	0.04 m ² K/W

Návrhová venkovní teplota Te :	-13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :	24.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :	85.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi :	95.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]	
1	31	744	20.6	77.9	1889.2	-4.3	81.1	345.4
2	28	672	20.6	79.8	1935.3	-3.0	80.8	384.2
3	31	744	20.6	79.0	1915.9	0.7	79.6	511.3
4	30	720	20.6	76.4	1852.8	5.2	77.7	687.0
5	31	744	20.6	75.7	1835.9	10.0	75.0	920.5
6	30	720	20.6	76.4	1852.8	13.3	72.5	1106.8
7	31	744	20.6	77.0	1867.4	14.9	71.0	1202.4
8	31	744	20.6	76.8	1862.5	14.3	71.6	1166.4
9	30	720	20.6	75.8	1838.3	10.8	74.4	963.2
10	31	744	20.6	76.2	1848.0	5.7	77.5	709.4
11	30	720	20.6	79.0	1915.9	0.6	79.6	507.6
12	31	744	20.6	80.1	1942.6	-2.8	80.8	390.7

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Průměrná měsíční venkovní teplota T_e byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střešou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 7.794 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.126 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.15 / 0.18 / 0.23 / 0.33 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Doporučená hodnota UN = 0,16 W/m²K, pro pasivní domy UN = 0,15 - 0,10 W/m²K

U = 0,126 W/m²K < UN = 0,16 W/m²K VYHOVUJE

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.7E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 599.5

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 11.3 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 22.86 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.969**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}			

1	20.2	0.983	16.6	0.840	19.8	0.969	81.7
2	20.6	0.998	17.0	0.847	19.9	0.969	83.5
3	20.4	0.990	16.8	0.811	20.0	0.969	82.1
4	19.9	0.952	16.3	0.721	20.1	0.969	78.7
5	19.7	0.916	16.2	0.581	20.3	0.969	77.2
6	19.9	0.898	16.3	0.411	20.4	0.969	77.5
7	20.0	0.891	16.4	0.268	20.4	0.969	77.8
8	19.9	0.895	16.4	0.331	20.4	0.969	77.7
9	19.7	0.911	16.2	0.549	20.3	0.969	77.2
10	19.8	0.947	16.3	0.709	20.1	0.969	78.4
11	20.4	0.990	16.8	0.811	20.0	0.969	82.1
12	20.6	1.001	17.0	0.848	19.9	0.969	83.8

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

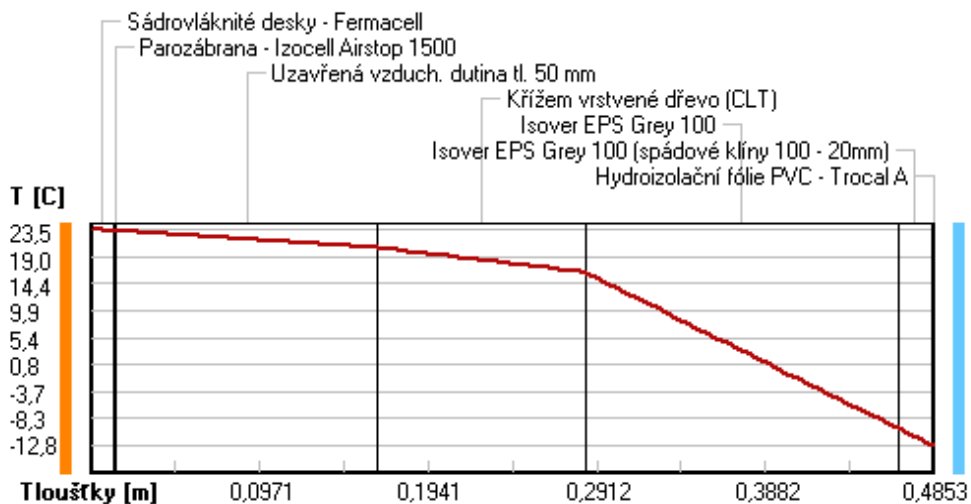
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

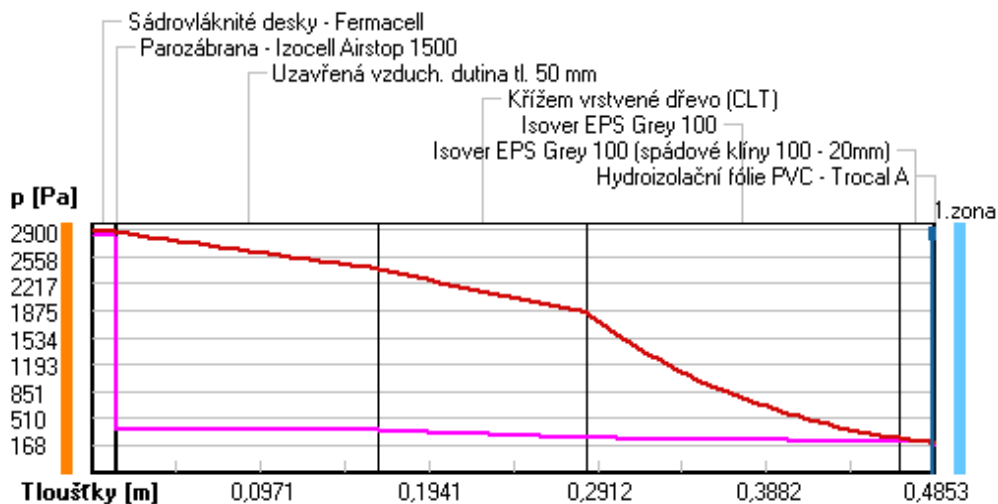
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	e
theta [C]:	23.5	23.4	23.3	20.5	16.4	-9.9	-12.8	-12.8
p [Pa]:	2833	2832	363	362	263	218	213	168
p,sat [Pa]:	2900	2868	2864	2408	1859	262	202	201

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

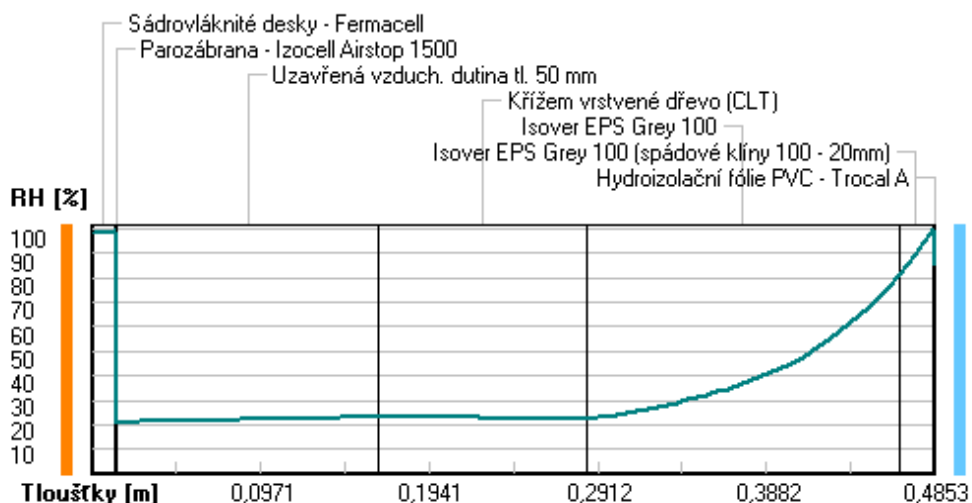
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.4845	0.4845	4.321E-0010

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0002 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **0.3196 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -10.0 C .

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen

orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Sádrovláknité	---	---	245	120	---
2	Parozábrana -	---	---	245	120	---
3	Uzavřená vzduch	365	---	---	---	---
4	Křížem vrstven	365	---	---	---	---
5	Isover EPS Gre	---	62	303	---	---
6	Isover EPS Gre	---	---	214	151	---
7	Hydroizolační	---	---	214	151	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Teplo 2017, (c) 2016 Svoboda Software

5) Posouzení skladby obvodové stěny v koupelně

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce [C]	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	DeltaT10
Obvodová stěna z CLT v koupelně	stěna	7.383	0.131	nedochází ke kondenzaci v.p.		---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017Název úlohy : **Obvodová stěna z CLT v koupelně**

Zpracovatel : Bc. Jana Macánová

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 29.3.2023

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější dvouplášťová
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m2K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	Keramický obkl	0,0080	1,0100	840,0	2000,0	200,0	0.0000
2	Lepicí tmel	0,0050	0,2200	1300,0	1550,0	1350,0	0.0000
3	Sádrovláknité	0,0125	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
4	Parozábrana -	0,0020	0,3900	1700,0	440,0	150000,0	0.0000
5	Dřevovláknité	0,0600	0,0500*	2086,8	296,4	10,0	0.0000
6	Křížem vrstven	0,1200	0,1356	1600,0	470,0	100,0	0.0000
7	Kooltherm K5 f	0,1200	0,0230	1400,0	35,0	35,0	0.0000
8	Paropropustná	0,0020	0,3500	1450,0	800,0	200,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Keramický obklad	---
2	Lepicí tmel	---

3	Sádrovláknité desky - Fermacell	---
4	Parozábrana - Izocell Airstop 1500	---
5	Dřevovláknité desky nelisované 1	---
vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946		
Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.038 W/(m.K)		
Tep. vodivost tep. mostů: 0.220 W/(m.K)		
Šířka tepelných mostů: 0.0400 m		
Tloušťka tepelných mostů: 0.0600 m		
Os. vzdálenost tep. mostů: 0.5000 m		
6	Křížem vrstvené dřevo (CLT)	---
7	Kooltherm K5 fenolická deska	---
8	Paropropustná fólie Guttafol DO 121	---

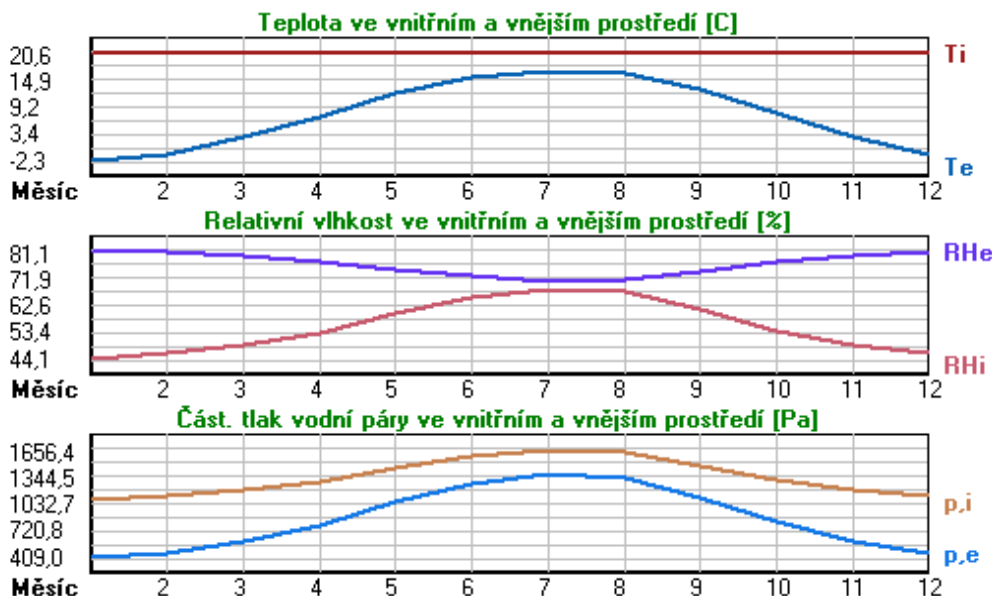
Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.13 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :	0.25 m ² K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.13 m ² K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :	0.13 m ² K/W

Návrhová venkovní teplota Te :	-13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :	24.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :	85.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH _i :	95.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]	
1	31	744	20.6	44.1	1069.5	-2.3	81.1	409.0
2	28	672	20.6	46.0	1115.6	-1.0	80.8	454.1
3	31	744	20.6	49.2	1193.2	2.7	79.6	590.2
4	30	720	20.6	53.3	1292.6	7.2	77.7	788.8
5	31	744	20.6	59.7	1447.8	12.0	75.0	1051.4
6	30	720	20.6	65.3	1583.6	15.3	72.5	1259.8
7	31	744	20.6	68.3	1656.4	16.9	71.0	1366.3
8	31	744	20.6	67.2	1629.7	16.3	71.6	1326.3
9	30	720	20.6	61.0	1479.4	12.8	74.4	1099.3
10	31	744	20.6	53.9	1307.2	7.7	77.5	814.1
11	30	720	20.6	49.1	1190.8	2.6	79.6	586.0
12	31	744	20.6	46.3	1122.9	-0.8	80.8	461.7

Poznámka: Tai, RH_i a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).



Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5,0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 7.383 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.131 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{k,c} : 0.15 / 0.18 / 0.23 / 0.33 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Doporučená hodnota UN = 0,20 W/m²K, pro pasivní domy UN = 0,18 - 0,12 W/m²K

U = 0,131 W/m²K < UN = 0,20 W/m²K VYHOVUJE

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.7E+0012 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_y* podle EN ISO 13786 : 899.8

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 14.9 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 22.81 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.968**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m			
1	11.3	0.593	8.0	0.448	19.9	0.968	46.2
2	11.9	0.598	8.6	0.444	19.9	0.968	48.0
3	12.9	0.572	9.6	0.384	20.0	0.968	51.0

4	14.2	0.520	10.8	0.267	20.2	0.968	54.7
5	15.9	0.458	12.5	0.057	20.3	0.968	60.7
6	17.3	0.386	13.9	-----	20.4	0.968	66.0
7	18.1	0.313	14.6	-----	20.5	0.968	68.8
8	17.8	0.349	14.3	-----	20.5	0.968	67.8
9	16.3	0.445	12.8	0.002	20.3	0.968	62.0
10	14.3	0.515	10.9	0.251	20.2	0.968	55.3
11	12.9	0.573	9.5	0.386	20.0	0.968	50.9
12	12.0	0.599	8.7	0.443	19.9	0.968	48.3

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

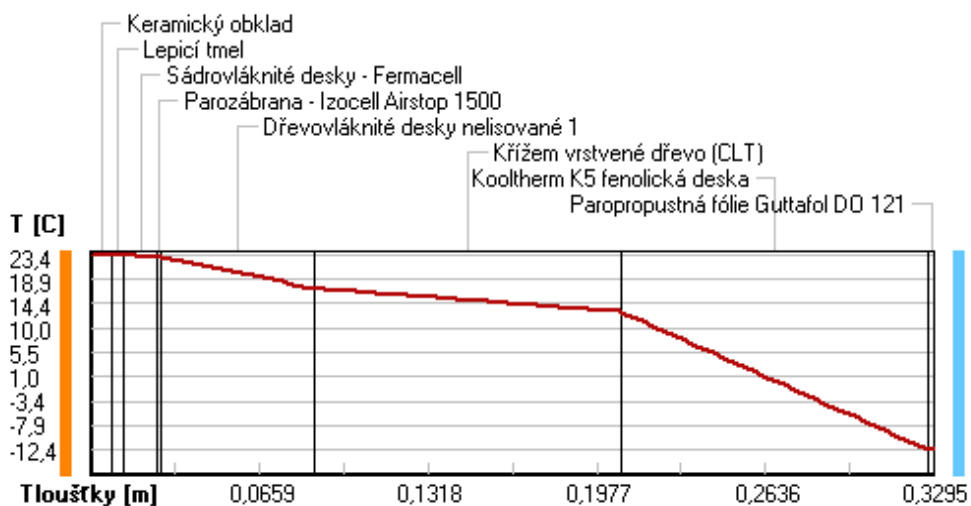
Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

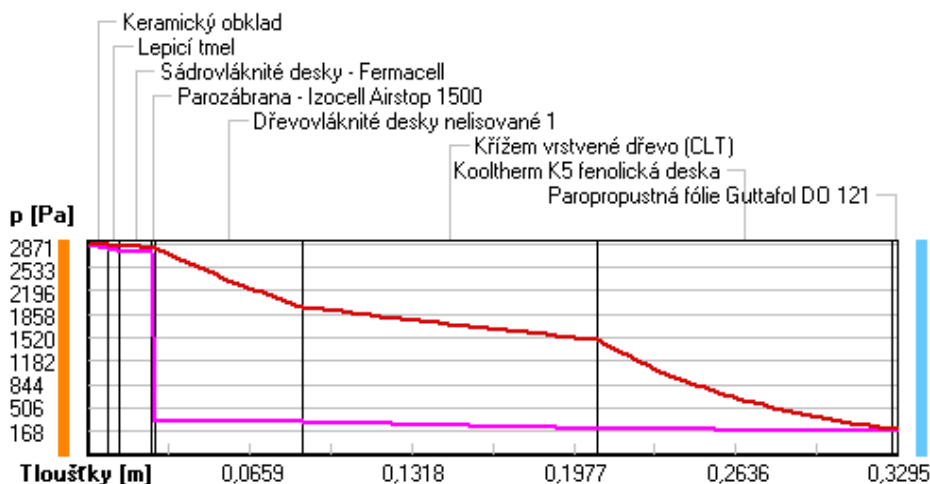
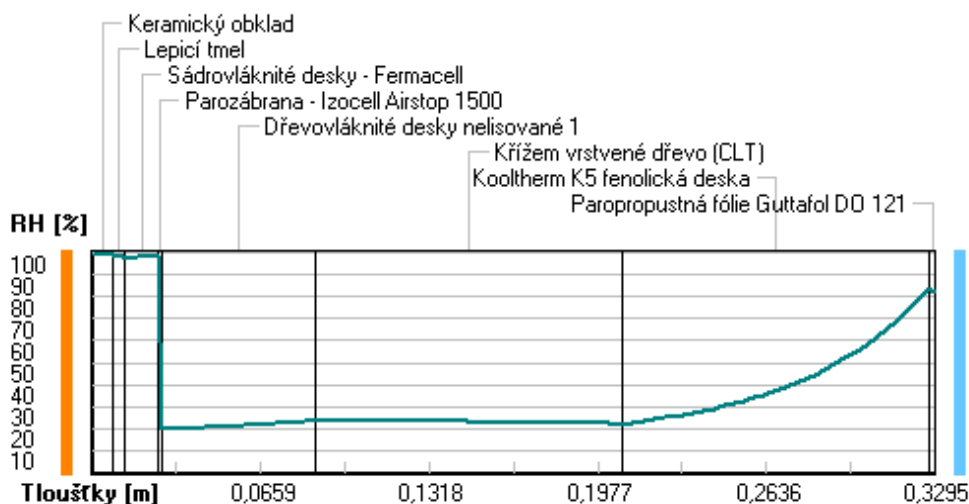
Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	e
theta [C]:	23.4	23.3	23.2	23.0	23.0	17.2	12.9	-12.3	-12.4
p [Pa]:	2833	2820	2765	2763	309	304	206	172	168
p,sat [Pa]:	2871	2865	2846	2813	2809	1961	1489	210	210

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách**

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.636E-0009 kg/(m².s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	Keramický obkl	212	153	---	---	---
2	Lepicí tmel	212	153	---	---	---
3	Sádrovláknité	212	153	---	---	---
4	Parozábrana -	212	153	---	---	---
5	Dřevovláknité	365	---	---	---	---
6	Křížem vrstven	334	31	---	---	---
7	Kooltherm K5 f	---	---	365	---	---
8	Paropropustná	---	---	365	---	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřijatelné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Teplo 2017, (c) 2016 Svoboda Software

6) Posouzení skladby podlahy v koupelně

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)

Název kce [C]	Typ	R [m ² K/W]	U [W/m ² K]	Ma,max[kg/m ²]	Odpaření	DeltaT10
Podlaha z CLT v koupelně	podlaha	7.146	0.136	0.0001	ano	---

Vysvětlivky:

R	tepelný odpor konstrukce
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
Ma,max	maximální množství zkond. vodní páry v konstrukci za rok
DeltaT10	pokles dotykové teploty podlahové konstrukce.

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017Název úlohy : **Podlaha z CLT v koupelně**

Zpracovatel : Bc. Jana Macánová

Zakázka : Diplomová práce

Datum : 29.3.2023

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha nad nevytápěným či méně vytáp. vnitřním prostorem
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Dlažba keramic	0,0100	1,0100	840,0	2000,0	200,0	0.0000
2	Lepící tmel	0,0050	0,7500	1300,0	1550,0	1350,0	0.0000
3	Sádrovláknité	0,0125	0,3200	1100,0	1150,0	13,0	0.0000
4	Parozábrana -	0,0020	0,3900	1700,0	440,0	150000,0	0.0000
5	Dřevovláknité	0,0600	0,1300	1630,0	600,0	12,5	0.0000
6	Křížem vrstven	0,1200	0,1356	1600,0	470,0	100,0	0.0000
7	Kooltherm K5 f	0,1600	0,0230	1400,0	35,0	35,0	0.0000
8	Paropropustná	0,0003	0,3500	1500,0	333,0	67,0	0.0000
9	Desky CETRIS	0,0120	0,2400	1580,0	1300,0	78,8	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Dlažba keramická	---
2	Lepící tmel	---
3	Sádrovláknité desky - Fermacell	

4	Parozábrana - Izocell Airstop 1500	---
5	Dřevovláknité desky lisované 2	---
6	Křížem vrstvené dřevo (CLT)	---
7	Kooltherm K5 fenolická deska	---
8	Paropropustná polypropylenová fólie - Isocell Omega 100	---
9	Desky CETRIS	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi :	0.17 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi :	0.17 m2K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse :	0.04 m2K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse :	0.04 m2K/W
Návrhová venkovní teplota Te :	-13.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai :	24.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe :	100.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi :	95.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :**Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:**

Tepelný odpor konstrukce R :	7.146 m2K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U :	0.136 W/m2K
Součinitel prostupu zabudované kce U _{k,c} :	0.16 / 0.19 / 0.24 / 0.34 W/m2K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Doporučená hodnota UN = 0,16 W/m2K, pro pasivní domy UN = 0,15 - 0,10 W/m2K
U = 0,136 W/m2K < UN = 0,16 W/m2K VYHOVUJE

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT :	1.7E+0012 m/s
Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 :	641.0
Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 :	15.8 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách Tsi,p :	23.14 C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p :	0.977

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně Rsi=0,25 m2K/W.

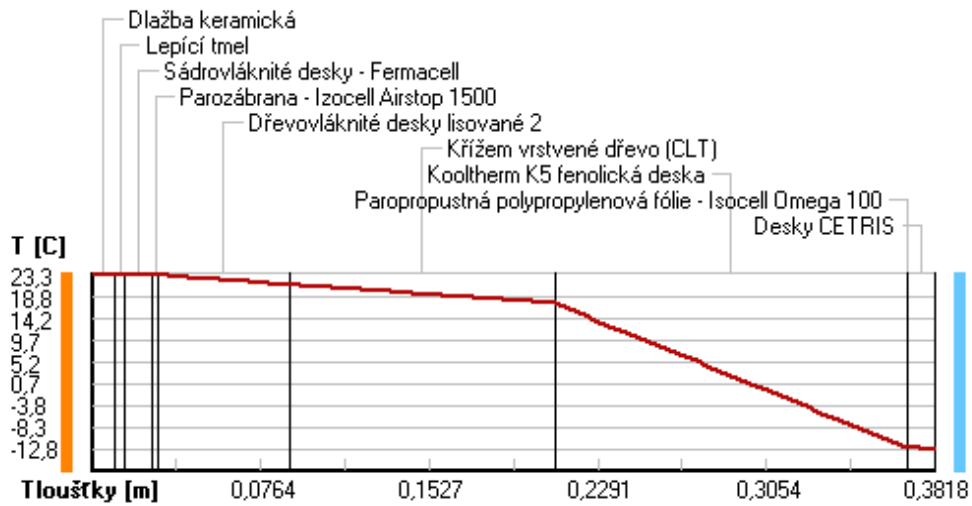
**Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)**

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

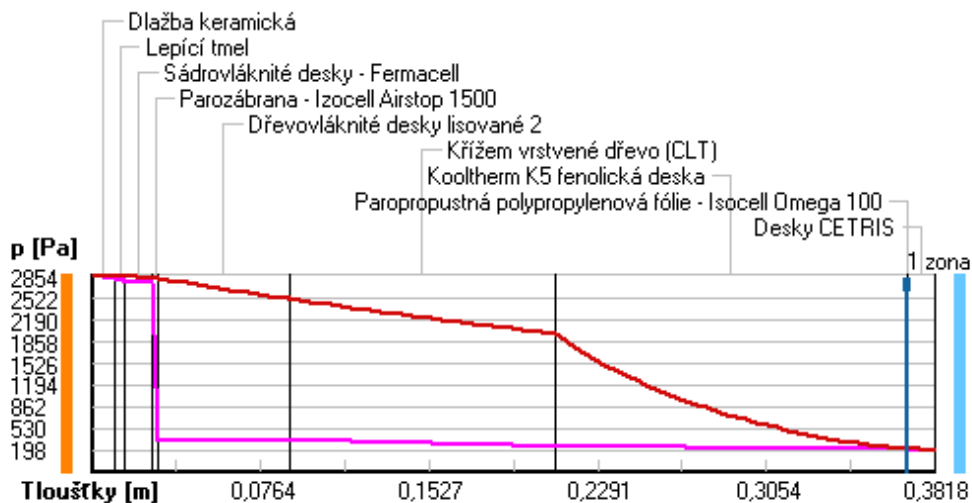
rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	e
theta [C]:	23.3	23.2	23.2	23.0	23.0	21.0	17.2	-12.6	-12.6	-12.8
p [Pa]:	2833	2817	2763	2762	353	347	251	206	206	198
p,sat [Pa]:	2854	2847	2842	2813	2810	2490	1965	205	205	201

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

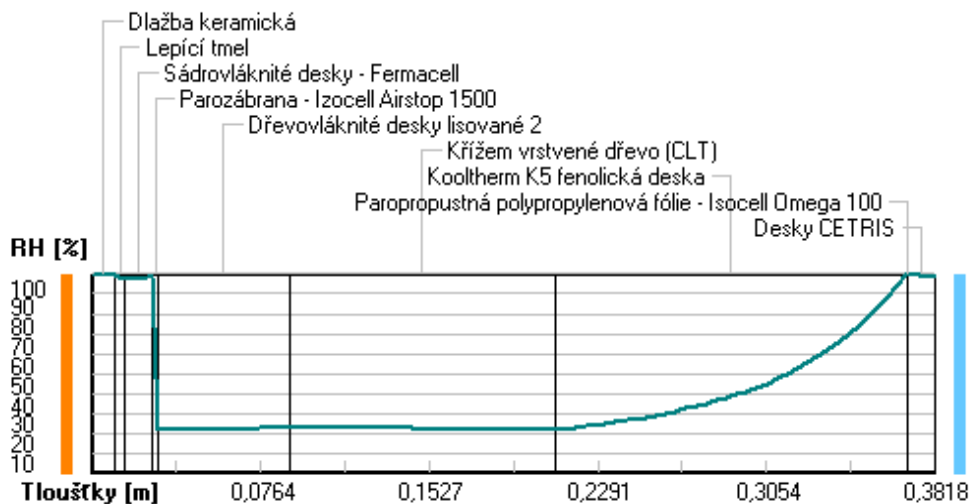
Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Část. tlaky vodní páry v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Rel. vlhkosti v typickém místě konstrukce v ustál. návrh. podmínkách



Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m]	pravá [m]	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m2s)]
1	0.3695	0.3695	1.265E-0010

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$: **0.0001 kg/(m2.rok)**

Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$: **1.9847 kg/(m2.rok)**

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -10.0 C .

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než $0,1\text{ kg/m}^2\text{.rok}$,
nebo 3-6% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: $0,003\text{ kg/m}^2\text{.rok}$
(materiál: Paropropustná polypropylenová).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: $0,003\text{ kg/m}^2\text{.rok}$

Vypočtené hodnoty:

V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a} = 0,0001\text{ kg/m}^2\text{.rok}$

Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a} = 1,9847\text{ kg/m}^2\text{.rok}$

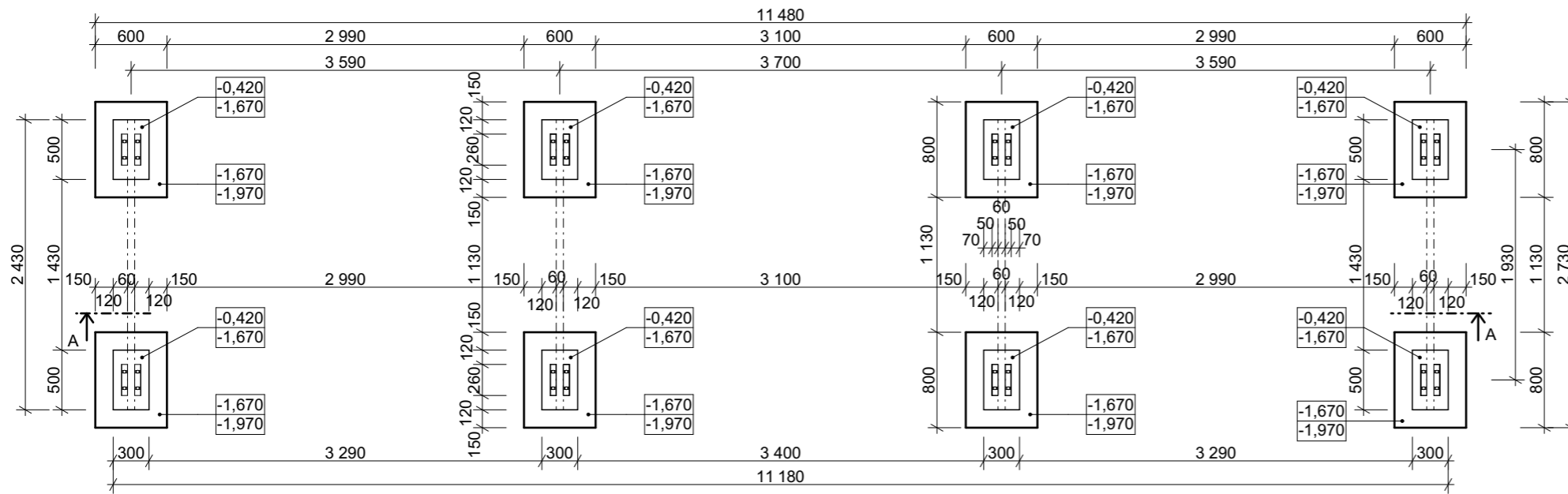
Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.

$M_{c,a} < M_{ev,a}$... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

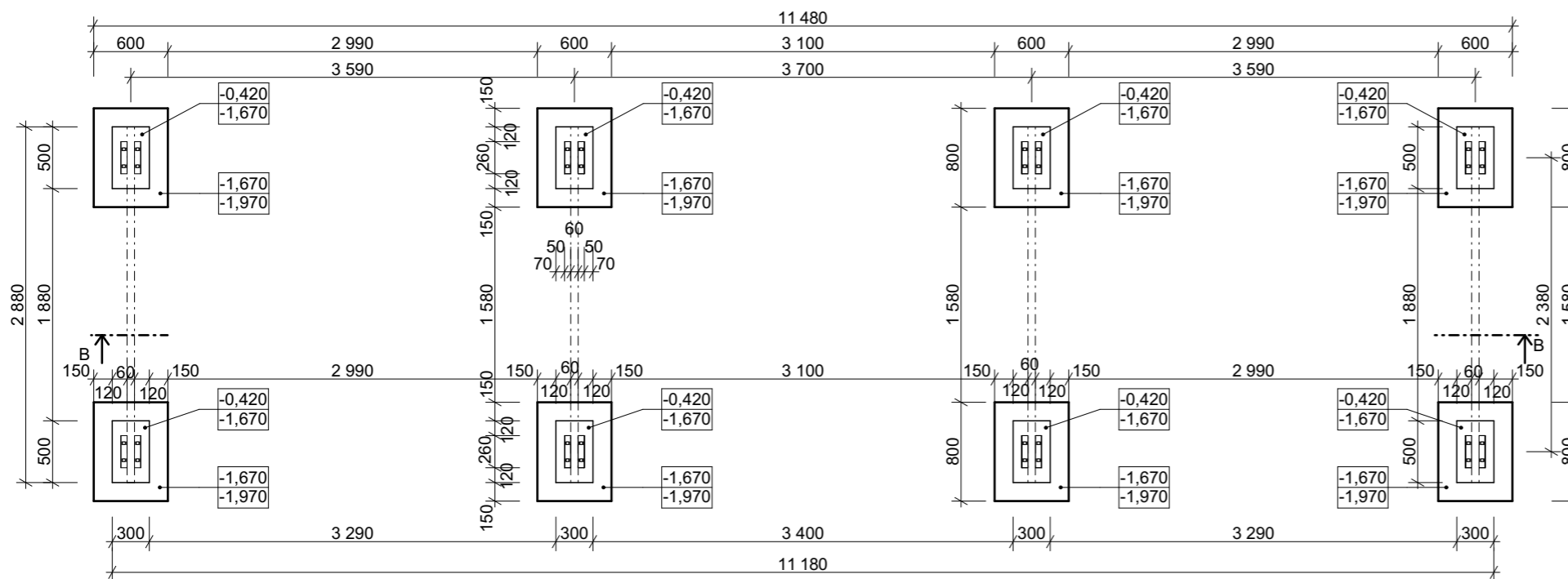
$M_{c,a} < M_{c,N}$... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Půdorys základů kontejneru A



Půdorys základů kontejneru B



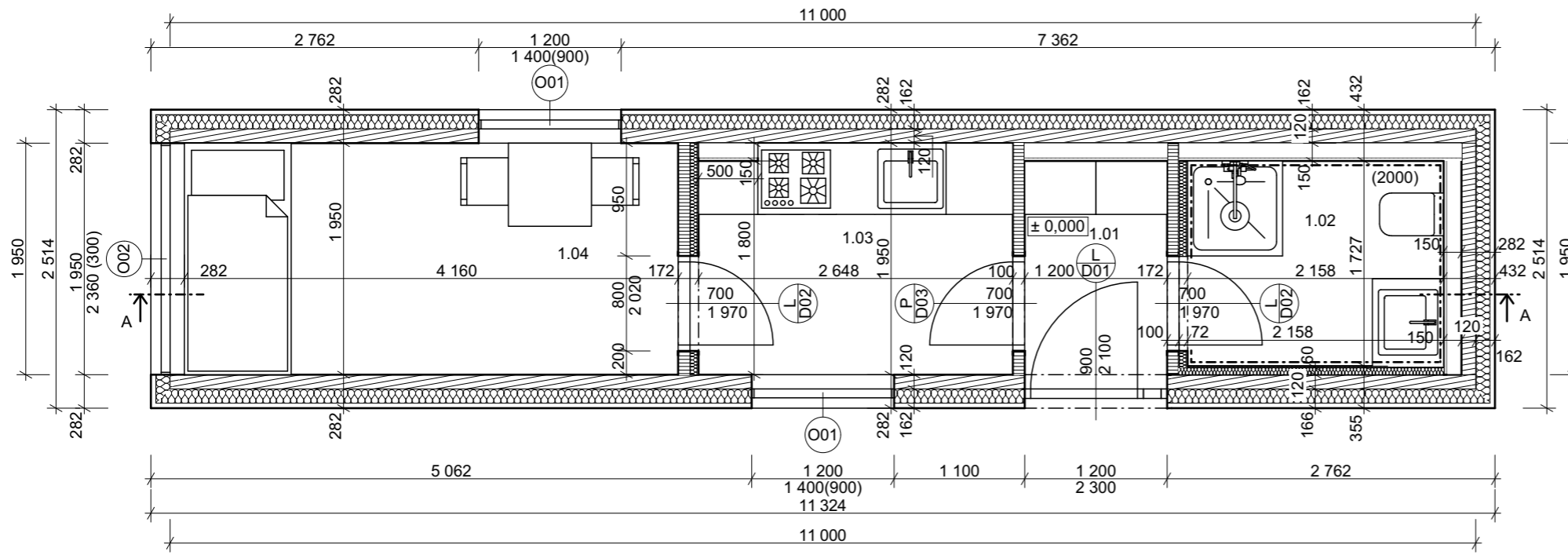
Poznámka:

Konstrukce základů je navržena pro zeminy s návrhovou únosností zemin 250-300 kPa.

Betonová patka 600x800x300 mm, betonové tvárnice 300x500x250 mm, ocelová výztuž B500B

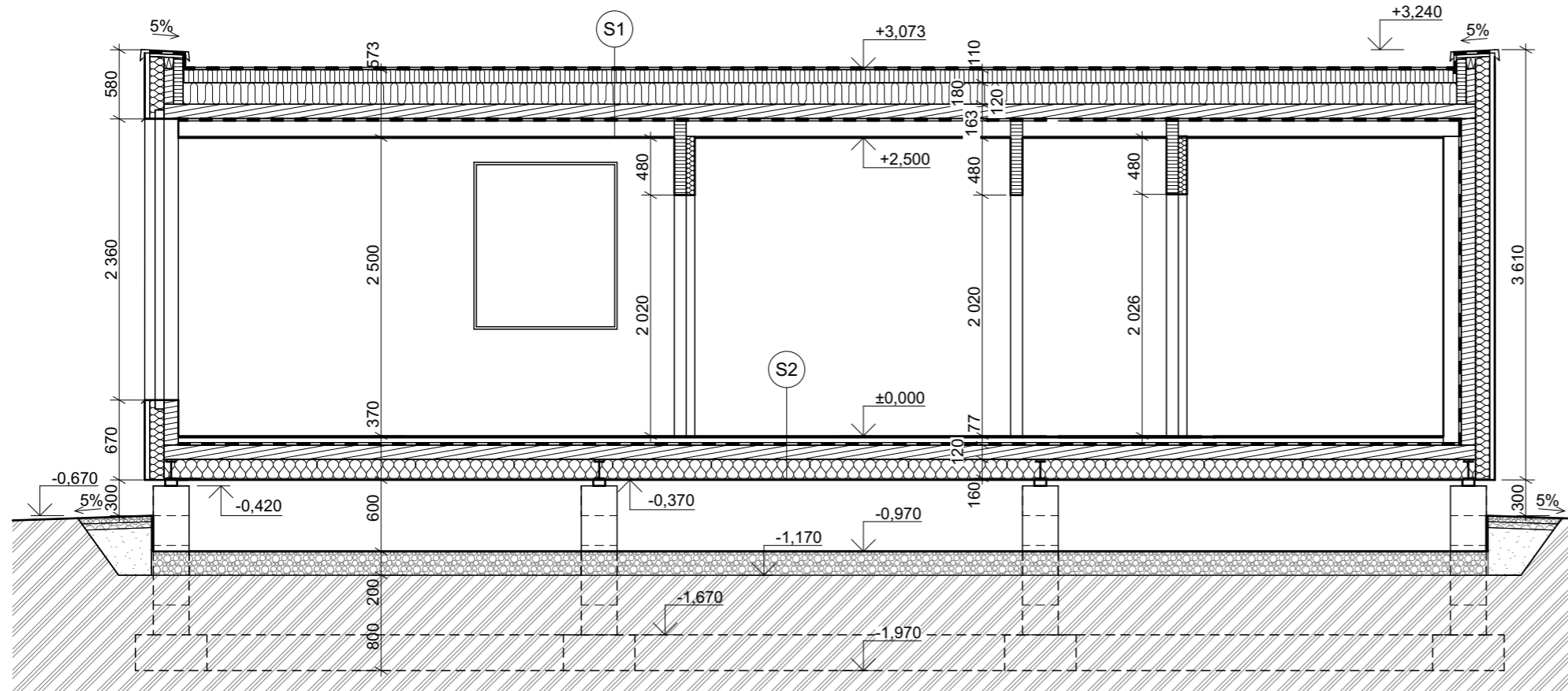
Vypracovala:	Vedoucí práce:	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR		
Bc. Jana Macánová	Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Formát:	A3	
Stavba:	Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu		Datum:	29. 4. 2023
Část:	Praktická část diplomové práce		Měřítko:	1:50
Výkres:	Půdorysy základů		Číslo výkresu:	D.1.1.1

Půdorys 1.NP



Č.	Název místnosti	Plocha (m ²)	Podlaha	Strop	Stěny
1.01	Zádvěří	2,48	PVC	Podhled z SVD + malba	Pohledová CLT stěna
1.02	Koupelna	3,73	Keramická dlažba	Podhled z SVD + malba	Keramický obklad
1.03	Kuchyň	5,30	PVC	Podhled z SVD + malba	Pohledová CLT stěna
1.04	Pokoj	8,11	PVC	Podhled z SVD + malba	Pohledová CLT stěna
		19,63 m ²			

Řez A-A



Legenda materiálů:

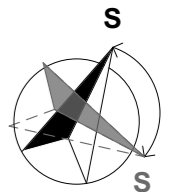
- Křížem vrstvené dřevo
- Tepelná izolace z fenolických desek, tl. 120 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu XPS, tl. 90 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey, tl. 180 mm
- Dřevoláknité nelisované desky, tl. 60 mm
- Štěrkořt', frakce 8-16 mm
- Štěrkořt', frakce 16-32 mm
- Původní zemina
- Nasypaná zemina

Poznámky:

Příčky jsou dilatovány od nosné vodorovné konstrukce stropu z CLT.

Inženýrské sítě jsou vedeny v předstěnách z dřevěného roštu a sádrovláknitých desek.

Severka ukazuje na možné rozpětí orientace za účelem dostatečného osvětlení obytných místností.



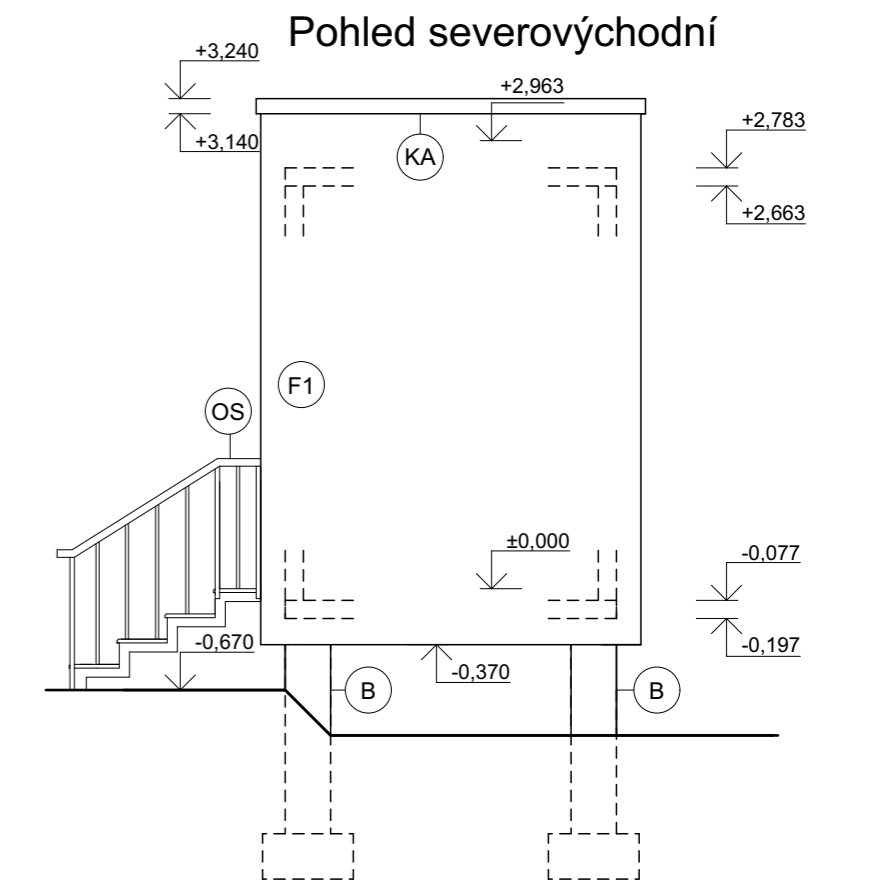
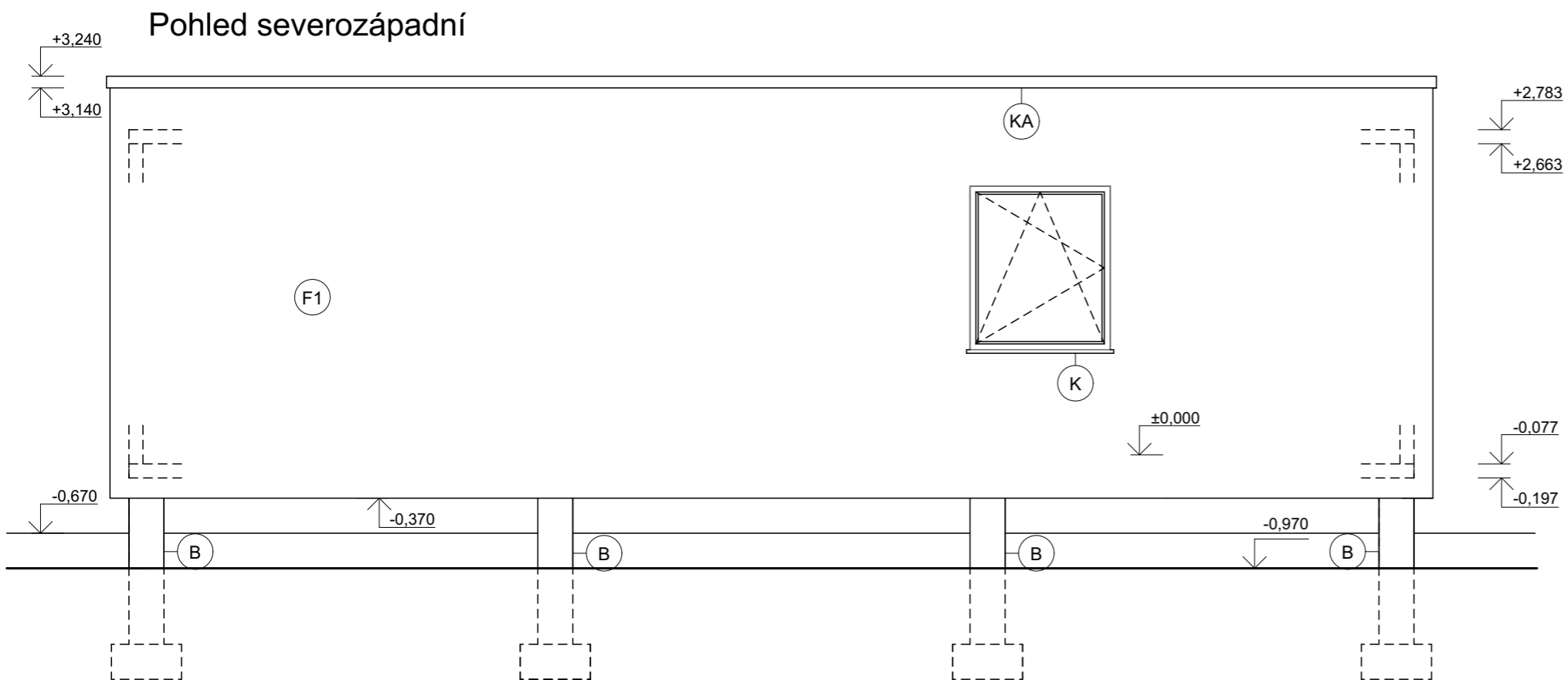
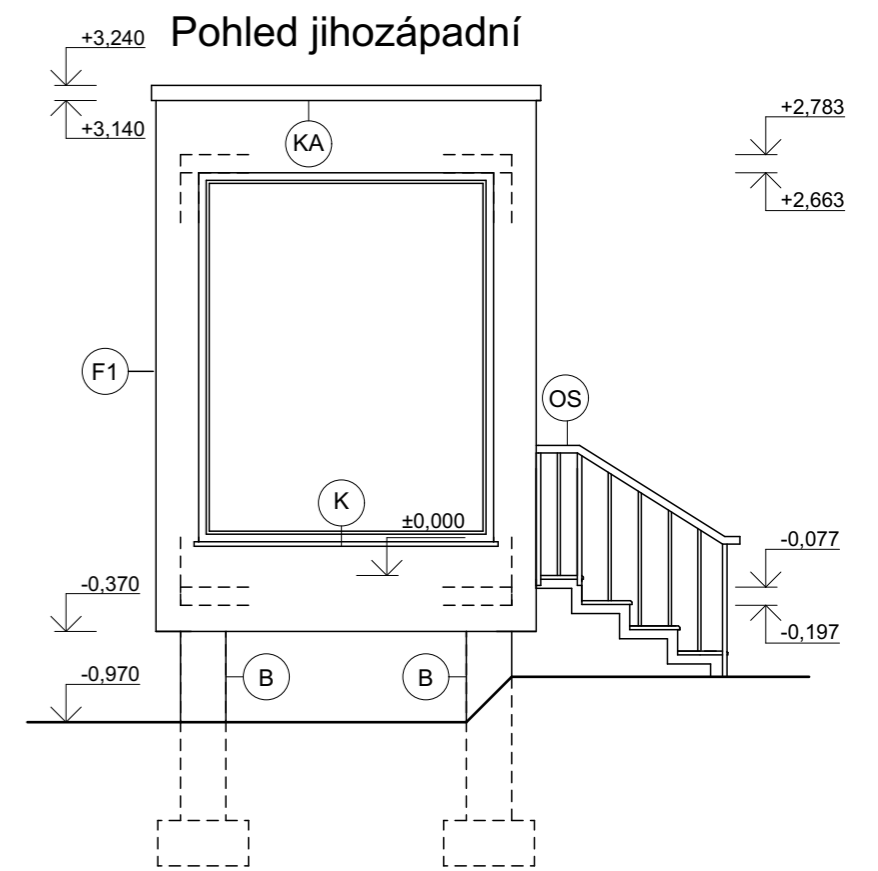
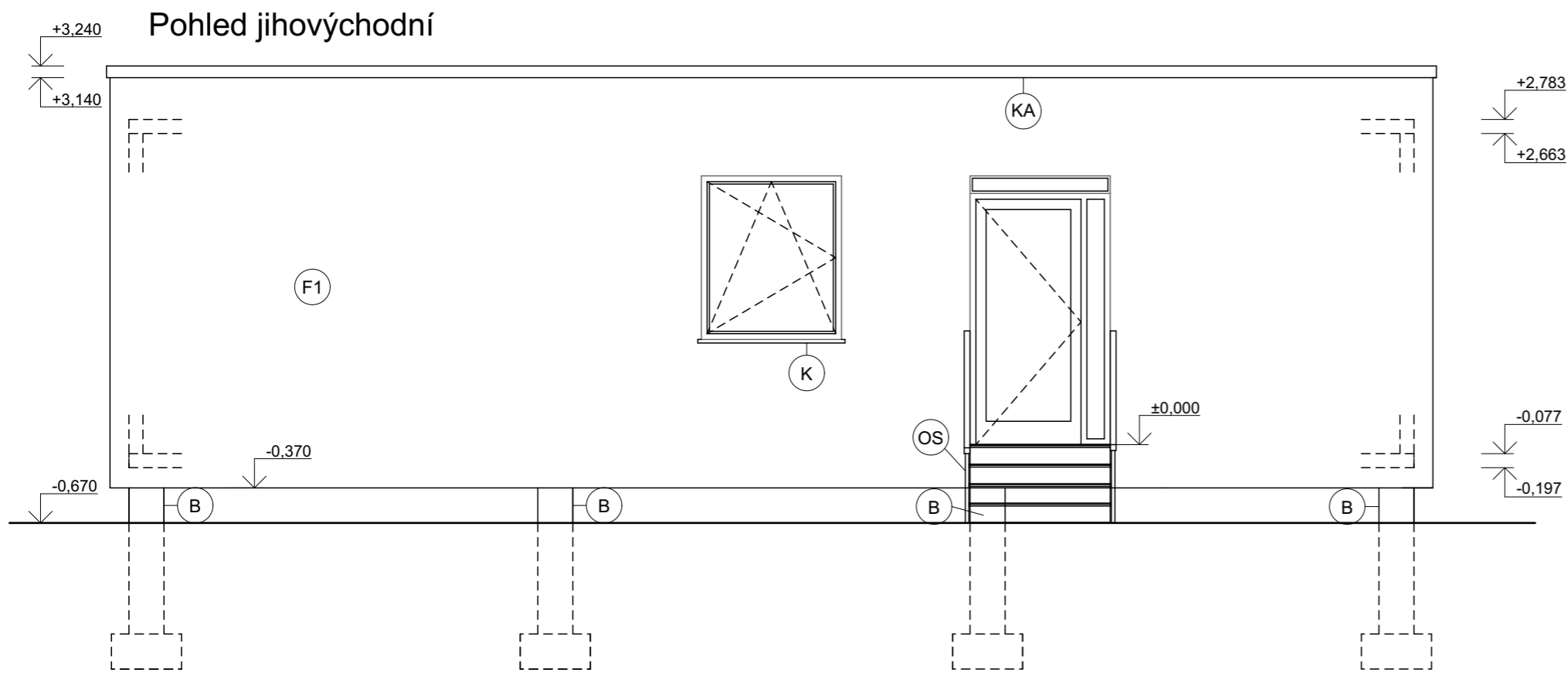
S1 Skladba ploché střeby:

- Hydroizolační fólie PVC fólie - Trocal A, tl. 2 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100, tl. 110 mm (spádové klíny 110-20 mm)
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100, tl. 180 mm
- Křížem lepená dřevěná stropní deska, tl. 120 mm
- Parotěsná fólie - Isocell Airstop 1500, tl. 2 mm
- Podhled z dřevěných latí 40/60 + dřevoláknité desky nelisované 40 mm + vzduchová mezera tl. 110 mm
- Sádrovláknitá deska Fermacell, tl. 12,5 mm

S2 Skladba podlahy:

- Nášlapná vrstva PVC tl. 2,5
- OSB konstrukční deska tl. 12 mm
- Dřevoláknitá deska lisovaná tl. 60 mm
- Parotěsná fólie Isocell Airstop 1500 tl. 2 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska tl. 120 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 tl. 160 mm
- Paropropustná PP fólie Isocel Omega 100 tl. 2 mm
- Cementotřísková deska CETRIS tl. 12 mm

Vypracovala:	Vedoucí práce:	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Bc. Jana Macánová	Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Formát:	A3
Stavba:	Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Datum:	29. 4. 2023
Část:	Praktická část diplomové práce	Měřítko:	1:50
Výkres:	Půdorys a řez A-A kontejneru A	Číslo výkresu:	D.1.1.2

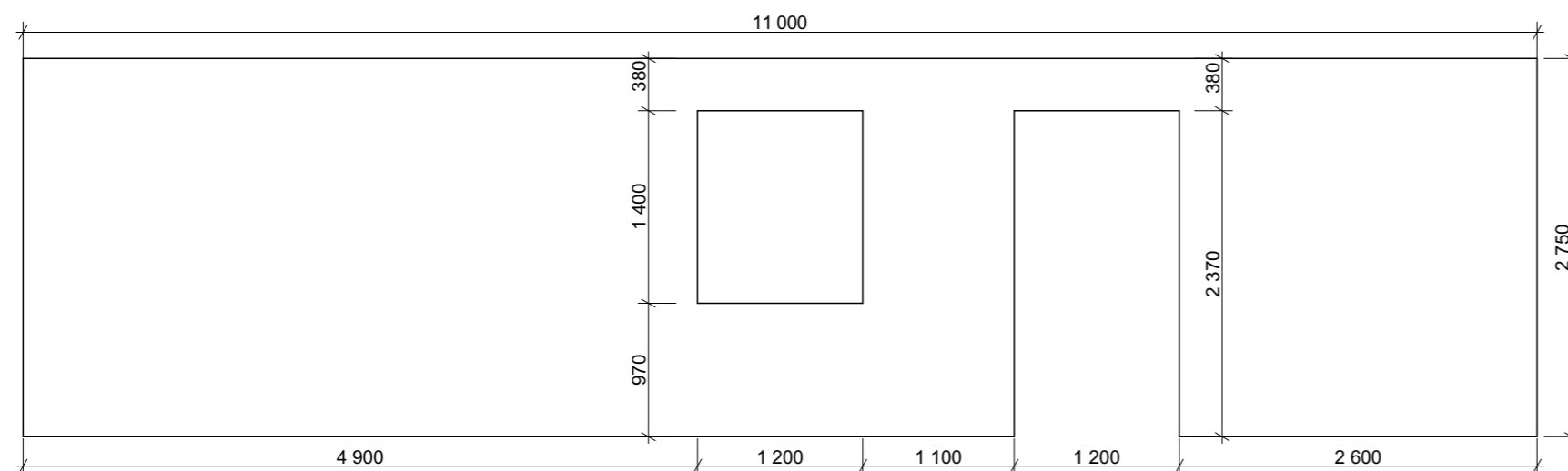


Legenda popisů:

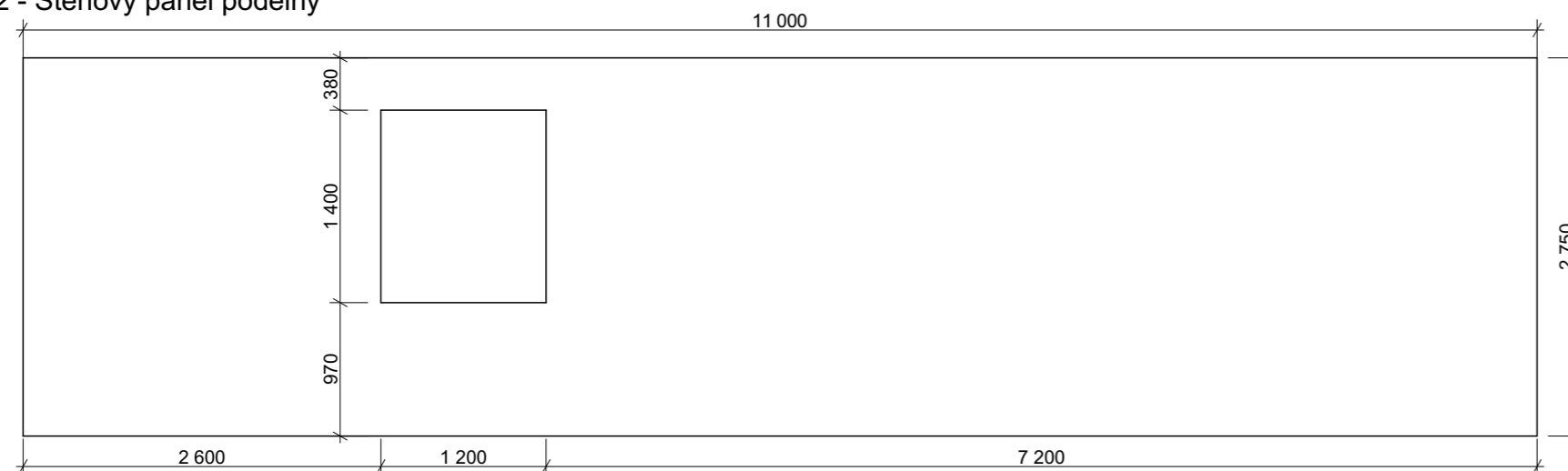
- F1 Hliníkové kompozitní desky, odstín prachová šedá RAL 7037
- K Klempířské prvky, titanzeinek, odstín antracitová šedá RAL7016
- KA Klempířské prvky atiky, titanzeinek, odstín antracitová šedá RAL7016
- B Sokl, vstupní schodiště, betonová stěrka
- OS Ocelové schodiště se zábradlím

Vypracovala:	Vedoucí práce:	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Bc. Jana Macánová	Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Formát:	A3
Stavba:	Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Datum:	29. 4. 2023
Část:	Praktická část diplomové práce	Měřítko:	1:50
Výkres:	Pohledy kontejneru A	Číslo výkresu:	D.1.1.3

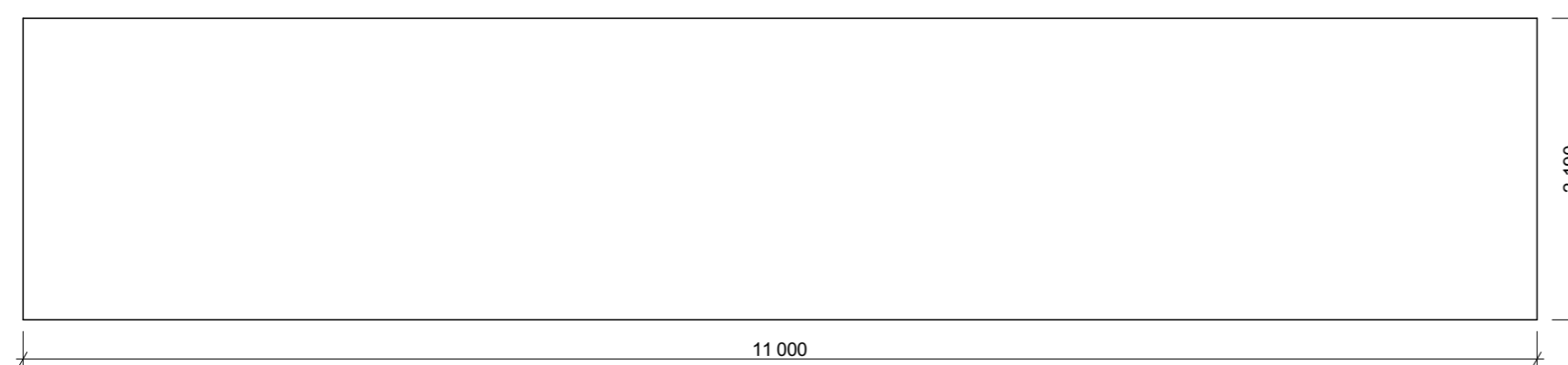
S1 - Stěnový panel s otvory



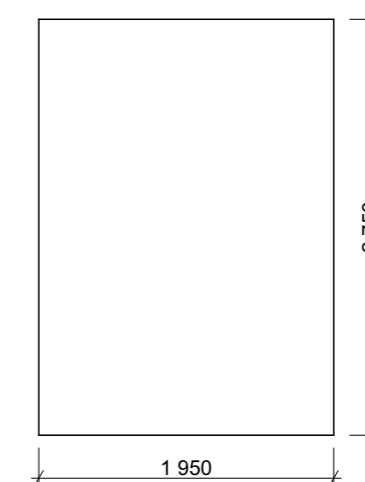
S2 - Stěnový panel podélný



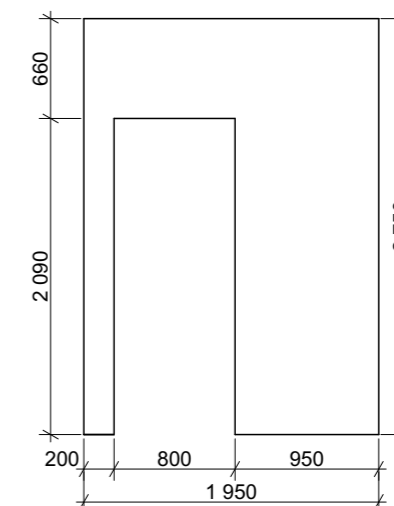
P1 - Podlahový a střešní panel



S3 - Stěnový panel příčný



V1 - Vnitřní stěnový panel



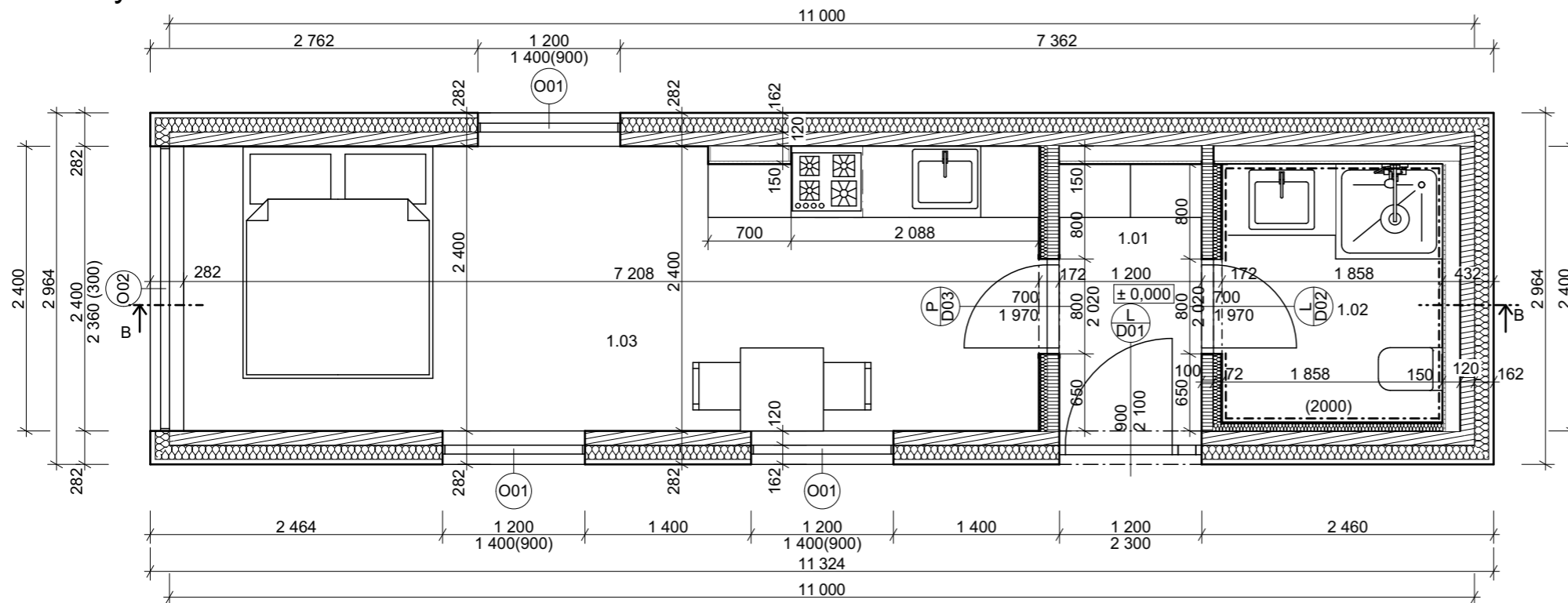
Poznámky:

- S1 - Stěnový panel s otvory - tl. 120 mm
- S2 - Stěnový panel podélný - tl. 120 mm
- S3 - Stěnový panel příčný - tl. 120 mm
- P1 - Podlahový a střešní panel - tl. 120 mm
- V1 - Vnitřní stěnový panel - tl. 100 mm

Materiál: Křížem vrstvené dřevo, třída C24

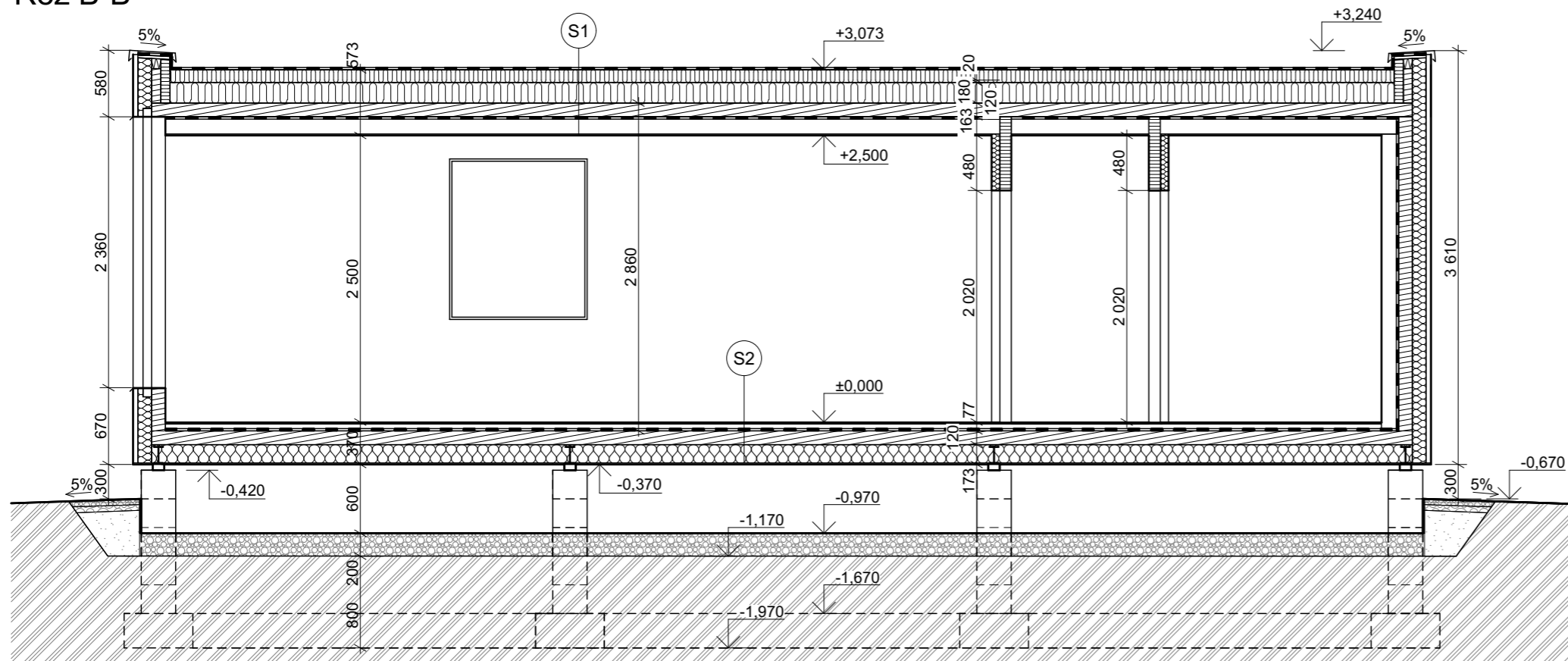
Vypracovala: Bc. Jana Macánová	Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Stavba: Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu		Formát:	A3
Část: Praktická část diplomové práce		Datum:	29. 4. 2023
Výkres: Výkres prefabrikátů kontejneru A		Měřítko:	1:50
		Číslo výkresu:	D.1.1.4

Půdorys 1.NP



Č.	Název místnosti	Plocha (m ²)	Podlaha	Strop	Stěny
1.01	Záďveří	3,02	PVC	Podhled z SVD + malba	Pohledová CLT stěna
1.02	Koupelna	4,05	Keramická dlažba	Podhled z SVD + malba	Keramický obklad
1.03	Pokoj s kuchyňským koutem	17,47	PVC	Podhled z SVD + malba	Pohledová CLT stěna
		24,54 m ²			

Řez B-B



Legenda materiálů:

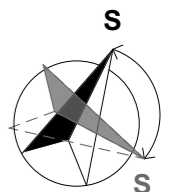
- Křížem vrstvené dřevo
- Tepelná izolace z fenolických desek, tl. 120 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu XPS, tl. 90 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey, tl. 180 mm
- Dřevoláknité nelisované desky, tl. 60 mm
- Štěrkodrt', frakce 8-16 mm
- Štěrkodrt', frakce 16-32 mm
- Původní zemina
- Nасыпанá zemina

Poznámky:

Příčky jsou dilatovány od nosné vodorovné konstrukce stropu z CLT.

Inženýrské sítě jsou vedeny v předstěných z dřevěného roštu a sádrovláknitých desek.

Severka ukazuje na možné rozpětí orientace za účelem dostatečného osvětlení obytných místností.



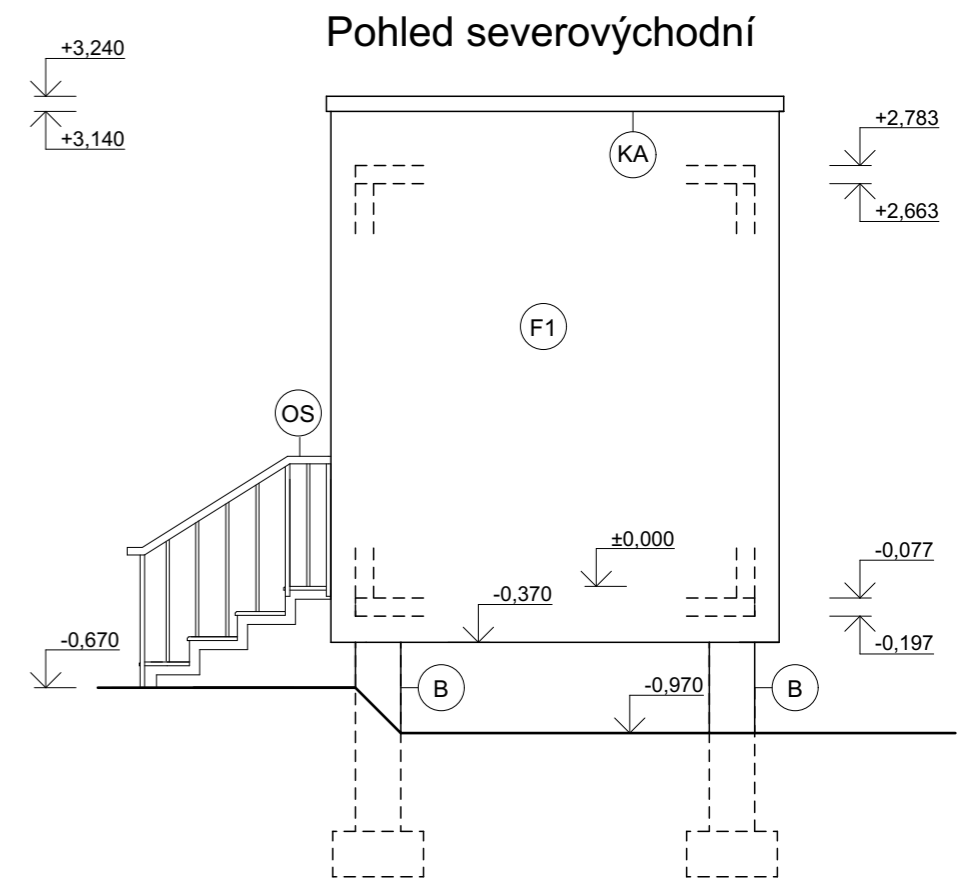
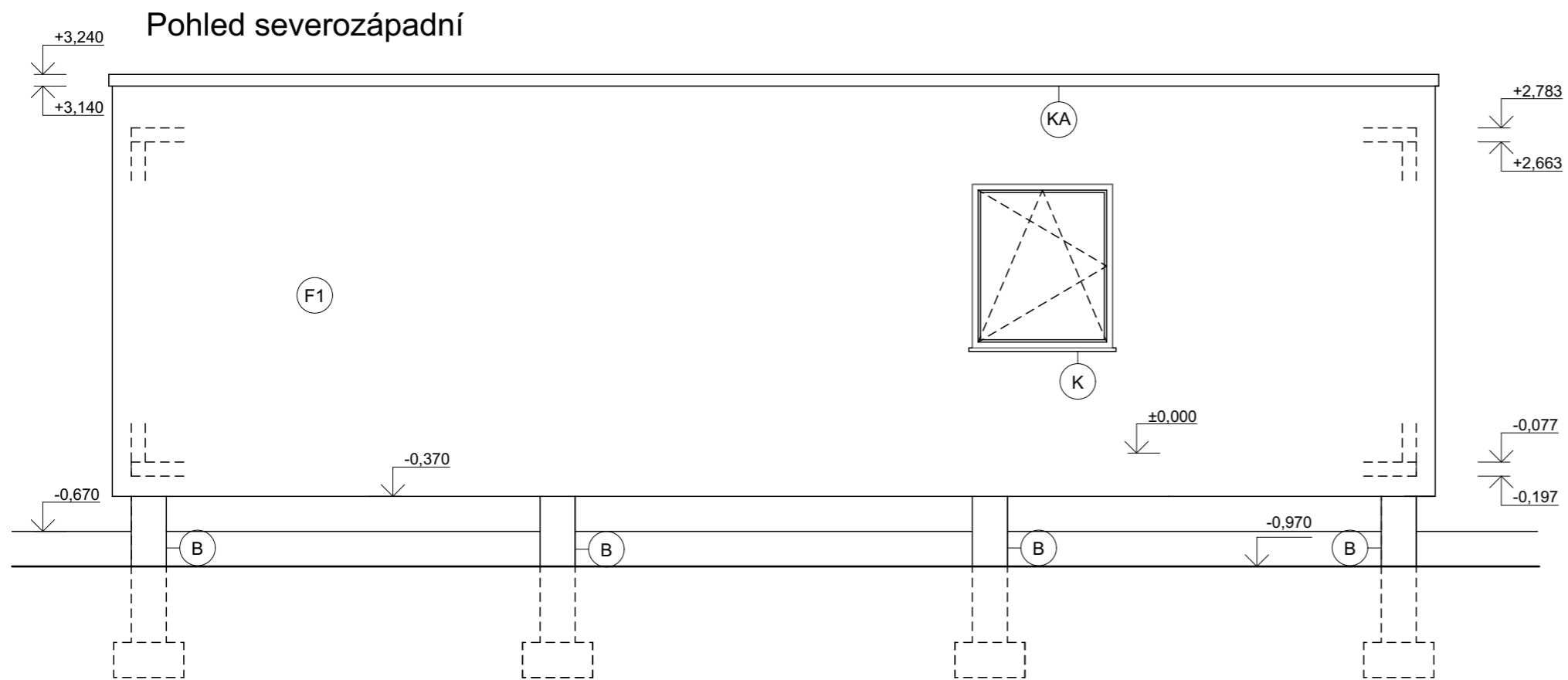
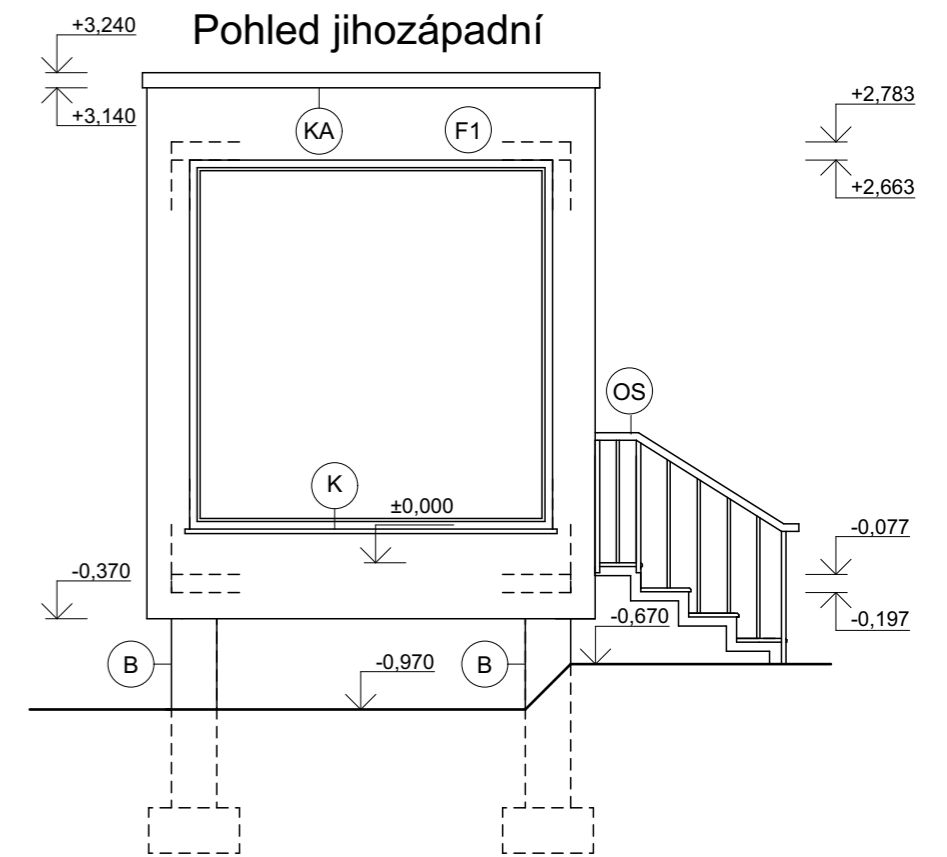
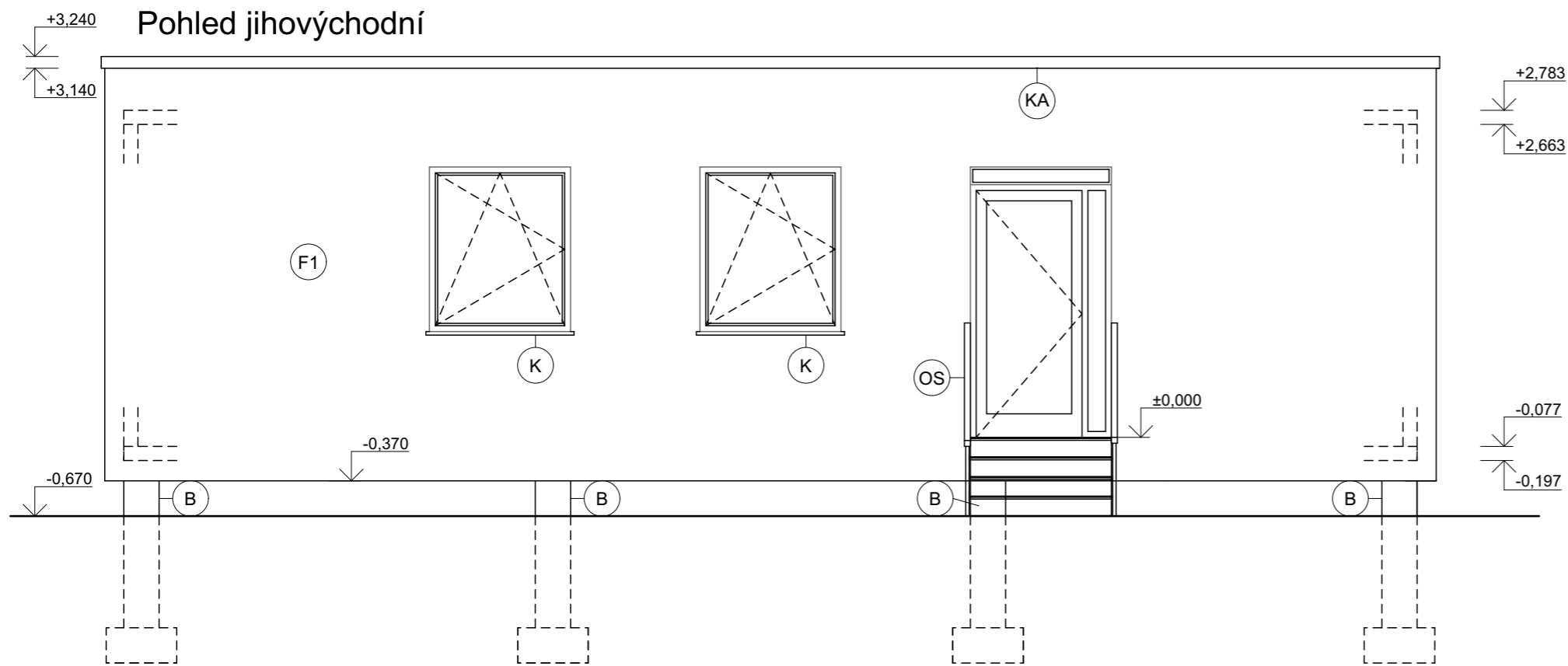
S1 Skladba ploché střechy:

- Hydroizolační fólie PVC fólie - Trocal A, tl. 2 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100, tl. 110 mm (spádové klíny 110-20 mm)
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100, tl. 180 mm
- Křížem lepená dřevěná stropní deska, tl. 120 mm
- Parotěsná fólie - Isocell Airstop 1500, tl. 2 mm
- Podhled z dřevěných latí 40/60 + dřevoláknité desky nelisované 40 mm + vzduchová mezera tl. 110 mm
- Sádrovláknitá deska Fermacell, tl. 12,5 mm

S2 Skladba podlahy:

- Nášlapná vrstva PVC tl. 2,5
- OSB konstrukční deska tl. 12 mm
- Dřevoláknitá deska lisovaná tl. 60 mm
- Parotěsná fólie Isocell Airstop 1500 tl. 2 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska tl. 120 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 tl. 160 mm
- Paropropustná PP fólie Isocel Omega 100 tl. 2 mm
- Cementofísková deska CETRIS tl. 12 mm

Vypracovala: Bc. Jana Macánová	Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Stavba: Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Formát: A3	Datum: 29. 4. 2023	Měřítko: 1:50, 1:1
Část: Praktická část diplomové práce	Měřítko: 1:50, 1:1	Číslo výkresu: D.1.1.5	
Výkres: Půdorys a řez B-B kontejneru B			

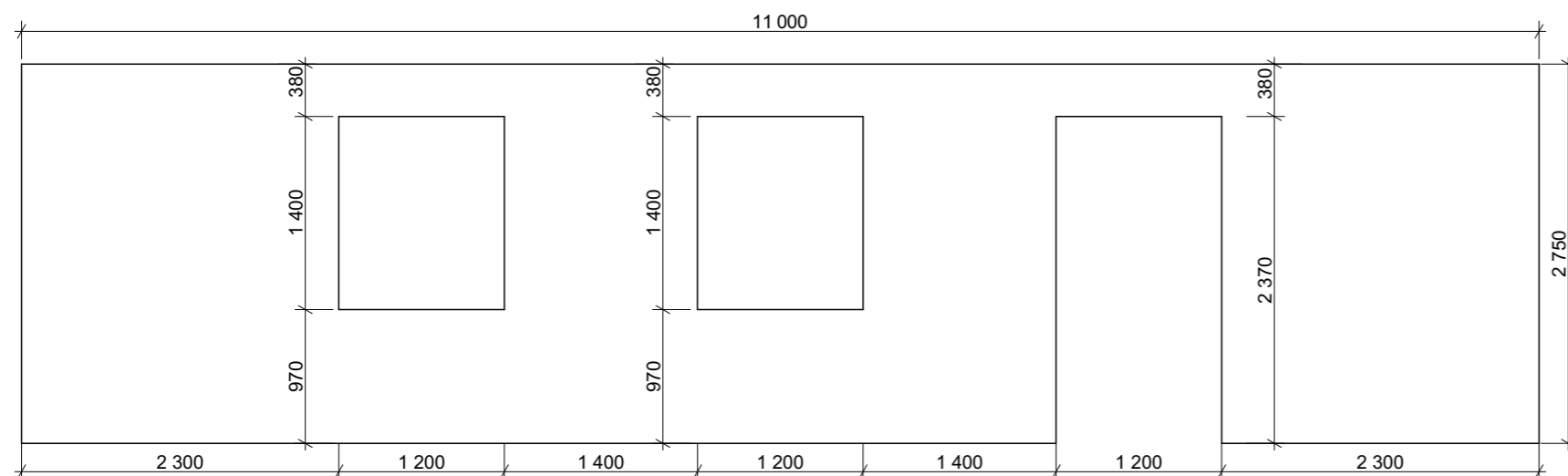


Legenda popisů:

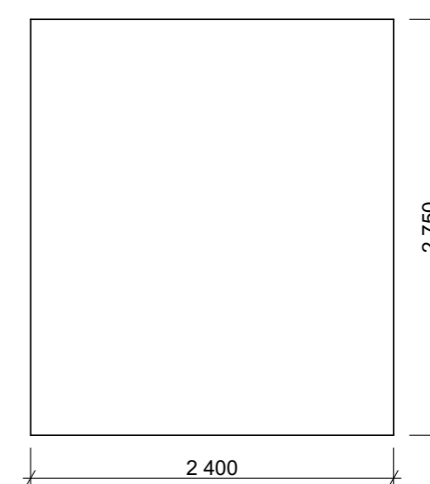
- F1 Hliníkové kompozitní desky, odstín prachová šedá RAL 7037
- K Klempířské prvky, titanzeinek, odstín antracitová šedá RAL7016
- KA Klempířské prvky atiky, titanzeinek, odstín antracitová šedá RAL7016
- B Sokl, vstupní schodiště, betonová stěrka
- OS Ocelové schodiště se zábradlím

Vypracovala:	Vedoucí práce:	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Bc. Jana Macánová	Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Formát:	A3
Stavba:	Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Datum:	29. 4. 2023
Část:	Praktická část diplomové práce	Měřítko:	1:50
Výkres:	Pohledy kontejneru B	Číslo výkresu:	D.1.1.6

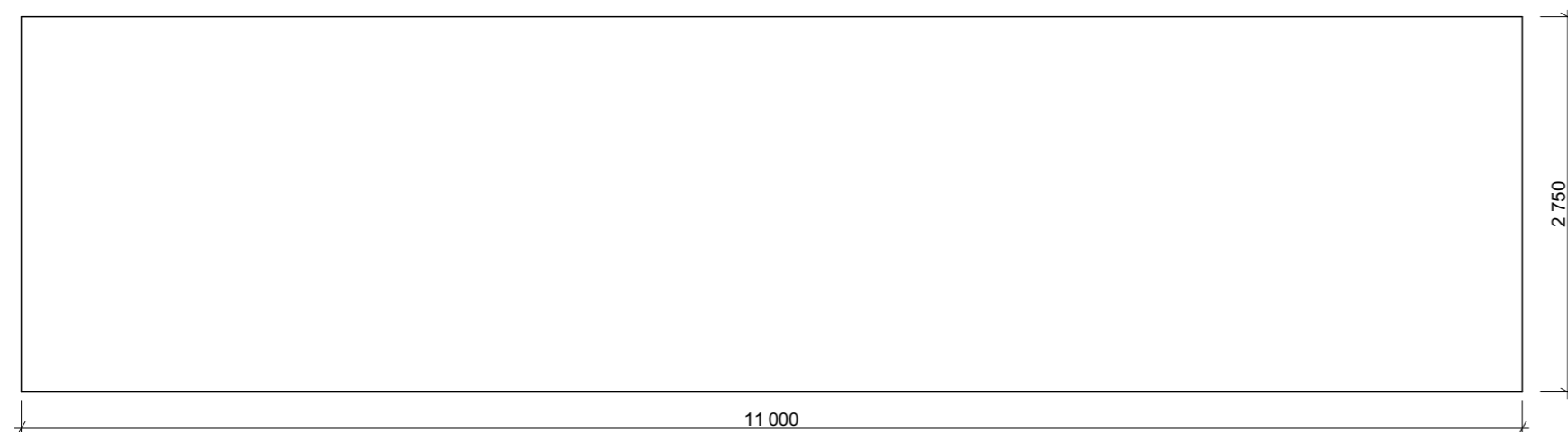
S4 - Stěnový panel s otvory



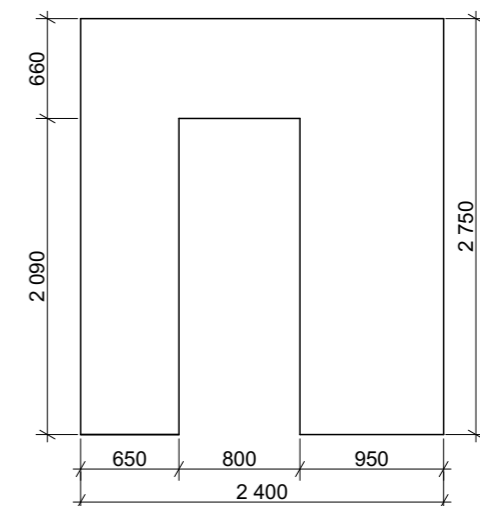
S5 - Stěnový panel příčný



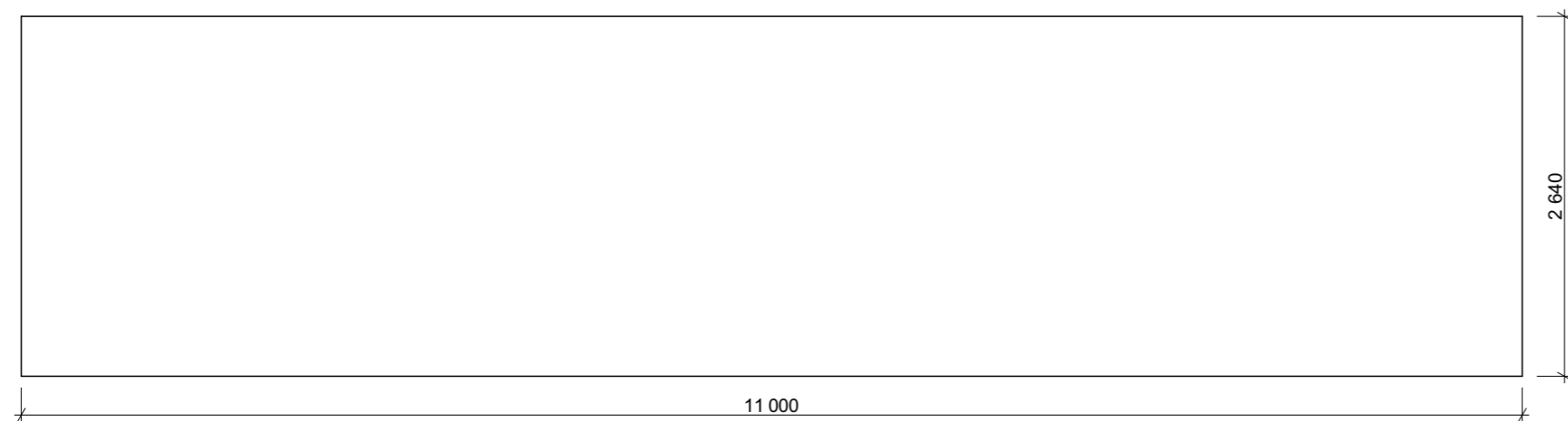
S2 - Stěnový panel podélný



V2 - Vnitřní stěnový panel



P2 - Podlahový a střešní panel



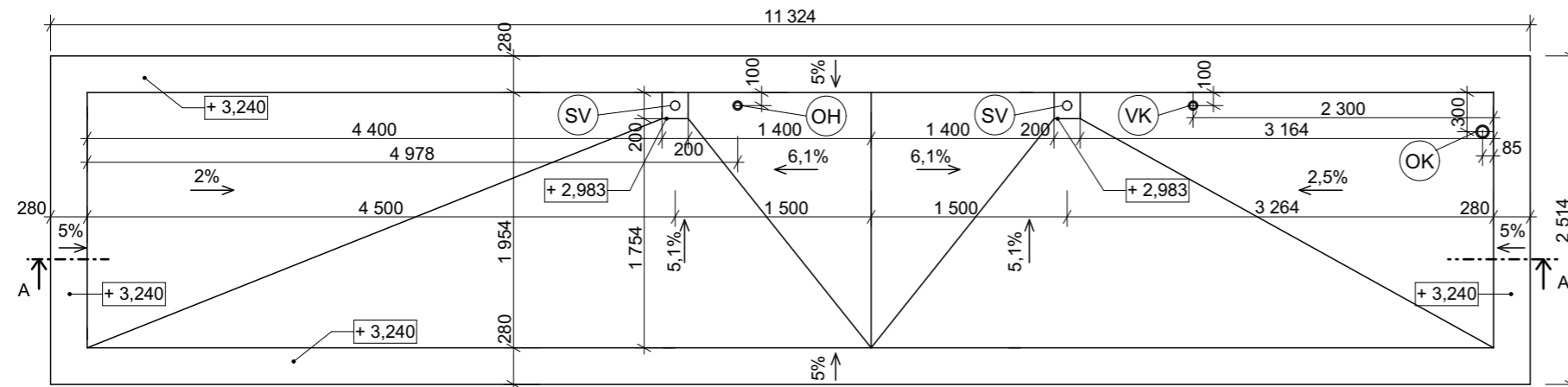
Poznámky:

- S1 - Stěnový panel s otvory - tl. 120 mm
- S2 - Stěnový panel podélný - tl. 120 mm
- S3 - Stěnový panel příčný - tl. 120 mm
- P1 - Podlahový a střešní panel - tl. 120 mm
- V1 - Vnitřní stěnový panel - tl. 100 mm

Materiál: Křížem vrstvené dřevo, třída C24

Vypracovala: Bc. Jana Macánová	Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Stavba: Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu		Formát:	A3
		Datum:	29. 4. 2023
Část: Praktická část diplomové práce		Měřítko:	1:50
Výkres: Výkres prefabrikátů kontejneru B		Číslo výkresu:	D.1.1.7

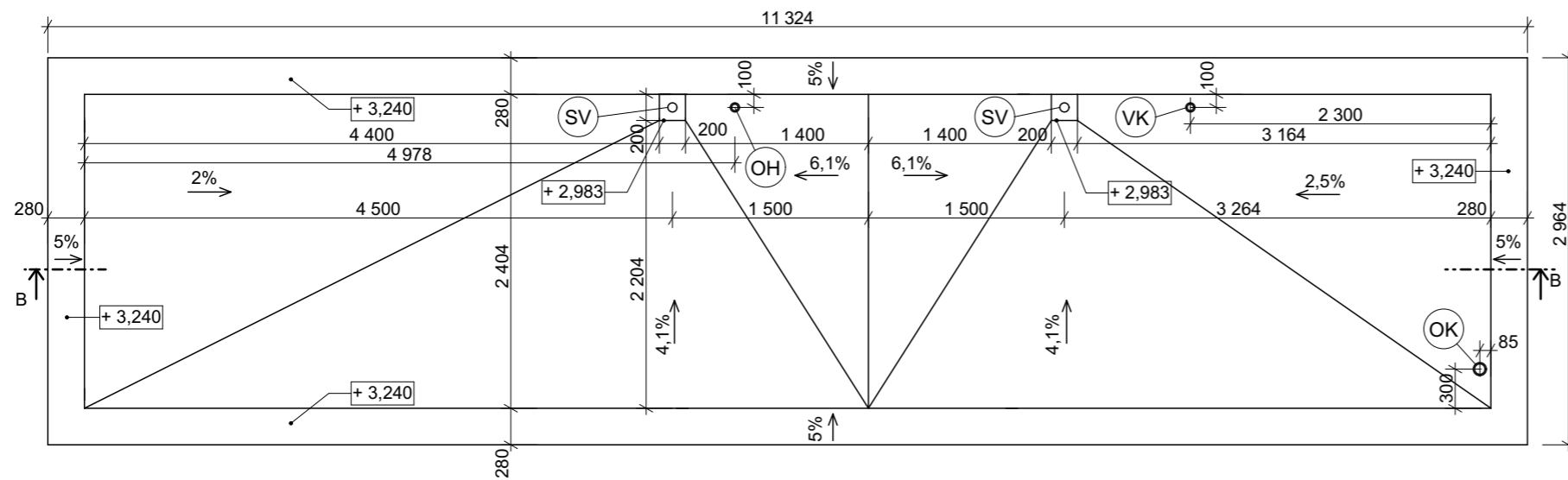
Půdorys střechy kontejneru A



Legenda popisů:

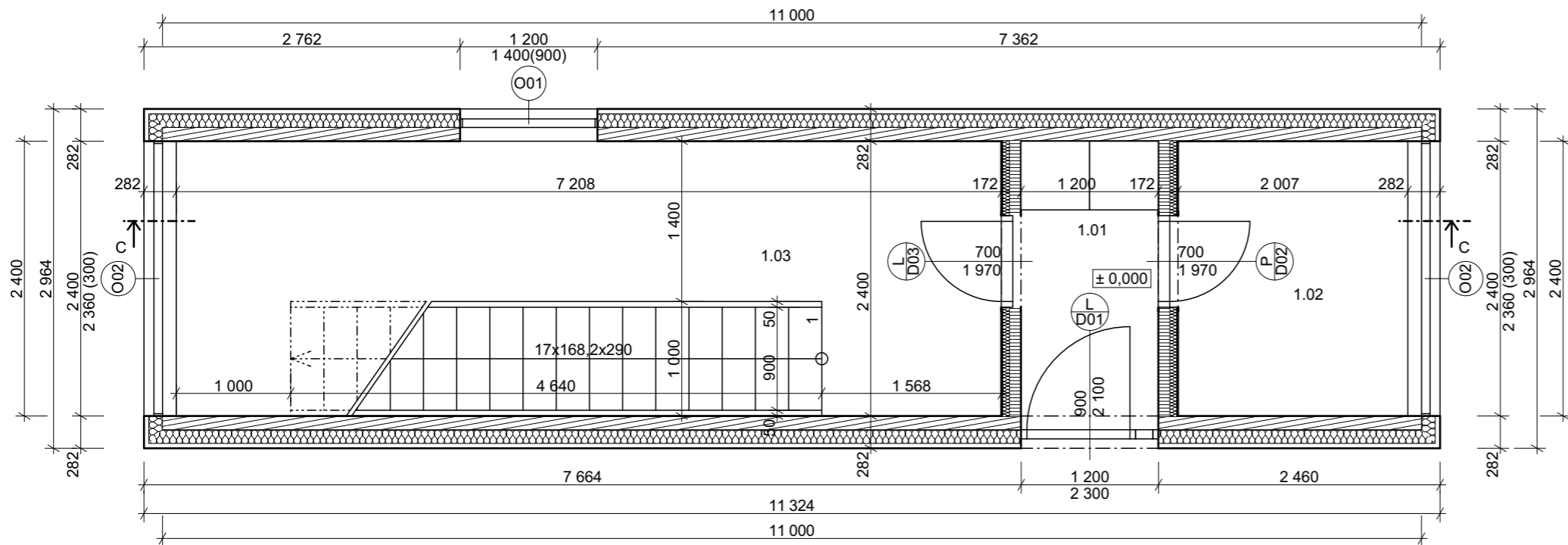
- ⊙ OH Odvětrávací hlavice potrubí z digestoře
- ⊙ OK Odvětrávací hlavice kanalizačního potrubí
- ⊙ SV Střešní vpusť DN70
- ⊙ VK Výdech vzduchotechniky

Půdorys střechy kontejneru B



Vypracovala:	Vedoucí práce:	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Bc. Jana Macánová	Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Formát:	A3
Stavba:	Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Datum:	29. 4. 2023
Část:	Praktická část diplomové práce	Měřítko:	1:50
Výkres:	Půdorys střechy kontejneru A a B	Číslo výkresu:	D.1.1.8

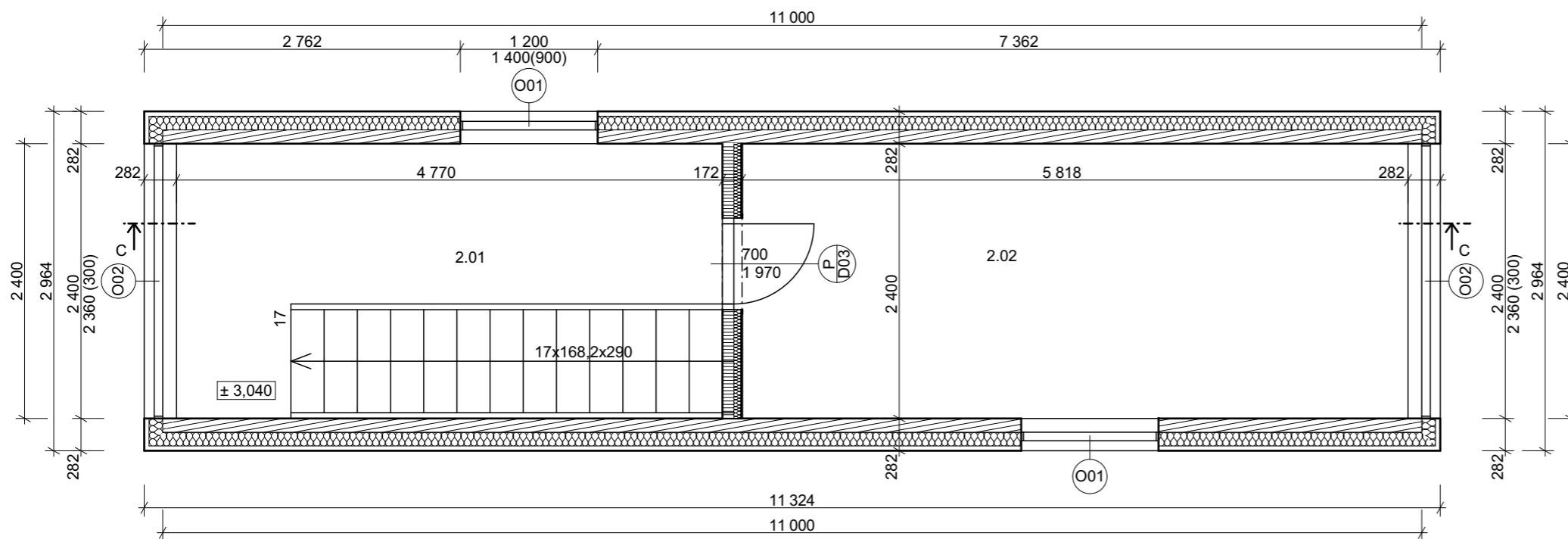
Půdorys 1.NP






Tabulka místností 1.NP					
Č.	Název místnosti	Plocha (m ²)	Nášlapná vrstva	Strop	Stěny
1.01	Zádveří	3,02	PVC	Podhled z SVD + malba	Pohledová CLT stěna
1.02	Sklad	4,99	Keramická dlažba	Podhled z SVD + malba	Pohledová CLT stěna
1.03	Obývací pokoj	17,47	PVC	Podhled z SVD + malba	Pohledová CLT stěna
		25,49 m ²			

Tabulka místností 2.NP					
Č.	Název místnosti	Plocha (m ²)	Nášlapná vrstva	Strop	Stěny
2.01	Chodba	7,68	PVC	Podhled z SVD + malba	Pohledová CLT stěna
2.02	Pokoj	14,14	PVC	Podhled z SVD + malba	Pohledová CLT stěna
		21,81 m ²			

Půdorys 2.NP



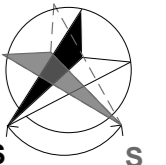
Legenda materiálů:

-  Křížem vrstvené dřevo, tl. 120 mm
-  Tepelná izolace z fenolických desek, tl. 120 mm
-  Dřevovláknité nelisované desky, tl. 60 mm

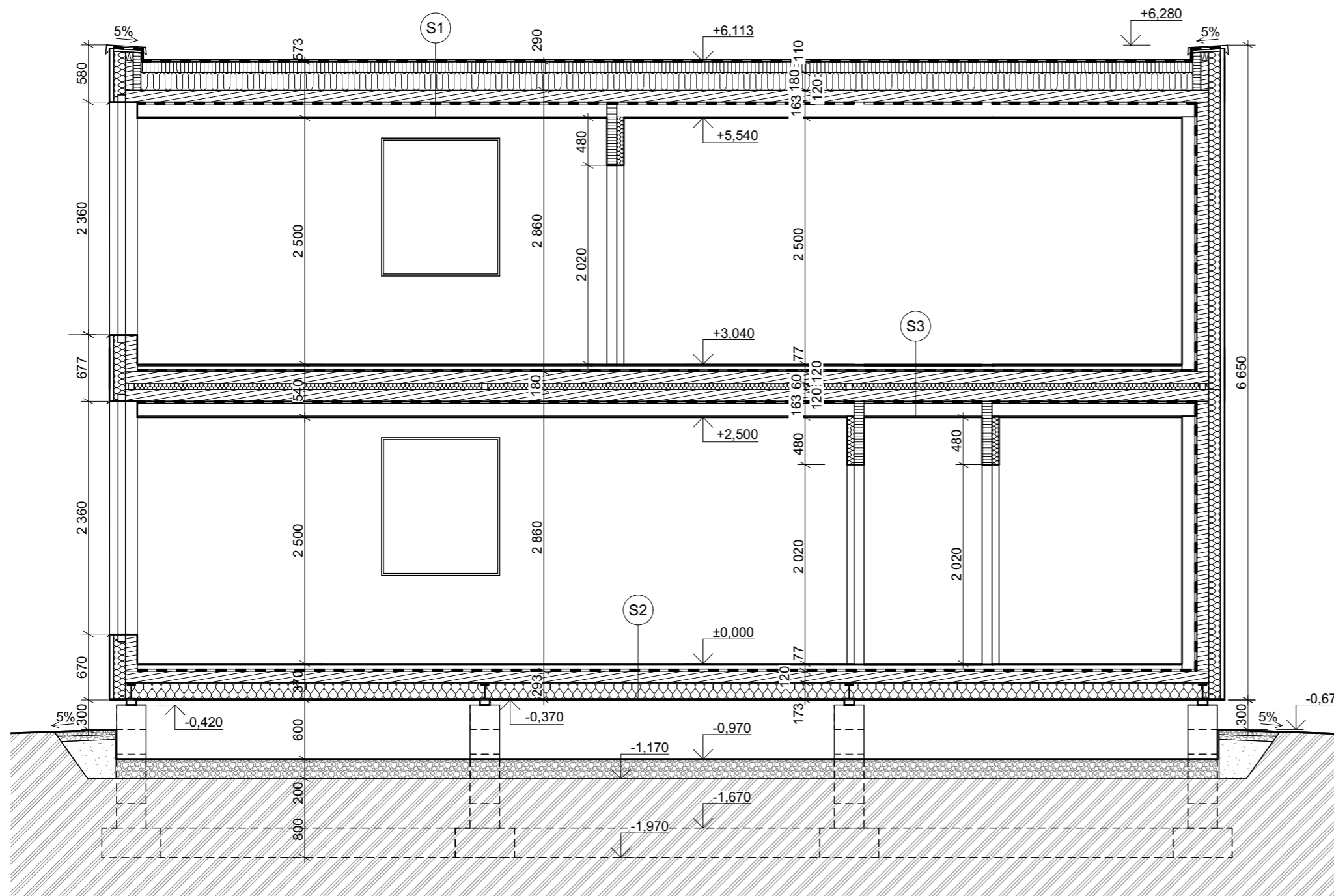
Poznámky:

Příčky jsou dilatovány od nosné vodorovné konstrukce stropu z CLT.

Severka ukazuje na možné rozpětí orientace za účelem dostatečného osvětlení obytných místností.



Vypracovala:	Vedoucí práce:	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Bc. Jana Macánová	Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Formát:	A3
Stavba:	Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu		Datum:
Část:	Praktická část diplomové práce		29. 4. 2023
Výkres:	Půdorys schodišťových kontejnerů	Měřítko:	1:50, 1:1
		Číslo výkresu:	D.1.1.9



Legenda materiálů:

- Křížem vrstvené dřevo
- Tepelná izolace z fenolických desek, tl. 120 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu XPS, tl. 90 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey, tl. 180 mm
- Dřevovláknité nelisované desky, tl. 60 mm
- Štěrkodrt', frakce 8-16 mm
- Štěrkodrt', frakce 16-32 mm
- Původní zemina
- Nasypaná zemina

S1 Skladba ploché střechy:

- Hydroizolační fólie PVC fólie - Trocal A, tl. 2 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100, tl. 110 mm (spádové klíny 110-20 mm)
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100, tl. 180 mm
- Křížem lepená dřevěná stropní deska, tl. 120 mm
- Parotěsná fólie - Isocell Airstop 1500, tl. 2 mm
- Podhled z dřevěných latí 40/60
 - + dřevovláknité desky nelisované 40 mm
 - + vzduchová mezera tl. 110 mm
- Sádroláknitá deska Fermacell, tl. 12,5 mm

S2 Skladba podlahy:

- Nášlapná vrstva PVC tl. 2,5
- OSB konstrukční deska tl. 12 mm
- Dřevovláknitá deska lisovaná tl. 60 mm
- Parotěsná fólie Isocell Airstop 1500 tl. 2 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska tl. 120 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 tl. 160 mm
- Paropropustná PP fólie Isocel Omega 100 tl. 2 mm
- Cementotřířková deska CETRIS tl. 12 mm

S3 Skladba stropu:

- Nášlapná vrstva PVC tl. 2,5
- OSB konstrukční deska tl. 12 mm
- Dřevovláknitá deska lisovaná tl. 60 mm
- Parotěsná fólie Isocell Airstop 1500 tl. 2 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska tl. 120 mm
- Dřevovláknitá deska lisovaná tl. 60 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska tl. 120 mm
- Parotěsná fólie Isocell Airstop 1500 tl. 2 mm
- Podhled z dřevěných latí 40/60 tl. 150 mm
 - + dřevovláknité desky nelisované 40 mm
 - + vzduchová mezera tl. 110 mm
- Sádroláknitá deska Fermacell tl. 12,5 mm

Vypracovala:	Vedoucí práce:	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR		
Bc. Jana Macánová	Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.			
Stavba:	Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu		Formát:	A3
Část:			Praktická část diplomové práce	Datum:
Výkres:	Řez schodišťovými kontejnery C-C		Měřítko:	1:50
			Číslo výkresu:	D.1.1.10

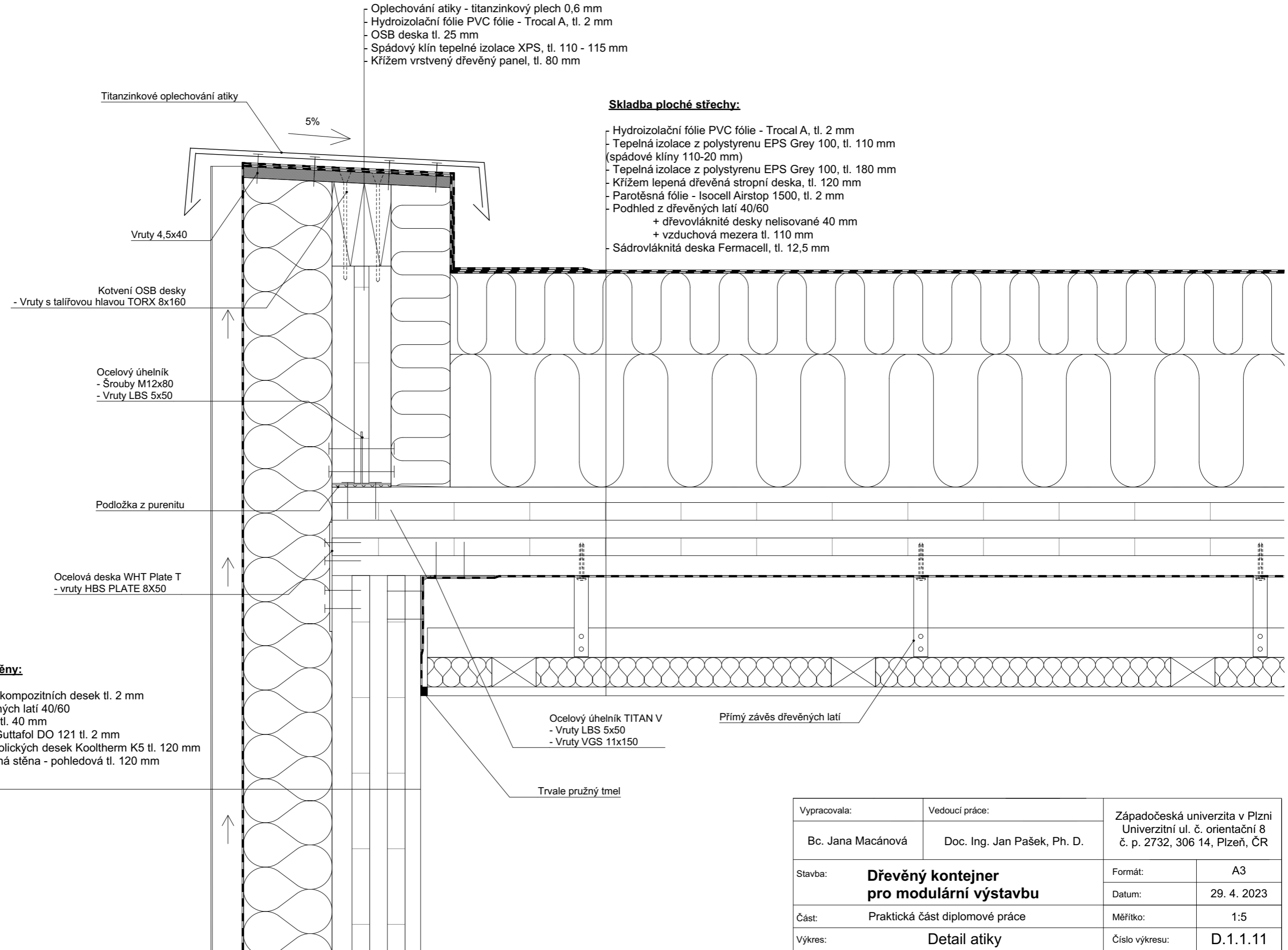
- Oplechování atiky - titanzinkový plech 0,6 mm
- Hydroizolační fólie PVC fólie - Trocal A, tl. 2 mm
- OSB deska tl. 25 mm
- Spádový klín tepelné izolace XPS, tl. 110 - 115 mm
- Křížem vrstvený dřevěný panel, tl. 80 mm

Skladba ploché střechy:

- Hydroizolační fólie PVC fólie - Trocal A, tl. 2 mm
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100, tl. 110 mm (spádové klíny 110-20 mm)
- Tepelná izolace z polystyrenu EPS Grey 100, tl. 180 mm
- Křížem lepená dřevěná stropní deska, tl. 120 mm
- Parotěsná fólie - Isocell Airstop 1500, tl. 2 mm
- Podhled z dřevěných latí 40/60
 - + dřevovláknité desky nelisované 40 mm
 - + vzduchová mezera tl. 110 mm
- Sádroláknitá deska Fermacell, tl. 12,5 mm

Skladba obvodové stěny:

- Obklad z hliníkových kompozitních desek tl. 2 mm
- Fasádní rošt z dřevěných latí 40/60 + vzduchová mezera tl. 40 mm
- Paropropustná fólie Guttafol DO 121 tl. 2 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 tl. 120 mm
- Křížem lepená dřevěná stěna - pohledová tl. 120 mm



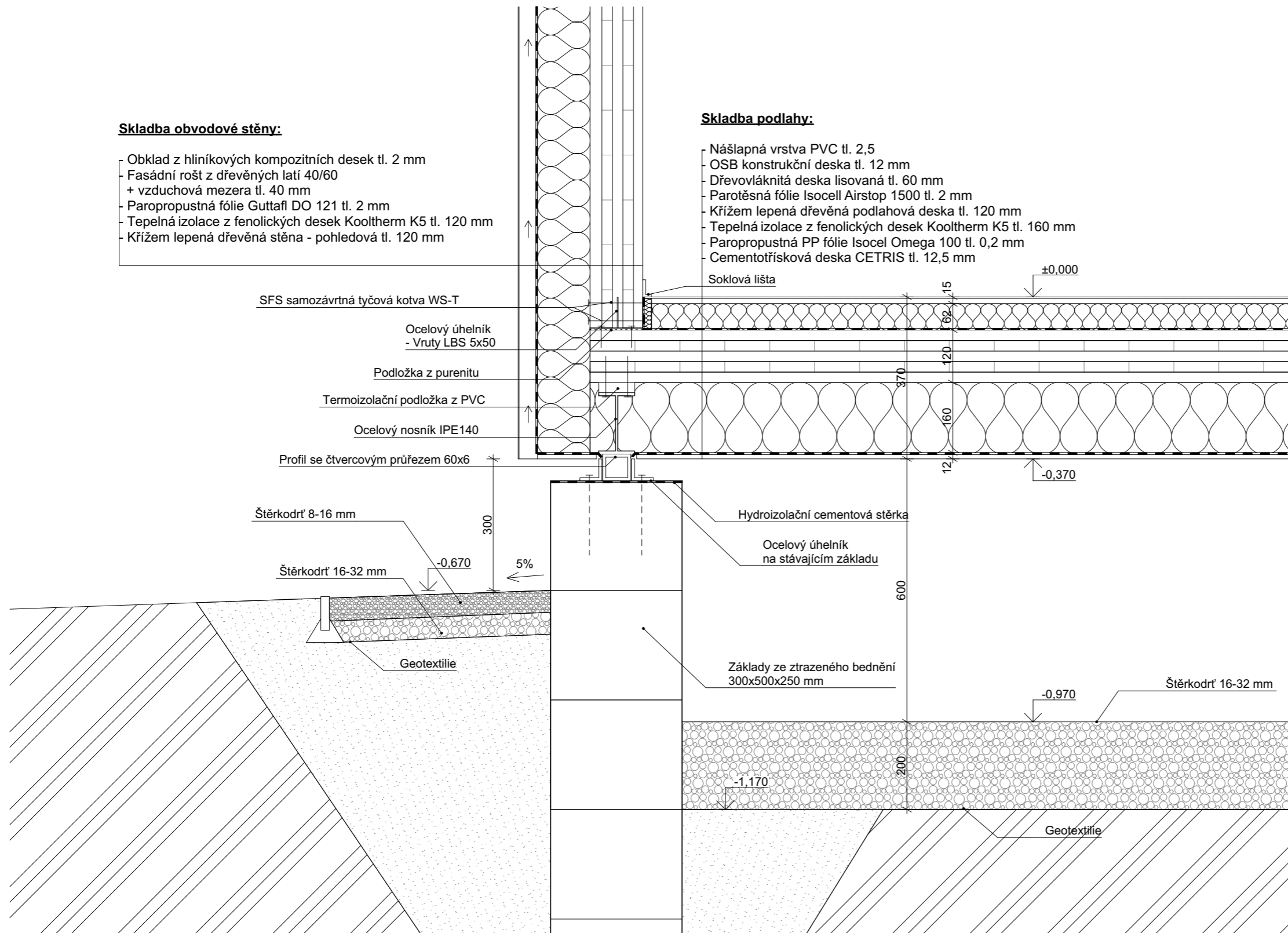
Vypracovala:	Vedoucí práce:	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Bc. Jana Macánová	Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Formát:	A3
Stavba:	Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Datum:	29. 4. 2023
Část:	Praktická část diplomové práce	Měřítko:	1:5
Výkres:	Detail atiky	Číslo výkresu:	D.1.1.11

Skladba obvodové stěny:

- Obklad z hliníkových kompozitních desek tl. 2 mm
- Fasádní rošt z dřevěných latí 40/60
+ vzduchová mezera tl. 40 mm
- Paropropustná fólie Guttafl DO 121 tl. 2 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 tl. 120 mm
- Křížem lepená dřevěná stěna - pohledová tl. 120 mm

Skladba podlahy:

- Nášlapná vrstva PVC tl. 2,5
- OSB konstrukční deska tl. 12 mm
- Dřevoláknitá deska lisovaná tl. 60 mm
- Parotěsná fólie Isocell Airstop 1500 tl. 2 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska tl. 120 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 tl. 160 mm
- Paropropustná PP fólie Isocel Omega 100 tl. 0,2 mm
- Cementotřísková deska CETRIS tl. 12,5 mm



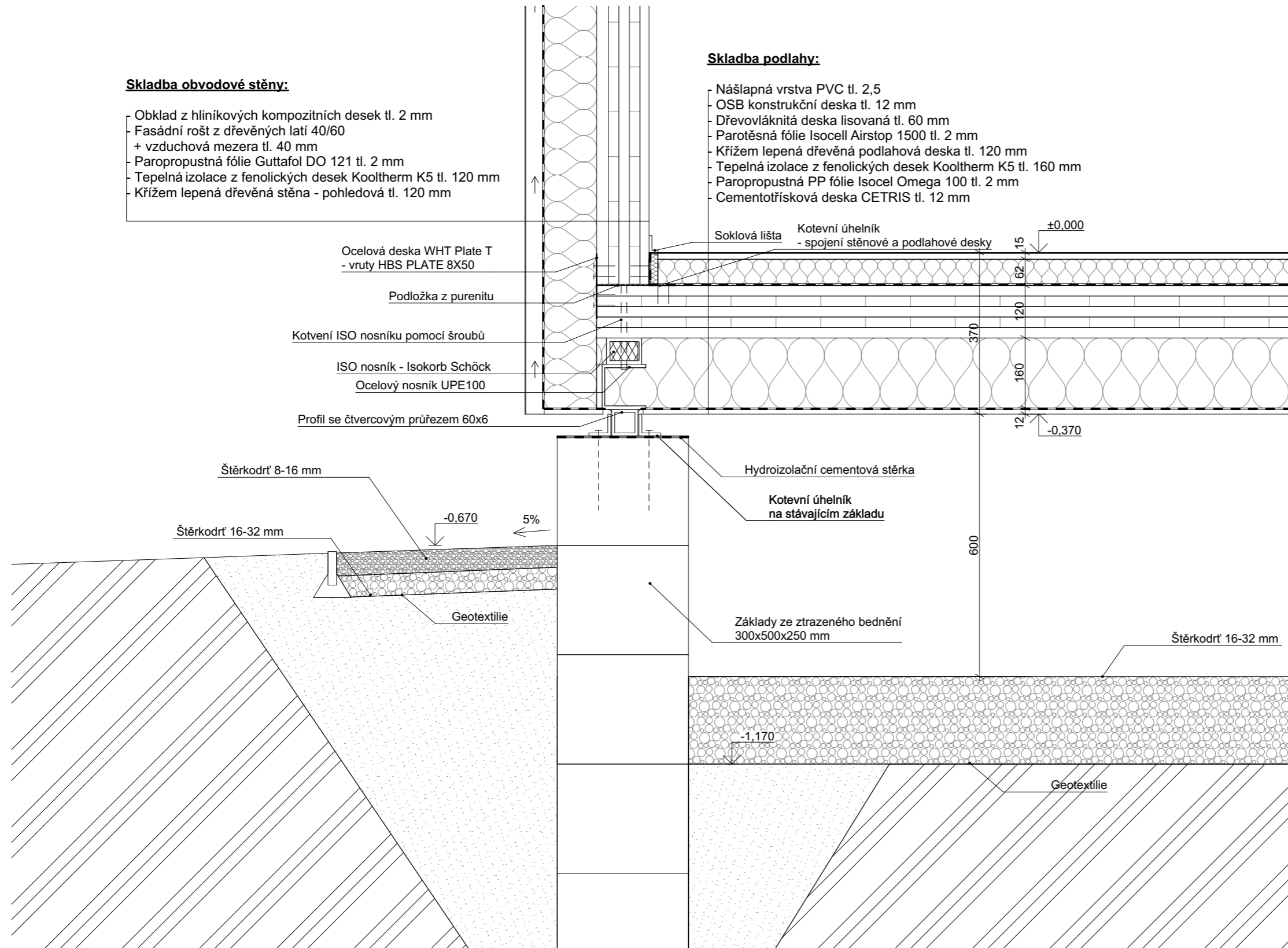
Vypracovala:	Vedoucí práce:	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Bc. Jana Macánová	Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Formát:	A3
Stavba:	Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Datum:	29. 4. 2023
Část:	Praktická část diplomové práce	Měřítko:	1:10
Výkres:	Detail soklu	Číslo výkresu:	D.1.1.12

Skladba obvodové stěny:

- Obklad z hliníkových kompozitních desek tl. 2 mm
- Fasádní rošt z dřevěných latí 40/60
- + vzduchová mezera tl. 40 mm
- Paropropustná fólie Guttafol DO 121 tl. 2 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 tl. 120 mm
- Křížem lepená dřevěná stěna - pohledová tl. 120 mm

Skladba podlahy:

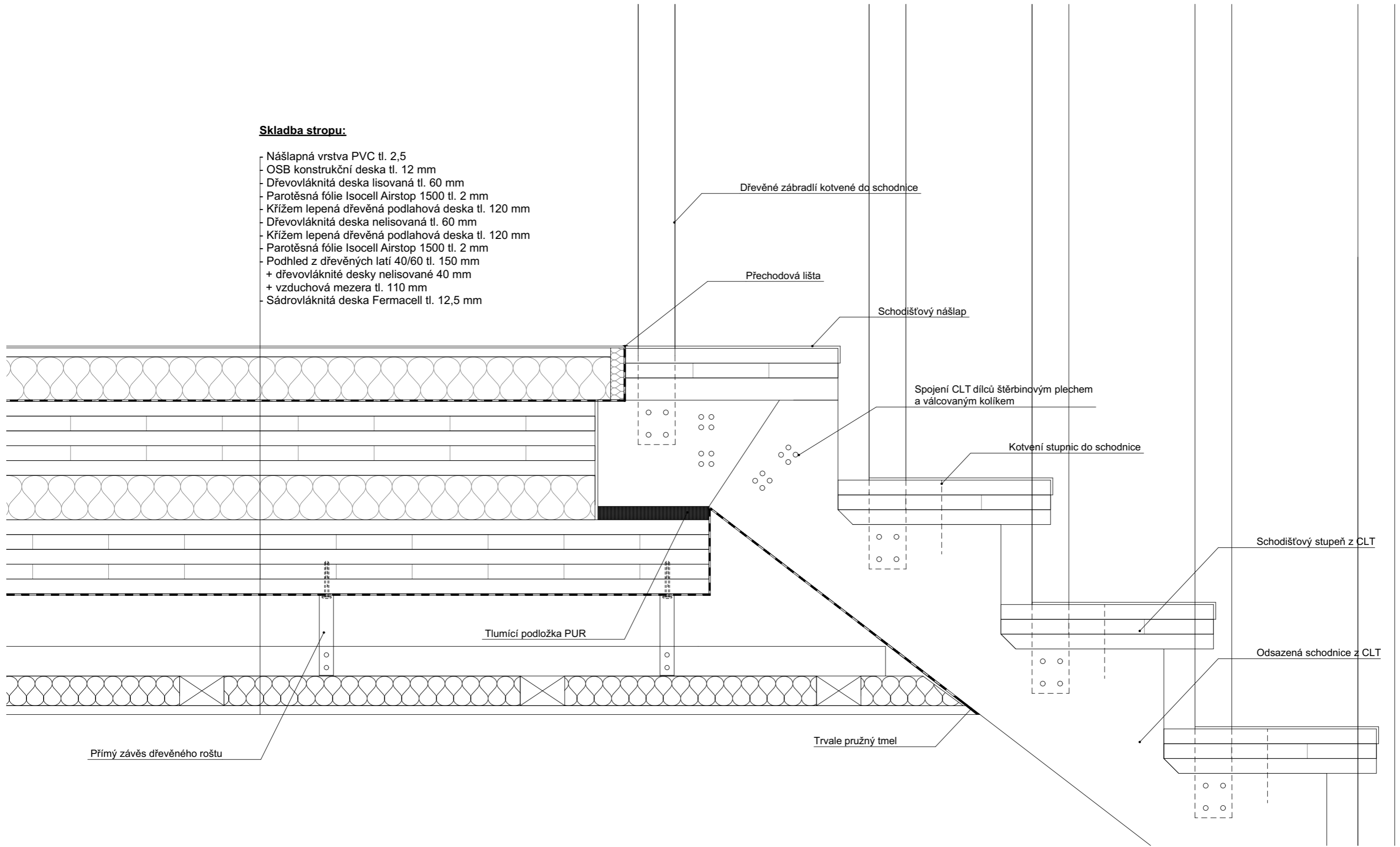
- Nášlapná vrstva PVC tl. 2,5
- OSB konstrukční deska tl. 12 mm
- Dřevovláknitá deska lisovaná tl. 60 mm
- Parotěsná fólie Isocell Airstop 1500 tl. 2 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska tl. 120 mm
- Tepelná izolace z fenolických desek Kooltherm K5 tl. 160 mm
- Paropropustná PP fólie Isocel Omega 100 tl. 2 mm
- Cementotřísková deska CETRIS tl. 12 mm



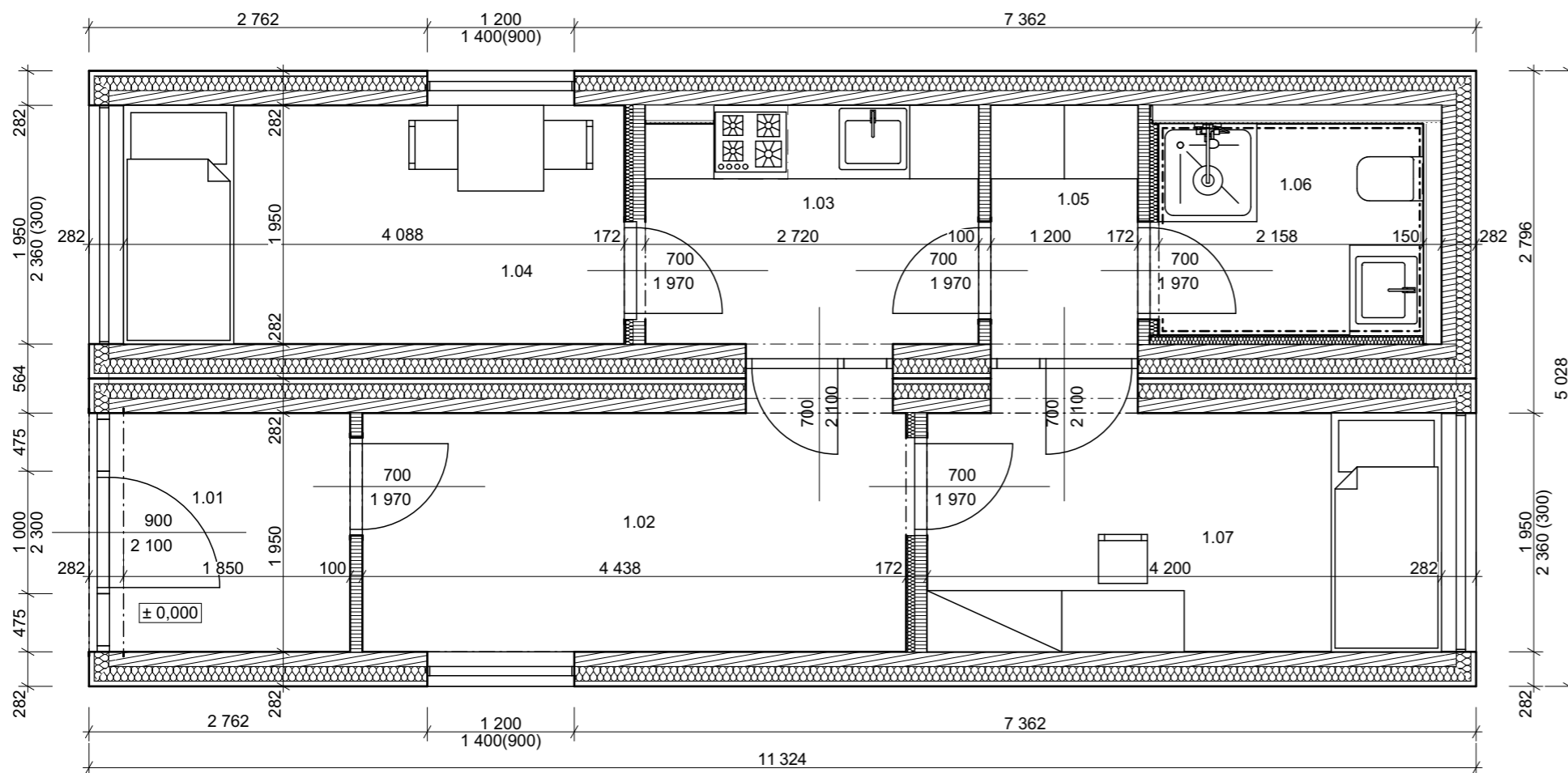
Vypracovala:	Vedoucí práce:	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Bc. Jana Macánová	Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Formát:	A3
Stavba:	Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Datum:	29. 4. 2023
Část:	Praktická část diplomové práce	Měřítko:	1:10
Výkres:	Detail soklu varianta 2	Číslo výkresu:	D.1.1.13

Skladba stropu:

- Nášlapná vrstva PVC tl. 2,5
- OSB konstrukční deska tl. 12 mm
- Dřevovláknitá deska lisovaná tl. 60 mm
- Parotěsná fólie Isocell Airstop 1500 tl. 2 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska tl. 120 mm
- Dřevovláknitá deska nelisovaná tl. 60 mm
- Křížem lepená dřevěná podlahová deska tl. 120 mm
- Parotěsná fólie Isocell Airstop 1500 tl. 2 mm
- Podhled z dřevěných latí 40/60 tl. 150 mm
- + dřevovláknité desky nelisované 40 mm
- + vzduchová mezera tl. 110 mm
- Sádroláknitá deska Fermacell tl. 12,5 mm






Vypracovala: Bc. Jana Macánová	Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Stavba: Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu		Formát:	A3
		Datum:	29. 4. 2023
Část:	Praktická část diplomové práce	Měřítko:	1:5
Výkres:	Detail napojení schodiště	Číslo výkresu:	D.1.1.14



Tabulka místností 1.NP					
Č.	Název místnosti	Plocha (m ²)	Podlaha	Strop	Stěny
1.01	Záďveří	3,83	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.02	Obývací pokoj	8,65	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.03	Kuchyň	5,45	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.04	Pokoj	8,11	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.05	Chodba	2,48	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.06	Koupelna	3,73	Keramická dlažba	Podhled z SVD	Keramický obklad
1.07	Pokoj	8,19	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
		40,45 m ²			

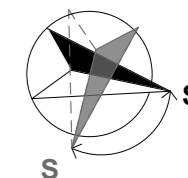
Legenda materiálů:

-  Křížem vrstvené dřevo
-  Tepelná izolace z fenolických desek, tl. 120 mm
-  Dřevovláknité nelisované desky, tl. 60 mm

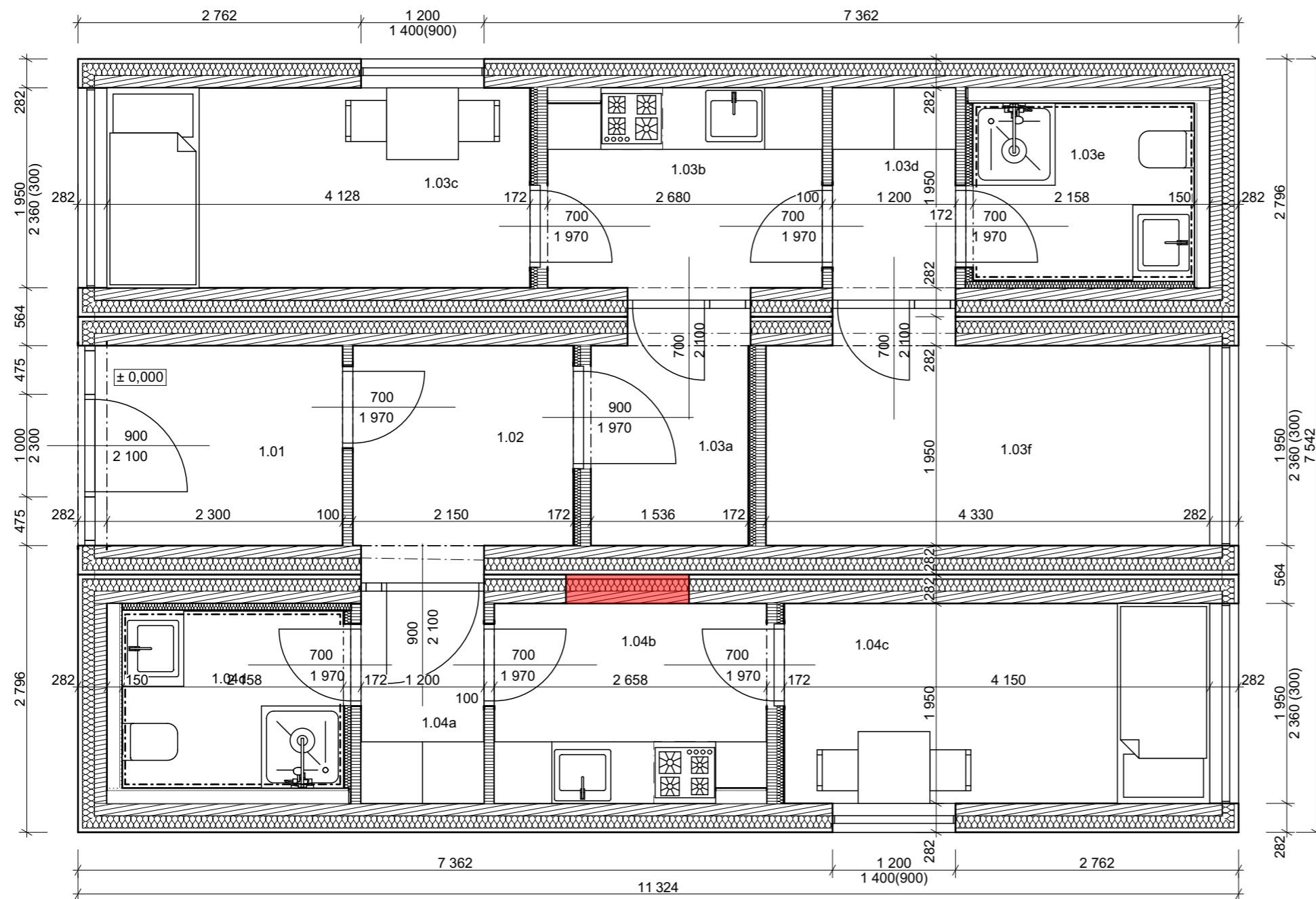
Poznámky:

Příčky jsou dilatovány od nosné vodorovné konstrukce stropu z CLT.

Severka ukazuje na možné rozpětí orientace za účelem dostatečného osvětlení obytných místností.







Vypracovala: Bc. Jana Macánová	Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Stavba: Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Formát: A3	Datum: 29. 4. 2023	Měřítko: 1:50, 1:1
Část: Praktická část diplomové práce	Měřítko: 1:50, 1:1	Číslo výkresu: D.1.1.15	
Výkres: Modulární stavba 1A			



Tabulka místností 1.NP					
Č.	Název místnosti	Plocha (m ²)	Podlaha	Strop	Stěny
1.01	Zádveří	4,71	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.02	Chodba	4,89	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.03a	Chodba	3,33	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.03b	Kuchyň	5,45	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.03c	Pokoj	8,39	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.03d	Zádveří	2,48	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.03e	Koupelna	3,73	Keramická dlažba	Podhled z SVD	Keramický obklad
1.03f	Pokoj	8,44	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.04a	Zádveří	2,48	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.04b	Kuchyň	5,18	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.04c	Pokoj	8,09	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.04d	Koupelna	3,73	Keramická dlažba	Podhled z SVD	Keramický obklad
		60,91 m ²			

Legenda materiálů:

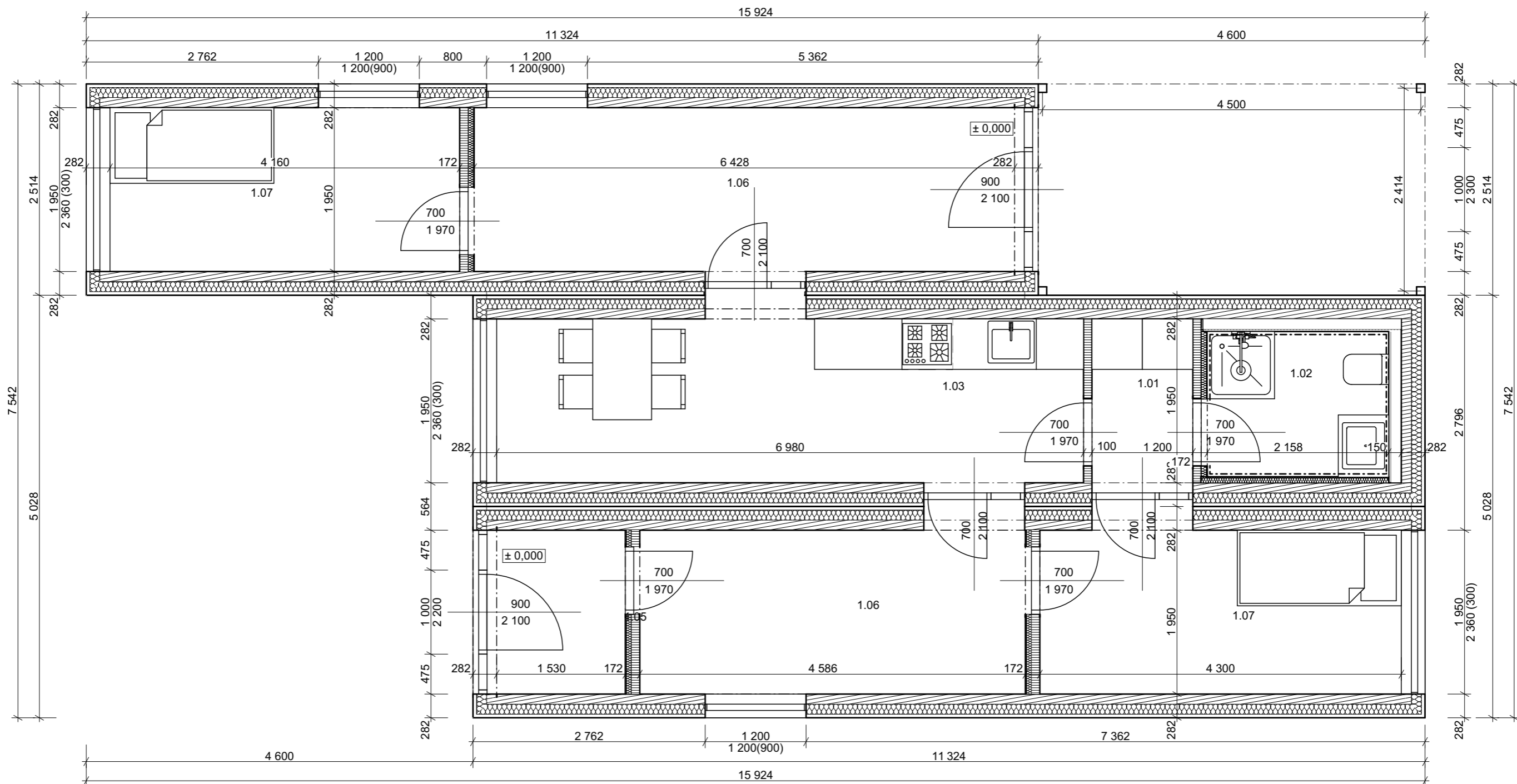
-  Křížem vrstvené dřevo
-  Tepelná izolace z fenolických desek, tl. 120 mm
-  Dřevovláknité nelisované desky, tl. 60 mm
-  Nová konstrukce

Poznámky:

Příčky jsou dilatovány od nosné vodorovné konstrukce stropu z CLT.






Vypracovala: Bc. Jana Macánová	Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Stavba: Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Formát: A3	Datum: 29. 4. 2023	Měřítko: 1:50, 1:1
Část: Praktická část diplomové práce	Měřítko: 1:50, 1:1	Číslo výkresu: D.1.1.16	
Výkres: Modulární stavba 2A			



Tabulka místností 1.NP					
Č.	Název místnosti	Plocha (m ²)	Podlaha	Strop	Stěny
1.01	Chodba	2,48	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.02	Koupelna	3,73	Keramická dlažba	Podhled z SVD	Keramický obklad
1.03	Kuchyň	6,38	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.05	Zádveří	4,87	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.06	Obývací pokoj	20,77	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
1.07	Pokoj	16,73	PVC	Podhled z SVD	Pohledová CLT stěna
		54,96 m ²			

Legenda materiálů:

-  Křížem vrstvené dřevo
-  Tepelná izolace z fenolických desek, tl. 120 mm
-  Dřevovláknité nelisované desky, tl. 60 mm

Poznámky:

Příčky jsou dilatovány od nosné vodorovné konstrukce stropu z CLT.

Severka ukazuje na možné rozpětí orientace za účelem dostatečného osvětlení obytných místností.

Vypracovala: Bc. Jana Macánová	Vedoucí práce: Doc. Ing. Jan Pašek, Ph. D.	Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní ul. č. orientační 8 č. p. 2732, 306 14, Plzeň, ČR	
Stavba: Dřevěný kontejner pro modulární výstavbu	Formát: A3	Datum: 29. 4. 2023	Měřítko: 1:50, 1:1
Část: Praktická část diplomové práce	Číslo výkresu: D.1.1.17	Výkres: Modulární stavba 3A	