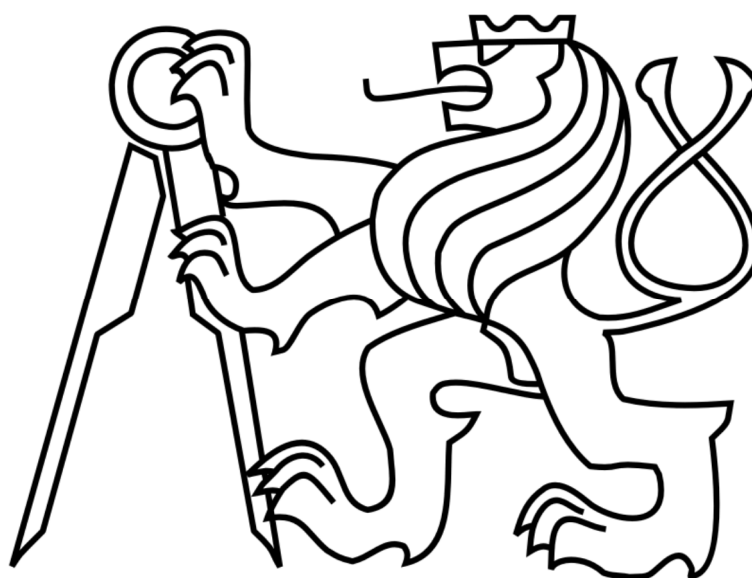


**České vysoké učení technické v Praze**

Fakulta stavební

KATEDRA TECHNOLOGIÍ STAVEB



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Návrh modifikované konstrukce roubené stavby

Autor: Ondřej Plíhal

Vedoucí práce: Ing. Martin Hlava, PhD.

Praha, 2016



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Plíhal</u>	Jméno: <u>Ondřej</u>	Osobní číslo: <u>410696</u>
Zadávající katedra: <u>Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Příprava, realizace a provoz staveb</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh modifikované konstrukce roubené stavby

Název bakalářské práce anglicky: Design of modified timber construction

Pokyny pro vypracování:  
Technologie zpracování a výstavby masivních dřevěných roubených konstrukcí.  
Návrh modifikované konstrukce roubené stavby s využitím opracování na CNC stroji s ohledem na platné tepelně-technické a energetické požadavky.  
Ekonomicko-technologická analýza výroby a výstavby v porovnání s tradiční technologií (náročnost, cena vstupních materiálů, opracování, výstavba) srovnání na určitém objektu.

Seznam doporučené literatury:  
-

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Hlava, PhD.

Datum zadání bakalářské práce: 29.2.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2016

[Signature] Podpis vedoucího práce

[Signature] Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

[Signature] Datum převzetí zadání

[Signature] Podpis studenta(ky)

# Prohlášení o původnosti VŠKP

## Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

v Praze dne 20. 5. 2016

.....

podpis autora

## Poděkování

Touto formou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Hlavovi, PhD. za jeho rady při tvorbě této práce. Dále bych rád poděkoval společnosti stavebniny DEK a.s., jejímu výzkumnému centru a společnosti DEKWOOD s.r.o., konkrétně Ing. Janu Stachovi za jeho cenné rady při zpracování daného tématu a trpělivost při poskytování odborných konzultací.

## Abstrakt

V této práci se zabývám porovnáním roubených staveb a zhodnocením z ekonomického a technologického hlediska. Popisuji zde průběh návrhu nové konstrukce roubené stavby, porovnávám doby výroby, výstavby a ekonomickou náročnost s konstrukcemi roubených staveb dnes běžně realizovaných. Zamyslel jsem se nad skladbou obvodové konstrukce, při které by bylo možné splnit požadavky tepelně technických norem, jelikož celoroubené stavby dnes neodpovídají tepelně technickým požadavkům a není možné je „legálně“ využívat pro celoroční obývání. Teoretické poznatky jsou validovány praktickými zkušenostmi odborníků z oboru.

## Klíčová slova

Masivní roubené konstrukce, tepelně technické požadavky, technologie, estetika a ekonomičnost roubených staveb, rybinový spoj, ekologie.

## Abstract

This work present a comparsion of massive timber constructions and comparision of technology and economy of this structures. Suggest a new design of massive timber construction, wich can be comparable to the classical designed massive construction. Figured out wich structure could be ideal with keeping an aesthetics and meet the conditions of technical heat standard. Nowadays structures do not meet the technical requirements of heat therefore they can´t be used for “legal“ year-round occupancy. Figured out wich structure could be ideal with keeping an aesthetics and meet the conditions of technical heat standard. Practical knowledge of specialist is combine with theoretical basis.

## Key words

Massive timber construction, heat requirements, technology, aesthetics and economy of massive timber constructions, corner dovetail, ecology.

# Obsah

1. Úvod .....	- 8 -
2. Cíle práce.....	- 8 -
3. Roubené stavby .....	- 8 -
3.1. Konstrukce roubených staveb.....	- 9 -
3.1.1. Tradiční .....	- 9 -
3.1.2. Modifikované .....	- 11 -
3.2. Tesařské spoje.....	- 13 -
3.3. Postup výstavby roubenky z rostlého dřeva .....	- 14 -
3.4. Postup výstavby pro roubenky z lepených lamelových profilů.....	- 15 -
4. Materiály a jejich úprava.....	- 17 -
4.1. Dřevo .....	- 17 -
4.1.1. Vysoušení dřeva .....	- 18 -
a) Přírodní sušení.....	- 18 -
b) Umělé sušení.....	- 19 -
4.1.2. Impregnace .....	- 20 -
4.1.3. Skladování BSH profilů.....	- 20 -
4.1.4. Kvalita vstupního materiálu pro stavbu.....	- 20 -
4.2. Tepelně izolační materiály.....	- 21 -
4.3. Zpracování dřeva .....	- 22 -
4.3.1. Dřevařská prvovýroba.....	- 22 -
4.3.2. Dřevařská druhovýroba.....	- 22 -
4.4. Technologie BSH profilů.....	- 22 -
4.4.1. Technologie výroby BSH profilů.....	- 22 -
4.4.2. Technologie opracování BSH profilů .....	- 24 -
4.5. Transport dřeva.....	- 31 -
5. Projektová dokumentace/výrobní dokumentace .....	- 32 -
6. Tepelně-technické a energetické požadavky .....	- 33 -
7. Analýza návrhu konstrukce .....	- 34 -
7.1. Navržená konstrukce 2.1 .....	- 35 -
7.3.1. Analýza nedostatků navržené konstrukce .....	- 37 -
7.2. Postup při návrhu konstrukce roubené stavby .....	- 42 -
7.2.1. Výchozí konstrukce pro návrh .....	- 42 -
7.2.2. Navržená konstrukce – postup návrhu .....	- 44 -
8. Technologický postup prací pro navrženou konstrukci 2.1 .....	- 48 -

9. Ekonomicko – technologická analýza.....	- 50 -
a) Roubenka z rostlého dřeva .....	- 50 -
b) Sendvičová roubenka .....	- 50 -
c) Navržená konstrukce 2.1 .....	- 50 -
10. Závěr.....	- 52 -
10.1. Hodnocení ekonomicko – technologické analýzy .....	- 52 -
10.2. Celkové hodnocení navržené konstrukce 2.1 .....	- 52 -
10.3. Budoucnost výroby masivních dřevěných konstrukcí.....	- 53 -
11. Vize pro další modifikaci navržené konstrukce .....	- 53 -
12. Použité zdroje.....	- 54 -
13. Seznam obrázků .....	- 55 -
14. Seznam tabulek .....	- 57 -
15. Přílohy .....	- 58 -
15.1. Výkresy.....	- 58 -
15.1.1. Půdorys .....	- 58 -
15.1.2. Řez A-A´ .....	- 58 -
15.1.3. Řez B-B´ .....	- 58 -
15.2. Harmonogramy.....	- 58 -
15.2.1. HMG – Roubenka – Rostlé dřevo.....	- 58 -
15.2.2. HMG – Roubenka – BSH zdvojená roubenka.....	- 58 -
15.2.3. HMG – Roubenka – BSH navržená konstrukce 2.1 .....	- 58 -
15.3. Rozpočty.....	- 58 -
15.3.1. Rozpočet – Roubená stavba – Rostlé dřevo.....	- 58 -
15.3.2. Rozpočet – Roubená stavba – BSH zdvojená roubenka.....	- 58 -
15.3.3. Rozpočet – Roubená stavba – BSH navržená konstrukce 2.1 .....	- 58 -
15.4. Ostatní.....	- 58 -
15.4.1. Tabulka kvalitativních parametrů pro BSH profily .....	- 58 -
15.4.2. Parametry lepeného lamelového dřeva BSH .....	- 58 -



## 1. Úvod

V dnešní době objem produkce dřevostaveb stále stoupá. Klasické roubené dřevostavby nedokáží splnit moderní tepelně-technické požadavky. Abychom byli schopni zachovat klasickou architekturu roubených staveb, pokusili jsme se navrhnout nové konstrukční řešení, za použití moderních materiálů a technologií. Pro zachování této architektury je tedy třeba navrhnout novou konstrukci, která by splnila podmínky dané ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov a zároveň byla pro potencionální investory atraktivní.

## 2. Cíle práce

Cílem mé práce je navrhnout nový, respektive modifikovaný konstrukční systém, který by byl ekonomicky a technologicky srovnatelný s doposud využívanými metodami výstavby roubených konstrukcí při zachování estetické hodnoty stavby s využitím přírodních i moderních materiálů. Skladba musí splňovat požadavky aktuálních tepelně technických norem. Porovnání se bude týkat vstupních cen materiálu, technologické náročnosti a doby výstavby. Jelikož základové konstrukce, konstrukce krovu a další práce jsou ve všech případech stejné, nebudou předmětem porovnávání.

## 3. Roubené stavby

**Roubení** – roubení vzniká spojením opracovaných nebo neopracovaných dřevěných trámů pokládanych na sebe vodorovně na tesařský rybinový spoj tzv. „na rybinu“. Stavba vystavená touto technologií se nazývá roubená.

**Roubená stavba** – je stavba, jejíž stěny jsou zhotoveny specifickou technologií – roubením (tesařský spoj na rybinu). Existuje několik druhů a technologií výstavby roubených staveb (např. s podezdívkou, s podstávkou atd.). V dnešní době existuje více druhů roubených konstrukcí např. klasickou z opracovaného dřeva, roubenku zdvojenou („sendvičová“), atd..





### 3.1. Konstrukce roubených staveb

#### 3.1.1. Tradiční

**Klasická roubená konstrukce** – stavby konstruované většinou ze čtyř stran opracovaných dřevěných trámů vyskládaných vodorovně na sebe a v rohu spojených na tesařský spoj. Nejtypičtějším spojem používaným v ČR je cinkování neboli „na rybinu“. Další úpravy prvků jsou spíše estetického rázu, ať už jde o řešení štítových stěn, ostění oken, krovů, jiné provedení tesařského spoje, šířka a tvar spár nebo sražení hran profilů, se odvíjí podle místních zvyklostí výstavby. Nejstarší dochovanou roubenou stavbou v České republice je roubenka č.p. 53 ve Rtyni v Podkrkonoší.



Obr. 1. – Klasická roubená stavba – Podkrkonoší (foto Antošová Kamila)



Obr. 2. – Klasická poloroubená stavba – Šumavsko (zdroj [www.e-chalupy.cz](http://www.e-chalupy.cz))

Roubenky s **mezerou mezi stěnovnicemi** obvodové stěny – jedná se o typ konstrukce, kdy se ve stěně vynechává mezera 20 - 40 mm. Díky této mezeře stavba rychleji vysychá a sedá, krátí se tak doba vyzrání stavby. V minulosti se na tmelení spár používal jíl, hlína a mezery se vyplnili v místě dostupným izolačním materiálem (ovčí rouno, konopí, sláma,...). V současné době se k tmelení mezer využívá plastoelastický tmel, který je po vyschnutí nahrazen lištou. Rozteče těchto mezer se opět liší dle geografického umístění (například bavorská roubenka má tyto spáry širší).



Obr. 3. – Mezera mezi stěnovnicemi





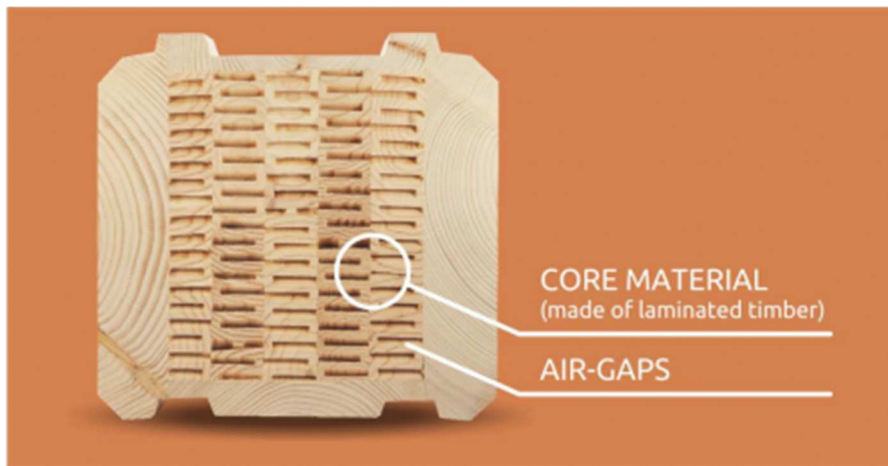
### 3.1.2. Modifikované

Roubenky se zdvojením obvodové stěny *“sendvičové“ roubenky* – jedná se o typ konstrukce, kdy se ve stěně vynechává mezera, která se následně vyplňuje tepelnou izolací, která je difuzně propustná. U BSH profilů se jedná většinou o konstrukci 100/100/100 (BSH profil/tepelný izolant/BSH profil), přičemž vnitřní i vnější plášť slouží jako nosná konstrukce. Tato konstrukce v ploše vypadá jako klasická roubená stavba, ve spojích rohu je však mnohem subtilnější.

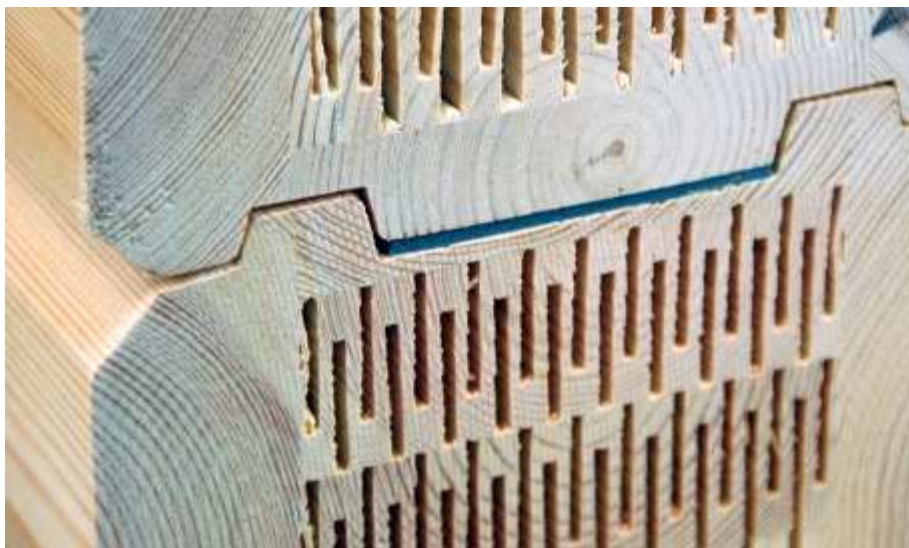


Obr. 4. – Zdvojená roubenka s vloženým tepelným izolantem

**Konstrukce roubenek z modifikovaného dřeva** – další směr, kterým by se takovéto konstrukce měly ubírat, by mohl být například typ profilu Thermo-Log firmy Dreamhouse UAB. Bohužel tento profil ještě nemá schválený patent. Použití takovéhoho profilu může ušetřit další čas a finance na realizaci stavby, rozhodující bude však cena takovéhoho profilu na českém trhu.



Obr. 5. – Thermo-log (zdroj [www.thermo-log.com](http://www.thermo-log.com))

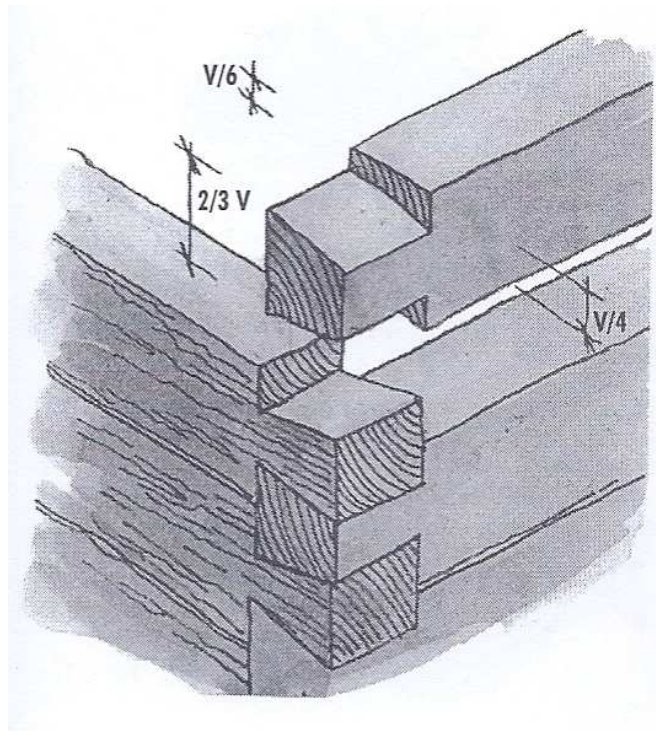


Obr. 6. – Thermo-log II (zdroj [www.thermo-log.com](http://www.thermo-log.com))

### 3.2. Tesařské spoje

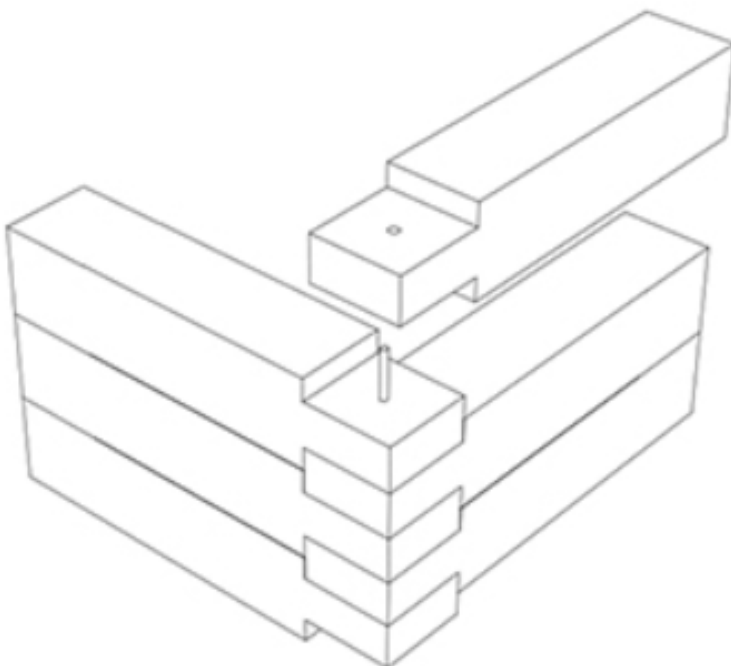
Klasické tesařské spoje, které využívám v navržených skladbách. Opracování těchto spojů v dnešní době již probíhá na CNC obráběcích centrech.

- a) **rybinový spoj** (rybinové přeplátování) – nepoužívanější spoj u roubených konstrukcí



Obr. 7. – Rybinový spoj

- b) **přeplátování** vazba bez zhlaví – druhý nepoužívanější spoj



Obr. 8. – Přeplátování



Dnes se čím dál více využívají moderní tesařské spoje například způsob gang-nail nebo jiné železné prvky (rychlejší spojení bez nutnosti prvek opracovat). Na pohledový spoj masivní roubené konstrukce by však tento spoj nebyl vhodný.

### 3.3. Postup výstavby roubenky z rostlého dřeva

Výstavba celé roubené stavby (dále jen roubenka) je složena z několika fází.

1. Příprava ve výrobní hale – dodavatelé roubenek ve většině případů nejdříve sestaví roubenku ve své výrobní hale, aby bylo zjištěno, že všechny profily jsou správně opracovány a označeny pro realizaci na stavební parcele. Tato fáze zajišťuje především zjištění prvotního sednutí stavby pro případnou další optimalizaci stavby.
2. Další opracování – provede se první ochranný nátěr konstrukce, finální opracování zejména frézováním drážek a úpravy, které by bylo na stavbě složité nebo zdlouhavé provést.
3. Výroba krovů a štítů – Na sroubenou konstrukci se dle finálních výměr vyrábí krov, popřípadě konstrukce štítů.
4. Demontáž hrubé stavby – hrubá stavba se obezřetně demontuje a připraví na transport. V této fázi musí být již všechny části důkladně označeny.
5. Transport – roubenka se doveze na místo určení, díly se transportují systematicky v pořadí, ve kterém budou montovány.
6. Sestavení na místě – roubenka je na místě sestavena dle projektové/realizační dokumentace a to i s konstrukcí krovu, případně je zakryta proti povětrnostním vlivům. Stavbu se doporučuje realizovat v zimních obdobích, aby hrubá stavba takzvaně “přemrzla“, což zlepší efekt sedání, ale stále je nutné s ním ve větším měřítku počítat.
7. Nátěr ochrannou vrstvou – ve chvíli, kdy je hrubá stavba hotova, je proveden další nátěr ochrannou lazurou. Dvě vrstvy nátěru zaručí ochranu až na 10let. V případě, že je dřevo hloubkově impregnováno nebo jinak ochráněno, je možné tuto fázi vynechat.
8. Dokončení – realizace hrubé stavby se běžně pohybuje okolo 2 - 3 měsíců. Doba dokončovacích prací se pohybuje okolo 1 - 1,5 měsíce, přičemž záleží na složitosti a rozsahu prací.
9. Dodatečné řešení sedání stavby, lze buď vyřešit v projektu (vytvoření místa pro sedání) nebo po realizaci tzv. rektifikací stavby – např. rektifikační šrouby v kapsách podezdívky (patent firmy Roubal).



Z technologického hlediska je zde problém jak s delší dobou výstavby, tak s následným sedáním stavby, kde je třeba řešit velké sedání stavby.



Obr. 9. – Příklad realizace roubenky z rostlého dřeva (zdroj [www.drevotes.cz](http://www.drevotes.cz))

#### 3.4. Postup výstavby pro roubenky z lepených lamelových profilů

Při tomto postupu odpadá složení konstrukce v hale, jelikož sedání roubenky z BSH profilů je v řádech centimetrů a stavba je tak časově méně náročná.

1. Výroba krovů a štítů – je možné provádět výrobu simultánně s konstrukcí obvodových stěn, jelikož je zajištěna vysoká přesnost.
2. Transport – roubenka se doveze na místo určení, díly se transportují systematicky v pořadí, ve kterém budou montovány.
3. Sestavení na místě – roubenka je na místě sestavena dle projektové/realizační dokumentace, a to i s konstrukcí krovu, případně je zakryta proti povětrnostním vlivům.
4. Nátěr ochrannou vrstvou – ve chvíli, kdy je hrubá stavba hotova, je proveden další nátěr ochrannou lazurou, která v tomto případě slouží jako finální nátěr konstrukce.
5. Dokončení – realizace hrubé stavby se běžně pohybuje v řádech 3 - 4 týdnů. Doba dokončovacích prací se pohybuje okolo 1 - 1,5 měsíce, přičemž záleží na složitosti a rozsahu prací.



Obr. 10. – Příklad realizace roubenky z BSH profilů (DEKWOOD)

Důležitý faktor u dřevostaveb je rychlost jejich výstavby, což při použití přesných profilů lze zajistit lépe než u profilů z rostlého dřeva. Profily jsou lehčí a to umožňuje jednodušší manipulaci i dopravu. U profilů z BSH není také nutné roubenku “přizvedat” pomocí např. rektifikačních šroubů a odpadá také mnoho problémů s dilatacemi proti sedání.



Obr. 11. a 12. – Detail spoje roubenky z BSH profilů (z podkladů firmy OK PYRUS)





## 4. Materiály a jejich úprava

### 4.1. Dřevo

**Smrkové dřevo** – Dřevo získávané ze smrku ztepilého (*Picea abies*), který je jedním z nejrozšířenějších jehličnatých stromů v České republice. Jedná se o pružné, měkké, lehké a pryskyřičné dřevo s dlouhými vlákny, v exteriéru méně odolné (proto je velmi nutná impregnace).

**Lepené lamelové dřevo LLD (BSH – Brettschichtholz, „BS-Holz“; GLT – Glued laminated timber, Glulam)** – jsou dřevěné profily vyráběné ze dvou nebo více vzájemně plošně slepených lamel. Vysoká nosnost profilů, při zvolení vhodného průřezu lze ušetřit až 30% dřeva oproti běžnému rostlému dřevu. BSH má lepší požární odolnost (rychlost ohořívání je uváděna hodnotou mezi 0,5 - 0,7 mm/min).

Profily jsou lepené především ze smrkového dřeva, jako alternativu je možné použít sibiřský modřín nebo borovicové dřevo. V mé bakalářské práci se budu zabývat pouze BSH profily vyrobeným ze dřeva smrkového jakosti SI (S10) dle ČSN 49 1531-1.

Všechny jakostní podmínky jsou převzaty z technického listu pro BSH profily společnosti Hranex s.r.o., která tyto profily vyrábí.

#### 4.1.1. Vysoušení dřeva

##### a) Přírodní sušení

Nejznámější technologií je přirozené vysoušení dřeva, které spočívá v pozvolném vysoušení dřeva v přirozeném prostředí bez jakéhokoli přidaného zdroje vysoušení. Běžně se provádí tak, že dřevo je skládáno na podstavce a podklad do výšky až 6m a odděleno po vrstvách prokladky o rozměrech cca 2 x 5 cm. Ponechává se ve volném prostředí k vyschnutí. Problémem je, že neznáme přesný výsledek sušícího procesu tj. dřevo se může ohnout, může dojít k tvorbě prasklin, působením UV může degradovat. Časově je tento způsob velmi náročný.



Obr. 13. – Hráň dřeva přírodní vysoušení

b) Umělé sušení

Sušení dřevěných profilů se provádí za pomoci přidaného externího činitele (vzduch, vodní pára, tlak, spaliny, chemické látky...). Tento způsob je v dnešní době upřednostňován, Díky jeho menší časové náročnosti je tento způsob upřednostňován. Dřevo je navíc procesem umělého sušení “impregnováno“, minimalizované je i riziko degradace dřeva nebo kroucení dřeva sušením.



Obr. 14. – Komerová sušárna dřeva KATRES

TYP SUŠENÍ	DOBA TRVÁNÍ SUŠENÍ (NA HODNOTU VLHKOSTI $\pm 12\%$ ) [H]	CENA VYSUŠENÍ M <sup>3</sup> DŘEVA [KČ]
PŘÍRODNÍ SUŠENÍ	2880	450*
UMĚLÉ SUŠENÍ	12	1700

\*- v ceně není započítáno pronajmutí místa k sušení

Tabulka 1. - Porovnání časové náročnosti na sušení dřeva

Lamely pro výrobu BSH profilů jsou technicky (uměle) vysoušeny na hmotnostní vlhkost 10-12%. Procesem technického vysoušení se stávají výsledné profily tvarově stálějšími



a snižuje se riziko tvorby plísní nebo napadení dřevokazným hmyzem. Lepené lamelové dřevo je také lehčí než rostlé dřevo, a proto je s profily snazší manipulace na stavbě.

#### 4.1.2. Impregnace

Impregnace dřeva je prováděna především z důvodů:

- prodloužení životnosti
- ochraně proti
  - hnilobě
  - plísním
  - dřevokaznému hmyzu (insekticidy)
  - dřevokazným houbám (fungicidy)
  - účinkům požáru (antipyrotika)

U specializovaných firem lze objednat jak hloubkovou impregnaci (máčení, tlaková impregnace, ošetření teplem), tak povrchovou impregnaci (vodou ředitelné prostředky).

Běžná impregnace máčením ve vaně trvá zhruba 45min/8m<sup>3</sup>.

Při realizacích v dnešní době se od impregnace u BSH profilů upouští, jelikož jsou v podstatě impregnovány již svým vysušením.

#### 4.1.3. Skladování BSH profilů

BSH profily jsou odolnější vůči vnějším vlivům, proto není potřeba skladovat je ve speciálně chráněném prostoru.

#### 4.1.4. Kvalita vstupního materiálu pro stavbu

Standardně jsou nabízeny druhy profilů – Si – pohledová kvalita

– NSi – nepohledová kvalita (průmyslová)

– Extra Si – extra pohledová kvalita

Pro masivní stavební konstrukce jako jsou roubené stavby, převážně používáme dřevo s pohledovou kvalitou Si, kvalitativní parametry pro BSH profily dle přílohy 16.4.1..

Vstupním materiálem pro uvažované konstrukce z BSH profilů jsou profily firmy DEKWOOD s parametry dle přílohy 16.4.2., opracované pro danou stavbu dle PD.



## 4.2. Tepelně izolační materiály

Jelikož stavba ze dřeva je přírodní a ekologická, vzniká také poptávka po využití přírodních materiálů ve skladbách stavby. Pro skladby by mohly být využity tyto materiály:

- **Konopná izolace** – velmi dobře propustná pro vodní páru, součinitel tepelné vodivosti  $\lambda=0,04$  W/mK, Při tl. 100 mm cena cca 420 - 1200 Kč/m<sup>2</sup>
- **Ovčí vlna** – velká pohltivost vlhkosti bez narušení tepelně technických vlastností, součinitel tepelné vodivosti  $\lambda=0,04$  W/mK, po stlačení dosahuje lepších hodnot, cena při tl. 50 mm cca 120 Kč/m<sup>2</sup>
- **Sláma** – Lisovaný ekopanel - součinitel tepelné vodivosti  $\lambda=0,102$  W/mK, cena při tl. 60 mm cca 330 Kč/m<sup>2</sup>
- **Dřevovláknité izolace** – součinitel tepelné vodivosti  $\lambda=0,092$  W/mK, vysoká hustota a akumulace tepla, pevná, cena při tl. 100 mm cca 260 Kč/m<sup>2</sup>
- **Celulózová izolace** – foukaná – odolná vůči houbám a plísním, součinitel tepelné vodivosti  $\lambda=0,038$  W/mK, cena při tl. 100 mm cca 80 Kč/m<sup>2</sup>
- **Sisal/lněná izolace** – alternativa pro konopnou izolaci, součinitel tepelné vodivosti  $\lambda=0,039$  W/mK, cena při tl. 100 mm cca 110 Kč/m<sup>2</sup>
- **Juta** – velmi podobné konopné izolaci, výroba recyklací jutových pytlů (nízká energetická výrobní náročnost), součinitel tepelné vodivosti  $\lambda=0,038$  W/mK, cena při tl. 100 mm cca 195 Kč/m<sup>2</sup>
- **Kokosová vlákna** – vyráběny ze skořápek kokosových ořechů, vyznačují se odolností vůči bakteriím, vodě a nízkou tepelnou vodivostí, vhodné jako ucpávková izolace, velmi dobrá akustická izolace, drahé, u nás velmi špatně dostupná





### 4.3. Zpracování dřeva

**Technologie** – věda (odvětví), která se zabývá tvorbou, analýzou a zdokonalováním pracovních a výrobních postupů.

Dřevařská technologie se dělí na dvě podskupiny:

#### 4.3.1. Dřevařská prvovýroba

Zahrnuje prvotní zpracování dřeva poté, co bylo pokáceno a převezeno do výroby (surové dřevo) a také zpracování dřevního odpadu. Do této kategorie patří pilařská výroba, výroba dřevotřísky, dých překližek, atd..

#### 4.3.2. Dřevařská druhovýroba

Zahrnuje druhotné zpracování dřeva poté, co prošlo prvovýrobou. Jedná se např. o stavebně truhlářskou výrobu, výrobu nábytku, nástrojů, dřevěných konstrukcí (typové stavby ze dřeva), atd..

V práci se budu zabývat výhradně pilařskou výrobou, ze které se získává hraněné řezivo (pravoúhlého příčného průřezu) pro výstavbu a výrobu klasických roubených staveb i jako surovina pro BSH (lamely, které jsou následně vysušeny a slepeny).

### 4.4. Technologie BSH profilů

#### 4.4.1. Technologie výroby BSH profilů

Na počátku je vstupním materiálem čtyřstranně hraněné řezivo ze smrkového dřeva v požadovaných rozměrech s technologickým nadměrkem cca 10mm na šířku a 5mm na výšku. Toto mokré řezivo (tzn. nevysušené) je třeba nejdříve vysušit na požadovanou hodnotu vlhkosti 12%  $\pm$ 2% (dle normy ČSN 1194). Pro menší časovou náročnost se dnes využívá technické vysoušení (*Tabulka 1.*).

*Pro následující výrobní proces existují další alternativy. Tento postup byl osobně ověřen na pile dodávající BSH profily firmě DEKWOOD.*



Stroje WEINIG použité k výrobě:

- optimalizace řeziva - Opticut 450 XL
- výroba lamel – Grecon PowerJoint
- nástřik lepidla - OEST
- lepička – Hydrotop 2E150R
- hoblovka – REX 1100

Samotná výroba probíhá v několika fázích

**První fáze výroby** je optimalizace řeziva, při které dochází k odstranění vad, které norma nepovoluje, dále následuje k vyfrézování zubového spoje a nástřiku lepidla (na délkové napojení používáme lepidlo PUR). Po nanesení lepidla dojde ke slisování a vzniká teoreticky nekonečně dlouhá lamela, která je pomocí kapovací pily SKS 700 (pokosové pily) krácena na potřebnou délku. Takto upravené lamely jsou odváženy po dopravníku a pakety (vrstveny na sebe) na vytvrzovacím pódiu.

Pro **druhou fázi výroby** je možno pokračovat dvěma způsoby.

1. Provádí se výroba KVH lamel – z každé jedné lamely po vyhoblování vzniká KVH lamela příslušného rozměru a délky. Jelikož toto není předmětem mé práce, výroba nebude dále rozváděna.
2. Provádí se výroba BSH profilů – na každý jeden kus se vyrobí příslušný počet lamel. Ty jsou čtyřstranně ohoblovány strojem hoblovka WENIG a následně je nástřikem nanášeno melaminové lepidlo 1257, tužidlo 7557 a celý poskládaný profil je vložen do lisu.

*Příklad: Pro výrobu hranolu 120x240x10000mm [1ks]. Je třeba vyrobiť 6ks lamel o rozměrech 135x45x10170, následně zhoblovat na rozměr 130x41x10170, nanést lepidlo, tužidlo a profil vložit do lisu.*

Lisování probíhá strojním (hydraulický systém lisování) nebo ručním lisem (zde je lisování zajišťováno mechanickým utahováním lisovacích šroubů). V lisech stráví profily přibližně 3 - 4 hodiny. Tato doba může být modifikována množstvím lepidla, tužidla, teplotou prostředí a teplotou lisovaného materiálu. Poté se profily do následujícího dne klimatizují v hale.



Výsledné opracování se provádí na hoblovce REX 1100, kde jsou hranoly čtyřstranně ohoblovány se sraženou hranou a případně dále zkracovány na kapovací pile. Takto zpracované profily jsou již hotové k použití. Po zabalení se expedují koncovému zákazníkovi nebo jsou dle projektové dokumentace dále opracovány.

Jelikož je profil lepen z několika různých kusů dřeva, lze v podstatě eliminovat vady dřeva. Na našem trhu je poptávka po BSH profilech omezená, a proto jsou zde vyráběny většinou pouze v těchto rozměrech viz. *Tabulka 2*.

STANDARTNĚ VYRÁBĚNÉ DIMENZE BSH												
Standardní délka 1-20m												
ŠÍŘKA (mm)	VÝŠKA (mm)											
	100	120	140	160	200	240	280	320	360	400	440	
100	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
120	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
140	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
160	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
180	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
220	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
240	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabulka 2. – Rozměry běžně vyráběných profilů (výroba firmy Hranex)

#### 4.4.2. Technologie opracování BSH profilů

Zpracované profily z výroby jsou pro užití na stavbě dále upravovány. Opracování je možno provést ručně nebo strojně. Z ekonomického a časového hlediska se dnes využívá převážně strojní opracování.

**CNC fréza (Hundegger K2i)** – vysoká přesnost obrábění, profily se obrábějí přímo pro jednotlivé projekty. Šířka profilu 280/260 mm (4 lamely po 70mm) je limitní hodnota, kterou je stroj schopen přijmout (stroj je schopen přijmout i větší profil, ale není schopen jím otáčet pro vytvoření rybinového spoje a další úkony). CNC stroj ve firmě DEKWOOD je stěžejní při obrábění profilů pro výstavbu roubenek, ať už z lepených profilů nebo z rostlého dřeva. Součástí této linky je i hoblovka, která zajišťuje pohledovou kvalitu výsledných profilů.





- nástroje pro CNC obráběcí centrum

- **přířez** – kotoučová pila, řezání příčné a podélné pod různými úhly



Obr. 15. – Přířezová pila

- **fréza** – frézovací 4 nebo 5-ti osý agregát, který je schopen zvládnout frézování, čepování, plátování, dlabání a další úkony.



Obr. 16. – Čtyřosá fréza



- **pohyblivá fréza** – 6-ti osá pohyblivá fréza s automatickým měničem nářadí (až 16 nástavců najednou pojížděné po ose X). Veškeré opracování probíhá bez otáčení profilu.



Obr. 17. – Šestiosá fréza

- **kombinovaný úchyt pro horizontální nářadí**
  - *Vrtací jednotky* - pro větší díry hydropneumatická vrtací jednotka, otočná vrtací jednotka (úhel až 45°).



Obr. 18. – vrtací jednotka



- **Značkovací jednotky** – značení inkoustem dle zadání ve vstupním souboru pro CNC, rýsování čar.



Obr. 19. – značkovací jednotka

- **Horizontální pila** – z různými velikostmi řetězu  
typ 1) možnost řezu ze 4 stran



Obr. 20. – horizontální pila řetězová



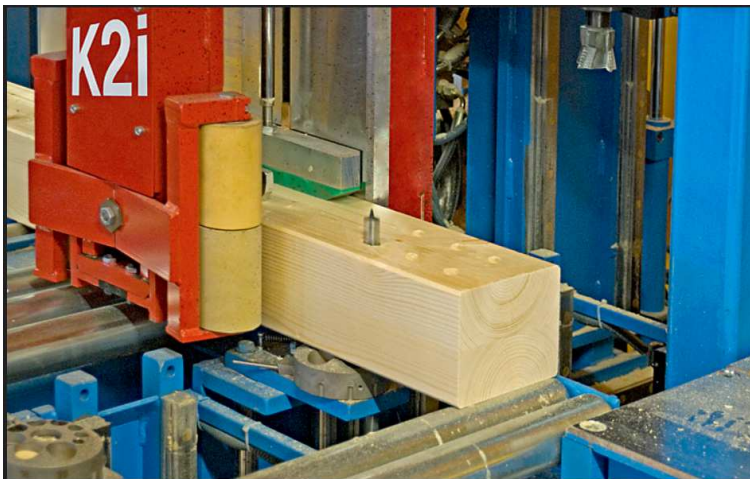


typ 2) po celé délce



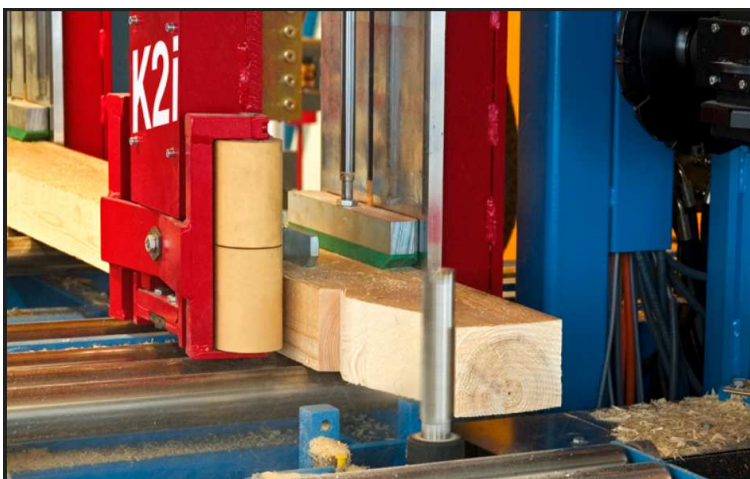
Obr. 21. – horizontální pila řetězová podélná

- kombinovaný úchyt pro vertikální nářadí
  - *Vertikální vrtací jednotka*



Obr. 22. – vertikální vrtací jednotka

- *Vertikální fréza*



Obr. 23. – vertikální fréza



- **jednotka pro srubové spoje** – 2 vertikální a 2 horizontální frézy (až 2 jednotky mohou pracovat současně), tvorba tes. spoje na čtyřstranně opracovaném profilu



Obr. 24. – Jednotka pro srubové spoje

- **hoblovka** – s automatickým posuvníkem, úprava profilů na pohledovou kvalitu. Časově náročnější je práce s rostlým dřevem, které je do hoblovky nutno vkládat ručně.



Obr. 25. – Hoblovka



Obr. 26. – Hoblovka (vlevo) a dopravník od CNC





- **další agregáty** – jedná se o velmi dlouhý výčet nářadí, které jsou většinou kombinací předchozích (kotoučové pily – horizontální, vertikální, vrtací otočná jednotka (“věž“), vertikální řetězová pila,...)
- **měřicí a popisové zařízení** – měření, šířky výšky, tiskárna popisových štítků
- **inteligentní software** – ovládací panel, na kterém je možné interaktivně daný prvek upravit, přijímá také dodané informace ze synchronizovaných programů, dle kterých je schopen automaticky prvky začít vytvářet



Obr. 27. – CNC obráběcí centrum – průběh obrábění profilu (DEKWOOD)

**Řetězová pila** – používaná jak ve výrobě, tak přímo na stavbě k posledním úpravám konstrukce.

**Ruční nářadí** – elektrické nářadí, speciální tesařské ruční nářadí, běžné nářadí, měřicí nástroje.



Obr. 28 – Vstupní materiál - BSH profil s drážkami



Obr. 29. – Výstupní profil - BSH s rybinovým spojem

Takto opracované hranoly se expedují přímo na stavbu, kde se mohou okamžitě zabudovat. Před vložením do konstrukce jsou profily z rostlého dřeva většinou impregnovány.

#### 4.5. Transport dřeva

Dřevo je z lesa dopravováno kamionem se speciálním návěsem na dřevo. Kamion je opatřen speciální hydraulickou rukou s kleštinami pro nakládání dřeva.

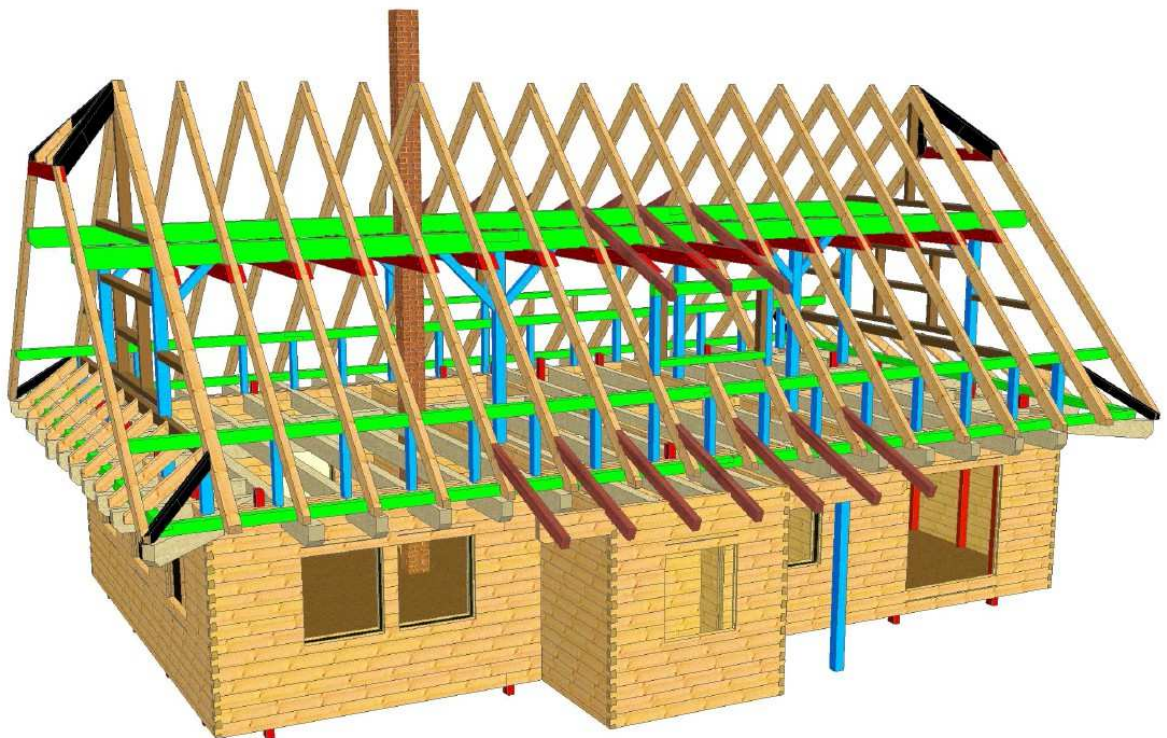
Z pily se dřevo na stavbu dopravuje kamionem/nákladním automobilem s obyčejným úložným prostorem. Na pile je nakládáno pomocí vysokozdvíhových vozíků a na stavbě skládáno pomocí automobilového jeřábu, který je většinou po dobu výstavby přítomen. Pokud bychom opracované dřevo přepravovali na nákladním automobilu s hydraulickou rukou, mohli bychom ji použít při výstavbě obvodových konstrukcí.

	<b>Automobilový jeřáb</b>	<b>Nákladní automobil s hydraulickou rukou</b>
<b>Cena pronájmu [Kč/hod]</b>	950	750
<b>Celková cena [Kč/104 hod]</b>	98 800	78 000

Tabulka 3. – Porovnání cen za pronájem manipulačních strojů

## 5. Projektová dokumentace/výrobní dokumentace

Důležitým bodem výroby i výstavby je tvorba projektové dokumentace, kterou je nutno vytvořit velmi detailně. Podle ní se dále tvoří výrobní dokumentace pro pilu. Velmi detailní výrobní/projektovou dokumentaci je nutné vytvořit pro obráběcí centra CNC. Zde se výrobní prvky zadávají dle jednotlivých prvků z výkresu (dnes již 3D – např. Sema Software) a jsou odesílány přímo do obráběcího centra, kde jsou následně vyrobeny. Vyráběny jsou dle naprogramování stroje co nejekonomičtěji a s co nejmenším prořezem.



*Obr. 30. – Projekt zpracovaný v SEMA Soft – podklad pro výrobu*



## 6. Tepelně-technické a energetické požadavky

Stěžejní vyhlášky předpis č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích stavby a předpis č. 148/2007 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov ustanovují, že se stavba posuzuje a musí splňovat požadavky normy ČSN 73 0540, jejích normativních odkazů a souvisejících norem a předpisů.

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> K]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Dop. hodnoty pro pasivní domy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30	Těžká: 0,25	0,18 – 0,12
		Lehká: 0,20	

Tabulka 4. – Požadavky na součinitel prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou teplotou  $\theta_{in}$  v intervalu 18°C až 20°C včetně. (Výňatek z tab. 3 normy ČSN 73 0540-2:2012 ZMĚNA Z1)

Ve své práci budu především porovnávat součinitele prostupu tepla  $U$  [W/m<sup>2</sup>K] pro obvodové konstrukce (dle Tabulky 4.). Dále je u dřevostaveb důležité zabývat se hmotnostní vlhkostí. U dřeva nesmí dojít ke stavu, kdy hmotnostní vlhkost přesahuje 18-20% (při alespoň 18°C) neboť takové dřevo je náchylné k napadení dřevokazným hmyzem a houbami, od 20% výše je dřevo náchylné i ke vzniku plísní.

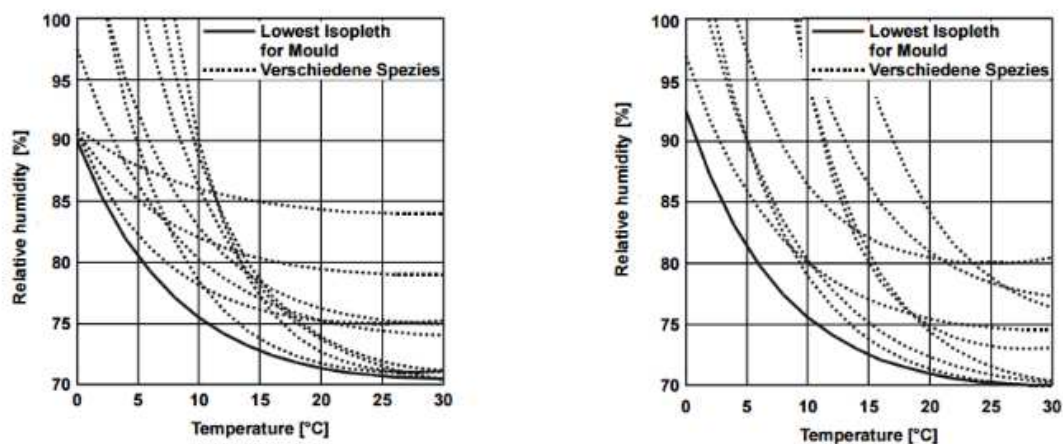


Figure 5 Development of the Lowest Isoleths for Mould from Isoleths of different species.  
Top: Spore germination  
Bottom: Mycelium growth

Obr.31. – Podmínky pro růst plísní a usazování spór dřevokazných hub



## 7. Analýza návrhu konstrukce

Tento výstup byl převzat od mého kolegy Jana Bittnera, který se ve své práci *Multikriteriální analýza modifikovaných roubených staveb* [18] zabývá tepelně-technickým posouzením skladeb navrhovaných a běžně realizovaných roubených staveb.

<i>Kritérium</i> <i>Skladba</i>	Tepelně technické posouzení				Estetická funkce masivní dřevostavby	Riziko výskytu plísní a hub
	Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2	Kondenzace vodní páry				
Rostlé dřevo (240 mm)	0,51 W/m <sup>2</sup> K		-			
Sendvičová roubenka (100/100/100)	0,25 W/m <sup>2</sup> K		0,056 kg/m <sup>2</sup> a			
Navržená konstrukce 2.1	0,20 W/m <sup>2</sup> K		0,016 kg/m <sup>2</sup> a			

Tabulka 5. – Porovnání navržené skladby s ostatními posuzovanými skladbami



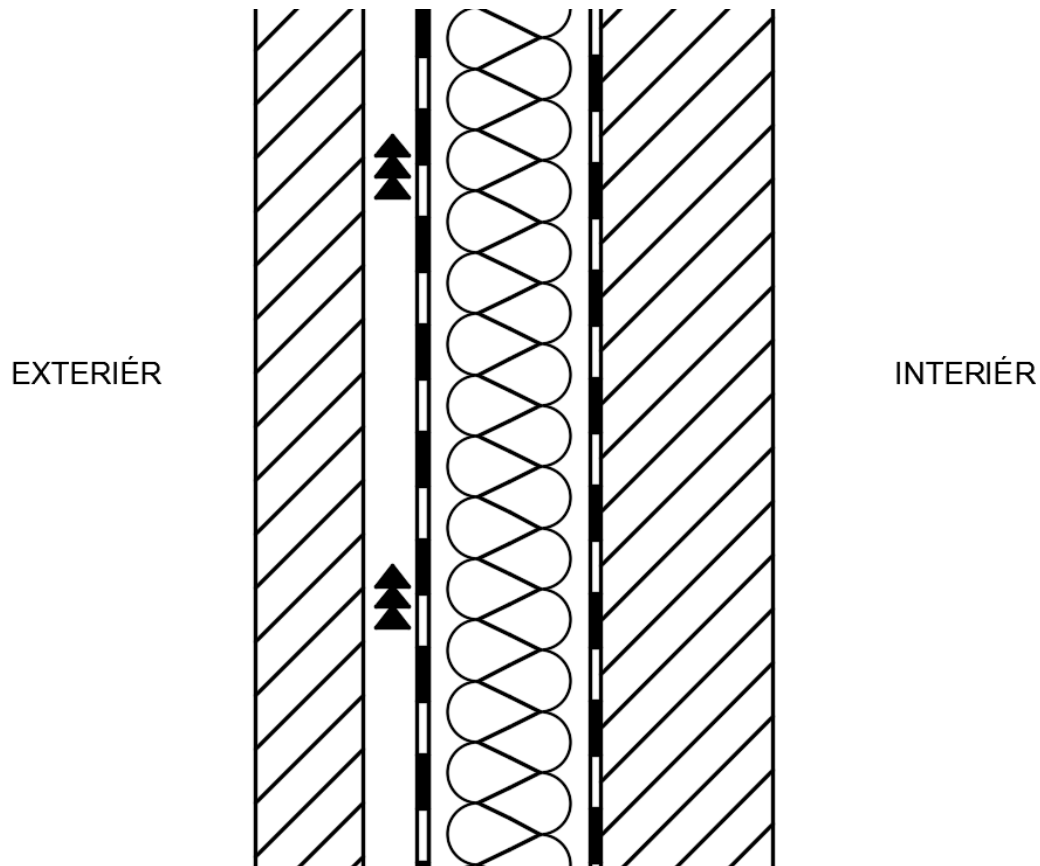
Vyhovuje



Nevyhovuje

Z tohoto provnání je zřejmé, že doposud navrhované skladby celoroubených staveb nesplňovali kritéria dané zákonem. Vlastníci byly tak nuceni stavět stavbu poloroubenou, obcházet pravidla stavebních povolení nebo podstoupit riziko tvorby plísní a dřevokazných hub.

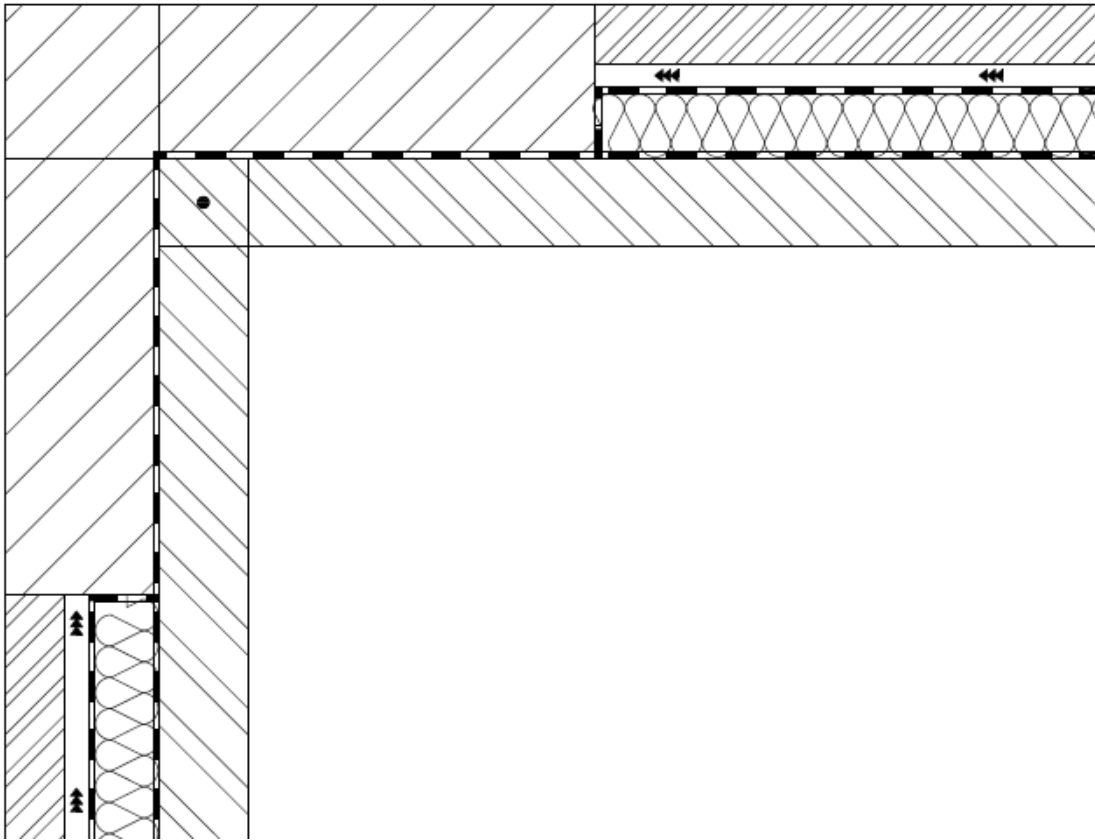
### 7.1. Navržená konstrukce 2.1



Obr. 32. – Sklada konstrukce 2.1

Vrstva (od interiéru)	Tloušťka [mm]	Funkce	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
<b>BSH profil</b>	150	Nosná	0,13
<b>Parozábrana (ÖKO NATUR)</b>	0,0025	Parotěsnící	0,3
<b>Tepelná izolace (Termo Juta)</b>	120	Tepelně izolační	0,038
<b>Difuzně propustná fólie (DEKTEN Multi-Pro)</b>	1,5	Pojistná HI	0,3
<b>Vzduchová větraná vrstva</b>	50	Větrání	-
<b>BSH profil</b>	80 - 200	Pohledová	0,13
<b>CELKEM</b>	400	-	-

Tabulka 6. – Parametry skladby navržené konstrukce 2.1



Obr. 33. – Sklada konstrukce 2.1 – napojení rohu

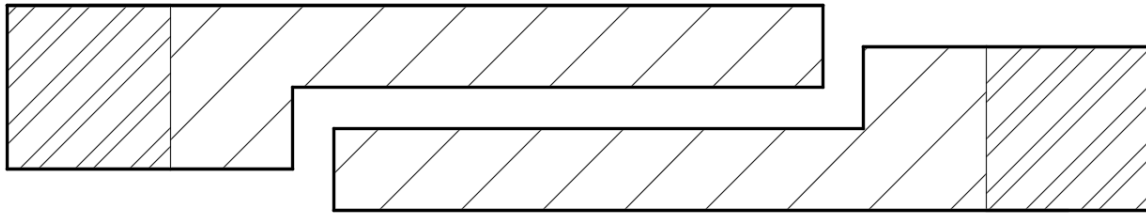
Technologie výstavby – výstavba konstrukce od interiéru.

1. Výstavba vnitřní nosné konstrukce.
2. Natažení parozábrany na vnitřní konstrukci.
3. Zde je možné realizovat krov a zajistit tak u prostupů trámů lepší tepelně izolační vlastnosti.
4. Realizace tepelné izolace.
5. Natažení difuzně propustné fólie.
6. Realizace vnější pohledové konstrukce.

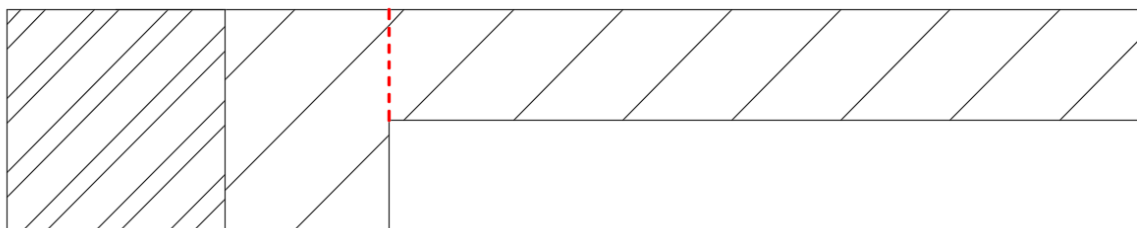
Dle posouzení Jana Bittnera [18] součinitel prostupu tepla této konstrukce je  $U = 0,20$   $W/m^2K$ . Odpovídá tedy požadovaným hodnotám normy ČSN 73 0540-2, splňuje i hodnoty doporučené touto normou ( $0,20 \leq 0,25$   $W/m^2K$ ). Dle výpočtu v programu Wufi zde díky větrané vrstvě odpadá problém kondenzace. Z pohledu tepelné techniky je takto navržená konstrukce v pořádku. Z hlediska technologie výroby a výstavby jsou nutné další úpravy.

### 7.3.1. Analýza nedostatků navržené konstrukce

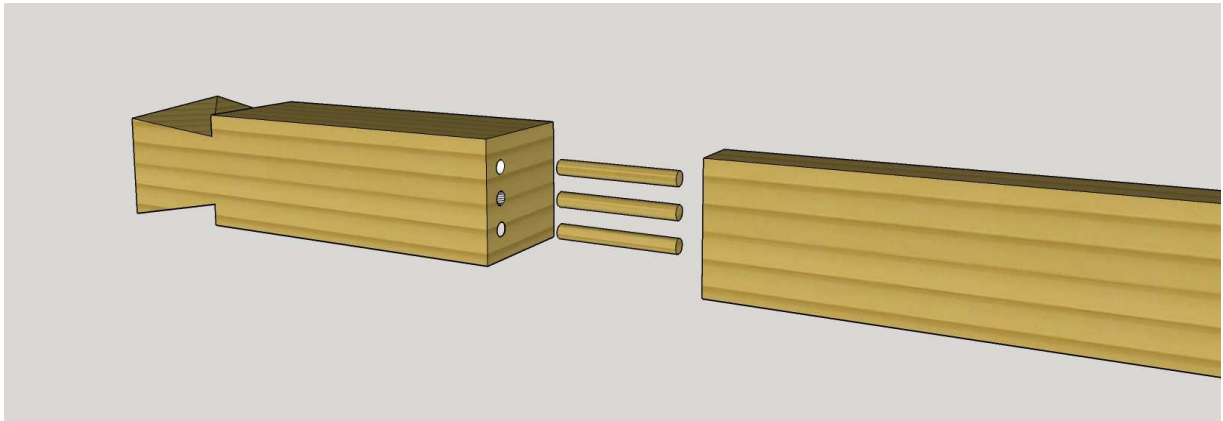
Po konzultacích s odborníky z pily DEKWOOD a.s., z hlediska technologie vidím problém v časové náročnosti výroby profilu vnější pohledové konstrukce z BSH profilu („hokejky“ viz. *Obr. 34.*) a také problém možného porušení viz. *Obr. 35.* takovéhoho profilu při výrobě na CNC obráběcím centru (vibrace stroje). Jelikož je celá „hokejka“ poměrně dlouhý prvek (vyráběn z jednoho BSH profilu délky 10 – 13 m), mohl by být zlomen manipulačními chapadly CNC stroje. Při samotné realizaci hrozí přelomení v tomto oslabení jak při dopravě prvku na staveniště, tak ve chvíli zvedání prvku jeřábem. Z těchto důvodů navrhuji výrobu takovéhoho profilu ze dvou částí – z metrové části profilu o průřezu 280/280 mm (rohový dílec) na kterém bude proveden rybinový spoj, a druhé části (středový dílec) z profilu 100/280 mm, která se bude odvíjet od délky konstrukce. Spojením těchto dvou částí vznikne pohledová konstrukce roubenky. Spoj bude proveden kolíkováním viz. *Obr. 36./* zámečkem viz *Obr. 37./* čepováním s lepením viz *Obr. 38.*



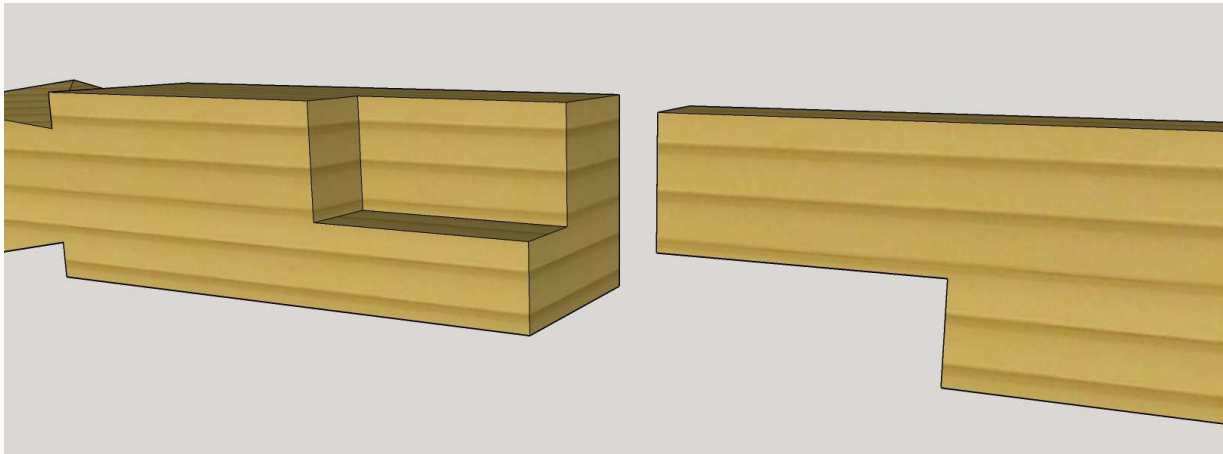
*Obr. 34. – Uvažované rozdělení profilu, které by minimalizovalo prořez při výrobě tzv. „hokejka“*



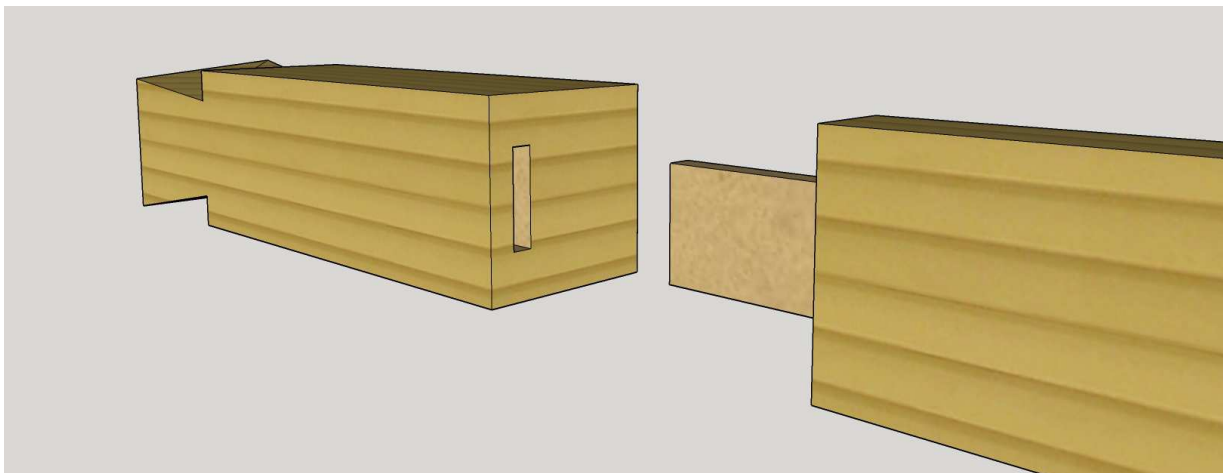
*Obr. 35. – Předpokládané místo porušení prvku*



Obr. 36. – Kolíkování spoje s lepením



Obr. 37. – Spojení na zámeček s lepením



Obr. 38. – Čepový spoj s lepením

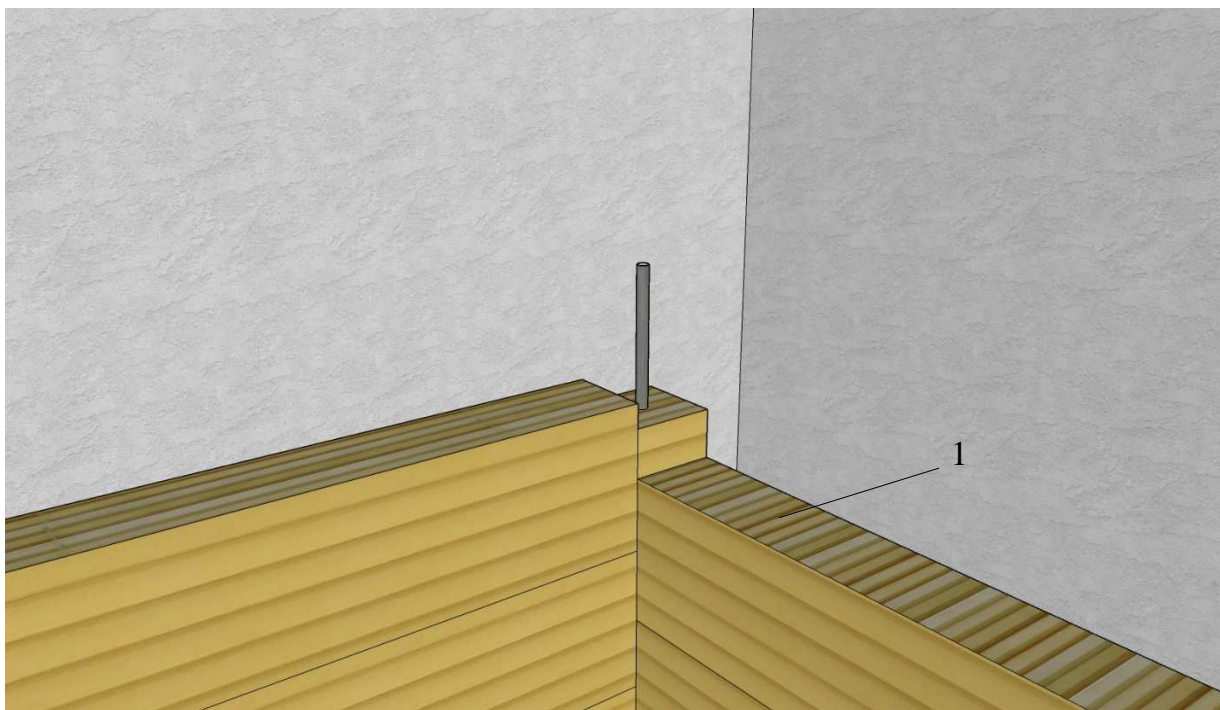
Tento předpoklad by bylo vhodné prakticky ověřit vyrobením těchto prvků ve variantách bez přerušení a s přerušением. Já jsem byl ovšem limitován agregáty k CNC obráběcímu centru, které je ve vlastnictví pily DEKWOOD a.s.. Po instalaci agregátů, které by byly pro výrobu tohoto prvku vhodnější, by šel prvek pravděpodobně zhotovit v celku. Na



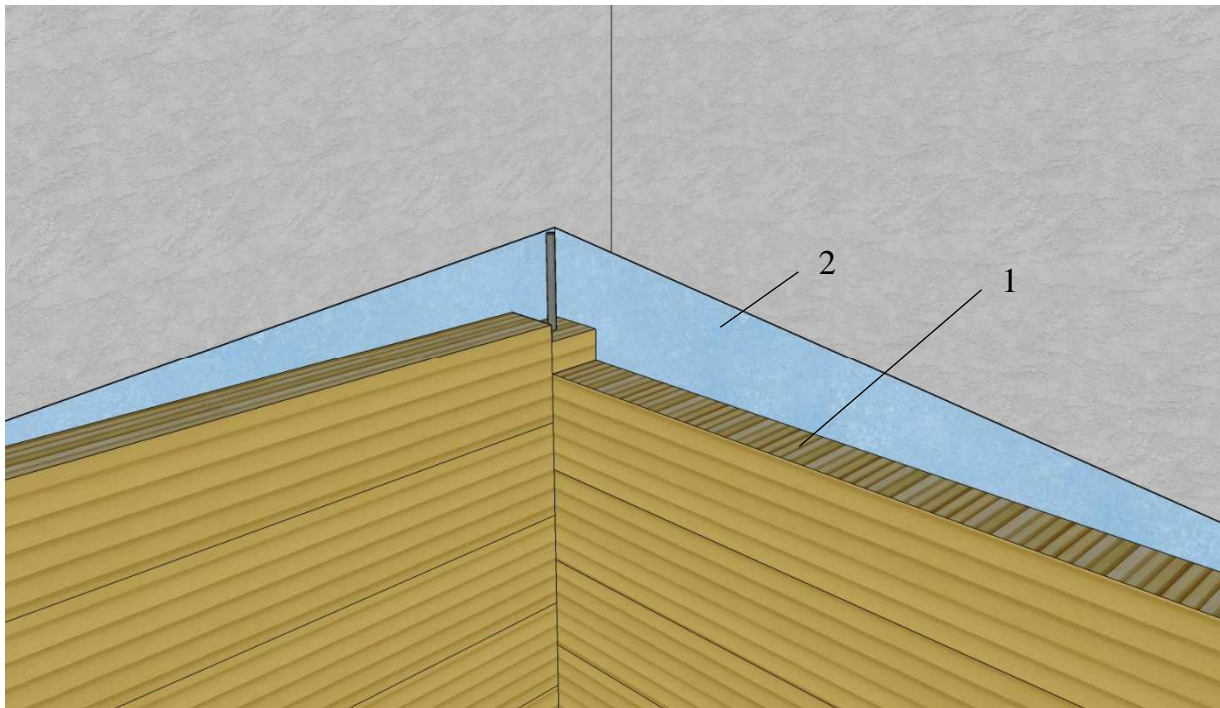


takovémto prvku bychom mohli vyzkoušet odolnost proti porušení při přepravě a realizaci. Další možností by byl stroj na obrábění firmy CMS s modifikací LapLaser, který umožňuje velmi přesné řezání, s tímto strojem by bylo možné tento prvek bez porušení vyrobit. Zůstává však stále otázkou, zda nebude porušen při dopravě na stavbu nebo při samotném zabudování.

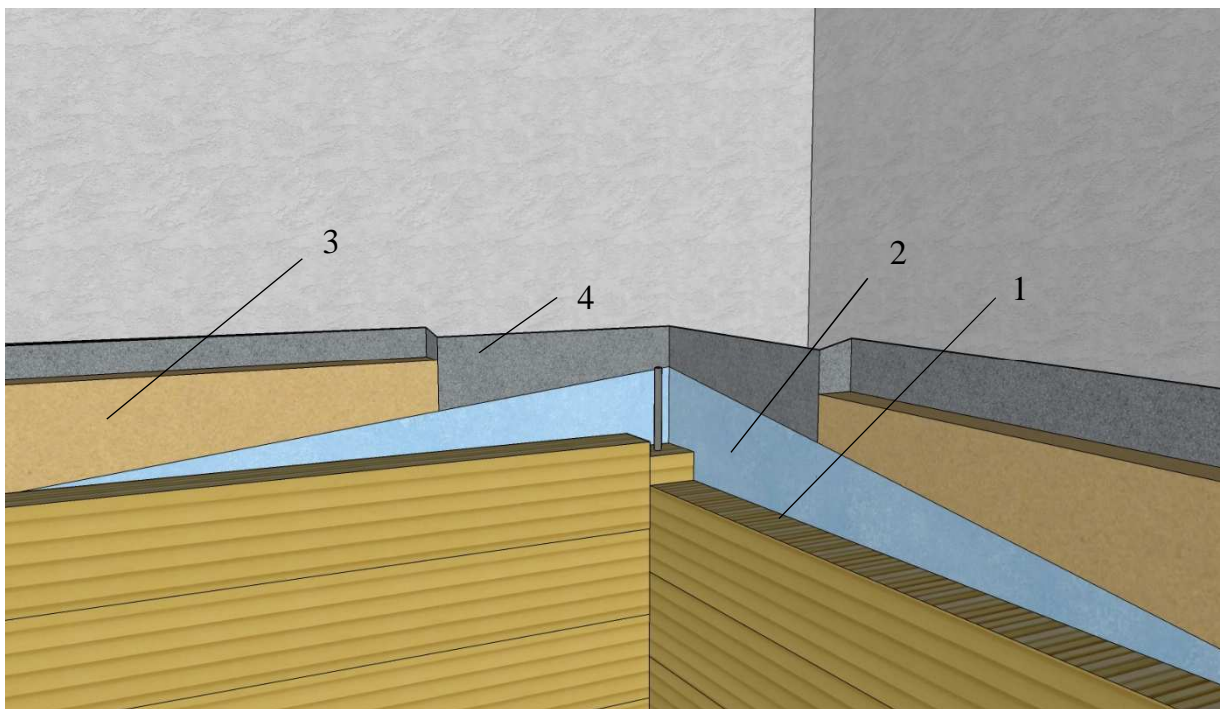
Vnější profil pohledové konstrukce (středový dílec) zvolíme průřezu 100/280 mm. Jelikož v ČR rozměry 80/280mm nejsou běžné, vyjímečně jsem u prodejců narazil na profily rozměru 80/240mm.



Obr. 39. – Model navržené konstrukce 2.1 – (1) vnitřní konstrukce

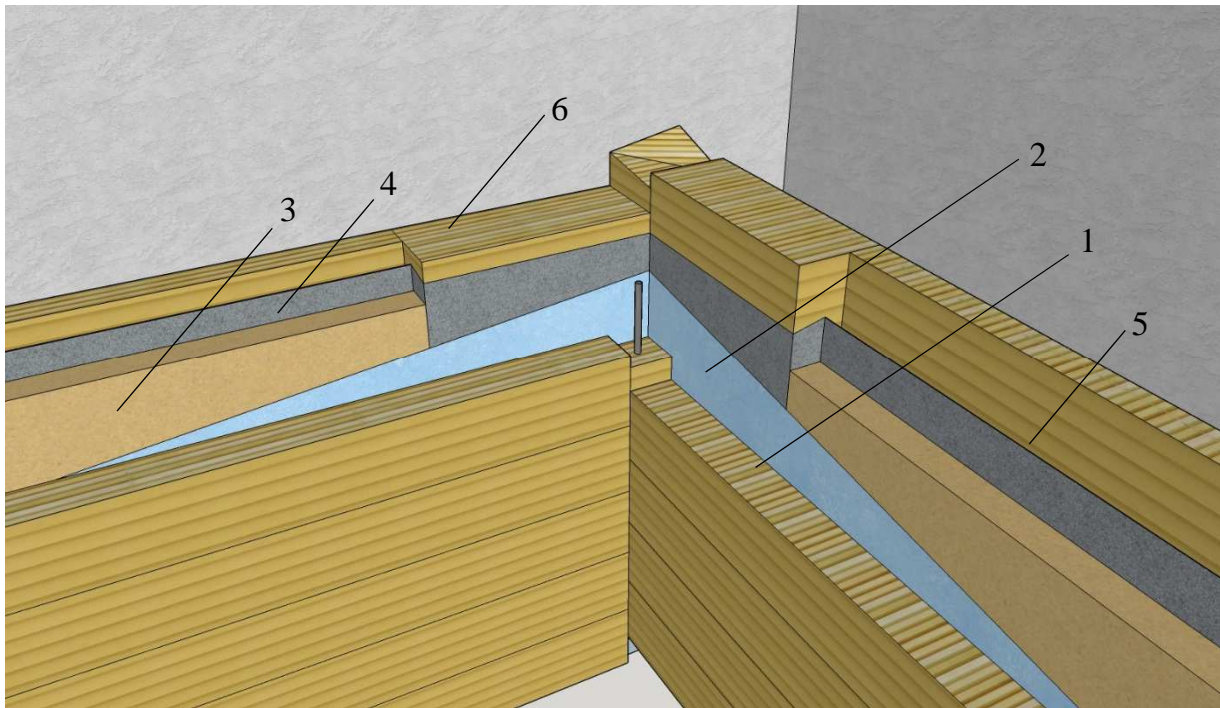


Obr. 40. – Model navržené konstrukce 2.1 – (1) vnitřní konstrukce, (2) parozábrana



Obr. 41. – Model navržené konstrukce 2.1 – (1) vnitřní konstrukce, (2) parozábrana, (3) tepelná izolace, (4) difúzně propustná fólie





Obr. 42. – Model navržené konstrukce 2.1 – (1) vnitřní konstrukce, (2) parozábrana, (3) tepelná izolace, (4) difuzně propustná fólie, (5) větraná vzduchová vrstva, (6) vnější pohledová konstrukce s roubením

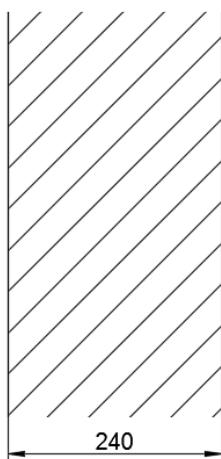


## 7.2. Postup při návrhu konstrukce roubené stavby

V počátcích návrhu jsme se snažili o splnění několika požadavků, a to zachovat estetiku stavby (tzn. vzhled masivní roubené konstrukce), splnit tepelně technické požadavky dle ČSN 73 0540 (Tabulka 5.) a vytvořit cenově přijatelnou konstrukci, u které bude rychlost výstavby srovnatelná s typem roubenek dnes běžně realizovaných. Zde jsem zjistil, jaké typy roubených staveb jsou běžně realizované.

### 7.2.1. Výchozí konstrukce pro návrh

Jednovrstvá konstrukce



Obr. 43. – Skladba konstrukce – jednovrstvé dřevo

První výchozí konstrukce ať už z BSH profilu (240/240mm) nebo rostlého smrkového dřeva.

Vrstva (od interiéru)	Tloušťka [mm]	Funkce	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
<b>BSH profil</b>	240	Nosná	0,13
<b>Rostlé dřevo SM</b>	240	Nosná	0,18

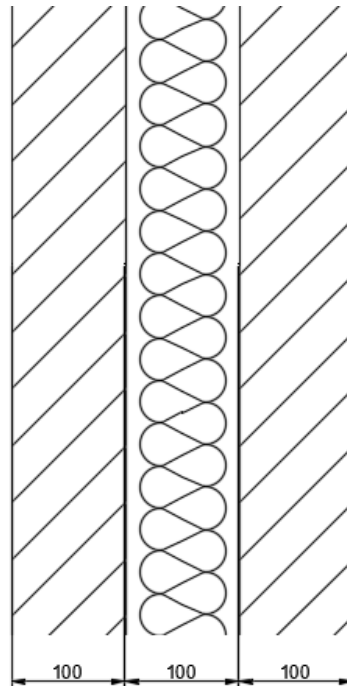
Tabulka 7. – Parametry skladby jednovrstvé dřevěné konstrukce

Veškeré posouzení tepelné techniky je převzato od mého kolegy Jana Bittnera [18], který zpracoval posouzení daných skladeb v programech Deksoft a Wufi.

Součinitel prostupu tepla takovéto konstrukce je  $U = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Neodpovídá tedy požadovaným hodnotám normy ČSN 73 0540-2 ( $0,3 \leq 0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). (Převzato z [18]).

pozn.: Pro výstavbu konstrukce s takovouto skladbou, která by teoreticky vyhověla požadavkům normy ČSN 73 0540-2, by bylo třeba tloušťku rostlého SM dřeva nejméně 0,7 m.

Konstrukce “sendvičové” roubenky



Obr. 44. – Skladba konstrukce – zdvojená roubenka

Druhá konstrukce vychází z konstrukční návrhu zdvojené roubené stavby s vloženou tepelnou izolací. Zápor této konstrukce vidím v její estetice, neboť rybinový spoj vypadá velmi subtilně.

Vrstva (od interiéru)	Tloušťka [mm]	Funkce	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
<b>BSH profil</b>	100	Nosná	0,13
<b>Tepelná izolace – Minerální vata</b>	100	Tepelně izolační	0,04
<b>BSH profil</b>	100	Nosná	0,13
<b>CELKEM</b>	300	-	-

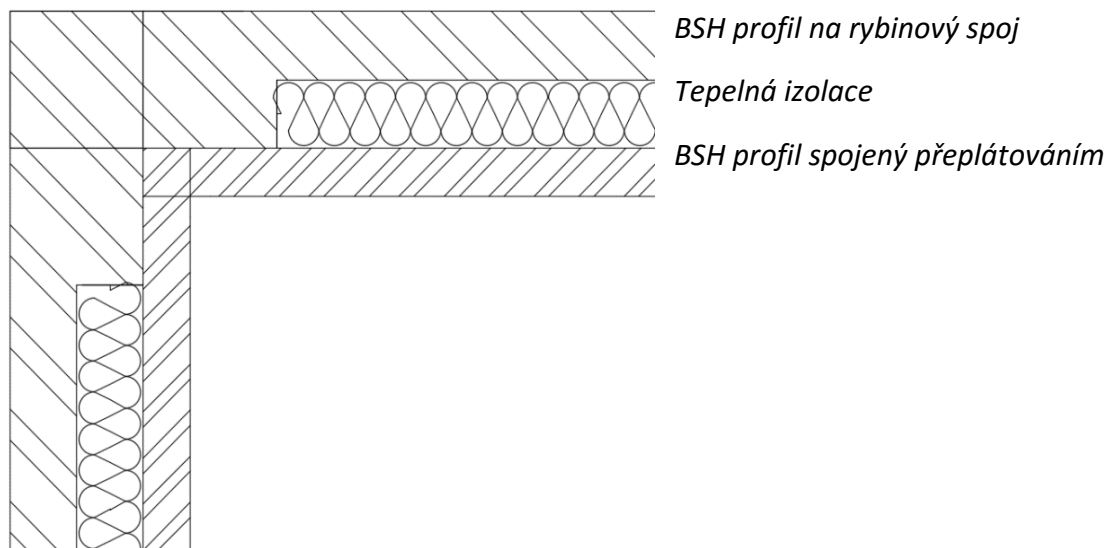
Tabulka 8. – Parametry skladby zdvojené roubenky

Součinitel prostupu tepla takovéto konstrukce je  $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Odpovídá tedy požadovaným hodnotám normy ČSN 73 0540-2, nesplňuje však hodnoty doporučené ( $0,20 \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Podle výpočtu v programu Wufi vyvstává problém kondenzace (nejvyšší projevy v období ledna). Statistická analýza uvádí 2938h během roku, kdy relativní vlhkost vzduchu přesahuje 80%. Dle Čulického diagramu je zde riziko výskytu plísní a dřevokazného hmyzu, jelikož hmotnostní vlhkost dřeva přesáhne 18%. (Převzato z [18]).

### 7.2.2. Navržená konstrukce – postup návrhu

#### a) Navržená konstrukce 1.0

Jelikož jsem vycházel z konstrukce zdvojené roubenky, snažil jsem se nahradit její subtilně vypadající rybinový spoj za masivní. Vznikl prvek „hokejka“ (*pracovní název*) viz. Obr. 34.



Obr. 45. – Sklada konstrukce – napojení rohu ke 1.0

Navržená konstrukce 1.0 odstraňuje estetický problém subtilně vypadajícího rybinového spoje, a to profilem vytvořeným do „hokejky“ (*pracovní název*). Tím je zároveň minimalizován průřez a vzniká místo pro tepelnou izolaci. Vnitřní konstrukci není třeba řešit rybinovým spojem, jelikož stejný estetický dojem je uvnitř vytvořen i přeplátováním.

#### ***Skladba 1.0 s nejlepšími výsledky***

*Technologie výstavby* – výstavba této konstrukce by probíhala od interiéru.

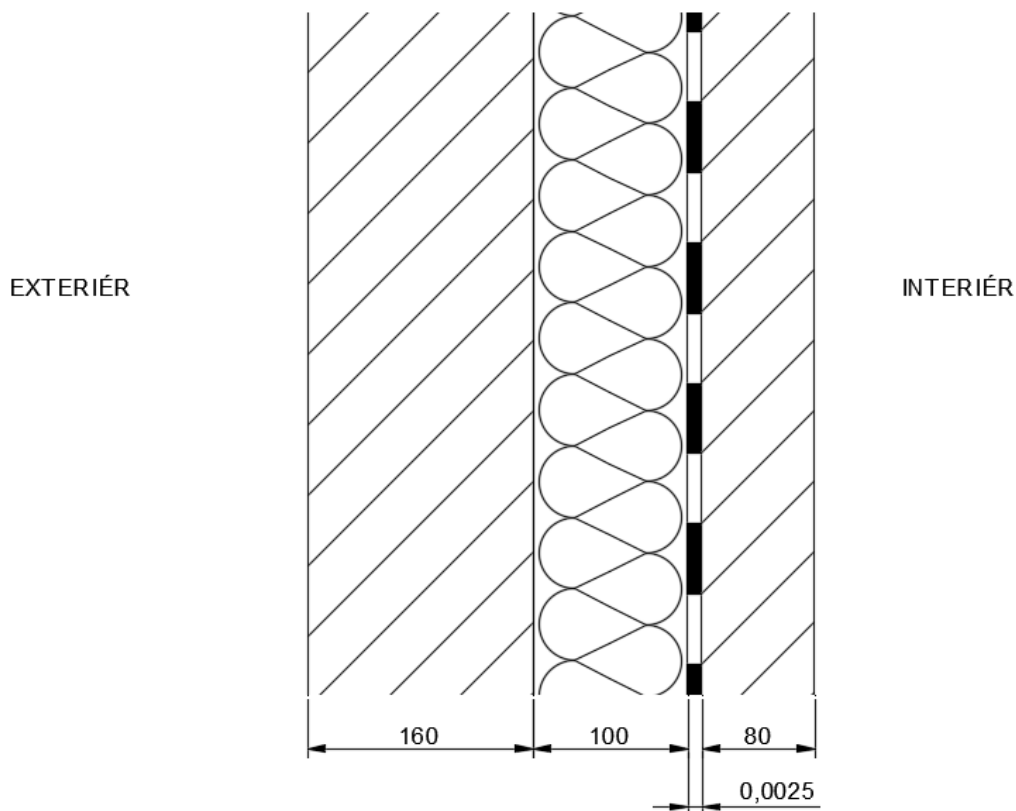
1. Sestavení pohledové vnitřní konstrukce podepřené jednostrannými vzpěrami kotvenými do konstrukce („jednostranné bednění“).
2. Natažení parozábrany na vnitřní konstrukci (tento postup je zvolen zejména pro zajištění kvalitního provedení parozábrany).
3. Realizace tepelné izolace zároveň s vnější nosnou konstrukcí.





Vrstva (od interiéru)	Tloušťka [mm]	Funkce	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
BSH profil	80	Pohledová	0,13
Parozábrana	0,0025	Parotěsnící	0,3
Tepelná izolace (Termo Juta)	100	Tepelně izolační	0,038
BSH profil (hokejka)	160 - 260	Nosná	0,13
CELKEM	340	-	-

Tabulka 9. – Parametry skladby navržené konstrukce 1.0

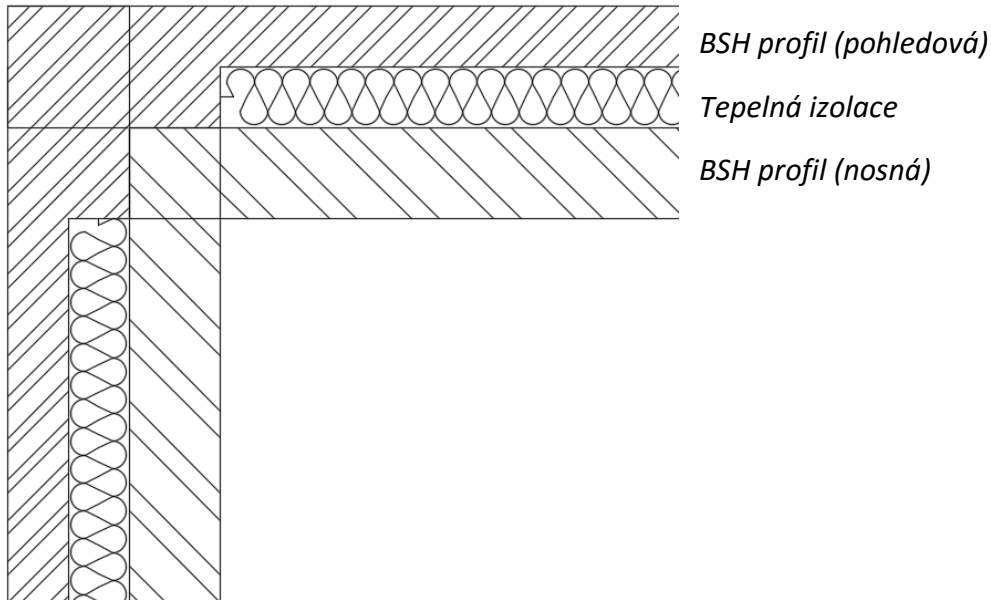


Obr. 46. – Sklada konstrukce 1.0

Dle tepelně technického posouzení Jana Bittnera [18]. Součinitel prostupu tepla takovéto konstrukce je  $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Odpovídá tedy požadovaným hodnotám normy ČSN 73 0540-2, nspĺňuje však hodnoty doporučené ( $0,20 \leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). U této skladby bylo výpočty zjištěno vysoké riziko kondenzace vodní páry na rozhraní BSH profilu a tepelné izolace na vnější straně konstrukce, proto se jí dále nebudeme zabývat.

Tato konstrukce nevyhoví, pokusím se kondenzaci eliminovat obrácením skladby, kdy nosná konstrukce bude uvnitř. Vycházím z předpokladu, že masivní konstrukcí u exteriéru vzniká efekt vnitřního zateplení, které přináší řadu problémů včetně kondenzace vodní páry. (Převzato z [18]).

## b) Navržená konstrukce 2.0



Obr. 47. – Sklada konstrukce – napojení rohu ke 2.0

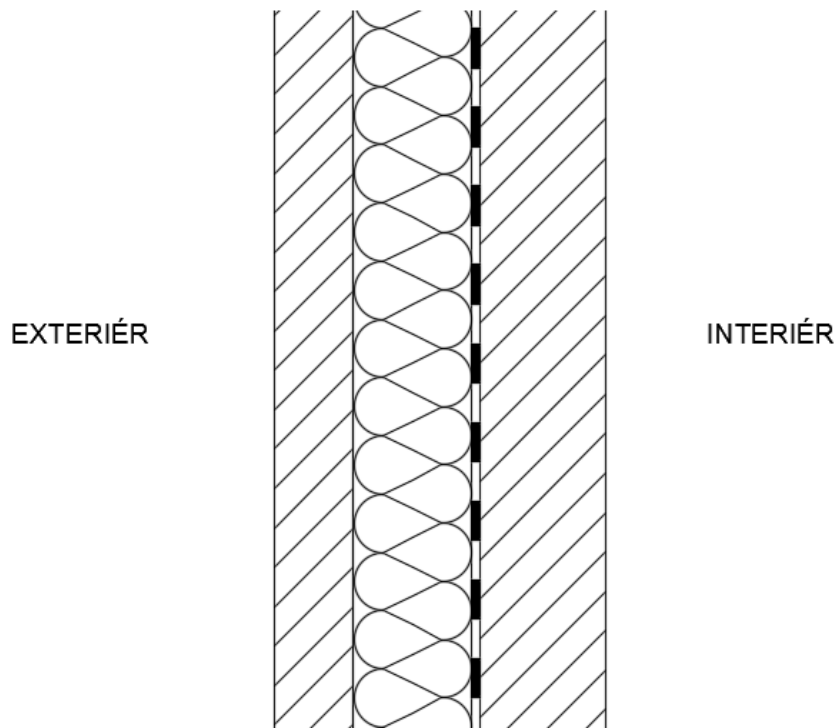
Estetika konstrukce je zachována. Kondenzace by díky obrácení skladby měla být omezena. Stejně jako konstrukce 1.0 je spoj vnější konstrukce řešen rybinovým spojem a vnitřní přeplátováním.

***Skladba 2.0 s nejlepšími výsledky***

Vnitřní stěna nosná, navazující parozábrana, tepelná izolace, vnější nosná konstrukce. Konstrukce je opět realizována od interiéru.

*Technologie výstavby – výstavba konstrukce od interiéru.*

1. Výstavba vnitřní nosné konstrukce.
2. Natažení parozábrany na vnitřní konstrukci.
3. Zde je možné realizovat krov a zajistit tak u prostupů trámů lepší tepelně izolační vlastnosti.
4. Realizace tepelné izolace zároveň s vnějším záklopem pohledovou konstrukcí.



Obr. 48. – Sklada konstrukce 2.0

Vrstva (od interiéru)	Tloušťka [mm]	Funkce	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]
<b>BSH profil</b>	150	Nosná	0,13
<b>Parozábrana</b>	0,0025	Parotěsnící	0,3
<b>Tepelná izolace (Termo Juta)</b>	120	Tepelně izolační	0,038
<b>BSH profil</b>	80 – 200	Pohledová	0,13
<b>CELKEM</b>	350	-	-

Tabulka 10. – Parametry skladby navržené konstrukce 2.0

Tepelně technická analýza [18.] Součinitel prostupu tepla takovéto konstrukce je  $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Odpovídá tedy požadovaným hodnotám normy ČSN 73 0540-2 a zároveň splňuje hodnoty doporučené ( $0,20 \leq 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Dle výpočtu v programu Wufi je stále problém kondenzace vodní páry. Oproti předchozímu návrhu konstrukce 1.0 je výrazně omezen, avšak na stále nedostatečnou hodnotu. (Převzato z [18]).

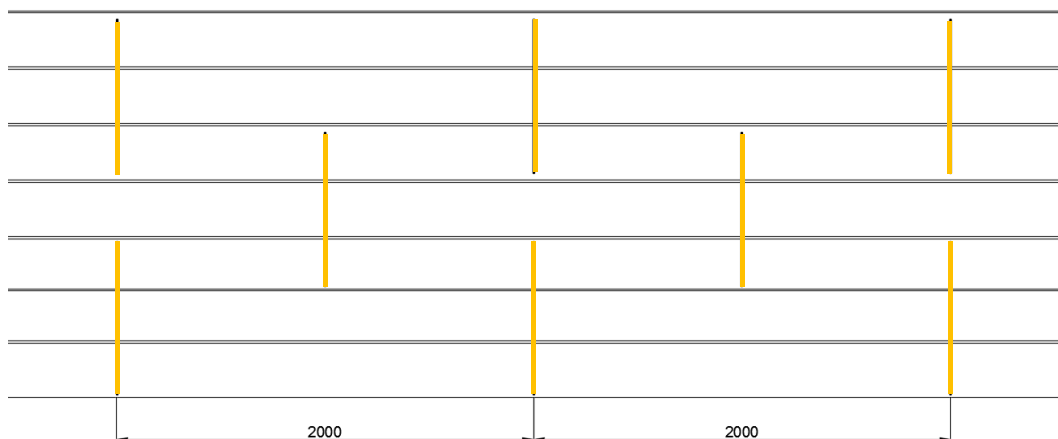
Přestože tato konstrukce stále nevyhoví, pokusím se tuto konstrukci ponechat v stávající podobě, avšak s doplněním větrané vzduchové vrstvy pro zlepšení vlhkostní bilance konstrukce, čímž se dostávám k výsledné konstrukci viz. kapitola 7.1.



## 8. Technologický postup prací pro navrženou konstrukci 2.1

Před zahájením práce je nutno seznámit pracovníky s pracovním postupem a návaznostmi způsobu provádění jednotlivých činností. Musí být zajištěno dostatečné množství potřebného materiálu na místo výkonu činnosti. Pro proces je nezbytné zajištění dodávky elektrického proudu a příprava všech potřebných pomůcek.

- 1) **Přípravenost** – Před zahájením montáže obvodové konstrukce je nutné mít dokončenou a vytvrdlou základovou desku. Rovinnost základové desky by měla být 2 mm/2 m a musí být vytažena nejméně 15 – 30 cm nad terén (dle PD).
- 2) **Zaměření** – Vytyčíme a vyznačíme na základové desce polohu obvodových stěn (rohů, nosné konstrukce, obvodové konstrukce) a zároveň naznačíme polohu okenních a dveřních otvorů. Je třeba dbát na přesnost, jelikož skládačka pro roubenku je přesně vyrobená.
- 3) **Příprava podkladu** – Podklad musí být před započatím prací očištěn, zakládací řada dřevěných profilů bude podložena asfaltovým pásem (nebo izolantem z pěnového skla), který bude celoplošně přitaven k podkladové konstrukci. Dále bude do určených míst navrtána a připevněna (chemickou kotvou nebo již zabetonována) závitová tyč, která bude složena jako vodící linka pro nosnou konstrukci. Tyč bude opracována asfaltovým pásem ve styku se železobetonovou deskou.
- 4) **Vnitřní nosná konstrukce** – Postupně bude skládána dle projektové dokumentace vnitřní nosná konstrukce na tesařský spoj přeplátování nasunutá na závitovou tyč. Jednotlivé profily jsou na drážkách vykládány komprimační páskou. Takto skládaná konstrukce bude střídavě po 2 m kolíkována dřevěnými kolíky, vždy skrz 3 profily viz. *Obr. 46.* – Schéma kolíkování konstrukce.



*Obr. 49.* – Schéma kolíkování nosné konstrukce





- 5) **Parozábrana** – Na nosnou konstrukci bude montována parotěsná fólie. Spojе a místa kotvení musí být vzduchotěsně uzavřeny. Fólie bude přichycena a připravena pro zakončení nebo připojení na navazující konstrukce. Rohy takovéto konstrukce budou opratřeny komprimační páskou, aby nedošlo k protržení fólie od vnější konstrukce.
- 6) **Tepelná izolace** – Jako další bude kladena tepelná izolace buď mezi trámkы pomocí drátu, nebo drátem/kotvami přímo k nosné konstrukci. Jako alternativu pro trámkы lze použít terče vyrobené z pěnového skla na které bude následně kotvena difuzně propustná fólie.
- 7) **Difuzně propustná folie** – Přes tepelnou izolaci bude natažena difuzně propustná fólie. Musí být dbáno na vodotěsné kotvení do fólie. Fólie bude přichycena a připravena pro zakončení nebo připojení na navazující konstrukce. Pro ulehčení výstavby je možno tuto vrstvu realizovat simultáně s realizací rohu vnější konstrukce.
- 8) **Vnější konstrukce** – Nejdříve zkontrolujeme výšku prvního dřevěného prvku nad terénem, musí být ve vzdálenosti 15 – 30 mm nad terénem (případně podložíme pěnovým sklem). První budou položeny dílce rohů s roubeným (rybinovým) spojem, které budou podkládány komprimační páskou a vyrovnány. Komprimační páska bude lepena i na svislou nosnou stěnu kvůli vytvoření vzduchové kapsy v oblasti rohu a zároveň jako ochrana parozábrany před protžením. Po ukotvení těchto dílců bude připojován středový dílec fasády dle výběru výsledného spojení (kolíkování, čepování, zámeček). Konstrukce bude obdobně kolíkována jako nosná konstrukce, pouze s tím rozdílem, že po 4 m viz. bod 4). pro zajištění rovinnosti a tuhosti konstrukce.
- 9) **Vyložení spojů pro krov** – Vyfrézované spoje pro zasazení krovu budou vyloženy komprimační páskou a připraveny pro montáž krovu.
- 10) **Případné opravy** – budou provedeny případné opravy konstrukce a příprava pro další práce.
- 11) **Úklid pracoviště**

Technologický postup je možno změnit, podle potřeby PD a realizovat jako konstrukci s dodatečným zateplením až po realizaci krovu nebo dalších konstrukcí. Po vyzkoušení výroby a výstavby konstrukce může být technologický postup výstavby dále doplněn nebo pozměněn.



## 9. Ekonomicko – technologická analýza

V této kapitole je uveden výstup mé ekonomicko-technologické analýzy na objektu roubenky dle přílohy 16.1. *Výkresy*. Analýza má za úkol porovnat dvě běžně realizované konstrukce v ČR a třetí navrženou konstrukci 2.1, která vyšla z hlediska tepelné techniky jako nejlepší, a zjistit je-li takováto konstrukce cenově a časově srovnatelná s ostatními. Zabývám se pouze výrobou a realizací roubených stěn.

### a) Roubenka z rostlého dřeva

V ceně uvažuji řešení dilatací pro značné sedání stavby již v PD, tyto úpravy se tedy cenově odrazí až při montáži stavby. Tato roubenka dle mého předpokladu vyjde levněji, je však nutno podotknout, že nespĺňuje tepelně technické požadavky dle ČSN 73 0540-2.

Harmonogram dle přílohy 16.2.1. *HMG – Roubenka – Rostlé dřevo*

Rozpočet dle přílohy 16.3.1. *Rozpočet – Roubenka – Rostlé dřevo*

Hodnocení viz. kapitola 10.1.

### b) Sendvičová roubenka

Zde předpokládám stále nižší cenu za skladbu než u nově navržené skladby, hodnoty by se však mohly více přibližovat. A stejně tak by mohl být velmi podobný čas výstavby. Tato skladba sice vyhoví požadavkům normy ČSN 73-0540-2, ale je zde riziko kondenzace. Podle mého názoru neodpovídá ani estetickým požadavkům.

Harmonogram dle přílohy 16.2.2. *HMG – Roubenka – BSH zdvojená roubenka*

Rozpočet dle přílohy 16.3.2. *Rozpočet – Roubenka – BSH zdvojená roubenka*

Hodnocení viz. kapitola 10.1.

### c) Navržená konstrukce 2.1

Nově navržená skladba má hlavní výhodu ve splnění normy ČSN 73-0540-2 a estetického vjemu robustnosti. Díky rychlosti a přesnosti výroby BSH a za použití vhodných technologických postupů může konkurovat ostatním uvedeným konstrukcím.

Harmonogram dle přílohy 16.2.3. *HMG – Roubenka – BSH navržená konstrukce 2.1*

Rozpočet dle přílohy 16.3.3. *Rozpočet – Roubenka – BSH navržená konstrukce 2.1*



Hodnocení viz. kapitola 10.1. a 10.2.

Čas a cena výstavby a materiálu se mění pouze pro obvodové stěny. Neuvádím tedy ceny a časovou náročnost pro projektovou dokumentaci, přípravu a realizaci ostatních konstrukcí. Není zde také uvedena cena dopravy, skladování a balení materiálu. Cena za dopravu by pro BSH profily vycházela lépe díky jejich nižší hmotnosti oproti rostlému dřevu. Cena pro montáž se odvíjí od složitosti návrhu roubené konstrukce, tato cena byla zjištěna přímo pro 16.1. Výkresy od specialisty na výstavbu roubených konstrukcí. Do harmonogramu je pouze pro názornost zapracována i těžba a transport.

Název skladby	Doba procesu dle normálu [h]	Doba procesu dle HMG [dny]	Doba výroby [h]	Doba výstavby [h]
Rostlé dřevo	407,6	68	83,6	230
BSH zdvojená roubenka	246,06	41	64,4	86,8
BSH navržená konstrukce 2.1	299,1	54	71,4	116,0

Tabulka 11. – Výčet výsledných hodnot z Harmonogramů 15.2.

Název skladby	Cena za m <sup>2</sup> skladby obvodové stěny [Kč]	Celková cena za obvodovou konstrukci [Kč]	Cena za materiál [Kč]	Cena za práce [Kč]
Rostlé dřevo	6 391	703 727	622 539	115 506
BSH zdvojená roubenka	5 186	777 950	730 070	71 264
BSH navržená konstrukce 2.1	6 435	965 055	892 636	101 123

Tabulka 12. – Výčet výsledných hodnot z Rozpočtů 15.3.

Název skladby	Cena hrubé stavby za den realizace [Kč/den]	Předpokládaná cena hotové stavby [Kč]	Cena na m <sup>2</sup> obytné plochy [Kč/m <sup>2</sup> ]
Rostlé dřevo	10 348	2 620 000	21 500
BSH zdvojená roubenka	18 974	2 700 000	22 150
BSH navržená konstrukce 2.1	17 871	2 850 000	22 800

Tabulka 13. – Porovnání hodnot Harmonogramů 15.2. a Rozpočtů 15.3.



## 10. Závěr

### 10.1. Hodnocení ekonomicko – technologické analýzy

Z porovnání harmonogramů je zřejmé, že obecně je výstavba z profilů BSH rychlejší, než výstavba z profilů rostlého dřeva. Nejlépe by vycházela výstavba konstrukce zdvojené roubenky díky přesnosti BSH profilů. Dále jsem zjistil, že cena konstrukce roste s její složitostí, ale ne díky ceně za realizaci, ale díky ceně za opracování dřeva a tato cena dále stoupá, pokud se jedná o konstrukci z dřeva rostlého. Složitost opracování však nezávisí pouze na architektonickém návrhu, ale také na kvalitě zpracování výrobní dokumentace a vhodnosti agregátů k této výrobě použitých. Z ekonomického hlediska vychází nejlevněji konstrukce z rostlého dřeva, a to zejména kvůli nízké ceně vstupního materiálu. Tato konstrukce však nespĺňuje tepelně technické podmínky dle ČSN 73 0540-2, a proto bych takovouto konstrukci nedoporučil, neboť finance ušetřené při výstavbě, budou v průběhu let utraceny za vytápění. Stavba dle zákona může sloužit pouze k dočasnému bydlení a individuální rekreaci. V porovnání *Tabulky 13.* jsem zjistil, že navržená skladba je poměrně výhodná i pro investora, pokud by ji splácel hypotéčním úvěrem, kdy se snažíme danou částku využít v co nejkratším čase. Po stránce technologické jsou zkoumané dřevostavby výhodné díky vyloučení mokřých procesů a bez delších technologických přestávek při výstavbě, proto lze dosáhnout velmi rychlé realizace stavby. Výstavba je také urychlena tím, že dřevo je sušeno v komorových sušárnách, což přispívá jak k urychlení stavby, tak k minimalizaci porušení dřeva při sušení.

### 10.2. Celkové hodnocení navržené konstrukce 2.1

Mnou navržená konstrukce 2.1 vychází v poměru k ostatním zkoumaným konstrukcím cenově přijatelně, pokud bereme v úvahu, že takto vystavená konstrukce vyhovuje po estetické i tepelně technické stránce. Výstavba takovéto konstrukce po porovnání harmonogramů vychází nevýhodněji, což je zapříčiněno složitější skladbou stěny. Avšak pro technologický normál byly použity odvozené a normované hodnoty, které nemusí vždy odpovídat skutečnosti, a proto by bylo vhodné takovouto konstrukci vyrobit a vystavět, aby se ověřil teoretický základ, zjistit, jak by se výstavba dala zkrátit, a optimalizovanou konstrukci následně ve zkušebně proměřit. Po optimalizaci bychom byli pravděpodobně schopni dosáhnout lepších hodnot. Po zkouškách výroby obvodové konstrukce v několika variantách by bylo možné také tento čas zkrátit.





### 10.3. Budoucnost výroby masivních dřevěných konstrukcí

Jelikož dřevo je obnovitelný materiál a dřevostavby jsou ekologické a zdravé pro bydlení, mohla by četnost jejich výstavby v budoucnu stále vzrůstat. Po porovnání roubených konstrukcí BSH profily vychází pro stavbu roubenek mnohem lépe než rostlé dřevo, a proto by četnost staveb z tohoto materiálu mohla stoupat. Budoucnost těchto staveb závisí také na strojním průmyslu, pokud budou optimalizovány stroje pro výrobu takovýchto staveb, značně klesne cena vstupního materiálu a tím i výsledné stavby.

## 11. Vize pro další modifikaci navržené konstrukce

Po porovnání výstupů z ekonomicko-technologické analýzy (viz. kapitoly 9., 10.1. a 10.2.) jsem došel k závěru, že se tato konstrukce ubírá správným směrem. V dalším výzkumu bych se rád věnoval konstrukci, která by se skládala z nosných sloupků vytvořených pomocí rohových dílců s rybinovými spoji vytvořenými z metrových kusů BSH a zavěšené vnitřní konstrukce stejně jako vnější. Konstrukce by stále vypadala robustně a zároveň se výrazně snížila spotřeba dřeva. Čas výstavby by se poté mohl blížit času výstavby montovaných dřevostaveb.



## 12. Použité zdroje

### Publikace

- [1] 1989 – Otomar Tibitzl – Stavební technologie III; (Sobotáles);  
ISBN: 978-80-86817-15-6
- [2] 2008 – Johannes Kottjé - Jak se staví dřevěný dům; (Grada Publishing, a.s.)  
ISBN: 978-80-247-2531-4
- [3] 2009 – Luboš Svoboda – Stavební hmoty; (JAGA Group)  
ISBN: 978-80-8076-057-1
- [4] 2009/06 – Ing. Petr Bohuslávek, Jan Strouhal, DiS. – DEKTIME; (DEK a.s.)  
ISSN: 1802-4009
- [5] 2001 – B Allan Mackie – The Owner-Built log house; (Firefly Books)  
ISBN: 978-15-5407-790-8
- [6] 2005 – Peter Brett – Carpentry and Joinery; (Nelson Thornes)  
ISBN: 978-07-4878-502-5

### Platné normy ČSN

- [7] ČSN 49 1531-1 Dřevo na stavební konstrukce - Část 1: Vizuální třídění podle pevnosti nahrazena normou ČSN 73 2824-1 Třídění dřeva podle pevnosti – Část 1: Jehličnaté řezivo (*Datum účinnosti 1. 1. 2015*)
- [8] ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky (*Datum účinnosti 1. 1. 2011*)
- [9] ČSN EN 408+A1 (ČSN 1194) Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo - Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot (*Datum účinnosti 1. 1. 2013*)
- [10] Předpis č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích stavby
- [11] Předpis č. 148/2007 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov.

### Další dokumenty

- [12] 2007/08 – Technický DEKWOOD – Konstrukční řezivo
- [13] 2013/09 – Technický list DEKWOOD – BSH – lepené lamelové dřevo
- [14] Technický list – TK Juta 100
- [15] 2010/08 – Technický list – MUF lepidlo 1257
- [16] 2010/08 – Technický list – Tužidlo 7557



- [17] Technický list – PUR 2010
- [18] 2016 – Jan Bittner – VŠKP – Multikriteriální analýza modifikovaných roubených staveb
- [19] 2015 – Ing. Pavel Uherka – VŠKP – Tepelně – Vlhkostní analýza konstrukcí masivních dřevostaveb

### Internetové stránky

- [20] <http://www.sruby-roubenky.cz/>
- [21] <http://www.moderni-sruby.cz/>
- [22] <https://cs.wikipedia.org/wiki/>
- [23] <http://www.vaseroubenka.cz/>
- [24] <http://www.tzb-info.cz/>
- [25] <http://www.google.com/>
- [26] <http://www.roubenkyroubal.cz/>
- [27] <http://www.okpyrus.cz/>
- [28] <http://www.katres.cz/>
- [29] <http://www.e-chalupy.cz/>
- [30] <http://www.thermo-log.com/>
- [31] <http://www.drevotes.cz/>
- [32] <http://www.dek.cz/>
- [33] <http://www.farmaduben.cz/pila.html>

## 13. Seznam obrázků

- [1] Obr. 1. – Klasická roubená stavba – Podkrkonoší (foto Antošová Kamila)
- [2] Obr. 2. – Klasická poloroubená stavba – Šumavsko (zdroj [www.e-chalupy.cz](http://www.e-chalupy.cz))
- [3] Obr. 3. – Mezera mezi stěnovnicemi
- [4] Obr. 4. – Zdvojená roubenka s vloženým tepelným izolantem (zdroj [www.okpyrus.cz](http://www.okpyrus.cz))
- [5] Obr. 5. – Thermo-log (zdroj [www.thermo-log.com](http://www.thermo-log.com))
- [6] Obr. 6. – Thermo-log II (zdroj [www.thermo-log.com](http://www.thermo-log.com))
- [7] Obr. 7. – Rybinový spoj
- [8] Obr. 8. – Překlátování
- [9] Obr. 9. – Příklad realizace roubenky z rostlého dřeva (zdroj [www.drevotes.cz](http://www.drevotes.cz))
- [10] Obr. 10. – Příklad realizace roubenky z BSH profilů (DEKWOOD)



- [11] Obr. 11. – Detail spoje roubenky z BSH profilů (z podkladů firmy OK PYRUS)
- [12] Obr. 12. – Detail spoje roubenky z BSH profilů (z podkladů firmy OK PYRUS)
- [13] Obr. 13. – Hráň dřeva přírodní vysoušení
- [14] Obr. 14. – Komorová sušárna dřeva KATRES
- [15] Obr. 15. – Přířezová pila
- [16] Obr. 16. – Čtyřosá fréza
- [17] Obr. 17. – Šestiosá fréza
- [18] Obr. 18. – Vrtací jednotka
- [19] Obr. 19. – Značkovací jednotka
- [20] Obr. 20. – Horizontální pila řetězová
- [21] Obr. 21. – Horizontální pila řetězová podélná
- [22] Obr. 22. – Vertikální vrtací jednotka
- [23] Obr. 23. – Vertikální fréza
- [24] Obr. 24. – Jednotka pro srubové spoje
- [25] Obr. 25. – Hoblovka
- [26] Obr. 26. – Hoblovka (vlevo) a dopravník CNC
- [27] Obr. 27. – CNC obráběcí centrum – průběh obrábění profilu (DEKWOOD)
- [28] Obr. 28. – Vstupní materiál - BSH profil s drážkami
- [29] Obr. 29. – Výstupní profil - BSH s rybinovým spojem
- [30] Obr. 30. – Projekt zpracovaný v SEMA Soft – podklad pro výrobu
- [31] Obr. 31. – Podmínky pro růst plísní a usazování spór dřevokazných hub
- [32] Obr. 32. – Skladba konstrukce 2.1
- [33] Obr. 33. – Skladba konstrukce 2.1 – napojení rohu
- [34] Obr. 34. – Uvažované rozdělení profilu, které by minimalizoval prořez při výrobě tzv. „hokejka“
- [35] Obr. 35. – Předpokládané místo porušení prvku
- [36] Obr. 36. – Kolíkování spoje s lepením
- [37] Obr. 37. – Spojení na zámeček s lepením
- [38] Obr. 38. – Čepový spoj s lepením
- [39] Obr. 39. – Model navržené konstrukce 2.1 – (1) vnitřní konstrukce
- [40] Obr. 40. – Model navržené konstrukce 2.1 – (1) vnitřní konstrukce, (2) parozábrana
- [41] Obr. 41. – Model navržené konstrukce 2.1 – (1) vnitřní konstrukce, (2) parozábrana, (3) tepelná izolace, (4) difuzně propustná fólie





- [42] Obr. 42. – Model navržené konstrukce 2.1 – (1) vnitřní konstrukce, (2) parozábrana, (3) tepelná izolace, (4) difuzně propustná fólie, (5) větraná vzduchová vrstva, (6) vnější pohledová konstrukce s roubením
- [43] Obr. 43. – Skladba konstrukce – jednovrstvé dřevo
- [44] Obr. 44. – Skladba konstrukce – zdvojená roubenka
- [45] Obr. 45. – Skladba konstrukce – napojení rohu kce 1.0
- [46] Obr. 46. – Skladba konstrukce 1.0
- [47] Obr. 47. – Skladba konstrukce – napojení rohu kce 2.0
- [48] Obr. 48. – Skladba konstrukce 2.0
- [49] Obr. 49. – Schéma kolíkování nosné konstrukce

## 14. Seznam tabulek

- [1] Tabulka 1. – Porovnání časové náročnosti na sušení dřeva
- [2] Tabulka 2. – Rozměry běžně vyráběných profilů (výroba firmy Hranex)
- [3] Tabulka 3. – Tabulka 3. – Porovnání cen za pronájem manipulačních strojů
- [4] Tabulka 4. – Požadavky na součinitel prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou teplotou  $\theta_{im}$  v intervalu 18°C až 20°C včetně. (Výňatek z tab. 3 normy ČSN 73 0540-2:2012 ZMĚNA Z1)
- [5] Tabulka 5. – Porovnání navržené skladby s ostatními posuzovanými skladbami
- [6] Tabulka 6. – Parametry navržené konstrukce 2.1
- [7] Tabulka 7. – Parametry skladby jednovrstvé dřevěné konstrukce
- [8] Tabulka 8. – Parametry skladby zdvojené roubenky
- [9] Tabulka 9. – Parametry skladby navržené konstrukce 1.0
- [10] Tabulka 10. – Parametry skladby navržené konstrukce 2.0
- [11] Tabulka 11. – Výčet výsledných hodnot z Harmonogramů 15.2.
- [12] Tabulka 12. – Výčet výsledných hodnot z Rozpočtů 15.3.
- [13] Tabulka 13. – Porovnání hodnot Harmonogramů 15.2. a Rozpočtů 15.3.



## 15. Přílohy

### 15.1. Výkresy

15.1.1. Půdorys

15.1.2. Řez A-A´

15.1.3. Řez B-B´

### 15.2. Harmonogramy

15.2.1. HMG – Roubenka – Rostlé dřevo

*15.2.1.1. Technologický normál – Roubenka – Rostlé dřevo*

15.2.2. HMG – Roubenka – BSH zdvojená roubenka

*15.2.2.1. Technologický normál – Roubenka – BSH zdvojená konstrukce*

15.2.3. HMG – Roubenka – BSH navržená konstrukce 2.1

*15.2.3.1. Technologický normál – Roubenka – BSH navržená konstrukce 2.1*

### 15.3. Rozpočty

15.3.1. Rozpočet – Roubená stavba – Rostlé dřevo

15.3.2. Rozpočet – Roubená stavba – BSH zdvojená roubenka

15.3.3. Rozpočet – Roubená stavba – BSH navržená konstrukce 2.1

### 15.4. Ostatní

15.4.1. Tabulka kvalitativních parametrů pro BSH profily

15.4.2. Parametry lepeného lamelového dřeva BSH