

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
Fakulta lesnická a dřevařská  
Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

**Konstrukční návrh roubeného rekreačního  
domu v Jizerských horách**

**Diplomová práce**

Autor práce: Bc. Albert Ebr  
Vedoucí práce: Ing. Martin Sviták, Ph.D.

2021

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Albert Ebr

Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva

Název práce

**Konstrukční návrh roubeného rekreačního domu v Jizerských horách**

Název anglicky

**Constructional design of a timbered cottage in the Jizera Mountains**

---

### Cíle práce

Hlavním cílem práce je vytvořit konstrukční návrh roubeného rekreačního domu v Jizerských horách a zpracovat statické posouzení nosné konstrukce. Dílčími cíli jsou zasazení objektu do konkrétního prostředí a shrnutí technických a klimatických požadavků na návrh objektu. Součástí práce bude grafická vizualizace. Dále budou popsány vlivy a celkové zhodnocení výběru dvou různých dřevin na dřevěné nosné prvky celé konstrukce.

### Metodika

1. Základní charakteristika a účel vybraného stavebního objektu na bázi dřeva – roubeného domu.

Termín zpracování od 07/2020 do 09/2020.

2. Teoretická část – historie a současnost roubených staveb v ČR a v zahraničí. Popis materiálů používaných na roubené stavby a jejich vlastnosti. Možnosti konstrukce roubené stěny, popis používaných spojů.

Termín zpracování od 07/2020 do 09/2020.

3. Popis lokality a umístění objektu, shrnutí technických a klimatických požadavků na návrh budovy. Dopravní infrastruktura a inženýrské sítě.

Termín zpracování od 07/2020 do 10/2020.

4. Architektonický návrh objektu – estetická, uživatelská a společenská hlediska. Typ konstrukce a profily. Vizualizace objektu, vypracování situačních výkresů.

Termín zpracování od 09/2020 do 12/2020.

5. Stavebně-konstrukční řešení objektu – výběr materiálů, návrh nosné konstrukce a profilů, řešení ochrany dřevěných prvků, montáž.

Termín zpracování od 10/2020 do 01/2021.

6. Statické posouzení konstrukce. Druhy zatížení a kombinační stavy, mezní stavy, namáhání dřevěných konstrukčních prvků.

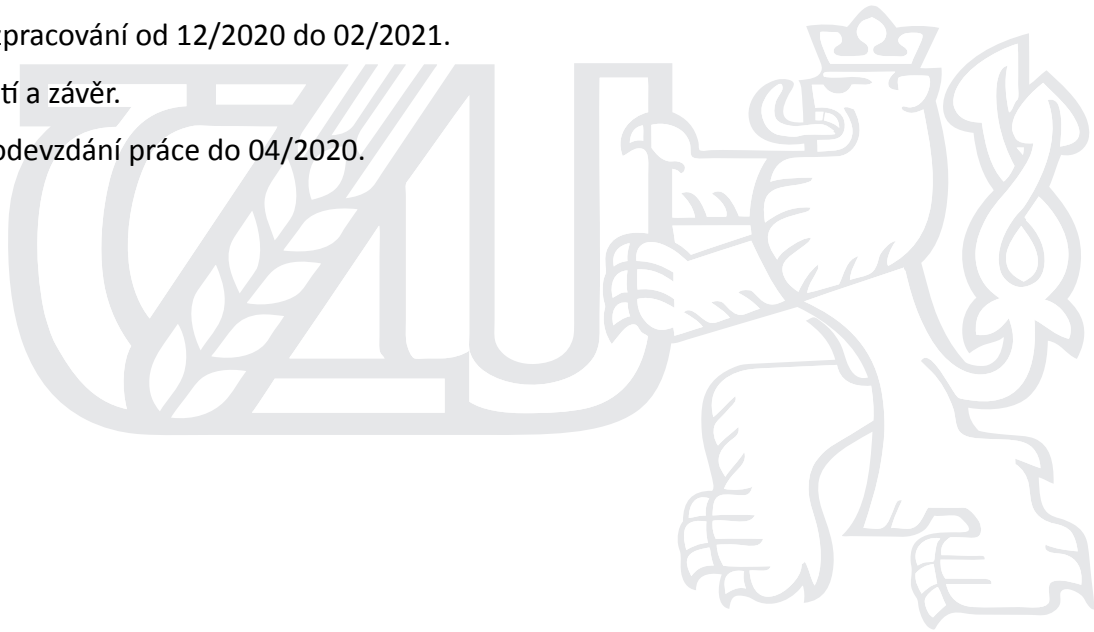
Termín zpracování od 11/2020 do 02/2021.

7. Výběr dvou různých dřevin pro konstrukci domu. Posouzení vlivu druhu dřeviny na statiku konstrukce, životnost a další aspekty.

Termín zpracování od 12/2020 do 02/2021.

8. Shrnutí a závěr.

Termín odevzdání práce do 04/2020.



## **Doporučený rozsah práce**

50-60 stran, přílohou PD konstrukční část

## **Klíčová slova**

Roubený dům, konstrukční návrh, rekreační objekt, statický posudek, porovnání dřevin.

---

## **Doporučené zdroje informací**

- Aghayere, A., Vigil, J., 2007. Structural Wood Design: A Practice-Oriented Approach. John Wiley & Sons. ISBN 0470056789, 9780470056783.
- Brauštejnová, Z., Kuklík, P., Štefko, J., Reinprecht, L., 2009. Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba. Bratislava: Jaga, ISBN 978-80-8076-080-9.
- Breyer, D., Fridley, K., Pollock, Jr., Cobeen, K., 2007. Design of Wood Structures-ASD/LRFD. McGraw Hill Professional. ISBN 0071709274, 9780071709279.
- Jelínek, L., Červený, P., 2012. Tesařské konstrukce. Praha: IC ČKAIT. ISBN 978-80-87438-34-3.
- Kuklík, P., 2005. Dřevěné konstrukce. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT. ISBN 80-01-03310-4.
- McMullin, P.W., Price, J.S., 2017. Timber Design. Routledge. ISBN 1317559339, 9781317559337.
- Reinprecht, L., Pánek, M., 2016. Trvanlivost a ochrana dřeva. V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2660-6.

---

## **Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FLD

## **Vedoucí práce**

Ing. Martin Sviták, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 8. 7. 2020

**Ing. Radek Rinn**

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 05. 12. 2020

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Konstrukční návrh roubeného rekreačního domu v Jizerských horách vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Svitáka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 29. 3. 2021



Podpis autora

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu Ing. Martinu Svitákovi, Ph.D. za vedení a dohled nad psaním této diplomové práce, za konstruktivní připomínky k textové i projektové části práce a za čas, který věnoval kontrole a konzultacím. Dále patří můj dík panu Ing. Michalu Bošanskému, Ph.D. za odborné konzultace a cenné rady v oblasti statického posouzení konstrukce. Děkuji také panu doc. Ing. Mgr. Romanu Sloupovi, Ph.D. za pomoc při sestavení cenového propočtu stavby.

## **Abstrakt**

Tématem této práce je konstrukční návrh roubeného rekreačního domu, který je situován do obce Horní Maxov v oblasti Jizerských hor. S ohledem na klimatické a technické podmínky v lokalitě byla navržena konstrukce poloroubeného domu s jedním nadzemním podlažím a obytným podkrovím pod sedlovou střechou. Roubenou stěnu tvoří smrkové masivní trámy spojené v nároží rybinovým spojem, na konstrukci krovu a některé další nosné prvky je použito lepené konstrukční dřevo. Součástí práce je grafická vizualizace nosné dřevěné konstrukce domu, projektová dokumentace s důrazem na stavebně konstrukční řešení a statické posouzení jednotlivých dřevěných nosných prvků konstrukce metodou mezních stavů. Pro použití v konstrukci byly následně zvoleny dvě odlišné dřeviny, smrk (*Picea abies*) a zerav (*Thuja plicata*). Vliv dřeviny použité na dřevěné konstrukční prvky byl porovnán z hlediska životnosti konstrukce, statiky, stavební fyziky, vybraných technologických a ekonomických aspektů a celkového vzhledu budovy. Zatímco dřevo smrku je cenově méně nákladné a vykazuje lepší mechanické vlastnosti, dřevo zeravu vyniká tvarovou stálostí, lepšími tepelně izolačními vlastnostmi a vysokou trvanlivostí.

***Klíčová slova:*** roubený dům, konstrukční návrh, rekreační objekt, statický posudek, porovnání vlivu dřevin.

## **Abstract**

This thesis is focused on the constructional design of a log weekend house which is situated in a municipality of Horní Maxov in the area of Jizera Mountains. According to climate and technical conditions in the locality, a semi log single-storey building with a living attic and a saddle roof has been designed. Log walls are constructed using spruce sewn joists bound together with corner dovetail notch. Constructional timber is used on the roof frame construction and some of the other load-bearing elements. The work also includes the graphic visualization of the timber construction, design documentation of the building emphasised on constructional design and structural analysis using the limit state method. Accordingly, two different wood species were selected, spruce (*Picea abies*) and western red cedar (*Thuja plicata*). The impacts of the wood species used in the timber construction were evaluated in a relation to the construction lifespan, structural analysis, wood physics, selected technological and economic aspects and the visual appearance of the house. While the wood of spruce is less expensive and has better mechanical properties, wood of western red cedar has superior proportional stability, better thermal insulation properties and higher durability.

**Keywords:** log house, constructional design, weekend house, structural analysis, wood species comparison.



# OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>9</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>12</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>13</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ</b> .....	<b>14</b>
<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>17</b>
<b>2. CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>19</b>
<b>3. HISTORIE A SOUČASNOST ROUBENÝCH DOMŮ</b> .....	<b>20</b>
3.1. HISTORIE ROUBENÝCH DOMŮ .....	20
3.1.1. Roubené domy ve světě .....	20
3.1.2. Roubené domy na území ČR .....	23
3.1.3. Používané materiály, konstrukce a spoje .....	26
3.2. SOUČASNÉ KONSTRUKCE ROUBENÝCH DOMŮ .....	30
3.2.1. Používané materiály na roubené domy .....	30
<b>4. VÝBĚR LOKALITY UMÍSTĚNÍ ROUBENÉHO DOMU</b> .....	<b>33</b>
4.1. VYBRANÁ LOKALITA – POPIS .....	33
4.1.1. Koordinační umístění roubeného domu .....	34
4.2. PODKLADY A POŽADAVKY PRO NÁVRH ROUBENÉHO DOMU .....	35
4.2.1. Stavebně technické požadavky .....	35
4.2.2. Geotechnické podmínky .....	36
4.2.3. Klimatické podmínky a provoz .....	36
4.2.4. Dopravní infrastruktura .....	37
<b>5. ARCHITEKTONICKÝ NÁVRH</b> .....	<b>38</b>
5.1. TYP KONSTRUKCE .....	38
5.2. PARAMETRY DOMU A PROFILY KONSTRUKCE .....	39
5.3. TYP POUŽITÝCH MATERIÁLŮ .....	41
5.4. ÚPRAVA OKOLÍ .....	41
<b>6. KONSTRUKČNÍ NÁVRH</b> .....	<b>42</b>
6.1. POUŽITÉ MATERIÁLY .....	42

6.1.1.	Dřevo a materiály na bázi dřeva.....	42
6.1.2.	Zdivo .....	42
6.1.3.	Izolační materiály.....	42
6.1.4.	Další použité materiály.....	43
6.2.	NÁVRH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ .....	43
6.2.1.	Krokve.....	44
6.2.2.	Vaznice.....	45
6.2.3.	Hambálky .....	46
6.2.4.	Sloupky pod vaznicemi .....	47
6.2.5.	Pásky .....	47
6.2.6.	Příhradová konstrukce půdní nadezdívky .....	48
6.2.7.	Stropní nosníky .....	48
6.2.8.	Průvlak a sloup pod průvlakem.....	49
6.2.9.	Nosné prvky roubené stěny .....	50
6.2.10.	Konstrukční prvky zádveří a zápraží.....	51
6.3.	OCHRANA DŘEVA .....	51
6.3.1.	Konstrukční ochrana .....	52
6.3.2.	Chemická ochrana.....	53
6.3.3.	Požární ochrana.....	54
6.4.	MONTÁŽ .....	55
7.	STATICKE POSOUZENÍ KONSTRUKCE .....	58
7.1.	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE .....	58
7.1.1.	Uvažovaná zatížení a kombinační stavy .....	60
7.2.	STATICKE PŮSOBENÍ.....	62
7.3.	MEZNÍ STAVY .....	63
7.3.1.	Mezní stavy únosnosti.....	63
7.3.2.	Mezní stavy použitelnosti .....	64
7.4.	ZÁKLADNÍ NAMÁHÁNÍ DŘEVĚNÝCH KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ .....	65
7.4.1.	Prvky namáhané tahem .....	66
7.4.2.	Prvky namáhané tlakem .....	66
7.4.3.	Prvky namáhané ohybem .....	68
7.4.4.	Prvky namáhané smykem .....	68
7.4.5.	Prvky namáhané kroucením.....	69

<b>8. Vliv použité dřeviny na konstrukci – volba dvou druhů odlišných dřevin v konstrukci domu a numerické zhodnocení statického posudku .....</b>	<b>70</b>
8.1. Životnost konstrukce .....	71
8.2. Únosnost a použitelnost konstrukce .....	74
8.3. Tepelná a vlhkostní bilance konstrukce.....	77
8.4. Vzhled konstrukce.....	80
8.5. Spoje .....	81
8.6. Ekonomické aspekty .....	82
<b>9. Závěr .....</b>	<b>85</b>
<b>Seznam literatury a použitých zdrojů.....</b>	<b>88</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>95</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. č. 1:** Základní typy vesnických domů ve střední Evropě.
- Obr. č. 2:** Finská vesnická stavení z 18. století.
- Obr. č. 3:** Podoba vesnických domů na území dnešní České republiky.
- Obr. č. 4:** Šámalova chata v Jizerských horách.
- Obr. č. 5:** Roubená konstrukce patrového domu s podstávkou.
- Obr. č. 6:** Rybinový spoj a spoj na zámky.
- Obr. č. 7:** Různé typy nárožních spojů.
- Obr. č. 8:** Vybraná lokalita pro umístění objektu.
- Obr. č. 9:** Situace – umístění roubeného domu.
- Obr. č. 10:** Vizualizace roubeného domu.
- Obr. č. 11:** Krokve.
- Obr. č. 12:** Vaznice krovu.
- Obr. č. 13:** Hambálky.
- Obr. č. 14:** Sloupky krovu s pásky.
- Obr. č. 15:** Konstrukce půdní nadezdívky.
- Obr. č. 16:** Stropní nosníky.
- Obr. č. 17:** Průvlak a sloup pod průvlakem.
- Obr. č. 18:** Roubená stěna s vertikálními sloupky.
- Obr. č. 19:** Konstrukce zádveří a krytého zápraží.
- Obr. č. 20:** Textura a barevnost dřeva smrku a zeravu.

## SEZNAM TABULEK

**Tab. č. 1:** Posuzované konstrukční prvky a jejich základní parametry.

**Tab. č. 2:** Třídy ohrožení dřeva a výskyt biologických škůdců.

**Tab. č. 3:** Třídy trvání zatížení.

**Tab. č. 4:** Hodnoty  $k_{\text{def}}$  pro rostlé a lepené lamelové dřevo.

**Tab. č. 5:** Stanovení předpokládané životnosti roubeného domu faktorovou metodou.

**Tab. č. 6:** Použité hodnoty mechanických vlastností a hustoty porovnávaných dřevin ve statickém posudku.

**Tab. č. 7:** Numerické zhodnocení statického posudku pro porovnávané dřeviny.

**Tab. č. 8:** Tepelně vlhkostní posouzení konstrukcí s použitím dřeva smrku.

**Tab. č. 9:** Tepelně vlhkostní posouzení konstrukcí s použitím dřeva zeravu.

**Tab. č. 10:** Přibližný cenový propočet nákladů na pořízení stavby.

**Tab. č. 11:** Porovnání vlivu použitých dřevin na konstrukci.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BSH	lepené lamelové dřevo (Brettschichtholz)
CNC	počítačem řízený obráběcí stroj (Computer Numerical Control)
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
EPS	expandovaný polystyren
KVH	konstrukční dřevo (Konstruktionvollholz)
LLD	lepené lamelové dřevo
NP	nadzemní podlaží
OSB	desky z orientovaných třísek (Oriented Strand Board)
PIR	polyizokyanurátová pěnová izolace
XPS	extrudovaný polystyren
$A$	mimořádná zatížení
$A_m$	účinná plocha průřezu
$C_d$	mezí hodnota účinku zatížení
$C_e$	součinitel expozice
$C_t$	tepelný součinitel
$E$	modul pružnosti při normálovém napětí
$E_{0,05}$	5% kvantil modulu pružnosti
$f_{c,0,d}$	návrhová pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,0,k}$	charakteristická hodnota pevnosti dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{c,90,d}$	návrhová pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny
$f_{m,y,d}$	návrhová pevnost v ohybu k ose $y$
$f_{m,z,d}$	návrhová pevnost v ohybu k ose $z$
$f_{t,0,d}$	návrhová pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{t,0,k}$	charakteristická pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny
$f_{v,d}$	návrhová pevnost ve smyku
$G$	modul pružnosti pro tangenciální napětí
$G$	stálá zatížení
$i$	moment setrvačnosti průřezu
$k_c$	součinitel vzpěrnosti ve směru $z$ nebo $y$ v rovině průřezu
$k_{c,90,d}$	součinitel pro soustředný tlak

$k_{def}$	součinitel dotvarování
$k_m$	je součinitel pro šikmý ohyb
$k_{mod}$	dílčí součinitel vlastnosti materiálu
$l_{ef}$	účinná délka
$l_v(z)$	míra turbulence ve výšce $z$ nad terénem
$N_{t,d}$	návrhová osová síla stanovená pro rozhodující kombinaci zatížení
$Q$	nahodilá zatížení
$q_p(z)$	maximální dynamický tlak větru
$R_d$	výpočtové napětí
$s$	zatížení sněhem na střeše
$S_d$	účinky zatížení
$s_k$	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi
$u_{fin}$	konečné přetvoření
$u_{fin,G}$	konečné přetvoření pro stálé zatížení $G$
$u_{fin,Q1}$	konečné přetvoření pro rozhodující proměnné zatížení $Q_1$
$u_{fin,Qi}$	konečné přetvoření pro ostatní proměnná zatížení $Q_i$ , ( $i > 1$ )
$u_{inst}$	okamžité přetvoření
$U_{N,20}$	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla konstrukcí standardních budov
$U_T$	vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla konstrukcí
$v_m(z)$	charakteristická střední rychlost větru ve výšce $z$ nad terénem
$X_d$	návrhová hodnota pevnostní vlastnosti materiálu
$X_k$	charakteristická hodnota pevnostní vlastnosti materiálu
$z$	výška nad terénem
$\beta_c$	míra imperflexe
$\gamma_M$	modifikační součinitel
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti
$\lambda$	štíhlostní poměr
$\lambda_{rel}$	relativní štíhlostní poměr
$\mu_i$	tvarový součinitel
$\rho$	měrná hmotnost vzduchu ( $\rho=1,25\text{kg/m}^3$ )
$\rho_{mean}$	průměrná hodnota hustoty
$\sigma_{c,0,d}$	návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny
$\sigma_{c,crit}$	kritické napětí v tlaku
$\sigma_{c,90,d}$	návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$\sigma_{m,y,d}$	návrhové napětí v ohybu k ose $y$
$\sigma_{m,z,d}$	návrhové napětí v ohybu k ose $z$
$\sigma_{t,0,d}$	návrhové napětí v tahu
$\tau_d$	návrhové smykové napětí
$\tau_{tor}$	návrhové napětí od kroucení
$\psi_{0,i}$	součinitele pro kombinační hodnotu proměnných zatížení
$\psi_{2,1}, \psi_{2,i}$	součinitele pro kvazistálou hodnotu proměnných zatížení



## 1. ÚVOD

Dřevo je přírodní materiál, který je na konstrukční účely používán již po několik tisíciletí. Jeho široké uplatnění ve stavebnictví se odvíjí od vynikajících mechanických vlastností, kterými dřevo disponuje. Především se jedná o jeho vysokou pevnost při relativně nízké hmotnosti. Mezi další přednosti dřeva se řadí jeho dostupnost, poměrně snadné opracování a jednoduchá manipulace. Dnes je čím dál větší význam přikládán ekologii, z jejíhož pohledu má dřevo jako přírodní a obnovitelný materiál velký potenciál, a nejen kvůli tomu už v současné době podíl dřevostaveb mezi novostavbami narůstá. Se zvyšujícími se nároky na bydlení, bezpečnost a ekologii ale přichází také potřeba přizpůsobit podobu stavebních objektů novým požadavkům. Vzhled dnešních roubených domů se tedy od historických objektů tohoto typu již znatelně liší.

Roubené stavby jsou spojeny s vesnickou lidovou architekturou a zejména pak s horskými lokalitami. Pro domy tohoto typu je charakteristické využití masivních dřevěných trámů, které jsou kladeny vodorovně na sebe a v nárožích vzájemně provázány tesařskými spoji. Konstrukce roubené stěny také prošla určitým vývojem a v soudobém stavitelství se již na její výrobu používají novější technologie a materiály, které v mnohém překonávají ty původní, mohou mít ale nežádoucí vliv na celkovou estetiku roubených budov.

Tématem této práce je konstrukční návrh roubeného rekreačního objektu a jeho zasazení do lokality Horního Maxova na okraji Jizerských hor. V horských oblastech narůstá návštěvnost a lze předpokládat také rostoucí zájem o roubené domy určené k rekreaci. S ohledem na to byl vytvořen návrh rekreačního domu se zamýšlenou kapacitou pro 6 osob a předpokládaným sezónním využitím. Objekt je navržen tak, aby vyhovoval platným technickým požadavkům na stavby a aby byla zajištěna únosnost a spolehlivost jeho konstrukce. Zároveň je kladen důraz na to, aby stavba nenarušovala ráz okolního prostředí v lokalitě umístění. Vzhledem k charakteru zástavby v okolí a zamýšlenému účelu využití byla navržena výsledná podoba poloroubeného domu s jedním nadzemním podlažím a obytným podkrovím. Kombinovaná konstrukce

roubenky a zděné stavby respektuje podobu stávajících budov v lokalitě a mimo to poukazuje na možnost využití dřeva v kombinaci s dalšími stavebními materiály.

Kromě rostlého dřeva se v dnešní době hojně používá také lepené konstrukční a lamelové dřevo, které má z hlediska dřevěných konstrukcí nesporné výhody. Snížení obsahu vad ve dřevě a jeho tvarová stálost patří mezi ty nejvýznamnější. Také proto jsou lepené dřevěné profily využity na některé prvky konstrukce roubeného domu v Jizerských horách. Na konstrukci samotné roubené stěny ale bylo zvoleno rostlé dřevo, a to především z důvodu zachování estetiky, kterou tento materiál ve své přirozené podobě nabízí.

Při navrhování dřevěných konstrukcí je také velmi důležitá volba vhodné dřeviny. Dřevo různých dřevin se liší svou stavbou i chemickým složením, z čehož vyplývají často výrazné rozdíly v jeho fyzikálních, mechanických i jiných vlastnostech. U staveb ze dřeva patří mezi rozhodující parametry určitě mechanické vlastnosti jako pevnost nebo pružnost, dále jeho trvanlivost, hustota, náročnost na opracování, ale také například vzhled a textura nebo cena. Součástí této práce je porovnání vlivu dvou různých dřevin – smrku a zeravu – na vybrané parametry konstrukce roubeného rekreačního domu v Jizerských horách. Porovnáván je vliv dřeviny použité v konstrukci na statiku a tepelně vlhkostní parametry budovy, dále je posouzen její vliv na spoje konstrukčních prvků. Srovnání je provedeno také s ohledem na celkový vzhled, ekonomické aspekty a trvanlivost konstrukce při použití zvolené dřeviny.

## 2. CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této práce je vytvořit konstrukční návrh roubeného rekreačního domu zasazeného na pozemek v Horním Maxově v Jizerských horách, vytvořit stavebně konstrukční část projektové dokumentace objektu dle Vyhlášky 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb a zpracovat statické posouzení nosné konstrukce. Navržený objekt má využít tradiční roubenou konstrukci a zároveň dosáhnout splnění požadavků na moderní stavbu na bázi dřeva.

### *Dílčí cíle:*

- výběr lokality umístění rekreačního domu
- shrnutí technických a klimatických požadavků na návrh objektu
- architektonický a konstrukční návrh roubeného domu s ohledem na funkčnost a ochranu dřevěných prvků
- vypracování částí architektonicko-stavebního a stavebně konstrukčního řešení dokumentace stavebního objektu v rámci projektové dokumentace dle Vyhlášky 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb.
- grafická vizualizace nosné dřevěné konstrukce domu
- výběr dvou různých dřevin na dřevěné nosné prvky celé konstrukce a zhodnocení jejich vlivu na životnost a únosnost konstrukce, porovnání z estetického a ekonomického hlediska a z pohledu stavební fyziky

### **3. HISTORIE A SOUČASNOST ROUBENÝCH DOMŮ**

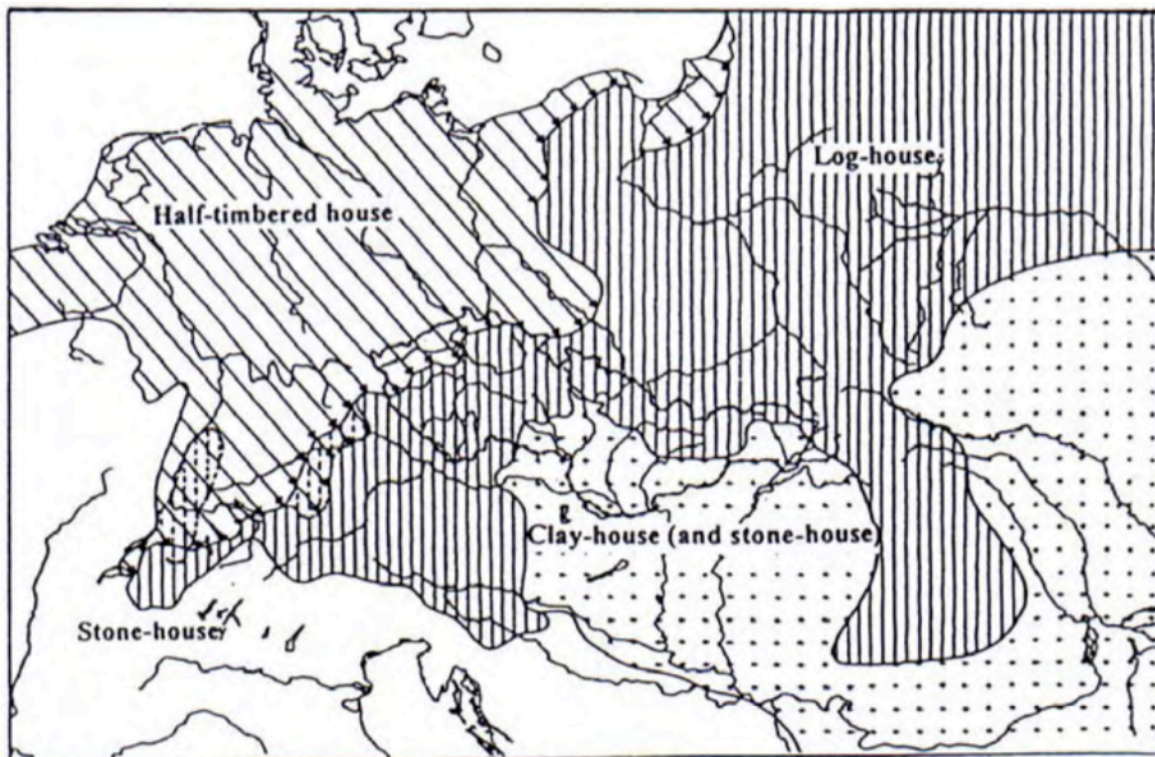
#### **3.1. Historie roubených domů**

Počátky roubených staveb sahají daleko do minulosti. Dřevo bylo jedním z nejdostupnějších konstrukčních materiálů, zároveň svými vlastnostmi umožňovalo relativně jednoduché opracování a oproti jiným stavebním materiálům se dalo lépe transportovat i v náročném terénu. I proto našly stavby ze dřeva – a mezi nimi také roubené domy – tak široké uplatnění po celém světě a v mnohých oblastech, zejména v severských zemích a na horách, jsou roubené a srubové konstrukce dodnes používány v tradiční podobě (Kolb, 2011).

##### **3.1.1. Roubené domy ve světě**

Stavby a technika stavění jsou založeny na tradici a dlouholetých zkušenostech stavitelů a jsou zásadně ovlivněny kulturními zvyklostmi a klimatem. Především ale vždy byla forma staveb určena dostupností stavebního materiálu a dokonalostí stavební techniky a používaných nástrojů. Tyto faktory měly vliv také na historický výskyt roubených staveb ve světě a stejně tak na jejich podobu a vývoj. Zatímco v oblasti Středozemního moře převažovaly kamenné stavby, v lesnatých zemích střední a severní Evropy se vyskytovaly převážně stavby ze dřeva, mezi nimi i roubené objekty (Lokaj, 2010).

Roubené domy se v minulosti stavěly v různých lokalitách po celé Evropě, obzvlášť ale tam, kde bylo dřevo dostupným materiálem. Nejčastěji se tedy jednalo o venkovská stavení poblíž lesů anebo na horách. Stavby využívající systém roubení byly hojně konstruovány po staletí, mimo jiné také pro svoje dobré statické vlastnosti. Jak je patrné z obrázku č. 1, roubené objekty byly v období od 13. do 19. století zastoupeny v lidové architektuře na velkém území napříč Evropou (Škabrada, 1999).



Obrázek č.1: Základní typy vesnických domů ve střední Evropě (Kuklík, 2008).

Roubené stavby využívají dřevo v nízkém stupni opracování; z konstrukčního hlediska se jedná o stavby, jejichž stěna je tvořena masivními hraněnými či polohraněnými trámy (roubenky) nebo kulatinou (sruby) s různými typy rohových spojů. Jednodušší rohové spoje masivních prvků jsou známy už z doby kamenné, sofistikovanější typy spojů včetně rybinového byly později vyvinuty v západní Evropě. Protože se pila používala až od 16. století, byly trámy původně pouze otesávány sekerami. Z takto opracovaných trámů poskládaných na sebe vznikla roubená stěna, která byla vertikálně zakončena vaznicovým věncem. Na věnec se pokládaly stropní trámy, které následně nesly stropní povaly. Krovky se lišily podle lokality a zejména pak podle sněhových podmínek. Různé bylo i provedení střechy, mezi časté materiály patřily slaměné došky nebo štípaná šindel (Kuklík, 2005).

V evropských zemích byly roubené konstrukce používány především na obytné a hospodářské budovy, někde ale tento konstrukční systém pronikl i do dalších odvětví stavitelství a ovlivnil vývoj dosavadní architektury. Ve skandinávských zemích a v Rusku

se roubené a srubové konstrukce využívaly také na stavbu kostelů, paláců a věží. Běžnou podobu západofinských roubených venkovských stavení z 18. století ukazuje obrázek č. 2 ze skanzenu Seurasaari v Helsinkách.



Obrázek č. 2: Finská vesnická stavení z 18. století. (autorská fotografie, 2017)

Jako obytné stavby sloužily sruby a roubenky po staletí také v evropských alpských regionech, z nichž v mnohých zůstává tradice stále zachována a roubené stavby se zde zřizují nadále. Mezi takové oblasti řadí Kolb (2011) Bernskou vysočinu a kanton Wallis ve Švýcarsku, Rakouské Alpy nebo Bavorské Alpy v Německu. Alpské roubenky se od podobných staveb z jiných oblastí liší zejména menším sklonem střech, charakteristickými zdobnými prvky a v pozdějších obdobích také typickými balkony.

Na americký kontinent se tradice stavění obytných budov z masivních dřevěných trámů dostala pravděpodobně se švédskými a nizozemskými osadníky, kteří se usadili koncem 17. století v oblasti Philadelphie. Sruby a roubené domy provázely proces

kolonizace a osidlování Severní Ameriky a své uplatnění našly i na území Kanady. Během 18. století už byly roubené domy převládající formou obytných stavení ve Spojených státech. Přestože kořeny těchto staveb mohou sahát ke skandinávskému stylu dřevěných konstrukcí nebo ke středověkým venkovským obydlím obyvatel střední Evropy, vyvinul se v Americe zcela osobitý styl stavění roubených domů (McRaven, 2005).

Stejně jako v Evropě, můžeme sledovat historický vývoj v dřevostavitelství i v zemích Severní Ameriky. Také zde byla původní roubená stavení nízká a s malým počtem okenních a dveřních otvorů ve stěnách. Novější domy pak mívají stavební otvory větší a ve vyšším počtu. Vývoji podléhá i samotná konstrukce roubené stěny a technika provádění rohových spojů, zejména v oblasti těsnosti obálky budovy (Leichti, 2004).

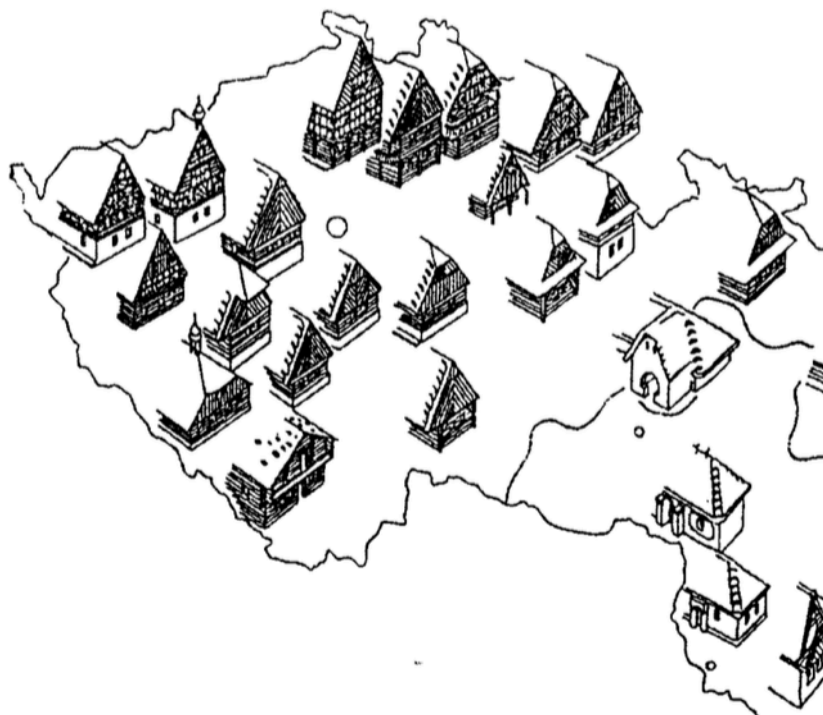
V lesnaté oblasti Laurentinské pahorkatiny v kanadské provincii Québec byly první roubené domy postaveny v 18. století. Původně se zde využívala kulatina borovice vejmutovky o průměru 30–35 cm. S probíhající lesní těžbou byla velká část kvalitního sortimentu větších rozměrů vytěžena a přepravena do Evropy, takže novější domy z konce 19. století byly v této oblasti konstruovány už z mnohem tenčí kulatiny s průměrem mezi 15–20 cm (Esponda et al., 2017).

Roubené stavby ve světě prošly za uplynulá století vývojem, který nadále trvá, a původní podoba domů z masivních trámů se přizpůsobuje modernímu pojetí bydlení, architektonickým trendům a technologickým inovacím. Roubené domy představují v mnohých zemích součást národní historie a snaha o její zachování jim tak dává prostor i v dnešním světě s širokými a různorodými možnostmi v oblasti stavitelství (Růžička, 2002).

### 3.1.2. Roubené domy na území ČR

Na území dnešních Čech a Moravy byly dosavadní lehké dřevěné domy keltských a slovanských obyvatel postupně vystřídány dokonalejšími stavbami, a to zejména roubenými. Nejdříve se tomu tak stalo na raně středověkých hradištích, ze kterých vyrostla první města. Na venkově se původní stavení udržela mnohem déle. Středověká lidová architektura, nazývaná také architekturou vesnice, se na našem území vytvořila

mezi 13. a 15. stoletím a přetrvala až do 19. století. Lidová architektura se z hlediska podoby a konstrukčního provedení staveb v tomto období rozlišila podle dostupného materiálu, vedle roubených domů tak vznikaly například i domy hrázděné (Kuklík, 2005).



Obr. č. 3: Podoba vesnických domů na území dnešní České republiky (Kuklík, 2005).

Stejně jako v dalších zemích Evropy, i na českém území se vzhled staveb postupně vyvíjel od nízkých budov s malými okenními otvory až k vyšším, prosvětlenějším a konstrukčně dokonalejším domům. Svou roli ve vývoji vesnické architektury přitom hrál také systém vytápění interiéru. Ve středověkých staveních se běžně vypouštěl kouř z pecí i otevřených topenišť přímo do místnosti, což ovlivnilo celkovou podobu budov. Kromě běžných světelných oken ve spodní části okenné stěny byla v horní části stěny situována ještě dýmná okna. Kouř se kumuloval ve vrchní části prostoru jizby a dýmná okna zajišťovala průchod kouře mimo stavení.

Vývoj vytápění vedl přes využití dymníků - otevřených kouřovodů ve tvaru připomínajícím obrácený trychtýř - až k běžným komínům, vytaženým nad střešní krytinu, které umožnily nové konstrukční a prostorové řešení domů. Dýmné jizby se tak



postupně proměnily v čistší a kvalitnější obytné prostory – světnice, jaké ještě dnes můžeme vidět ve venkovských roubených staveních a také v horských chalupách (Škabrada, 1999).



Obr. č. 4: Šámalova chata v Jizerských horách ([www.jablonec.com](http://www.jablonec.com)).

Roubené konstrukce byly v Českých zemích běžně využívány na stavbu venkovských stavení, také zde platí, že hojně zastoupení měly především v lesnatých a horských oblastech. Roubené a srubové stavby sloužily k obytným i hospodářským účelům, ale také jako poustevny nebo lovecké zámečky pro vrchnost. Jednou z nejnavštěvovanějších lokalit známých pro tradiční dřevěné stavby lidového slohu jsou beskydské Pustevny, které tvoří několik srubových staveb z 19. století. V Jizerských horách, kde bylo dostatečné množství dřeva pro provoz sklářských hutí, se dochovalo několik původních roubených staveb. Z nich možná nejznámější je Šámalova chata na Nové louce, která sloužila nejdřív jako panský dům ve sklářské osadě, později byla zrekonstruována a využívána jako lovecká chata a dnes funguje jako penzion s restaurací.

### 3.1.3. Používané materiály, konstrukce a spoje

Nejběžnějším materiálem používaným na roubené konstrukce je a vždy bylo rostlé dřevo. Tento základní stavební materiál byl doplňován různými dalšími materiály, z nichž se některé do současných roubených staveb již nezabudovávají, jiné naopak dodávají objektům žádoucí historický vzhled a jsou aplikovány dodnes. S rostoucími nároky na bydlení, a zejména pak na zateplení a ochranu před vlhkostí, se vyvíjely materiály nové a roubené konstrukce se tak v průběhu času mění v konstrukčně dokonalejší systémy. Podobně je tomu i v případě roubených konstrukcí jako takových a používaných spojů konstrukcí, které se v historických objektech částečně lišily od těch dnešních a budou popsány v následující kapitole spolu s používanými materiály.

#### 3.1.3.1. Používané materiály roubené stěny

K roubení se používala rovná jehličnatá kulatina, ideálně taková, která se po své délce co nejméně zužovala. Nejčastěji se na výrobu trámů využívalo dřevo dříve dobře dostupné jedle, dále také smrku nebo v severní Evropě oblíbeného modřínu, v Severní Americe pak často některé druhy borovic, jako je borovice vejmutovka. Jak uvádí Škabrada (1999), v některých oblastech, například ve středním Polabí, se používalo také dřevo listnatých dřevin, nejčastěji dubu. Dubové dřevo se kladlo na kamennou podezdívku a tvořilo spodní trámy stěny, důvodem byla trvanlivost této dřeviny při zvýšené vlhkosti a případném kontaktu se zemí.

Spáry mezi trámy se vycpávaly mechem nebo ovčí vlnou. Výplňová izolační vrstva pak byla potažená hliněnou mazaninou, která se v interiéru bílila nebo barvila. Větší spáry, způsobené nepravidelností konstrukčního dřeva, se kromě vymazání někdy ještě vyplňovaly drobnou tyčovinou, slámou nebo rákosem. Hliněná mazanina se mohla ještě doplňovat o slámu, zvířecí chlupy nebo pazdeří. Tyto složky se k hlíně přidávaly, aby se zamezilo jejímu popraskání (dekwood.cz).

K ošetření dřevěných trámů roubení se z důvodu ochrany konstrukce proti degradaci zapříčiněné atmosferickými vlivy a škůdci používala volská krev. Často se aplikoval nátěr směsí volské krve s různými přídatnými látkami, jako bylo například vápno, fermež, zvířecí žluč a moč, saze nebo sůl. Ve skandinávských zemích byly již

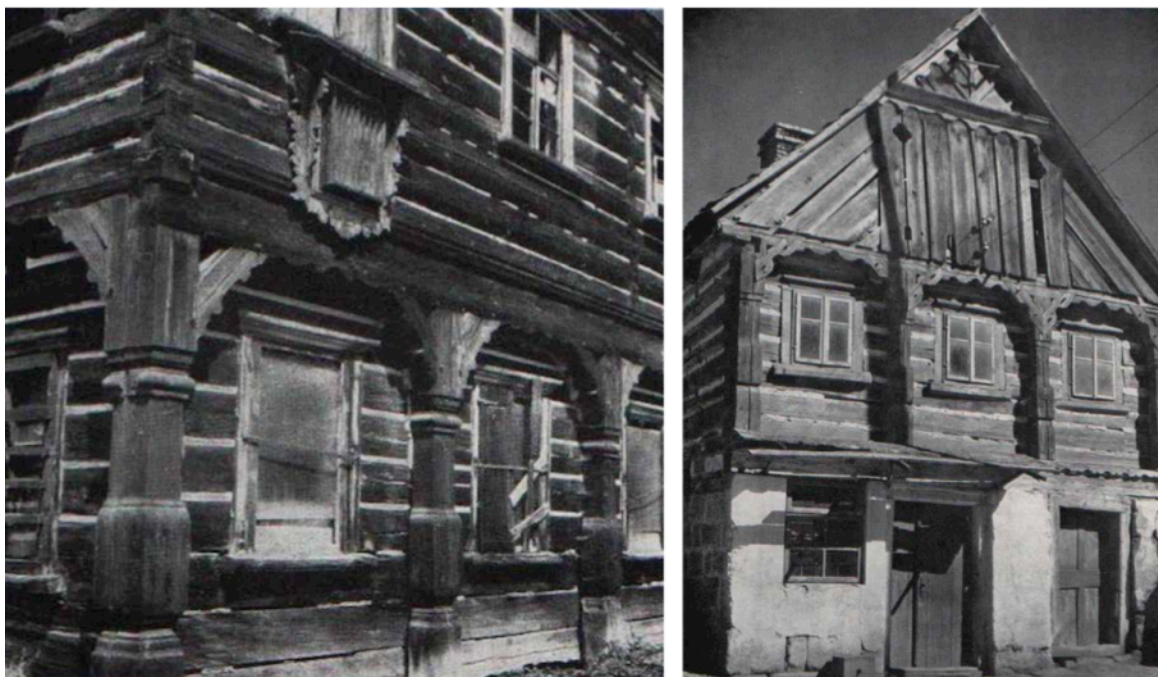
od 16. století známé některé nátěry na minerální bázi. Příkladem je švédská „Falunská červen“ , sytě červená nátěrová hmota, jejímž základem byla vypálená zemina s obsahem oxidů mědi, voda, mouka, lněný olej a zelená skalice. (www.drevoastavby.cz).

### **3.1.3.2. Používané roubené konstrukce**

Roubená konstrukce obecně vzniká kladením vodorovných dřevěných prvků na sebe, přičemž v nároží jsou na sebe stěny napojeny tesařskými spoji. Nejstaršími profily, ze kterých se roubená konstrukce skládala, jsou kuláče – tedy neotesaná kulatina. Využití kuláčů je běžné pro srubové stavby a nejčastěji se setkáme s takovou konstrukcí bez vodorovné ložné spáry, kulatina se běžně kladla přímo na sebe bez mezer, jen s přitesáním, aby na sebe jednotlivé vrstvy přiléhaly. U hraněných trámů se už ložná spára vyskytovala častěji, nicméně bezspárové roubené stěny byly konstruovány také.

Největším problémem roubené konstrukce byla její rovinná stabilita při působení vertikálního tlaku. Náchylnost k vybočení z roviny stěny byla eliminována jak rohovými tesařskými spoji, tak například svislými čepy, které byly osazené v dlabaných nebo vrтанých jamkách a vázaly sousední trámy k sobě. V severovýchodních Čechách se ke ztužení používaly masivnější krátké latě, které se kladly do drážek připravených ve spárách nejčastěji v kritických místech poblíž stavebních otvorů. Při pohledu z exteriéru navozují viditelná čela těchto vložek dojem, že je ve stěně založena tenčí roubená příčka (Technik, 2009).

Při dlouhodobém působení tlaku na trámy ve směru kolmo na vlákna se prvky stěny postupně sléhávají, takže se celá roubená stěna postupem času sesedá. U roubených staveb, jejichž stěna je takovému působení sil na trámy vystavena, má sedání velký význam. Pro každé poschodí se uvádí míra sednutí až 25 mm (Kolb, 2011). To platí pro trámy s již ustálenou vlhkostí, během počátečního sesychání konstrukčních prvků nové stavby se dá počítat i s několika centimetry na metr výšky stěny (www.drevostavitel.cz). Tento fakt vedl k hledání nových konstrukčních postupů, a to zejména u patrových staveb.



*Obr. č. 5: Roubená konstrukce patrového domu s podstávkou (Mencl 1980).*

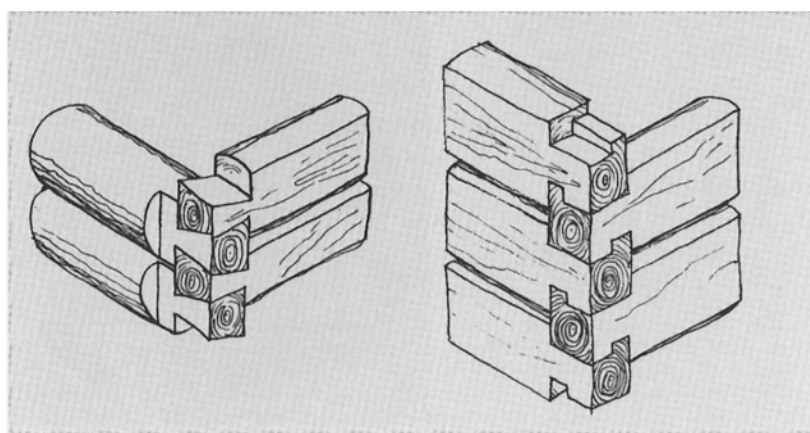
Možným řešením byla konstrukce takzvané podstávky (obr. č. 5), kdy se roubená stěna zvenčí obestavěla sloupy, které nesly vrchní patro a střechu. Jedná se už tedy o rámovou konstrukci, která se v kombinaci s roubenou stěnou i v minulosti často používala, ať už ve formě podstávky nebo na výstavbu vrchního patra a štítových stěn (Mencl, 1980).

### **3.1.3.3. Používané spoje konstrukcí**

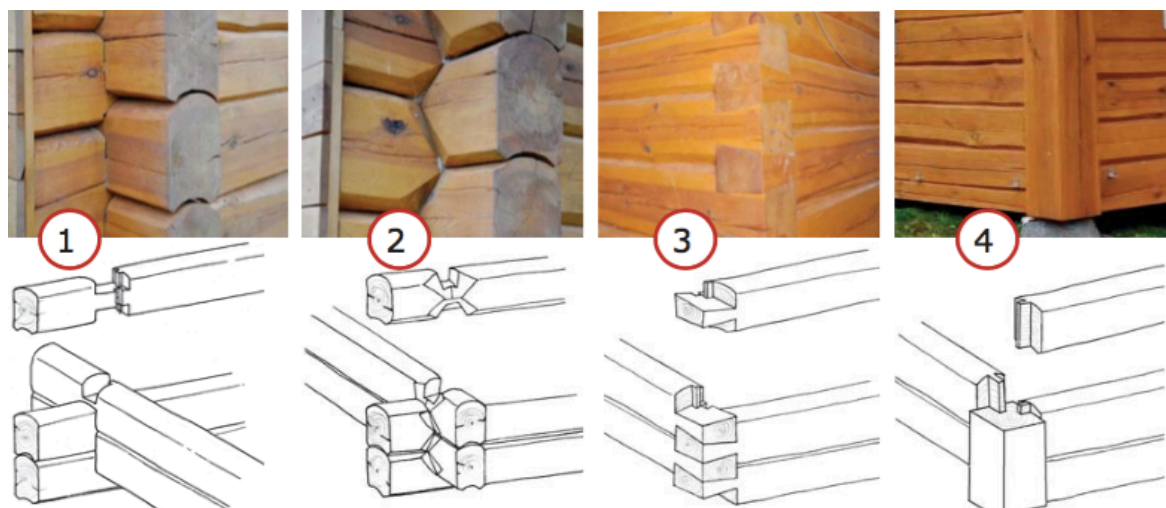
Při konstrukci roubených domů vždy hrály nejdůležitější roli tesařské spoje. Ty jsou u roubených staveb nejpatrnější v nároží, kde jsou rohové vazby dobře viditelné. Zatímco pro srubové stavby jsou typické přesahy konců kulatiny v nároží, u roubených objektů mnohem častěji vidíme nárožní spoje bez přesahů trámů. Přesahy se někdy ponechávaly alespoň u spodních trámů stěny anebo u trámů nesoucích strop. Nárožní spoje roubených stěn zajišťují stabilitu celé stavby a brání stěnám ve vybočení z roviny, tomu se také musel podřídít tvar a provedení tesařských spojů.

Jedním z nejjednodušších typů spojů, který se prováděl u nároží s přesahy trámů, je přeplátování navzájem kolmých prvků sousedních stěn. Pokud se v rámci spoje

z každého trámu ubrala čtvrtina výšky profilu na obou stranách, dosedly na sebe trámy ve stěně bez mezilehlé mezery. Dlouhodobě využívaným spojem je spoj na rybinu, při kterém zakončení každého trámu připomíná při bočním pohledu rybí ocas. Tato vazba zamezuje vysunutí trámů ze spoje díky vzájemně protiběžně šikmým plochám. Spolu s historicky mladším spojem na tzv. zámky patří rybinový spoj k nejběžněji používaným ve střední Evropě. Zámkový spoj je komplikovanější než rybina a skládá se z několika vodorovných a svislých plošek, které na sebe navzájem doléhají. Rybinový a zámkový spoj je zobrazen na obrázku č. 6 (Škabrada, 1999).



Obr. č. 6: Rybinový spoj a spoj na zámky (Škabrada 1999).



Obr. č. 7: Různé typy nárožních spojů (Alev et al., 2014).

Některé další nárožní spoje jsou znázorněny na obrázku č. 7. Jedná se o přeplátovaný spoj s přesahem čel (1), zde již v modernější variantě se zámkem. Dále norský sedlový spoj s přesahem (2), využívaný především ve skandinávských zemích, rybinový spoj (3) opět se zámkovým profilem a vazba přes rohový sloupek (4).

## **3.2. Současné konstrukce roubených domů**

Roubené stavby jsou úzce spjaty s historií architektury a jejich klasická podoba nemůže uspokojit dnešní nároky na bydlení a energetickou náročnost budov. Přesto se stále těší oblibě a díky novým konstrukčním postupům a vývoji stavebních materiálů mohou sloužit i dnes nejen jako rekreační objekty, ale také jako obytné budovy, a zároveň si zachovat svůj tradiční vzhled. Velmi často se dnes můžeme u roubených staveb setkat se sendvičovou skladbou stěny, která může z interiéru i exteriéru navozovat dojem klasického roubení, jedná se ale už o izolovanou stěnu s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi (Kolb, 2008).

### **3.2.1. Používané materiály na roubené domy**

Vývoj nových materiálů jde neustále kupředu a dnes tak kromě běžného pilařského sortimentu mají projektanti dřevostaveb rozsáhlý sortiment konstrukčních a izolačních materiálů, nátěrových hmot i spojovacích prostředků. Díky tomu vzniká v architektuře a stavitelství velká rozmanitost, která se projevuje i v oblasti roubených domů. Rostlé dřevo a klasické izolační materiály, jako je mech nebo zvířecí srst, jsou mnohdy nahrazovány novějšími materiály s lepšími mechanickými nebo izolačními vlastnostmi. Některé materiály, používané na konstrukce dnešních roubených domů, budou dále popsány.

#### **3.2.1.1. Rostlé dřevo**

Rostlé dřevo je získáváno z pilařské kulatiny podélným a příčným řezáním a rozmítáním a je typickým materiálem používaným na roubené konstrukce. Využívá se v podobě trámů jako nosný prvek roubených stěn, hranoly z rostlého dřeva mohou také sloužit jako nosná konstrukce štítových stěn nebo konstrukce krovů. Nevýhodou rostlého

dřeva je jeho tendence ke kroucení a tvorbě trhlin při vysychání. Z toho důvodu bývá v dnešní době nahrazováno lepeným dřevem, a to i v případě roubené stěny. Přirozený vzhled rostlého dřeva a jeho estetika nelze však konstrukčním lepeným dřevem kompletně napodobit, a proto je dále používáno na konstrukce roubených domů ve své syrové podobě (Augustin, 2008).

#### **3.2.1.2. Lepené lamelové dřevo**

Lepené lamelové dřevo je konstrukční materiál, který se vyrábí plošným lepením pilařských dřevěných lamel. Výsledkem mohou být přímé nebo tvarované lepené nosníky, které mají ve stavebnictví široké využití, a to zejména ve střešních konstrukcích větších objektů. Do kategorie lepeného lamelového dřeva zařazujeme také BSH hranoly (z německého Brettschichtholz). Jedná se o lepené trámy z délkově nastavovaných a plošně slepených dřevěných lamel, dnes běžně používané pro výrobu roubených stěn (Böhm a kol., 2012).

#### **3.2.1.3. Konstrukční dřevo (KVH)**

Jako konstrukční dřevo, nebo také KVH (z německého Konstruktionsvollholz) se označuje dřevo pro konstrukční účely, obvykle vyrobené ze smrku nebo jedle. KVH hranoly jsou délkově nastavované pomocí ozubového lepeného spoje. Díky možnosti napojování mohou být konstrukční hranoly zbavené větších suků a jiných vad dřeva, čímž se docílí lepších pevnostních charakteristik než u rostlého dřeva. KVH hranoly se obvykle dodávají hoblované a mohou být použity na skryté i viditelné konstrukční prvky (Jelínek, 2008).

#### **3.2.1.4. Izolační materiály**

Izolační materiály jsou dnes nedílnou součástí většiny konstrukčních skladeb dřevostaveb, ať už se jedná o konstrukci stěny, podlahy, stropu nebo střechy. Ve dřevostavbách (včetně roubenek) se užívají hojně minerální vláknité izolace, ale i izolační materiály na bázi dřeva, jako jsou dřevovláknité a cementovláknité desky nebo například foukaná izolace celulózovým vláknem. Dalšími často používanými izolačními materiály jsou polymerní sloučeniny, zejména polystyren (XPS pro izolaci

soklu, podlahový EPS) nebo pěnové polyuretanové izolační materiály (PIR pěnové desky pro střešní izolaci). Dále se u dřevostaveb uplatňují různé druhy izolačních fólií, hydroizolací a parobrzdných textilií. Z izolačních materiálů je dnes možné vybírat, jejich správná volba a důsledná aplikace má ale zásadní vliv na fungování celé stavby a také na její životnost ([www.izolace-info.cz](http://www.izolace-info.cz)).

### 3.2.1.5. Vybrané mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti dřeva popisují jeho schopnost odolávat působení vnějších sil a počítáme mezi ně například pevnost, pružnost, tvrdost, rázovou houževnatost, nebo odolnost proti tečení. Mechanické vlastnosti dřeva jsou závislé na jeho složení a vnitřní stavbě a také na jeho fyzikálních vlastnostech, jako je například hustota. Dřevo jakožto přírodní polymerní materiál vykazuje anizotropní charakter, jeho vlastnosti se tedy liší ve třech anatomických směrech – podélném, radiálním a tangenciálním. Obecně se dá říci, že mechanické vlastnosti dřeva budou velmi odlišné ve směru rovnoběžně s vlákny a ve směru kolmo na ně (Gandelová a kol., 2009).

**Pevnost** dřeva charakterizuje jeho schopnost odolávat mechanickému poškození nebo také odpor proti jeho trvalému porušení. Pevnost dřeva se při jednoosé napjatosti vyjadřuje jako největší napětí, kterému odolá těleso o určité vztažné ploše, než se vlivem napětí poruší. Podle způsobu namáhání rozlišujeme pevnost v tahu, v tlaku, ohybu, krutu a smyku (Požgaj, 1997). Pevnost dřeva při určitém druhu namáhání je pro rozdílné dřeviny různá, záleží navíc také na směru působení zatížení, tedy zda vnější síly působí rovnoběžně s vlákny nebo kolmo na ně (Horáček, 1998).

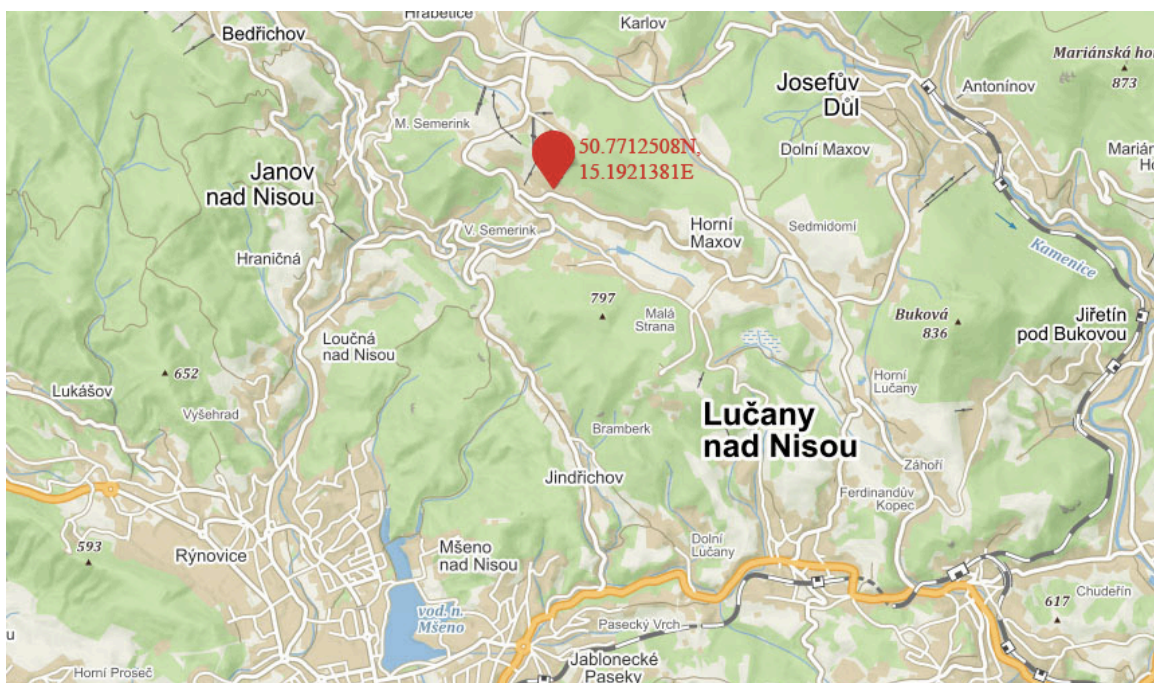
**Pružnost** je vlastnost, která popisuje schopnost materiálu deformovat se při působení zatížení a po následném odtížení se opět vrátit do původního tvaru (Kollmann, 1968). Pružný materiál je tedy takový materiál, který je schopný reagovat na zatížení elastickou deformací. Vnitřní odpor materiálu a jeho schopnost odolávat pružným deformacím vyjadřují materiálové charakteristiky nazvané moduly pružnosti. Rozeznáváme dva typy modulů pružnosti - moduly pružnosti  $E$  pro namáhání normálová (tah, tlak, ohyb) a  $G$  pro namáhání tangenciální (smyk, krut).



## 4. VÝBĚR LOKALITY UMÍSTĚNÍ ROUBENÉHO DOMU

### 4.1. Vybraná lokalita – popis

Zamýšlenou lokalitou umístění objektu je město Lučany nad Nisou, konkrétně jeho část Horní Maxov. Obec se nachází v Libereckém kraji, v okrese Jablonec nad Nisou. Horní Maxov se nachází v nadmořské výšce přibližně 730 m.n.m. a leží asi 2 km severozápadně od města Lučany nad Nisou. Umístění roubeného domu v rámci obce je patrné z následujícího obrázku:

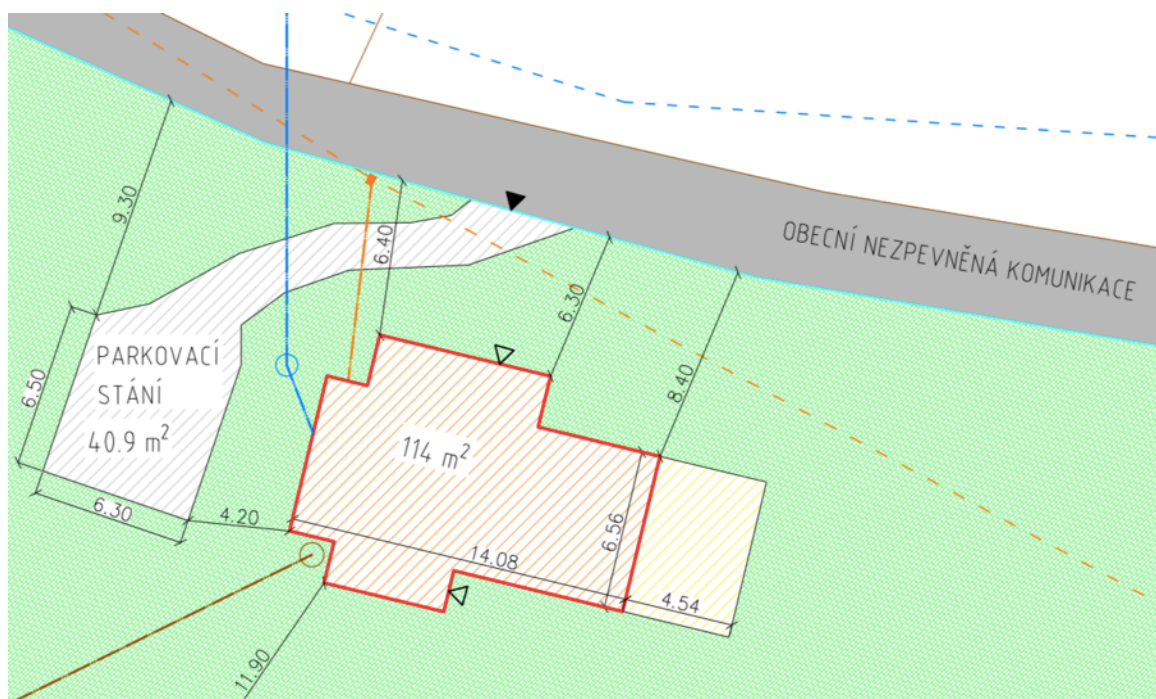


Obr. č. 8: Vybraná lokalita pro umístění objektu (Mapy.cz, 2020).

Horní Maxov leží na jižním okraji Jizerských hor mezi Maxovským hřebenem a protilehlými vrchy Krásný a Bramberk a svou infrastrukturou obepíná rašelinnou přírodní rezervaci Malá Strana. Vesnicí prochází silnice propojující Lučany nad Nisou s Janovem nad Nisou a právě podél této komunikace stojí většina zdejších obytných budov. Velkou část zástavby tvoří původní roubené a především poloroubené chalupy, dále zděné budovy a několik moderních roubených domů.

#### 4.1.1. Koordinační umístění roubeného domu

Konkrétní lokalita pro umístění roubeného domu se nachází západně od návsi v Horním Maxově, nedaleko od hranice katastrálního území Lučany nad Nisou. Pozemek č. 63/2 je situován na jižním svahu Maxovského hřebene pod vrcholem Slovanka. Zamýšlené umístění objektu je ve vzdálenosti 40 m od silnice z Horního Maxova do Janova nad Nisou. Koordinační souřadnice pro umístění roubeného domu jsou 50.7712692N, 15.1920078E. Tento bod odpovídá nadmořské výšce 720 m.n.m. Umístění roubeného domu na pozemku vzhledem k příjezdové cestě je znázorněno v následující situaci.



Obr. č. 9: Situace – umístění roubeného domu.

Situace popisuje umístění domu na pozemku s ohledem na odstupové vzdálenosti od jeho hranic. Koordinační situační výkres v plném rozsahu i s legendou je spolu s dalšími situacemi součástí oddílu C projektové dokumentace přiložené k této práci.

## **4.2. Podklady a požadavky pro návrh roubeného domu**

Zamýšlená stavba roubeného domu má být určena pro rekreaci a spadá tak do kategorie obytných budov pro rodinnou rekreaci. Na budovy tohoto typu se vztahují stavebně technické požadavky, kterým musí architektonický i konstrukční návrh objektu odpovídat. Výsledná podoba stavby je ovlivněna také vybranou lokalitou a charakterem okolní zástavby. Dále je při návrhu potřeba brát v potaz klimatické podmínky, které v oblasti panují, a stejně tak geotechnické podmínky v lokalitě. Všechny tyto aspekty mají vliv na celkovou koncepci budovy.

### **4.2.1. Stavebně technické požadavky**

Při výstavbě rekreačního objektu je potřeba respektovat územní plán dané obce, kterou je v případě zvolené lokality obec Lučany nad Nisou v okrese Jablonec nad Nisou v Libereckém kraji. Stavbu lze provést pouze v souladu s aktuální podobou územního plánu a zvolený pozemek v něm musí být vymezen jako zastavitelná obytná plocha. Pozemek pro účely této práce je v územním plánu města Lučany nad Nisou veden jako trvalý travní porost a před zahájením procesu stavebního povolení by bylo nutné podat oficiální žádost o změnu v územním plánu.

Stavba pro rodinnou rekreaci je podle vyhlášky č. 501/2006 Sb. (Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území) omezena maximálně dvěma nadzemními podlažími, jedním podzemním podlažím a podkrovím, čemuž musí podléhat architektonický návrh objektu. Dále je potřeba přizpůsobit vzhled budovy i její rozměry okolní zástavbě a akceptovat architektonické požadavky stavebního úřadu v této lokalitě. Technické požadavky na stavby, a tedy budovy pro rodinnou rekreaci, stanovuje Vyhláška č. 268/2009 Sb. (Vyhláška o technických požadavcích na stavby). Touto vyhláškou se musí projekt řídit nejen z hlediska obecných stavebně technických požadavků, ale je nutné brát ohled i na požadavky týkající se bezpečnosti, parametrů konstrukce a technického zařízení budovy.

#### 4.2.2. Geotechnické podmínky

Geologické podloží v okolí zamýšlené lokality pro umístění objektu je podle portálu [www.geologicke-mapy.cz](http://www.geologicke-mapy.cz) tvořeno téměř výhradně hlubinnými vyvřelými horninami, konkrétně granitem (žulou) a granodioritem. Jedná se o středně zrnité až hrubozrnné horniny vyšší tvrdosti. Lze tedy předpokládat, že podloží v lokalitě bude pevné a vhodné pro běžný technologický postup zakládání stavby. Údaje o geologickém charakteru uvedené v geologických mapách jsou ale pouze informativní a pro určení konkrétního složení podloží přímo v místě stavby je potřeba provést kvalifikovaný geologický průzkum.

Obdobně je možné zjistit přesnou míru výskytu radonu v lokalitě. Orientační mapa radonového indexu podloží poukazuje na vysokou míru aktivity radonu v podloží v širokém okolí zamýšlené lokality. Od tohoto předpokladu by se měla odvíjet aplikace protiradonové izolace v objektu i jeho odvětrání ([www.geologicke-mapy.cz](http://www.geologicke-mapy.cz)).

#### 4.2.3. Klimatické podmínky a provoz

Nadmořská výška zamýšleného rekreačního objektu na území obce Lučany nad Nisou v okrese Jablonec nad Nisou je 720 m.n.m. Z hlediska klimatických podmínek v této oblasti byly statistickým sběrem dat za předchozích 30 let zjištěny tyto hodnoty ([www.meteoblue.com](http://www.meteoblue.com)): Průměrné denní maximum 22°C odpovídá měsíci červenci. Minimální denní teploty v průběhu ledna činí průměrně -5°C, nejnižší noční teploty pak -14°C. Nejvyšší denní úhrn srážek byl naměřen pro měsíc červenec a má průměrnou hodnotu 88 mm. Obecně se jedná o horskou lokalitu s vysokým ročním úhrnem srážek. Podle mapy sněhových oblastí na území ČR se objekt bude nacházet ve sněhové oblasti VIII (ČSN EN 1991-1-3). V rámci mapy větrných oblastí lokalita spadá do oblasti V (ČSN EN 1991-1-4).

Vzhledem k tomu, že se jedná o horskou oblast, v blízkosti které se nachází velké množství turistických cílů, je lokalita oblíbenou turistickou a rekreační destinací. V létě je navštěvována cyklisty i pěšími turisty, v zimě sem návštěvníky lákají především běžecké stopy a blízké skiareály. Návštěvnost a provoz v okolí by bylo možné charakterizovat jako sezónní, kdy nejrušnější jsou právě letní a zimní měsíce v roce.

#### 4.2.4. Dopravní infrastruktura

Nejfrekventovanější komunikací, která Horním Maxovem prochází, je okresní komunikace třetí třídy Silnice III/29036. Vybraný pozemek je přístupný po nezpevněné příjezdové cestě, která odbočuje ze silnice III/29036 a dále pokračuje směrem do nedalekých Hrabětic, kde se nachází skiareál Severák. Návštěvníci skiareálu a jiných destinací v Jizerských horách běžně přijíždějí ve směru z Jablonce nad Nisou a Hornímu Maxovu se zpravidla vyhýbají, zůstává zde tedy relativně mírný provoz a v noci je lokalita velmi klidná a téměř bez hluku.

## **5. ARCHITEKTONICKÝ NÁVRH**

Celkovou koncepci roubeného rekreačního objektu ovlivňuje množství faktorů, které se podepisují na typu použité konstrukce, zvolených dispozicích, použitých stavebních materiálech a vzhledu domu. Architektonický návrh vychází především z charakteru lokality umístění objektu a určeného účelu používání. Dále se návrh podřizuje veškerým známým požadavkům na stavbu. Stavebně technické, geotechnické nebo klimatické podmínky jsou popsány v kapitole 4. a mají spolu s dalšími faktory rozhodující vliv na výslednou podobu roubeného domu v Jizerských horách.

### **5.1. Typ konstrukce**

Vzhledem k charakteru okolní zástavby a s ohledem na typickou jizerskohorskou vesnickou architekturu byl zvolen kombinovaný konstrukční systém roubené stěny a zděné stavby. Pro východní část domu, která se čelně stýká s předzahrádkou, byla vybrána roubená konstrukce z masivních dřevěných trámů, zatímco západní část budovy je uvažována jako zděná. Pro objekt není uvažováno podsklepení. Stavba je založena na železobetonové základové desce, s podezděním ze ztraceného bednění a částečně z pohledových žulových bloků. Základy tvoří lité betonové základové pasy na štěrkovém hutněném podsypu.

Poloroubenka má jedno nadzemní podlaží a obytné podkroví kryté sedlovou střechou se sklonem 45°, která je opatřena plechovou střešní krytinou. Konstrukce krovu je tvořena vaznicovou soustavou se stojatou stolicí. Podpěry vaznicové soustavy tvoří svislé sloupky, z nichž některé jsou opatřeny páskovými vzpěrami. Krov je bez vrcholové vaznice a středové vaznice jsou podpořeny hambálky. Středové vaznice i spodní vaznice, které by se pro přehlednost daly nazvat pozednicemi, přecházejí v obou průčelích domu před štítovou stěnu a umožňují tak přesah střechy nad štíty (Vinař, 2004).



*Obr. č. 10: Vizualizace roubeného domu (SEMA Software).*

Na severní straně je zápraží v prostřední části domu chráněno volnou pultovou střechou s podpěrnými sloupy, na opačné jižní straně je řešeno nevytápěné zádveří v podobě přistavěné sloupkové konstrukce. Sloupkový systém je využit i na konstrukci štítů. Půdní nadeznívka je zamýšlena jako sloupkový příhradový nosník vertikálně navazující na obě delší obvodové stěny prvního nadzemního podlaží.

## **5.2. Parametry domu a profily konstrukce**

Tvar, velikost i prostorová orientace rekreačního roubeného domu na pozemku je přizpůsobena okolní zástavbě, napodobuje historické stavby v regionu a zároveň respektuje terénní povahu parcely i klimatické podmínky panující v lokalitě. Důležitým faktorem, který se podepisuje na celkové koncepci budovy, je samozřejmě účel jejího využití. Jedná se o budovu pro rodinnou rekreaci, přičemž obsazení objektu bude mít

sezónní či víkendový charakter. Předpokládaný počet osob, které budou objekt současně využívat, je 4–8. Tomu je uzpůsobena kapacita roubeného domu a stejně tak jeho dispozice i technické a hygienické zázemí.

Poloroubený rekreační objekt má půdorysné rozměry 6 x 14 m. K tomuto obdélníkovému tvaru domu je na jižní straně připojeno 1,8 m široké přistavěné zádveří a na opačné straně domu je vyneseno zastřešení zápraží. Celá budova je rozdělena na dvě poloviny. Zatímco východní, roubená polovina domu tvoří obývací část včetně kuchyňského koutu, západní zděná polovina je věnována technickému zázemí a nachází se v ní koupelna, záchod a technická místnost. Součástí zděné poloviny domu je také chodba, která propojuje obě části budovy a zároveň je v ní umístěno dřevěné lomené schodiště, po kterém je možno vystoupat do druhého, podkrovního podlaží. V podkroví se nachází tři pokoje, jeden s výhledem na východ a dva menší s okny na západní stranu. Podlaha druhého nadzemního podlaží je vzhledem k podlaze prvního nadzemního podlaží vyvýšena o 2,8 m.

Profily stěnových konstrukcí se liší s ohledem na svou funkci. Nosná konstrukce roubené stěny je provedena v tloušťce 280 mm a v nárožích je provázána rybinovým spojem, kde jsou smrkové trámy o průřezu 240/280 mm zakončeny bez přesahů. Obvodové stěny zděné části budovy včetně stěny rozdělující budovu na poloviny jsou zkonstruovány z pórobetonových tvárníc o tloušťce 300 mm. Spolu s izolací tak dosahuje konstrukce obvodových zděných stěn tloušťky 400 mm. Zděné příčky prvního nadzemního podlaží jsou tvořeny pórobetonovým zdivem s tloušťkou 250 mm. Podkroví je prostorově rozděleno pomocí lehkých dřevěných příček se sádkartonovým interiérovým obkladem. Sloupková konstrukce příček má celkovou tloušťku 155 mm. Štítové stěny s provětrávanou dřevěnou fasádou jsou sestrojeny také systémem sloupkového rámu a jejich tloušťka je 272,5 mm.

Sedlová střecha se sklonem 45° je zateplená nadkroevní deskovou PIR izolací v tloušťce 140 mm a zakrytá aluzinkovou střešní krytinou. Nad krokvy s obdélníkovým průřezem 100/140 mm je tak skladba střechy v tloušťce 220 mm. Výška hřebene domu je 7 m od základové desky. Hambálkový krov vytváří v podkroví obytný prostor se světlou výškou 2,3 m a minimální podchozí výškou 2,1 m pod vaznicemi.



Podkrovní prostor je navíc na většině podlahové plochy až ke hřebeni otevřený. V prvním nadzemním podlaží jsou viditelné nosné stropní trámy umístěny ve výšce 2,47 m nad rovinou podlahy.

### **5.3. Typ použitých materiálů**

Návrh rekreačního roubeného domu v Jizerských horách využívá ve velké míře jako stavební materiál smrkové dřevo, ať už rostlé dřevo, konstrukční hranoly, nebo dřevo jako součást deskových aglomerovaných materiálů. Ke konstrukci zděných částí je použito pórobetonové zdivo, založení stavby je řešeno s využitím armovaného betonu, betonových tvárnic a kamenných žulových bloků. Izolační funkci zajišťují převážně izolační materiály na minerální bázi, dále pak polymerní izolační desky. V objektu se objevují také různé plošné izolační materiály – hydroizolační pásy, difúzní fólie nebo pásy pro akustickou kročejovou izolaci. V konstrukci domu jsou v malém množství zabudovány také ocelové nosné prvky. Střešní krytinu tvoří aluzinkový plech.

### **5.4. Úprava okolí**

S novostavbou rekreačního roubeného domu souvisejí také přidružené úkony týkající se úpravy jejího nejbližšího okolí. První úpravou, která musí být provedena ještě před započítáním všech ostatních stavebních prací, je vyčištění pozemku od náletových dřevin a celková kultivace travní plochy. Bude tedy provedeno vykácení porostu včetně odstranění pařezů. Součástí stavby je i předzahrádka situovaná na východní straně domu. Nahrnutí a strojní udusání zeminy mezi žulové zídky předzahrádky je součástí terénních úprav okolí objektu. Dále je třeba navržit a vyrovnat ornici na místě parkovacího stání a přivést a zpevnit příjezdovou cestu k němu. S tím souvisí i její napojení na přístupovou komunikaci, která vede podél hranice pozemku.

## **6. KONSTRUKČNÍ NÁVRH**

### **6.1. Použité materiály**

#### **6.1.1. Dřevo a materiály na bázi dřeva**

Základním materiálem použitým na stavbu popsaného rekreačního roubeného domu v Jizerských horách je dřevo. Předně je tento přírodní materiál spojen s jakoukoli roubenou stavbou a jeho použití na konstrukci roubené stěny je nutností. Konkrétně se zde jedná o hraněné profilované masivní smrkové trámy. Rostlé dřevo smrku je použito i na fasádní obklad štítů, konstrukci podlah, palubkové podhledy, střešní laťování a další prvky. Na konstrukci stropů a krovu je použito lepené konstrukční smrkové dřevo ve formě BSH hranolů. Konstrukční KVH hranoly pak v objektu slouží jako krokve a tvoří nosný systém rámových konstrukcí štítových stěn, půdní nadezdívky, příček druhého nadzemního podlaží a přistavěného zádveří. V jednotlivých konstrukcích stěn, podlah a stropů jsou uplatněny i materiály na bázi dřeva, a to konkrétně OSB dřevoštěpkové desky a sádrovláknité podlahové desky Fermacell. Interiérové povrchy rámových stěn jsou tvořeny sádrokartonovými obklady.

#### **6.1.2. Zdivo**

Pro nosné stěny zděné části budovy bylo zvoleno zdivo z pórobetonových tvárnic Ytong v tloušťce 250 a 300 mm. Základové stěny využívají systém ztraceného bednění a pro část objektu je využita v Jizerských horách hojně se vyskytující žula ve formě hrubě opracovaných bloků jako pohledový materiál podezdívky.

#### **6.1.3. Izolační materiály**

Základním izolačním materiálem použitým na stavbu roubeného rekreačního domu je minerální vata od výrobce Knauf. Hydrofobizované izolační rohože Knauf NatuRoll tvoří výplň mezilehlé spáry roubené stěny a zároveň jsou kladeny mezi

sloupky rámových konstrukcí štítových stěn, stěn zádveří i půdní nadezdívky. Zateplení střechy je řešeno formou nadkroevní PIR izolace, kterou zajišťují pěnové desky IKO Enertherm v tloušťce 140 mm. Izolace soklu je provedena deskami extrudovaného polystyrenu, zděná část domu je pak zvenčí odizolována expandovaným polystyrenem a potažena tepelně izolační fasádní omítkou. Polystyrenové desky se zvýšenou odolností vůči zatížení jsou součástí skladby podlah technické části domu. Konstrukce podlah prvního i druhého nadzemního podlaží ve své skladbě obsahují polyetylenové pásy Mirelon pro kročejovou izolaci. Hydroizolační vrstvu na základové desce zajišťuje asfaltový hydroizolační pás s protiradonovou fólií, který je kladen pod spodní trámy roubení ve dvou vrstvách a po celém obvodu základové desky je přehnut s přesahem přes ztracené bednění. Pojistnou podstřešní izolaci a základ pod plechovou krytinu tvoří krytinářská folie Jutadach se zvýšenou chemickou odolností vůči bochemitu, kterým jsou ošetřeny střešní latě.

#### 6.1.4. Další použité materiály

Kromě výše zmíněných jsou na stavbu použity ještě některé další materiály. Jako střešní krytina byl pro vysokou životnost a nenáročnou údržbu zvolen aluzinkový falcovaný plech v antracitovém odstínu. V konstrukci jsou začleněny také ocelové prvky. Ocelové U-profilky v tloušťce 8 mm jsou položeny pod sloupky krovu a roznášejí zatížení mezi dvě sousední stropnice. Primárními spojovacími prostředky k zajištění pevnosti tesařských spojů i při spojování dřevěných prvků na tupo jsou konstrukční vruty výrobce Rothoblaas. Komín je sestaven ze systémových tvárnic s integrovanou tepelnou izolací a statickými podpůrnými prvky. Samozřejmostí jsou zednické spojovací hmoty, dále je použit beton, armatura a další materiály potřebné ke kompletaci stavby.

## 6.2. Návrh konstrukčních prvků

V následujících podkapitolách jsou popsány jednotlivé dřevěné konstrukční prvky, tvořící konstrukci roubeného rekreačního domu v Jizerských horách, a způsob jejich napojení na ostatní části konstrukce. Prvky, které byly posouzeny na základě

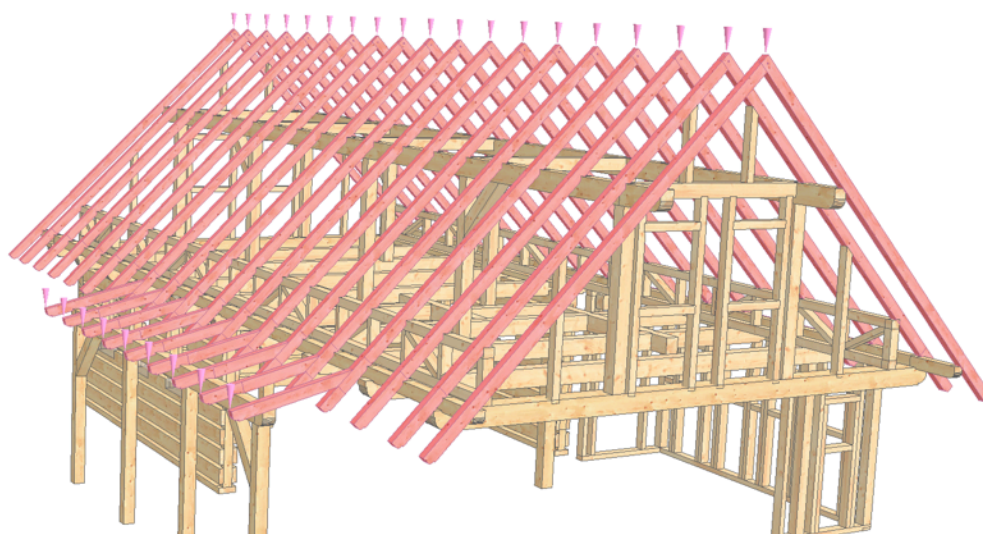
statických výpočtů metodou mezních stavů v souladu s Eurokódem 5 jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce č. 1 níže. V tabulce jsou ke každému prvku vypsány také základní charakteristiky jeho průřezu. Posouzení jednotlivých konstrukčních prvků je uvedeno vždy v odpovídajícím oddílu dokumentace stavebního objektu D.1.2.

Tab. č. 1: Posuzované konstrukční prvky a jejich základní parametry (autorská tabulka).

Konstrukční prvek	Tvar průřezu	Šířka b [m]	Výška h [m]	Plocha A [m <sup>2</sup> ]	Statický posudek
krokev	obdélníkový	0,10	0,14	0,014	D.1.2.2
vaznice	obdélníkový	0,18	0,26	0,047	D.1.2.3
sloupek pod vaznicí	čtvercový	0,18	0,18	0,032	D.1.2.4
hambálek	čtvercový	0,18	0,18	0,032	D.1.2.5
horní pás půdní nadezdívky	obdélníkový	0,14	0,12	0,023	D.1.2.6
svislice půdní nadezdívky	obdélníkový	0,08	0,14	0,017	D.1.2.6
diagonála půdní nadezdívky	obdélníkový	0,12	0,14	0,017	D.1.2.6
spodní pás půdní nadezdívky	obdélníkový	0,14	0,12	0,017	D.1.2.6
vnější vaznice	obdélníkový	0,14	0,16	0,023	D.1.2.7
stropní nosník	obdélníkový	0,20	0,24	0,048	D.1.2.8
průvlak	obdélníkový	0,20	0,28	0,056	D.1.2.9
sloup pod průvlakem	čtvercový	0,20	0,20	0,040	D.1.2.10
vaznice pultové střechy	obdélníkový	0,16	0,20	0,032	D.1.2.11
sloupek pod pultovou střechou	čtvercový	0,16	0,16	0,026	D.1.2.12
trám roubené stěny	obdélníkový	0,28	0,24	0,067	D.1.2.13
vertikální sloupek roubené stěny	obdélníkový	0,06	0,14	0,008	D.1.2.13
sloupek konstrukce zádveří	obdélníkový	0,06	0,16	0,010	D.1.2.14

### 6.2.1. Krokve

Krokve nesou celou skladbu střešního pláště, v případě tohoto roubeného domu se jedná o zateplenou sedlovou střechu se sklonem 45° a k ní připojené dvě pultové střechy ve sklonu 16° bez zateplení. Krov je řešen bez vrcholové vaznice a vzhledem ke sklonu sedlové střechy jsou ve vrcholu krokve vzájemně přeplátovány v pravém úhlu. Pláty spoje jsou zajištěny závitovým svorníkem s kloubovou maticí M12 na obou koncích. Krokve budou vyrobeny strojně z KVH hranolů a jejich průřez je 100 x 140 mm a délka 6 m. Profilovaná zhlaví krokví jsou zakreslena v Detailu č. 4 ve výkresové části projektové dokumentace.



Obr. č. 11: Krokve (SEMA Software, 2021).

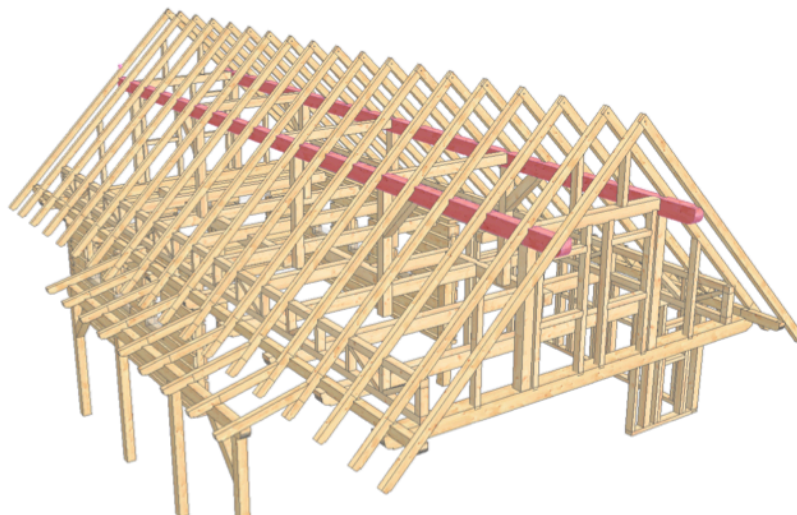
Krokve tvořící nosnou konstrukci pultových střech mají stejné parametry průřezu i shodně profilované spodní konce jako krokve sedlové střechy, na které jsou napojeny zkoseným koncem spojem na tupo. Tento spoj je zajištěn vždy dvěma tesařskými konstrukčními vruty 6 x 260 mm. Krokve jsou svázány s vaznicemi a příhradovou konstrukcí půdní nadezdívky spojem na osedlání, který je opět zajištěn konstrukčními vruty.

### 6.2.2. Vaznice

Krov rekreačního objektu je tvořen vaznicovou soustavou s hambálky a bez vrcholové vaznice, krokve jsou položeny na středové vaznice, které jsou podepřeny sloupky. Tyto vaznice ze smrkových BSH hranolů byly navrženy s průřezem o rozměrech 180 x 260 mm. Délkové nastavení v rámci objektu je řešeno spojením dvou nosníků v délce 7,7 m šikmým přeplátováním s ozubem, výsledná celková délka vaznic je 15,3 m. Profilovaná zhlaví vaznic vyčnívají před štítovou stěnu a kromě přesahu střechy jsou chráněna proti dešťové vodě také částečným překrytím krajními krovkami.

Spodní vnější vaznice, pro přehlednost nazvána pozednicí, leží na přečnívajících koncích stropních nosníků a také se do ní přenáší zatížení od krovků. Její průřez byl

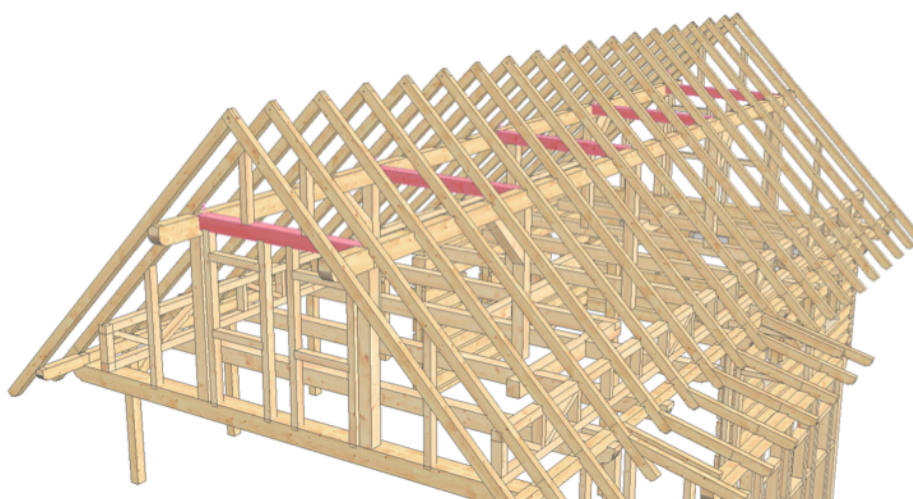
navržen v rozměrech 140 x 160 mm a použitým materiálem je smrkový KVH hranol. Vaznice podírající krokve pultových střech jsou ze stejného materiálu a mají rozměry průřezu 160 x 200 mm a délku 5,3 m (zádveří), respektive 7 m (zápraží).



*Obr. č. 12: Vaznice krovu (SEMA Software, 2021).*

### 6.2.3. Hambálky

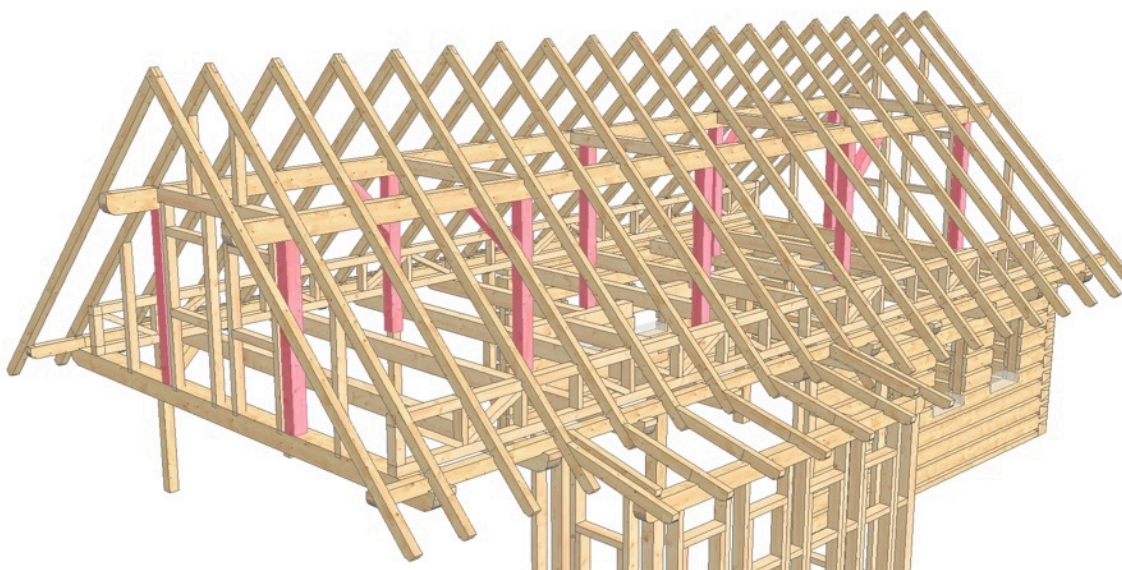
Hambálky o rozměrech 180 x 180 x 2600 mm budou vyrobeny ze smrkových konstrukčních BSH hranolů. Svou horní plochou jsou hambálky zarovnaný s horní hranou středových vaznic, ke kterým jsou připojeny rybinovým spojem. Tento spoj je prostorově složitější a jeho přesnost bude zaručena způsobem jeho profilování – hambálky i vaznice budou vyrobeny na CNC obráběcím centru.



*Obr. č. 13: Hambálky (SEMA Software, 2021).*

#### 6.2.4. Sloupky pod vaznicemi

Středové vaznice v rámci konstrukce krovu jsou podepřeny celkem deseti sloupky v rozměrech 180 x 180 x 2200 mm, z nichž čtyři jsou opatřeny pásky. Sloupky vynášejí zatížení krovu do stropních nosníků a nosných stěn prvního nadzemního podlaží. Jejich napojení na vaznice bude řešeno spojem čep-dlab, zatímco na spodním konci budou sloupky začepovány do horních ploch stropnic nebo zasazeny do ocelových U-profilů.



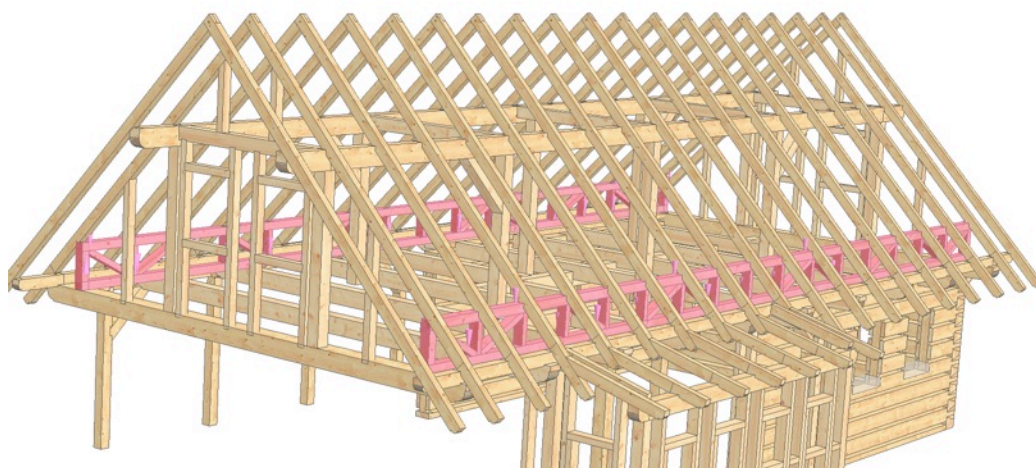
*Obr. č. 14: Sloupky krovu s pásky (SEMA Software, 2021).*

#### 6.2.5. Pásky

Účelem pásků v konstrukci krovu je především vyztužení a zajištění stability celého krovu ve směru podélně s vaznicemi. V tomto konkrétním případě byly navrženy čtyři pásky s čtvercovým profilem 180 x 180 mm, které jsou rozepřeny vždy mezi sloupek a vaznici a na obou koncích upevněny odsazeným šikmým čepováním. Obdobným způsobem jsou provedeny i dva další pásky, které jsou součástí konstrukce podpírající pultovou střechu zastřešující zápraží. Vzhledem k velmi malé využitelnosti profilu pásků získané předběžným výpočtem a tedy dostatečných dimenzí průřezu těchto prvků nejsou pásky dále posuzovány z hlediska statické únosnosti a použitelnosti.

### 6.2.6. Příhradová konstrukce půdní nadezdívky

Konstrukci půdní nadezdívky je možné považovat za příhradový nosník, jehož celková délka je 14 m a použitým materiálem je smrkové konstrukční dřevo KVH. Konstrukce se skládá z horního pásu s průřezem 120 x 140 mm, identického spodního pásu o rozměrech 140 x 120 mm, svislic 80 x 140 x 380 mm a diagonál s rozměrovými parametry 80 x 140 mm.



Obr. č. 15: Konstrukce půdní nadezdívky (SEMA Software, 2021).

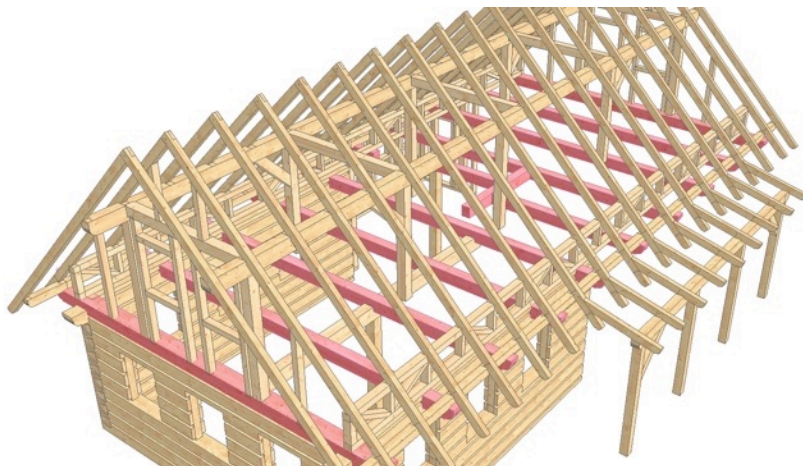
Délkové napojení pásů je řešeno přeplátováním, svislice jsou zasazeny do pásů čepováním a diagonály přiloženy k ostatním prvkům na tupo šikmými plochami a zajištěny hřebíkovým spojem. Diagonály slouží k celkovému vyztužení konstrukce domu v podélném směru. Konstrukce nadzednicové stěny je zatížena bodově silami od krokví a právě pod každou krokví se nachází svislice, která přenáší většinu zatížení do spodního pásu.

### 6.2.7. Stropní nosníky

Stropnice z BSH hranolů nesou skladbu stropu a částečně je do nich přenášeno zatížení od konstrukce krovu. Vnitřní rozpon stropních trámů s průřezem 200 x 240 mm je 5,8 m a jejich profilovaná zhlaví přečnivají přes obvodové stěny mimo vnitřní prostor domu, kde jsou přes ně položeny vnější vaznice (pozednice). Celková délka stropnic



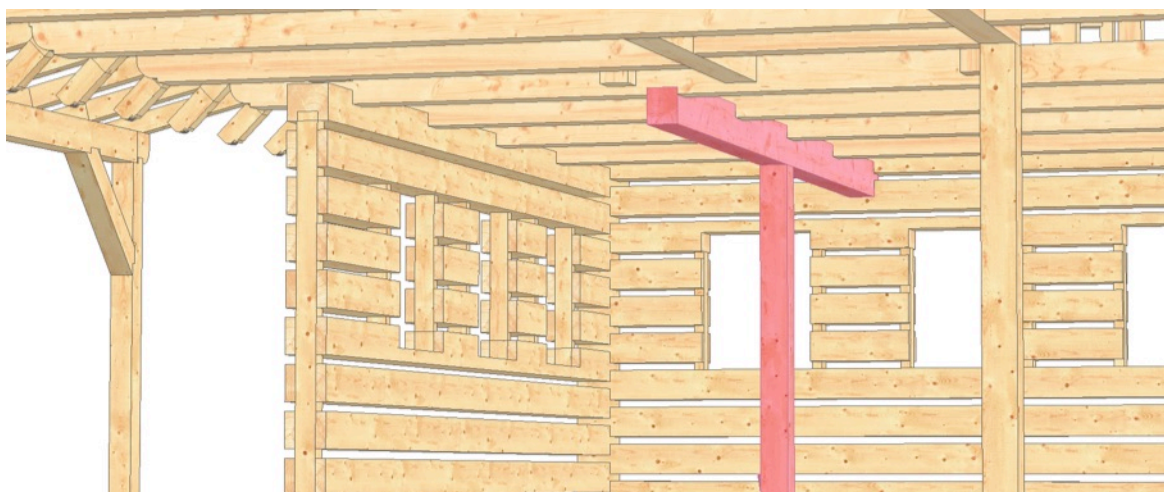
potom činí 7,6 m. Ve zděné části budovy jsou stropnice místně podepřeny nosnými příčkami, zatímco v roubené části je jejich podepření řešeno průvlakem. V místě styku s roubenou stěnou je v průřezu stropního trámu i trámu roubené stěny vymodelován profil sedla, zatímco uložení stropnic do zděné části obvodového pláště je přímo do vyzděných kapes bez potřeby úpravy profilu stropních nosníků.



Obr. č. 16: Stropní nosníky (SEMA Software, 2021).

#### 6.2.8. Průvlak a sloup pod průvlakem

Pro podepření stropních trámů v otevřeném prostoru hlavní obytné místnosti byl navržen průvlak o rozměrech 200 x 280 mm. Na jedné straně je čelo průvlaku zasazeno do roubené stěny rybinovým spojem, na té druhé bude uloženo do kapsy ve stěně a spojeno s jedním ze stropních nosníků.

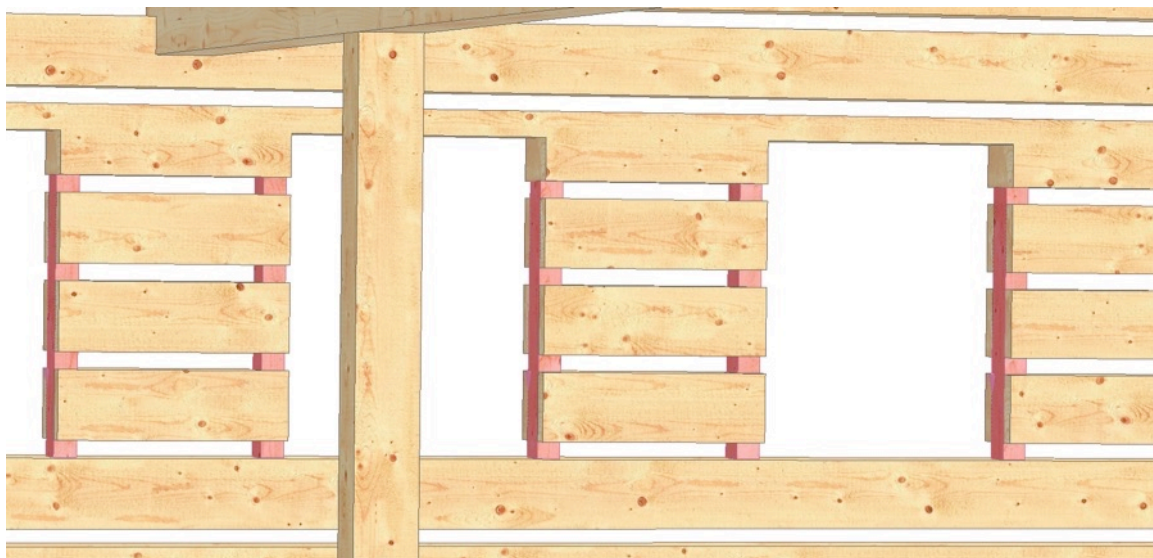


Obr. č. 17: Průvlak a sloup pod průvlakem (SEMA Software, 2021).

Celková délka průvlaku činí 6 m, na této délce jsou jím podepřeny tři stropní nosníky. V místě kontaktu s prostředním z těchto trámů je průvlak podepřen sloupem o rozměrech 200 x 200 mm, který přenáší část zatížení průvlaku do základů.

### 6.2.9. Nosné prvky roubené stěny

Trámy roubené stěny z masivního smrkového dřeva mají výšku 240 mm a svou šířkou 280 mm určují zároveň i tloušťku celé roubené stěny. Jejich profil s fazetovými hranami a drážkou pro krycí lištu vodorovné mezery mezi jednotlivými trámy je přehledně znázorněn v Detailu č. 2 (oddíl D.1.1.9 výkresové části projektové dokumentace). Ložná spára je vyplněna minerální vlnou a zaklopena krycí lištou, navíc jsou v ní položeny dubové špalíky 60 x 60 mm, které zabraňují nadměrnému průhybu stěnových trámů a případnému poškození krycí lišty v důsledku sedání roubení. Trámy jsou v nárožích napojeny rohovým rybinovým spojem.



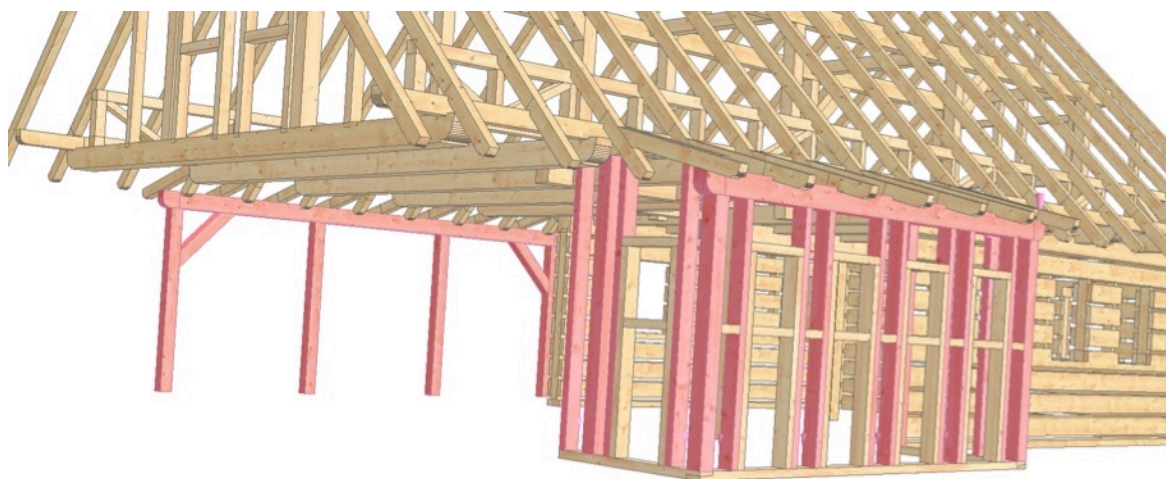
Obr. č. 18: Roubená stěna s vertikálními sloupky (SEMA Software, 2021).

Stavební otvory pro okenní výplně jsou určeny konci okolních trámů a do nich do drážky volně vloženými vertikálními sloupky s průřezem 60 x 140 mm a znemožněným vybočením, které umožňují sedání roubené stěny a zároveň chrání okenní rámy před

nežádoucím zatížením. Tyto sloupky jsou znázorněny na obr. č. 18. Zeslabení trámů roubené stěny pod a nad okenními otvory bude provedeno během montáže a v těchto místech nebudou kladeny na trámy dubové špalíky, které by mohly přenést zatížení do zeslabených průřezů a případně do okenních ráků.

#### 6.2.10. Konstrukční prvky zádveří a zápraží

Přestože konstrukce zádveří je pobitá prkenným obkladem a osazená okenními výplněmi, zatímco zápraží tvoří otevřená sloupová konstrukce, základní nosné prvky obou konstrukcí jsou stejné. Pro názornost jsou obě tyto konstrukce pod připojenými pultovými střechami barevně zvýrazněny v obrázku č. 19, kde konstrukce zádveří je v popředí a konstrukce podpírající střechu zápraží je v pozadí obrázku:



Obr. č. 19: Konstrukce zádveří a krytého zápraží (SEMA Software, 2021).

Přiložené krokve pultových střech jsou vyneseny na vaznice (viz 6.2.2). Vaznice jsou potom podpírané sloupky o čtvercovém průřezu 160 x 160 mm, které tvoří základ stěnové konstrukci i ve stěnách zádveří na jižní straně domu. Tam jsou sloupky menších průřezů doplněny horizontálními vzpěrami a okenními překlady, na severní straně je otevřená konstrukce pod střechou zápraží opatřena dvěma pásky na krajních sloupech.

### 6.3. Ochrana dřeva

Dřevo dosahuje z hlediska stavebnictví velkých kvalit jako stavební materiál, pro svou vysokou pevnost při relativně nízké objemové hmotnosti je hojně využíváno na

konstrukční účely, je oprávněně oblíbené z pohledu estetiky a ekologie. Má ale i záporné vlastnosti v porovnání s ostatními stavebními materiály. Mezi ty nejzásadnější patří jeho hořlavost a náchylnost k poškození biotickými a atmosférickými vlivy. Ve stavebních konstrukcích je dřevo často vystavováno nepříznivým podmínkám, zejména se jedná o zvýšenou míru vlhkosti. Vlhkost ve dřevě zapříčiňuje zhoršení jeho fyzikálních a mechanických vlastností, kromě toho ale také vytváří vhodné prostředí pro výskyt plísní, dřevokazného hmyzu a hub, které způsobují degradaci dřeva. V důsledku degradace dřevo ztrácí kromě dalších kvalit svoji pevnost, což může vést v konečném důsledku i k úplnému zhroucení dřevěné konstrukce. Z toho důvodu je potřeba učinit určitá opatření a dřevo adekvátně ochránit dostupnými konstrukčními a chemickými, případně dalšími možnými prostředky (Reinprecht, 1998).

### 6.3.1. Konstrukční ochrana

Ačkoli existuje mnoho efektivních způsobů chemické ochrany dřeva, mělo by se k těmto metodám přistupovat až po vyčerpání ostatních, ekologicky přijatelnějších možností. Důležitými ochrannými opatřeními, která je možné provést přímo v rámci návrhu dřevostavby, jsou různé způsoby konstrukční ochrany dřeva. Těmi se rozumí souhrn technických a konstrukčních opatření zamezujících zejména pronikání vody do dřeva a zvyšování koncentrace vlhkosti v konstrukci. Způsobů vhodné konstrukční ochrany dřevostaveb je mnoho: dostatečný přesah střechy, zamezení kontaktu dřeva se zemí, ochrana proti vzlínající vlhkosti, obklad soklu proti odstříkující vodě, zakrytí čelních ploch dřevěných prvků, správný návrh stěnové skladby z hlediska kondenzace vodní páry a další (Ptáček, 2009).

V rámci roubeného domu v Jizerských horách jsou využity následující opatření konstrukční ochrany dřeva. Sedlová střecha kryje v dostatečné míře vyčnívající zhlaví stropních trámů a zároveň poskytuje svým přesahem ochranu před dešťovou vodou roubené stěně, stěnám štítovým i výplním stavebních otvorů. Vaznice jsou zakončeny 40 mm před vnější hranou krajních krokví, čímž dochází k překrytí jejich čelních ploch, náchylných na přijímání vlhkosti. Stékání vody z čel vaznic je zajištěno jejich konvexním zaoblením, konce krokví jsou opracovány obdobně. Spodní trámy roubené stěny odděluje

od základové desky zdvojená hydroizolace, ze strany exteriéru nedochází v žádném místě ke kontaktu se zemínou. Sokl je zvenčí odizolován extrudovaným polystyrenem a zakryt plechovou okapnicí se sklonem, dřevěné prvky stěny jsou umístěny vždy minimálně 270 mm nad terénem a oproti zateplovací vrstvě základů navíc odsazeny směrem do interiéru. Skladba štítových stěn je difúzně otevřená a jejich pobití tvoří odvětrávaná dřevěná fasáda se vzduchovou mezerou.

### 6.3.2. Chemická ochrana

Chemická ochrana dřeva připadá v úvahu, pokud nejsme schopni zajistit dostatečnou životnost dřevěné konstrukce její stavebně-technickou ochranou. Vychází se přitom z přirozené trvanlivosti použité dřeviny a třídy ohrožení dřeva podle norem ČSN EN 350-2 a ČSN EN 335-1. Z normy ČSN EN 460 pak vyplývají doporučení ohledně chemické ochrany dřeva. Smrkové dřevo patří do třídy trvanlivosti 4 – málo trvanlivé. V určitých případech je i pro třídu ohrožení 2 (příležitostná vlhkost > 20 %) podle tabulky č. 2 vhodné jeho ošetření fungicidními nebo insekticidními prostředky (Baier, 2004).

Tab. č. 2: Třídy ohrožení dřeva a výskyt biologických škůdců (Pánek, 2015).

Třída ohrožení dřeva	Použití dřeva	vlhkost dřeva w	VÝSKYT BIOLOGICKÝCH ŠKŮDCŮ					
			U – univerzální, L - lokální					
			Dřevokazné houby		Dřevoz. houby a plísně	Dřevokazný hmyz		Měkkýši
Hnědá a bílá hniloba	Měkká hniloba	Brouci	Termiti					
1	Bez kontaktu se zemí pod přístřeškem	≤ 20 %	-	-	-	U	L	-
2	Bez kontaktu se zemí pod přístřeškem	přílež. nad 20 %	U	-	U	U	L	-
3	Bez kontaktu se zemí bez přístřešku	častěji nad 20 %	U	-	U	U	L	-
4	Kontakt se zemí anebo sladkou vodou	soustavně nad 20 %	U	U	U	U	L	-
5	Kontakt se zemí anebo mořskou vodou	soustavně nad 20 %	U	U	U	U	L	U

Jako preventivní ochrana všech nosných dřevěných prvků roubeného rekreačního domu proti biotickým škůdcům je použit impregnační prostředek Lignofix. Z hlediska chemické ochrany jsou navíc některé dřevěné prvky konstrukce ošetřeny ochranným nátěrem. Pro nátěr roubených trámů, přečnávajících konců stropních nosníků a exponovaných ploch krokví byla zvolena olejová lazura od firmy Remmers. Olejové nátěry se ve velkém množství používaly v minulosti, dnes se aplikují zejména při restaurátorských pracích, ale také tam, kde je snaha o zachování původních technologických postupů ošetření dřeva. Olejové nátěry jsou také šetrné z pohledu ekologie. Dnešní nátěrové hmoty na bázi olejů se vyrábějí s UV absorbenty a mohou obsahovat i přírodní pigmenty (Pánek, 2015). Smrkové střešní latě jsou impregnovány insekticidním prostředkem Bochemit metodou tlakové impregnace.

### 6.3.3. Požární ochrana

Ačkoli má dřevo velmi dobré mechanické vlastnosti, které si narozdíl od některých jiných konstrukčních materiálů do jisté míry zachovává i při působení ohně, musíme o něm uvažovat jako o hořlavém materiálu. Dřevěnou konstrukci je potřeba chránit proti případnému působení ohně a zajistit její maximální stabilitu v případě požáru, respektive alespoň co nejlépe zabránit šíření ohně budovou. Určitou odolnost proti požáru má rostlé dřevo již přirozeně danou svým složením. Při degradaci způsobené ohněm se povrch dřeva pokrývá zuhelnatělou vrstvou, která částečně zabraňuje dalšímu termickému rozkladu materiálu a odhořívání je tak zpomaleno. Ke snížení zápalnosti dřeva také přispívá jeho vhodná povrchová úprava, jako je zaoblení hran a hladce vybroušené plochy. Tyto principy pasivní požární ochrany jsou v popisovaném objektu využity (Baier, 1983).

Mezi požární opatření v obytných budovách patří mimo jiné zamezení šíření požáru v rámci objektu a zachování stability konstrukce. Z hlediska požárních vlastností se u konstrukcí určuje jejich požární odolnost. Důležitou roli hraje materiál povrchové vrstvy skladby stěny. Požární odolnost materiálů se hodnotí na základě faktorů REI – parametrů nosnosti, celistvosti a teploty. Udává se v minutách, po které materiál splňuje určené limity pro tyto tři parametry (Bradáčová, 2008).

Konstrukční systém roubeného rekreačního domu v Jizerských horách lze díky kombinaci zděných stěnových konstrukcí a nosných konstrukcí s využitím dřevěných prvků brát z požárního hlediska jako systém smíšený. Dřevěné nosné konstrukce je vhodné chránit před případným působením požáru. Roubená stěna je tvořena trámy z masivního jehličnatého dřeva. Ty musí mít odpovídající povrchovou úpravu, kterou zde zaručí jemné vybroušení, zaoblené hrany, případně interiérový nátěr s obsahem retardérů hoření. Stěnové izolační minerální rohože mají z hlediska požární odolnosti dobré vlastnosti. Další formu ochrany proti nežádoucímu působení ohně zajišťují nehořlavé sádkartonové desky, které zvyšují požární odolnost zabudovaných sloupkových konstrukcí. Jako jeden ze zdrojů vytápění jsou v objektu zamýšlena kachlová kamna. Systémový komín zajišťující odvod kouře z topného tělesa je opatřen integrovanou tepelnou protipožární izolací a veškeré dřevěné prvky konstrukce jsou od něj vzdáleny minimálně 50 mm. V místě průchodu komínového tělesa stropem a střechou je jeho obvod odizolován protipožární izolační vatou. Dostatečnou požární odolnost konstrukce stropů zajišťují sádrovláknité podlahové prvky Fermacell. Součástí projektové dokumentace ke stavebnímu povolení by v případě realizace stavby bylo požárně bezpečnostní řešení vyhotovené odborníkem.

#### **6.4. Montáž**

Pro konstrukci roubeného rekreačního domu v Jizerských horách není zamýšlena prefabrikace dílů v takové míře, jako je tomu například u panelových dřevostaveb. Tvarovou úpravou přímo ve výrobě ale přesto projdou některé dřevěné prvky konstrukce. Především tomu tak bude při přípravě jednotlivých dílců roubené stěny, kdy každý trám bude vyřezán přesně na požadované rozměry, na jeho čele bude vytvořen rybinový spoj a navíc bude do každého trámu vyfrézována drážka pro osazení krycí lišty ložné spáry. Ve výrobní fázi se bude dále připravovat osazení svislých sloupkových výztuží okolo stavebních otvorů, u některých trámů se tedy provede ještě drážka na čele průřezu. Strojně budou opracovány prvky krovu a také stropní trámy, u těch dojde k přípravě spojů (rybiny, pláty, sedla, čepy a dlaby) a vytvarování profilu zhlaví. Veškeré ostatní tesařské i zednické činnosti se budou provádět už přímo na staveništi.

Jednotlivé díly, stavební hmoty a potřebný materiál budou na stavenišťe dopraveny nákladními automobily po příjezdové komunikaci. Pro manipulaci s těžkými prvky bude při konstrukci stropu a krovu použit pojízdný jeřáb. Montáž roubeného domu bude vzhledem k výšce objektu, sklonu střechy a terénní povaze stavební parcely vyžadovat montáž lešení. Kombinovaný systém zděné stavby a dřevostavby bude vyžadovat dodržení následujícího postupu prací:

- odstranění náletových dřevin
- zřízení staveniště
- zemní a výkopové práce
- založení stavby – základové pasy a zdi, základová deska
- výstavba zděných stěn
- konstrukce roubených stěn
- osazení stropních nosníků
- vztyčení lešení
- konstrukce půdní nadezdívky
- konstrukce krovu
- výstavba komínového tělesa
- zastřešení objektu
- montáž stěn přistavěného zádveří a štítových stěn
- nátěr ochrannou lazurou
- demontáž lešení
- osazení oken a dveří
- montáž stropů a schodiště, konstrukce příček 2.NP
- instalace vodovodů, odpadů a vytápění, elektroinstalace
- montáž podlah, dokončování konstrukcí ze strany interiéru
- umístění zdravotnických zařizovacích předmětů
- dokončovací práce



Za výstavbu a montáž, a stejně tak i za úklid staveniště a odvoz stavebního odpadu, bude zodpovídat vybraná stavební firma. Při montáži je mimo jiné potřeba dodržovat bezpečnostní opatření pro pohyb osob na staveništi a dbát na to, aby stavební činností nedošlo ke znečištění okolního prostředí.

## 7. STATICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCE

Správně navržená konstrukce musí být schopna sloužit svému účelu v takové míře, aby byla naplněna její předpokládaná ekonomická životnost. Taková konstrukce tedy musí odolat veškerým zatížením a vlivům, které je možno v daném prostředí očekávat, a její dostatečnou trvanlivost musí být možno zajistit přiměřenými náklady na údržbu. V zájmu trvanlivosti konstrukce je vhodné zajistit její vhodnou ochranu proti ohni, atmosférickým činitelům a biotickým škůdcům, čemuž se blíže věnuje kapitola 6.3. této práce (Kuklík, 2005).

Jak uvádí Straka (1996), dostatečnou spolehlivost konstrukce je potřeba zajistit volbou vhodných materiálů, bezpečným návrhem konstrukce jako celku i jednotlivých konstrukčních detailů a dodržením správných postupů při výrobě a montáži. Vhodný návrh konstrukce musí být ověřen statickým výpočtem a je nutné posoudit, jestli jsou jednotlivé konstrukční prvky navrženy tak, aby s dostatečnou spolehlivostí odolaly účinkům předpokládaného zatížení, kterému budou vystaveny. V Příloze 1 k této práci v oddílu D.1.2 projektové dokumentace objektu je uvedeno posouzení jednotlivých dřevěných konstrukčních prvků roubeného rekreačního domu v Jizerských horách.

### 7.1. Zatížení konstrukce

Zatížením se rozumí povrchové a objemové síly působící na konstrukci – tedy vnitřní síly – a fyzikální vlivy, které vyvolávají silové a přetvárné účinky. Mezi fyzikální vlivy se řadí například změny teploty, změny vlhkosti nebo seizmické pohyby podloží. Se zatížením konstrukcí se nepracuje jako s konstantní veličinou, ale je ho potřeba chápat jako nestálý soubor vlivů na konstrukci, který se může v čase měnit, ať už s nějakou pravidelností, nebo zcela nahodile (Tichý, 1987). Z hlediska změny v čase je možné rozlišovat tyto typy zatížení podle Eurokódu ČSN EN 1990 (2004):

- **stálá (G)** – například vlastní tíha konstrukce, zatížení od zařízení
- **nahodilá (Q)** – např. zatížení sněhem, větrem, užitná nebo skladovací zatížení
- **mimořádná (A)** – např. nárazy vozidel nebo výbuchy

Nahodilá zatížení se dále rozdělují podle délky trvání zatížení na dlouhodobá, střednědobá, krátkodobá a okamžitá. Třídy trvání zatížení podle Eurokódu 5 části 1-1 popisuje tabulka č. 3 včetně konkrétních příkladů zatížení:

Tab. č. 3: Třídy trvání zatížení (Eurokód 5, 2006).

Třída trvání zatížení	Zařazení akumulovaného trvání charakteristického zatížení	Příklady zatížení
stálé	delší než 10 let	vlastní tíha
dlouhodobé	6 měsíců – 10 let	skladované materiály
střednědobé	1 týden – 6 měsíců	užitková zatížení, sníh
krátkodobé	kratší než 1 týden	sníh, vítr
okamžitě		vítr, mimořádná zatížení

Podle Eurokódu ČSN EN 1990 čl. 4.1.1 (2004) se zatížení rozděluje také podle dalších kritérií. Z hlediska původu zatížení rozlišujeme tyto dva typy zatížení:

- **Zatížení přímá** – působí na konstrukci přímo a modely tohoto zatížení lze obvykle stanovit nezávisle na vlastnostech konstrukce.
- **Zatížení nepřímá** – představují vynucené přetvoření v důsledku účinků fyzikálních procesů, např. změny teploty, sedání a dalších. Nepřímá zatížení lze považovat za stálá zatížení (např. nerovnoměrné sedání), nebo proměnná zatížení (např. zatížení teplotou).

Podle proměnlivosti v prostoru se zatížení rozděluje na (ČSN EN 1990, 2004):

- **Zatížení volná** – může působit na konstrukci kdekoliv v určitém omezeném prostoru, příkladem je zatížení od vlastní tíhy.
- **Zatížení pevná** – má na rozdíl od volného zatížení na konstrukci neměnnou polohu. Působí v různých sestavách, např. pohyblivá užitná zatížení, vítr, sníh.

Zatížení se podle povahy a odezvy konstrukce rozděluje na (ČSN EN 1990, 2004):

- **Statická zatížení** – tato zatížení nevyvolávají významná zrychlení konstrukce nebo nosných prvků.
- **Dynamická zatížení** – tato zatížení vyvolávají významná zrychlení konstrukce nebo nosných prvků.

Při navrhování dřevěných konstrukcí podle Eurokódu 5 je dále potřeba zařadit posuzovanou konstrukci do jedné ze tříd provozu, aby bylo možné vypočítat pevnost a přetvoření konstrukčních prvků při uvažované kombinaci zatížení za určitých klimatických podmínek. Každý prvek konstrukce musí být navržen tak, aby odolal předpokládanému namáhání, přičemž vliv na jeho pevnost i výsledné přetvoření mají také vlhkostní a teplotní faktory okolí. Z tohoto důvodu Eurokód 5 (2006) uvádí následující třídy provozu, ze kterých dále vyplývají modifikační koeficienty ovlivňující statický výpočet posouzení konstrukčních prvků:

- **Třída provozu 1** – je charakterizována vlhkostí v materiálech odpovídající teplotě 20°C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 65 % pouze pro několik týdnů v roce (vlhkost dřeva nepřesahuje obvykle 12 %).
- **Třída provozu 2** – je charakterizována vlhkostí v materiálech odpovídající teplotě 20°C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 85 % pouze pro několik týdnů v roce (vlhkost dřeva nepřesahuje obvykle 20 %).
- **Třída provozu 3** – je charakterizována vlhkostí vyšší než ve třídě provozu 2; kryté konstrukce se pouze výjimečně zařazují do třídy provozu 3.

#### 7.1.1. Uvažovaná zatížení a kombinační stavy

Uvažovaná zatížení na konstrukci domu spadají do skupin zatížení stálých a zatížení nahodilých, mimořádná zatížení v tomto případě uvažována nejsou. Ve statických posudcích je počítáno s vlastní tíhou konstrukce, užitným zatížením stropu, zatížením sněhem a větrem. Jednotlivá zatížení jsou zařazena do různých tříd trvání zatížení podle Eurokódu 5 (tab. č. 3). Kombinační stavy rozhodujících zatížení při

posouzení dřevěných prvků konstrukce roubeného rekreačního domu v Jizerských horách zohledňují následující typy zatížení různého trvání (Koželuh, 2008):

- *vlastní tíha* – stálé zatížení
- *zatížení stropu od příček* – stálé zatížení
- *nahodilé zatížení stropu* – střednědobé zatížení
- *sníh na střeše* – střednědobé zatížení
- *zatížení větrem* – krátkodobé zatížení

Při posuzování jednotlivých konstrukčních prvků se vždy bere v úvahu třída trvání zatížení s nejzásadnějším vlivem na statiku konstrukce, tedy třída trvání toho zatížení z uvažované kombinace, které trvá nejkratší dobu. Z hlediska vlhkostních podmínek prostředí je konstrukce zařazena do třídy provozu 2, vzhledem k obvyklé vlhkosti vzduchu v lokalitě je totiž potřeba předpokládat vlhkost dřeva vyšší než 12 %.

Stanovení hodnot uvažovaných zatížení konstrukce se provádí v souladu s příslušnou částí Eurokódu 1. Výpočet vlastní tíhy a užitných zatížení se řídí ČSN EN 1991-1-1 (Eurokód 1, 2004). Zatížení sněhem na střeše se určuje v závislosti na lokalitě umístění objektu a jí odpovídající hodnotě charakteristického zatížení sněhem na zemi podle mapy sněhových oblastí. Na výsledné zatížení sněhem na střeše má dále vliv tvar střechy, počítá se také s možným sfoukáváním sněhu ze střechy a jeho odtáváním v důsledku prostupu tepla střešním pláštěm. Podle ČSN EN 1991-1-3 (Eurokód 1, 2005) se potom zatížení sněhem na střeše  $s$  vypočítá z tohoto vztahu:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k \quad [7.1]$$

kde je:  $\mu_i$  je tvarový součinitel  
 $C_e$  součinitel expozice  
 $C_t$  tepelný součinitel  
 $s_k$  charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

Zatížení větrem v dané lokalitě je závislé na konkrétní větrné oblasti, podle které je určena základní rychlost větru. Po zohlednění směru větru, ročního období, horopisu a drsnosti terénu se postupem stanoveným v ČSN EN 1991-1-4 (Eurokód 1, 2007)

získá charakteristická střední rychlost větru  $v_m(z)$  ve výšce  $z$  nad terénem. Maximální dynamický tlak větru  $q_p(z)$ , který je výchozím činitelem pro určení tlaku větru na jednotlivé plochy budovy je určen následujícím vztahem:

$$q_p(z) = [1 + 7l_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) \quad [7.2]$$

kde:  $[1+7l_v(z)]$  je vliv turbulencí  
 $\rho$  měrná hmotnost vzduchu ( $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ )  
 $v_m$  charakteristická střední rychlost větru ve výšce  $z$  nad terénem  
 $z$  výška nad terénem

Výpočet vlivu turbulencí a hodnoty potřebných součinitelů pro stanovení zatížení větrem i sněhem jsou uvedeny v příslušných částech Eurokódu 1 (ČSN EN 1991-1-3 a ČSN EN 1991-1-4).

## 7.2. Statické působení

Při statickém posouzení konstrukce se uvažuje přenos zatížení vertikálním směrem od střechy dolů k základům. Zatížení střechy (vlastní tíha, sníh na střeše, vítr) se přenáší do krokví, které předávají zatížení vaznicím. Zatížení od vaznic je následně rozneseno do ostatních prvků konstrukce krovu – hambáleků, vnitřních i vnějších sloupků a pásků. Obdobně je zatížena příhradová konstrukce půdní nadezdívky a následně trámy stropu. Zatížení na stropní nosníky je přeneseno od spodní vaznice a v některých místech od sloupků krovu, navíc zde ještě působí vlastní tíha a nahodilé zatížení stropu a paušální zatížení od lehkých příček v podkroví. Zatížení od stropních nosníků přechází do průvlaku a následně do nosných stěn, respektive přímo do zdí 1.NP, odkud se přenáší do základové desky a základovými zdmi přes základové pasy postupně až do podloží.

### 7.3. Mezní stavy

Metoda mezních stavů je v současné době hojně využívanou metodou posuzování dřevěných konstrukcí. Pokud je některý z mezních stavů překročen, konstrukce již nesplňuje návrhové podmínky spolehlivosti. Rozlišujeme mezní stavy únosnosti a mezní stavy použitelnosti (Kuklík, 2005).

#### 7.3.1. Mezní stavy únosnosti

Mezní stavy únosnosti se vztahují k zásadnímu poškození konstrukce nebo dokonce jejímu úplnému zřícení. Jedná se o stavy, po jejichž překročení již není zaručena spolehlivá únosnost některého z konstrukčních prvků nebo konstrukce jako celku. V rámci mezních stavů únosnosti se posuzují dřevěné konstrukce z následujících hledisek (Straka, 1996):

- ztráta stability konstrukce jako celku (nadzvednutí, posunutí, překlopení)
- porušení materiálu následkem nadměrných deformací
- porušení spojů následkem nadměrných deformací
- zlom nebo porušení tvaru konstrukce nebo některé její části (vybočení nebo klopení konstrukčních prvků)

Při posuzování konstrukcí na mezní stavy únosnosti se porovnávají účinky zatížení  $S_d$  s výpočtovým napětím (únosností)  $R_d$ . Všeobecně je u mezních stavů únosnosti pro každou konstrukci potřeba zajistit, aby návrhové účinky zatížení nepřekročily návrhové hodnoty odolnosti prvku. Každý konstrukční prvek nebo spoj musí tedy vyhovovat následující podmínce (Požgaj, 1997):

$$S_d \leq R_d \quad [7.3]$$

Spolehlivost dřevěných konstrukcí se ověřuje pomocí metody dílčích součinitelů zatížení a materiálů. Návrhové hodnoty zatížení získáme z charakteristických hodnot zatížení stanovených podle normy ČSN 73 0035 jejich vynásobením dílčím součinitelem bezpečnosti zatížení  $\gamma_F$ . Jeho hodnoty pro jednotlivé typy zatížení uvádí výše zmíněná

norma. Návrhové hodnoty  $X_d$  pevnostních vlastností konstrukčních prvků vstupující do ověření podmínky [7.3] mezního stavu únosnosti jsou pak stanoveny takto (Kuklík, 2008):

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M} \quad [7.4]$$

kde:  $k_{mod}$  dílčí součinitel vlastnosti materiálu  
 $\gamma_M$  modifikační součinitel zohledňující vliv vlhkosti a trvání zatížení

### 7.3.2. Mezní stavy použitelnosti

Při posuzování konstrukce podle mezních stavů použitelnosti se prokazuje, že deformace konstrukce způsobené účinky zatížení nepřesahují stanovené meze. Po překročení těchto mezí by už konstrukce nesplňovala funkční a estetické požadavky, důraz je kladen zejména na to, aby nedocházelo k nadměrnému průhybu ohýbaných nosníků, praskání povrchu a poškození povrchové úpravy, kmitání a pootočení konstrukčních prvků (Požgaj, 1997).

U mezních stavů použitelnosti se tedy prokazuje, že návrhová hodnota účinku zatížení  $S_d$ , kterým je zde například průhyb, nepřekračuje normativně stanovené limitní hodnoty tohoto účinku  $C_d$  (Kuklík, 2005):

$$S_d \leq C_d \quad [7.5]$$

Okamžité přetvoření  $u_{inst}$  se vypočítá podle Eurokódu 5 (ČSN EN 1995-1-1) za použití průměrných hodnot příslušných modulů pružnosti s ohledem na typ namáhání pro charakteristickou kombinaci zatížení podle EN 1990. Konečné přetvoření  $u_{fin}$  pak vychází z okamžitého přetvoření  $u_{inst}$  a dále bere v potaz hodnotu součinitele dotvarování  $k_{def}$ . Hodnoty  $k_{def}$  pro rostlé dřevo a lepené lamelové dřevo v různých třídách provozu jsou uvedeny v tabulce č. 4.:

Tab. č. 4: Hodnoty  $k_{def}$  pro rostlé a lepené lamelové dřevo (EN 14081-1 a EN 14080).

Třída provozu	1	2	3
$k_{def}$	0,60	0,80	2,00



Při výpočtu konečného přetvoření se rozlišují účinky stálého zatížení  $G$  a nahodilého zatížení  $Q$ . V případě, že je konstrukce složena z prvků se stejným dotvarováním a za předpokladu lineární závislosti mezi zatížením a přetvořením, je možné konečné přetvoření spočítat následujícím způsobem (ČSN EN 1995-1-1):

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q_1} + \sum u_{fin,Q_i} \quad [7.6]$$

kde:  $u_{fin}$  je konečné přetvoření  
 $u_{fin,G}$  konečné přetvoření pro stálé zatížení  $G$   
 $u_{fin,Q_1}$  konečné přetvoření pro rozhodující proměnné zatížení  $Q_1$   
 $u_{fin,Q_i}$  konečné přetvoření pro ostatní proměnná zatížení  $Q_i$ , ( $i > 1$ )

Jednotlivé složky součtu [7.3] jsou pak stanoveny takto:

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def}) \quad [7.7]$$

$$u_{fin,Q_1} = u_{inst,Q_1} (1 + \psi_{2,1} k_{def}) \quad [7.8]$$

$$u_{fin,Q_i} = u_{inst,Q_1} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def}) \quad [7.9]$$

kde:  $k_{def}$  je součinitel dotvarování  
 $\psi_{2,1}, \psi_{2,i}$  součinitele pro kvazistálou hodnotu proměnných zatížení  
 $\psi_{0,i}$  součinitele pro kombinační hodnotu proměnných zatížení

#### 7.4. Základní namáhání dřevěných konstrukčních prvků

Mechanickým namáháním se rozumí takové procesy, při kterých dochází k interakci mezi mechanickými, fyzikálními anebo jinými vlivy a materiálem. Důsledkem namáhání dřeva jsou jeho deformace, ať už okamžité, dočasné, nebo trvalé. Při navrhování dřevěných konstrukcí jsou u konstrukčních prvků rozhodující namáhání mechanické podstaty, kterým se tato kapitola věnuje. Je ale důležité o dřevu uvažovat

jako o hygroskopickém materiálu, ve kterém mohou probíhat zásadní vlhkostní změny. Vlhkostní napětí potom zejména v kombinaci s mechanickými vlivy může způsobit výrazné tvarové změny dřevěných konstrukčních prvků. Dalším faktorem, který ovlivňuje výsledné deformace dřeva je čas, po který zatížení trvá. Reakce dřevěných prvků na namáhání je ovlivněna jak strukturou a chemickým složením použité dřeviny, tak také geometrií namáhaného prvku (Požgaj, 1997; Gandelová, 2009).

#### 7.4.1. Prvky namáhané tahem

Při namáhání tahem rozlišujeme podle směru tahové síly vůči vláknům dřevěných prvků tah rovnoběžně s vlákny a tah kolmo na vlákna. Ve většině případů se u dřevěných konstrukcí setkáme s namáháním tahem ve směru vláken. Potom musí být splněna následující podmínka (Straka, 1996):

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad [7.10]$$

kde  $\sigma_{t,0,d}$  je návrhové napětí v tahu  
 $f_{t,0,d}$  návrhová pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,d}/A_m \quad [7.11]$$

kde  $N_{t,d}$  návrhová osová síla stanovená pro rozhodující kombinaci zatížení  
 $A_m$  účinná plocha průřezu

#### 7.4.2. Prvky namáhané tlakem

Při namáhání prostým tlakem nedochází ke ztrátě stability prvku, počítá se tedy s tím, že tlačенý prvek osově nevybočí. Prostý tlak se projevuje například při otlačení prvků nebo u namáhání tesařských spojů tlakovými silami. Opět se rozlišuje směr působení s ohledem na orientaci vláken, přičemž pro namáhání tlakem ve směru rovnoběžně s vlákny a za předpokladu stability prvku platí podmínka:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad [7.12]$$

kde  $\sigma_{c,0,d}$  je návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny  
 $f_{c,0,d}$  návrhová pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny

a pro namáhání tlakem kolmo na vlákna:

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} f_{c,90,d} \quad [7.13]$$

kde  $\sigma_{c,90,d}$  je návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny  
 $f_{c,90,d}$  návrhová pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny  
 $k_{c,90,d}$  součinitel pro soustředný tlak

V případě namáhání tlačných prutů se ztrátou stability musí navrhovaný prvek vyhovovat níže uvedené podmínce [7.14] v obou kolmých směrech roviny průřezu. Výpočet jednotlivých veličin vstupujících do podmínky vzpěru je popsán vztahy [7.15] až [7.19]. S namáháním vzpěrným tlakem se setkáváme nejčastěji u vertikálních prvků konstrukce, jako jsou sloupky krovu nebo svislé prvky stěnových konstrukcí (Straka, 1996; Kuklík, 2005).

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c f_{c,0,d}} \leq 1 \quad [7.14]$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}, \quad [7.15]$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] \quad [7.16]$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} \quad [7.17]$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda^2} \quad [7.18]$$

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} \quad [7.19]$$

kde:  $k_c$  je součinitel vzpěrnosti ve směru z nebo y v rovině průřezu  
 $\lambda_{rel}$  relativní štíhlostní poměr  
 $\beta_c$  míra imperflexe ( $\beta_c = 0,2$  pro rostlé dřevo a  $\beta_c = 0,1$  pro LLD)

$f_{c,0,k}$	charakteristická hodnota pevnosti dřeva v tlaku ronoběžně s vlákny
$\sigma_{c,crit}$	kritické napětí v tlaku
$E_{0,05}$	5% kvantil modulu pružnosti
$\lambda$	štíhlostní poměr
$l_{ef}$	účinná délka
$i$	moment setrvačnosti průřezu

### 7.4.3. Prvky namáhané ohybem

S namáháním ohybem se u dřevěných konstrukcí setkáváme například u stropních nosníků, krokví, vaznic nebo průvlaků. Následkem účinků ohybových momentů vyvolaných zatížením nosníků je deformace ve formě průhybu, která v krajním případě může končit ohybovým lomem. Jako univerzální případ prostého ohybu uvažujeme šikmý ohyb, kdy k namáhání dochází v obou hlavních rovinách  $y$  a  $z$ . Podmínkou únosnosti při posuzování konstrukčních prvků namáhaných šikmým ohybem je pak dodržení požadavků [7.20] a [7.21]. V případě jednoduchého ohybu pouze v jedné rovině je jedno z normálových napětí rovno nule.

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad [7.20]$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad [7.21]$$

kde:  $k_m$  je součinitel pro šikmý ohyb  
 $\sigma_{m,y,d}$  a  $\sigma_{m,z,d}$  návrhová napětí v ohybu k hlavním osám  
 $f_{m,y,d}$  a  $f_{m,z,d}$  návrhové pevnosti v ohybu

### 7.4.4. Prvky namáhané smykem

Při namáhání smykem vznikají v konstrukci tangenciální napětí, jejichž přičiněním může dojít v prvku k usmýknutí (Požgaj, 1997). Aby se takové nežádoucí deformaci předešlo, navrhovaný prvek musí splňovat následující podmínku, která platí jak pro prostý smyk, tak i pro smyk při ohybu:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad [7.22]$$

kde  $\tau_d$  je návrhové smykové napětí  
 $f_{v,d}$  návrhová pevnost ve smyku

S namáháním smykem se setkáváme nejčastěji u tesařských spojů, smyk za ohybu je běžný například pro podpěry nosníků (Kuklík, 2005).

#### 7.4.5. Prvky namáhané kroucením

Kroucení je způsobené otáčivým momentem působícím v rovině průřezu. Prvky vystavené smykovému napětí od kroucení musí vyhovovat této podmínce (Straka, 1996):

$$\tau_{tor} \leq f_{v,d} \quad [7.23]$$

kde:  $\tau_{tor}$  je návrhové napětí od kroucení  
 $f_{v,d}$  návrhová pevnost ve smyku

V dřevěných konstrukcích se můžeme setkat také s kombinovanými způsoby namáhání, které jsou složeny z výše popsaných základních namáhání konstrukčních prvků. Při statickém posouzení konstrukce rekreačního roubeného domu v Jizerských horách jsou její dřevěné nosné prvky navrhnuty na základě zmíněných podmínek únosnosti při působení příslušného namáhání vyplývajícího ze zatěžovacích stavů.

## 8. VLIV POUŽITÉ DŘEVINY NA KONSTRUKCI – VOLBA DVOU DRUHŮ ODLIŠNÝCH DŘEVIN V KONSTRUKCI DOMU A NUMERICKÉ ZHODNOCENÍ STATICKÉHO POSUDKU

Výběr vhodné dřeviny, která má být použita na konstrukci, je obecně u dřevostaveb zásadním rozhodnutím, které v důsledku ovlivní nejen fyzikální a mechanické vlastnosti konstrukce, ale také například celkovou estetiku budovy nebo vyšší pořizovacích nákladů. Zvláštní význam má výběr použité dřeviny právě u roubených a srubových staveb, u kterých má rostlé dřevo v konstrukci nosnou a zároveň izolační i estetickou funkci, přičemž velmi často tvoří dřevo povrch obálky budovy v interiéru i exteriéru. Tato kapitola se věnuje volbě dvou odlišných dřevin, které by bylo možné použít v konstrukci roubeného rekreačního domu v Horním Maxově v Jizerských horách, a jejich vlivu na některé vybrané parametry konstrukce. Vliv použité dřeviny na konstrukci je zde hodnocen v oblastech životnosti, únosnosti a použitelnosti konstrukce, dále jsou porovnány ekonomické aspekty a na konstrukci je nahlédnuto také z pohledu stavební fyziky.

Pro konstrukci roubeného domu v Horním Maxově byly za účelem porovnání vybrány dvě odlišné dřeviny, které se dnes v konstrukcích roubených staveb běžně používají – smrk ztepilý (*Picea abies*) a zerav obrovský (*Thuja plicata*). Jedná se o jehličnaté dřeviny, které jsou obě vhodné pro konstrukční účely. Jejich dřevo má však v některých ohledech rozdílné vlastnosti (fyzikální, mechanické, estetické, akustické a další), což vyžaduje částečně odlišnou aplikaci v konstrukci. Zároveň je díky těmto odlišnostem možné dosáhnout jiného vzhledu nebo například rozdílných tepelně izolačních charakteristik konstrukce.

**Smrk ztepilý** (*Picea abies*) je dřevina, jejíž dřevo se zejména v Evropě hojně používá na konstrukční účely. Její hlavní výhodou je nízká objemová hmotnost při relativně dobrých mechanických vlastnostech, doposud také příznivá cena a dostupnost. Měkké, ale přitom dostatečně pevné a pružné dřevo smrku se jednoduše opracovává a je relativně tvarově stálé, což ho spolu s ostatními vlastnostmi činí vhodným stavebním materiálem.

**Zerav obrovský** (*Thuja plicata*) má jako stavební materiál dlouholetou historii zejména v Severní Americe, odkud dřevina pochází. Pro řezivo ze zeravu je užívaný obchodní název západní červený cedr. Dřevo zeravu je oblíbené pro svou výraznou kresbu a některé velmi dobré materiálové vlastnosti. V oblasti dřevostaveb se jedná především o vysokou trvanlivost, opracovatelnost nebo nízkou objemovou hmotnost.

## 8.1. Životnost konstrukce

Životnost konstrukce je závislá na mnoha faktorech, z nichž některé vycházejí ze samotných podmínek prostředí, jiné se odvíjejí od konkrétního konstrukčního návrhu a řešení detailů. Fyzickou životnost dřevařských výrobků včetně dřevostaveb prodlužuje správné konstrukční řešení a naopak ji zkracují nedostatky v projektu, jako je nevhodná materiálová skladba stěn nebo špatně navržené konstrukční detaily. Významnou roli hraje také úroveň kvality provedení dosažená při realizaci, pravidelná údržba a případné včasné průběžné opravy. U dřevěných konstrukcí je také třeba řešit přirozenou odolnost použité dřeviny vůči poškození biotickými i abiotickými škůdci a případnou vhodnou chemickou ochranu dřeva (Baier, 2004).

Z hlediska volby rozdílných dřevin a jejich vlivu na životnost konstrukce domu je základní charakteristikou pro porovnání přirozená trvanlivost zvolených dřevin. Dřevo oproti jiným konstrukčním materiálům disponuje relativně nižší přirozenou trvanlivostí, podléhá poškození dřevokaznými houbami a hmyzem a je náchylné vůči působení atmosférických vlivů. Jeho přirozená trvanlivost se ale liší s ohledem na dřevinu a i přesto, že je velmi obtížné trvanlivost dřeva přesněji stanovit, je možné dřevo jednotlivých dřevin mezi sebou v tomto ohledu porovnávat. K tomu slouží klasifikace dřevin do pěti tříd trvanlivosti (dle ČSN EN 350). Podle tohoto rozdělení se dřevo smrku (*Picea abies*) zařazuje do třídy trvanlivosti 4 – Málo trvanlivé, zatímco dřevo zeravu (*Thuja plicata*) se řadí do třídy trvanlivosti 2 – Trvanlivé (Reinprecht, 2008).

Životnost dřevěných výrobků – včetně staveb ze dřeva – je možné definovat jako čas, za který výrobek dosáhne některého z mezních stavů, limitujících jeho použitelnost. K odhadu předpokládané životnosti dřevěné konstrukce lze použít faktorovou metodu, která vychází z referenční životnosti dřevařského výrobku a tu následně upravuje na

základě hodnot několika faktorů, které výslednou předpokládanou životnost přímo ovlivňují. S využitím faktorové metody (podle Reinprechta, 2008) byla určena předpokládaná životnost roubeného rekreačního domu v Horním Maxově s ohledem na použitou dřevinu a jí odpovídající způsob povrchové úpravy. Následuje popis jednotlivých dílčích faktorů ovlivňujících životnost stavby a odůvodnění stanovení jejich hodnot včetně výsledného výpočtu.

PŽDV – předpokládaná životnost dřevařského výrobku (roky)

RŽDV – referenční životnost dřevařského výrobku (roky)

A – kvalita použitých materiálů, přirozená trvanlivost, chemická ochrana dřeva

B – konstrukční řešení, zastřešení objektu, kontakt dřeva s kovem nebo zeminou

C – kvalita zpracování konstrukčních detailů, vlhkost dřeva

D – vnitřní prostředí, mikroklima

E – vnější prostředí, klimatické podmínky v lokalitě

F – mechanické poškození, emise

G – kontrola, údržba, obnova nátěrů

Tab. č. 5: Stanovení předpokládané životnosti roubeného domu faktorovou metodou.

Faktor ovlivňující životnost konstrukce		Hodnota faktoru při použití dané dřeviny	
Ozn.	Popis a odůvodnění	Smrk	Zerav
A1	Přirozená trvanlivost dřeva smrku a zeravu se liší. Zatímco smrk ztepilý je z hlediska přirozené trvanlivosti vůči působení dřevokazných hub zařazen do třídy 4 (málo trvanlivé), zerv obrovský se může řadit i do třídy trvanlivosti 2 (trvanlivé dřeviny). Obě dřeviny jsou náchylné vůči poškození hmyzem.	1	2,5
A2	Smrkové dřevo je ošetřeno preventivním insekticidním a fungicidním prostředkem Lignofix a následně základovou a ochrannou UV lazurou. Použití zeravu obrovského nevyžaduje impregnaci ani ochranný nátěr, předpokládá se dostatečná přirozená trvanlivost jeho dřeva.	2	1



B	Konstrukce je zastřešena s dostatečným přesahem střechy nad dřevěné prvky v exteriéru. Konstrukční detaily jsou řešeny tak, aby nedocházelo k nadměrnému shromažďování vlhkosti (rohové rybinové spoje roubené části umožňují odtok vody ven).	1	1
C	Předpoklad správného návrhu a kvalitního provedení detailů stavební firmou. Vstupní vlhkost dřeva při výrobě dřevěných prvků konstrukce nepřesáhne 18 %, vlhkost dřeva v konstrukci během užívání jen zřídka dosáhne 20 %.	1	1
D	Mikroklima v konstrukčních detailech nebo pod nátěrem je málo vhodné pro výskyt hniloby. Zohledňuje se možnost vzniku trhlin pod nátěrem u ošetřeného smrkového dřeva.	0,7	0,8
E	Dřevěná konstrukce není vystavena přímým srážkám, ale klimatické podmínky v oblasti Jizerských hor mohou znamenat vysokou vlhkost vzduchu, vítr s bočním deštěm nebo přímý kontakt konstrukce s nafoukaným sněhem.	0,9	0,9
F	Konstrukce domu je navržena tak, aby odolala veškerým uvažovaným mechanickým zatížením. Nepředpokládá se závažné mechanické poškození ani vystavení zásadnějšímu možství emisí.	1	1
G	Pravidelná kontrola a diagnostika poškození během užívání, vhodná, včasná a odborná údržba a sanace objektu. U varianty s použitím smrku také pravidelná obnova ochranného nátěru.	2	1,8

$$P\check{Z}DV_{(smrk)} = R\check{Z}DV \times (A \times B \times C \times D \times E \times F \times G) = 40 \times (1 \times 2 \times 1 \times 1 \times 0,7 \times 0,9 \times 1 \times 2) = \underline{101 \text{ let}}$$

$$P\check{Z}DV_{(zerav)} = R\check{Z}DV \times (A \times B \times C \times D \times E \times F \times G) = 40 \times (2,5 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,8 \times 0,9 \times 1 \times 1,8) = \underline{130 \text{ let}}$$

V závislosti na zvolených hodnotách jednotlivých faktorů při použití daných dřevin na konstrukci domu byla stanovena předpokládaná životnost roubeného domu v Jizerských horách pro dva případy lišící se použitou dřevinou na konstrukci a povrchovou úpravou. Dřevo zeravu je vhodné i pro použití do exteriéru, je dokonce považováno za přirozeně trvanlivější než dřevo modřinu. Za předpokladu bezchybné realizace a adekvátní průběžné údržby objektu byla stanovena životnost roubené stavby na 130 let. Za stejných podmínek a při použití chemicky ošetřeného smrkového řeziva s povrchovou úpravou na nosné prvky konstrukce je na základě faktorové metody předpokládána životnost stejného objektu 101 let. K těmto výsledkům je nutné přistupovat s ohledem na to, že správné provedení konstrukčních detailů a celková

vhodnost konstrukčního návrhu má na životnost celé konstrukce zcela zásadní vliv a může ji velmi razantně snížit. Dále je třeba zmínit, že faktorová metoda je postavena na bázi subjektivního hodnocení a výsledek je do velké míry ovlivněn osobním přístupem autora k určení hodnot faktorů.

## **8.2. Únosnost a použitelnost konstrukce**

Statické posouzení konstrukce roubeného rekreačního domu v Horním Maxově, které je součástí projektové dokumentace objektu v příloze k této práci, vychází z použití jehličnatého (smrkového) řeziva pevnostní třídy C24 na nosné konstrukční prvky. Všechny uvedené posudky počítají s pevnostními a pružnostními charakteristikami definovanými pro tuto třídu stavebního řeziva podle ČSN EN 338. Stavební řezivo z hlediska pevnostních tříd je ve zmíněné normě rozlišeno na jehličnaté a listnaté, dále je ale do kategorií řazeno na základě požadovaných mechanických vlastností, nikoli podle druhu dřeviny. S ohledem na to by porovnání obou zvolených dřevin – smrku a zeravu – z hlediska jejich vlivu na únosnost a použitelnost konstrukce nebylo vypovídající. V takovém případě by se jednalo pouze o numerické zhodnocení statického posudku pro dvě různé pevnostní třídy blíže neurčeného jehličnatého řeziva. Aby bylo možné vliv zvolených dřevin na statiku roubeného domu porovnat, byly pro numerické posouzení konstrukce při použití dřeva zeravu použity korekce mezních hodnot mechanických vlastností pro danou pevnostní třídu.

Přestože je stavební řezivo ze dřeva zeravu dostupné i v kvalitě odpovídající třídě C24, jedná se již o pevnostní třídu, která je u tohoto druhu dřeva relativně vzácná. Zatímco u smrku této kvality odpovídá ve Velké Británii 30 % pilařské kulatiny, v případě zeravu obrovského se jedná pouze o 11 % (Gil-Moreno et al., 2016). Dřevo zeravu je navíc obecně méně pevné a pružné než dřevo smrkové, kterému hodnoty vlastností podle ČSN EN 338 odpovídají výrazně lépe. Kretschmann (2010) například uvádí hodnotu modulu pružnosti v ohybu při 12 % vlhkosti pro smrk 9,6 MPa, zatímco pro zerav 7,7 MPa. Podobně je tomu u některých dalších charakteristik porovnávaných dřevin. Na základě těchto odlišností byly pro potřeby porovnání vlivu obou dřevin na

numerické zhodnocení statického posudku přiřazeny dřevu zeravu hodnoty pevnostních a tuhostních vlastností z různých pevnostních tříd podle tabulky č. 6. Pro dřevo smrku byly ponechány vyhovující charakteristiky pevnostní třídy C24. Pro dřevo zeravu byla jako základní třída pevnosti zvolena třída C22, s následující korekcí některých vlastností podle jiných tříd:

Tab. č. 6: Použité hodnoty mechanických vlastností a hustoty porovnávaných dřevin ve statickém posudku.

Vlastnost			Hodnota použitá ve statickém posudku		Odpovídající pevnostní třída	
			Smrk	Zerav	Smrk	Zerav
Ohyb	$f_{m,k}$	[MPa]	24	22	C24	C22
Tah rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	[MPa]	14	13	C24	C22
Tlak rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	[MPa]	21	20	C24	C22
Tlak kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	[MPa]	2,5	2,2	C24	C18
Smyk	$f_{v,k}$	[MPa]	4	4	C24	C24
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean}$	[MPa]	11	9,5	C24	C20
5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05}$	[MPa]	7,4	6,4	C24	C20
Průměrná hodnota hustoty	$\rho_{,mean}$	[kg/m <sup>3</sup> ]	420	380	C24	C18

Numerické zhodnocení statického posudku bylo následně provedeno pro obě dřeviny s použitím výše uvedených hodnot materiálových konstant. Pro zerav bylo také spočítáno odlišné stálé zatížení od vlastní tíhy konstrukce, na které má vliv hustota dřeva. Ta je v porovnání se smrkem nižší, výsledné zatížení konstrukce tedy bylo v případě

zeravu také snižené. Vypočtenou využitelnost jednotlivých posuzovaných konstrukčních prvků roubeného rekreačního domu v Horním Maxově pro obě zvolené dřeviny uvádí tabulka č. 7. Využitelnost prvku vždy odpovídá rozhodující podmínce namáhání, pokud jich pro daný prvek bylo hodnoceno více. Rozhodující podmínka posouzení mezního stavu se pro jednotlivé dřeviny u posuzovaných prvků nelišila.

Tab. č. 7: Numerické zhodnocení statického posudku pro porovnávané dřeviny.

Konstrukční prvek	Statický posudek	Využitelnost prvku (%)		Rozhodující podmínka
		Smrk	Zerav	
krokev	D.1.2.2	45,7	48,9	ohyb
vaznice	D.1.2.3	64,3	78,6	průhyb
sloupek pod vaznicí	D.1.2.4	14,9	15,3	vzpěr
hambálek	D.1.2.5	3,7	3,9	tah
pásky půdní nadezdívky	D.1.2.6	35,2	39,1	otlačení
svislice půdní nadezdívky	D.1.2.6	4,2	4,3	tlak
vnější vaznice	D.1.2.7	26,4	28,6	ohyb
stropní nosník	D.1.2.8	82,7	89,9	ohyb
průvlak	D.1.2.9	90,2	97,9	ohyb
sloup pod průvlakem	D.1.2.10	25,0	26,6	vzpěr
vaznice pultové střechy	D.1.2.11	18,0	17,7	smyk
sloupek pod pultovou střehou	D.1.2.12	5,3	5,8	vzpěr
trám roubené stěny	D.1.2.13	78,6	87,4	otlačení
vertikální sloupek roubené stěny	D.1.2.13	2,1	2,2	tlak
sloupek konstrukce zádveří	D.1.2.14	5,3	5,5	tlak a ohyb

Z výsledků statického posouzení vyplývá, že průřezy osově namáhaných tlačných nebo tažených prvků konstrukce jsou obecně málo využité. Má na tom podíl také vynikající pevnost dřeva v tlaku rovnoběžně s vlákny. I kvůli tak nízké využitelnosti se vliv použité dřeviny projevuje v řádu desetin až jednotek procent. Mnohem více se mezním stavům přibližují prvky namáhané ve směru kolmo na vlákna. Jedná se především o zatížení v ohybu a otlačení prvku v kontaktní ploše, tedy tlak kolmo

k vláknům. Nejvíce využitým prvkem dřevěné konstrukce je průvlak (posudek D.1.2.9) namáhaný v ohybu, ten je v případě použití smrkového dřeva využit z 90,2 % a při použití dřeva zeravu z 97,9 % navrhovaného profilu. Velice podobně je tomu u stropních nosníků. Při posouzení středové vaznice krovu je rozhodující mezní stav použitelnosti, konkrétně posouzení prvku na průhyb. Zde je smrkový profil využit na 64,3 % a nosník ze dřeva zeravu na 78,6 %. Obecně lze poznamenat, že zatímco u osově namáhaných prvků se vzhledem k pevnosti dřeva a navrhovaným průřezům vliv použité dřeviny projeví velice málo, u ohýbaných prvků dosahuje smrkové dřevo lepších výsledků při stejném průřezu díky své vyšší pevnosti a tuhosti.

V jednom případě je ale dřevo zeravu z pohledu statiky vhodnější, a to při namáhání ve smyku. Pevnost ve smyku  $f_{v,k}$  má pro pevnostní třídu C24 hodnotu 4 MPa. Pro žádnou jinou pevnostní třídu jehličnatého dřeva již norma neudává vyšší hodnotu. Proto byla zeravu přiřazena stejná pevnost ve smyku, ačkoli podle výsledků uvedených Kretschmannem (2010) dosahuje vyšší pevnosti než smrkové dřevo. Rozdílná využitelnost 18,0 % (smrk) respektive 17,7 % (zerav) při posouzení vaznice pultové střechy nad zápražím je v tu chvíli dílem výhradně jiné vlastní tíhy konstrukce v závislosti na použité dřevině.

Toto porovnání má poukázat na vliv mechanických vlastností dřeva různých druhů dřevin na statiku dřevěných konstrukcí a na částečnou necitlivost norem vůči různým dřevinám běžně využívaným ve stavitelství. Podrobnější rozčlenění pevnostních tříd by mohlo v důsledku znamenat například vyšší materiálové úspory při navrhování konstrukčních prvků.

### **8.3. Tepelná a vlhkostní bilance konstrukce**

Mezi výhody poloroubených staveb se řadí jedinečná kombinace vzdušnosti roubené části domu a schopnost akumulace tepla zděnou částí budovy. Vhodné je umístění obytných prostor domu v roubené části budovy, zatímco technické zázemí, koupelny a WC je kvůli předpokládanému většímu výskytu vlhkosti v těchto místnostech lepší umístit do zděné části domu (Hepnerová, 2021).

Z hlediska stavební fyziky mají všechny svislé dřevěné konstrukce stěn roubeného rekreačního domu v Horním Maxově difúzně otevřenou skladbu, která umožňuje průchod vlhkosti konstrukcí směrem z interiéru do exteriéru a její odvětrání. Roubená stěna je v tomto ohledu velmi specifická svou prodyšností, ke které velkým dílem přispívá obecně nízká vzduchotěsnost rohových spojů. Je zjevné, že roubené domy ve své klasické podobě nedosahují významných tepelně izolačních vlastností, důležitým hlediskem při jejich návrhu ale zůstává vhodné řešení s ohledem na vlhkostní bilanci konstrukcí obálky budovy.

Sloupkové konstrukce štítových stěn a půdní nadezdívky jsou navrženy tak, aby umožnily odvětrání vlhkosti zkondenzované v konstrukci do venkovního prostoru pod provětrávanou fasádou. Veškeré navržené konstrukční skladby obvodových stěn a zateplené střechy v souladu s projektovou dokumentací byly prověřeny v softwaru Teplo 2017 EDU s ohledem na použití dvou zvolených dřevin. Kompletní protokoly pro obě dřeviny jsou pak uvedeny v Příloze 2 k této práci. Z hlediska vlhkostní bilance by bylo dále vhodné ověřit konstrukce a také konstrukční detaily ve specializovaném 2D softwaru a provést optimalizaci konstrukce pro minimalizaci rizika jejího poškození spojeného s kondenzovanou vlhkostí.

Tab. č. 8: Tepelně vlhkostní posouzení konstrukcí s použitím dřeva smrku (Teplo, 2021).

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ						
Teplo 2017 EDU		tepelná ochrana budov (ČSN 730540, EN ISO 6946, EN ISO 13788)				
Název kece DeltaT10 [C]	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	
Obvodová stěna zděná...	stěna	5.375	0.180	0.0342	ano	---
Štítová stěna...	stěna	3.584	0.266	0.2060	ano	---
Obvodová stěna roubená...	stěna	1.854	0.494	0.0578	ano	---
Zateplená střecha...	střecha	6.157	0.159	nedochází ke kondenzaci v.p.		---
Nadzednicová stěna...	stěna	3.584	0.266	0.2097	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.

Tab. č. 9: Tepelně vlhkostní posouzení konstrukcí s použitím dřeva zeravu (Teplo, 2021).

## SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ HODNOCENÝCH KONSTRUKCÍ

Teplo 2017 EDU

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

Název kce DeltaT10 [C]	Typ	R [m2K/W]	U [W/m2K]	Ma,max[kg/m2]	Odpaření	
Obvodová stěna zděná...	stěna	5.375	0.180	0.0342	ano	---
Štítová stěna...	stěna	3.915	0.245	0.0948	ano	---
Obvodová stěna roubená...	stěna	2.917	0.324	0.0578	ano	---
Zateplená střecha...	střecha	6.201	0.158	nedochází ke kondenzaci v.p.		---
Nadzednicová stěna...	stěna	4.054	0.237	0.0563	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.

V rámci porovnání je možné vliv použité dřeviny hodnotit na základě vypočtených tepelných charakteristik konstrukce. S výjimkou roubené stěny splňují veškeré stěnové konstrukce obklopující vytápěný prostor roubeného domu i konstrukce zateplené střechy požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla konstrukcí pro standardní budovy  $U_{N,20} = 0,30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ , respektive  $U_{N,20} = 0,24 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  pro střešní plášt. Této hodnoty je dosaženo při použití obou zvolených dřevin, jak je uvedeno ve výstupech ze softwaru Teplo v tabulkách č. 8 a 9 výše. Roubená stěna nespĺňuje požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla konstrukcí  $U_{N,20} = 0,30 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  a v případě roubeného domu v Horním Maxově je proto využita výjimka pro budovy určené pro rodinnou rekreaci, které tuto podmínku podle Vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, splňovat nemusí. Dále bylo ověřeno, že všechny posuzované konstrukce umožňují během roku odvětrání kondenzované vodní páry z konstrukce.

Vliv použité dřeviny na konstrukci je nejvíce patrný u posouzení roubené stěny, kde jsou vypočtené hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_{T,SM} = 0,494 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  pro roubenou stěnu ze smrku a  $U_{T,Z} = 0,324 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$  při použití dřeva zeravu. Vstupními hodnotami součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  při vlhkosti 12 % byly pro smrk  $0,18 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  a pro zerav  $0,11 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Již z těchto ukazatelů je možné vyvodit, že dřevo zeravu je přibližně o třetinu lepší tepelný izolant než dřevo smrkové.

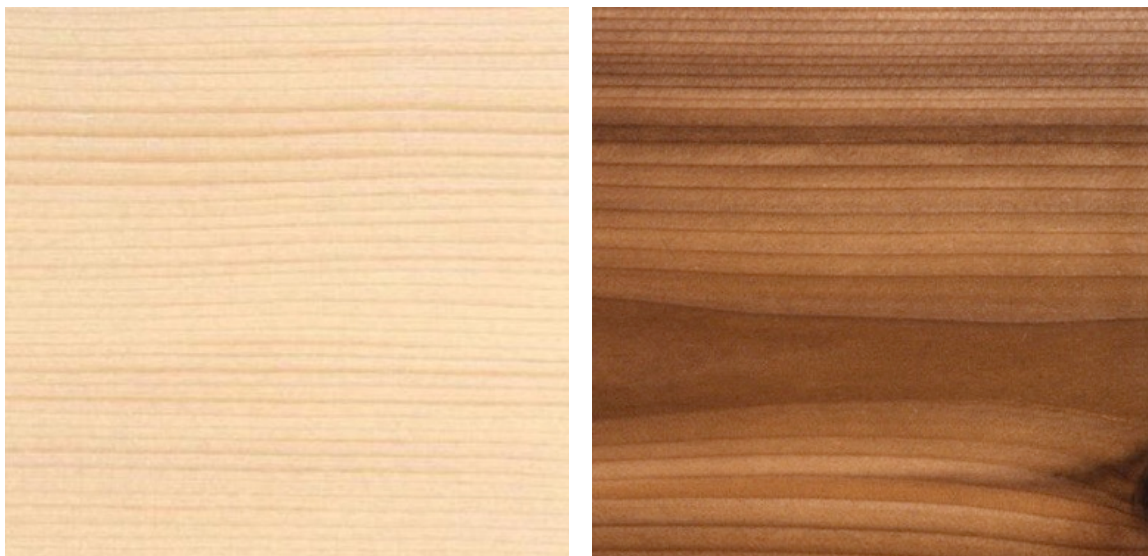
Pro dosažení požadované hodnoty  $U_{N,20}$  součinitele prostupu tepla konstrukcí by roubená stěna s použitím dřeva zeravu musela mít tloušťku 310 mm, u smrkového dřeva ještě výrazně více. Při navrhování a optimalizaci skladby roubených konstrukcí pro rodinné domy se nabízejí některé postupy dodatečného izolování roubené stěny, aby výsledná skladba vyhovovala požadavkům na energetickou náročnost budov. Jedním z možných způsobů je výroba sendvičového profilu s vloženou vrstvou tepelně izolačního materiálu, další možností je opatření roubené stěny přidanou vnitřní izolací. V tomto případě ale není dodržen princip klesajícího difúzního odporu vrstev konstrukce směrem do exteriéru, což může v závislosti na odpovídajících okrajových podmínkách znamenat, že se kondenzovaná vlhkost z konstrukce nebude vhodně odpařovat (Alev et al., 2014). Použití dřeva s nízkou hodnotou součinitele tepelné vodivosti, jako je dřevo zeravu, může být velmi vhodné s ohledem na budoucnost roubených staveb.

#### **8.4. Vzhled konstrukce**

Vliv použité dřeviny na celkový vzhled konstrukce je zejména u roubených staveb velice výrazný, protože dřevěné prvky konstrukce jsou ve velké míře pohledové jak v interiéru, tak při pohledu zvenčí. Na estetice vnitřních prostorů se nejvíc projevuje druh dřeviny použité na konstrukci roubené stěny, stropních nosníků a viditelných prvků krovu, zvenčí pak vizuální stránku návrhu stavby podtrhuje také vzhled fasádního obkladu štítových stěn a obložení zádveří.

Každá z porovnávaných dřevin má svou charakteristickou texturu a přirozený barevný odstín a tyto vizuální vlastnosti ji spolu s ostatními přednostmi a nedostatky předurčují k různému použití. Zatímco dřevo smrku je smetanově bílé až nahnědlé, zerav obrovský se vyznačuje načervenalým až červenohnědým odstínem a oproti smrku má výraznější kresbu letokruhů s velmi patrným rozdílem mezi jarním a letním dřevem a výskytem světlejších a tmavších pruhů jarního dřeva. Jeho zajímavá textura je vhodná a žádaná pro použití na pohledové prvky dřevostaveb. Rozdíly v barvě a kresbě dřeva smrku a zeravu jsou viditelné na obrázku č. 20.





Obr. č. 20: Textura a barevnost dřeva smrku a zeravu:  
vlevo smrk ([www.oceanhardwoodni.com](http://www.oceanhardwoodni.com)), vpravo zerav ([www.woodsolutions.com](http://www.woodsolutions.com)).

Díky přirozené trvanlivosti je možné použít dřevo zeravu obrovského i do exteriéru bez ošetření nátěrem, kde v důsledku působení atmosférických vlivů postupně šedne a získává osobitou patinu, která může být z estetického hlediska pro investora žádoucí. Oproti tomu smrkové dřevo snáze podléhá degradaci a jeho použití v exteriéru bez ochranného nátěru není vhodné. Běžně se tak dřevo smrku ošetřuje různými typy nátěrů ve volitelném barevném odstínu, sytosti i lesku. Nátěr je obdobně možné aplikovat také na dřevo zeravu, použití pigmentovaných nátěrových prostředků ale nenechá vyniknout jeho přirozené textuře. Lze poznamenat, že použití dřeva zeravu obrovského na konstrukci roubeného domu nabízí oproti smrku právě možnost přírodního vzhledu s působivou kresbou dřeva bez nátěru. Estetika domu s ohledem na použitou dřevinu je ovšem subjektivní a výsledný návrh by měl respektovat preference zákazníka v souladu s odborným názorem architekta.

## 8.5. Spoje

Vliv vybrané dřeviny na konstrukční spoje je v případě roubeného domu v Horním Maxově v Jizerských horách nejzásadnější u tesařských spojů roubené stěny. Rohové spoje, pomocí kterých jsou napojeny sousední navzájem kolmé stěny roubené části budovy, jsou navrženy jako rybinové. Tento typ spoje v nároží vykazuje

v porovnání s jinými používanými rohovými spoji masivních dřevěných trámů nejvyšší těsnost (Alev et al., 2014). Těsnost rohového spoje zabraňuje tepelným ztrátám budovy a přispívá obecně ke zvýšení komfortu při užívání stavby a svůj podíl má také použitá dřevina. Dřevo jako hygroskopický materiál sesychá a podléhá při tom tvarovým změnám, které mohou těsnost spoje ovlivnit. Více sesychavé dřeviny mívají větší sklon k tvorbě výsušných trhlin, kroucení a štípání. V tomto ohledu se jeví dřevo zeravu jako vhodnější v porovnání se smrkem právě kvůli své tvarové stálosti. Objemové sesychání dřeva zeravu obrovského při změně vlhkosti ze surového stavu na vlhkost menší než 30 % (mez nasycení vláken) je uváděno v poměru 6,7 % z původních rozměrů, zatímco smrkové dřevo vykazuje téměř dvojnásobnou objemovou změnu (Glass, Zelinka, 2010).

Z hlediska sesychání má použití dřeva zeravu do konstrukce roubených staveb velkou výhodu, pokud bereme v úvahu míru sedání celé roubené stěny. Na výšce patra se udává sesednutí do 5 cm, což je v porovnání se smrkem, u kterého může nastat seschnutí až o 15 cm na výšku patra, velice málo ([www.bartos.cz](http://www.bartos.cz)). Minimalizace těchto deformací má následně pozitivní vliv i na funkčnost ostatních spojů v konstrukci. Obě zvolené dřeviny mají pro v použití v konstrukci roubeného domu z hlediska spojování vhodné charakteristiky, mezi které patří například relativně jednoduchá obrobitelnost nebo odolnost proti vytažení spojovacího prostředku. Na základě porovnání ale vykazuje zerav oproti smrku určité výhody, ať už jde o zmíněnou míru sesychání, nebo také menší výskyt suků ve dřevě.

## **8.6. Ekonomické aspekty**

S využitím naceňovacího nástroje Kubix, který využívá cenovou soustavu ÚRS, byly stanoveny přibližné náklady na pořízení stavby – roubeného rekreačního domu v Jizerských horách. Výsledný odhad ceny stavby je uveden v tabulce č. 10 níže. Přestože je propočet pouze hrubým odhadem skutečné ceny stavby, je možné z něj získat představu například o podílu ceny stavební konstrukce na celkových nákladech. Ta činí podle propočtu zhruba 40 % celkové ceny stavby.

Tab. č. 10: Přibližný cenový propočet nákladů na pořízení stavby (Kubix, 2021).

CENOVÝ PROPOČET

Přípravné práce a připojení	164 000 Kč
Příprava území	19 000 Kč
Přípojky inženýrských sítí	145 000 Kč
<b>OBJEKT - Stavební konstrukce</b>	<b>2 668 407 Kč</b>
Zemní práce	37 586 Kč
Zakládání a zpevňování hornin	296 483 Kč
Svislé konstrukce vnější	579 507 Kč
Vnější výplně otvorů	257 660 Kč
Svislé konstrukce vnitřní	264 788 Kč
Vnitřní výplně otvorů	144 718 Kč
Vodorovné konstrukce	457 314 Kč
Střechy	518 751 Kč
Ostatní	111 600 Kč
<b>OBJEKT - Technické vybavení</b>	<b>690 520 Kč</b>
Kanalizace, voda, plyn	154 365 Kč
Zásobování teplem	262 543 Kč
Větrání a klimatizace	73 347 Kč
Sílnoproud	146 241 Kč
Slaboproud a sdělovací zařízení	37 997 Kč
Zvedací zařízení	0 Kč
Zařízení uživatele	0 Kč
Ostatní	16 027 Kč
<b>Venkovní úpravy a vybavení</b>	<b>610 000 Kč</b>
Hospodaření s dešťovou vodou včetně technologie	50 000 Kč
Oplocení včetně zemních a základových prací	560 000 Kč
<b>Vedlejší rozpočtové náklady (VRN)</b>	<b>35 000 Kč</b>
Průzkumné a projektové práce	35 000 Kč
Náklady spojené s umístěním stavby	0 Kč
Inženýrská činnost	0 Kč
Finanční náklady	0 Kč
Rezerva	0 Kč
Vlastní přípočet	0 Kč
<b>Celková cena stavby bez DPH</b>	<b>4 167 927,00 Kč</b>

Požizovací cena materiálu je faktorem, který se výrazně podílí na celkové výši nákladů na stavbu. Z hlediska porovnání zvolených dřevin je po srovnání cen několika dodavatelů možné konstatovat, že stavební řezivo ze dřeva zeravu je až dvakrát dražší, než řezivo smrkové. Cena nevysušených stavebních trámů ze smrku se může pohybovat okolo 7 000 až 10 000 Kč/m<sup>3</sup>, zatímco cena trámů ze zeravu přesahuje i hranici 20 000 Kč/m<sup>3</sup>. Použití dřeva zeravu na konstrukci domu je tedy výrazně nákladnější a dá se předpokládat, že celkovou pořizovací cenu stavby může zvýšit oproti navrhované variantě s využitím smrkového řeziva i více než o 20 %. Přesnější zhodnocení by ovšem vyžadovalo vytvoření podrobného položkového rozpočtu.

Kromě pořizovacích nákladů jsou se stavbou spojeny také provozní náklady. Předpokládá se, že náklady na užívání stavby při použití smrkového dřeva by byly z důvodu větších tepelných ztrát objektu (viz podkapitola 6.3) vyšší než při použití dřeva zeravu. Při předpokládaném sezónním či víkendovém provozu by ale tento rozdíl nebyl moc znatelný. Pokud by se porovnávaly náklady na údržbu a opravy, pak má dřevo zeravu výhodu bezúdržbové aplikace, zatímco na povrchu smrkového dřeva s exteriérovou expozicí by bylo nutné pravidelně obnovovat nátěr. Na druhou stranu v případě potřebných oprav nebo dokonce výměny některých dřevěných částí konstrukce by se opět projevila vyšší cena stavebního řeziva ze zeravu vzhledem k tomu smrkovému.

## 9. ZÁVĚR

Hlavním cílem této práce bylo vytvořit konstrukční návrh roubeného rekreačního domu se zamýšleným umístěním do lokality Horní Maxov na okraji Jizerských hor, zpracovat konstrukční část projektové dokumentace a provést statické posouzení navržené konstrukce. Na základě zadání a po nastudování problematiky byla navržena jednopodlažní poloroubená budova s obytným podkrovím pod sedlovou střechou, určená pro rodinnou rekreaci. Architektonický návrh objektu vychází dispozičně z účelu jeho využívání a celá stavba je navržena s ohledem na okolní zástavbu a klimatické a geotechnické podmínky lokality. Následně byl vytvořen konstrukční návrh, který vychází z použití masivních smrkových trámů na konstrukci roubených stěn, které spolu se zděnou částí budovy, zádveřím a krytým zápražím určují půdorysný obrys domu. Krov byl navržen jako vaznicový se stojatou stolicí, štítové stěny a konstrukce zádveří využívají systému sloupkové dřevostavby.

V návaznosti na návrh roubeného domu byla zpracována architektonicko-stavební a stavebně konstrukční část projektové dokumentace podle Vyhlášky 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb. Součástí projektové dokumentace je také statické posouzení dřevěných konstrukčních prvků. Vytvořena byla rovněž grafická vizualizace dřevěné nosné konstrukce budovy. Dále byly zvoleny dvě odlišné dřeviny – smrk (*Picea abies*) a zerav (*Thuja plicata*) – pro použití v konstrukci domu. Vliv vybraných dřevin na konstrukci byl porovnán z hlediska vzhledu, stavební fyziky, ekonomických aspektů, technologie spojování a také z pohledu statiky – numerickým zhodnocením statického posudku.

Obě zvolené dřeviny se jeví jako vhodné pro použití na nosné prvky konstrukce navrženého roubeného domu, na základě vzájemného porovnání z hlediska zmíněných aspektů se ale projeví v některých ohledech rozdílné kvality v závislosti na použité dřevině. Poznatky získané porovnáním vlivu zvolených dřevin na konstrukci jsou shrnuty v tabulce č. 11.

Tab. č. 11: Porovnání vlivu použitých dřevin na konstrukci.

Porovnávaný aspekt vlivu použité dřeviny na konstrukci	Smrk	Zerav
Životnost konstrukce	Kratší předpokládaná životnost konstrukce – 101 let s využitím faktorové metody.	Delší předpokládaná životnost konstrukce – 130 let s využitím faktorové metody.
Únosnost a použitelnost	Lepší vlastnosti z hlediska statické únosnosti a použitelnosti konstrukce.	Nižší únosnost a použitelnost konstrukce, s výjimkou smykových namáhání.
Tepelná a vlhkostní bilance	Slabší tepelně izolační vlastnosti konstrukce. Součinitel prostupu tepla roubenou stěnou $U = 0,494 \text{ W/m}^2\text{K}$ .	Lepší tepelně izolační vlastnosti konstrukce. Součinitel prostupu tepla roubenou stěnou $U = 0,324 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
Vzhled	Světlé dřevo s možností nátěru v široké škále odstínů. Nutnost ošetření prvků v exteriéru ochranným nátěrem.	Žádaná přirozená textura a barevnost dřeva, možnost umístění dřevěných prvků do exteriéru bez ošetření.
Spoje	Pravděpodobnější výskyt vad ve dřevě, náchylnost k objemovým změnám a tvorbě trhlin.	Relativně vysoká objemová stálost, menší náchylnost k tvorbě trhlin a sedání.
Ekonomické aspekty	Nižší pořizovací cena, vyšší předpokládané náklady na užívání stavby.	Vyšší pořizovací cena, nižší předpokládané náklady na údržbu a vytápění.

Z porovnání mechanických vlastností dřeva obou dřevin a z numerického zhodnocení statického posudku vyplývá, že prvky ze smrkového dřeva mají obecně lepší únosnost a použitelnost, než kdyby bylo jako materiál použito dřevo zeravu. Zejména se jedná o namáhání v ohybu, kde smrk vykazuje vyšší pevnost, zerav naopak vyniká při namáhání ve smyku. Další výhodou smrkového dřeva je jeho relativně nízká cena, která je až dvakrát nižší v porovnání se dřevem zeravu.

Řezivo ze zeravu je dražší, použití této dřeviny ale skýtá několik výhod, které z porovnání vplynuly. Tento druh dřeva má nižší objemovou hmotnost, která se svým dílem projevila také ve statickém posudku. Dále má dřevo zeravu vynikající tepelně izolační vlastnosti a vyznačuje se poměrně dobrou tvarovou stálostí při změnách vlhkosti. Neopomenutelná je také jeho vysoká přirozená trvanlivost, která z něj činí dřevinu vhodnou i pro použití v exteriéru bez nutnosti nátěru. Z toho vyplývají také širší možnosti estetického využití, ke kterým navíc přispívá zajímavá kresba a zbarvení dřeva zeravu.

Tato práce poukazuje na propojení tradičního stavitelství s využitím dřeva jako stavebního materiálu a moderního pojetí projektování a provádění staveb na bázi dřeva. V některých lokalitách jsou roubené stavby stále aktuální a žádanou formou bydlení. S využitím nových materiálů a technologií a při vhodném konstrukčním návrhu mohou mít uplatnění i do budoucna. S ohledem na zvyšující se požadavky na energetickou náročnost budov je možné předpokládat větší uplatnění dřevin s dobrými tepelně izolačními vlastnostmi do roubených konstrukcí. Právě použití dřevin jako je zerav obrovský by mohlo být vhodnou alternativou k dřevinám, které jsou na roubené budovy nejčastěji používány dnes.

## SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

### Knihy

BAIER, J., TÝN Z. *Ochrana dřeva*. Grada, 3. přepracované vydání. Praha, 2004. 111 s. ISBN 80-247-9000-9.

BÖHM, M., REISNER, J., BOMBA, J. *Materiály na bázi dřeva* [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012 [cit. 24.10.2020]. ISBN 978-80-213-2251-6. Dostupné z: <http://drevene-materialy.fld.czu.cz>.

BRADÁČOVÁ, I. *Požární bezpečnost domu*. Era, 2. aktualizované vydání. Brno, 2008. 129 s. ISBN 978-80-7366-128-1.

DINWOODIE, J. M. *Timber: Its nature and behavior*. Taylor & Francis New York, USA, 2000. 258 s. ISBN 0-419-25550-8.

GANDELOVÁ, L., HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ, J. *Nauka o dřevě*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. 176 s. ISBN 978-80-7375-312-2.

HORÁČEK, P. *Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1998. 128 s. ISBN 80-7157-347-7.

JELÍNEK, L. *Tesařské konstrukce*. Informační centrum ČKAIT, Praha, 2008. 236 s. ISBN 978-80-87093-74-0.

KLIMEŠOVÁ, J. *Nauka o pozemních stavbách: Modul M01*. CERM, 1. vyd. Brno, 2005. 158 s. ISBN 978-80-7204-530-3.

KOLB, J. *Dřevostavby: Systémy nosných konstrukcí a obvodové pláště*. Grada, 1. vyd. Praha, 2008. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7.

KOLLMANN, F. F. P., CÔTÉ, W. A. *Principles of Wood Science and Technology I: Solid Wood*. 1<sup>st</sup> Edition. Springer-Verlag New York, 1968. ISBN-I3: 978-3-642-87930-2.

KUKLÍK, P. *Dřevěné konstrukce*. Informační centrum IČKAIT, 1. vyd. Praha, 2005. 172 s. ISBN 80-86769-72-0.



- LOKAJ, A. Historický vývoj staveb na bázi dřeva. In: *Dřevostavby a dřevěné konstrukce I. a II. díl*. Akademické nakladatelství CERM. Brno, 2010. ISBN 978-80-7204-732-1.
- MATOVIČ, A. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva. Vysoká škola zemědělská v Brně, 1993. 212 s. ISBN 80-7157-086-9.
- McRAVEN, C. *The Classic Hewn-Log House: A Step-by-Step Guide to Building and Restoring*. Storey Publishing, 3<sup>rd</sup> edition, North Adams, MA, USA. ISBN 1-58017-590-2.
- MENCL, V. *Lidová architektura v československu*. Academia, 1. vyd. Praha, 1980. 630 s. ISBN 21-061-79.
- PÁNEK, M. *Nátěry na dřevo a jejich testování* [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015 [cit. 27.11.2020]. 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7. Dostupné z: <https://moodle.czu.cz/course/index.php?categoryid=78>
- POŽGAJ, A. a kol. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Príroda a.s., Bratislava, 1997, 2. vydání. 485 s. ISBN 80-07-00600-1.
- PTÁČEK, P. *Ochrana dřeva*. Grada, 1. vyd. Praha, 2009. 95 s. ISBN 978-80-247-2326-6.
- REINPRECHT, L. *Ochrana dreva*. Technická univerzita vo Zvolene, 1. vydání. Zvolen, 2008. 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6.
- REINPRECHT, L., PÁNEK, M. *Trvanlivost a ochrana dřeva*. Česká zemědělská univerzita v Praze, 1. vyd. Praha, 2016. ISBN 978-80-213-2660-6.
- STRAKA, B. *Navrhování dřevěných konstrukcí*. Akademické nakladatelství CERM, Brno, 1996. 120 s. ISBN 80-7204-015-4.
- ŠKABRADA, J. *Lidové stavby*. Argo, 1. vyd. Praha, 1999. 246 s. ISBN 80-7203-082-5.
- TECHNIK, S. *Lidové stavby v Podještědí na Česko-dubsku*. RK, 1. vyd. Liberec, 2009. 144 s. ISBN 978-80-87100-09-7.
- TICHÝ, M. a kolektiv. *Zatížení stavebních konstrukcí*. SNTL Praha, 1987. 466 s. ISBN 04-703-87.
- VINAŘ, J., KUFNER, V. *Historické krovky I. Konstrukce a statika*. Grada, 1. vyd. Praha, 2004. 272 s. ISBN 80-7169-575-0.

## Příručky, články a sborníky

ALEV, U., UUS, A., TEDER, M., MILJAN, M-J., KALAMEES, T. Air leakage and hygrothermal performance of an internally insulated log house, *Proceedings from the 10th Nordic Symposium on Building Physics*, Lund, Sweden, June 2014.

AUGUSTIN, M. Structural Timber. In: *Handbook 1 - Timber Structures* [online]. First edition Temtis, 2008, s. 1-9 [cit. 2020-09-07]. Dostupné z: [http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook1\\_final.pdf](http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook1_final.pdf)

BAIER, J., PEKLÍK, V. *Ochrana dřeva v bytech, chatách a chalupách*. SNTL, 1. vyd. Praha, 1983. ISBN 04-319-83.

ESPONDA, M., et. al. Log Houses in Les Laurentides. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. International CIPA Symposium 2017*. Vol IV-2/W2. 2017 Ottawa, Canada.

FAJDIGA, G., RAJH, D., NEČEMER, B., GLODEŽ, S., ŠRAML, M. Experimental and Numerical Determination of the Mechanical Properties of Spruce Wood. *Forests (ISSN 1999-4907)*, 2019, 10, 1140.

GIL-MORENO, D., RIDLEY-ELLIS, D., McLEAN, P. Timber properties of noble fir, Norway spruce, western red cedar and western hemlock grown in Great Britain. *Forestry Commission Research Note FCRN026*, ISBN: 978-0-85538-952-9, December 2016.

GLASS, S. V., ZELINKA, S. L. Moisture Relations and Physical Properties of Wood. In: *Wood handbook : Wood as an Engineering Material: Chapter 4. Centennial ed. General technical report*, Forest Product Laboratory, 2010.

HEPNEROVÁ, M. Celoroubená nebo poloroubenka. In: *Srubby&roubenky 1/2021*, s. 66. *PRO VOBIS*, 2021.

KOTÁSKOVÁ, P., HAVÍŘOVÁ, Z. Historický vývoj a soudobé dřevěné srubové a roubené stavby pro bydlení. In: *Historické a současné dřevěné konstrukce, sborník konference : 17. květen 2007, Kostelec nad Černými lesy - zámek*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha, 2007. s. 82-90. ISBN 978-80-213-1641-6.

KOŽELUH, B. Příklad navrhování podle ČSN 73 1702. In: *Současné dřevostavby a nové materiály na bázi dřeva, sborník příspěvků z mezinárodní vědecké*

konference 25.-26. září 2008, Křtiny. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno, 2008, s. 37-42. ISBN 978-80-7375-213-2.

KRETSCHMANN, D. Mechanical Properties of Wood. In: *Wood handbook : Wood as an Engineering Material: Chapter 5. Centennial ed. General technical report*, Forest Product Laboratory, 2010.

KUKLÍK, P. History of Timber Structures. In: *Handbook 1 - Timber Structures* [online]. First edition Temtis, 2008, s. 1-9 [cit. 2020-09-07]. Dostupné z: [http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook1\\_final.pdf](http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook1_final.pdf)

LEICHTI, R., SCOTT, R., MILLER, T. Lateral Resistance of log Walls and Foundation Anchorage. *Wood Design Focus: A Journal of Contemporary Wood Engineering: Log Structures*. Vol 14, Spring 2004. Forest Product Society. 2004 Madison WI, USA. ISSN 1066-5757.

RŮŽIČKA, M. Dřevostavby. In: *Dřevostavby*. Era, 1. vyd. Brno, 2002. 118 s. ISBN 80-86517-39-X.

## Normy

ČSN EN 1990 (730002). Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Český normalizační institut, Praha, 2004.

ČSN EN 1991-1-1 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Český normalizační institut, Praha, 2004.

ČSN EN 1991-1-3 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. Český normalizační institut, Praha, 2005.

ČSN EN 1991-1-4 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem. Český normalizační institut, Praha, 2007.

ČSN EN 1995-1-1 (731701). Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Český normalizační institut, Praha, 2006.

ČSN EN 335-1 (490080). *Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Definice tříd. Ohrožení biologickým napadením.: Část 1: Všeobecné zásady*. Český normalizační institut, Praha, 1994.

ČSN EN 335-2 (490080). *Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva. Definice tříd použití: Část 2: Aplikace na rostlé dřevo*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 16 s.

ČSN EN 338 (731711). *Konstrukční dřevo - Třídy pevnosti*. Český normalizační institut, Praha, 2016.

ČSN EN 350 (490081). *Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva - Zkoušení a klasifikace odolnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva proti biologickým činitelům*. Český normalizační institut, Praha, 2019.

ČSN EN 460 (490082). *Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Přirozená trvanlivost rostlého dřeva. Požadavky na trvanlivost dřeva pro jeho použití v třídách ohrožení*. Český normalizační institut, 1995.

## **Internetové zdroje**

DEKWOOD. Roubenky Dekwood [online]. [cit. 2020-10-21] Dostupné z: [https://dekwood.cz/data/DEKWOOD\\_Kuchařka\\_na\\_roubenky\\_210x221\\_nahled.pdf](https://dekwood.cz/data/DEKWOOD_Kuchařka_na_roubenky_210x221_nahled.pdf)

DŘEVO&STAVBY. Ochrana dřeva [online]. [cit. 2020-10-20] Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/ochrana-dreva/1894-drzme-se-tradicnich-nateru>

DŘEVOSTAVITEL. Rozměrové změny srubů a roubenek [online]. [cit. 2020-10-31] Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/rozmerove-zmeny>

GEOLOGICKÉ MAPY. Geologické a geovědní mapy [online]. [cit. 2020-11-17] Dostupné z: <http://www.geologicke-mapy.cz/regiony/ku-657000/#radon>

IZOLACE-INFO. Katalog tepelných izolací [online]. [cit. 2020-10-28] Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/>

METEOBLUE. Podnebí Lučany nad Nisou [online]. [cit. 2020-11-16] Dostupné z: [https://www.meteoblue.com/cs/pocas%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/lučany-nad-nisou\\_Česko\\_3071447/](https://www.meteoblue.com/cs/pocas%C3%AD/historyclimate/climatemodelled/lučany-nad-nisou_Česko_3071447/)

## Zdroje obrázků

ALEV, U., UUS, A., TEDER, M., MILJAN, M-J., KALAMEES, T. Air leakage and hygrothermal performance of an internally insulated log house, *Proceedings from the 10th Nordic Symposium on Building Physics*, Lund, Sweden, June 2014.

JABLONEC. Šámalova chata na Nové louce [online]. [cit. 2020-10-13] Dostupné z: <https://www.jablonec.com/kam-vyrazit/jizerske-hory/samalova-chata-na-nove-louce/>

KUKLÍK, P. *Dřevěné konstrukce*. Informační centrum IČKAIT, 1. vyd. Praha, 2005. 172 s. ISBN 80-86769-72-0.

MAPY. Mapy.cz – internetový mapový portál [online]. [cit. 2020-11-22] Dostupné z: <https://en.mapy.cz/zakladni?x=15.2090130&y=50.7547470&z=13&q=lucany%20nad%20nisou>

MENCL, V. *Lidová architektura v československu*. Academia, 1. vyd. Praha, 1980. 630 s. ISBN 21-061-79.

OCEAN HARDWOOD. Softwoods [online]. [cit. 2021-03-20] Dostupné z: <https://www.oceanhardwoodni.com/softwoods.html>

SEMA. *SEMA Software Try&Learn Version*, SEMA GmbH Computer Software und Hardware-Vertrieb, 2020.

ŠKABRADA, J. *Lidové stavby*. Argo, 1. vyd. Praha, 1999. 246 s. ISBN 80-7203-082-5.

TEPLO. *Teplo 2017 EDU*, Stavební fyzika – Svoboda software, K-CAD, spol. s r.o., 2021.

WOODSOLUTIONS. Spruce, Norway [online]. [cit. 2021-03-20] Dostupné z: <https://www.woodsolutions.com.au/wood-species/spruce-norway>

## **Zdroje tabulek**

ČSN EN 14080 (732831). *Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo - Požadavky*. Český normalizační institut, Praha, 2013.

ČSN EN 14081-1 (732823). *Dřevěné konstrukce - Konstrukční dřevo obdélníkového průřezu tříděné podle pevnosti - Část 1: Obecné požadavky*. Český normalizační institut, Praha, 2016.

ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Český normalizační institut, Praha, 2006. 114 s.

PÁNEK, M. *Nátěry na dřevo a jejich testování* [online]. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015 [cit. 27.11.2020]. 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7. Dostupné z: <https://moodle.czu.cz/course/index.php?categoryid=78>

TEPLO. *Teplo 2017 EDU*, Stavební fyzika – Svoboda software, K-CAD, spol. s r.o., 2021.

# SEZNAM PŘÍLOH

## Příloha 1: Projektová dokumentace stavebního objektu

- A. Průvodní zpráva
- B. Souhrnná technická zpráva
- C. Situační výkresy
  - C.1 Situační výkres širších vztahů
  - C.2 Katastrální situační výkres
  - C.3 Koordinační situační výkres
- D. Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení
  - D.1 Dokumentace stavebního objektu
    - D.1.1 Architektonicko-stavební řešení
      - D.1.1.1 Technická zpráva
      - D.1.1.2 Půdorys 1.NP
      - D.1.1.3 Půdorys 2.NP
      - D.1.1.4 Podélný řez
      - D.1.1.5 Příčný řez
      - D.1.1.6 Pohledy S + V
      - D.1.1.7 Pohledy Z + J
      - D.1.1.8 Detail 1
      - D.1.1.9 Detail 2
      - D.1.1.10 Detail 3
      - D.1.1.11 Detail 4
      - D.1.1.12 Detail 5
      - D.1.1.13 Půdorys stropu
      - D.1.1.14 Půdorys krovu
      - D.1.1.15 Vizualizace konstrukce 1
      - D.1.1.16 Vizualizace konstrukce 2
      - D.1.1.17 Vizualizace konstrukce 3
      - D.1.1.18 Vizualizace konstrukce 4
      - D.1.1.19 Vizualizace konstrukce 5
      - D.1.1.20 Vizualizace konstrukce 6
    - D.1.2 Stavebně konstrukční řešení
      - D.1.2.1 Technická zpráva statiky
      - D.1.2.2 Posouzení krokví
      - D.1.2.3 Posouzení středové vaznice
      - D.1.2.4 Posouzení sloupku pod vaznicí
      - D.1.2.5 Posouzení hambálku
      - D.1.2.6 Posouzení půdní nadezdívky
      - D.1.2.7 Posouzení vnější vaznice
      - D.1.2.8 Posouzení stropních nosníků
      - D.1.2.9 Posouzení průvlaků
      - D.1.2.10 Posouzení sloupu pod průvlakem
      - D.1.2.11 Posouzení vaznice pultové střechy
      - D.1.2.12 Posouzení vnějšího sloupku
      - D.1.2.13 Posouzení prvků roubené stěny
      - D.1.2.14 Posouzení sloupku konstrukce zádveří

## Příloha 2: Tepelně vlhkostní vlastnosti konstrukce

- Část 1: Tepelně vlhkostní vlastnosti konstrukce s využitím dřeva smrku
- Část 2: Tepelně vlhkostní vlastnosti konstrukce s využitím dřeva zeravu