

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



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Návrh rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce

Diplomová práce

Autor: Bc. František Ladislav, DiS.

Vedoucí práce: Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

František Ladislav, DiS.

Dřevařské inženýrství

Název práce

Návrh rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce

Název anglicky

Design of a family house type of wooden panel construction

Cíle práce

Cílem práce je návrh rodinného obytného domu typu dřevostavby panelové konstrukce. V rámci literární rešerše bude realizován rozbor historického vývoje dřevostaveb panelového typu. Na základě požadavků investora autor navrhne vlastní typ rodinného obytného domu na bázi dřevostavby panelové konstrukce včetně základní výkresové dokumentace, statického posouzení vybraných prvků a vizualizace.

Metodika

- Literární rešerše historického vývoje dřevostaveb panelového typu.
- Charakteristika požadavků investora na stavbu
- Vlastní návrh dřevostavby panelové konstrukce
- Základní výkresová dokumentace a vizualizace
- Závěr

Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran

Klíčová slova

Dřevostavba, panelová konstrukce, dřevo

Doporučené zdroje informací

- Borgström, E. Design of timber structures: Structural aspects of timber construction. SE 102 04 Stockholm: Swedish Forest Industries Federation, 2016. ISBN 978-91-980304-8-8
- EN 1995-1-1:2004 (2004). Eurocode 5: Design of timber structures Part1-1: General-Common rules and rules for buildings
- Gulvanessian, H, Calgaro, J.A., Holický, M. Designers' guide to Eurocode: basis of structural design : EN 1990. 2nd ed. London: ICE Publishing, 2012. ISBN 9780727741714
- Jodidido, P. 100 Contemporary Wood Buildings. Kolín nad Rýnem: Taschen, 2019. ISBN 3836561565
- Kolb, J. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Přeložil Bohumil Koželouh. Praha: Grada, 2011. ISBN 9788024740713
- Kuklík, P. Dřevěné konstrukce. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 8086769720
- Neufert, E., Neufert, P. Navrhování staveb: zásady, normy, předpisy o zařízeních, stavbě, vybavení, nárocích na prostor, prostorových vztazích, rozměrech budov, prostorech, vybavení, přístrojích z hlediska člověka jako měřítko a cíle. 2. české vyd., (35. německé vyd.). Praha: Consultinvest, 2000. ISBN 8090148662
- Newman, M. Design and Construction of Wood Framed Buildings, New York: McGraw-Hill Education, 1994. ISBN 978-0070463639
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 21. 5. 2019

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 12. 10. 2020

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce vypracoval samostatně pod vedením Ing. Přemysla Šedivky, 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 Táboře dne 18.4.2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ladislav', with a long, sweeping flourish extending to the right.

Podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval panu Ing. Přemyslu Šedivkovi, PhD. za odborné vedení, cenné připomínky a vstřícnost při vedení diplomové práce. Dále mým kolegům a blízkým za poskytnutí výpočetní techniky. Neméně však mé rodině za vytvoření zázemí, podporu a shovívavost, kdy jsem jim mnoho času věnovat nemohl.

Abstrakt

Návrh rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce

Tato diplomová práce řeší návrh rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce, jakožto hlavní cíl práce. Samotnému návrhu předchází literární rešerše, ve které je na základě české a zahraniční odborné literatury rozebrán historický vývoj panelových dřevostaveb od svého vzniku až do současnosti. Pro návrh konstrukce jsou zohledněny požadavky potenciálního investora, následně je vytvořena výkresová dokumentace a celkový koncept je posouzen z tepelně - technického a statického hlediska. Oba posudky jsou provedeny dvěma metodami – ruční a softwarovou a jejich výsledky jsou porovnány. Finální koncept je pro představu vizualizován na konkrétním investorem definovaném pozemku. Výsledkem je návrh domu, splňující normové i investorovy požadavky.

Klíčová slova

Dřevostavba, panelová konstrukce, dřevo, historie

Abstract

Design of a family house type of wooden panel construction

This diploma thesis deals with the design of a timber frame family house made as a wooden panel construction, as the main goal of the work. The design itself is preceded by a literary research, in which is analyzed the historical development of prefabricated wooden buildings from its inception to the present. The requirements of the potential investor are taken into account for the design of the structure, then the drawing documentation is created and the overall concept is assessed from the thermal - technical and static point. Both assessments are performed by two methods - manual and software and their results are compared. The final concept is visualized on a specific investor-defined plot. The result is a design of a house that meets the standard and the investor's requirements.

Keywords

Wooden building, Timber frame panel construction, Wood, History

Obsah

1	Úvod	15
2	Cíle práce	16
3	Obecná problematika dřevostaveb	17
3.1	Co je dřevostavba	17
3.2	Typologie dřevěných staveb	19
3.2.1	Srubová konstrukce	20
3.2.2	Hrázděná konstrukce	21
3.2.3	Skeletová soustava	22
3.2.4	Stěnová soustava z prefabrikovaných tvarovek	23
3.2.5	Sloupková soustava	24
3.2.6	Panelová konstrukce	25
4	Historický vývoj dřevostaveb panelového typu	26
4.1	Časový průběh	27
4.2	Skladba stěn	45
4.3	Porovnání se zděnou stavbou	46
4.4	Porovnání se sloupkovou dřevostavbou realizovanou na místě	47
5	Charakteristika požadavků investora na stavbu	49
6	Vlastní návrh dřevostavby panelové konstrukce	50
6.1	Urbanistické, architektonické a stavebně technické řešení	50
6.2	Založení stavby	53
6.3	Obvodové stěny	54
6.4	Vnitřní stěny	55
6.5	Podlahy	56
6.6	Stropní konstrukce	57
6.7	Střešní plášť a krov	58
6.8	Vytápění a větrání	59
7	Tepelně – technické posouzení	60
7.1	Obvodová stěna	61
7.2	Střecha	62
7.3	Strop nad 2. NP	63
7.4	Podlaha na zemině	64
7.5	Závěr tepelně – technického posouzení	65

8	Statické posouzení vybraných prvků	66
8.1	Krokev.....	66
8.1.1	Statické schéma	67
8.1.2	Zatížení.....	67
8.1.3	Kombinace zatěžovacích stavů	73
8.1.4	Posouzení.....	74
8.1.5	Porovnání výpočtových metod	78
8.2	Středová vaznice	79
8.2.1	Statické schéma	80
8.2.2	Zatížení.....	80
8.2.3	Posouzení.....	82
8.2.4	Porovnání výpočtových metod	86
8.3	Závěr statického posouzení.....	86
9	Metodika	87
9.1	Výběr typu domu a konstrukce	87
9.2	Návrh dispozic	88
9.3	Tepelně-technické posouzení	88
9.4	Statické posouzení vybraných prvků.....	89
9.5	Vizualizace	89
10	Výsledky	90
10.1	Tepelně-technické posouzení	90
10.2	Statické posouzení vybraných prvků.....	92
11	Diskuze	94
12	Závěr.....	96
13	Seznam literatury a použitých zdrojů	97
13.1	Literatura a elektronické zdroje	97
13.2	Normy a předpisy	101
14	Seznam příloh	102
14.1	Příloha I. – Výkresová dokumentace.....	102
14.2	Příloha II. – Tepelně-technické posouzení	103
14.3	Příloha III. – Statické posouzení vybraných prvků.....	103
14.4	Příloha IV. – Vizualizace.....	103
14.5	Datový nosič CD.....	103

Seznam tabulek, obrázků a grafů

- Tab. 1** - Dokončené domy podle svislé nosné konstrukce (Zdroj: ČSÚ, Ladislav, 2020)
- Tab. 2** – Počet a podíl dřevostaveb na trhu rodinných domů (Zdroj: ČSÚ, Ladislav 2020)
- Tab. 3** – Skladba obvodové stěny (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 4** – Skladba vnitřní stěny (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 5** – Skladba podlahy (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 6** – Skladba stropu nad 1. NP (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 7** – Skladba stropu nad 2. NP (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 8** – Skladba střešního pláště (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 9** – Okrajové podmínky výpočtu (Zdroj: ČSN EN ISO 6946)
- Tab. 10** – Skladba obvodové stěny (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty od výrobce)
- Tab. 11** – Skladba střechy (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty od výrobce)
- Tab. 12** – Skladba stropu nad 2.NP (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty od výrobce)
- Tab. 13** – Skladba podlahy na zemině (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty od výrobce)
- Tab. 14** – Porovnání U s normovými požadavky (Zdroj: Ladislav, 2021, ČSN 73 0540-2)
- Tab. 15** – Zatížení konstrukce (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 16** – Hodnoty zatížení (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty z ČSN EN 1991-1-1)
- Tab. 17** – Hodnoty zatížení (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty z ČSN EN 1991-1-1)
- Tab. 18** – Porovnání výsledků výpočtových metod (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 19** – (Zatížení konstrukce, Zdroj: vlastní)
- Tab. 20** – Porovnání výsledků výpočtových metod (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 21** – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha II. (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 22** – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha II. (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 23** – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha II. (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 24** – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha II. (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 25** – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha III. (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Tab. 26** – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha III. (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 1** – Typy dřevěných staveb: 1 – Srubová konstrukce, 2 – Hrázděná konstrukce, 3 – Skeletová soustava, 4 – Soustava z tvarovek, 5 – Sloupková soustava, 6 – Panelová konstrukce (Zdroj: web, Ladislav, 2020, upraveno)

- Obr. 2** – Milníky v historii dřevěných prefabrikovaných domů
(Zdroj: fertighaus.net, upraveno)
- Obr. 3** – Manningův přemístitelný dům (Zdroj: Gilbert, 1972)
- Obr. 4** – Døckerova přemístitelná konstrukce, patentovaná r. 1884 v USA
(Zdroj: Google Patents)
- Obr. 5** – „létající Døcker,“ 1912 (Zdroj: Osayimwese, 2017)
- Obr. 6** – Převratitelná nemocnice či hospodářská budova, 1895-1912 (Zdroj: Rug, 2006)
- Obr. 7** – Řez stěnou a základem, Christoph & Unmack
(Zdroj: Christoph & Unmack, 1940, upraveno)
- Obr. 8** – Řez stropem, Christoph & Unmack
(Zdroj: Christoph & Unmack, 1940, upraveno)
- Obr. 9** – Panelový dům ředitele továrny Christoph & Unmack v Černousích, 1926 a 2010
(Zdroj: LIŠKA, Luděk. Historie panelových dřevostaveb. tzbinfo)
- Obr. 10** – Historické fotografie montáže, Otto Loeb & Co., Falkensee 1931
(Zdroj: Rug, 2006, upraveno)
- Obr. 11** – Gunnison Housing Corp. a její konstrukční systém (Zdroj: Instant House)
- Obr. 12** – Systém patentovaný General Panel Corp., 1947 (Zdroj: Google)
- Obr. 13** – General Panel Corp. 1 – výroba panelů v továrně, 2 – příprava na expedici,
3 – hotový dům (obálka katalogu firmy) (Zdroj: Your General Panel Home)
- Obr. 14** – OKAL, montáž a první smontovaný dům, 1953 (Zdroj: OKAL.de)
- Obr. 15** – 1,2 – Panelové domy 80.let, 3 – Stěna KEWO Haus, 1983 (Zdroj: Google)
- Obr. 16** – Řadové domy TL 70 včetně projektu (Zdroj: Liška, 2012)
- Obr. 17** – Dobové prospekty a rodinný dům systému STAMO (Zdroj: Liška, 2012)
- Obr. 18** – Řadové domy OKAL 78/28 (Zdroj: Liška, 2012)
- Obr. 19 a 20** – Práce konstruktéra (Zdroj: Bien-Zenker.de, Ladislav, 2021)
- Obr. 21 a 22** – Výroba stěnových a střešních panelů (Zdroj: FingerHaus.de)
- Obr. 23 a 24** – Montáž na staveništi (Zdroj: renggli.swiss)
- Obr. 25 a 26** – Dokončený dům (Zdroj: wohnglueck.de, loxone.com)
- Obr. 27** – Skladba stěny v DUK (Zdroj: bien-zenker.de)
- Obr. 28** – Skladba stěny v DOK (Zdroj: rdrymarov.cz)
- Obr. 29** – Katastr. mapa s vyznačením záměru (Zdroj: Ladislav, 2021, ČUZK, Mapy.cz)
- Obr. 30** – Studie objektu (Zdroj: Ladislav, 2021)

- Obr. 31** – Pohledy na objekt (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 32** – Detail založení (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 33** – Skladba obvodové stěny (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 34** – Skladba vnitřní stěny (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 35** – Skladba podlahy (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 36** – Skladba stropu nad 1. NP (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 37** – Skladba stropu nad 2. NP (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 38** – Skladba střešního pláště (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 39** – Poloha krokve v půdorysu krovu (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 40** – Statické schéma krokve (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 41** – Skladba konstrukce (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 42** – Stálé zatížení g_k (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 43** – Stálé zatížení přepočtené na půdorysný průmět g_{kp} (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 44** – Užité zatížení q_k (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 45** – Zatížení sněhem s_{1k} (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 46** – celkové zatížení f_k a převod na kolmé $f_{k\downarrow}$ (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 47** – Zjednodušený prostý nosník (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 48** – Průřez krokve (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 49** – Průběh ohybového momentu M a posouvajících sil V (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 50** – Průběh okam. průhybu w_{inst} a konečného průhybu w_{fin} (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 51** – Poloha středové vaznice v půdorysu stropu (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 52** – Statické schéma středové vaznice (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 53** – Část zatížení krokví působící na vaznici (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 54** – Charakteristické zatížení f_k (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 55** – Průřez vaznicí (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 56** – Vzorce pro výpočet M (Zdroj: Jelínek a kol., 2012)
- Obr. 57** – Vzorce pro výpočet V (Zdroj: Jelínek a kol., 2012)
- Obr. 58** – Průběh ohybového momentu M a posouvajících sil V (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 59** – Průběh okamžitého průhybu w_{inst} (Zdroj: Ladislav, 2021)
- Obr. 60** – Průběh konečného w_{fin} (Zdroj: Ladislav, 2021)

Seznam použitých zkratk a symbolů

ADMD	Asociace dodavatelů montovaných domů
BSH	Brettschichtholz (něm.) = lepené lamelové dřevo
C24	Třída pevnosti rostlého dřeva
CAD	Computer Aided Design (angl.) = počítačem podporované projektování
CAM	Computer Aided Manufacturing (angl.) = počítačová podpora obrábění
CNC	Computer Numerical Control (angl.) = počítačem řízený obráběcí stroj
ČNI	Český normalizační institut
ČSN	Česká technická norma
ČSÚ	Český statistický úřad
DOK	Difuzně otevřená konstrukce
DTD	Dřevotřísková deska
DUK	Difuzně uzavřená konstrukce
EN	Evropská norma
GL24c	Třída pevnosti lepeného lamelového dřeva
ISO	International Organisation for Standardisation (angl.) = Mezinárodní organizace pro normalizaci
KVH	Konstruktionsvollholz (něm.) = konstrukční masivní dřevěné hranoly
NN	Vedení nízkého napětí
NP	Nadzemní podlaží
PE	Polyethylen
SDK	Sádrokartonová deska
SIPs	Structurated Insulated Panels (angl.) = strukturované izolované panely
SM	Smrk
SVD	Sádrovláknitá deska
VHJ	Výrobně hospodářská jednotka
VVÚD	Výzkumný a vývojový ústav dřevařský

μ_i [-]	Tvarový součinitel zatížení sněhem
$C_e (Z_e)$ [-]	Součinitel expozice, který zahrnuje vliv terénu a výšky nad zemí
C_e [-]	Součinitel expozice
C_{pe} [-]	Součinitel aerodynamického tlaku
C_t [-]	Součinitel tepla
E_{mean} [Pa]	Průměrná hodnota modulu pružnosti
f_d [kNm ⁻¹]	Návrhové celkové liniové zatížení
F_d [N]	Návrhová síla
$f_{d\downarrow}$ [kNm ⁻¹]	Návrhové celkové liniové zatížení kolmé k ose průřezu
f_k [kNm ⁻¹]	Charakteristické celkové liniové zatížení
F_k [N]	Charakteristická síla
$f_{k\downarrow}$ [kNm ⁻¹]	Charakteristické celkové liniové zatížení kolmé k ose průřezu
$f_{m,d}$ [Pa]	Návrhová ohybová pevnost
$f_{m,k}$ [Pa]	Charakteristická ohybová pevnost
f_{Rsi} [-]	Teplotní faktor vnitřního povrchu
$f_{v,d}$ [Pa]	Návrhová pevnost ve smyku
$f_{v,k}$ [Pa]	Charakteristická pevnost ve smyku
G [N]	Stálé zatížení
g_d [kNm ⁻¹]	Návrhové stálé liniové zatížení
g_{dp} [kNm ⁻¹]	Návrhové stálé liniové zatížení přepočtené na půdorysný průmět
g_k [kNm ⁻¹]	Charakteristické stálé liniové zatížení
G_{kj} [N]	Charakteristická hodnota stálého zatížení
g_{kp} [kNm ⁻¹]	Charakteristické stálé liniové zatížení přepočtené na půdorysný průmět
I_y [m ⁴]	Moment setrvačnosti k ose Y
k_{def} [-]	Součinitel dotvarování
k_{MOD} [-]	Modifikační součinitel
M_{max} [kNm ⁻¹]	Maximální ohybový moment prostupu tepla pro pasivní budovy
Q [N]	Proměnné zatížení
q_b [Nm ⁻²]	Základní střední tlak větru
Q_{k1} [N]	Charakteristická hodnota dominantního proměnného zatížení

Q_{ki} [N]	Charakteristické hodnoty ostatních proměnných zatížení
R_c [m ² K/W]	Celkový tepelný odpor
R_{se} [m ² K/W]	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_{si} [m ² K/W]	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
s [kNm ⁻¹]	Liniové zatížení sněhem
s_{1d} [kNm ⁻¹]	Návrhové liniové zatížení sněhem
s_{1k} [kNm ⁻¹]	Charakteristické liniové zatížení sněhem
s_k [kNm ⁻²]	Charakteristické zatížení sněhem
U [W/m ² K]	Součinitel prostupu tepla
U_c [W/m ² K]	Celkový součinitel prostupu tepla
$U_{N,20}$ [W/m ² K]	Normou požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla
$U_{pas,20}$ [W/m ² K]	Normou doporučená hodnota součinitele
$U_{rec,20}$ [W/m ² K]	Normou doporučená hodnota součinitele prostupu tepla
V_{max} [N]	Maximální posouvající síla
w [Nm ⁻²]	Tlak větru na vnější povrch konstrukce
w_{fin} [m]	Konečný průhyb
w_{inst} [m]	Okamžitý průhyb
W_y [m ³]	Průřezový modul k ose Y
γ_g [-]	Dílčí součinitel pro stálé zatížení
γ_{Gj} [-]	Dílčí součinitel stálého zatížení j
γ_M [-]	Dílčí součinitel pro vlastnosti materiálu a únosnost
γ_q [-]	Dílčí součinitel pro proměnné zatížení
γ_{Q1} [-]	Dílčí součinitel dominantního proměnného zatížení
γ_{Qi} [-]	Dílčí součinitel proměnného zatížení i
ΔU [W/m ² K]	Korekční součinitel prostupu tepla
$\Delta\theta_{10}$ [°C]	Pokles dotykové teploty
Λ [W/mK]	Součinitel tepelné vodivosti
σ [Pa]	Normálové napětí
τ [Pa]	Tangenciální napětí
ϕ_{0i} [-]	Kombinační součinitele

1 Úvod

Každý člověk se rodí s určitými potřebami, které motivují jeho chování a jednání. A to takové, jehož účelem je naplnění těchto potřeb. Pomineme-li fyziologické, díky jejichž uspokojování je člověk živ, patří k těm základním neoddiskutovatelně i potřeba bydlení. Bydlení svou podstatou, kdy chrání před nepříznivými vlivy počasí, nejen že umožní snazší naplnění právě základních fyziologických potřeb, ale také dává jeho obyvateli pocit bezpečí, jistoty a je startovním bodem k naplňování potřeb dalších. Bez bydlení se obtížně dosáhne fyzické i psychické pohody, bez ní lze těžce uspokojovat sociální potřeby atp.

Před otázkou bydlení tak stane dříve či později každý z nás. Pro ty, kteří se z jakýchkoliv důvodů rozhodnou pro bydlení v bytě, jsou zde interiéroví designeři. Pro druhou skupinu, jejímž záměrem je např. rekonstrukce staršího domu či stavba nového, jsou zde kromě nich i architekti a projektanti. Každý obor má svá specifika, která ovšem ve výsledku musí reflektovat právě výše zmíněné potřeby člověka. Aniž si to možná sám investor uvědomí, i on je odráží ve svých tzv. požadavcích investora na stavbu.

Dnešní doba nepochybně klade důraz na rychlost. S termínem „uspěchaná doba“ se jistě setkal každý. Jakkoliv to působí na jedince, jakkoliv tím může být stresován, přizpůsobit se je nevyhnutelné. Lze to vnímat jako problém, lze z toho ale zároveň těžit a udělat přednost. Tím se dostáváme k jádru této diplomové práce - návrh rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce. Právě výstavba panelových dřevostaveb je svou rychlostí dnešnímu trendu přizpůsobena. Ruku v ruce s nároky na rychlost dnešní společností rezonují především témata ekologie, využívání obnovitelných zdrojů, recyklace, udržitelná výstavba, energetická úspora atp. Dřevostavby obecně bez větších potíží nárokům vyplývajících z těchto témat vyhovují a tak se jim také dostává větší obliby. Při volbě novostavby rodinného domu je totiž nejen možné, ba přímo nutné určit parametry, dnes již dané zákonem, splnit.

Aktuálnost tématu, návaznost na předchozí studium dřevostaveb, současné poznání a motivace k budoucí možné stavbě svého domu – tyto motivy vedly k výběru tématu a zpracování návrhu rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce.

Jakkoliv je tato práce užitečná pro praxi, neklade si za cíl reálnou výstavbu na jejím základě. Autor se staví do role možného investora a zohledňuje tím své vlastní požadavky. Je si vědom faktu, že při případné realizaci projektu mohou nastat problémy, které není možné ve fázi návrhu obsáhnout. Výstižným doplněním budiž následující citát:

„Když si člověk postaví dům, vždycky zpozoruje, že se při tom naučil něčemu, co měl rozhodně znát, než začal stavět.“

– Friedrich Nietzsche –

2 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je vypracování návrhu rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce.

Součástí práce bude rozbor obecné problematiky dřevostaveb, panelových konstrukcí a jejich historický vývoj. Následovat bude charakteristika požadavků investora na stavbu, dle kterých bude dům navržen.

Dílčím cílem práce je popis samotného návrhu dřevostavby, která bude umístěna na konkrétní pozemek. Součástí projektového návrhu bude tepelně-technické posouzení obálky budovy, statické posouzení vybraných prvků, dále stěžejní část – výkresová dokumentace, která bude obsahovat základní konstrukční detaily definující spoje panelů. Závěr práce bude obsahovat vizualizaci stavby.

Výkresová část může sloužit částečně jako projektová dokumentace k provedení stavby, obsahem však nejsou náležitosti jako je průvodní zpráva a souhrnná technická zpráva. Očekávaný přínos bude v možném použití diplomové práce jako podklad pro případnou budoucí realizaci navrženého domu, včetně nastínění postupů, kterými lze návrh posoudit z tepelně-technického a statického hlediska.

3 Obecná problematika dřevostaveb

3.1 Co je dřevostavba

Samotný termín *dřevostavba*, provázející celý obsah této práce, je v úvodu nutno blíže specifikovat. Zatímco v odborné stavební terminologii není tento termín přesně vymezen, ve většině publikací na téma dřevostaveb se lze nejčastěji setkat s různými obměnami následující definice:

„Dřevostavba je taková stavba, která pro svou nosnou konstrukci, zajišťující přenos zatížení a celkovou prostorovou tuhost a integritu, využívá v převážné míře dřevo a materiály na jeho bázi.“¹

Zjednodušeně lze tedy říci, že dřevěná stavba je charakteristická tím, že její konstrukce je převážně ze dřeva a materiálů na bázi dřeva. Pod takovou stavbou si lze ovšem představit širokou škálu staveb počínaje jedno- či vícepodlažními rodinnými domy, přes administrativní budovy, výrobní i jiné haly, hangáry, po dřevěné rozhledny, mosty a lávky. Pro účely této práce se šířeji zabýváme pouze systémem pro výstavbu rodinných domů. Ve výše zmíněné definici je důležité ono slovo *převážně*, jelikož dřevostavba využívá v menší či větší míře i materiály jako je ocel, beton, sklo, izolační materiály atd., což ji na první pohled může dělat nerozeznatelnou od zděné stavby.

V povědomí laické veřejnosti i mezi některými odborníky mohou dřevostavby stále představovat spíše jakési provizorium, než konstrukci srovnatelnou se stavbami na silikátové bázi. V neprospěch dřevěných staveb je uváděna nízká trvanlivost a slabá izolace proti tepelným ztrátám, proti požáru a hluku. Většinu nepříznivých vlastností lze ovšem správným konstrukčním řešením, použitím vhodných druhů dřeva a materiálů na jeho bázi, případně dalšími opatřeními snížit na minimum přímo je eliminovat. Proti tomuto pohledu budiž navíc postaveno skutečné srovnání fyzikálních vlastností, ve kterých současné standardní stavební systémy dřevostaveb dosahují nejen srovnatelných, ale mnohdy i výrazně lepších parametrů. Ať už se jedná o tepelnou ochranu, energetickou náročnost na výrobu i provoz, či rychlost výstavby. Dobrou zprávou a důkazem, že pro velkou část investorů je tento protínázor překonán, je zastoupení dřevěných novostaveb v ročních statistikách postavených domů na českém trhu. Dle dostupných údajů za rok 2019 je každým 7. nově postaveným domem právě dřevostavba.²

1. RŮŽIČKA, Martin; *Moderní dřevostavba*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2014. 160 s. ISBN 978-80-247-3298-5. S. 115

2. TRANDOVÁ, Lenka. Každý 7. rodinný dům v Česku je ze dřeva! *ADMD* [online]. [cit. 2020-10-18]. Dostupné z WWW: < <https://www.admd.cz/aktuality/kazdy-7-rodinny-dum-v-cesku-je-ze-dreva> >

Tab. 1 – Dokončené domy podle svíslé nosné konstrukce (Zdroj: ČSÚ, Ladislav, 2020)

Dokončené domy podle svíslé nosné konstrukce										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Rodinné domy										
Počet domů celkem	19 122	16 849	16 929	15 013	13 510	13 412	14 015	14 548	18 287	18 390
zděné (cihly, tvárnice)	16 984	14 678	14 340	12 839	11 514	11 212	11 560	11 900	14 837	15 288
montované (panely)	370	334	514	403	303	326	279	394	352	216
dřevěné	1 332	1 465	1 699	1 285	1 281	1 791	2 013	2 159	2 945	2 749
Neurčeno	.	.	.	.	.	92	1	0	0	0
Sruby a roubenky	.	.	.	.	.	222	233	169	263	217
Lehký rámový skelet (panelová montáž)	.	.	.	.	.	623	963	1 075	1 303	1 188
Lehký rámový skelet (staveništní montáž)	.	.	.	.	.	537	671	803	1 185	1 131
Těžký skelet	.	.	.	.	.	52	31	49	79	61
Panely z masivního dřeva	.	.	.	.	.	92	79	55	82	116
Ostatní	.	.	.	.	.	173	35	8	33	36
jiný materiál vč. kombinací	436	372	376	486	412	83	163	95	153	137

Výše uvedená tabulka uvádí přesný počet postavených rodinných domů za posledních 10 let, podle svíslé nosné konstrukce. Pro vysvětlení chybějících údajů dřevěných staveb podle konkrétního konstrukčního systému do roku 2014 je třeba uvést, že k tomuto rozdělení došlo až od počátku roku 2015 na základě žádosti Asociace dodavatelů montovaných domů (ADMD). Do té doby byly stavebními úřady evidovány při kolaudaci pouze jako dřevěné. Předpoklad asociace do budoucna je pokračující stoupající trend, až na 17-20 % podílu na trhu rodinných domů, jak je tomu v případě Německa či Švýcarska.³ Analýzou výše uvedených dat lze již nyní vypořádat každoroční nárůst podílu dřevostaveb obecně na celkovém počtu postavených rodinných domů, jak uvádí následující tabulka – a také – největší podíl právě panelové montáže.

Tab. 2 – Počet a podíl dřevostaveb na trhu rodinných domů (ČSÚ, Ladislav, 2020)

Rok	Rodinné domy dokončené v ČR celkem (ks)	Dřevostavby dokončené v ČR (ks)	Podíl dřevostaveb na trhu rodinných domů v ČR (%)
2010	19 122	1 332	7,0%
2011	16 849	1 465	8,7%
2012	16 929	1 669	9,9%
2013	15 013	1 285	8,6%
2014	13 510	1 281	9,5%
2015	13 412	1 791	13,4%
2016	14 015	2 013	14,4%
2017	14 548	2 159	14,8%
2018	18 287	2 945	16,1%
2019	18 390	2 749	14,9%

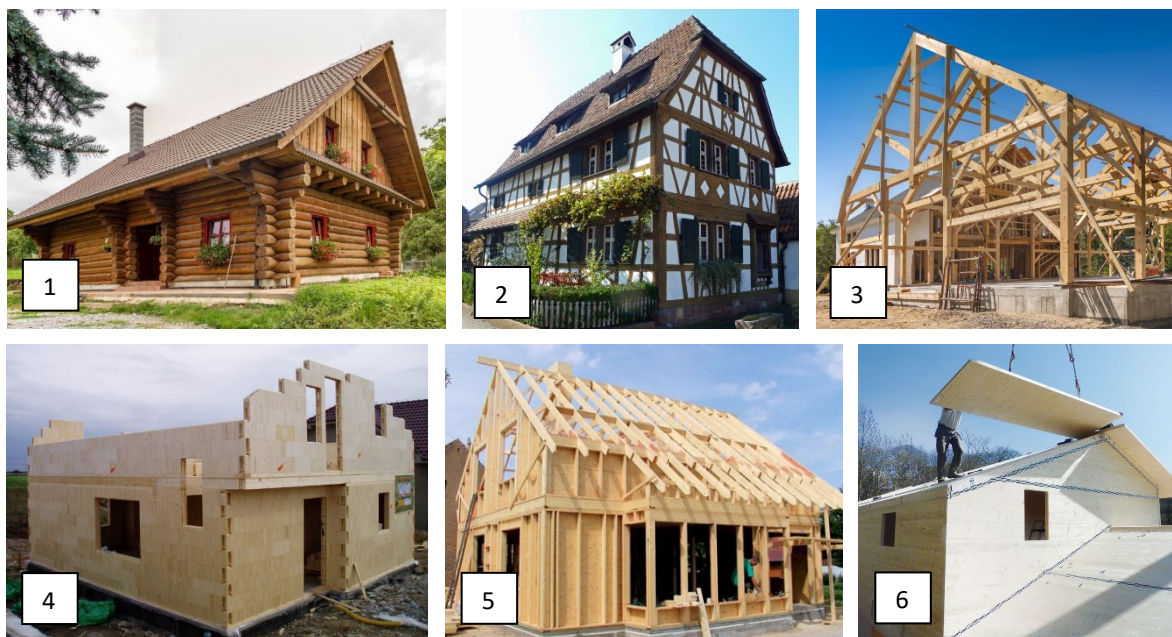
3. ADMD. Podíl dřevostaveb na trhu rodinných domů překročil rekordních 14 procent. *Dřevařský magazín* [online]. 2017, 6/2017 [cit. 2020-10-19]. Dostupné z WWW: <<https://en.calameo.com/read/00596147134cf99f5be11>>. ISSN 1338-371X

3.2 Typologie dřevěných staveb

Abychom mohli lépe uchopit problematiku, nelze zároveň nezmínit, jak se dřevostavby dělí podle typu jejich konstrukce. Všechny zmíněné a dnes používané způsoby stavění ze dřeva mají své počátky ve stavbách srubových a hrázděných, které se používaly u obytných budov do první pol. 19. stol. Teprve od té doby se začíná více uplatňovat deskové řezivo a kovové spojovací prostředky, což dalo v důsledku vzniknout systémům lehkých skeletů z prken a fošen. I když byly srubové a hrázděné konstrukce základem, z něhož vzešly další systémy, v jejich realizaci se v určité míře pokračuje i v současné době - s určitými konstrukčními změnami a v souladu s dnešními požadavky. Dnešní současně používané systémy se významně liší jak svou konstrukcí, tak vzhledem.⁴

Pro účely této diplomové práce je rozdělíme následovně:⁵ (viz Obr. 1)

- Srubová konstrukce
- Hrázděná konstrukce
- Skeletová soustava
- Stěnová soustava z prefabrikovaných tvarovek
- Sloupková soustava
- Panelová konstrukce



Obr. 1 – Typy dřevěných staveb: 1 – Srubová konstrukce, 2 – Hrázděná konstrukce, 3 – Skeletová soustava, 4 – Soustava z tvarovek, 5 – Sloupková soustava, 6 – Panelová konstrukce (Zdroj: web, Ladislav, 2020, upraveno)

4. VAVERKA, Jiří; HAVÍŘOVÁ, Zdeňka; JINDRÁK, Miroslav a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 380 s. ISBN 978-80-247-7014-7. S. 32

5. ŠTEFKO, Jozef; REINPRECHT, Ladislav; KUKLÍK, Petr. *Dřevěné stavby*. 2. čes. vyd. Bratislava : Jaga Group s.r.o., 2006. 200 s. ISBN 978-80-8076-080-9. S. 27

3.2.1 Srubová konstrukce

Počátek staveb srubových konstrukcí, jakožto tradičního způsobu stavění, sahá hluboko do dob minulých. Byl ovlivněn architekturou dřevěných staveb v Evropě a v zemích, jako je např. Rusko a skandinávské země se stal ikonickým obrazem tradičního prostředí, ve kterém se neomezil jen na obytné budovy, ale i paláce vládců a sakrální stavby. Tradice srubových staveb má své kořeny i u nás a v alpských zemích, je však omezena výhradně na horské prostředí.⁶

Stěny srubových staveb byly tvořené vodorovně vrstvenými trámy, které byly v rozích spojovány typickými tesařskými spoji, tzv. vázány. Pravděpodobně již ve středověku používaná tesařská vazba byl přesah nárožních konců, tzv. zhlaví. Aby trámy z vazby nevybočily, byly zajištěny dřevěnými kolíky. Dalším způsobem bylo částečné vyžlabení v místě vazby, do kterého pak ze shora dosedal vrchní prvek, opět částečně vyžlabený. Tyto rohové vazby se postupem času zdokonalovaly a daly vzniknout nejdéle používanému spoji – tzv. spojení „na rybinu“. Tato již nemá přesah zhlaví a její funkčnost je zajištěna specifickým šikmým protiběžným zkosením dosedacích ploch. Takto vytvořený spoj pak zachycuje veškeré vodorovné síly a zamezuje vybočení trámů z vazby. Stěny byly sestavovány nejprve z kuláčů (nehraněných trámů), později se začaly používat trámy hraněné. Nehraněné sruby se realizovaly a dodnes realizují z čerstvě vytěženého dřeva s vysokou vlhkostí, což má za následek pracování stavby – sedání, nutné zajištění dilatace u výplní otvorů apod. Původní způsob vyplňování spár mezi trámy znamenal používání mechu, dřevní vlny a omazávání mastnou hlínou.

V současné době se používají systémová řešení těsnění pomocí speciálních materiálů či paměťových pásků. Dnešní srubové konstrukce se neomezují jen na čerstvé rostlé dřevo, ale využívají i sušené a průmyslově opracované lepené lamelové dřevo do profilů různých tvarů, s různým stupněm prefabrikace apod. S rostoucími požadavky na tepelnou ochranu a vývojem obecně se ovšem změnila i požadavky na obvodové stěny. Samotná stěna srubové i roubené stavby tyto požadavky dnes plnit nedokáže, proto jsou dnešní konstrukce pro trvalé bydlení tvořeny jako vícevrstvé, kdy jsou tyto doplněny o vnitřní vrstvu tepelné izolace. Taková stěna pak může do určité míry obsahovat prvky navozující původní vzhled (např. pomocí falešného roubení), či je její vzhled zvenčí popřen a srubová konstrukce tak postrádá svůj původní smysl. Srubové stavby obecně (současné i historické) jsou náročné na spotřebu kvalitního řeziva. Díky svému svéráznému vzhledu je důležité tyto stavby umísťovat citlivě vzhledem k okolnímu prostředí.⁷

6. KOLB, Josef; *Dřevostavby*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7. S. 49

7. VAVERKA, Jiří; HAVÍŘOVÁ, Zdeňka; JINDRÁK, Miroslav a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 380 s. ISBN 978-80-247-7014-7. S. 35-36

3.2.2 Hrázděná konstrukce

Hrázděné stavby jsou široce rozšířeny v evropských zemích, ve střední i východní Evropě, Anglii, Německu, Nizozemsku i Dánsku. U nás jsou to zejména příhraniční oblasti, kde zčásti zůstaly jako pozůstatek po německy mluvících obyvatelích. Dle oblastí výskytu mají hrázděné stavby své regionální odlišnosti, co se týče samotné konstrukce, tak zdobnosti. Společným znakem je však jejich důvod vzniku – vyvinuly se ve velké míře právě tam, kde nebylo takové množství dřeva, jako je potřeba pro stavbu srubové konstrukce, nebo bylo drahé, nákladné na přepravu a zároveň bylo možné použít kratší elementy dostupného listnatého dřeva. Do poloviny 19. stol. byly hrázděné konstrukce převážně viditelné. Od druhé poloviny 19. stol. se stavby omítaly, a to převážně ve městech. Důvodů bylo vícero – napodobení masivních zděných či kamenných staveb, lepší protipožární ochrana a dodání „městského rázu“ (hrázděné domy byly vnímány spíše jako venkovský druh staveb). Historicky se ukázaly jako hospodárné a spolehlivé i pro vícepodlažní stavby.⁸

Hrázděnou konstrukci tvoří dřevěná kostra, s poli vyplněnými nejčastěji cihlovým zdivem. Zatížení svislé je přenášeno přes sloupky. Tuhost ve smyku je zajištěna diagonálními prvky nebo případně spolupůsobením kostry a výplňového zdiva. Kostra je složena z prahu, sloupků, vzpěr, vaznic a překladů. Spodní věnec (prahový) je vytvořen z trvanlivějšího dřeva – dub nebo modřín. Dominantním architektonickým prvkem je přímo kostra, která je přiznaná – musí tedy být odpovídajícím způsobem opracovaná a opatřená povrchovou úpravou. Dále jsou prvky spíše většího průřezu, převážně čtvercového. Jsou spojovány tradičními tesařskými spoji – čepy, zapuštění, plátování, rybina atp.

V současné době se staví v menší míře, spíše pro nízkopodlažní objekty či zemědělské stavby. Pro účely trvalého bydlení jsou znovu z důvodů požadavků na tepelnou ochranu – podobně jako srubové konstrukce – tvořeny přídavnou vrstvou tepelné izolace z vnitřní strany stěny. Dnešní materiálovou bází tvoří kvalitní sušené dřevo, často lepené lamové, které může být opracováno CNC obráběcími centry. Výplň dnešních hrázděných staveb jsou nejčastěji pálené cihly⁹

8. KOLB, Josef; *Dřevostavby*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7. S. 53

9. ŠTEFKO, Jozef; REINPRECHT, Ladislav; KUKLÍK, Petr. *Dřevěné stavby*. 2. čes. vyd. Bratislava : Jaga Group s.r.o., 2006. 200 s. ISBN 978-80-8076-080-9. S. 36

3.2.3 Skeletová soustava

Po srubových stavbách jsou skeletové stavby jedním z nejstarších konstrukčních systémů. Na rozdíl od nich se kulatina zahrabávala do země jako svislé sloupy a do vidlice tvořené z větví se vkládala příčná dřeva. Tento skelet byl vyplněn pletivem z větví a povrchově upraven hlínou. V podstatě se vyvinul nejprve v hrázděné stavby (viz předchozí kapitola), v dnešní době je však od této značně odlišný.¹⁰

Skelet je prostorový nosný systém tvořený ze sloupů a vodorovných nosných prvků – průvlaků. Tato kostra je nosná a její výplň tvoří nenosné obvodové stěny a vnitřní příčky. Nosnými prvky jsou plnostěnné průřezy z lepeného lamelového dřeva nebo vrstveného dřeva. Od hrázděných staveb se liší především tím, že nosnou kostru tvoří pouze vodorovně a svisle uspořádané prvky, šikmé vzpěry jsou vynechány a tesařské spoje jsou nahrazeny spoji inženýrskými. Spojů existuje nepřeberné množství, příkladem může být ocelová deska s ocelovými kolíky a většinou bývají v konstrukci skryty. Tyčové prvky jsou uspořádány v určitých osových vzdálenostech a jsou osazovány přímo do základové konstrukce. Chybí tedy spodní i horní práh. Základní modul je většinou 600 mm a modulová síť = rastr je pak násobkem. Modulová síť se nemusí omezovat jen na pravouhlo, může být i trojúhelníková či kruhová. Obecně dává skeletová soustava architektonickou volnost a variabilitu. Z architektonického hlediska může být konstrukce ve stavbě přiznaná, viditelná, nebo může být včleněna do konstrukce stěny. Z tohoto vyplývá rozdělení na systémy *integrované* = skrytý skelet v konstrukci stěny, systémy *částečně integrované* = plocha stěny je rozdělena sloupy skeletu a systémy *neintegrované* = sloupy jsou zcela odděleny od konstrukce stěn a ve stavbě mohou být dominantní. Důležité je z hlediska absence šikmých vzpěr odpovídající zavětrování stavby, aby byla zajištěna její prostorová tuhost. Provádí se ve svislém i vodorovném směru a to pomocí výztužných tabulí v rovině stropu a střechy, výztužných stěn, rámu, pomocí ocelových diagonál atp.¹¹

Výhodou je překrytí velkých rozponů, ve velkém rastru, variabilita rozmístění příček a možná změna jejich umístění i během provozu stavby. Výhodou je možnost velkých prosklených ploch a v neposlední řadě vícepodlažních budov.¹²

10. KOLB, Josef; *Dřevostavby*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7. S. 85

11. VAVERKA, Jiří; HAVÍŘOVÁ, Zdeňka; JINDRÁK, Miroslav a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 380 s. ISBN 978-80-247-7014-7. S. 47-51

12. ŠTEFKO, Jozef; REINPRECHT, Ladislav; KUKLÍK, Petr. *Dřevěné stavby*. 2. čes. vyd. Bratislava : Jaga Group s.r.o., 2006. 200 s. ISBN 978-80-8076-080-9. S. 36

3.2.4 Stěnová soustava z prefabrikovaných tvarovek

Tento systém stavění je odvozen od zdění z velkoformátových cihel (lze se setkat i s názvem „dřevěné cihly“), na rozdíl od nich však nabízí suchý způsob montáže. Jedná se o novodobý, ale již rozšířený a osvědčený systém. Moduly jsou malého formátu – přibližně 300 x 600 mm s hmotností 5-10 kg a v podstatě tvoří tvarovky, které lze sestavovat stavebnicově. Jsou lehce manipulovatelné a lze je díky své konstrukci pohodlně zasunovat do vazeb v rastrovém rozměru, buďto pomocí pera a drážky nebo kolíkovými spoji. Takto se skládají vnější i vnitřní nosné stěny, obsahují čtvrtinové, poloviční i přizpůsobené dílce jako pro práh, horní rám, překlady a vytvářejí ucelený systém. Tímto způsobem je vytvořena hrubá stavba a následná skladba stěny je přizpůsobena energetickým, architektonickým a konstrukčním hlediskům. Fasáda může být opatřena kontaktním zateplovacím systémem, může být odvětrávaná s dřevěným obkladem, stejně tak vnitřní strana může být opatřena instalační předstěnou, sádkartonovými deskami, či může být ponechána jako viditelná. Z hlediska tohoto použití se vyhotovují ve dvou variantách – 1) pohledové – určené jako konečný vnitřní povrch stěn, nebo 2) nepohledové – určené k zakrytí deskami na bázi sádry.^{12,13}

Modul sám je složen z několika vrstev vysušeného smrkového řeziva, křížově slepeného. Tvarovky jsou rozměrově stálé, jsou opatřeny průchozími dutinami pro svislé a vodorovné instalace a následně jsou tvarovky vyplněny tepelnou izolací – na bázi recyklovaného papíru, korku, perlitu, ovčí či minerální vlny, může být sypaná i foukaná. Do prostoru tvarovky se mohou vkládat hranoly sloužící k vyztužení stěn. Systém umožňuje efektivní a rychlou výstavbu bez nutnosti těžké mechanizace na staveništi.¹³

Z prefabrikovaných tvarovek jsou stavěny jak rodinné a bytové domy, tak administrativní a správní budovy, průmyslové, komerční i veřejné stavby. Hojně je tomu kupříkladu ve Švýcarsku - v zemi, ve které se tento systém vyvinul. Variabilita konstrukce a použití tepelné izolace umožňuje splnění současných požadavků na stavby pro trvalé bydlení. Kromě jiného jsou tyto moduly také více než vhodné pro dočasné stavby, jako veletržní stánky, jeviště, renovace a přístavby, příčky do již hotových staveb, nebo i jako výplň skeletových konstrukcí.^{13,14,15}

12. ŠTEFKO, Jozef; REINPRECHT, Ladislav; KUKLÍK, Petr. *Dřevěné stavby*. 2. čes. vyd. Bratislava : Jaga Group s.r.o., 2006. 200 s. ISBN 978-80-8076-080-9. S. 36

13. KOLB, Josef; *Dřevostavby*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7. S. 133

14. KUHNŮVÁ, Erika. Šest způsobů jak stavět ze dřeva. *Home: byt, dům, styl, zahrada* [online]. 2018-12-03 [cit. 2020-10-29]. Dostupné z WWW: <<https://homebydleni.cz/dum/drevostavby/sest-zpusobu-stavet-ze-dreva>>

15. STEKO: Holz-Bausysteme AG. [online]. St. Gallen [cit. 2020-10-29]. Dostupné z WWW: <<https://www.steko.ch/de/bausystem/steko-bausystem/>>

3.2.5 Sloupková soustava

System Two by Four, lehký skelet, lehký rámový skelet, rámová stavba – všechny tyto ekvivalenty popisují systém stavby, která se skládá ze sloupků, prahů, překladů a dalších prvků tvořící rám stěny, stropu, někdy i podlahy. Nelze je úplně a zcela odlišit od dále popsaných panelových konstrukcí, alespoň co se složení stavby týče. Většinu (ne-li všechny) těchto názvů lze aplikovat i na dřevostavby panelové, proto bývají v různých odborných literaturách „škatulkovány“ pod jeden konstrukční systém. Avšak je zde jeden rozdíl, kvůli kterému je zde uvádíme samostatně – čistě z praktických důvodů. Tím rozdílem je způsob montáže, kdy tyto sloupkové soustavy probíhají bez prefabrikace, a to přímo na staveništi.

Předně nelze nezmínit, odkud tento systém pochází a jak je definován. V době osídlování severní Ameriky, předně však počátkem 19. stol., byly v Evropě rozšířené hrázděné stavby zmíněné v kapitole 3.2.2 *Hrázděná konstrukce*. Znalost stavění hrázděných konstrukcí si s sebou přinesli přistěhovalci právě z Evropy a postupným vývojem ji v Novém světě značně zjednodušili. Došlo k redukci masivních čtvercových průřezů na podstatně subtilnější rozměry dva krát čtyři palce (případně dva krát šest, z důvodu silnější vrstvy izolace). Odtud název „Two by Four“ nebo „Two by Six.“ Zmizely zavětrovací a ztužující šikmé vzpěry, paždíky a tyto byly nahrazeny opláštěním z obou stran, které s konstrukcí přímo spolupůsobí a přebírá tak ztužující funkci.¹⁶

Dnes se neomezuje striktně na průřez 2x4, ani nemusí být nutně z rostlého dřeva, jako sloupky mohou být použity I-profil, skříňové profily, často se používají kvalitnější KVH hranoly. Není vhodné použití nevysušeného řeziva. Z řeziva transportovaného na staveniště a nakráčeného na příslušnou délku je složen nosný rám ze sloupků a vodorovných prvků – spodní a horní pásnice, překladů a pomocí hřebíkových spojů je spojen. Následně je ukotven k základovému prahu, opláštěn a vyplněn izolací. Sloupky mohou být průběžné po celé výšce budovy – přes dvě podlaží, kdy jsou k nim z boku připojeny trámy stropní konstrukce, nebo mohou být neprůběžné a tvořit rám v prvním podlaží, na který jsou uloženy stropnice. Druhé podlaží pak tvoří samostatný další stěnový rám. První typ konstrukce se nazývá *Balloon-Frame*, druhý typ pak *Platform-Frame*. Druhý zmíněný je dnes jednoznačně rozšířenější.

Své uplatnění nalézá tam, kde je pozemek v těžko dostupném terénu, umožňuje poměrně vysokou variabilitu konstrukce, není nutná prefabrikace a tedy prostory pro ni určené. Z pohledu rychlosti výstavby je však tento systém pomalejší a je náročný na přesné provedení na stavbě.^{16,17}

16. VAVERKA, Jiří; HAVÍŘOVÁ, Zdeňka; JINDRÁK, Miroslav a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 380 s. ISBN 978-80-247-7014-7. S. 33-34

17. NĚMCOVÁ, Lucie. Klasika TWO BY FOUR – dřevostavba realizovaná na staveništi. *DŘEVO&stavby.cz* [online]. 2019-05-20 [cit. 2020-10-29]. Dostupné z WWW: <<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/5500-two-by-four-drevostavba-ralizovana-na-stavenisti>>

3.2.6 Panelová konstrukce

Jeden z nejrozšířenějších dřevěných stavebních systémů v praxi. Je zastoupen více konstrukčními principy, nejstarší z nich je *panel s dřevěným rámem*, který je skladbou konstrukce v podstatě totožný se sloupkovou soustavou (oba systémy jsou také často označovány pod společným názvem *Rámové stavby*). Tento systém je tedy charakteristický dřevěným rámem vyplněným sloupky a překlady, opláštěný konstrukčními deskami a zateplovacím systémem.¹⁸

Druhým konstrukčním principem jsou *konstrukční izolované panely SIPs (structural insulated panels)*, které neobsahují žádný dřevěný rám ani jiný konstrukční dřevěný prvek, ale jsou tvořeny jádrem z pevného izolantu (např. polystyren), který je opláštěn z obou stran nalepenou konstrukční deskou na bázi dřeva. Takovýto prvek musí mít jádro dostatečně pevné, protože neobsahuje již další ztužující prvky. Celoplošným slepením opláštění s jádrem vznikne velice tuhý prvek, který se chová jako krabicový nosník. Panely jsou univerzální, používají se jako stěnové, podlahové, stropní i střešní.^{19,20}

Třetí princip jsou *vrstvené celodřevěné panely*. Tento systém znamená vytváření bloků z jednotlivých lichých vrstev lamelového dřeva, kladených vedle sebe a po délce nastavovaných zubovým spojem. Další vrstva je kladena ve směru kolmém na směr spodní vrstvy. Jednotlivé vrstvy jsou mezi sebou spojovány lepením, pomocí hřebíků či kolíků z tvrdého dřeva. Masivní celodřevěné panely přenáší veškerá zatížení přímo do základů a mohou být vyhotoveny z vnitřní strany jako pohledové, z vnější pak z hlediska tepelné ochrany přichází na řadu vrstva tepelné izolace s omítkou, či dřevěným obkladem.²¹

Následující kapitola se zabývá historickým vývojem prvně zmíněného systému, tedy panely s dřevěným rámem, který je zároveň nejstarší a současně nejpoužívanější systém prefabrikovaných panelových dřevostaveb.

18. ŠTEFKO, Jozef; REINPRECHT, Ladislav; KUKLÍK, Petr. *Dřevěné stavby*. 2. čes. vyd. Bratislava : Jaga Group s.r.o., 2006. 200 s. ISBN 978-80-8076-080-9. S. 34

19. LIŠKA, Luděk. Historie panelových dřevostaveb. *tzbinfo* [online]. 2012-04-29 [cit. 2020-10-30]. Dostupné z WWW: <<https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8545-historie-panelovych-drevostaveb>>

20. EUROPANEL: Výrobce systémů pro energeticky úsporné stavby. [online]. Liberec [cit. 2020-10-30]. Dostupné z WWW: <<https://www.europanel.cz/cz/pro-odborniky/technologie-sips/>>

21. VAVERKA, Jiří; HAVÍŘOVÁ, Zdeňka; JINDRÁK, Miroslav a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 380 s. ISBN 978-80-247-7014-7. S. 53-55

4 Historický vývoj dřevostaveb panelového typu

Myšlenka obecně stavět budovy z prefabrikovaných prvků, je starší než se běžně předpokládá. Pokud přeskočíme prefabrikované díly pro stavbu pyramid a zaměříme se na stavby ze dřeva, nalezneme první důkazy o typu dřevěné prefabrikované stavby z Japonska 12. století, kde se jednalo o jakousi skládací chatu, kterou bylo možno přepravovat pomocí ručních vozíků. Přibližně ve stejné době, v Evropě 12. století, začaly stavitelé s prvními hrázděnými domy. Hrázděná konstrukce se rozšířila do zbytku Evropy i za oceán a je technicky i historicky skutečným původcem prefabrikované dřevěné konstrukce. Moderní prefabrikovaná konstrukce, jak ji známe dnes, začíná v první polovině 19. století v USA. V dobách kolonizace a zlaté horečky byly zapotřebí domy, které bylo možné rychle postavit a jejichž suroviny – dřevo – byly v Severní Americe hojně dostupné. Byl vyvinut systém sloupkové soustavy. Přes USA se dostáváme zpět do Evropy, kde jsou konečně na principu sloupkové soustavy položeny základy pro prefabrikaci panelových dřevostaveb, dnes také nazývaných *montované domy*.²²



Obr. 2 – Milníky v historii dřevěných prefabrikovaných domů
(Zdroj: fertighaus.net, upraveno)

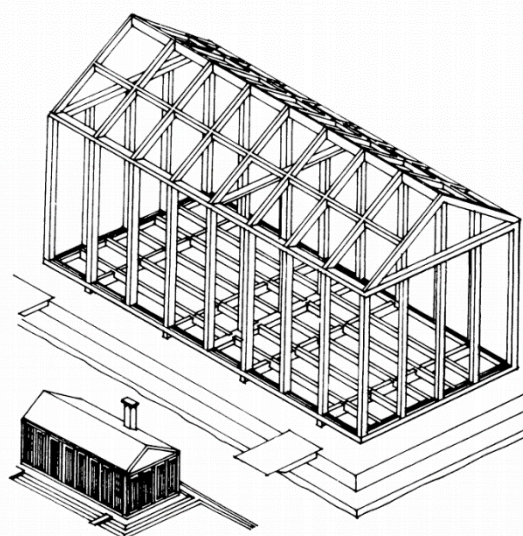
22. FertigHaus.net [online]. [cit. 2020-11-07]. Dostupné z WWW:
<<https://www.fertighaus.net/die-geschichte-des-holz-fertighaus/>>

4.1 Časový průběh

• 1830, Velká Británie, USA

První panelovou dřevostavbu, založenou na principu prefabrikace a následné masové produkce, nalezneme v roce 1830. Jistý londýnský tesař John Manning navrhl a zkonstruoval prefabrikovaný dům, který bylo možné dopravit britským emigrantům do Austrálie. Jeho dům bylo možné složit během pár hodin bez speciální pracovní síly a sestával z drážkovaných dřevěných sloupků, prohřebíkových s podlahovými a stěnovými deskami a byly vyplněny vyměnitelnými panely i s výplněmi otvorů.²³

Jednoduché dřevěné vazníky byly překryty plachtou a později mohly být nahrazeny trvalou střešní krytinou. Manning i jeho konkurenti v Anglii a Irsku tímto způsobem vyráběly nejen domy, ale i církevní školy, trhy, výstavní haly a další a distribuovali je do Ameriky, Afriky i Asie. Další klesající britská migrace do Austrálie, založení stavebního průmyslu v samotných koloniích, konkurence jiných než britských výrobců, vývoj technologií prefabrikace ze železa, měnící se vkus i očekávání a celosvětový pokles vývoje ekonomiky znamenaly na delší dobu útlum v britském prefabrikačním průmyslu.^{23,24}



Obr. 3 – Manningův přemístitelný dům
(Zdroj: Gilbert, 1972²⁴)

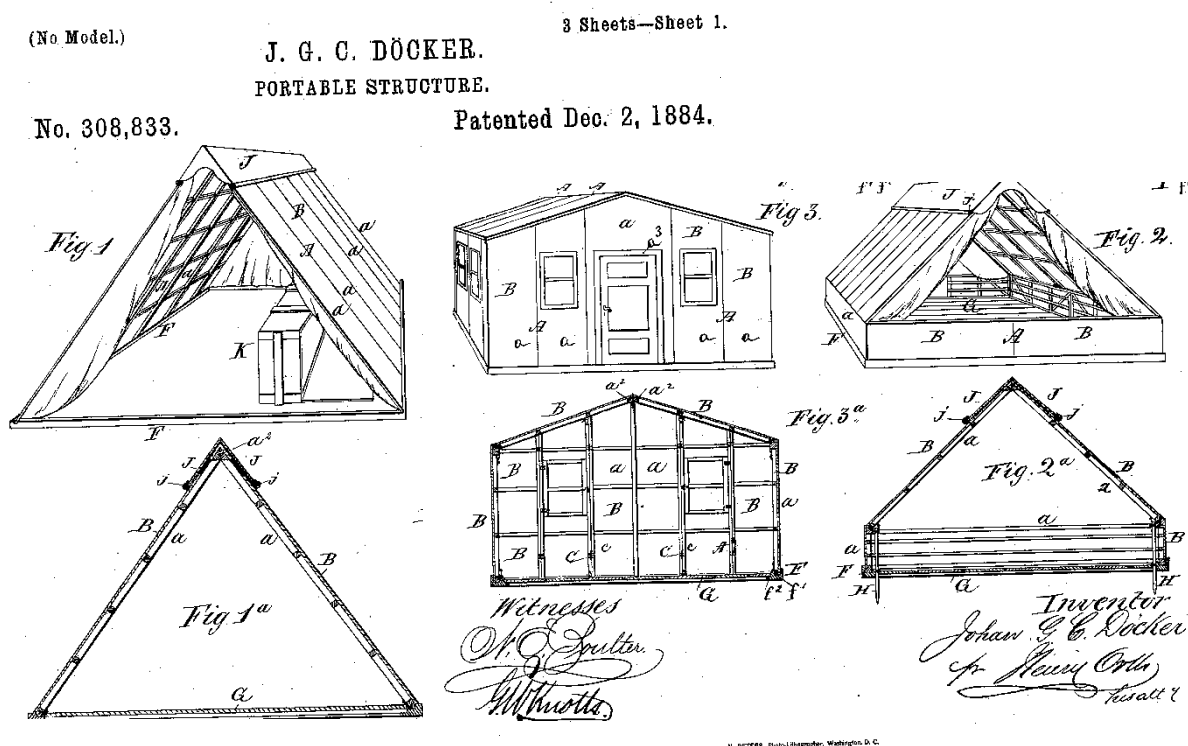
Historické prameny uvádějí i myšlenku na prefabrikované dřevěné panely i v USA, jistým Johnem Hallem roku 1840. Další významná míra prefabrikace opravdu probíhala v USA během „zlaté horečky“ a obecně přistěhovalectvím, ovšem podrobnější informace nejsou známy. Stejně jako jistá míra prefabrikace v Německu, v souvislosti s nutností staveb v jeho koloniích, s misijní činností protestantů a podobně, ovšem konstrukce není zmíněna.²³

23. OSAYIMWESE, Itohan. *Colonialism and Modern Architecture in Germany*. Pittsburgh : University of Pittsburgh Press, 2017. 344 s. ISBN 978-0-8229-829-13. S. 188

24. GILBERT, Herbert. The Portable Colonial Cottage. *Journal of the Society of Architectural Historians* [online]. 1972, vol. 31, no. 4 [cit. 2020-11-07]. Dostupné z WWW: <<https://www.jstor.org/stable/988810>> . ISSN 0037-9808

• 1880, Dánsko

Na konci éry prefabrikace v Británii si nechal dánský armádní důstojník Johan Gerhard Clemens von Døcker patentovat konstrukční systém na přepravitelná dřevěná kasárna v Evropě, Rusku a Spojených státech. Døcker přišel se systémem stavění z 1 m širokých a panelů o tloušťce 25 mm, které měly a dřevěný rám, s připevněným „lisovaným Døckerovým materiálem“ jakousi plstěnou hydroizolační vrstvou – pravděpodobně předchůdce cementovláknitých desek. Panely svislých stěn byly spojené zámkem se západkou a na spoje panelů byly pomocí šroubů s křídlovými maticemi připevňovány lišty. Ve vrcholu byly střešní panely spojovány speciální šroubovou svorkou. Montáž i demontáž tohoto systému byla rychlá, panely mohly být stohovány, skladovány a přepravovány. Tento systém reagoval na obrovskou poptávku po vojenských nemocnicích a lazaretech, které potřebovala německá armáda válčící na mnoha bojištích.^{25,26}



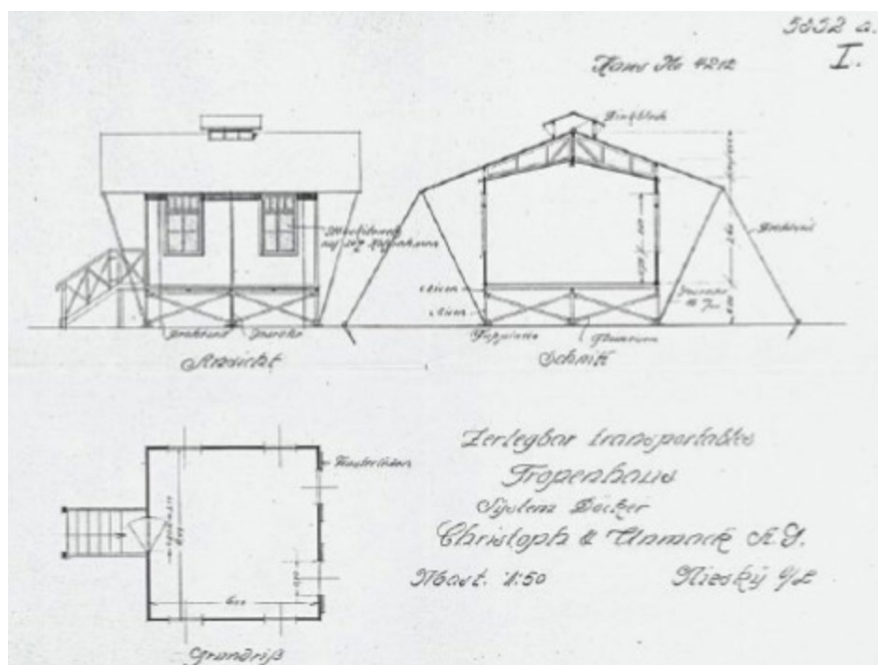
Obr. 4 – Døckerova přemístitelná konstrukce, patentovaná r. 1884 v USA
(Zdroj: Google Patents)

25. OSAYIMWESE, Itohan. *Colonialism and Modern Architecture in Germany*. Pittsburgh : University of Pittsburgh Press, 2017. 344 s. ISBN 978-0-8229-829-13. S. 189

26. LIŠKA, Luděk. Historie panelových dřevostaveb. *tzbinfo* [online]. 2012-04-29 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z WWW: <<https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8545-historie-panelovych-drevostaveb>>

● 1887, Německo, Rakousko-Uhersko

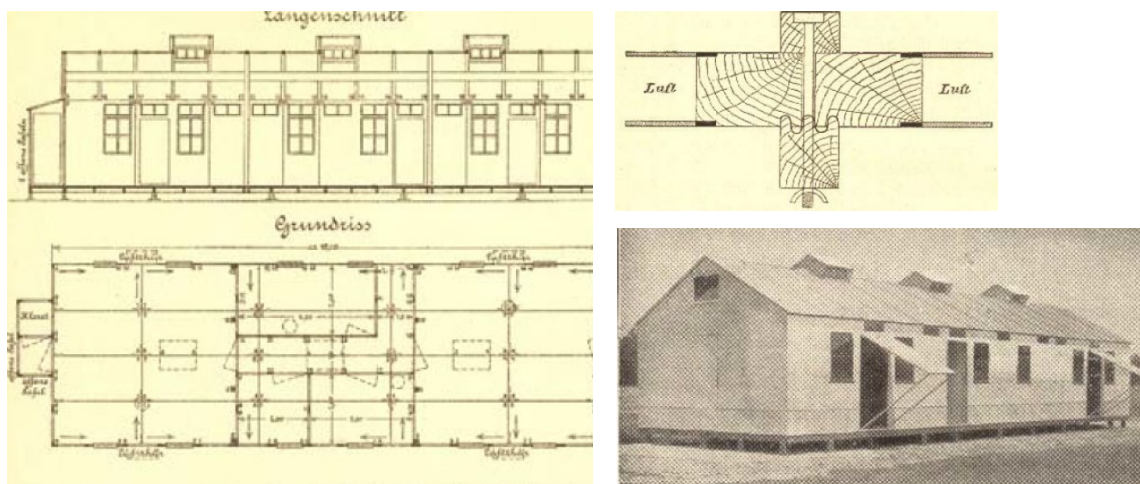
Nejdůležitější vývoj prefabrikovaného systému je spjat se společností Christoph & Unmack. Dánský konzul, Christian Ferdinand Christoph, znalý tesařského řemesla a jeho společník, architekt Christian Rudolf Unmack koupili patent na výrobu mobilních Dockerových domů. Přijali první zakázku 59 Døckerových budov pro pruskou vládu a začali s výrobou - nejprve v dánské Kodani. Nedlouho poté přestěhovali výrobu do hornolužické obce Niesky, kde sídlila rodinná firma Christianova otce. Společnosti se dařilo a z původních 50 zaměstnanců v roce 1887 se rozrostla na 400-500 zaměstnanců v r. 1907 a kapacitou tisíc budov/rok. Společnost Christoph & Unmack pěstovala vnitřní firemní kulturu výzkumu a inovací a již jejich nejranější budovy vylepšovaly patentovaný Døckerův design. Jejich panel byl široký 1,10 m a na rozdíl od Døckerova panelu opatřen deskami, které byly nejen odolné proti vlhkosti, ale i proti požáru, použitím speciálního typu „soli.“ Firma reagovala na potřeby klientů a sociální, politické a ekonomické podmínky. Rozhodující však bylo podnebí a zeměpisná poloha, do kterého byla budova určena. Výroba byla orientována především na německé kolonie v tropických oblastech. Byl vyvinut typ domu, který se stal pojmem a synonymem pro budovy vyráběné firmou Christoph & Unmack, tzv. „létající Døcker.“ Dům byl typizován pro své tropické prostředí a byl vybaven sluneční plachtou proti přehřívání, moskytiérami v oknech, dvojitou konstrukcí střechy opět proti přehřívání, verandou a celkově byl osazen nad terénem – kvůli udržení chladu a kvůli ochraně před termity.²⁷



Obr. 5 – „létající Døcker,“ 1912 (Zdroj: Osayimwese, 2017²⁷)

27. OSAYIMWESE, Itohan. *Colonialism and Modern Architecture in Germany*. Pittsburgh : University of Pittsburgh Press, 2017. 344 s. ISBN 978-0-8229-829-13. S. 199-207

Ačkoliv byly koloniální domky artiklem číslo 1, existovala vedle toho výroba jiných konstrukcí, stále však kasáren, školy, školek a ubytoven. Pro stále se zvětšující společnost bylo nutné rozšíření výroby, které znamenalo vybudování pobočky v Buzendorfu v Čechách (dnešní Boleslav), zde se od roku 1891 vyráběly především ubytovny pro pracující a kasárna, ale i nemocniční a školní pavilony. Společnost se rozrůstala, zefektivňovala výrobu a z produkce prefabrikovaných domů se stal pokročilý technologický proces.



Obr. 6 – Převratitelná nemocnice či hospodářská budova, 1895-1912
(Zdroj: Rug, 2006²⁸)

Od roku 1900 byly do portfolia společnosti zahrnuty víkendové a rodinné domy panelových a roubených konstrukcí. Nový typ panelové konstrukce se ukázal jako obzvláště lukrativní. Po celém areálu, který činil 60 tis. m², byly vybudovány koleje pro transport panelů, což výrazně usnadňovalo tok výroby. Pro každou výrobní operaci byli vyškoleni specializovaní dělníci. Řezivo pro výrobu panelů bylo sušeno nejprve přirozeně v hraních, poté uměle v sušárnách. Následně bylo řezivo kráceno na přesné rozměry, materiál formátován na desky a skládán do rámců stěnových panelů, kde byl dále opláštěn patentovaným Døckerovým lisovaným materiálem. Poté byly panely ošetřeny olejovou impregnací a odeslány do zámečnické dílny, na instalatérské a sklenářské práce. Jakmile byly panely předvyrobeny, byly ve velké montážní hale smontovány v celou budovu. Před expedicí byla každá budova takto nejméně jednou až dvakrát ověřena. Po úspěšném testování byla buď odeslána klientovi, či byla odeslána na sklad pro budoucí prodej.²⁷

27. OSAYIMWESE, Itohan. *Colonialism and Modern Architecture in Germany*. Pittsburgh : University of Pittsburgh Press, 2017. 344 s. ISBN 978-0-8229-829-13. S. 199-207

28. RUG, Wolfgang. Lebensdauer von Holzhäusern am Beispiel von Christoph & Unmack, Niesky. *Wissenschaftliche Berichte Hochschule Zitta/Görlitz* [online]. 2006, Heft 90 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z WWW: <http://www.holzbau-statik.de/ibr/downloads/03_gesch/Lebensdauer%20Holzhaeuser%20Christoph%20Unmack.pdf>

Vedle firmy Christoph & Unmack existovaly souběžně i další, které se zabývaly prefabrikací, jako např. F. H. Schmidt., Philipp Holzmann AG, Drenckhahn & Sudhop nebo Deutsche Barackenbaugesellschaft. Tyto vyvíjely vlastní systémy založené na patentovaném Døckerově systému, ovšem v mnohém se od konstrukcí firmy Christoph & Unmack nelišily.²⁹

● 1919-1939, Německo, USA

Po první světové válce, která znamenala návrat především k vojenským kasárnám a polním nemocnicím, ztratilo Německo své kolonie a čelilo blokádam prodeje v zahraničí. Bylo nutné se přeorientovat na domácí trh, kde v důsledku války vzrostla velkou měrou poptávka po rychlou výstavbu montovaných domů, která v době akutního nedostatku bytů byla dobrou alternativou ke zděné výstavbě.^{29,30}

V roce 1919 Christoph & Unmack AG zkontroloval tepelně izolační vlastnosti svých dřevěných stěn. Jako reference posloužila zeď o tloušťce 38 cm z plné cihly. Tato zeď byla z obou stran omítnutá. Pro srovnání dodala společnost Christoph & Unmack AG roubenou stěnu o tloušťce 7 cm a dřevěnou panelovou stěnu o tloušťce 8,5 cm. Výsledkem tohoto výzkumu bylo, že roubená stěna dosáhla úspory téměř 40 procent a panelová konstrukce úsporu téměř 30 procent ve srovnání s popsanou plnou stěnou. Toto šetření jasně ukázalo, že jednotlivé typy dřevěných konstrukčních stěn měly obrovský potenciál úspory energie. Výsledek testu byl dobrým argumentem pro rozsáhlé využívání dřevěných domů, i z důvodu nedostatku uhlí v poválečném Německu.

Společnost Christoph & Unmack AG najala několik známých architektů, aby získala nový impuls pro stavbu dřevěných domů. V roce 1927 se Konrad Wachsmann stal na návrh svého profesora Hanse Poelziga hlavním designérem společnosti Christoph & Unmack, modulárně reorganizoval katalog firmy a poskytl čtvercovou mřížku, na které si zákazníci mohli vytvořit vlastní plány. Používány byly panelové a roubené konstrukce. Díky velké poptávce se společnost ve 20. letech 20. století vyvinula v nejdůležitějšího výrobce dřevostaveb v Evropě. Společnost vyvíjela i vlastní izolační materiály. Na jedné straně to byla stavební deska „Lignat“ a izolační desky „Lignat“ a pravděpodobně také rohože z mořské trávy. Tyto desky sloužily jako aplikace tepelné ochrany a jako sádrový podklad.³⁰

29. OSAYIMWESE, Itohan. *Colonialism and Modern Architecture in Germany*. Pittsburgh : University of Pittsburgh Press, 2017. 344 s. ISBN 978-0-8229-829-13. S. 210-225

30. REINBOTH, Lutz. Firmenportrait: Die Fertighäuser von Niesky. *Dach-holzbau.de* [online]. 03/2018 [cit. 2020-11-18]. Dostupné z WWW: <https://www.dach-holzbau.de/artikel/firmenportrait-die-fertighaeuser-von-niesky_3179290.html>

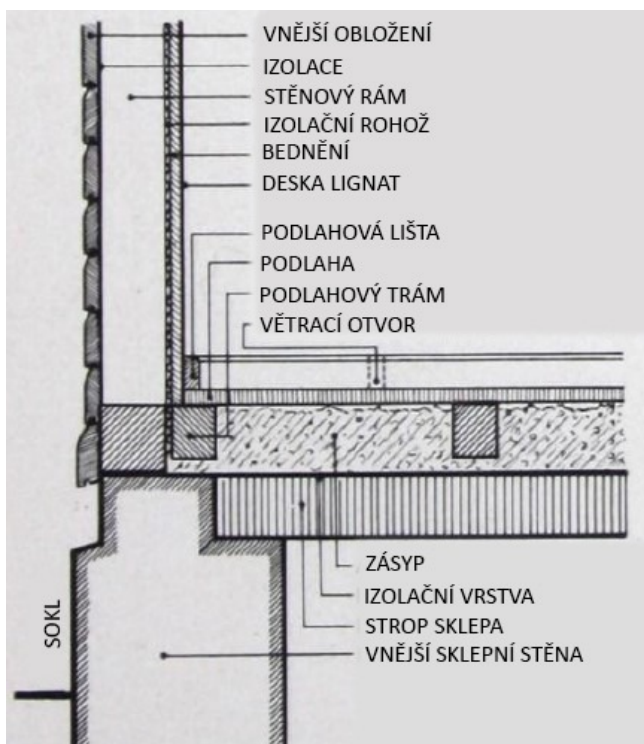
Unikátní autentický vhléd do vlastní konstrukce panelové dřevostavby nabízí katalog společnosti Christoph & Unmack, vydaný krátce před 2. světovou válkou:

ZÁKLADY:

Byly vyráběny z cihel, betonu nebo přírodního kamene – v závislosti na místních podmínkách. Domy mohly být podsklepené, v tom případě měly tyto místnosti kamenný strop z dutých kamenů nebo betonu. Sokl byl omítán.

ZÁKLADOVÝ PRÁH:

Standardní spojení mezi panelem a základem bylo prováděno pomocí základového prahu. Tyto prahy byly v továrně opatřeny izolačním nátěrem a na spodní straně byla přibita izolační lepenka. Z vnější strany byly překryty speciálním profilovaným soklovým prknem.



Obr. 7 – Řez stěnou a základem, Christoph & Unmack (Zdroj: Christoph & Unmack, 1940³¹ upraveno)

PODLAHY:

V prvním patře se podlaha skládá z 24 mm silných hoblovaných a broušených borovicových nebo smrkových prken. Ty jsou položeny na dřevěných podpěrách, které zase spočívají na stropě sklepa. Horní plochu stropu suterénu bývá opatřena izolační vrstvou z vhodného materiálu, aby nedocházelo ke vztlínající vlhkosti ze zdiva. Mezi dřevěnými podpěrami se obvykle provádí násyp zeminy, písku nebo jsou vyplněny izolačními rohožemi s podkladem.

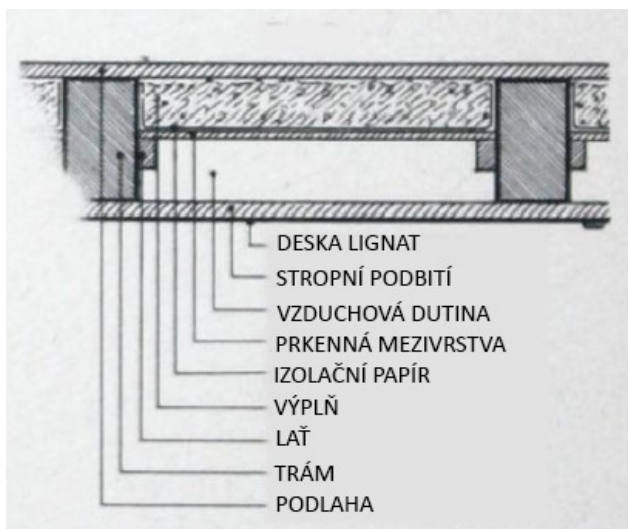
STĚNY:

Stěny se skládají z rámu – ze sloupků a prahů, který je oboustranně opláštěn. Vnější plášť je z hoblovaných profilovaných prken tl. 24 mm, rám je z vnější strany opatřen izolací z lepenky a z vnitřní strany je opatřen izolační rohoží. Meziprostor byl zpočátku pouze vyplněn vzduchem, izolace se objevily později. Jako pohledová vrstva je pak použita deska Lignat, sloužící zároveň jako ztužující zavětrovací prvek.³¹

31. CHRISTOPH & UNMACK. *Wohnhäuser aus Holz*. Dresden : B. G. Teubner, 1940. 120 s. S. 3-4

STROPY:

Stropy jsou navrhovány jako trémové. Nosníky jsou na spodní straně opatřeny hrubým bedněním a opláštěním z desek Lignat. V polích mezi trámy je uspořádána mezi-
vrstva vyplněna zeminou či pískem, či izolačními rohožemi (jako v podlahách) a pokryta vrstvou izolačního papíru. Pobití trámů je provedeno z hoblovaným a broušených borovicových nebo smrkových prken. Spodní pohledová vrstva mohla být také provedena jako kazetový strop.



Obr. 8 – Řez stropem, Christoph & Unmack
(Zdroj: Christoph & Unmack, 1940¹⁰, upraveno)

STŘECHA:

Tvar střechy je určen stavební plán, který také určuje typ dotyčného domu. Obecně se rozlišuje mezi jednopodlažním domem s obytným podkrovím a vícepodlažním domem. U prvního typu domu střecha začíná již nad prvním podlažím, zatímco u vícepodlažního domu vzniká půdní nadezdívka a šikmina začíná až od ní nebo jsou stěny druhého podlaží v plné výšce. Vždy je volen větší přesah střechy kvůli konstrukční ochraně, ale i zachování architektonického rázu. Jako krytina se používaly tašky, břidlice, lepenka, dřevěné šindele či rákos. Obecně je typ střešní krytiny vázán na místní ráz. Krokve byly svrchu pobity bedněním či laťováním, vnitřní povrchy byly izolované – podobně jako u stropů, např. izolačními rohožemi a opláštěním z lignátových desek.³¹



Obr. 9 – Panelový dům ředitele továrny Christoph & Unmack v Černousích, 1926 a 2010
(Zdroj: LIŠKA, Luděk. *Historie panelových dřevostaveb*. tzbinfo²⁶)

31. CHRISTOPH & UNMACK. *Wohnhäuser aus Holz*. Dresden : B. G. Teubner, 1940. 120 s. S. 3-4

Vývoj panelových dřevostaveb probíhal v Německu i u dalších společností, jako např. Deutschen Werkstätten Hellerau, Höntsch & Co., Otto Loeb & Co., Deutsche Holzbauges. München nebo Ingolstädter Holzhausbau.



8.00 : Příjezd na staveniště



10.00 : Položení základových prahů



10.20 : Vztyčení prvního panelu



10.30 : Vztyčení druhého panelu



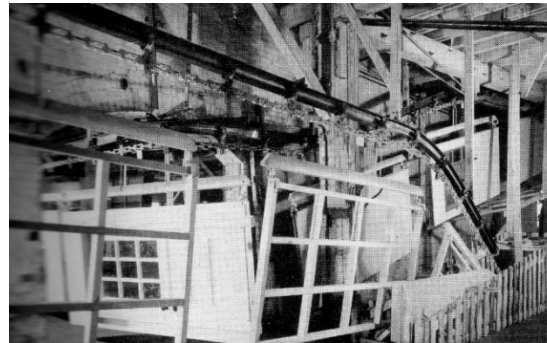
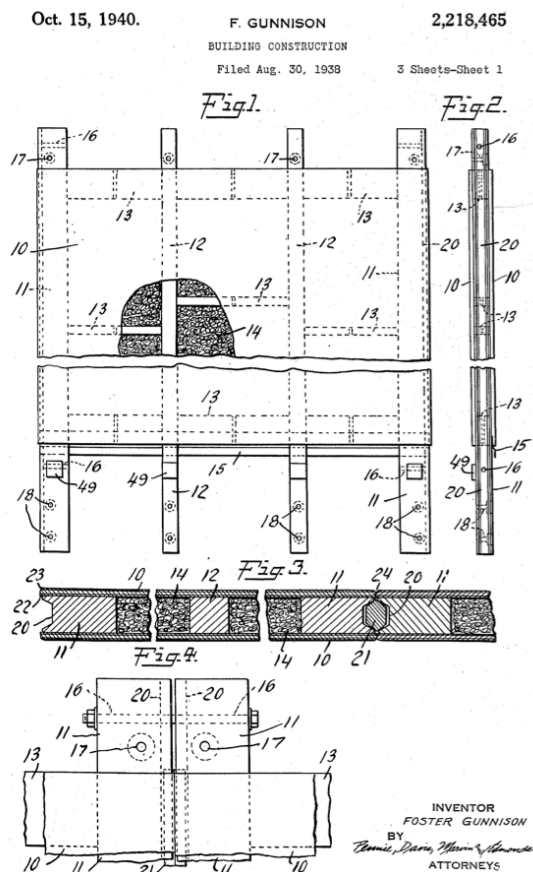
10.45 : Hotový první rohový spoj



16.00 : Hrubá stavba na konci 1. dne

Obr. 10 – Historické fotografie montáže, Otto Loeb & Co., Falkensee 1931
(Zdroj: Rug, 2006²⁸, upraveno)

Prefabrikované panelové systémy nezůstaly doménou jen střední Evropy, ale objevily se i v USA, kam přišla bytová krize o cca 10 let později než do Evropy. Do roku 1935 bylo na americký trh uvedeno přibližně 33 prefabrikovaných systémů. Společnost Gunnison Housing Corp. zahájila výrobu v roce 1935 a zdokonalila prefabrikaci zapojením montážních linek na skutečně masovou produkci. Tato společnost vůbec poprvé použila systém pohybuující se výrobní linky. Továrna ve městě New Albany v Ohio vyráběla domy do všech amerických států a pracovala rychlostí 600 jednotek za měsíc. Zakladatel společnosti, Foster Gunnison, získal v roce 1938 patent pro svůj systém konstrukce. Byl speciálně navržen tak, aby jej bylo možné použít pro výrobu domů jakékoliv velikosti a půdorysu a mohl být snadno postaven z panelů standardizovaných rozměrů. Čtyři detaily na obrázku č. 11 ukazují některé klíčové znaky, které tento systém měl. Panely byly dohromady spíše sešroubovány než slepeny. V meziprostoru rámu byla izolace a panely byly k základové desce také přišroubovány. Panely byly konstrukčně i finálně dokončené, spoje byly zališťovány a měly předinstalované výplně otvorů.^{32,33}



Obr. 11 – Gunnison Housing Corp. a její konstrukční systém (Zdroj: Instant House³³)

32. VOGLER, Andreas. *The House as a Product*. 11. vydání. Amsterdam : IOS Press BV, 2015. [196 s]. ISBN 978-1-61499-548-7. S. 15-16

33. Gunnison „Magic“ Homes. Instant House [online]. 2012-01-22 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z WWW: <<http://instanthouse.blogspot.com/2012/01/gunnison-magic-homes.html>>

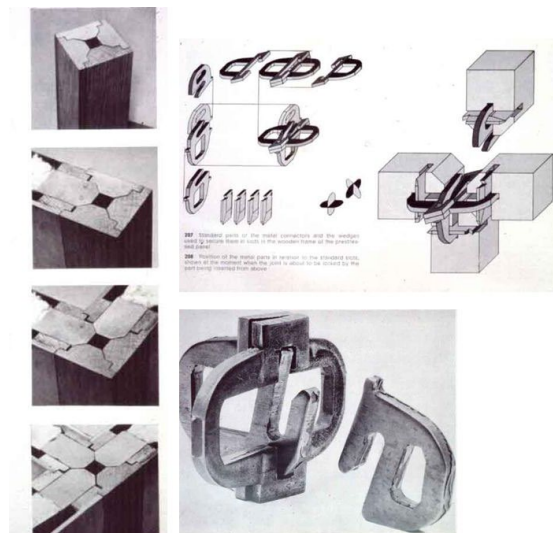
● Po roce 1945, USA, Evropa

Ačkoliv po druhé světové válce opět vzrostla poptávka po rychlé masivní znovuvýstavbě, mnoho společností v Německu se tohoto vývoje již neúčastnilo. Týkalo se to i zmiňované firmy Christoph & Unmack, která zprvu ještě byla činná v dřevařském průmyslu a vyráběla domy do SSSR, v rámci reparací. Nakonec však doplatila na kolaboraci s nacistickým režimem, resp. válečnou výstavbou armádních kasáren a -bohužel- koncentračních táborů (Buchenwald), k jejichž samotnému vzniku zneužívala nucených prací stovek vězněných lidí. V roce 1949 byla nastupujícím komunistickým režimem ve východním Německu ukončena její činnost, jakožto výrobce montovaných panelových domů. Použitelné stroje byly odevzdány v rámci reparací a firma byla nucena přeorientovat výrobu na železniční vozíky a vagony.³⁴

USA

Je však nutné zmínit, že architekt Konrad Wachsmann – spjatý s Christoph & Unmack – společně s architektem Walterem Gropiusem (*zakladatel nejslavnější architektonické školy Bauhaus ve Weimaru, pozn. autora*), kteří ještě před válkou emigrovali do USA, zde spolupracovali a ve Spojených státech dále zdokonalovali systémy prefabrikace panelových dřevostaveb. Již během války se jim podařilo získat finanční prostředky na první prototyp. Roku 1947 si nechali patentovat panelový systém s důmyslně promyšlenými spoji, zahrnujícími univerzální spojovací prostředek použitelný pro veškeré spoje.

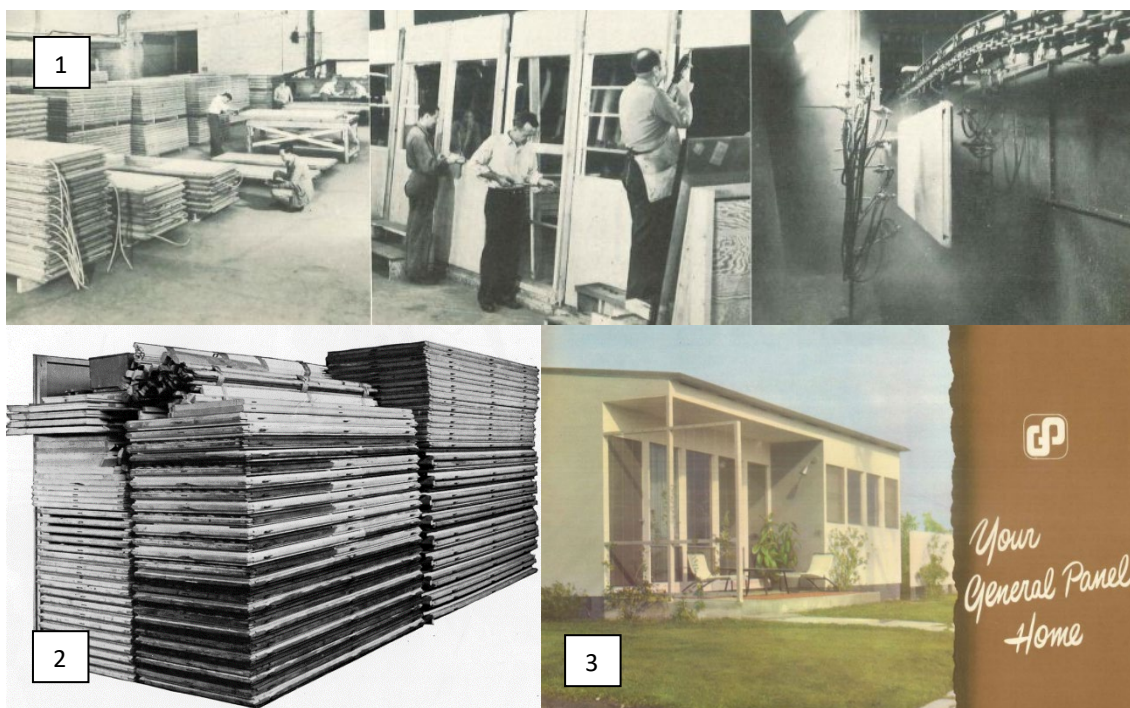
V tomto roce byla jejich vyspělá továrna General Panel v Kalifornii připravena produkovat 30 000 domů ročně, nicméně realita byla poněkud jiná. Počáteční investice zapříčinila finanční problémy, které se dále prohlubovaly. Za společností nestálo žádné průmyslové impérium a trpěla nedostatkem pracovní síly. Do konce roku 1948 postavila pouze 15 domů. V roce 1951 se firma dostala do likvidace, neprodala více než 200 domů a sen o průmyslově vyráběném domě se rozplynul.³⁵



Obr. 12 – Systém patentovaný General Panel Corp., 1947 (Zdroj: Google)

34. REINBOTH, Lutz. Firmenportrait: Die Fertighäuser von Niesky. *Dach-holzbau.de* [online]. 03/2018 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z WWW: <https://www.dach-holzbau.de/artikel/firmenportrait-die-fertighaeuser-von-niesky_3179290.html>

35. VOGLER, Andreas. *The House as a Product*. 11. vydání. Amsterdam : IOS Press BV, 2015. [196 s]. ISBN 978-1-61499-548-7. S. 15-16



Obr. 13 – General Panel Corp. 1 – výroba panelů v továrně, 2 – příprava na expedici, 3 – hotový dům (obálka katalogu firmy) (Zdroj: Your General Panel Home³⁶)

Přes nepopiratelný přínos prefabrikaci americké panelové dřevostavby – stejně jako sloupkové konstrukce stavěné na místě – nelze srovnávat s moderními domy, jaké se vyvinuly v Evropě. Co se technologie a použitých materiálů týče, srovnání je možné snad s tzv. „okály,“ které se stavěly u nás v 70. letech 20. stol. (viz dále).

Kultura amerického bydlení se od té evropské liší. Američané několikrát za život mění bydliště a dům je pro ně spotřebním zbožím, sloužícím zpravidla jedné generaci. Pořizovací náklady domu v USA nejsou tak finančně náročné, stejně jako jeho provoz. Bez nadsázky lze takový dům koupit v hobby marketu. Zjednodušeně lze říci, že kde americký vývoj skončil, tam evropský naopak začal.³⁷

Německo

Společností, které po válce ukončily činnost, bylo naštěstí spíše méně než více a tedy poválečná potřeba výstavby naopak napomohla rozkvětu průmyslové výroby panelových domů. Na trh přicházely moderní deskové konstrukční materiály, různé typy zvukových i tepelných izolací, spojovací prostředky a stavební chemie. Původní Døckerův panel s čepovanými spoji byl stále více nahrazován spojeními tzv. natupo.

36. General Panel Corp. *Your General Panel Home* [online]. Burbank, 1950s. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z WWW: <<https://archive.org/details/YourGeneralPanelHome/mode/2up>>

37. NERUŠIL, Josef. Americký sen o dřevostavbě. *Dřevostavitel.cz* [online]. 2018-06-04 [cit. 2020-11-22]. Dostupné z WWW: <<https://www.drevostavitel.cz/clanek/americka-drevostavba>>

Vývoj společností byl často velmi podobný. Většina z nich se vyvinula z tesařských a truhlářských rodinných firem s dlouhou tradicí. Příkladem jsou společnosti Biel ve Švýcarsku nebo OKAL v Německu. První panelový dům OKAL byl postaven v roce 1953. Sériová výroba typových domů začala roku 1959. Následovaly další, například společnost Weber v roce 1961 nebo Bien a Zenker (Německo, Rakousko) v letech 1962/1963.



Obr. 14 – OKAL, montáž a první smontovaný dům, 1953 (Zdroj: OKAL.de)

Od roku 1960 vedl stavební rozmach k dalšímu nárůstu poptávky po panelových domech, kdy si stále více lidí mohlo dovolit svůj vlastní dům. Tehdy byly montované domy považovány za levné – a někdy i podřadné a uniformní. Cenová dostupnost byla pozitivním důsledkem sériové výroby domů. Modely již nebyly prezentovány pouze v katalogích: v roce 1963 byla poblíž Hamburku v Quickbornu otevřena první výstava montovaných panelových domů.³⁸

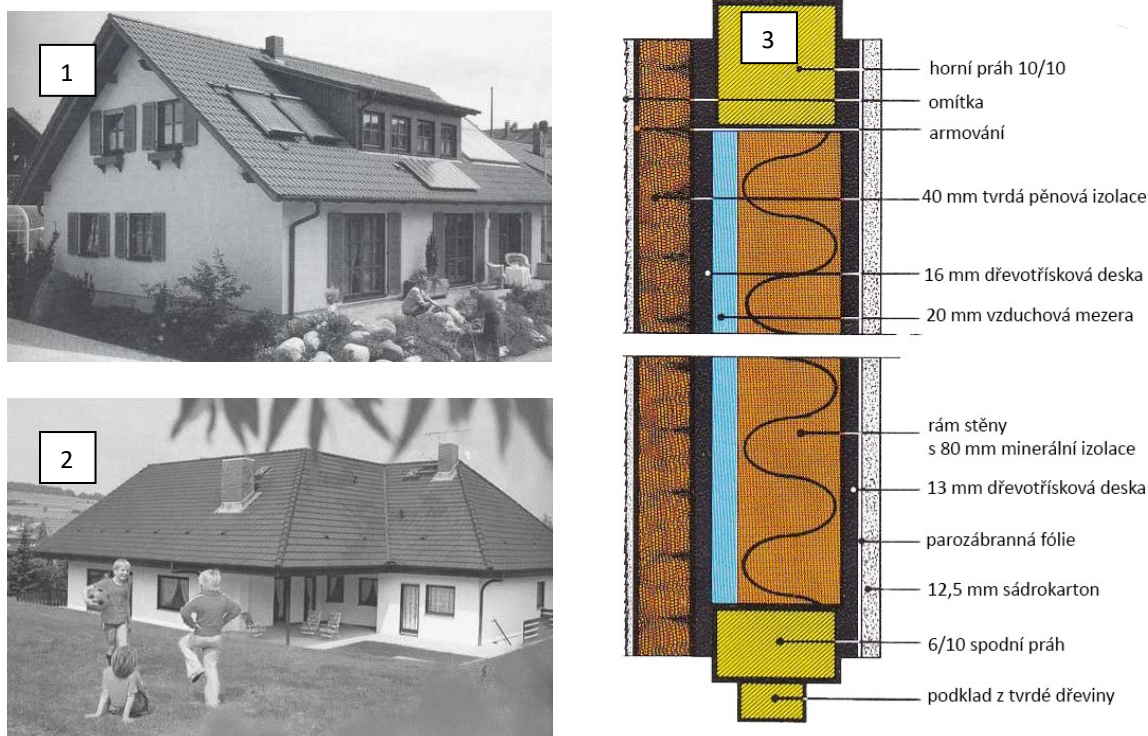
Kolem roku 1970 se stává OKAL největším evropským výrobcem panelových dřevostaveb, s produkcí přes 2 000 domů ročně. V té době ale také zažila dosud bezstarostná doba výstavby domů první překážky: ropná krize připomněla konečnost fosilních energetických zásob a pozastavila do té doby rostoucí výstavbu. Některé prefabrikované domy se ukázaly jako špatně izolované, což přispělo k jejich negativní pověsti. Směr vývoje určil trend „zelených“ budov. Průmysl montovaných domů reagoval zaváděním druhů vytápění založených na obnovitelných zdrojích a postupným zlepšováním izolace v domech. Dnes mnoho prefabrikovaných montovaných staveb naopak dosahuje špičkových hodnot v oblasti úspory energie.^{38,39}

Energeticky úsporný dům, technicky dlouhodobě udržitelný, se od této doby stal žádaným artiklem. Abychom nezmiňovali pouze kladné stránky, je nutno zmínit, že s postupným vývojem se objevovaly problémy, které dopředu nebyly známy. Ať už se jedná o materiály s obsahem škodlivých látek, či kondenzace vodních par.^{38,39}

38. Beispielhaus.de [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z WWW:
<https://www.beispielhaus.de/lexikon_geschichte-des-fertighausbaus.html>

39. VOGLER, Andreas. *The House as a Product*. 11. vydání. Amsterdam : IOS Press BV, 2015. [196 s]. ISBN 978-1-61499-548-7. S. 25

Ani pověstná německá preciznost nic nezmohla s nebezpečím, které vznikalo při použití např. azbestocementových desek, uvolňování zdraví škodlivých látek z použitých prostředků na ochranu dřeva či lepidel. Do určité doby byly tyto materiály přímo předepisovány normami. Na mysl přichází paradoxní situace, kdy bylo možné v 70. letech výrobce žalovat, že nepoužil žádný azbestový materiál (jak mu předepisovala norma), zatímco dnes by situace byla opačná, kdy bychom jej žalovali pro použití materiálu, který je prokazatelně karcinogenní. Bohužel vývoj přináší i nové problémy, které se však postupným poznáním musely eliminovat.⁴⁰



Obr. 15 – 1,2 – Panelové domy 80.let, 3 – Stěna KEWO Haus, 1983 (Zdroj: Google)

V 80. letech došlo také k větší individualizaci výstavby panelových domů. Jednotvárný prefabrikovaný dům byl nahrazován stále složitějšími modely s možností vlastního designu. Průmysl se do jisté míry zbavil obrazu „levné výstavby“ a zahájil kvalitní ofenzívu. To vyvrcholilo založením sdružení kvality pro německou prefabrikovanou konstrukci (QDF) iniciovaného předními výrobci. Požadavky na kvalitu budovy jsou zaneseny ve stanovách, které jsou závazné pro všechny členy komunity kvality. Možnosti úspory energie byly stále žádané, nyní také nezbytné prostřednictvím odpovídajících vyhlášek. První montované domy byly vybaveny fotovoltaickými systémy již v roce 1986.³⁹

39. VOGLER, Andreas. *The House as a Product*. 11. vydání. Amsterdam : IOS Press BV, 2015. [196 s]. ISBN 978-1-61499-548-7. S. 25

40. WOLBRING, Wolfgang. Sind „gebrauchte“ Fertighäuser problematisch? *Fertighaus.de* [online]. 2018-12-25 [cit. 2020-11-22]. Dostupné z WWW: <<https://www.fertighaus.de/ratgeber/gesetze-versicherungen/sind-gebrauchte-fertighaeuser-problematisch/>>

Československo

Po skončení války a zejména po roce 1948 docházelo napříč hospodářstvím k znárodnování. To se samozřejmě nevyhnulo ani dřevařskému průmyslu, který sdružil roku 1965 podniky do výrobně hospodářské jednotky Dřevařský průmysl Praha (VHJ DP Praha), která zastřešovala i výrobu dřevostaveb. Panelové dřevostavby u nás byly charakteristické sčepovaným nebo sbíjeným rámem, který byl z jedné strany (nebo obou) pobit prkenným bedněním/palubkami, a z obou stran opláštěn azbestocementovou deskou. Výplň panelů buď chyběla, nebo se používala ta, která byla dostupná – měkké dřevovláknité desky nebo likusové desky z kukuřičných oklasků. Pokročilejší typy izolací – na bázi skla a čediče a výroba dřevotřískových desek přišly v druhé pol. 60. let. Rozmanitost staveb byla značná, od stájí, hal, ubytoven přes prodejny, chaty, školy po samozřejmě bytové a rodinné domy. Výrobou právě rodinných domů se zabývalo více závodů v rámci VHJ DP Praha a Rudné doly Jeseník v Rýmařově. Používané konstrukční systémy 70.-80. let byly však tři:

- 1) **Systém TL** – inspirovaný výrobou dřevostaveb ve Finsku, vyráběný Středočeskými dřevařskými závody
- 2) **Stavební soustava STAMO** – vyvinuta VVÚD Praha (Výzkumný a vývojový ústav dřevařský)
- 3) **Licence OKAL, Otto Kreinbaum** – zakoupená Rudnými doly Jeseník od SRN

SYSTÉM TL: Nosnou konstrukci panelů tvořily válcované I profily, které tvořily dohromady panel 1200 x 2600 mm, tl. 110 mm. Samotný rám byl dřevěný a byl opláštěn dřevotřískovými deskami (DTD) tl. 17 mm. Výplň tvořila izolace ze skelných nebo čedičových vláken o tl. 80 mm. Pod interiérovou DTD byla parozábrana z PE fólie. Z vnější strany byla azbestocementová deska tl. 8 mm na dřevěném roštu. Vnitřní panely tl. 70 mm byly bez izolace. Pro spojení panelů byla po obvodu drážka tvořená přesahem DTD, spojení panelů mezi sebou bylo realizováno na vložené smrkové pero. Rodinných domů bylo několik typů: TL 40, TL 60 a TL 70.⁴¹



Obr. 16 – Řadové domy TL 70 včetně projektu (Zdroj: Liška, 2012⁴¹)

41. LIŠKA, Luděk. Panelové dřevostavby v reálném socialismu. *Tepelná ochrana budov* [online]. 2012, 5/2012 [cit. 2020-11-24]. Dostupné z WWW: <http://www.lightbuilding.cz/data/cs/mod_novinky/5/files/panelov_devostavby_v_obdob_relnho_socialismu.pdf>

STAVEBNÍ SOUSTAVA STAMO: Tento systém na jako státní úkol vyvinul VVÚD Praha a vychází z konstrukce Døckerova panelu. Hlavním výrobcem byl závod Severočeské dřevařské závody Černousy – pokračovatel původní továrny Christoph & Unmack. Panel s dřevěným rámem měl sčepované rohové spoje a měl rozměr 1200 x 2600 mm a tl. 100 mm. Vodorovné vlysy měly polodrážku, do které se z interiéru sponkovalo bednění tl. 20 mm. Vnitřní obklad tvořila azbestocementová deska tl. 7 mm, vnější tl. 3,2 mm, na stavbě dokončené provětrávanou fasádou z roštu a další azbestocementové desky. Výplň tvořila vláknitá izolace na bázi skla nebo čediče tl. 70 mm. Vnitřní příčky byly obdobné, ovšem bez izolace, s oboustranným bedněním a pláštěm tl. 5 mm. Soustava STAMO měla velký počet typových panelů pro podlahy, stropy, apod., ovšem dodávka zahrnovala pouze hrubou stavbu, dokončovací práce byly na straně investora. Typů domů bylo několik: STAMO 61, STAMO 81 či STAMO 850/860 a do roku 1989 závod produkoval 200-250 domů ročně.⁴¹



Obr. 17 – Dobové prospekty a rodinný dům systému STAMO (Zdroj: Liška, 2012⁴¹)

LICENCE OKAL: Všechny závody spadající pod VHJ DP Praha byly historicky spjaty s předválečnou dřevařskou výrobou a šlo tedy i o využití stávajících výrobních kapacit. Netýkalo se to však společnosti Rudné doly Jeseník. Uzavírání dolů předznamenovalo rozhodnutí vybudovat továrnu na montované domy a zaměstnat tak propouštěné zaměstnance. V rámci vypsání architektonické soutěže byla vybrána a zakoupena licence na výrobní a montážní systém a projektovou dokumentaci několika vybraných typů domů systému OKAL – Otto Kreinbaum. Rozdíl mezi systémy spočíval ve stupni prefabrikace. Na rozdíl od maloplošných panelů systému TL a STAMO byl OKAL založen na velkoplošném panelu, který byl dokončen ještě ve výrobě, což významně urychlovalo montáž a dokončení, které u OKALU na klíč probíhalo v řádu dnů. Nejznámější typy domů byly řadový dům OKAL 78/28, domy s využitelným podkrovím OKAL 118/38 a OKAL 104/38.⁴¹

41. LIŠKA, Luděk. Panelové dřevostavby v reálném socialismu. *Tepelná ochrana budov* [online]. 2012, 5/2012 [cit. 2020-11-24]. Dostupné z WWW: <http://www.lightbuilding.cz/data/cs/mod_novinky/5/files/panelov_devostavby_v_obdob_relnho_socialismu.pdf>

Bydlení v tzv. okálech se jevílo jako atraktivní dostupná alternativa k panelovému sídlišti – tedy relativně, jelikož se na tyto domy vypisovaly pořadníky. Bohužel konstrukční nedostatky a použití nevhodných materiálů vedly k nevalné pověsti těchto domů. Nutno podotknout, že kvalita výroby odpovídala době, ve které byla realizována. Často nekvalifikovaná výroba i montáž, způsobená nedostatkem pracovníků, vedla k provádění mnoha staveb tzv. brigádnicky, což s sebou samozřejmě neslo chyby. Materiálová základna neumožňovala bezspárové provedení jak fasády, tak interiéru. Chybělo dodatečné fasádní zateplení, sádkartonové desky neexistovaly, spoje interiérových dřevotřískových desek byly přetapetovány, zalištovány nebo byly natřeny latexem. Podlahy byly často poddimenzované a tak se často prohýbaly a přenášely nadměrně hluk.



Obr. 18 – Řadové domy OKAL 78/28 (Zdroj: Liška, 2012⁴¹)

Tyto negativní vlastnosti ovšem neplatily obecně pro každý jeden dům. Je faktem, že domy z této doby dodnes stojí, jsou rekonstruovány a obchodovány. Nicméně označení „okál“ se stalo synonymem pro všechny dřevostavby tohoto období a negativní pohled do určité míry ještě dnes rezonuje v povědomí obyvatel. Se špatnou pověstí socialistických dřevostaveb jsou často srovnávány i dnešní montované domy, byť od té doby vývoj jednoznačně pokročil.^{41,42}

41. LIŠKA, Luděk. Panelové dřevostavby v reálném socialismu. *Tepelná ochrana budov* [online]. 2012, 5/2012 [cit. 2020-11-24]. Dostupné z WWW: <http://www.lightbuilding.cz/data/cs/mod_novinky/5/files/panelov_devostavby_v_obdob_relnho_socialismu.pdf>

42. NERUŠIL, Josef. Co nám daly a vzaly okály. *Dřevostavitel.cz* [online]. 2012-05-02 [cit. 2020-11-25]. Dostupné z WWW: <<https://www.drevostavitel.cz/clanek/americka-drevostavba>>

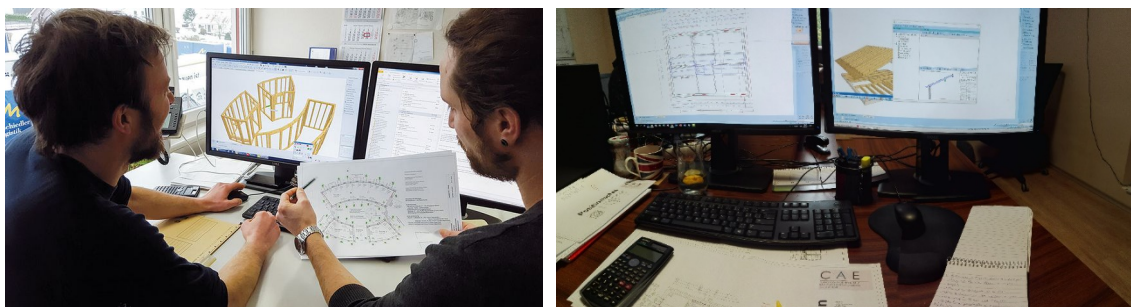
● 90. léta - současnost

Evropa: Po pádu totalitních režimů napříč Evropou v 90. letech vznikla nová silná poptávka po obytných prostorech z panelových domů. Stavění dřevostaveb obecně bylo stimulováno ekologií, udržitelným vývojem, nižším dopadem výroby materiálů na životní prostředí, apod. Společnosti spolupracují s architekty na atraktivním vzhledu domů, klientům více umožňují individuální plánování. Vývoj ve výpočetní technice umožňuje efektivní projekci prostřednictvím CAD a CAM rýsovacích softwarů, optimalizace ve výrobě je pak dosahováno vývojem a neustálým zdokonalováním výrobních technologií, jako např. CNC obráběcích center, multifunkčních obráběcích mostů, překlápěcích montážních stolů apod. Stejně tak je definován vývoj materiálů, izolací s lepšími tepelně-technickými vlastnostmi apod. Dnešní společnosti staví na renomé, dlouholeté tradici a přidanou hodnotou, kterou může nabídnout zákazníkům. Investor si může vybrat mezi mnoha různými dodavateli a stupni dokončení. Možností je hrubá stavba bez dokončovacích prací, které si provádí sám zákazník (dodání jednostranně opláštěného rámu s fasádou, zákazník si může vyplnit panely izolací, provést parozábranu atp.). Ale klasický, takzvaný dům na klíč, je stále v poptávce, i když jeho stupeň je někdy definován výrobcem odlišně. Přestože mají prefabrikované domy v Evropě dlouholetou tradici vycházející z popsaného historického vývoje, úroveň prefabrikace se dle jednotlivých zemí liší. Vedoucími zeměmi jsou skandinávské země – kde je největším výrobcem společnost Älvsbyhus, po nich následují německy mluvící země – DFH Haus GmbH (který se vyvinul z firmy OKAL), Bien-Zenker GmbH, Elk Fertighaus GmbH, Haas Fertighaus GmbH - v Německu samotném je více než 200 výrobců, ale panelové dřevostavby mají své místo i ve Velké Británii (Space4 Ltd.), u nás i jinde v Evropě.⁴²

Česká republika: Po roce 1990 se u nás, i přes pokusy zachránit výrobu a přeorientovat se na západní trhy, výroba dřevostaveb nezachovala v žádném původním dřevařském podniku, s výjimkou závodu v Rýmařově. Ten včas zareagoval a zaměřil se na německý trh, modernizoval a přeorganizoval výrobu a roku 1993 byl privatizován. Soukromý podnik Rodinné Domky Rýmařov se postupem času vrací i na trh domácí. Dnes je největší český výrobce panelových dřevostaveb s produkcí přes 500 domů ročně a úspěšně exportuje i do jiných členských států EU – ovšem již jen z cca 20%. Na českém trhu fungují pobočky některých evropských výrobců, ale i ryze české, příkladem mohou být kromě RD Rýmařov s.r.o. také ATRIUM, s. r.o., ALFAHAUS s.r.o, či NEMA Dřevostavby s.r.o. Dohromady u nás vyrábí přes 40 společností.⁴³

42. LIŠKA, Luděk. Panelové dřevostavby v reálném socialismu. *Tepelná ochrana budov* [online]. 2012, 5/2012 [cit. 2020-11-24]. Dostupné z WWW: <http://www.lightbuilding.cz/data/cs/mod_novinky/5/files/panelov_devostavby_v_obdob_relnho_socialismu.pdf>

43. VOGLER, Andreas. *The House as a Product*. 11. vydání. Amsterdam : IOS Press BV, 2015. [196 s]. ISBN 978-1-61499-548-7. S. 25



Obr. 19 a 20 – Práce konstruktéra (Zdroj: Bien-Zenker.de, Ladislav, 2021)



Obr. 21 a 22 – Výroba stěnových a střešních panelů (Zdroj: FingerHaus.de)



Obr. 23 a 24 – Montáž na staveništi (Zdroj: renggli.swiss)



Obr. 25 a 26 – Dokončený dům (Zdroj: wohnglueck.de, loxone.com)

4.2 Skladba stěn

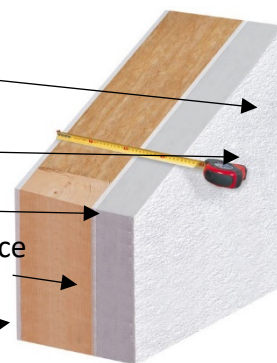
Pojátkem napříč všemi společnostmi je konstrukce, respektive skladba stěny, ve které nabízí vyhotovení domu. Ta je navrhována podle aktuálních požadavků a ve velké míře splňují požadavky pro energeticky úsporné stavby. Nutno říci, že kritéria pro rozdělení na nízkoenergetické, pasivní či nulové objekty přímo souvisí s mnoha faktory, jako je vytápění, systém větrání, koncepce domu jako takového – jeho orientace ke světovým stranám, plocha výplní otvorů a jejich tepelně-technické vlastnosti. Ovšem důležitým ukazatelem, který do jisté míry vypovídá o kvalitě použité izolace ve skladbě je součinitel prostupu tepla U , který výrobci ukazují jako referenční pro jejich používanou skladbu konstrukce. Dalším aspektem je difuze vodních par a z tohoto hlediska rozdělení, zda výrobce nabízí konstrukci difuzně otevřenou (použitím parozbrdy) či uzavřenou (použitím parozábrany).

Variant a provedení existuje obrovské množství, vnější povrchová úprava může být fasádní omítka nebo dřevěný obklad, lícové cihlové zdivo, vnitřní strana může a nemusí zahrnovat instalační předstěnu atp.

2 příklady typů z hlediska difuzně vodní páry, různí výrobci:

Difuzně uzavřená konstrukce (DUK) v tloušťce 33,6 cm a hodnotou $U = 0,133 \text{ W/m}^2\text{K}$ společnosti Bien-Zenker GmbH.

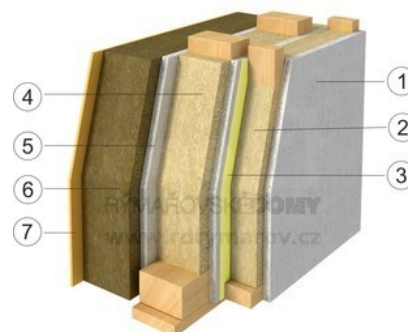
- Jemně strukturovaná omítka spojená org. pojivy
- Základní omítka s perlínkou
- 100 mm polystyrenová tepelná izolace
- 12,5 mm sádrovláknitá deska
- 200 mm dřevěný rám + minerální tepelná a zvuková izolace
- Parotěsná fólie
- 18 mm speciální nehořlavá SDK s dřevními a skelnými vlákny



Obr. 27 – Skladba stěny v DUK
(Zdroj: bien-zenker.de)

Difuzně otevřená konstrukce (DOK) v tloušťce 37 cm a hodnotou $U = 0,141 \text{ W/m}^2\text{K}$ společnosti RD Rýmařov s.r.o.

1. 15 mm sádrovláknitá deska
2. 40 mm předstěna s minerální tepelnou izolací
3. 13 mm sádrovláknitá deska s parozbrdou
4. 120 mm dřevěný rám + minerální tepelná a zvuková izolace
5. 15 mm sádrovláknitá deska
6. 2 x 80 mm minerální tepelná izolace
7. 7 mm difuzně otevřený fasádní systém



Obr. 28 – Skladba stěny v DOK
(Zdroj: rdrymarov.cz)

4.3 Porovnání se zděnou stavbou

+ Výhody panelové dřevostavby ve srovnání se zděnou stavbou

- Dřevo je příjemný, udržitelný a vizuálně atraktivní tradiční stavební materiál.
- Doba výstavby montovaného domu je obvykle kratší. Nejsou zde dlouhé doby schnutí malty, potěru, vnitřní omítky nebo betonu. Jakákoli dvojí zátěž (nájemné plus splátky hypotéky) trvající měsíce je z velké části eliminována, protože se můžete nastěhovat mnohem dříve.
- Konstrukce dřevěného rámu poskytuje velkou svobodu při plánování interiéru. Dělicí stěny lze tedy nakreslit téměř jakýmkoli způsobem, i poté. Velká okna nebo okna od podlahy ke stropu jsou také možná a zaplavují dům světlem.
- Nejen, že je použitý materiál levnější než obvyklé cihly. Vysoká rychlost montáže také šetří mnoho osobních nákladů.
- Vnitřní práce spojené se stavbou domu, například vnitřní vybavení, lze předem lépe plánovat než u masivní konstrukce. To umožňuje další úspory nákladů.
- Dřevo má dobré statické i dobré tepelně izolační vlastnosti. Také netvoří žádné tepelné mosty. Díky použitým materiálům a možnostem izolace v dutinách ve stěnách není energetická bilance o nic horší než u zděných domů a obvykle bez problémů dosáhne úrovně nízkoenergetického domu.

- Nevýhody panelové dřevostavby ve srovnání se zděnou stavbou

- Statická nosnost je menší. Rodinné domy v této konstrukci jsou proto omezeny na výšku do tří pater, přičemž nejvyšší patro lze přeměnit pouze na podkrovní byt. Montovaný dům ze dřeva je také výrazně méně odolný vůči bočním silám, jako jsou účinky větru z tornád.
- Dřevěné domy jsou mnohem citlivější na vlhkost než zdivo. Během fáze výstavby je nezbytná ochrana před srážkami a podzemními vodami. Při trvalém vystavení vlhkosti se šíří houby, plísně a rozkládající se bakterie, které ohrožují nejen statiku domu, ale i zdraví obyvatel. Během srážek musí být plášť budovy chráněn, například plachtou. Izolace a utěsnění musí být provedeno přesně. Stručně řečeno, tato ochranná opatření jsou složitější než u pevné konstrukce, stejně jako snaha o údržbu a péči.⁴⁴

44. BOLTA, Eva. Holzständerbauweise: Besser oder schlechter als Massivbau? *DasHaus.de* [online]. [cit. 2020-12-02]. Dostupné z WWW: <<https://www.haus.de/bauen/holzstaenderbauweise-besser-oder-schlechter-als-massivbau>>

- Výměna vzduchu a vlhkosti mezi vnitřním vzduchem a zdivem je vyloučena. Výsledkem je, že vzduch v dřevěných domech je obecně sušší.
- Zvuková izolace je nižší, zejména u starších budov.
- Kratší životnost: V počátcích montovaných dřevěných domů v 50. a 60. letech byly považovány za zralé k demolici po 25 až 30 letech. Nyní se očekává doba trvání 60 až 80 let, u zděných domů se předpokládá doba 80 až 100 let. S nejnovějším vývojem se udává, že životnost vysoce kvalitního dřevěného domu dosáhla 100 let - ale to je ještě třeba prokázat.⁴⁴
- Požární ochrana: Materiály jsou impregnovány ve výrobním závodě, má to však pouze retardační (zpomalovací) účinek. I částečně spálený a uhašený dřevěný dům bude pravděpodobně muset být zbourán. Ale nutno říci, že dřevěný dům není vystaven většímu riziku požáru než zděný dům.
- Hodnota dalšího prodeje je nižší než u zděného domu.⁴⁴

4.4 Porovnání se sloupkovou dřevostavbou realizovanou na místě

Přístupnost staveniště

Pro těžce přístupný pozemek není vhodné volit panelovou montáž a to právě z důvodu nutnosti těžké mechanizace (jeřáb) a přepravy velkých dílců (kamion). V tomto případě je lepší volit staveništní montáž, kde je možnost překládky materiálu na menší dopravní prostředky, které se na stavbu bez problémů dostanou a je zde také možnost ruční manipulace.

Řízená kontrola produkce

Z hlediska logistiky řízení stavby je jednodušší panelová montáž, protože nevznikají problémy s uskladněním dovezeného materiálu. U staveništní montáže je třeba dbát na důkladnou ochranu materiálu uskladněného na stavbě proti škůdcům a povětrnostním vlivům.

Kontrolovatelnost výroby/produktu (klientem)

Panelová montáž probíhá v krytých halách v sídle firmy, které je často daleko od místa samotné realizace. Je obtížně řešitelná kontrola jednotlivých komponentů klientem. U staveništní montáže je možná průběžná kontrolovatelnost postupu prací na stavbě, například kontrola kvality použitých materiálů.

44. BOLTA, Eva. Holzständerbauweise: Besser oder schlechter als Massivbau? *DasHaus.de* [online]. [cit. 2020-12-02]. Dostupné z WWW: <<https://www.haus.de/bauen/holzstaenderbauweise-besser-oder-schlechter-als-massivbau>>

Rychlost výstavby

Panelová montáž je rychlejší než staveništní. Je méně závislá na počasí, protože valná část domu je již sestavena ve výrobní hale.

Flexibilita vůči individuálním požadavkům zákazníka

Prefabrikace je stavěná spíše na sériovou výrobu, proto jakékoli atypické řešení či architektonická náročnost přináší razantnější nárůst ceny. Oproti tomu staveništní montáž nabízí velkou míru flexibility a možnost reagovat na individuální požadavky klienta i na měnící se požadavky trhu.

Přizpůsobivost na změny během výroby

Vysoký stupeň prefabrikace téměř znemožňuje provádění konstrukčních změn hotových panelů. Od investora se vyžaduje rozhodnutí o přesném umístění zařizovacích předmětů domu již ve fázi projektového zpracování. U staveništní montáže samozřejmě změny v nosné konstrukci nejsou žádoucí, ale jsou možné. Také zde investor může změnit umístění rozvodů instalací až po dokončení fáze hrubé stavby.⁴⁴

„Oba postupy mají své pro a proti, ale cíl by měl být v obou případech stejný. O kvalitě objektu rozhoduje především technická a organizační vyspělost firmy. Porovnávat panelovou a staveništní montáž produkce dřevostaveb znamená porovnávat pouze velice malou část celého procesu a neměly by být proto stavěny proti sobě. V obou případech je možné setkat se s dobrou kvalitou, stejně tak jako s horší.“⁴⁵

44. BOLTA, Eva. Holzständerbauweise: Besser oder schlechter als Massivbau? *DasHaus.de* [online]. [cit. 2020-12-02]. Dostupné z WWW: <<https://www.haus.de/bauen/holzstaenderbauweise-besser-oder-schlechter-als-massivbau>>

45. MeziStromy.cz [online]. [cit. 2020-12-02]. Dostupné z WWW: <https://www.mezistromy.cz/drevostavby/stavenistni-a-panelova-vyroba-drevostaveb/odborny>

5 Charakteristika požadavků investora na stavbu

Investor, jakožto jeden z hlavních účastníků výstavby, je stěžejní řídicí článek, jelikož budoucí stavba bude naplněním jeho záměru, do kterého investuje své finanční prostředky. Proto je třeba charakterizovat jeho konkrétní požadavky a v návrhu domu je reflektovat. Jedině tak splní stavba svůj účel. Potencionálním investorem je mladý manželský pár, který se v budoucnu rozroste o 1-2 děti. Investor se rozhodl pro novostavbu rodinného domu, konkrétně panelové dřevostavby. Zamýšlí užívání domu k celoročnímu bydlení, na konkrétním pozemku ve městě Vyšší Brod v Jihočeském kraji. Bližší specifikace je následující:

OBECNĚ:

- Investor má zájem o pasivní dům s odpovídajícími hodnotami, který nebude muset aktivně vytápět např. kotlem na tuhá paliva.
- Investor upřednostňuje rychlost výstavby na úkor potřebného delšího času přípravy.

KONSTRUKCE:

- Investor má zájem o realizaci dvoupodlažní panelové dřevostavby z dřevěného rámu, jakožto nejstaršího typu panelových dřevostaveb s nejširší nabídkou zkušených dodavatelů na trhu.
- Investor nemá jasnou představu o variantě difuzní otevřenosti/uzavřenosti. Tím je rozhodovací proces přenechán plně projektantovi.
- Investor upřednostňuje zastřešení objektu sedlovou střechou, s částečnými přesahy na štítu i okapu. Tento typ zastřešení je nejčastější v okolní zástavbě.

EXTERIÉR:

- Investor volí kombinaci bílé barvy fasády s černou barvou krytiny – stejně jako v okolní zástavbě. Fasáda by měla být jednoduchá, moderní, bez příliš velkých prosklených ploch.
- Investor nepožaduje samostatnou stavbu garáže, z tohoto důvodu by ocenil možnost parkování před domem, s možností pozdější stavby garážového stání
- Investor požaduje možnost stavby terasy s ohledem na připojení k domu, která dům propojí s prostorným pozemkem.

INTERIÉR:

- Investor s ohledem na současnou pandemickou situaci požaduje samostatnou pracovnu, pro možnost práce z domova.
- Investor je příznivcem společné kuchyně, jídelny a obývacího pokoje, ze kterých by měl rád výhled do zahrady. V druhém patře požaduje obytné místnosti, včetně ložnice a samostatných pokojů pro obě děti.

6 Vlastní návrh dřevostavby panelové konstrukce

6.1 Urbanistické, architektonické a stavebně technické řešení

Základní údaje:

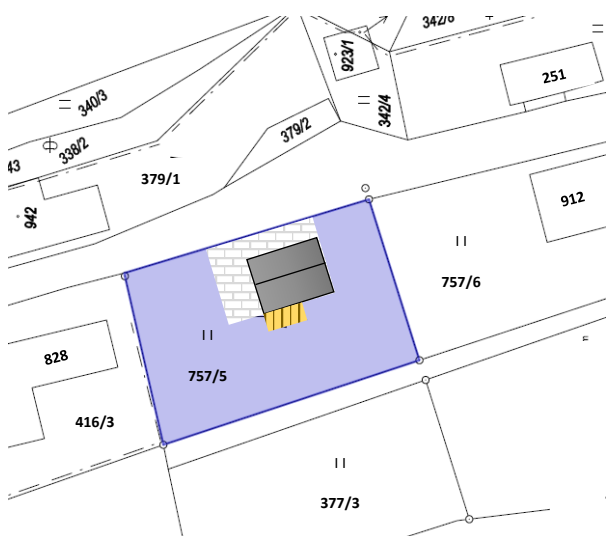
Novostavba rodinného domu je navržena jako panelová dřevostavba rámové konstrukce pro celoroční bydlení čtyřčlenné rodiny. Dům je dvoupodlažní a nepodsklepený, obdélníkového půdorysu o rozměrech 9,97 x 8,72 m, bez výrazných architektonických prvků. Typem zastřešení je sedlová střecha se sklonem 25°.

Charakteristika stavebního území:

Dům je umístěn na stavební parcele č. 757/5 v ulici Lidická, obci Vyšší Brod, v Jihočeském kraji. Výměra pozemku činí 931 m², zastavěná plocha domu je 87 m². Pozemek je tedy zastavěn z 9,4 %. Vjezd na pozemek je umožněn z ulice, bez nutnosti příjezdové cesty. Pozemek je rovný bez výrazných rozdílů ve sklonu svahu. Oplocení pozemku je v režii investora. Napojení na inženýrské sítě je možné přímo pod komunikací, kde jsou vedeny jak elektrické sítě NN, tak vodovodní a kanalizační řad.

Urbanistické řešení:

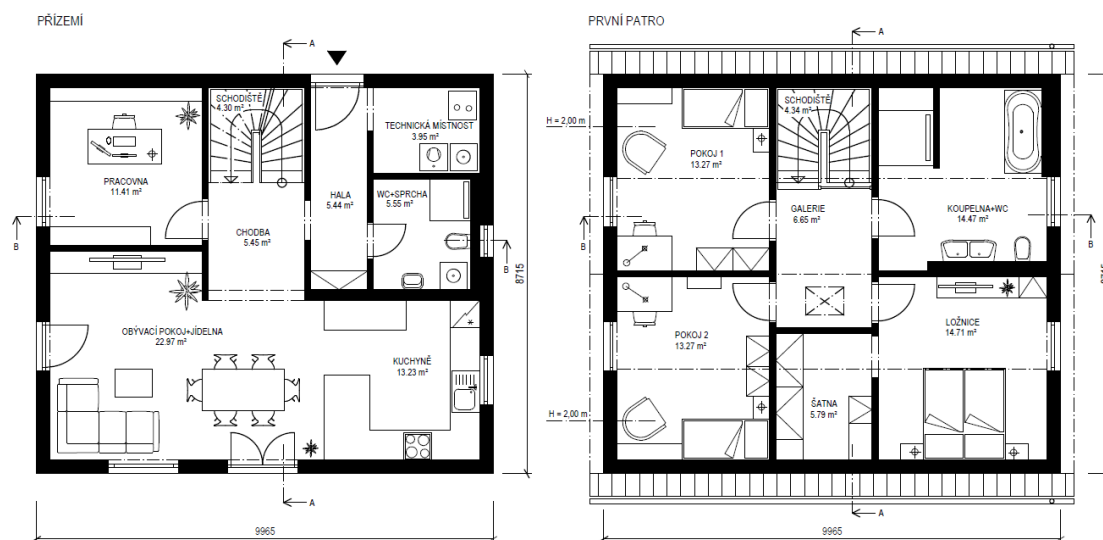
Dům je situován v obytné zóně obce. Budova je umístěna v části blíže ke komunikaci, což umožňuje volný prostor pozemku za domem a zároveň možnost parkování přímo před domem. Příjezd i vstup pro pěší je umožněn přímo z ulice. Dům je svou podélnou osou rovnoběžný s osou komunikace a jeho vstup je orientován k severozápadní světové straně.



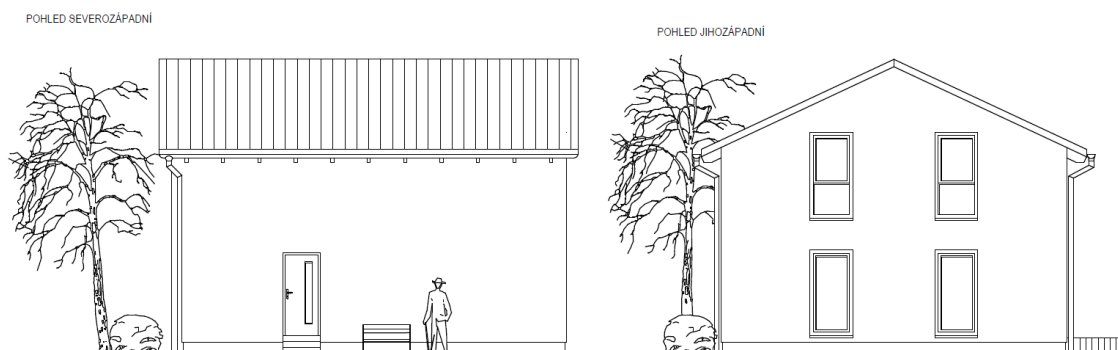
Obr. 29 – Katastrální mapa s vyznačením záměru (Zdroj: Ladislav, 2021, ČUZK, Mapy.cz)

Architektonické a dispoziční řešení:

Budova je nepodsklepená, dvoupodlažní, obdélníkového půdorysu. Zastřešením je sedlová střecha se sklonem 25°. Svým architektonickým působením je v souladu s okolní zástavbou a nijak z ní nevyčlívá. Budova je bez zádveří, které je nahrazeno zastřešením nad vchodovými dveřmi. Po vstupu do domu se dostaneme do haly, ze které je přístup do technické místnosti, která zajišťuje technický chod domu. Dále vstupujeme do koupelny, jejíž součástí je WC a sprcha. Na halu navazuje chodba, která umožňuje přístup do pracovny, je otevřená do prostor obývacího pokoje s jídelnou a kuchyní. Z tohoto prostoru lze vycházet na terasu a je z něj umožněn výhled do zahrady. Chodba umožňuje vystoupat po schodišti do druhého nadzemního podlaží. Toto podlaží je klidovou zónou, kde jsou z galerie přístupné všechny místnosti – tedy 2 dětské pokoje, samostatná koupelna s WC a ložnice s vlastní šatnou. Z galerie je umožněn výlez do nevytápěného podkroví, které slouží k revizním účelům a případnému uskladnění lehčích věcí uživatelů. Dispozice je navržena s ohledem na orientaci ke světovým stranám, kdy jsou společenské a klidové zóny (případně jejich okna) směřovány k jižní straně, zatímco doplňkové zóny (hygienické uzly, komunikační prostory) jsou směřovány k severní straně. Způsob návrhu dispozic je obsahem kapitoly 9 – *Metodika*.



Obr. 30 – Studie objektu (Zdroj: Ladislav, 2021)



Obr. 31 – Pohledy na objekt (Zdroj: Ladislav, 2021)

Stavební a konstrukční řešení:

Konstrukčním systémem domu je dřevěný panel složený z rámu – horních a spodních vodorovných prahů, nadpraží a svislých sloupků. Krov domu je vaznicový s uložením krokví na panel stropu 2. NP, jehož součástí jsou středové vaznice. Obvodové stěny jsou vyplněny minerální tepelnou izolací a oboustranně opláštěné SVD deskami. Fasádu tvoří kontaktní zateplovací systém z polystyrenových desek. Vnitřní stěny jsou vyplněny akustickou tepelnou izolací a oboustranně opláštěny SVD deskami.

Z hlediska difuze vodních par byla zvolena difuzně uzavřená konstrukce (DUK). To znamená, že difuzi vodní páry je zabráněno, resp. její vstup do konstrukce není umožněn. Tomuto jevu je zamezeno pomocí parozábranné fólie na rozhraní vrstev vnitřního opláštění a tepelné izolace. Toto řešení je svým způsobem jednodušší, ovšem musí být zabezpečena správná funkce a dbát na správně provedení. Z hlediska ceny je toto řešení obvykle levnější než difuzně otevřená konstrukce (DOK).⁴⁶ Podrobnější informace viz. část 6.3 – *Obvodové stěny* a 6.4 – *Vnitřní stěny* v této kapitole.

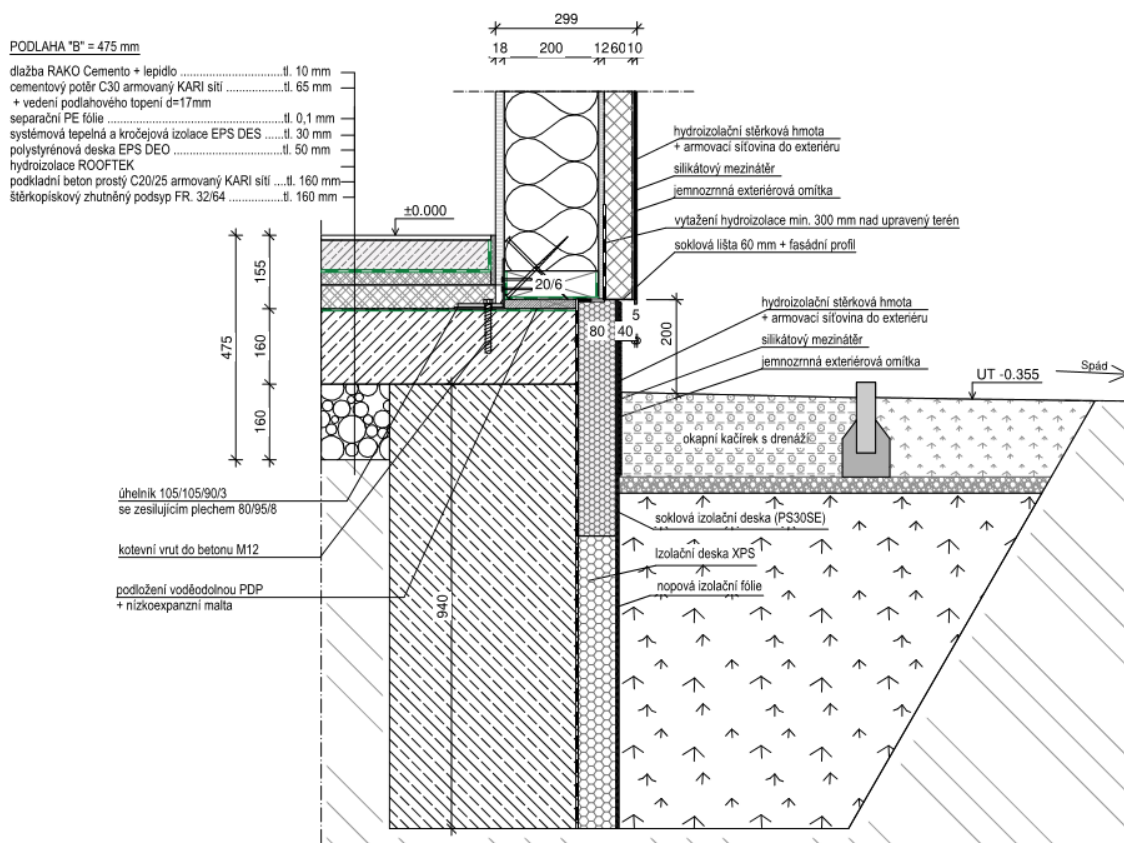
Kapacita ploch a prostor:

Zastavěná plocha domu:	87,0 m ²
Užitná plocha domu:	140,5 m ²
Obytná plocha domu:	75,6 m ²

46. RŮŽIČKA, Martin; *Moderní dřevostavba*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2014. 160 s. ISBN 978-80-247-3298-5. S. 115

6.2 Založení stavby

Nepodsklepený objekt je založený na základových pasech. Těm předchází terénní úpravy, jako je sejmutí ornice a výkopy rýh mechanizační technikou, a to do nezámrazné hloubky 900 m pod úroveň upraveného terénu. Ornice je po dobu stavby ponechána na skládce na pozemku, aby mohla být použita k finální úpravě terénu na závěr stavby. Šířka těchto základových pasů je 400 mm. Základové pasy jsou vylity z prostého betonu třídy C60/20, pod všemi nosnými obvodovými i vnitřními stěnami, kde sahají do dostačující hloubky 0,65 m. Vzniklý prostor je vyplněn zhutněnou zeminou a štěrkopískovým zhutněným podsypem tloušťky 160 mm a frakce 32/64. Na vrstvu štěrku následuje vrstva podkladního betonu třídy C20/25 a tloušťky 160 mm, který je armován KARI sítí. Podkladní beton je opatřen vrstvou izolace proti vlhkosti a radonu ROOFTEK. Z vnější strany, tzv. soklu jsou základové pasy opatřeny extrudovaným polystyrenem XPS tloušťky 80 mm, který vede až k základové spáře. Jeho funkcí je i oddělení upravené zeminy od základových pasů. Na sokl navazuje souvrství okapního kačírku s drenáží a zakončuje jej obrubník.



Obr. 32 – Detail založení (Zdroj: Ladislav, 2021)

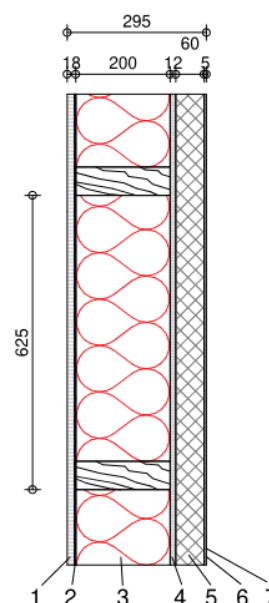
6.3 Obvodové stěny

Obvodové stěny jsou tvořeny nosnou konstrukcí ze smrkových KVH hranolů o průřezu 6/20 cm v roztečích 625 mm. Podle požadavku mohou být i 10/20 cm, např. podle statického výpočtu pod nadokenními překlady apod. Rozteč 625 mm je dána rozměry opláštění. Spodní vodorovný práh tvoří KVH 20/6 cm, horní vodorovný práh tvoří KVH 20/10 cm, které dle délky může nahradit nadokenní překlady (dle statického posouzení). Prahy a sloupky jsou vzájemně spojeny pomocí vlnovců a pod úhlem 45° propojeny dvěma celozávitovými vruty. Prostor mezi sloupky je vyplněn minerální tepelnou izolací Isover MULTIMAX 30 v tloušťce 200 mm. Směrem do interiérové strany je panel opatřen parotěsnou fólií Isover Vario KM Duplex. Dřevěný rám je oboustranně opláštěn sádrovláknitými deskami Fermacell, který je ke sloupkům přisponkován. Z vnější strany je použit typ Powerpanel HD tl. 12,5 mm, který má hydrofobizační vlastnosti. Na něj je přikotven fasádní polystyren Isover EPS Greywall tl. 60 mm, který je zakončen lepicí stěrkou a finální fasádní omítkou Baunit SilikonTop. Z interiérové strany je použita standardní SVD deska Fermacell tl. 18 mm, která je přetmelena a přebroušena. Vnitřní povrch je při použití SVD drsnější než použití sádrokartonu, tato vlastnost je však „vykoupena“ větší únosností. Opláštění stěny funguje zároveň jako ztužující zavětrovací prvek.

Celková tloušťka stěny činí 296 mm. Panel by měl být před transportem na stavbu finálně dokončen včetně omítek. Instalace v obvodových stěnách nejsou realizovány z hlediska možné havárie a obtížné opravy. Panely musí být vyrobeny v odpovídajících délkách vhodných pro transport. Na staveništi jsou pomocí mobilního jeřábu stěny postaveny na připravené podložení překližkami, podmaltovány nízkoexpanzní maltou a pomocí kotevních úhelníků (chycených také k sloupkům) provrutovány k podkladní betonové desce kotevními šrouby do betonu. Panely jsou v rozích vzájemně prolepeny v parozábranné vrstvě a spojeny vruty s šestihrannou hlavou. (Spojení viz. Příloha I. - Výkresová dokumentace – Detail A, B).

Tab. 3 – Skladba obvodové stěny (Zdroj: Ladislav, 2021)

č.	Název vrstvy (směrem od interiéru)	Tloušťka vrstvy <i>d</i> [m]
1	SVD Fermacell	0,018
2	PE fólie Isover Vario KM Duplex UV	0,002
3	ISOVER Multimax 30/ sloupky 6/20	0,200
4	SVD Fermacell Powerpanel HD	0,013
5	ISOVER EPS GreyWall	0,060
6	Základní omítk	0,003
7	BAUMIT SilikonTop	0,003



Obr. 33 – Skladba obvodové stěny (Zdroj: Ladislav, 2021)

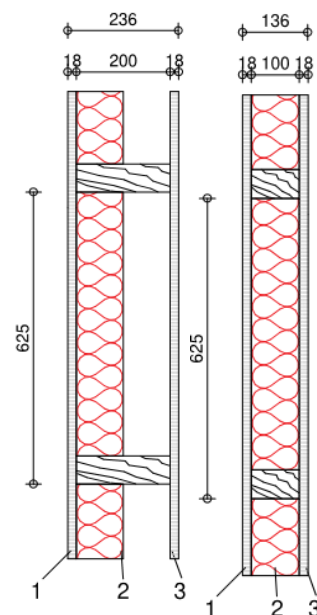
6.4 Vnitřní stěny

Vnitřní stěny jsou dvou typů – širší a užší. Obě jsou tvořeny nosnou konstrukcí ze smrkových KVH hranolů o průřezu 6/20 cm, v případě užší stěny 6/10 cm v roztečích 625 mm. Podle požadavku mohou být i 10/20 cm, resp. 10/10, např. podle statického výpočtu pod nadedveřními překlady apod. Rozteč 625 mm je dána rozměry opláštění. Spodní vodorovný práh tvoří KVH 20/6 cm, resp. 10/6 cm, horní vodorovný práh tvoří KVH 20/10 cm, resp. 10/10 cm, které dle délky může nahradit nadedveřní překlady (dle statického posouzení). Prahy a sloupky jsou vzájemně spojeny pomocí vlnovců a pod úhlem 45° propojeny dvěma celozávitovými vruty. Prostor mezi sloupky je vyplněn minerální tepelnou izolací Isover AKU v tloušťce 100 mm. Dřevěný rám je oboustranně opláštěn sádrovláknitými deskami Fermacell tl. 18 mm, která je ke sloupkům přisponkována, finálně přetmelena a přebroušena. Vnitřní povrch je při použití SVD drsnější než použití sádrokartonu, tato vlastnost je však „vykoupena“ větší únosností. Opláštění stěny funguje zároveň jako ztužující zavětrovací prvek.

Celková tloušťka stěny činí 236 mm, resp. 136 mm. Panel by měl být před transportem na stavbu finálně dokončen včetně přetmelení a instalací. Instalace jsou součástí pouze příček z hlediska možné opravy v případě havárie. Panely musí být vyrobeny v odpovídajících délkách vhodných pro transport. Na staveništi jsou pomocí mobilního jeřábu stěny postaveny na připravené podložení překližkami, podmaltovány nízkoexpanzní maltou a pomocí kotevnicích úhelníků (chycených také k sloupkům) provrutovány k podkladní betonové desce kotevními šrouby do betonu, v případě stěn v 1. NP pak pomocí vrutů provrutovány do stropních trámů. Panely jsou v rozích vzájemně spojeny vruty s šestihrannou hlavou. (Spojení viz *Příloha I. - Výkresová dokumentace – Detail C, D, E*).

Tab. 4 – Skladba vnitřní stěny (Zdroj: Ladislav, 2021)

č.	Název vrstvy (směrem od interiéru)	Tloušťka vrstvy <i>d</i> [m]
		<i>d</i> [m]
1	SVD Fermacell	0,018
2	ISOVER AKU / sloupky 6/20 (6/10)	0,200 / 0,100
3	SVD Fermacell	0,018



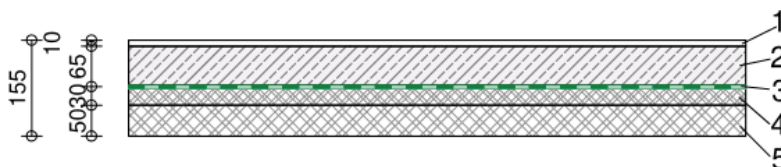
Obr. 34 – Skladba vnitřní stěny (Zdroj: Ladislav, 2021)

6.5 Podlahy

V objektu jsou navrženy podlahy typu těžkých plovoucích podlah, kdy roznášecí vrstvu tvoří cementový potěr. Tento typ vnáší sice do objektu tzv. mokrý proces a trvá déle než je tomu v případě suchých lehkých plovoucích podlah, má ovšem výhodu jak pevnosti celého souvrství, tak ve výborných akustických vlastnostech, kdy mnohem lépe vyhoví požadavku na kročejovou neprůzvučnost⁴⁷. Skladby podlah v objektu jsou navrženy s ohledem na způsob vytápění, kdy dodatkovým zdrojem energie je teplovodní podlahové vytápění. V celém objektu jsou navrženy dva typy podlah, které se liší pouze v nášlapné vrstvě. Tou je buďto keramická dlažba (místnosti jako je koupelna, WC, technická místnost...) či dvouvrstvé dubové parketové vlysy (obytné místnosti, viz Příloha I. – Výkresová dokumentace – Půdorys 1.NP a 2.NP, případně Řez A-A a Řez B-B), obojí v tl. 10 mm. Zbytek konstrukce je následující: roznášecí vrstvu tvoří cementový potěr třídy C30, armovaný KARI sítí, v tl. 65 mm, v němž je vedeno podlahové topení. Následuje separační fólie a izolační vrstva ze systémových tvarovek pro podlahové topení EPS DES tl. 30 mm a podkladní kročejová a tepelná izolační polystyrenová deska EPS DEO tl. 50 mm. Celková tloušťka podlahy je 155 mm. Podlaha je provedena na stavbě po vyhotovení hrubé stavby a instalací. Od okolních stěn musí být oddělena pružnou dilatační páskou.

Tab. 5 – Skladba podlahy (Zdroj: Ladislav, 2021)

č.	Název vrstvy (směrem od interiéru)	Tloušťka vrstvy <i>d</i> [m]
1	Podlahové vlysy – dub/ Keramická dlažba RAKO Cemento	0,010
2	Tlumící podložka Mirelon / lepidlo	0,002
3	Separáční PE fólie	0,001
4	Cementový potěr C30	0,065
5	Polystyren EPS DES	0,030
6	Polystyren EPS DEO	0,050



Obr. 35 – Skladba podlahy (Zdroj: Ladislav, 2021)

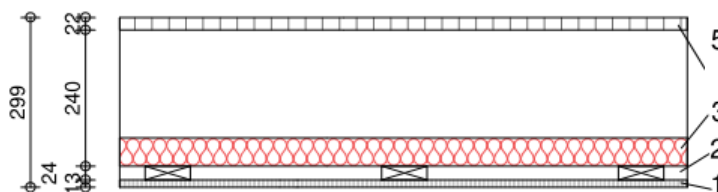
47. Saint-Gobain.cz. Řešení těžké plovoucí podlahy v obytných místnostech [online]. 2020-09-22 [cit. 2020-01-01]. Dostupné z WWW: <<https://www.saint-gobain.cz/cop/reseni-tezke-plovouci-podlahy-v-obytnych-mistnostech/>>

6.6 Stropní konstrukce

Stropní konstrukce nad 1. NP je navržena jako trémový strop ze smrkových KVH hranolů průřezů 6/24, 8/24 či 10/24 cm – dle statického posouzení. Osová vzdálenost trámů je 625 mm. Na koncích jsou mezi trámy vloženy tzv. výplňová dřeva zajišťující trámy proti klopení. Po obvodu je zakončuje věncová fošna z BSH. Rovnoběžně s trámy v oblasti štítu probíhá věncový trám z BSH. Ze spodní strany je strop opatřen roštem z KVH latí rozměru 24x80 mm, kolmo na trámy v roztečích cca. 41,7 cm (v násobku na rozměr spodního podbití, který je přivrtán k trámům. Na rošt jsou zespodu vruty připevněny sádrovláknité desky Fermacell. Tepelně a zvukově izolační vlastnosti jsou zajištěny vrstvou izolace Isover ORSIK v tl. 50 mm, vyplňující prostor mezi trámy. V oblasti s výplňovými dřevy je pro zamezení tepelného mostu vložen pruh izolace v celé tloušťce stropu. Z horní strany strop je zaklopen dřevotřískovými deskami v tl. 22 mm, které jsou ke konstrukci přisponkovány. Stropní panely jsou z výroby dokončeny až po lačkový rošt. Pro provedení elektroinstalací a vzduchotechniky je opláštění provedeno, přetmeleno a přebroušeno až na stavbě. Z výroby musí být panely vyrobeny v šířkách odpovídajících přípustným rozměrům pro transport. Na stavbě jsou pomocí jeřábu panely položeny na stěny prvního podlaží, parotěsně a vzduchotěsně prolepeny se stěnami a skrze výplňová dřeva, konce trámů a podélné věncové trámy jsou pomocí kombinovaných vrtů do dřeva provrutovány do obvodových stěn, případně vnitřních nosných stěn. (viz. Příloha I. – Výkresová dokumentace – Detail F). Propojení panelů mezi sebou je provedeno pomocí vrtů ve vzdálenostech cca 1,25 m. (viz Příloha I. – Výkresová dokumentace – Detail G). V oblasti stropu je vnější záklop a fasádní izolace vynechána a musí být provedena na stavbě. Celková tloušťka stropu je 300 mm.

Tab. 6 – Skladba stropu nad 1. NP (Zdroj: Ladislav, 2021)

č.	Název vrstvy (směrem od interiéru)	Tloušťka vrstvy <i>d</i> [m]
		<i>d</i> [m]
1	SVD Fermacell	0,013
2	Nevětraná vzduchová mezera	0,024
3	ISOVER Orsik	0,050
4	Dřevotřísková deska JSP P5	0,022

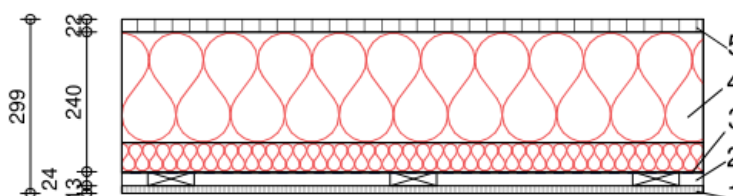


Obr. 36 – Skladba stropu nad 1. NP (Zdroj: Ladislav, 2021)

Stropní konstrukce nad 2. NP je rozdílná ve skladbě tím, že je vyplněna izolací v celé tloušťce a opatřena parotěsnou vrstvou mezi trámy a podbitím laťovým roštem – tato skladba tvoří tepelnou obálku budovy. Tuto stropní konstrukci lze dodat z jednoho panelu, kdy jeho součástí jsou přihřebíkové středové vaznice z lepeného lamelového dřeva v průřezu 12/32 cm.

Tab. 7 – *Skladba stropu nad 2. NP (Zdroj: Ladislav, 2021)*

č.	Název vrstvy (směrem od interiéru)	Tloušťka vrstvy <i>d [m]</i>
1	SVD Fermacell	0,013
2	Nevětraná vzduchová mezera	0,024
3	PE fólie Isover Vario KM Duplex UV	0,002
4	ISOVER Orsik	0,240
5	Dřevotřísková deska JSP P5	0,022



Obr. 37 – *Skladba stropu nad 2. NP (Zdroj: Ladislav, 2021)*

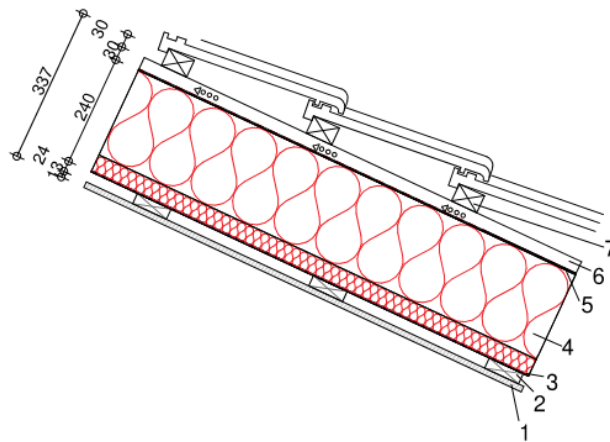
6.7 Střešní plášť a krov

Střešní plášť objektu tvoří krokve ze smrkového KVH o průřezu 8/24 cm, v roztečích 71,5 cm. Plášť zateplený v oblasti obytného podkroví, směrem k hřebenu v prostoru půdičky pak zateplený není. Tento prostor je odvětrávaný pro případ vzniklé vlhkosti. Skladba zateplené části je totožná se skladbou stropu nad 2. NP, kromě vrchního záklopu. Místo něj pokračuje vrstva difuzní fólie Bramac Ecotec 140 sloužící jako pojistná hydroizolace, další vrstvou jsou kontralatě ze smrkových latí 30x50 mm, ke kterým jsou kolmo připevněny střešní latě o stejném průřezu, v osových vzdálenostech dle výrobce krytiny. Latě slouží jako nosná konstrukce pod střešní krytinu Bramac Classic Star.

Krov sklonu 25° je vaznicový, kdy ztužující funkci hambálku přebírá stropní panel nad 2. NP. Krokve jsou uloženy na pozednici o průřezu 20/10 cm (kterou tvoří horní práh stěny), středovou vaznici 12/32 cm (která je součástí stropu nad 2. NP) a vrcholovou vaznici 12/18 cm (nutno dodat na stavbě). Ta je podepřena dvěma sloupky 12/12 cm. Konstrukci střechy je možné také vytvořit z panelů, které lze spojit obdobným způsobem jako stropní panely. Tyto pak mohou z výroby být dokončené od spodního lačkového roštu až po střešní latě. Spodní opláštění sádrovláknitou deskou Fermacell a položení krytiny proběhne na stavbě. Spojení s podporami je provedeno pomocí vrutů se zápusťnou hlavou.

Tab. 8 – Skladba střešního pláště (Zdroj: Ladislav, 2021)

č.	Název vrstvy (směrem od interiéru)	Tloušťka vrstvy <i>d</i> [m]
1	SVD Fermacell	0,013
2	Nevětraná vzduchová mezera	0,024
3	PE fólie Isover Vario KM Duplex UV	0,002
4	ISOVER Orsik	0,240
5	Kontralatě 30x50	0,030
6	Střešní latě 30x50	0,030



Obr. 38 – Skladba střešního pláště (Zdroj: Ladislav, 2021)

6.8 Vytápění a větrání

Vytápění objektu je řešeno pomocí ventilačního tepelného čerpadla NIBE F730 s rekuperací vzduchu. Doplnkový zdroj, na který je čerpadlo připojeno, je nízkoteplotní okruh podlahového topení. Součástí čerpadla je i vestavěný ohřivač teplé vody.

7 Tepelně – technické posouzení

Navržená konstrukce rodinného domu bude nad rámec zadání posouzena z tepelně-technického hlediska. Nejprve zjednodušeným ručním výpočtem, jehož cílem je základní zatřídění do energetického hodnocení, dále pak podrobnějším výpočtem pomocí softwaru DEKSOFT-Tepelná technika 1D, který určí přesnější hodnoty a má některé další výsledky. První zmiňovaný je součástí následující kapitoly, druhý pak obsahem Přílohy II. – Tepelně-technické posouzení. Výpočty a posouzení jsou realizovány dle následujících norem: ČSN 73 0540-2⁴⁸, ČSN 73 0540-4⁴⁹, ČSN EN ISO 6946⁵⁰ a ČSN EN ISO 13788⁵¹.

Posouzení je realizováno výpočtem součinitele prostupu tepla (U) pro jednotlivé skladby vnější konstrukce, tzv. obálky budovy. Konkrétně jde o posudek obvodové stěny, střechy, stropu nad 2. NP a podlahy na zemině a jejich srovnání s normovými požadavky.

Základní vzorec je následující:		$U = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n + R_{se}}$	
kde	U	je	součinitel prostupu tepla plochy [W/m^2K]
	R_{si}		tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně kce [m^2K/W]
	$R_1 \dots R_n$		tepelný odpor jednotlivých vrstev [m^2K/W]
	R_{se}		tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně kce [m^2K/W]
Výpočet tepelného odporu jednotlivých vrstev se vypočítá následovně: $R = \frac{d}{\lambda}$			
kde	d	je	tloušťka dané vrstvy [m]
	λ		součinitel tepelné vodivosti vrstvy [W/mK]

Následující tabulka pak definuje okrajové podmínky, tj. zohlednění prostředí, se kterým jsou v kontaktu vrstvy konstrukce.

Tab. 9 – Okrajové podmínky výpočtu (Zdroj: ČSN EN ISO 6946⁵⁰)

Směr toku tepla			
Odpor kce při přestupu tepla	nahoru	vodorovně	dolů
R_{si} – na vnitřní straně	0,10	0,13	0,17
R_{se} – na vnější straně	0,04	0,04	0,00

48. ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: ČNI, 2011, 56 s. 730540

49. ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*. Praha: ČNI, 2005, 60 s. 730540

50. ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtové metody*. Praha: ČNI, 2020, 44 s. 730558

51. ČSN EN ISO 13788. *Tepelně-vlhkostní chování stavebních konstrukcí a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení (...)*. Praha: ČNI, 2020, 44 s. 730558

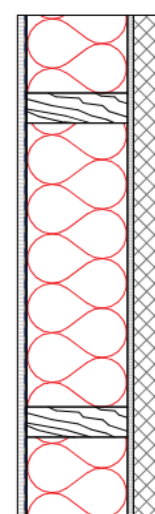
Poznámka: Dle ČSN 73 0540-4⁵² je doporučeno zvýšit součinitel tepelné vodivosti připočtením korekce, který zohlední vliv systematických tepelných mostů – např. právě sloupků v konstrukci dřevostavby, kotevních prostředků, mezer a netěsností v izolacích. Norma udává zvýšení o 3-10%, zde je použita prostřední hodnota, tedy korekční součinitel $\Delta U=0,065 \text{ W/m}^2\text{K}$.

7.1 Obvodová stěna

Normový požadavek ČSN 73 0540-2⁵³ ... $U_{N,20} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tab. 10 – Skladba obvodové stěny (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty od výrobce)

č.	Název vrstvy (směrem od interiéru)	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti
		$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/mK]}$
1	SVD Fermacell	0,018	0,340
2	PE fólie Isover Vario KM Duplex UV	0,002	0,300
3	ISOVER Multimax 30	0,200	0,030
4	SVD Fermacell Powerpanel HD	0,013	0,360
5	ISOVER EPS GreyWall	0,060	0,033
6	Základní omítka	0,003	0,700
7	BAUMIT SilikonTop	0,003	0,700



Tepelný tok



VÝPOČET TEPELNÉHO ODPORU JEDNOTLIVÝCH VRSTEV:

$$R_c = \frac{\sum d_n}{\sum \lambda_n} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{d_5}{\lambda_5} + \frac{d_6}{\lambda_6} + \frac{d_7}{\lambda_7}$$

$$R_c = \frac{0,018}{0,340} + \frac{0,002}{0,300} + \frac{0,200}{0,030} + \frac{0,013}{0,360} + \frac{0,060}{0,033} + \frac{0,003}{0,700} + \frac{0,003}{0,700} = 8,59 \text{ m}^2\text{K/W}$$

VÝPOČET CELKOVÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA:

$$U_c = U + \Delta U = \frac{1}{R_{si} + R_c + R_{se}} + \Delta U = \frac{1}{0,13 + 8,59 + 0,04} + 0,065 = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_c \leq U_{N,20}$$

$$0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$$

SKLADBA VYHOVUJE. ✓

52. ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*. Praha: ČNI, 2005, 60 s. 730540

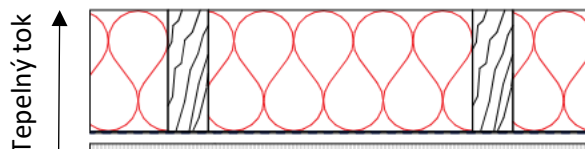
53. ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: ČNI, 2011, 56 s. 730540

7.2 Střecha

Normový požadavek ČSN 73 0540-2⁵³ ... $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tab. 11 – Skladba střechy (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty od výrobce)

č.	Název vrstvy (směrem od interiéru)	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti
		$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/mK]}$
1	SVD Fermacell	0,013	0,340
2	Nevětraná vzduchová mezera	0,024	0,176
3	PE fólie Isover Vario KM Duplex UV	0,002	0,300
4	ISOVER Orsik	0,240	0,030



VÝPOČET TEPELNÉHO ODPORU JEDNOTLIVÝCH VRSTEV:

$$R_c = \frac{\sum d_n}{\sum \lambda_n} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4}$$

$$R_c = \frac{0,013}{0,340} + \frac{0,024}{0,176} + \frac{0,002}{0,300} + \frac{0,240}{0,030} = \mathbf{8,18 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

VÝPOČET CELKOVÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA:

$$U_c = U + \Delta U = \frac{1}{R_{si} + R_c + R_{se}} + \Delta U = \frac{1}{0,10 + 8,18 + 0,04} + 0,065 = \mathbf{0,15 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

$$U_c \leq U_{N,20}$$

$$\mathbf{0,15 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

SKLADBA VYHOVUJE. ✓

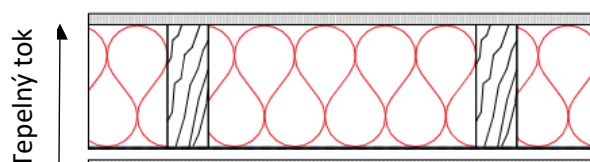
53. ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: ČNI, 2011, 56 s. 730540

7.3 Strop nad 2. NP

Normový požadavek ČSN 73 0540-2⁵³ ... $U_{N,20} = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tab. 12 – Skladba stropu nad 2.NP (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty od výrobce)

č.	Název vrstvy (směrem od interiéru)	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti
		$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/mK]}$
1	SVD Fermacell	0,013	0,340
2	Nevětraná vzduchová mezera	0,024	0,176
3	PE fólie Isover Vario KM Duplex UV	0,002	0,300
4	ISOVER Orsik	0,240	0,030
5	Dřevotřísková deska JSP P5	0,022	0,140



VÝPOČET TEPELNÉHO ODPORU JEDNOTLIVÝCH VRSTEV:

$$R_c = \frac{\sum d_n}{\sum \lambda_n} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{d_5}{\lambda_5}$$

$$R_c = \frac{0,013}{0,340} + \frac{0,024}{0,176} + \frac{0,002}{0,300} + \frac{0,240}{0,030} + \frac{0,022}{0,140} = \mathbf{8,34 \text{ m}^2\text{K/W}}$$

VÝPOČET CELKOVÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA:

$$U_C = U + \Delta U = \frac{1}{R_{si} + R_c + R_{se}} + \Delta U = \frac{1}{0,10 + 8,34 + 0,04} + 0,065 = \mathbf{0,18 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

$$U_C \leq U_{N,20}$$

$$\mathbf{0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}}$$

SKLADBA VYHOVUJE. ✓

53. ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: ČNI, 2011, 56 s. 730540

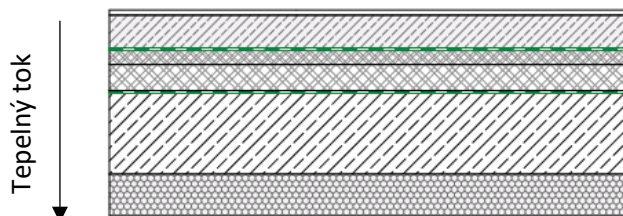
7.4 Podlaha na zemině

Normový požadavek ČSN 73 0540-2⁵³ ... $U_{N,20} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pozn. zde není relevantní korekce, jelikož ve skladbě jsou vyloučeny systematické tepelné mosty. Pro hodnocení lze zahrnout i tepelnou izolaci podél základů, pokud navazuje na tepelnou izolaci stěny a je vedena až k základové spáře.⁵³

Tab. 13 – Skladba podlahy na zemině (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty od výrobce)

č.	Název vrstvy (směrem od interiéru)	Tloušťka vrstvy	Součinitel tepelné vodivosti
		$d \text{ [m]}$	$\lambda \text{ [W/mK]}$
1	Podlahové vlasy - dub	0,010	0,180
2	Tlumící podložka Mirelon	0,002	0,045
3	Cementový potěr	0,065	1,230
4	Polystyren EPS DES	0,030	0,040
5	Polystyren EPS DEO	0,050	0,030
6	Hydroizolace ROOFTEK	0,004	0,170
7	Železobetonová ZD	0,160	1,430
8	Sto-Prefa soklový PS30SE	0,080	0,039



VÝPOČET TEPELNÉHO ODPORU JEDNOTLIVÝCH VRSTEV:

$$R_c = \frac{\sum d_n}{\sum \lambda_n} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4} + \frac{d_5}{\lambda_5} + \frac{d_6}{\lambda_6} + \frac{d_7}{\lambda_7} + \frac{d_8}{\lambda_8}$$

$$R_c = \frac{0,010}{0,180} + \frac{0,002}{0,045} + \frac{0,065}{1,230} + \frac{0,030}{0,040} + \frac{0,050}{0,030} + \frac{0,004}{0,170} + \frac{0,160}{1,430} + \frac{0,080}{0,039} = 4,76 \text{ m}^2\text{K/W}$$

VÝPOČET CELKOVÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA:

$$U_c = U + \Delta U = \frac{1}{R_{si} + R_c + R_{se}} + \Delta U = \frac{1}{0,17 + 4,76 + 0,00} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_c \leq U_{N,20} \quad 0,20 \text{ W/m}^2\text{K} \leq 0,45 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{SKLADBA VYHOVUJE. } \checkmark$$

53. ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Praha: ČNI, 2011, 56 s. 730540

7.5 Závěr tepelně – technického posouzení

Zjednodušený ruční i přesnější výpočet pomocí softwaru DEKSOFT-Tepelná technika 1D (součástí Přílohy II. – *Tepelně-technické posouzení*) pro posuzovaná místa vyšel jako vyhovující v níže uvedených hodnotách součinitele prostupu tepla. Shoda obou výpočtových metod dokazuje, že i software pracuje postupem uvedeným v úvodu této kapitoly, tedy s jeho metodou výpočtu dle ČSN 73 0540-4⁵⁴ a ČSN EN ISO 6946.⁵⁵ ČSN 73 0540-2⁵³ stanovuje kromě minimálních hodnot U i hodnoty doporučené, což je relevantní zejména v dnešní době nízkoenergetického a pasivního stavění. Posuzované skladby vyšly jako vyhovující nejen pro doporučené hodnoty, ale právě tak pro doporučené hodnoty pro pasivní budovy.

Tab. 14 – Porovnání U s normovými požadavky (Zdroj: Ladislav, 2021, ČSN 73 0540-2⁵³)

	U_c [W/m ² K]	$U_{N,20}$ [W/m ² K]	$U_{rec,20}$ [W/m ² K]	$U_{pas,20}$ [W/m ² K]
Obvodová stěna	0,18	0,30	0,20	0,18-0,12
Střecha	0,15	0,24	0,16	0,15-0,10
Strop nad 2.NP	0,18	0,60	0,40	0,30-0,20
Podlaha na zemině	0,20	0,45	0,30	0,22-0,15

Tyto posuzované skladby konstrukce tvoří tzv. tepelnou obálku budovy, tedy jakousi bariéru mezi vnitřním prostředím domu a exteriérem. Právě v těchto místech je důležité stanovení nejen součinitele prostupu tepla, jelikož z fyzikálního hlediska dochází mezi oběma prostředími k difuzi – tedy snaze prostředí vyrovnat a minimalizovat rozdíly. Rozhodující je tok teplého a vlhkého vzduchu z interiéru do exteriéru. Tento tok je tím větší, čím je rozdíl mezi oběma prostředími největší, což je v našich klimatických podmínkách zimní období. Obsahem softwarového výpočtu je proto dále posouzení teplotního faktoru vnitřního povrchu, šíření vodní páry v konstrukci a pokles dotykové teploty – na základě zadaných materiálových charakteristik a umístění stavby na konkrétním místě, kde jsou rozhodující okrajové podmínky, resp. teploty v interiéru a exteriéru v průběhu roku. Všechny požadavky byly splněny. Výsledky jsou obsahem kapitoly 10 – *Výsledky*.

53. ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: ČNI, 2011, 56 s. 730540

54. ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*. Praha: ČNI, 2005, 60 s. 730540

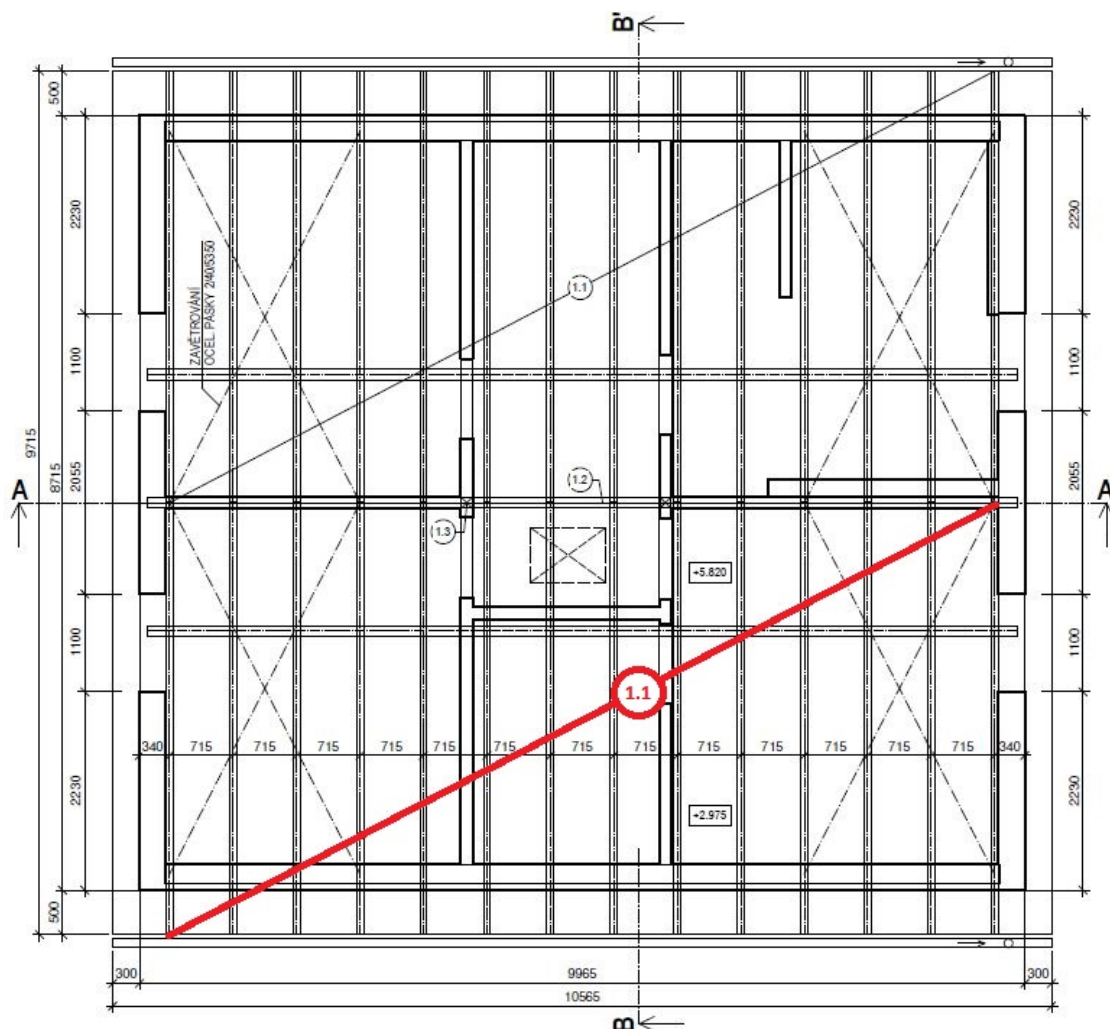
55. ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtové metody*. Praha: ČNI, 2020, 44 s. 730558

8 Statické posouzení vybraných prvků

V rámci statického posouzení je proveden zjednodušený ruční výpočet odpovídající navrhování dřevěných konstrukcí dle ČSN EN 1995-1-1 (731701): Eurokód 5⁵⁶, který je následně ověřen statickou analýzou a posudkem ve výpočtovém softwaru mb AEC Software. Výstup ze studentské verze v německém jazyce je součástí *Přílohy III.*, která zároveň obsahuje překlad do českého jazyka. V závěru kapitoly jsou obě metody porovnány a zhodnoceny jejich výsledky.

8.1 Krokev

Sedlová střecha se sklonem 25°, dle návrhu obsahuje konstrukci vaznicového krovu s rovnoměrně rozmístěnými krovky z KVH v průřezu 8/24 cm v roztečích 71,5 cm. Předmětem statického výpočtu je právě krokev – pozice 1.1.

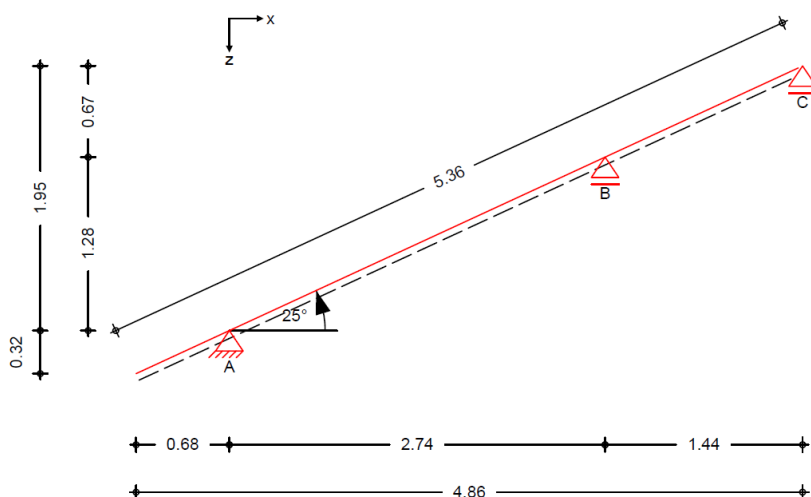


Obr. 39 – Poloha krovky v půdorysu krovu (Zdroj: Ladislav, 2021)

56. ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI, 2006, 114 s. 731701

8.1.1 Statické schéma

Statické schéma krokve 8/24 cm je složeno z podpor, které představují (v řazení odspodu) pozednici, středovou a vrcholovou vaznici, přičemž jedna z podpor je pevný kloub (neposuvná podpora) a ostatní dvě jsou klouby pohyblivé (posuvná podpora). Uvedený způsob odebírá prutu na podporách celkem 4 stupně volnosti, čímž je nosník spojitý a tzv. staticky neurčitý. Z tohoto důvodu je výpočet sice složitější, ale zároveň je z hlediska charakteristiky konstrukcí staticky neurčitých výsledná konstrukce úspornější a s menším průhybem.



Obr. 40 – Statické schéma krokve (Zdroj: Ladislav, 2021)

8.1.2 Zatížení

Krokve 8/24 jsou rovnoměrně rozmístěny v osové vzdálenosti 71,5 cm. Zatížení, které na ně působí je obecně vnějšího charakteru, s připočtením působení vlastní tíhy krokví a konstrukce, kterou je tvořena skladba střechy. Rozdělení pro účely statického výpočtu je následující:

Tab. 15 – Zatížení konstrukce (Zdroj: Ladislav, 2021)

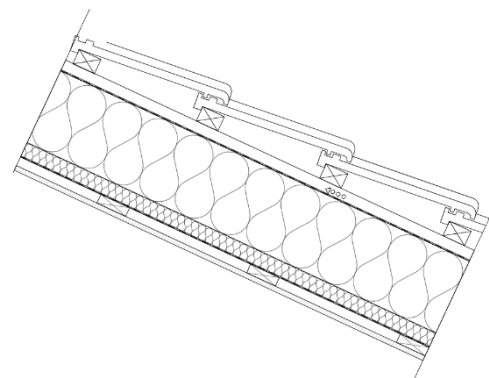
Stálé (G)	Vlastní tíha krokve	Průřez 8/24, KVH hranol
	Ostatní stálé zatížení	Zatížení od nenosných prvků konstrukce – skladba střešního pláště
Proměnné (Q)	Užitné zatížení	Zatížení dané provozem, v tomto případě lze uvažovat člověka při práci na střeše
	Klimatické zatížení – sníh, vítr	Účinky povětrnostními vlivy, závislé na sklonu střechy, zeměpisné poloze atp.

▪ **Stálé zatížení (G):**

Ruční výpočet stálého zatížení bude pro zjednodušení proveden na základě skladby konstrukce v místě zateplení střechy. Prostor bez zateplení (mezi středovou a vrcholovou vaznicí) je ve skutečnosti zatížen méně, jelikož odpadá tepelná izolace, parozábrana a podhled včetně laťování. Pro účely výpočtu je uvažovaná skladba tedy více na straně bezpečnosti.

STŘECHA "F" = 345 mm

betonová taška BRAMAC Classic Star	
střešní latě SM 30x50	tl. 30 mm
kontralatě SM 30x50	tl. 30 mm
pojistná hydroizolace BRAMAC ECOTEC 140	
polystyrénová deska EPS DEO	tl. 50 mm
izolace Isover Orsik 40+200	tl. 240 mm
+ krokve SM KVH 8/24	
parozábranná fólie Isover Vario KM DUPLEX UV	tl. 0,1 mm
dřevěný rošt z SM KVH 80x24 mm	tl. 24 mm
SVD deska Fermacell	tl. 12,5 mm



Obr. 41 – Skladba konstrukce (Zdroj: Ladislav, 2021)

Výpočet potřebné charakteristické hodnoty liniového zatížení g_k [kNm^{-1}] získáme:

a) $\text{tloušťka materiálu [m]} \times \text{obj. tíha [kNm}^{-3}] \times \text{zatěžovací šíře [m]} = \text{liniové zatížení [kNm}^{-1}]$

b) $\text{průřez materiálu [m}^2] \times \text{obj. tíha [kNm}^{-3}] = \text{liniové zatížení [kNm}^{-1}]$

Pro přepočítání z plošné síly [kNm^{-2}] pak následovně:

a) $\text{plošná síla [kNm}^{-2}] \times \text{zatěžovací šíře [m]} = \text{liniové zatížení [kNm}^{-1}]$

Tab. 16 – Hodnoty zatížení (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty z ČSN EN 1991-1-1⁵⁷)

Vrstva	Tloušťka [m]	Průřez [m ²]	Plošné [kNm ⁻²]	Obj. tíha [kNm ⁻³]	Zat. šířka [m]	Výsledek [kNm ⁻¹]
BRAMAC s laťováním	-	-	0,600	-	0,715	0,429
Kontralatě	-	0,015	-	5	-	0,075
Tep. izolace	0,240			1	0,635	0,153
SVD s roštem			0,150		0,715	0,108
Vlastní tíha		0,019		5		0,095

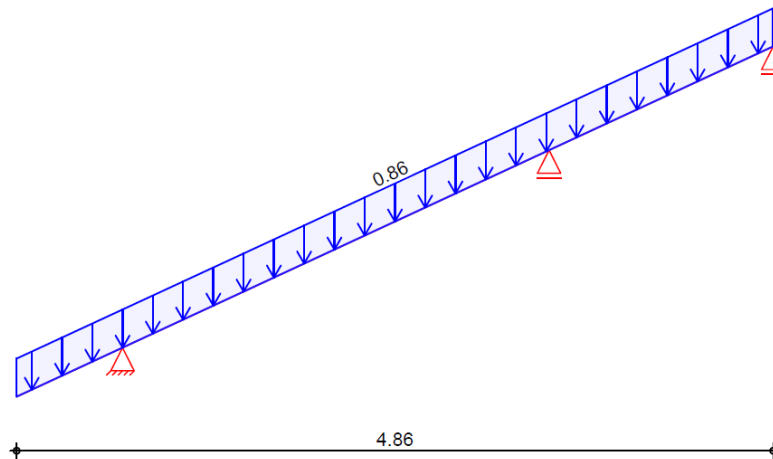
57. ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1 – Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ČNI, 2004, 44 s. 730035

VÝSLEDKY:

Charakteristická hodnota: $g_k = 0,860 \text{ kNm}^{-1}$

Návrhová hodnota: $g_d = g_k \times \gamma_g = 0,860 \times 1,35 = 1,161 \text{ kNm}^{-1}$

(γ_g = dílčí součinitel pro stálé zatížení dle ČSN EN 1991-1-1⁵⁷ = 1,35)

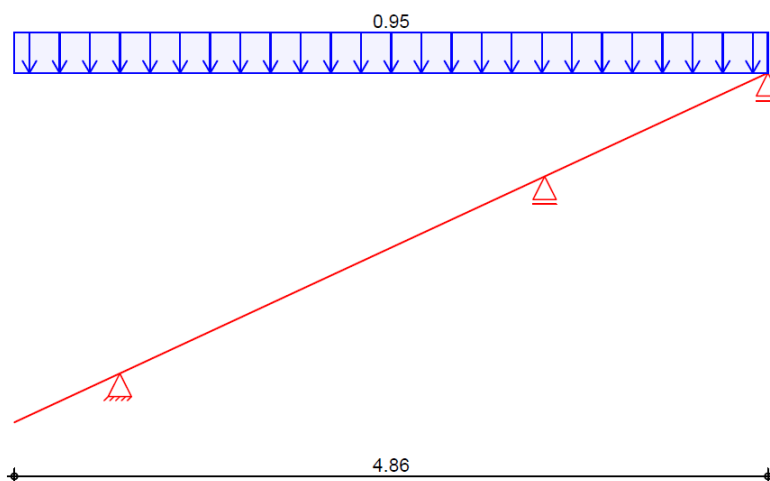


Obr. 42 – Stálé zatížení g_k (Zdroj: Ladislav, 2021)

PŘEPOČET NA PŮDORYSNÝ PRŮMĚT:

Charakteristická hodnota: $g_{kp} = \frac{g_k}{\cos \alpha} = \frac{0,860}{\cos 25^\circ} = 0,949 \text{ kNm}^{-1}$

Návrhová hodnota: $g_{dp} = \frac{g_d}{\cos \alpha} = \frac{1,161}{\cos 25^\circ} = 1,281 \text{ kNm}^{-1}$



Obr. 43 – Stálé zatížení přepočtené na půdorysný průřez g_{kp}
(Zdroj: Ladislav, 2021)

57. ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1 – Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ČNI, 2004, 44 s. 730035

▪ **Proměnné zatížení (Q):**

UŽITNÉ ZATÍŽENÍ:

Posuzovaný krov je dle ČSN EN 1991-1-1⁵⁷ v kategorii H, tzn. Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav. Jako doporučené svislé plošné zatížení je normou uvedená hodnota 0 až 1 kNm⁻². Zvolená možnost bude 1 kNm⁻², jakožto horší možná.

Dle normy je také možné použití osamělého soustředěného břemena Q_k, v rozmezí hodnot 1 až 1,5 kN. Vzhledem k nutnosti určení pozice tohoto břemena bylo zvoleno rovnoměrné zatížení v celé ploše.

Tab. 17 – Hodnoty zatížení (Zdroj: Ladislav, 2021, hodnoty z ČSN EN 1991-1-1⁵⁷)

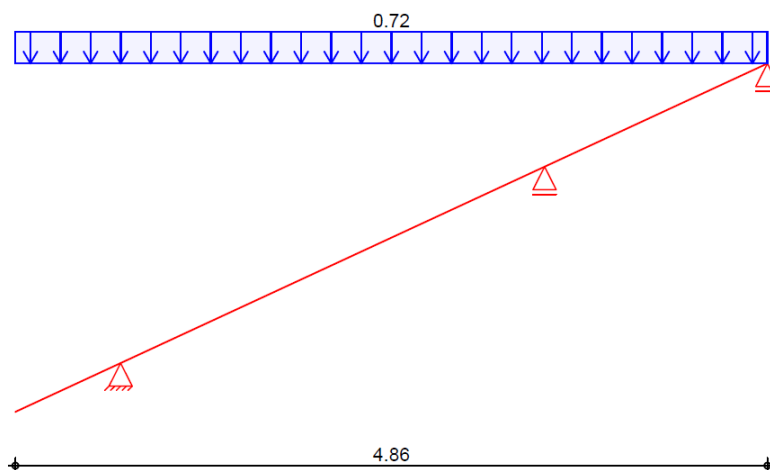
Vrstva	Tloušťka [m]	Průřez [m ²]	Plošné [kNm ⁻²]	Obj. tíha [kNm ⁻³]	Zat. šířka [m]	Výsledek [kNm ⁻¹]
Užitné zatížení	-	-	1,00	-	0,715	0,715

VÝSLEDKY:

Charakteristická hodnota: $q_k = 0,715 \text{ kNm}^{-1}$

Návrhová hodnota: $q_d = q_k \times \gamma_q = 0,715 \times 1,5 = 1,073 \text{ kNm}^{-1}$

(γ_q = dílčí součinitel pro proměnné zatížení dle ČSN EN 1991-1-1⁵⁷ = 1,50)



Obr. 44 – Užitné zatížení q_k (Zdroj: Ladislav, 2021)

57. ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1 – Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ČNI, 2004, 44 s. 730035

ZATÍŽENÍ SNĚHEM:

Klimatické zatížení sněhem závisí především na lokalitě, jakožto určující hodnotou pro zatížení a také typ a sklon střechy. Objekt se nachází ve Vyšším Brodě, v nadmořské výšce 570 m n. m. a sněhové oblasti III, s typem krajiny normálním. Při běžném posuzování krovu je pravidlem statické schéma obou střešních rovin, jelikož zatížení sněhem má 2 různé účinky.

- 1) *Zatížení nenavátým sněhem*, neboli sníh plný – kdy jsou obě střešní roviny zatíženy rovnoměrně, nebo
- 2) *Zatížení navátým sněhem* – kdy je jedna část zatížena navátým sněhem z druhé střešní roviny a konstrukce je tedy zatížena nerovnoměrně⁵⁸

Pro účely ručního výpočtu (resp. i softwarového) je statické schéma představující jednu krokev zatíženo plným sněhem, jakožto větším ze zatížení. Pro sněhové oblasti V-VIII pak norma určuje i účinek převisu sněhu, kde vzniká další svislá osamělá síla. V tomto případě (sněhová oblast III) není proto zohledněn.

Zatížení sněhem se určí ze vzorce: $s = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k$

kde μ_i je tvarový součinitel zatížení sněhem
 s_k charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi [kNm^{-2}]
 C_e součinitel expozice, která má obvykle hodnotu 1,0
 C_t součinitel tepla, který má obvykle hodnotu 1,0⁵⁹

μ_i	s_k [kNm^{-2}]	C_e	C_t
0,8	1,5	1,0	1,0

(hodnoty μ_i a s_k dle ČSN EN 1991-1-3⁵⁹)

VÝSLEDKY:

Zatížení sněhem: $s = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k = 0,8 \times 1 \times 1 \times 1,5 = 1,2 \text{ kNm}^{-2}$

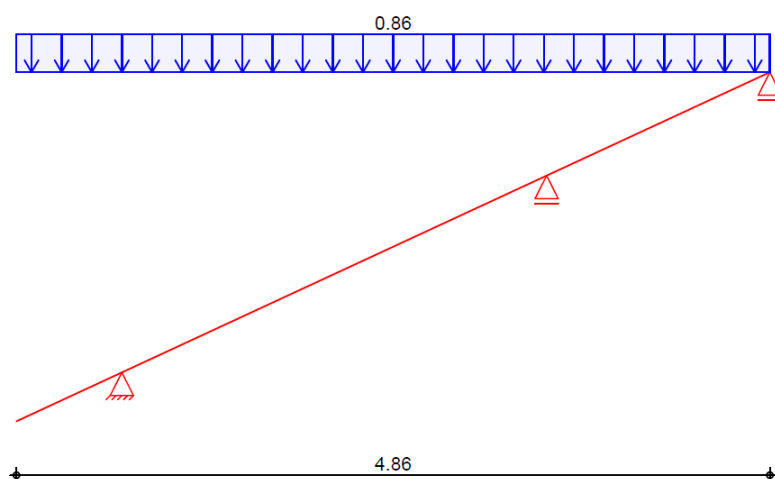
Charakt. hodnota: $s_{1k} = s \times \text{zat. šířka} = 1,2 \times 0,715 = 0,858 \text{ kNm}^{-1}$

Návrhová hodnota: $s_{1d} = s_{1k} \times \gamma_q = 0,858 \times 1,5 = 1,287 \text{ kNm}^{-1}$

($\gamma_q = \text{dílcí součinitel pro proměnné zatížení dle ČSN EN 1991-1-3}^{59} = 1,50$)

58. JELÍNEK, Lubomír; ČERVENÝ, Petr; DOUL, Ladislav. *Stavební mechanika*. 1. vydání. Klatovy: DRAGON PRESS s.r.o., 2012. 154 s. ISBN 978-80-86837-45-1. S. 37

59. ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1 – Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: ČNI, 2005, 52 s. 730035



Obr. 45 – Zatížení sněhem s_{1k} (Zdroj: Ladislav, 2021)

ZATÍŽENÍ VĚTREM:

Posledním z proměnných klimatických zatížení je zatížení větrem. Vítr způsobuje síly, které jsou kolmé k povrchu konstrukce a jsou to: *tlak* – působící směrem k povrchu, tedy kladná hodnota zatížení a *sání* – působící směrem od povrchu, tedy záporně. Pokud vítr obtéká velké plochy, mohou vzniknout i třecí síly, působící k tečně povrchu, atp.⁶⁰ Z hlediska komplexnosti výpočtu a množství zatěžovacích stavů, které od větru vzniknou, je posouzení zatížení větrem součástí pouze softwarového výpočtu. Z něj také vyplývá, že pro výsledný posudek krokve není zatížení větrem hlavní kritickou kombinací.

Zatížení větrem se určí ze vzorce: $w = q_b \times C_e(Z_e) \times C_{pe}$

kde	w	je	tlak větru na vnější povrch konstrukce [Nm^{-2}]
	q_b		základní střední tlak větru [Nm^{-2}]
	$C_e(Z_e)$		součinitel expozice, který zahrnuje vliv terénu a výšky nad zemí z
	C_{pe}		součinitel aerodynamického tlaku 1,0 ⁶¹

60. JELÍNEK, Lubomír; ČERVENÝ, Petr; DOUL, Ladislav. *Stavební mechanika*. 1. vydání. Klatovy: DRAGON PRESS s.r.o., 2012. 154 s. ISBN 978-80-86837-45-1. S. 39-40

61. ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1 – Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: ČNI, 2005, 52 s. 730035

8.1.3 Kombinace zatěžovacích stavů

Kombinací jednotlivých zatížení dosáhneme co nejpřesnějšího reálného zatížení konstrukce. Základ, ze kterého lze vycházet, je takový, že zatížení stálé (G), tedy vlastní tíha konstrukce a ostatní stálá zatížení (od skladby střešního pláště) působí na konstrukci vždy. Působení proměnného zatížení je střídavé a působí střídavě, tzn. pro jeden typ zatížení sněhem lze zkombinovat jeden typ zatížení větrem. Dále se nemá uvažovat současné působení zatížení užitného a sněhu či větru.⁶²

Z normového stanovení kombinací vyplývá výpočet pro **mezní stavy únosnosti**:

$$F_d = \sum \gamma_{Gj} \times G_{kj} + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum \gamma_{Qi} \times \varphi_{0i} \times Q_{ki} \quad \text{přičemž } j \geq 1 \text{ a } i \geq 1$$

A pro **mezní stavy použitelnosti**:

$$F_k = \sum G_{kj} + Q_{k1} + \sum \varphi_{0i} \times Q_{ki}$$

kde	\sum	je	„kombinace“
	G_{kj}		charakteristická hodnota stálého zatížení
	Q_{k1}		charakteristická hodnota dominantního proměnného zatížení
	Q_{ki}		charakteristické hodnoty ostatních proměnných zatížení
	γ_{Gj}		dílčí součinitel stálého zatížení j
	γ_{Q1}		dílčí součinitel dominantního proměnného zatížení
	γ_{Qi}		dílčí součinitel proměnného zatížení i
	φ_{0i}		kombinační součinitele ⁶²

Z výpočtu softwarem však vyplývá, že určující kombinací pro posuzovaný prvek je zatížení stálé a zatížení plným sněhem. Pro zjednodušení posouzení tedy zkombinujeme tyto dva stavy, dle principu superpozice – tedy součet obou, přičemž je převedeme na liniové zatížení kolmo k ose průřezu.

VÝSLEDKY PRO CELKOVÉ ZATÍŽENÍ:

Charakt. hodnota: $f_k = g_{kp} + s_{1k} = 0,949 + 0,858 = 1,807 \text{ kNm}^{-1}$

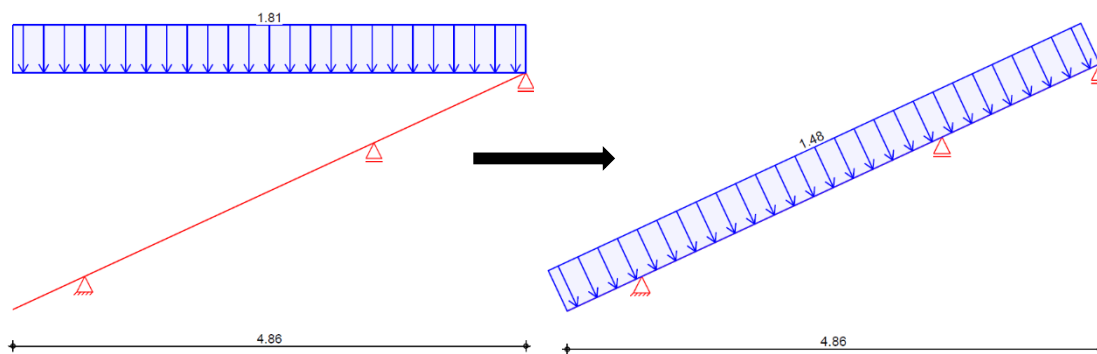
Návrhová hodnota: $f_d = g_{dp} + s_{1d} = 1,281 + 1,287 = 2,568 \text{ kNm}^{-1}$

PŘEPOČET NA LINIOVÉ ZATÍŽENÍ KOLMÉ K OSE PRŮŘEZU:

Charakt.: $f_{k\perp} = f_k \times \cos \alpha \times \cos \alpha = 1,807 \times \cos 25^\circ \times \cos 25^\circ = 1,484 \text{ kNm}^{-1}$

Návrh.: $f_{d\perp} = f_d \times \cos \alpha \times \cos \alpha = 2,568 \times \cos 25^\circ \times \cos 25^\circ = 2,109 \text{ kNm}^{-1}$

62. ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1 – Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ČNI, 2004, 44 s. 730035



Obr. 46 – celkové zatížení f_k a převod na kolmé $f_{k\downarrow}$ (Zdroj: Ladislav, 2021)

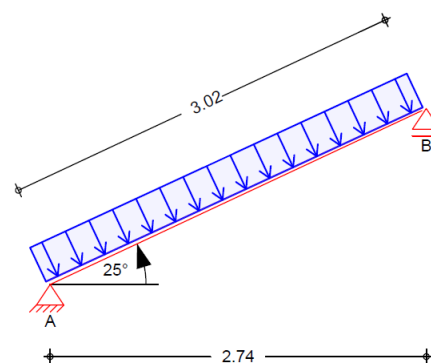
8.1.4 Posouzení

Konstrukce bude posouzena podle teorie mezních stavů, tedy na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti.

„Mezní stavy únosnosti jsou takové mezní stavby, které souvisejí se zřícením a podobnými poruchami konstrukce. Týkají se bezpečnosti konstrukce a jejího obsahu a bezpečnosti osob. Zahrnují zejména ztrátu stability konstrukce nebo její části.“⁶³ Prvek bude s ohledem na tento mezní stav posouzen na napětí v ohybu.

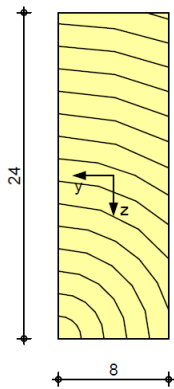
„Mezní stavy použitelnosti se týkají funkce stavebního objektu, pohodlí osob a vzhledu konstrukce. Zahrnují zejména deformace a posuvy, které ovlivňují vzhled nebo účinné využití konstrukce, popř. způsobují poškození povrchů nebo nenosných prvků a kmitání, které způsobuje nepohodlí osob nebo poškození konstrukce.“⁶³ Prvek bude s ohledem na tento mezní stav posouzen na průhyb.

Pro složitost výpočtu průhybu u spojitého nosníku o dvou nestejně velkých polích bude pro zjednodušení prvek posouzen jako prostý, resp. mezi dvěma podporami v rozpětí většího z obou polí.



Obr. 47 – Zjednodušený prostý nosník (Zdroj: Ladislav, 2021)

63. JELÍNEK, Lubomír; ČERVENÝ, Petr. *Tesařské konstrukce*. 1. vydání. Volyně, 2012. 249 s., S. 9



MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:⁶⁴

$b = 0,08 \text{ m}$	Třída provozu: 2
$h = 0,24 \text{ m}$	Pevnostní třída: C 24
$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$	$k_{MOD} = 0,8$
$f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$	$\gamma_M = 1,3$
$f_{d\downarrow} = 2,109 \text{ kNm}^{-1}$	$E_{mean} = 11 \times 10^6$
$f_{k\downarrow} = 1,484 \text{ kNm}^{-1}$	$k_{def} = 0,8$
$l = 3,02 \text{ m}$	dovolený průhyb = $1/200 L$

Obr. 48 – Průřez krokve
(Zdroj: Ladislav, 2021)

POSOUZENÍ NORMÁLOVÉHO NAPĚTÍ σ :

1. Výpočet maximálního ohybového momentu M_{max} :

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times f_{d\downarrow} \times l^2 = \frac{1}{8} \times 2,109 \times 3,02^2 = \mathbf{2,404 \text{ kNm}^{-1}}$$

2. Výpočet momentu setrvačnosti k ose y I_y :

$$I_y = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 0,08 \times 0,24^3 = \mathbf{9,216 \times 10^{-5} m^4}$$

3. Výpočet průřezového modulu k ose y W_y :

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{9,216 \times 10^{-5}}{0,12} = \mathbf{7,68 \times 10^{-4} m^3}$$

4. Výpočet normálového napětí σ :

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_y} = \frac{2,404}{7,68 \times 10^{-4}} = \mathbf{3\,130,2 \text{ kPa}}$$

5. Výpočet návrhové pevnosti v ohybu $f_{m,d}$:

$$f_{m,d} = k_{MOD} \times \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \times \frac{24\,000}{1,3} = \mathbf{14\,769,7 \text{ kPa}}$$

6. Porovnání:

$$\sigma \leq f_{m,d} \quad \mathbf{3\,130,2 \text{ kPa} \leq 14\,769,7 \text{ kPa} \checkmark}$$

NOSNÍK VYHOVUJE. ✓

64. ČSN EN 338. *Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti*. Praha: ČNI, 2016, 16 s. 731711

POSOUZENÍ TANGENCIÁLNÍHO NAPĚTÍ τ :

1. Výpočet maximální posouvající síly V_{max} :

$$V_{max} = \frac{1}{2} \times f_{d\downarrow} \times l = \frac{1}{2} \times 2,109 \times 3,02 = \mathbf{3,185 \text{ kN}}$$

2. Výpočet tangenciálního napětí τ :

$$\tau = 1,5 \times \frac{V_{max}}{b \times h} = 1,5 \times \frac{3,185}{0,08 \times 0,24} = \mathbf{248,8 \text{ kPa}}$$

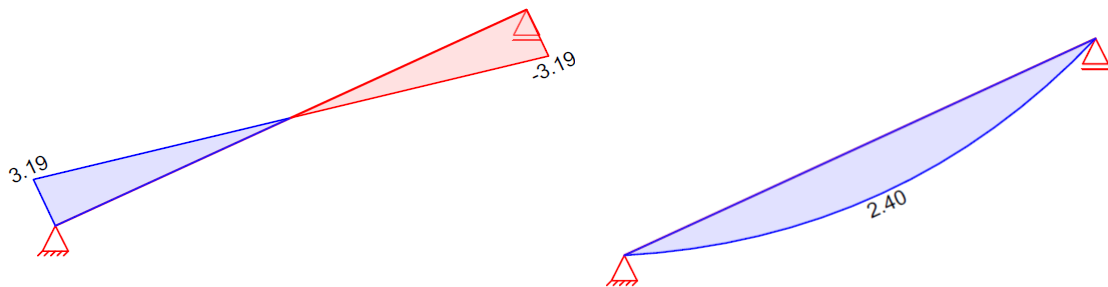
3. Výpočet návrhové pevnosti ve smyku $f_{v,d}$:

$$f_{v,d} = k_{MOD} \times \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \times \frac{2500}{1,3} = \mathbf{1538,5 \text{ kPa}}$$

4. Porovnání:

$$\tau \leq f_{v,d} \quad \mathbf{248,8 \text{ kPa} \leq 1538,5 \text{ kPa} \checkmark}$$

NOSNÍK VYHOVUJE. \checkmark



Obr. 49 – Průběh ohybového momentu M a posouvajících sil V (Zdroj: Ladislav, 2021)

POSOUZENÍ PRŮHYBU:

Na velikost průhybu má vliv velikost a uspořádání zatížení, rozpětí nosníku, materiál a průřez nosníku. Nejvíce ovlivňuje průhyb rozpětí I. Pro stavební konstrukce udávají normy ČSN⁶⁵ dovolené hodnoty průhybu, v tomto případě 1/300 L.⁶⁶

1. Výpočet okamžitého průhybu od střednědobého zatížení w_{inst} :

$$w_{inst} = \frac{5}{384} \times \frac{f_{kl} \times l^4}{E \times I_y} = \frac{5}{384} \times \frac{1,484 \times 3,02^4}{11 \times 10^6 \times 9,216 \times 10^{-5}} = 1,744 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,74 \text{ mm}$$

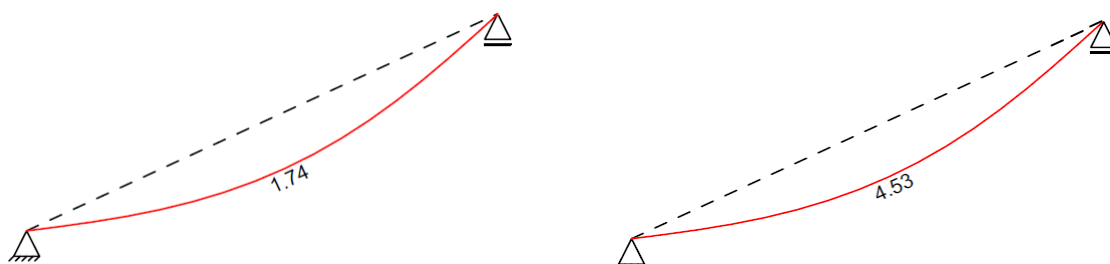
2. Výpočet konečného (čistého) průhybu od střednědobého zatížení w_{fin} :

$$w_{fin} = w_{inst} \times (1 + k_{def}) = 1,744 \times 10^{-3} \times (1 + 0,8) = 4,534 \times 10^{-3} \text{ m} = 4,53 \text{ mm}$$

3. Porovnání:

$w_{inst} \leq \frac{1}{300} \times l$	$1,74 \text{ mm} \leq \frac{1}{300} \times 3,02 = 10,07 \text{ mm} \checkmark$
$w_{fin} \leq \frac{1}{300} \times l$	$4,53 \text{ mm} \leq \frac{1}{300} \times 3,02 = 10,07 \text{ mm} \checkmark$

NOSNÍK VYHOVUJE. ✓



Obr. 50 – Průběh okamžitého průhybu w_{inst} a konečného průhybu w_{fin}
(Zdroj: Ladislav, 2021)

65. JELÍNEK, Lubomír; ČERVENÝ, Petr; DOUL, Ladislav. *Stavební mechanika*. 1. vydání. Klatovy: DRAGON PRESS s.r.o., 2012. 154 s. ISBN 978-80-86837-45-1. S. 92-93

66. ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006, 114 s. 731701

8.1.5 Porovnání výpočtových metod

Zjednodušený ruční výpočet principem superpozice a použitím prostého nosníku ze statického hlediska vyšel jako vyhovující ve výše uvedených hodnotách. Vzpěr a klopení nebylo uvažováno. Přesnější výpočet spojitého nosníku, součást *Přílohy III*, pomocí softwaru ukázal na rozdílný průběh ohybových momentů, větší podporové reakce, ovšem znatelně menší průhyby – ověření, že spojitý nosník je výhodnější než prostý.

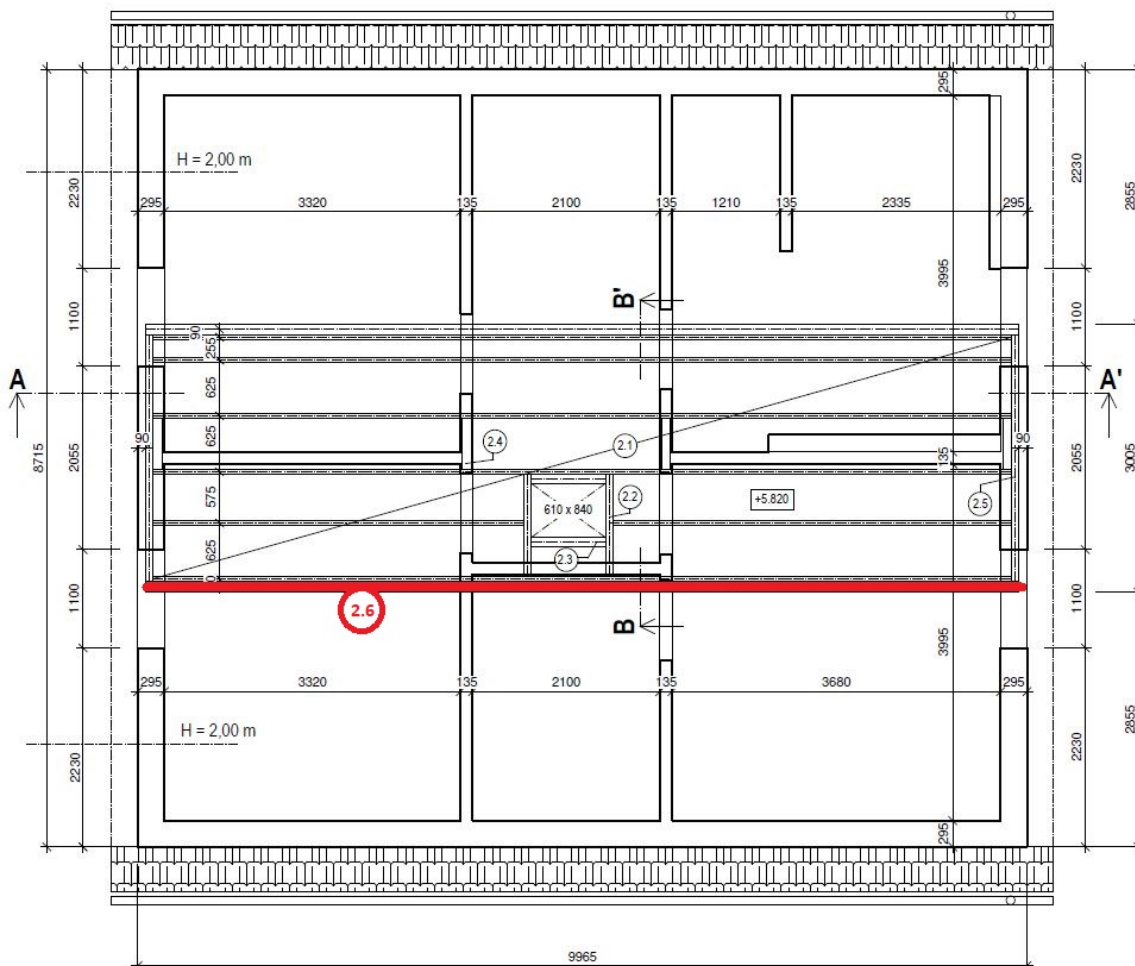
Obě výpočtové metody ukázaly nosník jako vyhovující, přičemž však nevhodný, jelikož není průřez využit maximálně. Důvod pro výběr dimenzí nosníku je tepelně-technického charakteru. Výška nosníku je určena tloušťkou tepelné izolace, kde byl požadavek na hodnoty vhodné pro pasivní stavbu. Šířka nosníku je pak určena požadavkem na spojování střešních latí (šířka podpory) a estetikou konstrukce, kdy jsou na okapové straně krokve viditelné.

Tab. 18 – Porovnání výsledků výpočtových metod (Zdroj: Ladislav, 2021)

	Ruční výpočet	Softwarový výpočet
Ohyb. moment M_{\max} :	2,404 kNm ⁻¹	2,200 kNm ⁻¹
Posouvající síla V_{\max} :	3,185 kN	4,870 kN
Normálové napětí σ :	3130 kPa	2910 kPa
Tangenciální napětí τ :	249 kPa	640 kPa
Okamžitý průhyb w_{inst} :	1,74 mm	0,41 mm
Konečný průhyb w_{fin} :	4,53 mm	0,73 mm

8.2 Středová vaznice

Následující statický výpočet posuzuje středovou vaznici, která podpírá krokve – předešlý výpočet pozice 1.1. Výpočet zde uvedený je ruční, v souladu s ČSN EN 1995-1-1 (731701): Eurokód 5⁶⁷. Přesnější výpočet ze statického softwaru mb AEC Software je součástí *Přílohy III.*, přičemž jsou výsledky obou v závěru této kapitoly porovnány.

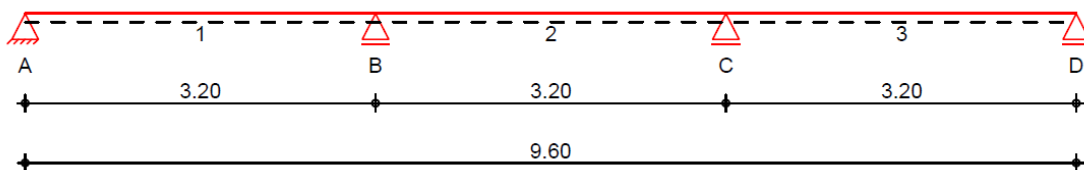


Obr. 51 – Poloha středové vaznice v půdorysu stropu
(Zdroj: Ladislav, 2021)

67. ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006, 114 s. 731701

8.2.1 Statické schéma

Statické schéma středové vaznice 12/32 cm z lepeného lamelového dřeva pevnostní třídy GL24c je složeno z podpor, které představují obvodové nosné stěny a vnitřní nosné stěny. První podpora je pevný kloub, ostatní tři jsou klouby pohyblivé. Uvedený způsob odebírá prutu na podporách celkem 5 stupňů volnosti, čímž je nosník spojitý o třech polích -> čtyřech podporách. Pro zjednodušení ručního výpočtu je uvažována stejná vzdálenost podpor ve všech polích.



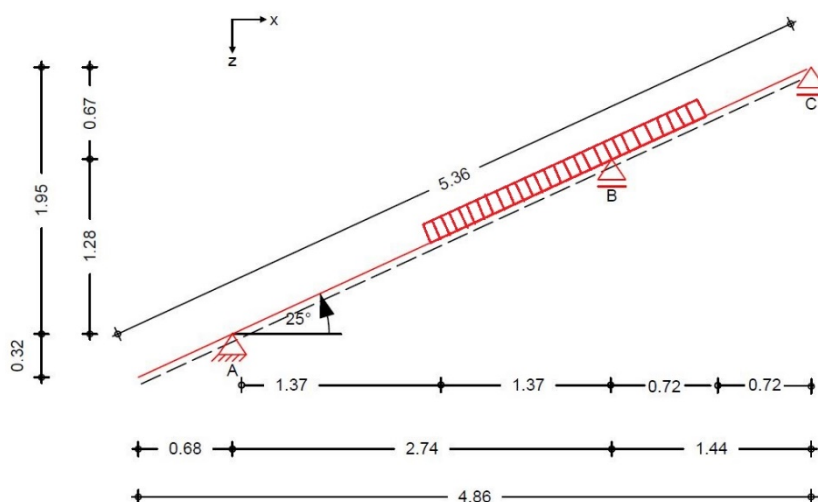
Obr. 52 – Statické schéma středové vaznice (Zdroj: Ladislav, 2021)

8.2.2 Zatížení

Středová vaznice 12/32 přenáší zatížení z krokví 8/24 z poloviny jejich sousedících polí a vlastní tíhu. Zatížení od krokví bude uvažováno jako kombinace zatížení, na kterou byly krokve samotné posuzovány (stálé + sněh). Krokve působí na vaznici bodovým zatížením v roztečích 71,5 cm, které bude převedeno na zatížení rovnoměrné.

Tab. 19 – (Zatížení konstrukce, Zdroj: vlastní)

Vlastní tíha vaznice	Průřez 12/32, BSH hranol
Ostatní zatížení	Zatížení od krokví – kombinace stálé+sněh



Obr. 53 – Část zatížení krokví působící na vaznici (Zdroj: Ladislav, 2021)

Výpočet potřebné charakteristické hodnoty liniového zatížení g_k [kNm^{-1}] získáme:

$$a) \text{ průřez materiálu } [\text{m}^2] \times \text{obj. tíha } [\text{kNm}^{-3}] = \text{liniové zatížení } [\text{kNm}^{-1}]$$

VÝSLEDKY:

VI. tíha vaznice – char. hodnota: $g_k = 0,12 \times 0,32 \times 5 = \mathbf{0,192 \text{ kNm}^{-1}}$

Zatížení od krokví – char. hodnota: $F_k = f_{k\downarrow \text{ krokve}} \times (a + b) =$
 $= 1,484 \times (1,37 + 0,72) = \mathbf{2,438 \text{ kNm}^{-1}}$

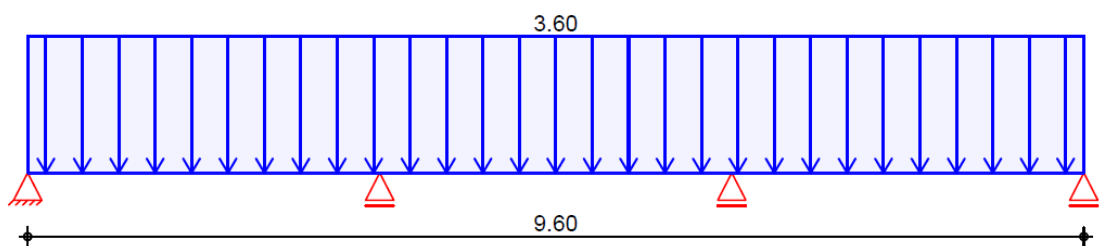
Náhrada zatížením rovnoměrným: $f_k = g_k + \frac{F_k}{\text{zat. šíře}} = 0,192 + \frac{2,438}{0,715} = \mathbf{3,602 \text{ kNm}^{-1}}$

VI. tíha vaznice – návrh. hodnota: $g_d = g_k \times \gamma_g = 0,192 \times 1,35 = \mathbf{0,259 \text{ kNm}^{-1}}$

Zatížení od krokví – návrh. hodnota: $F_d = f_{d\downarrow \text{ krokve}} \times (a + b) =$
 $= 2,109 \times (1,37 + 0,72) = \mathbf{4,408 \text{ kNm}^{-1}}$

Náhrada zatížením rovnoměrným: $f_d = g_d + \frac{F_d}{\text{zat. šíře}} = 0,259 + \frac{4,408}{0,715} = \mathbf{6,424 \text{ kNm}^{-1}}$

($\gamma_g = \text{dílcí součinitel pro stálé zatížení dle ČSN EN 1991-1-1}^{68} = 1,35$)



Obr. 54 – Charakteristické zatížení f_k (Zdroj: Ladislav, 2021)

68. ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1 – Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ČNI, 2004, 44 s. 730035

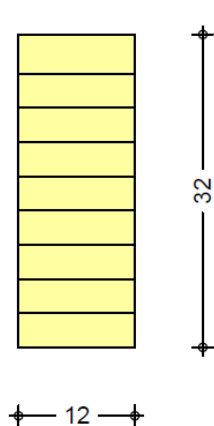
8.2.3 Posouzení

Konstrukce bude posouzena podle teorie mezních stavů, tedy na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti.

„Mezní stavy únosnosti jsou takové mezní stavby, které souvisejí se zřícením a podobnými poruchami konstrukce. Týkají se bezpečnosti konstrukce a jejího obsahu a bezpečnosti osob. Zahrnují zejména ztrátu stability konstrukce nebo její části.“⁶⁹ Prvek bude s ohledem na tento mezní stav posouzen na napětí v ohybu.

„Mezní stavy použitelnosti se týkají funkce stavebního objektu, pohodlí osob a vzhledu konstrukce. Zahrnují zejména deformace a posuvy, které ovlivňují vzhled nebo účinné využití konstrukce, popř. způsobují poškození povrchů nebo nenosných prvků a kmitání, které způsobuje nepohodlí osob nebo poškození konstrukce.“⁶⁹ Prvek bude s ohledem na tento mezní stav posouzen na průhyb.

Výpočet maximální hodnoty průhybu a jeho místa na nosníku je složitý. V příkladu je proto vypočítána jen hodnota průhybu uprostřed pole podle vzorců; ta se však od maximálního průhybu příliš neliší.



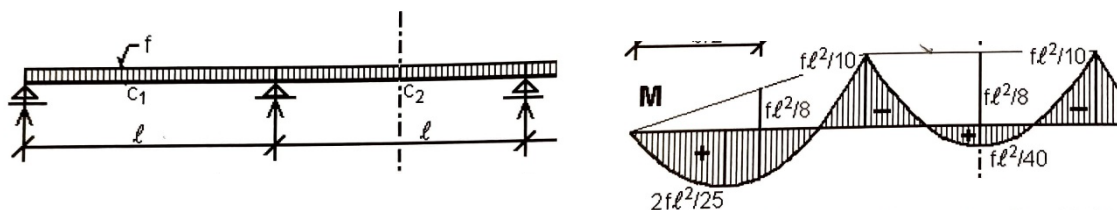
MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY:⁷⁰

$b = 0,12 \text{ m}$	Třída provozu: 2
$h = 0,32 \text{ m}$	Pevnostní třída: GL 24c
$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$	$k_{MOD} = 0,8$
$f_{v,g,k} = 3,5 \text{ MPa}$	$\gamma_M = 1,25$
	$E_{mean} = 11 \times 10^6$
$f_d = 6,424 \text{ kNm}^{-1}$	$k_{def} = 0,8$
$f_k = 3,602 \text{ kNm}^{-1}$	dovolený průhyb = $1/300 L$
$l = 3,20 \text{ m}$	

Obr. 55 – Průřez vaznicí
(Zdroj: Ladislav, 2021)

69. JELÍNEK, Lubomír; ČERVENÝ, Petr. *Tesařské konstrukce*. 1. vydání. Volyně, 2012. 249 s., S. 9

70. ČSN EN 14080. *Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo*. Praha: ČNI, 2013, 88 s. 732831



Obř. 56 – Vzorce pro výpočet M (Zdroj: Jelínek a kol., 2012⁷¹)

VÝPOČET HODNOT OHYB. MOMENTŮ:

1. Max. kladný ohybový moment: $\frac{2}{25} \times f_d \times l^2 = \frac{2}{25} \times 6,424 \times 3,20^2 = 5,263 \text{ kNm}^{-1}$
2. Ohybový moment v ose nosníku: $\frac{1}{40} \times f_d \times l^2 = \frac{1}{40} \times 6,424 \times 3,20^2 = 1,645 \text{ kNm}^{-1}$

POSOUZENÍ NORMÁLOVÉHO NAPĚTÍ σ :

1. Výpočet maximálního ohybového momentu M_{max} :

$$M_{max} = \frac{1}{10} \times f_d \times l^2 = \frac{1}{10} \times 6,424 \times 3,20^2 = -6,578 \text{ kNm}^{-1}$$

2. Výpočet momentu setrvačnosti k ose y I_y :

$$I_y = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = \frac{1}{12} \times 0,12 \times 0,32^3 = 3,277 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

3. Výpočet průřezového modulu k ose y W_y :

$$W_y = \frac{I_y}{z} = \frac{3,277 \times 10^{-4}}{0,16} = 2,048 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

4. Výpočet normálového napětí σ :

$$\sigma = \frac{|M_{max}|}{W_y} = \frac{6,578}{2,048 \times 10^{-3}} = 3211,9 \text{ kPa}$$

5. Výpočet návrhové pevnosti v ohybu $f_{m,d}$:

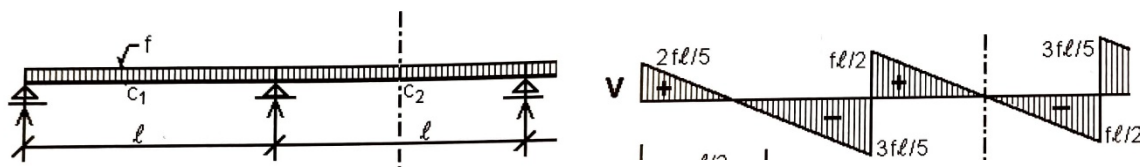
$$f_{m,d} = k_{MOD} \times \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \times \frac{24\,000}{1,3} = 14\,769,7 \text{ kPa}$$

6. Porovnání:

$$\sigma \leq f_{m,d} \quad 3211,9 \text{ kPa} \leq 14\,769,7 \text{ kPa} \checkmark$$

NOSNÍK VYHOVUJE. \checkmark

71. JELÍNEK, Lubomír; ČERVENÝ, Petr; DOUL, Ladislav. *Stavební mechanika*. 1. vydání. Klatovy: DRAGON PRESS s.r.o., 2012. 154 s. ISBN 978-80-86837-45-1. S. 92-93



Obr. 57 – Vzorce pro výpočet V (Zdroj: Jelínek a kol., 2012⁷¹)

VÝPOČET HODNOT POSOUVAJÍCÍCH SIL:

3. Posouvající síla u podpory A: $\frac{2}{5} \times f_d \times l = \frac{2}{5} \times 6,424 \times 3,20 = \mathbf{8,223 \text{ kN}}$
4. Posouvající síla u podpory B: $\frac{1}{2} \times f_d \times l = \frac{1}{2} \times 6,424 \times 3,20 = \mathbf{10,278 \text{ kN}}$

POSOUZENÍ TANGENCIÁLNÍHO NAPĚTÍ τ :

5. Výpočet maximální posouvající síly V_{max} :

$$V_{max} = \frac{3}{5} \times f_d \times l = \frac{3}{5} \times 6,424 \times 3,20 = \mathbf{-12,334 \text{ kN}}$$

6. Výpočet tangenciálního napětí τ :

$$\tau = 1,5 \times \frac{|V_{max}|}{b \times h} = 1,5 \times \frac{12,334}{0,12 \times 0,32} = \mathbf{481,8 \text{ kPa}}$$

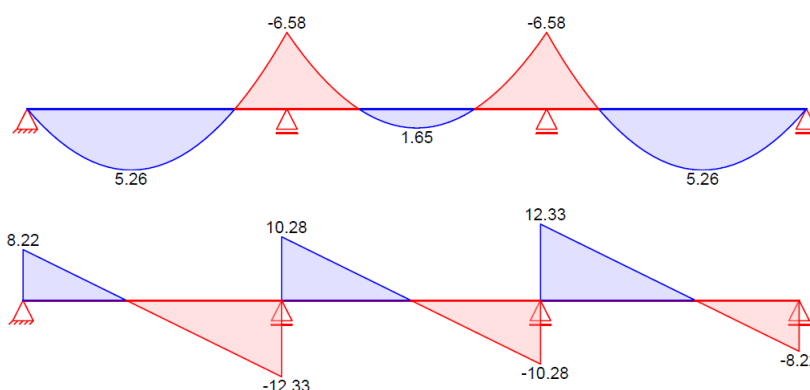
7. Výpočet návrhové pevnosti ve smyku $f_{v,d}$:

$$f_{v,d} = k_{MOD} \times \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \times \frac{3500}{1,3} = \mathbf{2153,8 \text{ kPa}}$$

8. Porovnání:

$$\tau \leq f_{v,d} \quad \mathbf{481,8 \text{ kPa} \leq 2153,8 \text{ kPa} \checkmark}$$

NOSNÍK VYHOVUJE. \checkmark



Obr. 58 – Průběh ohybového momentu M a posouvajících sil V (Zdroj: Ladislav, 2021)

71. JELÍNEK, Lubomír; ČERVENÝ, Petr; DOUL, Ladislav. *Stavební mechanika*. 1. vydání. Klatovy: DRAGON PRESS s.r.o., 2012. 154 s. ISBN 978-80-86837-45-1. S. 92-93

POSOUZENÍ PRŮHYBU:

Na velikost průhybu má vliv velikost a uspořádání zatížení, rozpětí nosníku, materiál a průřez nosníku. Nejvíce ovlivňuje průhyb rozpětí I. Pro stavební konstrukce udávají normy ČSN⁷¹ dovolené hodnoty průhybu, v tomto případě $1/300 L$.⁷²

4. Výpočet okamžitého průhybu od střednědobého zatížení w_{inst} :

$$w_{inst} = \frac{5}{384} \times \frac{f_k \times l^4}{E \times I_y} = \frac{5}{384} \times \frac{3,602 \times 3,20^4}{11 \times 10^6 \times 3,277 \times 10^{-4}} = 1,364 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,36 \text{ mm}$$

5. Výpočet konečného (čistého) průhybu od střednědobého zatížení w_{fin} :

$$w_{fin} = w_{inst} \times (1 + k_{def}) = 1,364 \times 10^{-3} \times (1 + 0,8) = 2,456 \times 10^{-3} \text{ m} = 2,46 \text{ mm}$$

6. Porovnání:

$w_{inst} \leq \frac{1}{300} \times l$	$1,36 \text{ mm} \leq \frac{1}{300} \times 3,20 = 10,67 \text{ mm} \checkmark$
$w_{fin} \leq \frac{1}{300} \times l$	$2,46 \text{ mm} \leq \frac{1}{300} \times 3,20 = 10,67 \text{ mm} \checkmark$

NOSNÍK VYHOVUJE. ✓



Obr. 59 – Průběh okamžitého průhybu w_{inst} (Zdroj: Ladislav, 2021)



Obr. 60 – Průběh konečného w_{fin} (Zdroj: Ladislav, 2021)

71. JELÍNEK, Lubomír; ČERVENÝ, Petr; DOUL, Ladislav. *Stavební mechanika*. 1. vydání. Klatovy: DRAGON PRESS s.r.o., 2012. 154 s. ISBN 978-80-86837-45-1. S. 92-93

72. ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006, 114 s. 731701

8.2.4 Porovnání výpočtových metod

Zjednodušený ruční výpočet ze statického hlediska vyšel jako vyhovující v níže uvedených. Přesnější výpočet spojitého nosníku pomocí softwaru (součást *Přílohy III.*), kde byly podpory rozmístěny reálně, ukázal na rozdílné hodnoty v maximech ohybového momentu, posouvajících sil i obou posuzovaných napětí. Stejně tak ukázal jiné hodnoty průhybu. Rozdíly ve výpočtech jsou dány přesnějším softwarovým výpočtem a reálnou kombinací všech typů zatížení, které mohou mít vliv na výsledné chování konstrukce.

Tab. 20 – Porovnání výsledků výpočtových metod (Zdroj: Ladislav, 2021)

	Ruční výpočet	Softwarový výpočet
Ohyb. moment M_{\max} :	6,578 kNm ⁻¹	12,000 kNm ⁻¹
Posouvající síla V_{\max} :	12,334 kN	20,700 kN
Normálové napětí σ :	3212 kPa	5840 kPa
Tangenciální napětí τ :	482 kPa	950 kPa
Okamžitý průhyb w_{inst} :	1,36 mm	3,17 mm
Konečný průhyb w_{fin} :	2,46 mm	2,87 mm

8.3 Závěr statického posouzení

Statické posouzení oběma způsoby vyhodnotilo průřezy prvků jako vyhovující. Poukázal však také na značné rozdíly, které jsou dány nepřesností a nedostatečností ručního výpočtu. Ten nezohlední všechny skutečnosti, zejména pokud se jedná o konstrukce staticky neurčité. V případě např. posouzení prostého nosníku, rovnoměrně zatíženého, lze dosáhnout téměř totožných výsledků, často i poměrně rychle. Se stoupajícím počtem statické neurčitosti konstrukce a stoupajícím počtem zatížení však stoupá také jejich kombinace a složitost výpočtu. V dnešní statické praxi se tak lze setkat téměř výhradně s výpočty pomocí počítačových programů, s ohledem na zpřesňování výpočtových metod podle současných platných norem (zejména ČSN EN 1995-1-1, Eurokód 5⁷²). V případě posouzení prvků v této diplomové práci obě metody ověřily spolehlivost konstrukce, ale poukázaly také na jistou nevhodnost – podrobnějším výpočtem by bylo možno dosáhnout hospodárnějších průřezů. Předimenzovanost však v tomto případě znamenala vyhovující výsledek obou metod.

72. ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006, 114 s. 731701

9 Metodika

Cíl diplomové práce, tedy návrh rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce, byl určující pro volbu metod, jak cíle dosáhnout. Práce byla rozdělena do více částí, kdy byla nejprve provedena literární rešerše týkající se historie panelových dřevostaveb, dále byly definovány požadavky investora na budoucí stavbu. Na základě těchto poznatků byl proveden vlastní návrh konstrukce, který kromě technického popisu, výkresové dokumentace a vizualizace návrh posoudil z hlediska tepelně-technického a statického. V následujících odstavcích je popsána metodika vedoucí k vypracování návrhu.

9.1 Výběr typu domu a konstrukce

Vzhledem k okolní zástavbě bylo žádoucí navrhnout takový typ domu, který nebude svým vzhledem příliš odlišný a bude respektovat místo, pro které je určen, tedy předměstí menší obce. Územní plán obce v těchto místech povoluje stavbu pro bydlení a neurčuje bližší specifiky. Dům byl v souladu s těmito fakty navržen jako dvoupodlažní se sedlovou střechou a menším sklonem. Konstrukce dřevostavby byla dána, tedy panelová, difuzní uzavřenost byla zvolena autorem. Konstrukční detaily a provedení výkresové dokumentace obecně bylo vytvořeno na základě zkušeností autora získaných během studia a praxe ve společnosti Bien-Zenker, v souladu s pravidly pro tvorbu technických výkresů, především ČSN 01 3420⁷³ a pravidly pro navrhování staveb vyplývajících z publikací *Navrhování staveb*⁷⁴ a *Dřevostavby*.⁷⁵ Výkresová dokumentace byla vytvořena v konstrukčním CAD softwaru pro dřevostavby SEMA verze 20.1.

73. ČSN 01 3420. *Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části*. Praha: ČNI, 2004, 72 s. 013420

74. NEUFERT, Ernst; NEUEFERT, Peter. *Navrhování staveb*. 2. vydání. Praha : Consultinvest, 2000. 618 s. ISBN 80-901486-6-2

75. KOLB, Josef; *Dřevostavby*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7

9.2 Návrh dispozic

Dispoziční řešení objektu bylo provedeno v souladu s požadavky danými normou ČSN 73 4301⁷⁶, která definuje minimální plochy obytných místností, orientaci ke světovým stranám atp. Místnosti byly umístěny v souladu s těmito požadavky, prosklené plochy byly navrženy tak, aby místnosti dostatečně prosvětlyly a maximalizovaly solární zisky v dlouhodobě obývaných prostorách. Celkové harmonické uspořádání vnitřních prostor bylo navrženo také na základě doporučení, hygienických a ergonomických požadavků uvedených v publikacích *Navrhování staveb*⁷⁷ a *Manuál stylu a designu pro každý domov*.⁷⁸

9.3 Tepelně-technické posouzení

Posudek byl nad rámec zadání proveden pro navrženou konstrukci obálky budovy, a to ve dvou variantách – zjednodušeným ručním výpočtem součinitele prostupu tepla a softwarovým výpočtem pomocí softwaru DEKSOFT – Tepelná technika 1D. Pro výpočet bylo nutné nejprve definovat skladbu posuzované konstrukce, tloušťky jednotlivých vrstev a součinitele tepelné vodivosti udávané výrobcem materiálu. Dále bylo nutné nejprve určit tepelný odpor a na základě výsledků vypočítat hodnotu součinitele prostupu tepla. Obě varianty vycházely z norem ČSN 73 0540-2⁷⁹, ČSN 0540-4⁸⁰, ČSN EN ISO 6946⁸¹ a ČSN EN ISO 13788⁸², byly vzájemně porovnány a ověřily, že skladba konstrukce vyhovuje požadavkům norem a je přímo vhodná pro pasivní budovu.

Podrobné výsledky jsou uvedeny v kapitole 10 - *Výsledky*.

76. ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. Praha: ČNI, 2004, 28 s. 734301

77. NEUFERT, Ernst; NEUFERT, Peter. *Navrhování staveb*. 2. vydání. Praha: Consultinvest, 2000. 618 s. ISBN 80-901486-6-2

78. RAMSTEDTOVÁ, Frida. *Manuál stylu a designu pro každý domov*. 1. vydání. Praha: Grada

79. ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: ČNI, 2011, 56 s. 730540

80. ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*. Praha: ČNI, 2005, 60 s. 730540

81. ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtové metody*. Praha: ČNI, 2020, 44 s. 730558

82. ČSN EN ISO 13788. *Tepelně-vlhkostní chování stavebních konstrukcí a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení (...)*. Praha: ČNI, 2020, 44 s. 730558

9.4 Statické posouzení vybraných prvků

Statický posudek byl taktéž vyhotoven ve dvou provedeních – ručním a softwarovém výpočtu pomocí softwaru mb AEC Software. V souladu s postupy dle ČSN EN 1995-1-1⁸³ byly vybrány dva prvky – krokev a středová vaznice, u kterých bylo nutno definovat statické schéma, dále zatížení, které na prvky působí a dle materiálových charakteristik prvky posoudit podle teorie mezních stavů - z hlediska normálového a tangenciálního napětí a dovoleného průhybu. V obou variantách bylo zjištěno, že prvky vyhovují.

Podrobné výsledky jsou uvedeny v kapitole 10 - *Výsledky*.

9.5 Vizualizace

Pro lepší výslednou představu byl vytvořen trojrozměrný model objektu v 3D modelovacím softwaru SketchUp verze 2020. Objekt byl vymodelován jako budova bez navrženého interiéru tak, aby bylo možné jej zasadit na konkrétní místo na parcele s naznačením případného finálního stavu. Pomocí softwaru V-Ray pro vykreslování snímků byly vytvořeny výstupy ve formě obrázků - několika pohledů na navržený objekt.

83. ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006, 114 s. 731701

10 Výsledky

10.1 Tepelně-technické posouzení

Tepelně-technické posouzení se týkalo obálky budovy, tedy obvodové stěny, střechy, stropu nad 2. NP a podlahy přilehlé k zemině. Posudek byl realizován jak jednoduchým ručním výpočtem, tak podrobnějším softwarovým. Pro zadání výpočtu bylo nutné definovat skladbu konstrukcí a zeměpisnou polohu budovy, která je určující pro hodnoty okrajových podmínek. Konkrétní umístění stavby je obec Vyšší Brod v Jihočeském kraji. Výsledky softwarového výpočtu zahrnují také požadavek na zamezení kondenzace vodních par v konstrukci a vyhodnocení rizika kondenzace na vnitřním povrchu určující vrstvy. Pokud by ke kondenzaci v konstrukci docházelo, je důležité, aby byla v průběhu roku odvětrána. V opačném případě hrozí v důsledku snížení účinnosti tepelné izolace, ohrožení dřevěných prvků vlhkostí a vytvoření příznivých podmínek pro růst plísní.

Obvodová stěna

Obvodová stěna o tloušťce 296 mm byla posouzena na součinitel prostupu tepla, teplotní faktor vnitřního povrchu, šíření vodní páry v konstrukci a pokles dotykové teploty. Dále bylo vyhodnoceno riziko ohrožení dřevěných prvků.

Na základě definovaných údajů a výpočtu bylo dosaženo následujících výsledků – požadavky jsou splněny, ke kondenzaci v konstrukci v průběhu modelového roku nedochází:

Tab. 21 – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha II. (Zdroj: Ladislav, 2021)

Sledovaný ukazatel	Požadavek	Výsledek
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2K]	0,30	0,18
Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-]	0,757	0,956
Šíření vodní páry v konstrukci	NE	NE
Riziko ohrožení dřevěných prvků v kci	NE	NE
Riziko kondenzace na vnitřním povrchu vrstvy	NE	NE
Pokles dotykové teploty $\Delta\Theta_{10}$ [$^{\circ}C$]	-	4,26

Střecha

Střešní konstrukce o tloušťce 278 mm (započtení vrstev pro účely výpočtu) byla posouzena na součinitel prostupu tepla, teplotní faktor vnitřního povrchu, šíření vodní páry v konstrukci a pokles dotykové teploty. Dále bylo vyhodnoceno riziko ohrožení dřevěných prvků v konstrukci, vyhodnocení konstrukce nad pohledem (pro zabránění růstu plísní) a vyhodnocení rizika kondenzace na vnitřním povrchu určující vrstvy.

Na základě definovaných údajů a výpočtu bylo dosaženo následujících výsledků – požadavky jsou splněny, ke kondenzaci v konstrukci v průběhu modelového roku nedochází:

Tab. 22 – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha II. (Zdroj: Ladislav, 2021)

Sledovaný ukazatel	Požadavek	Výsledek
Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]	0,24	0,15
Teplotní faktor vnitřního povrchu f _{Rsí} [-]	0,757	0,963
Šíření vodní páry v konstrukci	NE	NE
Riziko ohrožení dřevěných prvků v kci	NE	NE
Riziko kondenzace konstrukce nad podhledem	NE	NE
Riziko kondenzace na vnitřním povrchu vrstvy	NE	NE
Pokles dotykové teploty ΔΘ ₁₀ [°C]	-	2,27

Strop nad 2. NP

Stropní konstrukce o tloušťce 298 mm byla posouzena na součinitel prostupu tepla, teplotní faktor vnitřního povrchu, šíření vodní páry v konstrukci a pokles dotykové teploty. Dále bylo vyhodnoceno riziko ohrožení dřevěných prvků v konstrukci, vyhodnocení konstrukce nad pohledem (pro zabránění růstu plísní) a vyhodnocení rizika kondenzace na vnitřním povrchu určující vrstvy.

Na základě definovaných údajů a výpočtu bylo dosaženo následujících výsledků – požadavky jsou splněny, ke kondenzaci v konstrukci v průběhu modelového roku nedochází:

Tab. 23 – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha II. (Zdroj: Ladislav, 2021)

Sledovaný ukazatel	Požadavek	Výsledek
Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]	0,60	0,18
Teplotní faktor vnitřního povrchu f _{Rsí} [-]	0,757	0,954
Šíření vodní páry v konstrukci	NE	NE
Riziko ohrožení dřevěných prvků v kci	NE	NE
Riziko kondenzace konstrukce nad podhledem	NE	NE
Riziko kondenzace na vnitřním povrchu vrstvy	NE	NE
Pokles dotykové teploty ΔΘ ₁₀ [°C]	-	2,29

Podlaha na zemině

Konstrukce podlahy o tloušťce 1115 mm (včetně připočtení zateplení soklu) byla posouzena na součinitel prostupu tepla, teplotní faktor vnitřního povrchu a pokles dotykové teploty.

Na základě definovaných údajů a výpočtu bylo dosaženo následujících výsledků – požadavky jsou splněny:

Tab. 24 – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha II. (Zdroj: Ladislav, 2021)

Sledovaný ukazatel	Požadavek	Výsledek
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2K]	0,45	0,20
Teplotní faktor vnitřního povrchu f_{Rsi} [-]	0,427	0,950
Pokles dotykové teploty $\Delta\Theta_{10}$ [$^{\circ}C$]	-	4,41

10.2 Statické posouzení vybraných prvků

Předmětem statického posouzení byly vybrané prvky – krokev a středová vaznice. Jejich posouzení proběhla dvěma metodami – ruční a pomocí statického softwaru. Pro statický posudek je zásadní určit typ střechy (sedlová, sklon 25°), skladbu střešního pláště a zeměpisnou polohu (Vyšší Brod, Jihočeský kraj). Tímto způsobem lze definovat zatížení, které na konstrukci působí a teprve poté posoudit samotný prvek.

Krokev

Krokev o průřezu 8/24 cm ze smrkového KVH pevnostní třídy C24 byla posouzena na I. mezní stav, tzv. mezní stav únosnosti, kdy byly vypočteny síly působící v průřezu – ohybový moment, posouvající síly, normálové napětí a smykové napětí. Z hlediska posouzení na II. mezní stav, tzv. mezní stav použitelnosti byla krokev posouzena na dovolený průhyb. Na základě definovaných údajů a ručního i softwarového výpočtu bylo ověřeno, že posuzovaná krokev vyhovuje.

Tab. 25 – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha III. (Zdroj: Ladislav, 2021)

Sledovaný ukazatel	Max. hodnota	Výsledek (ruční/software)
Normálové napětí σ [kPa]	14770	3130/2910
Tangenciální napětí τ [kPa]	1539	249/640
Okamžitý průhyb w_{inst} [mm]	10,07	1,74/0,41
Konečný průhyb w_{fin} :	10,07	4,53/0,73

Středová vaznice

Středová vaznice o průřezu 12/32 cm ze smrkového BSH pevnostní třídy GL24c byla posouzena na I. mezní stav, tzv. mezní stav únosnosti, kdy byly vypočteny síly působící v průřezu – ohybový moment, posouvající síly, normálové napětí a smykové napětí. Z hlediska posouzení na II. mezní stav, tzv. mezní stav použitelnosti byla krokev posouzena na dovolený průhyb. Na základě definovaných údajů a ručního i softwarového výpočtu bylo ověřeno, že posuzovaná středová vaznice vyhovuje.

Tab. 26 – Výsledky posouzení, hodnoty viz Příloha III. (Zdroj: Ladislav, 2021)

Sledovaný ukazatel	Max. hodnota	Výsledek (ruční/software)
Normálové napětí σ [kPa]	14770	3212/5840
Tangenciální napětí τ [kPa]	1539	482/950
Okamžitý průhyb w_{inst} [mm]	10,67	1,36/3,17
Konečný průhyb w_{fin} :	10,67	2,46/2,87

11 Diskuze

Cílem diplomové práce byl návrh rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce. Výše popsanou metodikou se cíle podařilo dosáhnout a splnit tak požadavky kladené potenciálním investorem i požadavky normového charakteru. Dílčí cíle práce, které tvoří výsledný koncept, mohou být – a měly by být – podrobeny také odborné kritice. Z jakého důvodu bylo dosaženo právě těchto konkrétních výsledků, zda byly splněny předpoklady apod. Předně je nutno říci, jaký praktický přínos práce má. Mým, jakožto autorovým osobním cílem je bydlení ve vlastním rodinném domě, navrženým podle konkrétních představ a, ideálně, na stavbě se určitým způsobem podílet. Nejlépe autorsky, přinejmenším pak i samotným provedením konkrétních prací. Tato diplomová práce má potenciál sloužit právě při procesu návrhu domu jako podklad a příklad postupu, který lze opakovat pro úspěšný návrh domu, a to komukoliv, pro koho by mohla být přínosem a pomůckou. Nesporným faktem však je, že pro komplexní návrh a realizaci je potřebné větší množství dat, obsáhlejší projekt a spolupráce odborníků v jednotlivých rovinách návrhu.

Samotný návrh vychází ze současného poznání a reflektuje vývoj panelových dřevostaveb popsaný v literární rešerši. Současné trendy směřují k co největší automatizaci výroby a dosažení ještě vyšších stupňů prefabrikace – v konečném důsledku zkrácení času montáže na staveništi a zefektivnění výroby. Vývoj je přímo závislý na dostupnosti a kvalitě nových materiálů a jejich přínosu pro použití ve skladbách konstrukce, ať už se jedná o speciální typy opláštějících desek či lepší izolační materiály. Katalyzátorem vývoje je i téma udržitelnosti s ohledem na životní prostředí. Návrh skladby konstrukce je velice variabilní a lze k němu přistoupit vícero způsoby, vždy záleží na tom, co je od té které věci požadováno. Pokud by např. investorem byl vznesen požadavek na difuzně otevřenou konstrukci, byla by odlišná již samotná skladba stěny. Především by musel být zvolen jiný typ fasádní izolace, jelikož je polystyren svými vlastnostmi (faktorem difuzního odporu) spíše podobný parozábranám a difuze by tak nebyla umožněna. Návrh skladby stěny je v případě difuzní otevřenosti mnohem náchylnější k chybám, má větší náročnost na znalost a zkušenost (Růžička, 2014). Pro jeho volbu hovoří ekologičnost (umožňuje např. použití izolačních materiálů na bázi dřevních vláken či celulózy) i uživatelský pocit (mnoho lidí v otázce dřevostaveb očekává, že dům tzv. „dýchá“). Je sice faktem, že difuzně uzavřená skladba navozuje pocit uzavřenosti „v igelitu“ (což parozábrana bezpochyby je), nicméně „dýchání“ stavby není vlastností ani zděných staveb. Pro volbu difuzní uzavřenosti hovoří cena, která je obvykle nižší, menší tloušťka stěny (tedy méně ubraného užitného prostoru), se stejnými tepelně-izolačními vlastnostmi. Zde není jednoznačné, která volba je „ta správná“, oba typy mají své pro a proti, jakož i zastánce a odpůrce. Jak bylo zmíněno, záleží na konkrétních požadavcích a očekávání. Ve zkratce: pokud je vše provedeno správně, fungují stejně dobře obě možné varianty. (Růžička, 2014)

Někteří autoři doporučují (Slovák, 2013) a výrobci (PENATUS, Alfahaus, RD Rýmařov) používají v obvodové stěně instalační mezeru. Vrstvu oddělenou od obvodové stěny, ve které jsou vedeny instalace a není tedy narušena parotěsná vrstva. Pokud je navíc vyplněna izolací, zlepšuje i její tepelně-izolační vlastnosti. Zde nebyla použita, jelikož je předpoklad vedení všech instalací ve vnitřních přičkách, kromě elektrických kabelů – pro ty však může být vyfrézována drážka ve spodní/horní pásnici stěny a parotěsná vrstva také nebude porušena. Tento systém používá například firma Bien-Zenker. Mezera by dále zvětšovala tloušťku stěny, navíc je zde určité riziko kondenzace vodních par, zejména pokud je vyplněna izolací – je nutné udržet správný poměr mezi tloušťkami vrstev před a za parozábranou (z interiérové strany), cca. 4,5-5 : 1, jinak vzniká ono zmíněné riziko kondenzace.

Návrh dispozic místností je zcela v souladu s požadavky investora i požadavky normovými. Pokud by však byl dům orientován k ulici jinou svojí stranou, bylo by možné některé místnosti osadit většími výplněmi a více je prosvětlit. Zde však byla vzata v potaz skutečnost, že poměrně blízko domu vede ulice. V tomto ohledu bylo upřednostněno spíše soukromí rodiny investora. Z hlediska praktičnosti by bylo vhodné lépe vyřešit závětrí u vchodových dveří, ubráním prostor chodby a „zapuštěním“ prostoru pro vcházení hlouběji do domu. Na přání investora bylo závětrí nahrazeno skleněným zastřešením tak, aby nebylo ubráneno na ploště chodby, která by pak působila stísněnějším dojmem.

Tepelně-technické posouzení bylo posuzováno ručním a softwarovým výpočtem. První způsob sloužil ke stanovení výsledků, jejichž správnost měl softwarový výpočet potvrdit a doplnit je posouzením podrobnějším. Tohoto dílčího cíle se podařilo dosáhnout, výsledky vyšly totožně, což potvrdilo správnost postupu a ověření, že výpočtové softwaru pracují se stejnými daty. V porovnání s normovými požadavky bylo dosaženo nejen minimálních hodnot, ale i hodnot vhodných pro pasivní domy. Tento fakt předčil původní očekávání a cíl. Je nicméně vhodné podotknout, že na zařazení domu do pasivního standardu je pouhé posouzení součinitele prostupu tepla nedostatečným faktorem. Pro komplexnost posouzení by bylo třeba dále stanovit roční potřebu tepla na vytápění, zahrnout do jejího posudku tepelné zisky, tepelné ztráty, určit slabá místa v konstrukci atp. Je tedy otázkou, zda by výsledný posudek s ohledem na všechny faktory skutečně objekt vyhodnotil jako pasivní. Pokud ovšem porovnáme posuzovaná data s jinými autory (Martínek, 2020; Havel, 2017; Polreich, 2018) zjistíme, že bylo dosaženo stejných odpovídajících výsledků za použití stejných metod, i přes použití rozdílných výpočtových softwarů.

Statický posudek byl rovněž vyhotoven dvěma způsoby – ručním a softwarovým výpočtem. Zde bylo již od počátku předpokládáno, že se výpočty budou lišit a to z důvodu zjednodušení ručního výpočtu. Při výběru prvků – kterými byla krokev a středová vaznice – bylo zjištěno, že zmíněné jsou spojitými nosníky o nestejně velkých polích. Rozdíl výsledků je tedy dán tímto faktem, ačkoliv i přesto prvky vyhověly.

12 Závěr

Vytyčené cíle práce se podařilo splnit. V rámci řešení byl dle zadání vypracován návrh rodinného domu typu dřevostavby panelové konstrukce.

Byl proveden literární rozbor obecné problematiky dřevostaveb, panelových konstrukcí a jejich historický vývoj ve světě i u nás. Panelový konstrukční systém byl porovnán s jinými konstrukčními systémy dřevostaveb i se zděnými stavbami. Na základě tohoto rozboru byl v kontextu požadavků investora stanoven základní konstrukční systém navrhované stavby panelového typu.

Součástí projektového návrhu je tepelně-technické posouzení a optimalizace obálky budovy, statické posouzení vybraných prvků a výkresová dokumentace, obsahující kromě půdorysů, řezů konstrukcí a technickými pohledy i konstrukční detaily definující spoje panelů. Součástí práce je rovněž vizualizace stavby se situačním návrhem jejího možného umístění na pozemku.

Očekávaný přínos práce je možnost jejího použití jako podkladu pro případnou budoucí realizaci navrženého domu, včetně nastínění postupů, kterými lze návrh posoudit z tepelně-technického a statického hlediska.

13 Seznam literatury a použitých zdrojů

13.1 Literatura a elektronické zdroje

- ADMD. Podíl dřevostaveb na trhu rodinných domů překročil rekordních 14 procent. *Dřevařský magazín* [online]. 2017, 6/2017 [cit. 2020-10-19]. Dostupné z WWW: <<https://en.calameo.com/read/00596147134cf99f5be11>>. ISSN 1338-371X
- ATRIUM, Domy nové generace [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.atrium.cz/>>
- BAUMIT.cz [online]. Dostupné z WWW: <<https://baumit.cz/>>
- Beispielhaus.de [online]. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z WWW: <https://www.beispielhaus.de/lexikon_geschichte-des-fertighausbaus.html>
- Bien-Zenker.de [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.bien-zenker.de/?casm=GSEAG>>
- BOLTA, Eva. Holzständerbauweise: Besser oder schlechter als Massivbau? *DasHaus.de* [online]. [cit. 2020-12-02]. Dostupné z WWW: <<https://www.haus.de/bauen/holzstaenderbauweise-besser-oder-schlechter-als-massivbau>>
- BRAMAC.cz [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.bramac.cz/>>
- Český statistický úřad [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.czso.cz/>>
- CHRISTOPH & UNMACK. *Wohnhäuser aus Holz*. Dresden :B.G.Teubner, 1940. 120 s.
- EUROPANEL: Výrobce systémů pro energeticky úsporné stavby. [online]. Liberec [cit. 2020-10-30]. Dostupné z WWW: <<https://www.europanel.cz/cz/pro-odborniky/technologie-sips/>>
- *Fermacell.cz* [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.fermacell.cz/cz>>
- FertigHaus.net [online]. [cit. 2020-11-07]. Dostupné z WWW: <<https://www.fertighaus.net/die-geschichte-des-holz-fertigbaus/>>
- General Panel Corp. *Your General Panel Home* [online]. Burbank, 1950s. [cit. 2020-11-22]. Dostupné z WWW: <<https://archive.org/details/YourGeneralPanelHome/mode/2up>>
- GILBERT, Herbert. The Portable Colonial Cottage. *Journal of the Society of Architectural Historians* [online]. 1972, vol. 31, no. 4 [cit. 2020-11-07]. Dostupné z WWW: <<https://www.jstor.org/stable/988810>> . ISSN 0037-9808

- Gunnison „Magic“ Homes. Instant House [online]. 2012-01-22 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z WWW: <<http://instanthouse.blogspot.com/2012/01/gunnison-magic-homes.html>>
- HAVEL, Petr. *Návrh rodinného domu systémem dřevěné rámové konstrukce* [online]. Brno, 2017 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/nvzcec/>. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. Vedoucí práce Ing. Pavla Kotásková, Ph.D.
- ISOVER Saint/Gobain.cz [online]. Dostupné z WWW: < <https://www.isover.cz/>>
- JELÍNEK, Lubomír; ČERVENÝ, Petr. *Tesařské konstrukce*. 1. vydání. Volyně, 2012. 249 s.
- JELÍNEK, Lubomír; ČERVENÝ, Petr; DOUL, Ladislav. *Stavební mechanika*. 1. vydání. Klatovy: DRAGON PRESS s.r.o., 2012. 154 s. ISBN 978-80-86837-45-1.
- KOLB, Josef; *Dřevostavby*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7.
- KUHNOVÁ, Erika. Šest způsobů jak stavět ze dřeva. *Home: byt, dům, styl, zahrada* [online]. 2018-12-03 [cit. 2020-10-29]. Dostupné z WWW: <<https://homebydleni.cz/dum/drevostavby/sest-zpusobu-stavet-ze-dreva>>
- LIŠKA, Luděk. Historie panelových dřevostaveb. *tzbinfo* [online]. 2012-04-29 [cit. 2020-10-30]. Dostupné z WWW: <<https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/8545-historie-panelovych-drevostaveb>>
- LIŠKA, Luděk. Panelové dřevostavby v reálném socialismu. *Tepelná ochrana budov* [online]. 2012, 5/2012 [cit. 2020-11-24]. Dostupné z WWW: <http://www.lightbuilding.cz/data/cs/mod_novinky/5/files/panelov_devostavby_v_obdob_relnho_socialismu.pdf>
- Mapy.cz [online]. Dostupné z WWW: <<https://mapy.cz/zakladni?x=14.6644000&y=49.4245000&z=11>>
- MARTÍNEK, Karel. *Návrh difúzně uzavřené sloupkové konstrukce rodinného domu*. Praha, 2020 [cit. 2021-04-10] Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická. Vedoucí práce Ing. Přemysl Šedivka, PhD.
- MeziStromy.cz [online]. [cit. 2020-12-02]. Dostupné z WWW: <https://www.mezistromy.cz/drevostavby/stavenistni-a-panelova-vyroba-drevostaveb/odborny>

- NĚMCOVÁ, Lucie. Klasika TWO BY FOUR – dřevostavba realizovaná na staveništi. *DŘEVO&stavby.cz* [online]. 2019-05-20 [cit. 2020-10-29]. Dostupné z WWW: <<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/5500-two-by-four-drevostavba-ralizovana-na-stavenisti>>
- NERUŠIL, Josef. Americký sen o dřevostavbě. *Dřevostavitel.cz* [online]. 2018-06-04 [cit. 2020-11-22]. Dostupné z WWW: <<https://www.drevostavitel.cz/clanek/americka-drevostavba>>
- NERUŠIL, Josef. Co nám daly a vzaly okály. *Dřevostavitel.cz* [online]. 2012-05-02 [cit. 2020-11-25]. Dostupné z WWW: <<https://www.drevostavitel.cz/clanek/americka-drevostavba>>
- NEUFERT, Ernst; NEUEFERT, Peter. *Navrhování staveb*. 2. vydání. Praha : Consultinvest, 2000. 618 s. ISBN 80-901486-6-2
- NIBE.cz [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.nibe.cz/>>
- OKAL.de [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.okal.de/>>
- OSAYIMWESE, Itohan. *Colonialism and Modern Architecture in Germany*. Pittsburgh : University of Pittsburgh Press, 2017. 344 s. ISBN 978-0-8229-829-13.
- PENATUS, Domov, který hřeje [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.penatus.cz/>>
- POLREICH, Jakub. *Dřevostavba rodinného domu* [online]. Brno, 2018 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/647fhn/>. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Zdeňka Havířová.
- RAMSTEDTOVÁ, Frida. *Manuál stylu a designu pro každý domov*. 1. vydání. Praha: Grada
- RD Rýmařov [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.rdrymarov.cz/>>
- REINBOTH, Lutz. Firmenportrait: Die Fertighäuser von Niesky. *Dach-holzbau.de* [online]. 03/2018 [cit. 2020-11-18]. Dostupné z WWW: <https://www.dach-holzbau.de/artikel/firmenportrait-die-fertighaeuser-von-niesky_3179290.html>
- RUG, Wolfgang. Lebensdauer von Holzhäusern am Beispiel von Christoph & Unmack, Niesky. *Wissenschaftliche Berichte Hochschule Zitta/Görlitz* [online]. 2006, Heft 90 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z WWW: <http://www.holzbau-statik.de/ibr/downloads/03_gesch/Lebensdauer%20Holzhaeuser%20Christoph%20Unmack.pdf>
- RŮŽIČKA, Martin; *Moderní dřevostavba*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing, a.s., 2014. 160 s. ISBN 978-80-247-3298-5.

- Saint-Gobain.cz. Řešení těžké plovoucí podlahy v obytných místnostech [online]. 2020-09-22 [cit. 2020-01-01]. Dostupné z WWW: <<https://www.saint-gobain.cz/cop/reseni-tezke-plovouci-podlahy-v-obytnych-mistnostech/>>
- SLOVÁK, Karel. Skladba obvodové stěny dřevostavby je základ. *Dřevostavitel.cz* [online]. 2013-03-28 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z WWW: <<https://www.drevostavitel.cz/clanek/skladba-obvodove-steny-drevostavby-je-zaklad>>
- Státní správa zeměměřičství a katastru [online]. Dostupné z WWW: <<https://www.cuzk.cz/>>
- ŠTEFKO, Jozef; REINPRECHT, Ladislav; KUKLÍK, Petr. *Dřevěné stavby*. 2. čes. vyd. Bratislava : Jaga Group s.r.o., 2006. 200 s. ISBN 978-80-8076-080-9.
- STEKO: Holz-Bausysteme AG. [online]. St. Gallen [cit. 2020-10-29]. Dostupné z WWW: <<https://www.steko.ch/de/bausystem/steko-bausystem/>>
- TRANDOVÁ, Lenka. Každý 7. rodinný dům v Česku je ze dřeva! *ADMD* [online]. [cit. 2020-10-18]. Dostupné z WWW: <<https://www.admd.cz/aktuality/kazdy-7-rodinny-dum-v-cesku-je-ze-dreva>>
- VAVERKA, Jiří; HAVÍŘOVÁ, Zdeňka; JINDRÁK, Miroslav a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing a.s., 2008. 380 s. ISBN 978-80-247-7014-7.
- VOGLER, Andreas. *The House as a Product*. 11. vydání. Amsterdam : IOS Press BV, 2015. [196 s]. ISBN 978-1-61499-548-7.
- WOLBRING, Wolfgang. Sind „gebrauchte“ Fertighäuser problematisch? *Fertighaus.de* [online]. 2018-12-25 [cit. 2020-11-22]. Dostupné z WWW: <<https://www.fertighaus.de/ratgeber/gesetze-versicherungen/sind-gebrauchte-fertighaeuser-problematisch/>>

13.2 Normy a předpisy

- ČSN 01 3420. *Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části.* Praha: ČNI, 2004, 72 s. 013420
- ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody.* Praha: ČNI, 2005, 60 s. 730540
- ČSN 73 4301. *Obytné budovy.* Praha: ČNI, 2004, 28 s. 734301
- ČSN EN 14080. *Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo.* Praha: ČNI, 2013, 88 s. 732831
- ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1 – Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.* Praha: ČNI, 2004, 44 s. 730035
- ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1 – Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.* Praha: ČNI, 2005, 52 s. 730035
- ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.* Praha: ČNI, 2006, 114 s. 731701
- ČSN EN 338. *Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti.* Praha: ČNI, 2016, 16 s. 731711
- ČSN EN ISO 13788. *Tepelně-vlhkostní chování stavebních konstrukcí a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení (...).* Praha: ČNI, 2020, 44 s. 730558
- ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtové metody.* Praha: ČNI, 2020, 44 s. 730558

14 Seznam příloh

14.1 Příloha I. – Výkresová dokumentace

14.1.1 Studie – přízemí a první patro	1:100
14.1.2 Studie – řez A-A a B-B	1:100
14.1.3 Studie – pohled JV a SV	1:100
14.1.4 Studie – pohled SZ a JZ	1:100
14.1.5 Půdorys základů	1:50
14.1.6 Půdorys 1.NP	1:50
14.1.7 Půdorys stropu 1.NP	1:50
14.1.8 Půdorys 2.NP	1:50
14.1.9 Půdorys stropu 2.NP	1:50
14.1.10 Půdorys krovu	1:50
14.1.11 Řez A-A'	1:50
14.1.12 Řez B-B'	1:50
14.1.13 Pohled jihovýchodní	1:50
14.1.14 Pohled severovýchodní	1:50
14.1.15 Pohled severozápadní	1:50
14.1.16 Pohled jihozápadní	1:50
14.1.17 Detail A – založení soklu	1:10
14.1.18 Detail B – rohový spoj vnějších stěn	1:5
14.1.19 Detail C – T-spoj vnější a vnitřní stěny	1:5
14.1.20 Detail D – T-spoj vnitřních stěn	1:5
14.1.21 Detail E – rohový spoj vnitřních stěn	1:5
14.1.22 Detail F – spoj stěny a stropu	1:5
14.1.23 Detail G – spoj stropních panelů	1:5
14.1.24 Detail H – spoj stěny a stropu	1:5
14.1.25 Detail I – spoj stěny a stropu	1:5
14.1.26 Detail J – spoj střešního panelu a pozednice	1:5
14.1.27 Detail K – spoj střešního panelu a středové vaznice	1:5
14.1.28 Detail L – spoj střešního panelu a vrcholové vaznice	1:5

14.2 Příloha II. – Tepelně-technické posouzení

STN-1: Obvodová stěna	2
STR-2: Střecha	5
STR-3: Strop nad 2.NP	9
PDL(z)-4: Podlaha na zemině	13

14.3 Příloha III. – Statické posouzení vybraných prvků

Pos. 1.1: Krokev.....	1
Pos. 2.6: Středová vaznice	12

14.4 Příloha IV. – Vizualizace

Pohled 1	1
Pohled 2	2
Pohled 3	3

14.5 Datový nosič CD