

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Diplomová práce

Analýza energetické náročnosti rekreačního domku

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Autor: Bc. Michal Krpec

© 2022 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michal Krpec

Procesní inženýrství
Technologická zařízení staveb

Název práce

Analýza energetické náročnosti rekreačního domku

Název anglicky

Analysis of energy demands of the cottage

Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést analýzu energetické náročnosti rekreačního domku a zhodnocení vlivu stavební konstrukce na tepelnou bilanci a vnitřní prostředí. Zaměřit se především na vliv různých izolačních materiálů v průběhu letního a zimního období. Zvážit varianty vhodného způsobu vytápění.

Na základě poznatků z literatury, vlastních výpočtů a případně i měření posoudit různá provedení i skladbu stavební konstrukce a izolačních materiálů v reálných podmínkách. Doporučit optimální řešení.

Metodika

Úvod

Cíl práce

Současný stav sledované problematiky

Metodika práce

Výsledky a diskuse

Závěr a doporučení

Seznam použitých zdrojů

Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu

Klíčová slova

Izolace; stavební materiály; tepelně technické vlastnosti; vytápění

Doporučené zdroje informací

Časopisy: Vytápění, větrání, instalace. Klimatizace.

Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.

Počinková, M.- Čuprová, D.- Rubinová, O: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.

Székyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.

Treuová, L.-Počinková, M.: Vytápění. Computer press, Brno 2011. 151 s.

Tywoniak, J.: Nízkoenergetické domy – principy a příklady. Grada, Praha, 2005, 194 s.

Tywoniak, J.: Nízkoenergetické domy 3. Nulové, pasivní a další. Grada, Praha, 2012, 195 s.



Předběžný termín obhajoby

2021/2022 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2021

doc. Ing. Jan Malafák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2021

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 01. 09. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma "Analýza energetické náročnosti rekreačního domku" vypracoval samostatně pod vedením svého vedoucího, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou v práci citovány a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31. 3. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu práce prof. Ing. Pavlovi Kicovi, DrSc. za cenné rady ohledně zpracování diplomové práce, poskytnutí prostor a zapůjčení techniky pro naměření hodnot týkající se analýzy stavebních materiálů. Dále bych chtěl poděkovat dodavatelům stavebních materiálů, za odborné rady a řádné dodávky materiálů. V poslední části bych rád poděkoval své rodině za finanční a psychickou podporu při budování rekreačního domku.

Analýza energetické náročnosti rekreačního domku

Abstrakt

Práce je věnována analýze energetické náročnosti rekreačního domku a materiálům z nichž je vystavěn. Práce v teoretické části pojednává o stavebních prvcích a jejich popisu, které se úzce pojí s řešeným objektem. Následuje analýza a měření vybraných stavebních materiálů, která spočívá v měření vlhkosti a jejím vlivu na součinitel prostupu tepla. Další částí je návrh zateplení, vytápění a větrání dle aktuálních norem, které souvisí s NZEB. Technologie je v poslední řadě zhodnocena z ekonomického hlediska pořízení a případných nákladů na vytápění domku.

Klíčová slova: izolace; stavební materiály; tepelně technické vlastnosti; vytápění

Analysis of energy demands of the cottage

Abstract

The thesis is devoted to the analysis of energy efficiency of the Cottage and the materials from which it is built. The thesis in the theoretical part deals with building elements and their description, which are closely related to the object. The following is an analysis and measurement of selected building materials, which consists in measuring the humidity and its effect on the heat transfer coefficient. The next part is the design of insulation, heating, and ventilation according to current standards related to NZEB. Lastly, the technology is evaluated from the economic point of view of acquisition and possible costs of heating the house.

Keywords: isolation; building materials; thermal technical properties; heating

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce a metodika	2
2.1	Cíl práce	2
2.2	Metodika	2
3	Současný stav sledované problematiky	3
3.1	Tepelný komfort	3
3.2	Ceny energií.....	4
3.2.1	Cena plynu.....	4
3.2.2	Cena elektřiny.....	6
3.3	Vliv stavby na ekologii	7
3.3.1	Ekologie.....	7
3.3.2	Stavba	7
3.3.3	Posouzení vlivu stavby na životní prostředí	8
3.4	Budovy s téměř nulovou spotřebou energie	8
3.5	Ploché střechy	9
3.5.1	Historie plochých střech	9
3.5.2	Typy plochých střech.....	10
3.6	Stavební materiály	11
3.7	Zateplovací systémy	13
3.8	Tepelné izolace	13
3.8.1	Polystyren	14
3.8.2	Isover Flora.....	15
3.9	Podlahové vytápění.....	16
3.9.1	Teplovodní podlahové vytápění	16
3.9.2	Elektrické podlahové vytápění	17
4	Metodika práce	20
4.1	Popis domu – momentální situace	20
4.1.1	Hrubá stavba.....	20
4.1.2	Volba oken a jejich vlastnosti.....	23
4.1.3	Vnitřní dispozice objektu	25
4.1.3.1	Koupelna	25
4.1.3.2	Obývací pokoj, kuchyně, ložnice	27
4.1.3.3	Vstupní chodba.....	27
4.2	Popis měřících přístrojů	28
4.2.1	Almemo datalogery	28
4.2.1.1	Měření vlhkosti	29

4.2.1.2	Měření teploty	30
4.2.1.3	Měření prostředí	30
4.2.2	Isomet 2104	31
4.2.2.1	Jehla.....	31
4.2.2.2	Povrchová sonda	32
4.3	Výpočetní metody a vyhodnocování	33
4.3.1	Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty objektu.....	33
4.3.2	Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem	33
4.3.2.1	Součinitel tepelné ztráty prostupem tepla	35
4.3.2.2	Součinitel prostupu tepla do místností vytápěných na jinou teplotu..	36
4.3.2.3	Součinitel tepelné ztráty do zeminy	36
4.3.2.4	Součinitel prostupu tepla.....	37
4.3.3	Návrhová tepelná ztráta větráním.....	37
4.3.4	Teoretická roční spotřeba tepla při nepřerušovaném vytápění	38
5	Výsledky a diskuse	40
5.1	Analýza naměřených hodnot	40
5.1.1	Pórobetonové tvárnice Ytong	40
5.1.2	Isover Flora.....	43
5.2	Energetické výpočty	44
5.2.1	Vypočet zateplení podlahy	45
5.2.2	Vypočet zateplení ploché střechy	48
5.2.3	Vypočet zateplení svislých stěn.....	49
5.2.3.1	Výpočet zateplení věnce.....	49
5.2.3.2	Výpočet zateplení překladů.....	50
5.2.3.3	Výpočet zateplení nosné stěny	51
5.2.3.4	Výpočet zateplení soklu	52
5.2.4	Výpočet tepelných ztrát	53
5.2.4.1	Výpočet tepelných ztrát koupelna	53
5.2.4.2	Výpočet tepelných ztrát obývací pokoj, kuchyň, ložnice.....	56
5.2.4.3	Výpočet tepelných ztrát vstupní chodba	60
5.2.4.4	Tepelné ztráty celého objektu a volba otopných těles.....	62
5.3	Ekonomické úvahy	63
5.3.1	Spotřeba energie ve vztahu k tepelným ztrátám.....	63
5.3.2	Cenová politika tepelně-izolačních materiálů	64
5.3.3	Návratnost investice zateplení	65
6	Závěr a doporučení	67

7 Seznam použité literatury	68
8 Seznam použitých obrázků	72
9 Seznam tabulek	73
10 Přílohy.....	75

Seznam použitých zkratk

A_k	plocha stavební části [m^2]
D	denostupně
d	tloušťka šetřené vrstvy [m]
d_d	Počet dnů topného období
$d_{EPS,300}$	tloušťka Isover desky GreyWall pro zateplení obvodové stěny [m]
$d_{EPS,375}$	tloušťka desky Isover GreyWall pro zateplení Ytong 37,5 PDK P2-400 [m]
d_{NOP}	tloušťka překladu Ytong NOP [m]
d_{YU}	tloušťka pórobetonového U-profilu [m]
d_{YUzb}	tloušťka železobetonu vylitého do U-profilu [m]
e	součinitel charakterizující nesoučasnost vytápění [-]
e_k	korekční činitelé vystavení povětrnostním vlivům jako je oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly [-]
f_{g1}	opravný součinitel, uvažující vliv roční změny v průběhu venkovní teploty [-]
f_{g2}	opravný teplotní součinitel, zahrnující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou
f_{ij}	součinitel redukce teploty [-]
G_w	opravný součinitel na vliv spodní vody [-]
$H_{T,ie}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy [$W \cdot K^{-1}$]
$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu [$W \cdot K^{-1}$]
$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného a výrazně jinou teplotu [$W \cdot K^{-1}$]
$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem [$W \cdot K^{-1}$]
n_{min}	minimální intenzita výměny venkovního vzduchu [h^{-1}]
Q_d	celková spotřeba energie založená na výpočtu denostupňů [$kWh \cdot a^{-1}$]
R_{ye}	tepelný odpor stropní konstrukce Ytong Ekonom [$K \cdot m^2 \cdot W^{-1}$]
U_{300}	součinitel prostupu tepla tvárnice Ytong 30 PDK P2-400 [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

U_{375}	součinitel prostupu tepla tvárnice Ytong 37,5 PDK P2-400 [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
$U_{eq,ie,k}$	součinitel prostupu tepla stavební součástí [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
U_g	prostup tepla zasklením [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
U_k	součinitel prostupu tepla stavební součástí [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
U_{kc}	celkový součinitel prostupu tepla pro konstrukci [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
$U_{pas,20}$	doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy dle normy ČSN 730540-2:2011 [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
$U_{pas,20,os}$	doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní domy obvodová stěna [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
$U_{pas,20,ps}$	doporučená hodnota součinitele prostupu tepla pro pasivní domy rovné střechy [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
U_{ps}	součinitel prostupu tepla skladby podlahy [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
$U_{rec,20}$	doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 730540-2:2011 [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
U_w	prostup tepla oknem [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
U_{Y375}	součinitel prostupu tepla tvárnice Ytong 37,5 PDK P2-400 [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
V_i	výměna vzduchu přirozeným větráním [m^3]
w_h	hmotnostní vlhkost [%]
α_e	celkový součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu stěny [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
α_i	celkový součinitel přestupu tepla na vnitřním povrchu stěny [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
ΔU	korekční součinitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
θ_e	výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$]
θ_{es}	průměrná venkovní teplota, [$^{\circ}C$]
$\theta_{int,i}$	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [$^{\circ}C$]
θ_{is}	průměrná roční teplota v domě, [$^{\circ}C$]
λ	tepelná vodivost [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
$\lambda_{EPS,IG,100}$	tepelná vodivost Isover GreyWall 100 [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
$\lambda_{EPS,IGP}$	tepelná vodivost desky Isover GreyWall pro zateplení obvodové stěny [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]

λ_{EPSp}	tepelná vodivost požadovaného materiálu pro zateplení věnce objektu [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
λ_{NOP}	tepelná vodivost překladu Ytong NOP [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
λ_{YU}	tepelná vodivost pórobetonového U-profilu [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
λ_{YUzb}	tepelná vodivost železobetonu vylitého do U-profilu [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
Φ	tepelné ztráty celého objektu [kWh]
Φ_i	celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru [W]
$\Phi_{T,i}$	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla z vytápěného prostoru [W]
$\Phi_{V,i}$	návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

1 Úvod

Úvodem by bylo patřičné uvést, že tato diplomová práce vznikla díky situaci, která posledních několik let sužuje rostoucími cenami nemovitostí studenty a mladé rodiny hledající bydlení s dobrou dostupností do práce, která jsou většinou v okolí velkých měst, a s výbornou dostupností městské hromadné dopravy. Vzhledem k těmto požadavkům vznikl obrovský cenový převrat a nemovitosti neustále nabývaly na ceně, až se dostalo situace, kdy si většina lidí nemůže dovolit pořízení vlastní nemovitosti a jsou nuceni bydlet v nájmech.

Další problematikou v této diplomové práci je popsání zvedání cen energií a stavebního materiálu, jež zasáhl trh v roce 2021 a tím změnil plány nejednomu investorovi. Dalším problémem pro investory a případné uživatele nemovitostí je energetická náročnost budovy, která ovlivňuje spotřebu energií na vytápění a vzhledem k rostoucí ceně energií zvyšuje náklady, jež musí uživatel vynaložit, aby si vytvořil svou tepelnou pohodu.

Pro výpočet by měl být zvolen modelový domek, jež bude souběžně realizován s psaním této diplomové práce a jsou na něm popsány problémové části s nimiž je možné se setkat během výstavby. Na modelovou nemovitost by měly být následně dopočítány výsledné tepelné ztráty dle aktuálních norem, které se od nového roku 2022 změnily a je nutné je od data účinnosti respektovat.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je analyzovat, posoudit, popsat stav rekreačního domku a navrhnout řešení, které by odpovídalo aktuálním platným normám. Zároveň je nutné, aby návrh měl smysl z ekonomického hlediska pro obyvatele domku, jež by chtěl domek obývat po realizaci zateplení a celoročním vytápění.

Další částí diplomové práce je proměření stavebních vzorků z pohledu vlhkosti a tepelné vodivosti. Měřené vzorky jsou vybrány z hrubé stavby objektu, a měly by být upravené tak, aby se s nimi dalo dobře manipulovat, nebo je sušit. Vzorky pro měření je možné porovnat ve vztahu k ostatním typům vzorků v následně vytvořeném grafickém zpracování, nebo je sledován vývoj tepelné vodivosti a zjištění její závislosti na vlhkosti.

V poslední části práce je uvedeno ekonomické zhodnocení a teoretická spotřeba na vytápění a užívání objektu.

2.2 Metodika

Diplomová práce je rozdělena do části teoretické a praktické, jež jsou náležitě rozděleny. V části teoretické je čtenář seznámen s tématy týkající se energetické náročnosti rekreačního domku. Konkrétně se jedná o témata, jako je vývoj cen energií, stavebních materiálů, druhy tepelně izolačních materiálů, technologie zateplování, vytápění pro malé prostory, druhy plochých střech, nová legislativa pro výstavbu rodinných domů a vlivu stavby na ekologii a jejího posuzování.

V části praktické jsou proměřeny a analyzovány stavební vzorky, ze kterých je hrubá stavba provedena. Následně jsou vypočítány tloušťky izolačních materiálů dle aktuálních norem a spočítán příkon vytápění na jehož základě je provedena jeho volba. Celá praktická část je zhodnocena nejen z energetického hlediska, ale také i z ekonomického hlediska.

3 Současný stav sledované problematiky

Kapitola pojednávající o aktuálním stavu problematiky, ekologie, energií, jejich ceny, dotací a dalších témat týkajících se tematiky diplomové práce.

3.1 Tepelný komfort

Tepelná pohoda, či v jiných literaturách nazývána jako tepelný komfort je subjektivní pocit, jenž spočívá v zachování tepelné rovnováhy a dodržení optimálních fyziologických parametrů osob. Tepelný komfort je možné vyjádřit rovnicemi, které zahrnují parametry, jenž se dělí do dvou následujících skupin, stav člověka a tepelný stav prostředí. (Nový, CSc., 2000)

Mezi parametry stavu člověka patří dvě základní veličiny. Prvním parametrem je intenzita fyzické činnosti člověka, jenž se často označuje jako měrný energetický výdej. Druhým parametrem je pak tepelný odpor oděvu, který spočívá ve vlastnostech oblečení, které má řešená osoba v daném momentu výpočtu oblečené na sobě. (Nový, CSc., 2000)

Tepelný stav prostředí doplňuje rovnici tepelného komfortu o vnější vlivy prostředí, které spočívají v teplotě vzduchu, střední radiační teplotě, relativní vlhkosti vzduchu, rychlosti proudění vzduchu a intenzitě turbulence. (Nový, CSc., 2000)

Definice tepelného komfortu je uváděna jako „stav mysli, který vyjadřuje spokojenost s tepelným prostředím“. Je nutné podotknout, že v dnešní době je možné se setkat s valnou většinou lidí, která si myslí, že tepelný komfort spočívá pouze v teplotě místnosti. Tento mýtus byl již vyvrácen a tepelná pohoda, jak již bylo popsáno výše, spočívá ve více parametrech. („Tepelný komfort“, 2021)

Vzhledem k rostoucím cenám energií, o kterých bude pojednáno v příštích kapitolách, dochází v mnoha domácnostech k šetření energiemi tím, že uživatelé snižují teploty obytných místností, a tím k následnému snížení tepelného komfortu.

Právě snižováním teplot v obytných místnostech, se může změnit stav tepelné pohody v tepelnou nepohodu. Ta nastává v okamžiku, kdy tepelné prostředí nesplňuje očekávání těla nebo lidské mysli. Naopak v případě příliš teplého prostředí může docházet k nadměrnému pocení, a to může v krajních případech vést, až k hypertermii neboli přehřátí. V případě nízkých teplot může docházet k prochlazení končetin, husím kůžím a v krajních případech, až k hypotermii neboli podchlazení. („Tepelný komfort“, 2021)

Právě tepelný komfort může být hlavním tématem v případě některých podnájmů. Spor spojený se snižováním tepelného komfortu se odehrál v roce 2014

ve Frankfurtu nad Mohanem, kde pronajímatel, který měl v úmyslu ušetřit na spotřebě energií a přiblížit se co nejvíce standardu NZEB, nainstaloval do prostor budovy aktivní větrání užívané pro pasivní domy, jenž mělo zajistit menší spotřebu energie při vytápění oproti předchozímu řešení. Problém vznikl na straně nájemců, kteří se obrátili na soud s požadavkem na snížení nájemného z důvodu vzniku tepelného diskomfortu zapříčiněným průvanem studeného vzduchu. Soud celou situaci prošetřil a dle odborného posudku, jež byl vytvořen na základě stížnosti uživatelů, bylo rozhodnuto že došlo ke snížení tepelného komfortu. V posudku stálo, že ke snižování tepelného komfortu docházelo při nízké venkovní teplotě, která byla natolik nízká, že zdroj tepla nedokázal dostatečně dohřát vstupující vzduch, aby k tepelnému diskomfortu nedocházelo. (Hodbod', 2018)

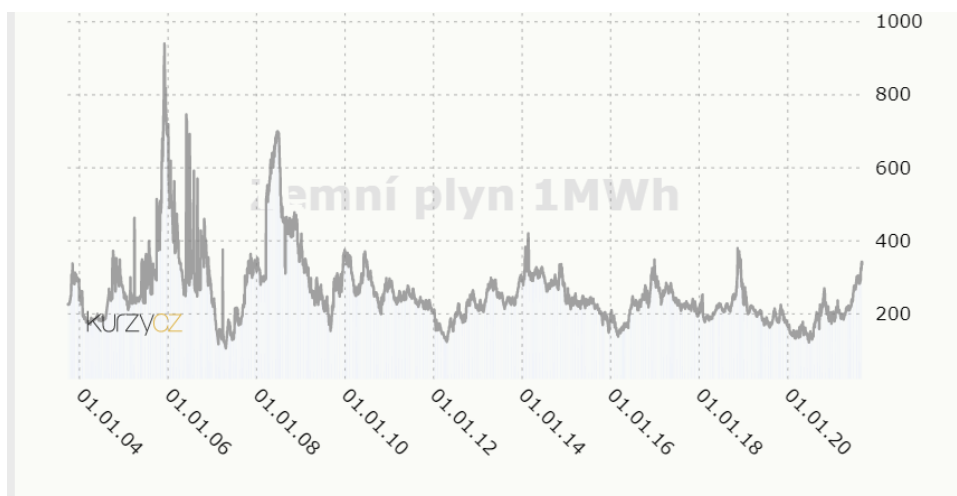
3.2 Ceny energií

Ceny energií se neustále mění, a ačkoliv některé pouze kolísají, valná většina z nich roste. Speciální dobou pro zdražování se může zdát právě doba post Covidová, v níž veškeré ceny energií rostly. Zdražování se nevyhýbají ani ceny stavebních materiálů, či souvisejících produktů.

3.2.1 Cena plynu

Je nutné si uvědomit, že Česká republika je závislá na dodávkách plynu z jiných států. Největší podíl na dodávkách plynu má Ruská federace, v menším měřítku severské státy Evropy, Nizozemí a v poslední řadě státy Blízkého východu. Cenu energií ovlivňují ve velkém měřítku mezinárodní vztahy, jež v některých případech mohou být vypjaté. Příkladem vypjatých mezinárodních vztahů by mohl být konflikt anexe Ruska na Krymu, neustálé napětí mezi státy Evropy a Ruska, a z toho pramenící zvyšující se cena plynu. Spory se projevují následným utahováním kohoutů, a tím omezení přísunu plynu do evropských států. Všechny kritické mezinárodní situace jsou zobrazeny na následujícím grafu, který zcela zřetelně ukazuje kolísající cenu, na základě právě výše zmíněných konfliktů.

Obrázek 1 – Ceny zemního plynu

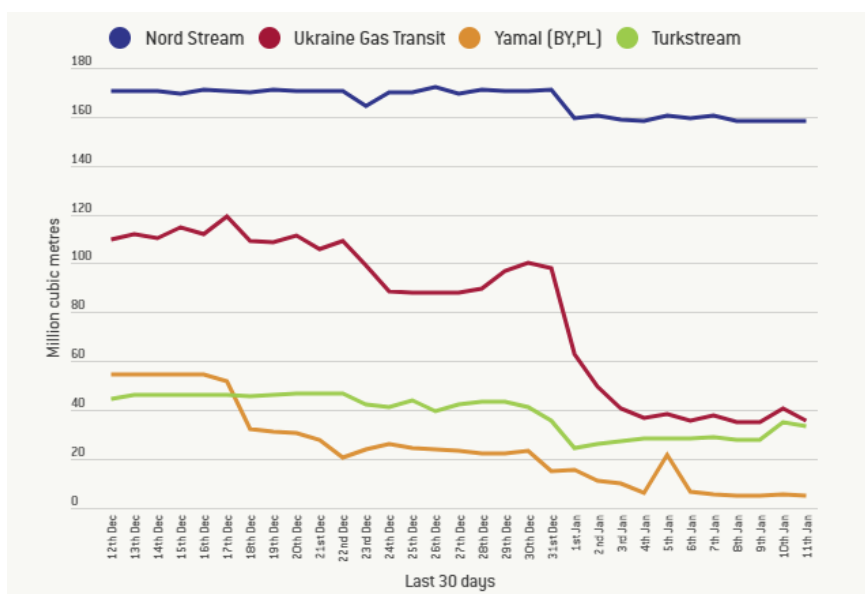


Zdroj: <https://www.kurzy.cz/komodity/zemni-plyn-graf-vyvoje-ceny/1MWh-czk-30-let>

Na grafu je možné vidět například zakolísání ceny v roce 2014 při obsazení Krymu, které se projevilo skokovým nárůstem ceny za plyn. Tomuto jevu předcházelo uvalení sankcí evropských států proti Ruské federaci.

Situace se na přelomu roku 2021 a 2022 vyhrotila natolik, že došlo k omezení přívodu plynu z Ruska do Evropy v takové míře, že státy Evropské unie, k vyrovnání schodku spotřebovaného plynu, byly donuceny použít zásoby, které byly půlkou ledna na polovině kapacit. (Nebývalá věc. Už v polovině ledna jsou evropské zásobníky plynu poloprázdné., 2022)

Obrázek 2 – Grafické zpracování dodávek plynu do Evropy



Zdroj: <https://www.bruegel.org/publications/datasets/european-natural-gas-imports/>

Jak z grafu vyplývá tento problém se netýká pouze České republiky, ale celé Evropy a může vést ke skokovému zdražení plynu. Je možné se domnívat, že aktuální opatření, která se momentálně projednávají proti závislosti na externích energiích členů Evropské unie ze strany Bruselu může být reakcí na závislost přísunu energií ze států mimo unii.

3.2.2 Cena elektřiny

Cena elektřiny je aktuálním tématem médií. Téma je spojeno se zvedajícími se cenami emisních povolenek na energetických burzách.

„Pro bližší představu v roce 2018 se prodávala emisní povolenka za 5 eur. V letech 2019 a 2020 se obchodovala v průměru okolo 25 eur a letos maxima dosahují více než 60 eur.“ (Šíma, 2021)

Grafické zobrazení vývoje ceny emisních povolenek elektřiny je uvedeno na grafu níže, který zobrazuje, jak se cena emisních povolenek měnila v průběhu posledních pěti let.

Obrázek 3 – Ceny emisních povolenek



Zdroj: <https://forbes.cz/graf-tydne-rekordni-ceny-emisnich-povolenek-zdrazi-elektřinu/>

Graf byl vydán dne 23. února 2021 a je tedy jasné, že se nyní cena emisních povolenek několikrát změnila. Aktuálně dosahuje hodnota jedné emisní povolenky až 60 eur.

Vliv na cenu elektřiny mají také vstupy spekulantů na trh, kteří nemají vliv pouze na cenu české elektrické energie, ale na celý evropský trh. Mezi další vlivy kolísání cen energií může být zařazeno i mrazivé počasí, které bylo o něco chladnější oproti přechozím rokům. (Strouhal, 2021)

Vzhledem ke skokovému zdražení je zcela určité, že porostou také ceny produktů, jejichž výroba je na elektřině závislá. Znamená to, že všechny provozy využívající elektrickou energii k provozu svých výrobních prostor nebo výrobních linek budou pravděpodobně

zdrazovat, aby vyrovnali ekonomickou ztrátu podniku, vzniklou navýšením nákladů na provoz.

3.3 Vliv stavby na ekologii

Vliv stavby na ekologii rozebírá vztah mezi ekologií a stavbami, jenž by se dal pojmout, jako vliv člověka v zastoupení staveb na přírodu, jež je zastoupena přirozeným okolím.

Při analýze požadavků na stavební objekty lze konstatovat, že problematika vlivu na životní prostředí je velkým problémem, který se týká jak vnitřního prostředí budovy, tak i okolního prostředí. Enviromentální dopad by měl být zohledněn v průběhu životního cyklu budovy, který je nutné řešit již v předprojektovém řízení. (Ibadov, 2020)

3.3.1 Ekologie

Ekologie je téma, jenž se poslední dobou ozývá ze všech stran. Ačkoliv to některým lidem připadá zbytečné, právě ekologie je jednou z nejdůležitějších věcí, která celé lidstvo udržuje při životě.

Ekologie je v botanických vědách definována jako „*Věda o vzájemných vztazích mezi organismy a jejich prostředím.*“, kde je prostředí „*Soubor všech neživých a živých činitelů v okolí.*“. (Ekologie, 2014)

Prvním představitelem, který se poprvé zmínil o ekologii a definoval ji, byl E. Haeckel, který o ekologii napsal „*Ekologie je souborná věda o vztazích organismu k okolnímu světu, kam můžeme počítat v širším smyslu všechny existenční podmínky. Ty jsou částečně organické a částečně anorganické povahy.*“. Eduard Haeckel se během svého života zabýval životem mořských živočichů a jejich způsobem bytí. (Ekologie, 2014)

3.3.2 Stavba

Stavební zákon 183/2006 Sb. definuje stavbu, jako veškerá stavební díla, která vznikají stavební nebo montážní technologií, bez zřetele na jejich stavebně technické provedení, použité stavební výrobky, materiály a konstrukce na účel využití a dobu trvání. Zákon dále definuje dočasnou stavbu, jako stavbu, u níž stavební úřad omezí dobu trvání. V poslední části odstavce 3, je uvedeno, že je stavbou považován také výrobek plnící funkci stavby, reklamním účelům, nebo stavby pro reklamu. (Stavební zákon, 2006)

Jak lze vidět z definic stavebního zákona, vždy se jedná o vytvořené dílo, které je vystavěné člověkem v krajině.

3.3.3 Posouzení vlivu stavby na životní prostředí

Posouzení vlivu stavby na životní prostředí nám vyjadřuje vztah, při němž po postavení stavby dochází ke změnám životního prostředí.

Konkrétně se touto problematikou zabývá Ministerstvo životního prostředí, které vydává zákony upravující podmínky pro výstavbu staveb v krajině.

Zákon upravuje vcelku dva procesy spojené s posuzováním vlivu na životní prostředí, procesy EIA (Environmental Impact Assessment) a SEA (Strategic Environmental Assessment). (Posuzování vlivů na životní prostředí, c2008-2020)

Proces EIA spočívá v posuzování staveb, činností a technologií uvedených v příloze číslo 1 zákona 100/2001 Sb. Příklady projektů, které proces EIA posuzuje jsou komunikace, stavby, výrobní haly, těžby nerostných surovin a provozy nově budované, ale i také přestavby, nástavby, či změny technologií. (Posuzování vlivů na životní prostředí, c2008-2020)

Proces EIA vždy probíhá ještě před povolením záměru stavebním úřadem. Cílem procesu je zmírnění dopadu realizace záměru na životní prostředí a předpověď budoucích vlivů na veřejné zdraví ve všech rozhodujících souvislostech. (Posuzování vlivů na životní prostředí (EIA), c2008-2020)

Proces posuzování koncepcí neboli SEA se provádí dříve, nežli orgán veřejné správy danou koncepcí schválí. Během procesu posuzování koncepcí se řeší přímé i nepřímé vlivy koncepce na životní prostředí. Přímé vlivy se projeví po dokončení výstavby a nepřímé vlivy až po určitém časovém horizontu. (Co je to SEA?, c2005-2022)

3.4 Budovy s téměř nulovou spotřebou energie

Je téma, na něž se cílí většina projektových a architektonických kanceláří z důvodu platnosti novely vyhlášky a změny podmínek pro výstavbu, jež vešla v platnost 1. 1. 2022.

Novela vyhlášky o energetické náročnosti budov označená jako vyhláška č. 264/2020 sbírky, mění požadavky na nově projektované budovy a má za úkol změnit požadavky na NZEB (nearly zero energy building), jež v překladu znamená budovy s téměř nulovou spotřebou energií. V praxi to znamená vyšší využití obnovitelných zdrojů energií. Na tento faktor má vliv například umístění budovy, otočení ku světovým stranám, uzpůsobení vlastností oken z důvodu solárních zisků, ale také spotřeba energií, která se vyrábí v místě budovy, nebo jejím okolí. („Úprava požadavků na budovy s téměř nulovou spotřebou energie“, 2021)

Tato vyhláška vznikla za přispění nové Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU, která si dává za úkol přijmout opatření s cílem zvýšit počet budov, které budou svou existencí produkovat menší množství oxidu uhličitého a budou vykazovat menší spotřebu energií a tím šetřit okolní prostředí. (Čejka, & Antonín, 2021)

3.5 Ploché střechy

Ploché střechy jsou definována normou ČSN 73 1901, která popisuje ploché střechy, jako střechy jejichž sklon vnějšího povrchu je $\alpha \leq 5^\circ$, hodnota odpovídá sklonu 8,75 %. (ČSN 73 1901-1, 2020)

3.5.1 Historie plochých střech

Historicky mají ploché střechy svůj původ již ve třetím tisíciletí před Kristem v oblastech s menším množstvím srážek. Konkrétně v Egyptě byly zastřešeny plochými střechami zhotovenými z kamenných desek hrobové stavby, jež sloužily k posmrtnému odpočinku dvořanů. Ploché střechy je možné nalézt také v Asyrské, nebo Babylonské architektuře. V Babylonu se ploché střechy užívaly jako visuté zahrady, které byly postaveny na stupňovitých zděných konstrukcích, jež byly podpírány klenbami. Příkladem užití plochých střech v historii by mohl být jeden ze sedmi divů světa Semiramis v Babylónii. Dokonce i v Persii je možné nalézt pozůstatky plochých střech, které byly opatřeny asfaltem vytěženým z mrtvého moře, díky němuž se stávala krytina voděodolná a disponovala delší životností. (Solař, 2021)

V Evropě mají ploché střechy také dlouhodobou tradici, jež započala v Řecku, kde byly nalezeny důkazy jejich existence již v 7. století před Kristem. Rovné střechy tvořila udusaná hlína na dřevěných kulatinách, která tvořila ochranu chrámů před nepříznivými vlivy okolí, čímž docházelo k ochraně dřeva, a tím prodloužení životnosti konstrukce. V římské architektuře se objevovaly také typy staveb s plochými střechami, ty disponovaly terasami na střechách vil. (Solař, 2021)

V novodobých dějinách byl asfalt po peršanské architektuře použit až v 18. století, kdy byl nalezen řeckým lékařem Eirynnem ve formě asfaltové horniny. Objev způsobil vznik výroby předchůdců dnešních asfaltových pásů, tak jak jsou známy dnes. V 19. století následoval objev dehtové lepenky, která se zahájila obrovský rozvoj plochých střech hlavně v Německu. (Solař, 2021)

Mezi hlavní osobnosti, které se zasadily o popularizaci rovných střech patří architekt Le Corbusier, který formuloval 5 základních znaků funkcionalistické architektury, kde jako

jeden ze znaků popisuje obytnou střechu se zahradou. Od 30. let minulého století se začíná řadit plochá střecha mezi trvalé architektonické prvky. (Solař, 2021)

V současnosti se v České republice můžeme setkat rovnou s několika typy střech, které se historicky liší oblastí výstavby. Tradičně jsou v České republice stavěny střechy šikmé, konkrétně střechy sedlové, nebo valbové.

V dnešní době se trend částečně mění a přechází se vzhledem ke skokovému zlepšení hydroizolačních materiálů na častější realizaci plochých střech. Nejčastěji je možné si všimnout plochých střech na panelových domech, které byly vystavěny již za minulého režimu. Častokrát byl tento typ plochých střech spojován právě s nedokonalou hydroizolací a následným zatékáním do místností domů.

Pokud se správně dodrží celý pracovní postup a plochá střecha se namontuje přesně dle pokynů výrobců, může tento typ střechy ve výsledku ušetřit velkou část energie, a to je také důvodem, proč se v dnešní době navrhuje s větší četností. (Typy střech, 2022)

3.5.2 Typy plochých střech

Typy plochých střech můžeme dělit dle počtu pláštěů, na jednoplášťové, dvouplášťové nebo víceplášťové. V praxi je možné se setkat njeméně se střechami tříplášťovými. (Typy střech, 2022)

Jednoplášťové ploché střechy jsou nejčastěji pužívaným typem střechy v praxi, je tomu z důvodu, že disponují menší tloušťkou požadované skladby, nižšími náklady na realizaci, jednodušší realizací, případně více možnostmi využití hotového povrchu. Nejčastěji se tento typ ploché střechy dělí na s tepelnou izolací, nebo bez tepelné izolace, případně je možné je rozdělit jako větrané, či nevětrané. Vždy se mohou skladby také lišit dle klasického pořadí vrstev, opačným pořadím vrstev či dokonce typem kombinovaným. (Solař, 2021)

Dnešní nový trend, který má vliv na okolní prostředí, jsou zelené střechy. Ty dokážou zpříjemnit lidem pobyt v budově klimatizujícím efektem a vysokovou efektivitou, kterou se zaslужuje vlhké vegetační souvrství, jenž dokáže v praxi snížit teplotu v horkých letních dnech až o 50 °C. Suché souvrství zase naopak budovu velice dobře izoluje. („Zelená střecha roku 2016”, 2016)

Typy zelených střech je možné rozdělit do dvou skupin na plochou střechu s extenzivní zelení, kde se na souvrství ploché střechy nachází nenáročná zeleň, jenž nevyžaduje v podstatě žádnou údržbu. Do této kategorie patří například trávy, mechy, sukulenty, květiny, nebo drobné dřeviny. Tato zeleň se navrhuje na střechách v rozmezí únosnosti $0,6 \div 3,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$. Druhým typem je typ s intenzivní zelení, kde vegetační část tvoří keře

a v jiným případech dokonce i stromy. Tento typ zeleně je vhodné navrhovat pro střechy o minimální únosnosti $15,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$. Vzhledem k tomu, že tento typ zeleně je náročnější na údržbu, je většinou nutné počítat se zavlažováním. (Solař, 2021)

Dvouplášťový typ zastřešení se dělí na dvouplášťové střechy větrané a nevětrané. Dvouplášťová střecha se dále dělí na tři základní části a těmi jsou: horní plášť, vzduchová mezera a dolní plášť. V tomto případě je nutné nahlédnout do normy ČSN 73 0540-2, která udává doporučený součinitel prostupu tepla horního pláště na hodnotu $U = (1,5 \div 2,7) \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Vzduchová mezera, která ve skladbě vznikne většinou u dvouplášťového typu bývá ve většině případů neprůlezná. (Solař, 2021)

Tříplášťové ploché střechy se navrhují opravdu jen ve vyjíměčných situacích a to pouze v horských oblastech, kde se využívá vlastností minimálního přenosu tepla, která zapříčiňuje minimální tání sněhu a díky tomu nedochází k zamrznání žlabů. (Solař, 2021)

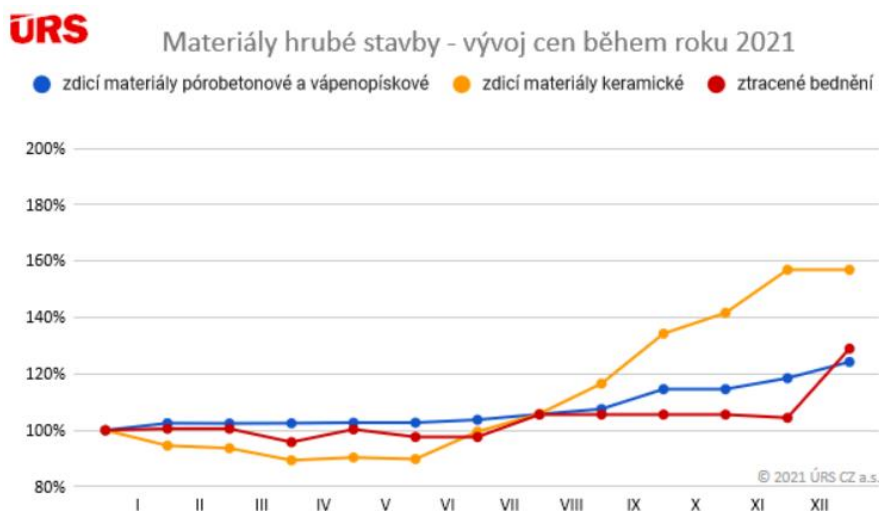
3.6 Stavební materiály

V dnešní době se na trhu objevují desítky firem, které nabízí svá řešení pro kompletní stavbu. Hned ze začátku by bylo patřičné uvést, že v této diplomové práci se bude obvodové zdivo posuzovat pouze z pohledu tepelně-izolačního a ekonomického hlediska, nikoliv z hlediska statického.

Stejně, jako v posledních několika měsících došlo ke zdražení energií, došlo ke skokovému zdražení stavebních materiálů. Tento problém zasáhl mnoho investorů, kteří si na novostavbu půjčili a díky značné změně cen, již nejsou schopni stavbu dokončit z důvodu nedostatku vlastních či vypůjčených financí.

Materiály hrubé stavby se během roku 2021 zdražily v průměru o 40 %. Problémem nebyly pouze vyšší ceny, ale i nedostatek materiálů na českém trhu, který nastal v polovině roku 2021. Některé společnosti byly nuceny zavést stop stavby příjmu nových objednávek, aby nedocházelo k přetěžování linek.

Obrázek 4 – Graf materiálů hrubé stavby – vývoj cen během roku 2021

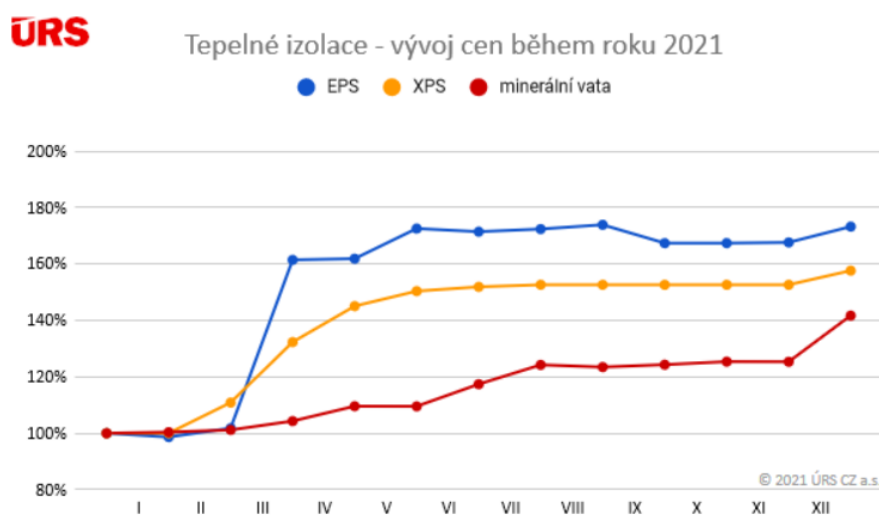


Zdroj: https://www.cs-urs.cz/app/uploads/2022/01/hruba_stavba.png

Jak lze vidět na grafu výše, v průběhu roku byly sledovány materiály keramické, pórobetonové a zdicí systémy ztraceného bednění. Nejvíce se v průběhu roku 2021 zdražily keramické zdicí materiály, a to o téměř 55 %. Materiály ztraceného bednění, pórobetonové a vápenopískové podražily v tomto období také, avšak pouze o 25 %.

Zdražení se nevyhlo ani tepelně-izolačním materiálům, kde zdražení proběhlo až o necelých 70 %. Níže je uveden graf, který porovnává z cenového hlediska materiály EPS, XPS a minerální vatu na českém trhu.

Obrázek 5 – Graf tepelné izolace – vývoj cen během roku 2021



Zdroj: https://www.cs-urs.cz/app/uploads/2022/01/tepelna_izolace.png

Jak je na grafickém znázornění vývoje cen vidět, cena se změnila u materiálů EPS až o 70 %, XPS materiály o téměř 60 % a minerální vata o 40 %.

3.7 Zateplovací systémy

Zateplovací systémy nám poskytují návod, jak aplikovat tepelnou izolaci na budovu. Pro místní poměry je nejčastější systém ETICS (external thermal insulation composite systems), který spočívá v kontaktní fixaci desky tepelně izolačního materiálu přímo na obvodovou zeď objektu. V praxi je možné se setkat s odvětrávaným zateplovacím systémem, který je známý spíše pro svou vyšší pořizovací cenu, avšak s výhodou pro odvod difundující páry v konstrukci do exteriéru. Posledním systémem, jenž je většinou použit u památkově chráněných budov, je zateplení ze strany interiéru. Jedná se o zateplení, které nijak nenaruší vnější dojem z budovy, snižuje tepelné ztráty celého objektu a to je pro uživatele budovy přínosné z pohledu tepelné pohody a z pohledu ekonomického ve formě menší protopené energie. (Šubrt, 2008)

Důvodem pro zateplení nejen novostavy může být rovnou několik. Jedním z důvodů je celková ochrana konstrukce. Po aplikování tepelné izolace může být stavba přirovnána k pohovce zakryté například pohozelem, systém tedy chrání konstrukci vůči vnějším vlivům. (Šubrt, 2008)

Dalším problémem nezateplených konstrukcí může být výskyt plísní a hnilob, které vznikají při kondenzaci par na povrchu studené zdi. Zateplovací systém zvyšuje povrchovou teplotu na obvodových zdech místností, a tím tomuto problému předchází.

Poslední částí je ekonomická úspora za vynaložení prostředků pro vytápění objektu. Po řádně provedeném zateplení by měly být sníženy tepelné ztráty objektu a tím snížení dodávek požadovaného tepla do objektu.

Se zateplováním se také pojí pojem tepelné mosty, jakožto chyby aplikovaného zateplovacího systému. Definice tepelných mostů by mohla znít dle literatury, jako místo, kde dochází k vícerozměrnému vedení tepla. Tepelné mosty mohou být zapříčiněny vedením, prouděním, či sáláním. V praxi je možné se nejčastěji setkat s tepelnými mosty, které se projevují vedením tepla z vytápěného prostoru do exteriéru. (Šubrt, 2011)

3.8 Tepelné izolace

Tepelné izolace slouží ke snížení prostupu tepla do okolního prostředí, a tím šetří peníze za vytápění a zvyšují tepelnou pohodu uvnitř budovy. Izolace slouží druhotně jako izolace

akustické například od okolního městského ruchu, nebo hlučných sousedů a poskytuje uživateli domu klidný odpočinek ve vnitřních prostorech.

Tepelných izolací je na trhu několik typů a vyberou si mezi nimi i specialisté zabývající se ekologickou udržitelností. Mezi přírodní materiály patří například konopné tepelné izolace, které jsou výhodné pro svůj minimální ekologický dopad, zdravotní nezávadnost a přírodní původ.

Častěji v praxi používaným materiálem je polystyren, skelná, nebo čedičová vata, případně se používají polyuretanové desky, nebo kombinace těchto materiálů. Sendvičové struktury mají vyhodu například ve snížení hořlavosti, a tím vyhovují normě ČSN 73 0810:2016, která určuje požární výšky a třídy užití nehořlavých materiálů ve vyšších poschodích. (Požární hledisko kontaktních zateplovacích systémů dle ČSN 73 0810:2016, 2016)

Jedním z výrobců těchto často používaných materiálů je v České republice společnost Isover, která se zabývá výrobou, vývojem a distribucí tepelně izolačních materiálů. Dle údajů společnosti je možné konstatovat, že se jedná o společnost číslo jedna na trhu s tepelnými izolacemi v České republice. Disponuje třemi výrobními závody, které se specializují na konkrétní typy materiálů. Jeden z nich sídlí nedaleko Prahy v Českém Brodě. (Isover, 2019)

3.8.1 Polystyren

Pěnový polystyren také označovaný jako EPS je používán již desítky let pro své unikátní vlastnosti. Materiál vzniká působením vodní páry na perly, jež se vypěňují. Objev pěnového polystyrenu se datuje na rok 1949, kdy Fritz Stastie při zkoumání nových plastových materiálů vložil jednu ze směsí v plechové krabičce od krému na boty do nevychlazené trouby a odešel domů. Druhý den ho v troubě přivítala krabička, z níž vyrostl vysoký lehký sloupec jakési nové lehké hmoty. (Který polystyren je ten správný?, 2019)

Druhů EPS desek je na trhu několik a každá má svá specifika a určité použití. Pro podlahy by měl být použit polystyren, který odolává lépe tlaku, a tím neumožňuje celé skladbě podlahy takzvaně sesedat. Sesedání se projevuje snížením výšky podlahy, která je evidentní na spodní spáře dlaždičky obložené koupelny. Z toho důvodu se používají EPS desky s označením 100, nebo 150, kde hodnoty označují pevnost v tlaku v kPa. V případě, že se jedná o užití EPS desek zároveň jako kročejová izolace je nutné uvažovat materiál EPS Rigidfloor 400, který dokáže snížit hladinu kročejového hluku až o 35 dB. (Který polystyren je ten správný?, 2019) Často užívaným typem polystyrenu pro své vynikající vlastnosti je Isover

Grey100, který vyniká svou nižší tepelnou vodivostí a díky tomu je možné ho použít v nižší výšce podlahové skladby se stejnými vlastnosmi, jako u materiálu s vyšší vodivostí.

Polystyren je možné využít také na fasády, kde se jedná asi o nejznámější a nejstarší způsob aplikace tohoto materiálu. Pěnový polystyren je v kontaktním zateplování ETICS dominantním materiálem. Jednou jeho překážkou je hořlavost, které se u vyšších budov dle normy ČSN 73 0810 předchází přerušováním souvislé plochy pásy z čedičové vlny, která je oproti polystyrenu nehořlavá. V dnešní době Isover nabízí produkt, který odpovídá požárním normám, jmenuje se ISOVER Twinner a je složen ze dvou vrstev polystyrenu a čedičové vaty.

Polystyren je samozřejmě nasákavý, i když ne ve stejné míře, jako minerální vata. Aby se předešlo vlhnutí a degradaci materiálu při použití v místech, která jsou ve styku s vlhkou zeminou, například u soklu stavby, užívá se speciální polystyren ISOVER EPS Sokl 3000. Tento typ materiálu je možné použít na zateplení až do hloubky 3 000 mm, je mrazuvzdorný, odolává stříkající vodě a vlhkosti. Z důvodu prevence proti záměně na stavbě se tento typ materiálu barví již ve výrobě růžovou barvou. Stejně vlastnosti ve smyslu nasákavosti má materiál XPS. (Isover, 2019)

Zateplování plochých střech je v dnešní době, čím dál tím větším trendem, nejen z ekologického hlediska, ale i z hlediska úspory energií a zlepšení tepelného komfortu během parných lét. Na ploché střechy se používají EPS desky 100, 150, nebo 200, kde číselné označení označuje stejně jako u podlahových polystyrenů pevnost v tlaku. (Isover, 2019) Důvodem proč se užívá materiálů s vyšší odolností v tlaku je z praktického hlediska údržby na střeše. V případě, že je nutné dodržet nižší skladbu ploché střechy je dobré použít EPS Grey 100, který svou menší tepelnou vodivostí poskytuje nižší tloušťku materiálu při stejných podmínkách. V případě, že podkladní beton není vyspádován, společnost Isover prodává na zakázku seříznuté spádové klíny, které vytváří sklon střechy tak, aby proteklá voda zelení odcházela ze střechy a netvořila přílišné převodnění střechy.

3.8.2 Isover Flora

Pro extenzivní skladbu ploché střechy je možné použít Isover Flora, která slouží jako zásobárna vody pro sukulentní rostoucí na střeše domu. Isover Flora je substrátová deska z hydrofilní čedičové vlny, která se vyznačuje vysokou propustností vody. Její výhodou jsou ucházející tepelně izolační účinky i v mokřém stavu. Materiál je vyjímečný svou nízkou hmotností dokonce i za mokřého stavu a tím poskytuje řešení i pro systémové ploché střechy s nižší statickou únosností.

Obrázek 6 – Příklad realizace zelené střechy s Isover Flora



Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/strechy/17646-hydrofilni-desky-isover-pro-vegetacni-strechy>

Materiál je možné kombinovat se substrátem, kde Isover Flora působí jako spodní vrstva vegetačního souvrství. V případě, že je možné očekávat častější užití ploché střechy, je nutné použít zpevňující prvek Isover Intense.

3.9 Podlahové vytápění

Vytápění je jednou z nejdůležitějších věcí pro udržení tepelné pohody uvnitř budovy. Již v historii se snažili lidé ovládnout oheň, který jim dával teplo, které jim pomáhalo přežít chladné a mrazivé noci.

V dnešní době je již těžké si představit jakýkoliv objekt bez ústředního vytápění, a aby bylo zvoleno vytápění správně, je nutné nejprve určit tepelné ztráty objektu. Ty se určují pomocí součinitele prostupu tepla, kde čím vyšší je hodnota součinitele prostupu tepla tím větší příkon vytápění by měl být zvolen. Během stavby je nutné zohlednit správnou volbu materiálů pro obvodové zdi, typy oken a samozřejmě také vstupní či interiérové dveře.

3.9.1 Teplovodní podlahové vytápění

Podlahové vytápění může být provedeno hned několika způsoby. Nejčastěji je v tuzemsku užíváno teplovodní podlahové vytápění.

Tento systém zažívá v dnešní době renesanci. Je tomu z důvodu užívání vody o teplotě nižší nežli 50 °C, jedná se tedy o nízkoteplotní podlahové vytápění. Díky tomu je možné užití

nizkopotenciálních energetických zdrojů, jako jsou geotermální energie, sluneční záření, nebo tepelná čerpadla využívající teploty okolního prostředí. Tím se podlahové vytápění řadí mezi progresivní otopné soustavy, jenž dosahují všech 3E – environmentální, energetické a ekonomické. (Petráš, 2004)

Trubky jsou v případě teplovodního podlahového vytápění z hygienických důvodů téměř vždy umístovány pod celou plochou podlahy, aby povrch podlahy nedosahoval vyšších teplot než je hygienicky přípustné. Vytápění patří mezi sálavá otopná vytápění. Podíl sálavé složky tepla je jen o trochu větší, nežli tepelný tok konvekcí a to v poměru 55 : 44. (Petráš, 2004)

3.9.2 Elektrické podlahové vytápění

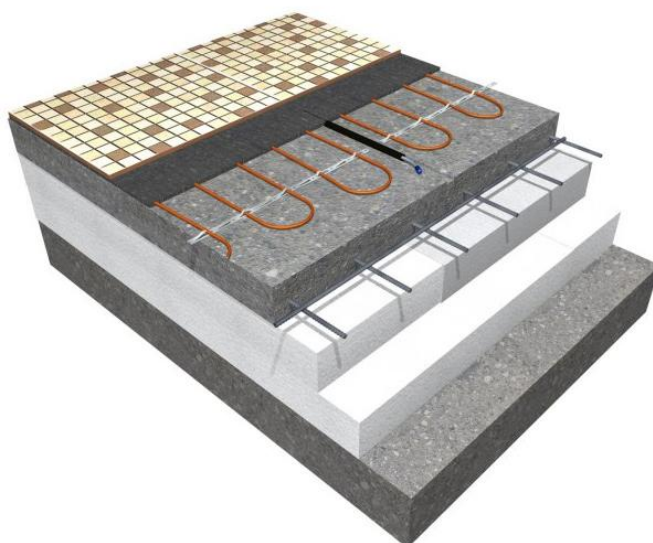
V dnešní době je čím dál tím častějším typem vytápěním elektrické podlahové vytápění. Je tomu tak z důvodu nízkých nákladů pro montáž a zároveň pro svou přívětivou regulaci přiváděného tepla. Elektrické podlahové vytápění má oproti teplovodnímu výhodu v nulových ztrátách během transportu tepla do daného místa a menší potřebou prostoru pro realizaci. Dalším důležitým aspektem je užití v prostorech, jenž jsou temperovány jen v určitých typech sezón a v případě nevyužití v zimě nedochází k zamrznutí, a tím znehodnocení otopného systému. Nevýhodou elektrického podlahového vytápění je vyšší spotřeba energie oproti vytápění plynem, nebo prostřednictvím centrálního zásobování plynem. Z tohoto důvodu se nejčastěji používá jako vytápění dodatkové, jenž má za účel udržovat podlahu příjemně teplou, nebo jako prvek při rekonstrukci z důvodu své jednoduché realizace. (Petráš, 2004)

V České republice se zabývá výrobou a distribucí elektrického podlahového vytápění společnost Fenix Trading s.r.o. sídlící v Jeseníku. Firma se zabývá elektrickým vytápěním již od roku 1990 a svou dráhu započala sálavými topnými panely ECOSUN, následně začala vyrábět elektrické kovektory ECOFLEX, topné kabely ECOFLOOR a topné folie ECOFILM.

V případě tohoto projektu je možné se poohlédnout po typu ECOFLOOR, jenž se skládá z topných kabelů a je nutné je aplikovat dříve, nežli v moemtnu pokládky finálního povrchu. Vyrábí se rovnou ve dvou variantách samostatného topného kabelu a topných rohoží, které se vyrábí již v předem daných šířích. Oba typy topných kabelů je možné použít, jak pro přímé vytápění, tak pro poloakumulační vytápění.

V případě přímého vytápění se aplikuje topný kabel, nebo topná rohož těsně pod nášlapnou vrstvu do flexibilní stěrky, nebo samonivelačního potěru, viz obrázek skladby podlahy níže.

Obrázek 7 – Skladba s topným kabelem pro přímé vytápění

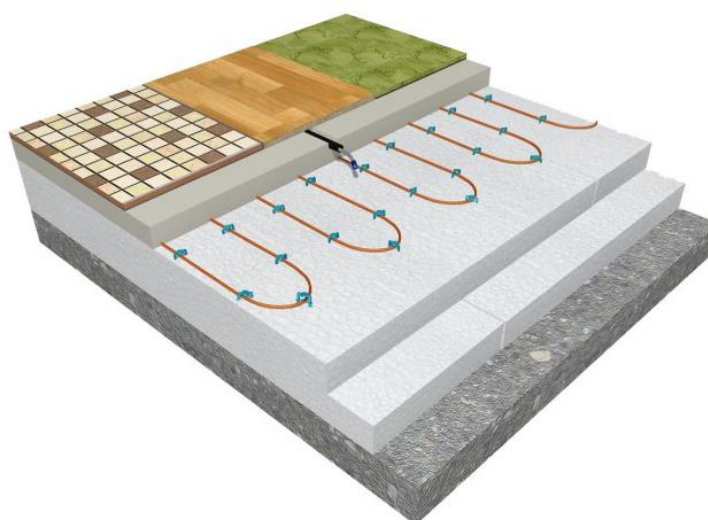


Zdroj: <https://www.fenixgroup.cz/cs/produkty/topne-kabely-pro-prime-vytapeni>

„Používají se kabely co nejmenších průměrů a s nižším lineárním příkonem, aby byla rozteč smyček malá a podlaha se rovnoměrně prohřívala.“ (Fenix, 2022) Největší výhodou tohoto systému je použití ve vrchní části skladby podlahy, a tím dochází k minimalizaci zásahů během rekonstrukce.

Druhou variantou je varianta poloakumulační, jenž se vyznačuje pokládkou topného kabelu, nebo topné rohože již na tepelnou izolaci, která je následně zalévána betonovým potěrem se sítí kari.

Obrázek 8 – Skladba s topným kabelem pro poloakumulační vytápění



Zdroj: <https://www.fenixgroup.cz/cs/produkty/topne-kabely-pro-poloakumulacni-vytapeni>

Poloakumulační skladbu je pro některé typy rekonstrukcí obtížné realizovat, z důvodu rekonstrukce celé podlahy u starších budov. Je tedy nutné zdůraznit, že aplikace tohoto typu podlahy se vyplatí u novostaveb, nebo u starších staveb, jež se rekonstruuje takzvaně od základu. Výhodou topného kabelu pro poloakumulační skladbu je nižší pořizovací cena, poněvadž je topný kabel vkládán do větší vrstvy betonové mazaniny, která rovnoměrněji roznáší teplo, nežli u přímého elektrického vytápění. Díky roznášení tepla je možné klást kabel ve větších roztečích a s vyšším příkonem.

Důležitým aspektem je správná pokládka kabelu u akumulačních skladeb, kde je nutné dodržet monolitickou strukturu desky, aby v případě zátopu nedošlo k vzednutí jedné z vrstev betonové desky. Při prvním zátopu je vždy nutné dodržovat postupný náběh teploty podlahy, tedy jinak nazýváno jako režim prvního zátopu, aby nedocházelo k poničení struktury podlahy.

4 Metodika práce

Tato část je nazvána jako teoretická část, v níž bude popsána momentální situace objektu, na níž se bude následně dopočítávat návrh zateplení a vytápění.

V této kapitole budou popsány měřicí přístroje, které byly použity pro měření vzorků, jež byly použity pro hrubou stavbu objektu. Poslední částí je výpočetní část, kde jsou uvedeny vzorce, dle nichž se následně dopočítá celý projekt.

4.1 Popis domu – momentální situace

V těchto kapitolách je uveden popis průběhu hrubé stavby a popis materiálů, z nichž byl domek vystavěn. Materiály jsou popsány z hlediska tepelně izolačního řešení a je zde popsán také pracovní postup.

4.1.1 Hrubá stavba

Domek byl vystavěn na železobetonové základové desce o rozměrech 6 500 x 4 000 mm, která byla penetrována asfaltovou penetrací a následně na ní byly navařeny asfaltové pásy, které mají za úkol odtrhnout zdi stavby od základové desky a tím vzlínající vlhkosti, která nejen zdivo znehodnocuje a časem ničí, ale i v případě vyšší vlhkosti působí jako tepelný most. Hydroizolace slouží jako ochrana proti radonu, jež má za následek onemocnění rakovinou plic, či onemocnění s tím spojené.

Obrázek 9 – Pokládka asfaltových hydroizolačních pásů



Zdroj: autor

Na asfaltovou hydroizolaci byla následně vystavěna na základací tepelně izolační maltu Hasit 822 Ytongový základ, který tvoří tvárnice Ytong o rozměrech 300 x 249 x 599 (š x v x d) mm. Tvárnice byly vystavěny pouze v jedné řadě a řada byla pouze vynechána v místech, kde se nachází otvory pro dveře, balkónové dveře a okno, které by mělo sahát až k podlaze.

Na první řadu o šíři 300 mm se následně na lepidlo Weber MCT 510 lepily tvárnice o rozměrech 375 x 249 x 599 mm (š x v x d), přičemž byl vytvořen přesah 75 mm na vnější straně stavby a tím byl vytvořen sokl.

V této šíři se následně pokračovalo až po horní část stavby, kde se následně ve výšce 2 250 mm přecházelo na vystavění U-profilů o rozměrech 300 x 249 x 599 mm (š x v x d) od společnosti Ytong, do nichž se následně vkládaly železné armokoše, které byly zalévány betonem, aby vytvořily zpevňovací věnec zdiva. Takto umístěný věnec ve výšce 2 250 mm slouží také jako překlad pro otvory, jako jsou dveře, balkónové dveře a okna.

Na vystavěný a betonem zalitý věnec se následně na tepelně izolační maltu Hasit 822 usazovalo zdivo o šíři 375 mm, které se po pěti řadách ukončilo. Následně byl přímo na poslední řadu kladen systémový strop od společnosti Ytong bez nutnosti předchozí aplikace věnce.

Obrázek 10 – Pokládka stropních dílců



Zdroj: autor

Strop, který byl použit pro celou stavbu, slouží jako střecha objektu, ta se skládá ze železobetonových prefabrikovaných nosníků, mezi něž se následně kladou pórobetonové vložky, které po 4 řadách následně střídají vložky nižší, jenž byly provazovány roxory a vylévány betonem dle kladečského plánu. Vylité betonové pásy tvoří stropní síť, která plní pevnostní účinek.

Celý kladečský plán je poskytován na konkrétní projekt společností statiků, která je v úzké spolupráci s firmou Ytong. Kladečský plán má za úkol výpočetně ověřit pevnost stropu a informovat stavebníky o správném ukládání nosníků a vložek tak, aby nedocházelo ke snížení únosnosti stropu. Kladečský plán pro řešený rekreační domek, je uveden v přílohách číslo jedna a dvě.

Díky stropnímu systému Ekonom je možné mnohonásobně ušetřit na betonové zálivce, a efekt je téměř stejný jako stropního systému Ytong klasik, avšak s nižší únosností.

Na vylitý a pevný strop se následně na základací tepelně izolační maltu Hasit 822 umísťovaly tvárnice od společnosti Ytong o rozměrech 200 x 249 x 599 mm (š x v x d) o jedné řadě na nějž je následně vylit železobetonový věnec, jenž má za úkol udržet celistvou atiku a zvýšit výšku pro zakrytí celé skladby extenzivní zelené střechy, která se následně bude aplikovat na stropní část.

Překlady jsou v horní části řešeny z části prefabrikovanými tvárnici NOP a v případě druhé varianty U-profilu od společnosti Ytong, který byl následně vylit železobetonem. Překlady jsou vyráběny v šíři 300 mm z důvodu dodatečného zateplení, a tím zvýšení homogenity celé stavby.

Do otvorů byly umístěny okenní rámy vyrobené společností Vekra, jež byly následně osazeny trojskly, která by měla zajistit co nejmenší prostup tepla, a tím snížit tepelné ztráty na minimum

Pro balkónové dveře byly výrobcem navrženy tři možnosti, první možností byly klasické balkónové dveře, avšak ty z důvodu malého prostoru omezovaly svým otevřením pohyb osob. Dalším řešením byly posuvné dveře, které se vyrábí ve dvou typech, HS portál a klasické posuvné dveře. V případě HS portálů je nemožnost splnit energetické požadavky z důvodu kovové pojezdové lišty zvyšující tepelné ztráty, a proto byly zvoleny dveře klasické posuvné.

Objekt je napojen na inženýrské sítě konkrétně na síť elektrickou a internetovou optickou. Na pozemku není vyvedena vodovodní ani kanalizační síť. Tyto distribuce budou vyřešeny v případě kanalizační sítě vodovodní čističkou a v rámci vody zhotovením vrtu, nebo studně, z níž bude voda přiváděna přímo do objektu.

4.1.2 Volba oken a jejich vlastnosti

Stavební otvory byly vyplněny vybranými okny od společnosti Vekra, které disponují rámy typu Komfort Evo mající 6 izolačních komor, pro lepší izolování od venkovního prostředí. Rámy je možné použít na okna, vstupní dveře či dveře posuvné. Vyrábí se v různých barevných provedeních včetně imitací dřeva, či v dnešní době trendovému antracitu, který je sice vzhledově estetičtější, avšak pro svou černou barvu trpící letním obdobím, a tím snížením životnosti celého rámu. Řez rámu je uveden v příloze číslo 3 této diplomové práce.

V případě výplně oken je možné do rámu usadit dvojskla či trojskla, jež se liší součiniteli prostupu tepla, z nichž bylo vybráno právě trojsklo mající dle specifikace $U_g = 0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ a vypočtenou celkovou hodnotu součinitele prostupu tepla okna $U_w = 0,71 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Na oknech je použité trojitě těsnění, jež má zajistit co nejlepší tepelnou izolaci od okolního prostředí. Stavební hloubka okna je vyráběna v rozměrech 82 mm a v případě okna sahajícího až k zemi je možné dokoupit purenitových desek, jež omezují vznik tepelných mostů. (VEKRA, 2015)

Pro vstupní dveře bylo použito trojitě zasklení s $U_g = 0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, s tím že celkový součinitel prostupu tepla dveřmi odpovídá hodnotě $U_d = 0,93 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, který je sice oproti oknu vyšší z důvodu uzavřené kovové výztuhy, jež je spojena v rozích. Dveře byly konzultovány s partnerem společnosti Vekra, kde bylo doporučeno objednání dveří otevírajícím se dovnitř z důvodu vyšší bezpečnosti proti vykradení. (VEKRA, 2015)

Poslední otvor, jež bylo nutné vyplnit je vstup na terasu nacházející se před domkem. Pro tento typ otvoru byly vybrány posuvné PSK portály, které mají oproti jiným variantám výhodu v minimální záboru prostoru a nízkým celkovým součinitelem prostupu tepla $U_s = 0,93 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. (VEKRA, 2015)

Níže je přiložená tabulka s rozměry oken, jež byla objednána a následně namontována odbornými pracovníky ze společnosti Vekra.

Tabulka 1 – Rozměry oken použitých pro rekreační domek

Název	Šířka [mm]	Výška [mm]	Celkový součinitel prostupu tepla [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]	Orientace
Posuvné dveře	2485	2045	0,93	V
Vstupní dveře	990	2045	0,93	V
Okno 1. NP	1370	480	0,71	V
Okno koupelna	980	480	0,71	J
Okno kuchyň vysoké	485	2040	0,71	S
Okno kuchyň	1000	700	0,71	Z

Tabulka bude následně využita ve výpočetní části pro výpočet součinitele prostupu tepla obvodových stěn.

Obrázek 11 – Posuzovaný objekt



Zdroj: autor

V případě jak posuvných, tak vstupních dveří byly vždy použity pro spodní část dveří purenitové desky pro své výborné tepelně izolační vlastnosti, převyšující podezdívku.

4.1.3 Vnitřní dispozice objektu

Celkový vnitřní prostor by měl mít výslednou užitnou plochu okolo 21 m², což je prostor srovnatelný například s byty v centru Prahy.

Na této ploše by měla být umístěna koupelna pro dodržení hygienických standardů. Dále by měla být na tuto plochu umístěna kuchyň a část pro spaní. Pro splnění všech těchto požadavků byly vytvořeny nákresy půdorysů a řezů, jež jsou uvedeny v příloze.

4.1.3.1 Koupelna

V koupelně je umístěna toaleta, umyvadlo, pod níž je umístěna kombinovaná pračka se sušičkou a sprcha se skleněnou zástěnou a spádovanou podlahou, jež má zajistit dokonale odtok vody do odpadních vod.

Pro následující výpočty byla vytvořena tabulka se seznamem konstrukcí, jež se nacházejí v koupelně a jaké jsou jejich plochy ve vztahu k okolí.

Tabulka 2 – Rejstřík stavebních konstrukcí v koupelně

Koupelna	
Název	A _k [m ²]
Venkovní stěna	7,67
Okno	0,47
Stěna sousedící s vytápěným prostorem	6,54
Dveře do chodby (800 x 2 000 mm)	1,60
Podlaha	3,00
Strop k vytápěnému prostoru	3,00
Sokl	0,19

Vlastnosti venkovní skladby obvodové zdi již byla popsána, avšak je nutné ještě doplnit popis stěny sousedící s kuchyní, vstupní chodbou. Stěna byla vystavěna z Ytong 10 P2-500 Klasik, jenž dosahuje tepelné vodivosti dle katalogu Xella 0,137 W·m⁻¹·K⁻¹. Na příčku byla následně nanesena sěrka se síťovinou a malba.

Tabulka 3 – Skladba omítky na pórobeton od společnosti CEMIX

Vápenocementová omítka jednovrstvá	Tloušťka [mm]	Spotřeba [kg·m ⁻²]
Cemix Penetrace základní, ředění v poměru 1:3 s vodou	Nátěr	0,15 (naředěné tekutiny) cca 0,04 (koncentrované penetrace)
Technologická přestávka cca 6 hodin		
Cemix 073 Jednovrstvá omítka strojní a ruční zrnitost do 0,7 mm	10	12,5
Technologická přestávka 1 mm tloušťky omítky/ 1 den		
Cemix CEPMPAINT LIME (vápenný nátěr, podklad se penetruje samotným nátěrem) nebo jiný vhodný typ interiérového nátěru	2 nátěry	cca 0,4

Zdroj: https://www.cemix.cz/data/files/pp_omitani_porobetonoveho_zdiva.pdf

Tepelná vodivost jednovrstvé omítky Cemix 073 je dle technického listu společnosti Cemix 0,42 W·m⁻¹·K⁻¹. Nyní je možné dopočítat součinitel prostupu tepla pro příčku. (Jednovrstvá omítka strojní a ruční, 2020)

Dále je v tabulce uveden strop nad koupelnou, který je proveden z dřevěných trámů jako nosná složka a jako krytina pro pochozí část jsou použity podlahové palubky. Tepelná vodivost dřevěných podlahových palubek je uvedena, jako vodivost pro dřevo, z něhož jsou palubky vyrobeny.

Dle prodejce Kaplan mají dřevěné podlahové palubky vodivost 0,14 W·m⁻¹·K⁻¹. (Technický list výrobku - podlahové palubky, 2009)

Dveře, které spojují koupelnu s chodbou jsou dveře zasklené jedním sklem jež dosahují dle normy ČSN 730540-3 výpočtového součinitele prostupu tepla 2,00 W·m⁻²·K⁻¹. Hodnota byla odečtena z normy vydané v roce 1994, jelikož v novelizované normě se tato tabulka již nenachází. (ČSN 730540-3, 1994)

4.1.3.2 Obývací pokoj, kuchyně, ložnice

Vzhledem k malé rozloze objektu bylo nutné oddělit vstupní chodbu od celého obytného prostoru, vytvořila se tedy mezi místnostmi příčka a bude na ně pohlíženo, jako na dvě odlišné místnosti.

V druhé části budovy se nachází vstupní interiérové dveře, balkónové dveře a okna, jež bude nutné během výpočtu zohlednit. Pro účely výpočtu byla vytvořena tabulka obsahující rejstřík ploch, jež sousedí s prostředím, na něž se vztahuje výpočet tepelných ztrát.

Tabulka 4 – Rejstřík stavebních konstrukcí – obytná část

Obývací pokoj, kuchyň a ložnice	
Název	A_k [m ²]
Venkovní stěna	45,58
Okno	6,44
Stěna sousedící s koupelnou	2,60
Strop s koupelnou	3,00
Dveře do chodby	1,60
Podlaha	12,50
Strop	20,06
Sokl	0,20

V tabulce uvedené výše je možné vidět, že se obytná část oproti koupelně liší svými většími plochami a zahrnutím i ploché střechy, jež bude mít zásadní vliv na tepelné ztráty objektu.

4.1.3.3 Vstupní chodba

Poslední částí, na níž by měly být vypočítány tepelné ztráty, je vstupní chodba do objektu. V prvním kroku, je nutné si analyzovat stavební konstrukce a sepsat je do rejstříku stavebních konstrukcí, aby s nimi bylo možné následně pracovat.

Ve vstupní chodbě se nachází vstupní dveře, které ovlivní svým součinitelem prostupu tepla zásadně tepelné ztráty místnosti. Plocha vstupní chodba je malá, avšak uzpůsobena pro odstrojení uživatele objektu.

Tabulka 5 – rejstřík stavebních konstrukcí

Vstupní chodba	
Název	A_k [m ²]
Venkovní stěna	8,81
Okno	2,02
Stěna sousedící s koupelnou	2,60
Dveře do chodby	1,60
Podlaha	3,99
Strop k obytné části	3,99
Sokl	0,20

Plochy stavebních konstrukcí jsou oproti obytné části v podstatě minimální, jsou svou rozlohou podobné koupelně.

4.2 Popis měřících přístrojů

Pro měření a následovně vyhodnocení dat byla využita zařízení od společnosti Almemo, která obsahovala příslušenství pro měření kapacitním, nebo odporovým senzorem vlhkosti a infračerveným senzorem pro měření teploty.

Pro měření vodivosti a teploty materiálu bylo použito zařízení od společnosti ISOMET, které díky různorodému příslušenství dokázalo měřit tvrdé materiály dotykovým senzorem a pro měkké materiály vpichovou měřicí jehlou.

4.2.1 Almemo datalogery

Datalogery slouží pro prezentaci naměřených hodnot senzory, která jsou přímo napojena konektory Almemo k zařízení. Pro naměření hodnot byly pro přehlednost použity dva typy datalogeru. Těmi jsou Almemo 2690-8 z něhož byla měřena teplota a vlhkost prostředí. Dalším datalogerem bylo Almemo 2590-9, na který byly připojeny senzory pro měření vlhkosti a teploty měřeného materiálu.

Almemo 2690-8A disponuje 5 vstupy pro Almemo-konektory, které je možné využít najednou. Jako výstupy je možné využít USB, RS 232, Ethernet případně analogový vstup. Pro měření prováděné v této práci byl využit grafický displej o rozlišení 128 x 128 bodů, ze kterého byly následně hodnoty zapisovány do Excelu a poté zpracovány do grafů. Celé zařízení je v ochranném obalu, který je otřesuvzdorný a odolný vůči stříkající vodě. (Dataloger Almemo 2690-8A, 2015)

Pro měření kvůli přehlednosti bylo použito, i druhé zařízení typu Almemo 2590-9 od společnosti Ahlborn. Zařízení působí starším dojmem oproti předchozímu typu. Disponuje

stejně jako u předchozí verze s grafickým displejem, ze kterého je možné ihned odečítat hodnoty naměřené senzorem Almemo. Zařízení má několik konektorů, do kterých je možné zapojovat doplňky přes Almemo konektor, který je kompatibilní i s verzí uvedenou výše. Zařízení disponuje devíti elektricky izolovanými vstupy s 36 měřicími kanály, obsahuje operační paměť 500 kB, která dokáže uložit až 100 000 naměřených hodnot, které je následně možné přenést do počítače přes ethernetový kabel a dále s nimi pracovat. (Almemo 2590-9 Operating Instructions, 2003)

4.2.1.1 Měření vlhkosti

Pro měření vlhkosti byly použity dvě zařízení, která pracovala na odlišných principech. První senzorem byl povrchový senzor pracující na kapacitním principu. Příslušenství fungující na kapacitním principu je možné použít pouze pro povrchové měření, a to přitlačením na povrch měřeného materiálu, který se v daný moment šetrí.

Obrázek 12 – Kapacitní vlhkostní snímač

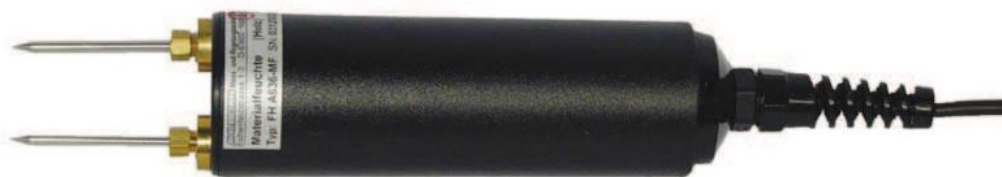


Zdroj: <https://www.ahlborn.cz/cidla-a-snimace/stavebni-fyzika/vlhkost-materialu-snimac-ahlborn-almemo-fha-696-mf.html>

Konkrétně byl pro měření použit senzor FHA696MF, který disponuje měřícím rozsahem na minerálních konstrukčních materiálech v rozpětí 0 ÷ 20 % na dřevě 0 ÷ 50 % a na papíru 0 ÷ 20 % až do hloubky 3 centimetrů materiálu. (Materialfeuchte, 2007)

Dále byl použit snímač pracující na principu odporovém, který je možné použít pro měkké materiály, do kterých je možné senzor zapíchnout a následně měřit.

Obrázek 13 – Odporový vlhkostní snímač



Zdroj: <https://www.ahlborn.cz/out/pictures/wysiwigpro/fha696mf.pdf>

Zařízení typu FHA636MF s katalogovým názvem ruční sonda, měří vlhkost v rozsahu $7 \div 30 \%$, který je definován pro dřevo. (Materialfeuchte, 2007)

4.2.1.2 Měření teploty

Pro měření povrchové teploty byl použit snímač povrchové teploty fungující na principu infračerveného záření. V tomto konkrétním případě senzor vysílá záření ve tvaru kužele, jenž se směrem od vyústění zvětšuje a tím měří větší plochu. Zařízení, o kterém je nyní psáno, je příslušenství označené Ahlborn Almemo typ FIA 260-MV, jenž pracuje v teplotním rozpětí $18 \text{ }^\circ\text{C} \div 260 \text{ }^\circ\text{C}$ s teplotní odchylkou $\pm 0,1 \text{ K}$. (Materialfeuchte, 2007)

4.2.1.3 Měření prostředí

Zařízení použité pro měření okolní teploty a vlhkosti je zvoleno od společnosti Ahlborn systému Almemo typ FHAD 46x.

Digitální snímač vlhkosti a teploty pracuje v rozsahu vlhkosti $0 \div 100 \%$ RH s přesností v rozsahu vlhkosti $20 \div 90 \%$ RH a s přesností $\pm 1,8 \%$ RH při jmenovité teplotě, jež je $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Měření probíhá vždy při atmosférickém tlaku. (Vlhkost vzduchu, 2006)

Příslušenství měří také teplotu okolního prostředí, kde přesnost teploty při $25 \text{ }^\circ\text{C}$ je měřena s odchylkou $\pm 0,3 \text{ K}$. Přesnost se mění vzhledem k vzrůstající nebo klesající teplotě, při rozpětí teplot $10 \div 40 \text{ }^\circ\text{C}$ je odchylka $\pm 0,4 \text{ K}$ a při vyšších teplotách $-20 \div 80 \text{ }^\circ\text{C}$ se jedná o odchylku $\pm 1,3 \text{ K}$. (Vlhkost vzduchu, 2006)

Snímač disponuje automaticky dopočítávaným rosným bodem, který je určován dle relativní vlhkosti a teploty naměřených v daný moment.

Obrázek 14 – Digitální snímač vlhkosti vzduchu, teploty, tlaku vzduchu FHAD46-x



Zdroj: <https://www.ahlborn.cz/out/pictures/wysiwigpro/FHAD46Cxx.pdf>

Zařízení pracuje na principu kapacitního snímače vlhkosti s integrovaným signálovým procesorem. Široké je i uživatelské nastavení měřených kanálů, které jsou požadovány například u teploty je možné zvolit ($^{\circ}\text{C}$, T, t), u relativní vlhkosti (%H, RH, U_w) a další, jako rosný bod a atmosférický tlak. (Vlhkost vzduchu, 2006)

4.2.2 Isomet 2104

Isomet 2104 je zařízení řízené mikroprocesorem pro přímé měření fyzikálních veličin, jako jsou měrná tepelná vodivost, tepelná difúze, objemová tepelná kapacita a teplota. Použití je vhodné pro velkou škálu materiálů od měkkých až po tvrdé materiály. Dle vlastností materiálů se volí příslušenství, jež by mělo být použito. Pro měkké materiály jako jsou EPS desky, nebo čedičová vata se používá jehla. V případě tvrdých stavebních materiálů se používá povrchové příslušenství, jež je nazýváno plochý povrchový snímač.

Zařízení disponuje černobílým zeleně podsvíceným displejem s několika režimy, z nichž byl využit režim měření teploty materiálu a druhého programu měřícím měrnou tepelnou vodivost. Program pro měření měrné tepelné vodivosti, trvá dle zvoleného materiálu v rozmezí 10 ÷ 20 minut.

4.2.2.1 Jehla

Se zařízením se dodává sonda ve formě jehly, která slouží k měření hodnot v měkkých materiálech, jako je například EPS deska, konopný tepelně izolační materiál nebo čedičová vata.

Jehlou se propíchnou objekt ideálně uhlopříčně, aby se zajistil styk se všemi vrstvami materiálu, pro případ, že by některá z vrstev byla méně vlhká, a tím se jevila, jako celkově tepelně vodivostně menší.

Obrázek 15 – Měření jehlovou sondou čedičové vaty



Zdroj: autor

Jehly se dodávají k zařízení hned ve čtyřech variantách, kde každá jehla má jiný rozsah pro měření vodivosti. Sondy jsou poskytovány v následujících rozsazích měrné tepelné kapacity:

- $0,015 \div 0,050 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- $0,035 \div 0,200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- $0,20 \div 1,00 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- $1,00 \div 2,00 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

(Isomet 2104, 2015)

Pro měření v této diplomové práci byly použity sondy s rozsahy tepelné vodivosti $0,035 \div 0,20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ a $0,20 \div 1,0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

4.2.2.2 Povrchová sonda

Povrchová sonda slouží pro proměření tvrdších materiálů, do nichž není možné vpravit jehlovou sondu. Použití je možné například na různé druhy betonů, cihel, pórobetonu, případně dřeva.

Sondu je nutné mazat silikonovou vazelinou pro lepší přilnutí k povrchu měřeného materiálu, případně upravit povrch tak, aby byl co nejhladší. K zahlazení povrchu byla použita zbroušená překližka, nebo brusný papír.

Povrchové sondy se k zařízení Isomat dodávají v následujících rozsazích měrné tepelné vodivosti:

- 0,04 ÷ 0,30 W·m⁻¹·K⁻¹,
- 0,3 ÷ 3,0 W·m⁻¹·K⁻¹,
- 3,0 ÷ 6,0 W·m⁻¹·K⁻¹.

(Isomet 2104, 2015)

Pro měření byla použita sonda 0,04 ÷ 0,30 W·m⁻¹·K⁻¹, která odpovídala požadavkům na pórobetonové tvárnice Ytong.

4.3 Výpočetní metody a vyhodnocování

V této části jsou popsány a vysvětleny vzorce pro výpočet tepelných ztrát a návrh zateplení obálky budovy a výpočet příkonu vytápění.

4.3.1 Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty objektu

Pro výběr vytápění je nutné dopočítat celkové ztráty objektu, aby byly následně srovnány příkonem topení, který je zvolen pro vytápění objektu.

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$$

(1)

- Kde: Φ_i – celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru [W],
 $\Phi_{T,i}$ – návrhová tepelná ztráta prostupem tepla z vytápěného prostoru [W],
 $\Phi_{V,i}$ – návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W].

V některých případech je možné do bilance přidat i tepelné zisky, které jsou tvořeny osvětlením, či pracujícími lidmi. V tomto případě se bude počítat modelová situace zjednodušeným způsobem bez tepelných zisků, aby bylo dosaženo hodnot co nejvyšších tepelných ztrát.

4.3.2 Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem

Pro výpočet návrhové tepelné ztráty je nutné zohlednit rovnou několik součinitelů tepelných ztrát. Jedním ze součinitelů, jenž je pro tuto práci nejdůležitější je součinitel tepelné ztráty tepla z vytápěného prostoru do prostoru nevytápěného. Návrhová tepelná ztráta a její výpočet je uveden níže.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (2)$$

Kde: $H_{T,ie}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy [$W \cdot K^{-1}$],

$H_{T,iue}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem [$W \cdot K^{-1}$],

$H_{T,ig}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu [$W \cdot K^{-1}$],

$H_{T,ij}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného a výrazně jinou teplotu [$W \cdot K^{-1}$],

$\theta_{int,i}$ – výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [$^{\circ}C$],

θ_e – výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$].

(ČSN EN 12831-1, 2018)

Pro výpočtovou vnitřní teplotu se užívá dle zvyklostí teplota $16^{\circ}C$ pro budovy obchodních center, teplota $20^{\circ}C$ pro místnosti obytné vyjma koupelny, kde se užívá výpočtová teplota $24^{\circ}C$.

Venkovní teplota výpočtová se udává dle oblasti v níž se daný objekt nachází s tím, že teploty pro okolní větší města charakterizuje norma ČSN 73 0540, jenž udává výpočtovou teplotu pro oblast Nymburk.

Tabulka 6 – Data výpočtový teplot dle normy ČSN 73 0540

Místo	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota t_e [$^{\circ}C$]	Průměrná teplota v otopné období t_{es} [$^{\circ}C$]	Počet dní otopného období d
Nymburk	186	-12v	3,8	217

Zdroj: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=2>

Venkovní výpočtová teplota, která obsahuje také písmeno „v“, označuje oblast jako větrnou. K dopočítání návrhových ztrát prostupem tepla je nutné nejdříve vypočítat součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do venkovního prostředí.

4.3.2.1 Součinitel tepelné ztráty prostupem tepla

Tepelná ztráta prostupem tepla je ztrátou, která je způsobena prostupem tepla obvodovými zdmi, podlahou, stropem, či střechou, ta se v normě ČSN EN 730540 označuje jako $H_{T,ie}$ a disponuje jednotkou $W \cdot K^{-1}$.

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k U_k e_k \quad (3)$$

Kde: A_k – plocha stavební části [m^2],
 e_k – korekční činitelé vystavení povětrnostním vlivům jako je oslunění, pohlcování vlhkosti stavebními díly, rychlost větru a teplota [-],
 U_k – součinitel prostupu tepla stavební součástí [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$].
(ČSN 730540-3, 1994)

Součinitel prostupu tepla značený v této práci „U“ je možné ve starších, či jiných literaturách najít pod značkou „k“.

V některých případech se v konstrukcích počítá také s korekčním součinitelem označovaném jako „ ΔU “, jež se přičítá k výše uvedené ztrátě. Ten se určuje dle stavů tepelných mostů na dané konstrukci. Hodnota se určuje dle následující tabulky.

Tabulka 7 – Seznam pro volbu korekčních činitelů

ΔU [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]	Případy použití.
0,00	bez tepelných mostů
0,02	téměř bez tepelných mostů (projektový předpoklad)
0,05	mírné tepelné mosty
0,10	běžné tepelné mosty

Zdroj: https://www.fce.vutbr.cz/tzb/pocinkova.m/vytapeni_soubory/BT01_P2.pdf

V případě této diplomové práce je možné se setkat povětšinou s přírážkovou hodnotou 0,02, nebo hodnotou $0,00 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

4.3.2.2 Součinitel prostupu tepla do místností vytápěných na jinou teplotu

Měrná tepelná ztráta do nebo z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou se uvádí v jednotkách $W \cdot K^{-1}$. Pro výpočet je zapotřebí si spočítat součinitel redukce teploty, jež spočívá v podílu rozdílů teplot.

$$H_{T,ij} = \sum (f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k) \quad (4)$$

Kde: f_{ij} – součinitel redukce teploty [-],

A_k – plocha stavební části [m^2],

U_k – součinitel prostupu tepla stavební součástí [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$].

(ČSN 730540-3, 1994)

4.3.2.3 Součinitel tepelné ztráty do zeminy

Pro měrné tepelné ztráty do zeminy se uvádí vzorec, jež obsahuje více opravných součinitelů, jinak je princip v podstatě stejný.

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum A_k \cdot U_{equie,k} \right) \cdot G_W \quad (5)$$

Kde: f_{g1} – opravný součinitel, uvažující vliv roční změny v průběhu venkovní teploty (1,45) [-],

f_{g2} – opravný teplotní součinitel, zahrnující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou [-],

A_k – plocha stavební části [m^2],

$U_{equie,k}$ – součinitel prostupu tepla stavební součástí [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$],

G_W – opravný součinitel na vliv spodní vody [-].

(ČSN 730540-3, 1994)

Pro opravný součinitel na vliv spodní vody platí, že jeli předpokládána hladina méně než 1 m od úrovně podlahy suterénu, uvažuje se hodnota 1,15, jinak je roven 1.

4.3.2.4 Součinitel prostupu tepla

Pro časté výpočty tloušťky tepelných izolací, či zjišťování tepelné vodivosti materiálu je používán vzorec pro výpočet součinitele prostupu tepla, jenž se označuje U a disponuje jednotkou $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (6)$$

Kde: α_i – celkový součinitel přestupu tepla na vnitřním povrchu stěny [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$],
 d – tloušťka šetřené vrstvy [m],
 λ – tepelná vodivost [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$],
 α_e – celkový součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu stěny [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$].

(Dahlsveen, 2003)

Tento vzorec je možné používat v upravené formě pro výpočty tepelných ztrát, jenž určuje norma.

4.3.3 Návrhová tepelná ztráta větráním

Větrání je důležité z důvodu udržování správných mikroklimatických podmínek a hygienických standardů pro pobyt v místnosti. V případě pracovního prostředí jsou specifikované konkrétní hodnoty dle tříd pracovní činnosti. Pro obytné obytné budovy jsou specifikované požadavky v zákoně 268/2009 §11 odstavce 5, který specifikuje výměnu vzduchu na hodnotu $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, nebo jako minimální intenzitu větrání $0,5 \text{ h}^{-1}$. Pro výpočet se používá hodnota návrhové tepelné ztráty větráním, která disponuje jednotkou Watt.

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (7)$$

Kde: $H_{V,i}$ – součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [$W \cdot K^{-1}$],
 $\theta_{int,i}$ – výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [$^{\circ}C$],
 θ_e – výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$].

(ČSN EN 12831-1, 2018)

K dopočítání hodnoty součinitele návrhové teploty je nutné si nejprve určit, zdali se bude jednat o výpočet přirozeného větrání, nebo nuceného větrání. Pro přirozené větrání je

uvedený výpočet níže, který již od začátku počítá s faktem, že větrání infiltrací bude nižší, nežli potřebná výměna vzduchu.

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot n_{min} \cdot V_i \quad (8)$$

Kde: n_{min} – minimální intenzita výměny venkovního vzduchu [h^{-1}],

V_i – výměna vzduchu přirozeným větráním [m^3].

(ČSN EN 12831-1, 2018)

Vypočtenou ztrátu je nutné započítat do celkové bilance celého objektu, aby bylo možné navrhnout dostatečně výkonný zdroj.

4.3.4 Teoretická roční spotřeba tepla při nepřerušovaném vytápění

Pro výpočet roční spotřeby tepla při nepřerušovaném vytápění je nejprve nutné si spočítat denostupně. Matematické vyjádření je uvedené níže.

$$D = (\theta_{is} - \theta_{es}) \cdot d_d \quad (9)$$

Kde: θ_{is} – průměrná roční teplota v domě, [$^{\circ}C$],

θ_{es} – průměrná venkovní teplota, [$^{\circ}C$],

d_d – počet dnů otopného období.

(Čech, 2001)

Po vypočtení denostupňů je možné přejít k výpočtu spotřeby energie, pro níž je vyjádřen vzorec níže.

$$Q_d = \frac{24 \cdot \Phi \cdot e \cdot D}{t_{is} - t_e} \quad (10)$$

Kde: Φ – vypočtená tepelná ztráta budovy [kW],

e – součinitel charakterizující nesoučasnost vytápění [-],

D – denostupně,

t_{is} – průměrná roční teplota v domě [$^{\circ}C$],

t_e – výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$].

(Čech, 2001)

Vypočtená roční spotřeba energie v kWh je možné následně přepočítat skrz aktuální cenu energie a následně rozpočítat do měsíců, aby byl zjištěn průměr nákladů na vytápění.

5 Výsledky a diskuse

V kapitole výsledky a diskuze jsou uvedeny energetické výpočty. Na následujících stránkách jsou uvedeny výpočty pro zateplení obvodového pláště, detailů nosných stěn, soklů, podlahy a střechy.

Další částí je analýza naměřených hodnot, které byly laboratorně naměřeny na stavebních materiálech, z nichž byla celá stavba provedena.

Poslední částí jsou uvedeny ekonomické úvahy, kde je brán zřetel na cenovou proveditelnost a celkovou návratnost stavebních částí, jež byly řešeny v předchozích kapitolách.

5.1 Analýza naměřených hodnot

Měření bylo prováděno zařízeními, jež byla popsána výše. V rámci měření bylo možné měřit vlhkost materiálu a jeho tepelnou vodivost. Vzorky pro měření byly vybrány z odřezků z hrubé stavby obvodového zdiva, U-profilu pro věnec a tvárnice, jež byla použita jako věncová u stropního systému ekonom. Měření probíhalo také na kamenné vatě používané pro podklad extenzivní ploché střechy Isover Flora.

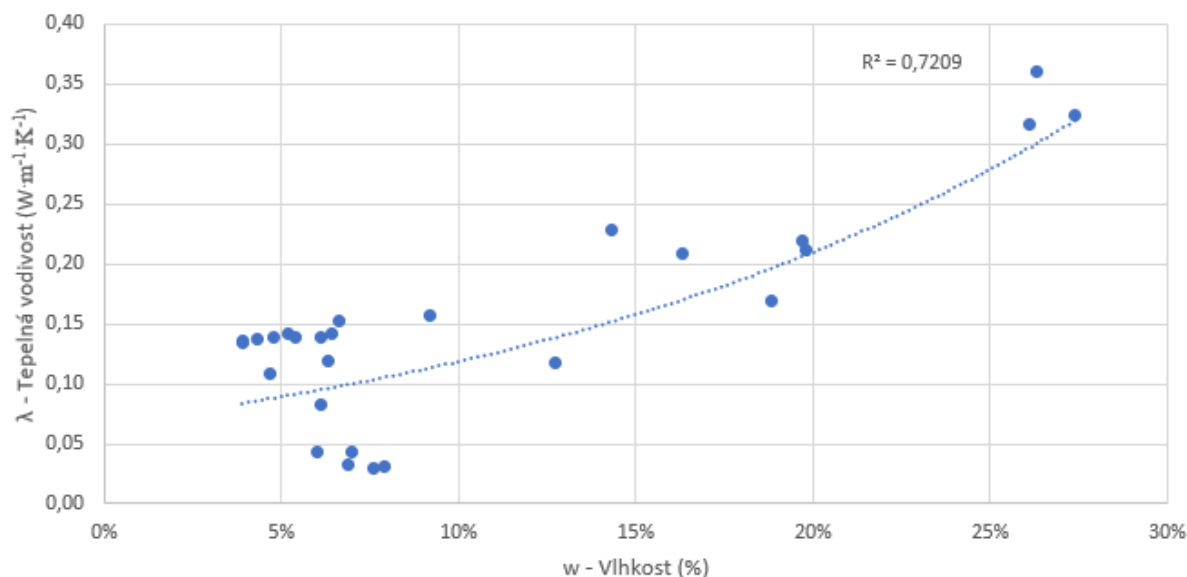
5.1.1 Pórobetonové tvárnice Ytong

Pórobetonové tvárnice jsou známé pro svou vysokou nasákavost a pro své dobré tepelně izolační vlastnosti. Nevýhodou jsou naproti tomu nízká akumulace tepla a problém při vytápění, který se projevuje jako rychlé pocitové teplo a následný pocitový chlad, podobně jako u dřevostaveb.

Prvním měřením bylo měření několika vzorků a jejich součinitele prostupu tepla, které naznačuje následující graf.

Obrázek 16 – Graf naměřených hodnot na pórobetonovém materiálu

Ytong - měření tepelné vodivosti na pórobetonových vzorcích



Zdroj: autor

Jak lze vidět z grafu, tepelná vodivost se mění vzhledem k vlhkosti materiálu. Zároveň by bylo patřičné uvést, že měření probíhalo na 4 typech vzorků, jež byly vyrobeny z pórobetonu. Vzorky byly zváženy, změřeny a následně byla dopočítána hustota materiálu, která se ve většině případů podobná.

V dalším kroku byly všechny body proloženy exponenciální křivkou, která znázorňuje ideální umístění bodů. K tomu byla do grafu vygenerována Excelem hodnota spolehlivosti, která udává, že v 72,09 % se body shodují s proloženou exponenciální křivkou.

Druhé měření bylo provedeno na věncové tvárnici, jež byla vlhčena, vážena, a následně dopočítána hmotnostní vlhkost, která poté byla zanesena do grafu ve spojitosti s tepelnou vodivostí. Velká nasákavost je u pórobetonových výrobků známá a během hrubé stavby se stane dokonce několikrát, že tvárnice jsou namočeny vlivem deště, či technologickým vlhčením konstrukce.

Vliv vody na tepelné vlastnosti obvodových stěn z pórobetonového materiálu se mění dle přiloženého grafu, který byl naměřen na vzorku Ytong věncové tvárnici, jež byla použita jako bednění pro konstrukci stropu Ytong Ekonom. Věncová tvárnice má téměř identické vlastnosti, jako zbytek pórobetonových tvárnice použitých na hrubou stavbu.

Obrázek 17 – Měření tepelné vodivosti pórobetonových tvárnic

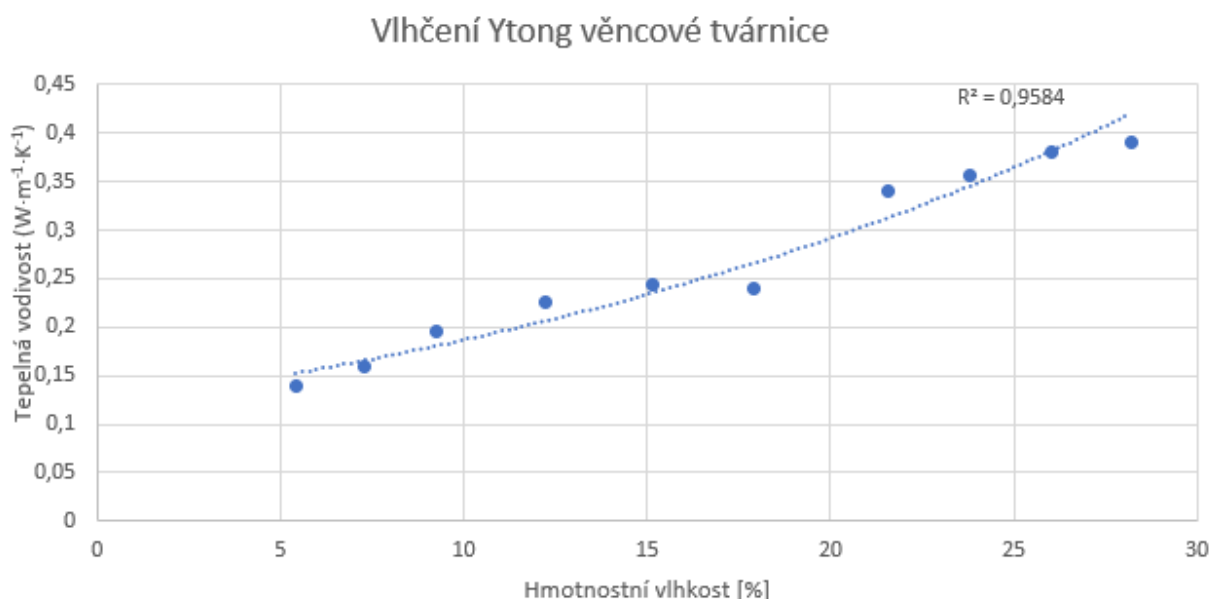


Zdroj: autor

Vzorek pórobetonové tvárnice byl máčen, následně ponechán na vzduchu, aby se prosákla voda co nejhlouběji a nejednalo se pouze o měření povrchové vlhkosti materiálu. Poté se provádělo měření tepelné vodivosti za pomoci zařízení ISOMET.

Hmotnostní vlhkost materiálu byla dopočítána pomocí vztahů, jež zohledňují hmotnost sušiny materiálu a vlhčeného materiálu. Pro zjištění sušiny bylo nutné vzorek sušit v sušárně při 105 °C. Vzorek byl pravidelně vážen a jakmile se hmotnostní hodnota ustálila, dala se považovat za hmotnost sušiny vzorku.

Obrázek 18 – Vliv vlhkosti na tepelnou vodivost u věcnové tvárnice



Zdroj: autor

Jak lze vidět z grafu, jenž byl zpracován na základě naměřených hodnot, tepelná vodivost se liší s rostoucí vlhkostí exponenciálně. V grafu byla pomocí softwaru Excel vygenerována hodnota spolehlivosti, která udává, že z 95,84 % jsou naměřené hodnoty proložitelné exponenciální křivkou.

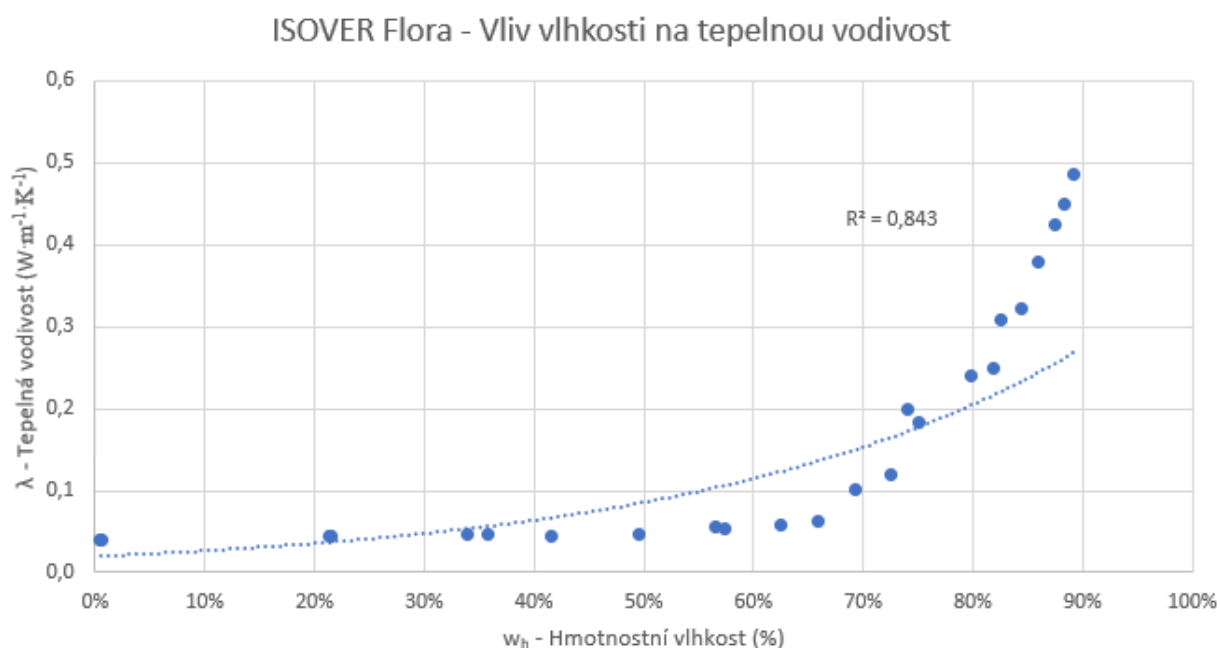
5.1.2 Isover Flora

Isover Flora jsou substrátové desky vyrobené z čedičové hydrofilní vaty, která má výhodu ve své nízké hmotnosti v suchém stavu a vysoké nasákavosti a udržitelnosti vody pro rostliny extenzivní ploché střechy.

Vzorek o rozměrech 170 x 110 x 50 mm (d x š x v) byl v sušičce při 105 °C vysušen po dobu, kdy bylo dosaženo hmotnosti sušiny materiálu. V praxi to znamenalo sušení a pravidelné vážení do doby, kdy se váha vzorku přestala měnit a následné zapsání poslední opakované hodnoty.

Dalším postupem v měření bylo vlhčení, vážení vzorku a finální dopočítání hmotnostní vlhkosti, jež byla následně zanesena do grafu uvedeného níže, který zohledňuje vliv vlhkosti na tepelné vodivosti.

Obrázek 19 – Vliv vlhkosti na tepelnou vodivost u vzorku ISOVER FLORA



Zdroj: autor

Z grafického zobrazení naměřených a dopočítaných hodnot je jasné, že se tepelná vodivost zvyšuje s rostoucí hmotnostní vlhkostí stejně, jako v předchozích případech. Důležité je si povšimnout, že trend růstu tepelné vodivosti má tendenci exponenciálně růst a po proložení exponenciální křivkou je možné tvrdit, že body exponenciální křivce odpovídají z 84,3 % dle hodnoty spolehlivosti.

5.2 Energetické výpočty

Energetické výpočty jsou částí, která je pro správný tepelně-ekonomický návrh nejdůležitější. V tomto případě se jedná o výpočet přesných tloušťek tepelně izolačních materiálů.

Pro výsledné výpočty byly použity hodnoty z normy ČSN 730540-2:2011, která definuje přesné hodnoty součinitelů prostupu tepla a hranice, při nichž se dle legislativy stává budova pasivního charakteru.

Obrázek 20 – Tabulka součinitele prostupu hodnot dle ČSN 730540-2:2011

Požadované hodnoty, doporučené hodnoty a doporučené hodnoty pro pasivní domy součinitelů prostupu tepla některých konstrukcí podle ČSN 73 0540-2:2011			
Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty U _{N,20}	Doporučené hodnoty U _{rec,20}	Doporučené hodnoty pro pasivní domy U _{pas,20}
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45°	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	0,70	0,5
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše z vytápěného prostoru do venkovního prostoru, kromě dveří	1,50	1,20	0,80 až 0,60
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,40	1,10	0,90
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,70	1,20	0,90

Zdroj: ČSN 730540-2:2011

Od 1. 1. 2022 již neplatí hodnoty pro projektování ztrát prostupem tepla konstrukcemi U_{N,20}. Nově se projektové kanceláře řídí hodnotami doporučenými označovanými jako U_{rec,20}.

Pro výpočet součinitelů prostupu tepla je nutné poznamenat, že za hodnoty součinitelů přestupů tepla je nutné dosadit hodnoty odpovídající normám. Pro vnější povrch konstrukce se dosazuje dle normy ČSN 73 0540-3 $\alpha_e = 23 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ a pro součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce hodnotu $\alpha_i = 8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

5.2.1 Vypočet zateplení podlahy

V této kapitole bude vypočítána tloušťka tepelného izolantu, který bude následně použit pro celkovou skladbu podlahy, která by měla být vyhřívána elektrickým topným kabelem.

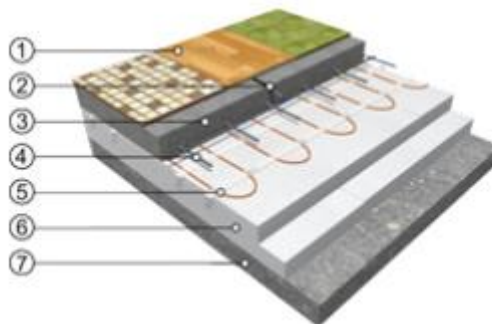
Zateplení podlahy je nutné, vzhledem k únikům tepla z budovy do přilehlé zeminy. Zemina dokáže dobře pohlcovat dodané teplo podlaze a následně základové desce. Případ je úzce spojen s chladírenstvím, kde je zateplování podlah mrazírenských skladů nezanedbatelné. V případě špatného zateplení podlahy dochází v průběhu let k promrznutí podloží, stavba se vlivem toho začne hýbat a následně praskat. Prostory jsou následně nepoužitelné z důvodu porušené statiky. V dnešní době se odpadní teplo odvádí právě pod mrazírenské sklady, aby k takovému jevu nedocházelo.

V případě zateplení podlahy jde pouze o ztrátu tepla, o které je zbytečné přicházet, protože majitele takové protopení stojí nemálo financí.

Norma ČSN 73 0540 doporučuje součinitel prostupu tepla pro stěnu, nebo podlahu vytápěného prostoru přilehlého k zemině na hodnotu $U_{\text{rec},20} = 0,30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. V případě požadavků na pasivní dům se hodnota pohybuje v rozmezí hodnot $U_{\text{pas},20} = 0,15 \div 0,22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Pro výpočet je nutné uvést, že již nyní je určena celková výška podlahy, z důvodu již namontovaných oken. Okna jsou vybavena ve spodní části purenitovou deskou, jenž má na výšku 200 mm. Je tedy nutné počítat se skladbou podlahy, která bude mít celkem 210 mm.

Obrázek 21 – Skladba podlahy pro elektrické poloakumulační vytápění



Zdroj: https://www.fenixgroup.cz/sites/default/files/05_cz_doporucene_skladby_podlah_pro_podlahove_vytapeni.pdf

Skladba vzhledem k předem určené výšce je již zvolena jako poloakumulační. Odlišnosti oproti akumulaciční skladbě podlahy jsou v absenci nadbetonávky na tepelné izolaci. Tepelná izolace je v případě poloakumulační skladby pokryta hliníkovou folií pro lepší odraz tepla, na níž se přímo instaluje topný kabel, jenž je zaléván betonovou mazaninou, do jejíž středu se umísťuje síť kari pro vyztužení.

Tabulka 8 – Nejmenší návrhové tloušťky plovoucích potěrů

Materiál potěru	Třída pevnosti v tahu za ohybu podle ČSN EN 13813	Předepsaná tloušťka potěru			
		Plošné zatížení ≤ 2,0 kN/m ²	Plošné zatížení ≤ 3,0 kN/m ² Bodové zatížení ≤ 2 kN	Plošné zatížení ≤ 4,0 kN/m ² Bodové zatížení ≤ 3 kN	Plošné zatížení ≤ 5,0 kN/m ² Bodové zatížení ≤ 4 kN
Litý potěr cementový nebo na bázi síranu vápenatého	F4	≥ 35	≥ 50	≥ 60	≥ 65
	F5	≥ 30	≥ 45	≥ 50	≥ 55
	F7	≥ 30	≥ 40	≥ 45	≥ 50
Potěr ze zavlhle směsi, cementový nebo na bázi síranu vápenatého	F4	≥ 45	≥ 65	≥ 70	≥ 75
	F5	≥ 40	≥ 55	≥ 60	≥ 65
	F7	≥ 35	≥ 50	≥ 55	≥ 60

Zdroj: <https://stavba.tzb-info.cz/podlahy/21459-komentare-a-diskuse-k-obsahu-normy-csn-74-4505-podlahy-3-cast>

Pro vybetonování betonu byla zvolena z důvodu jednoduché proveditelnosti varianta potěru ze zavlhle směsi o třídě pevnosti F4, která dle normovaných tabulek odpovídá minimální tloušťce potěru 45 mm. Vzhledem k tomu, že se bude v betonovém potěru nacházet i topný kabel, je nutné tuto výšku zohlednit jako nenosnou a přičíst výšku betonované vrstvy pro kabel. Celková výška betonové mazaniny by tedy měla být 55 mm včetně položeného topného kabelu a v případě výškových odchylek vzniklých podkladní vrstvou by měla být zaokrouhlena na 60 mm.

V případě že by betonová mazanina měla být 60 mm a vyrovnávací stěrka o výšce 5 mm, zůstává prostor pro tepelnou izolaci roven tloušťce 145 mm. Vzhledem k vyráběným rozměrům podlahových polystyrenů je nutno počítat se 140 mm tepelné izolace.

Nyní když je známa odhadovaná výška skladby podlahy a tloušťky tepelného izolantu je možné dosadit do rovnice, jež by měla vyjádřit součinitel prostupu tepla, který je nutné následně srovnat s tabulkovými hodnotami. Pro dopočítání byl zvolen Isover Grey 100, jež má katalogovou tepelnou vodivost 0,031 W·m⁻¹·K⁻¹.

$$U_{ps} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{d}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,15}{1,43} + \frac{0,14}{0,031} + \frac{0,06}{1,36} + \frac{0,0025}{0,25}} = 0,208 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

[11]

Dle dopočítaných hodnot, kde byla uvažována základová deska o tloušťce 150 mm o tepelné vodivosti $1,43 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, jež odpovídá tepelné vodivosti železobetonu, tepelná izolace Isover Grey 100, betonová mazanina s podobnými tepelně izolačními vlastnostmi jako základová deska a lepený vinyl od společnosti Gerflor. Lepený vinyl se vyrábí v tloušťce 2,5 mm a o tepelné vodivosti $0,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Po dosazení všech hodnot byla hodnota součinitele prostupu tepla rovna $0,203 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Hodnota odpovídá rozmezí normativních hodnot pasivního domu, jenž se dle normy pohybuje v rozmezí $0,22 \div 0,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Vzhledem k vycházející hodnotě by se dalo říci, že již nyní se jedná o částečný nedostatek podlahy pro tento objekt, protože jak je již v normě psáno, menší objekty by měly dosahovat hodnot nižších uvedených v tabulce požadovaných hodnot pro pasivní dům. Hodnota je v rozpětí, odpovídá tedy pasivitě, avšak ne zcela nedostatečně.

5.2.2 Vypočet zateplení ploché střechy

Plochá extenzivní zelená střecha je velice náchylná na protečení, a proto je nutné, aby pokládku parozábran, a hydroizolačních fólií prováděla odborná firma, jež se touto problematikou zabývá.

Pro konstrukci byl vybrán extenzivní typ ploché střechy z důvodu relativně nízké únosnosti stropu Ytong Ekonom. Strop má dle projektu naprojektováno ostatní zatížení stropu na $2,0 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ s tím, že průměrný tepelný odpor celé stropní konstrukce je spočten na hodnotu $1,14 \text{ K}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$. Tato hodnota je důležitá pro následující dopočítání výšky tepelného izolantu, aby celá konstrukce dosahovala požadovaných normových hodnot.

$$d_{EPS,ps} = \left(\frac{1}{U_{pas,20,ps}} - \frac{1}{\alpha_i} - R_{YE} - \frac{1}{\alpha_e} \right) \cdot \lambda_{EPS,IG100} = \left(\frac{1}{0,10} - \frac{1}{8} - 1,41 - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,031 = 0,261 \text{ m}$$

[12]

Dle vypočítaných hodnot je nutné ke splnění požadavků na pasivitu domu zvolit minimálně 270 mm vysokou tepelnou izolaci, kde byl zohledněn průměrný tepelný odpor konstrukce. Je nutné si uvědomit že vypočítaná výška tepelného izolantu je v nejnižším bodě a v případě klínů, jež je možné nechat na zakázku vyrobit od společnosti Isover je nutné počítat se spádem minimálně $2 \div 4^\circ$. Klíny bude nutné aplikovat, protože strop Ytong Ekonom je momentálně s 0° spádem, který by musel být řešen porízením nopkové folie proti zavodnění.

Tepelná izolace se ve většině případů pokládá ve dvou vrstvách, jež lépe zakrývají nedokonalé spoje a tím snižuje pravděpodobnost vzniku tepelných mostů.

5.2.3 Výpočet zateplení svislých stěn

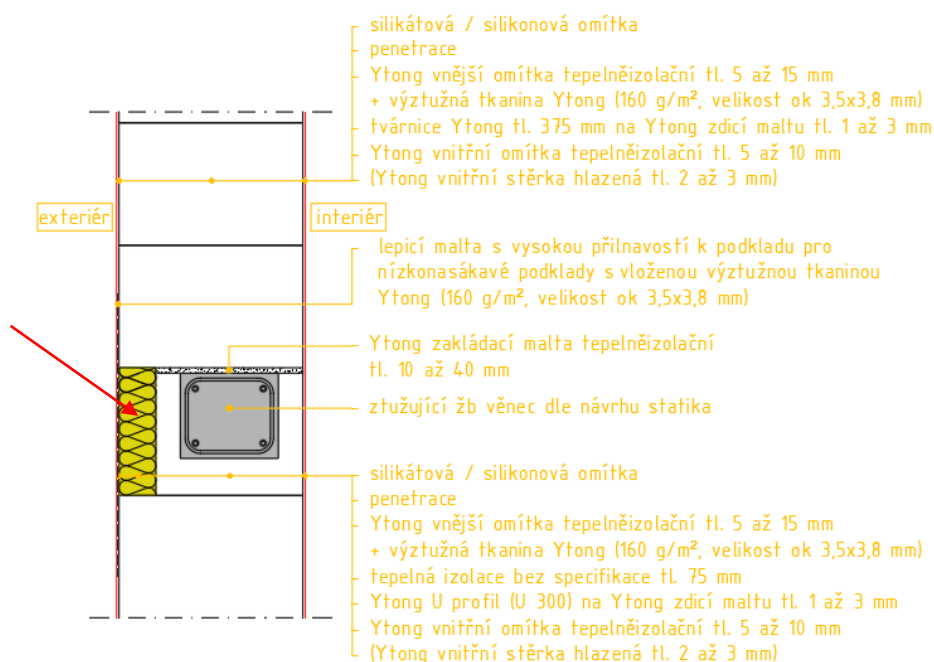
Kapitola se bude věnovat výpočtu součinitele prostupu tepla pro svislé stěny a výpočty pro návrh tloušťek tepelně-izolačních materiálů pro svislé stěny a jejich detaily.

5.2.3.1 Výpočet zateplení věnce

Úlohou věnce je spojení zdiva a jeho ztužení, na nějž se následně kladou další tvárnice. Věncem může být vytvořen v místě stropu, případně pod ním, dokonce je možné, aby věncem zároveň fungoval jako překlád nad vstupními otvory.

Detail věnce v řezu je uveden na následujícím výkresu, pro který bude následně dopočítávána odpovídající tepelná izolace.

Obrázek 22 – Řez nosnou zdí s věncem.



Zdroj: https://www.xella.cz/cs_CZ/konstrukcni-detaily

Úkolem této části je dopočítat, jak je již na výkresu popsáno nspecifikovanou tepelnou izolaci, jež je označena červenou šipkou. Je nutné přihlídnout k situaci, že v tento moment je určena budoucí tloušťka izolantu celkově na 75 mm. Zjišťuje se vodivost budoucího materiálu, který bude aplikován na věncem vytvořený z pórobetonových U-profilů, jenž jsou vylity betonem s armokoší.

Důvod dopočtu vodivosti izolantu je prostý. Dělá se tak z důvodu myšlenky homogenity celé nosné zdi, tedy dolepení takového izolantu, aby zateplený věnec měl stejné vlastnosti, jako zbytek nosných stěn.

Do vyjádřené rovnice se dosazuje pro výpočet součinitele prostupu tepla, kde se jako neznámá vyjádří tepelná vodivost. Následně je nutné dosadit do vyjádřené rovnice, kde je uvažována tloušťka (d_{YUzb}) a vodivost (λ_{YUzb}) betonu s železnou armaturou a vodivost (λ_{YU}) a tloušťka (d_{YU}) pórobetonové U-tvárnice. Poslední dosazenou hodnotou je srovnávaný součinitel prostupu tepla tvárnice Ytong o šířce 375 mm, z níž je celá nosná zeď vystavěna.

$$\lambda_{EPSYU} = \frac{d_{EPSYU}}{\frac{1}{U_{375}} - \frac{d_{YU}}{\lambda_{YU}} - \frac{d_{YUzb}}{\lambda_{YUzb}}} = \frac{0,07}{\frac{1}{0,267} - \frac{0,15}{0,13} - \frac{0,15}{1,43}} = 0,0282 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

[13]

Po dosazení vychází výsledek $0,0282 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Tato hodnota neodpovídá hodnotě tepelné vodivosti Isover GreyWall Plus, který má hodnotu $0,031 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a je tedy nutné podotknout, že takový tepelný izolant není. (Fasádní zateplovací systémy, 2020)

Společnost Isover nabízí materiál pouze v tloušťkách 70 mm nebo 80 mm, je tedy nutné použít materiál 70 mm tlustý a počítat s nerovnostmi povrchu, nebo použít 80 mm a následně ji zbrousit. Zvolena byla varianta o tloušťce 70 mm.

5.2.3.2 Výpočet zateplení překladů

Výpočet zateplení překladů probíhá identickým způsobem, jako je dopočet tepelné vodivosti izolantu pro věnec budovy z pórobetonových U-profilů, avšak v tomto případě byl použit prefabrikovaný překlad NOP o šíři 300 mm.

Obrázek 23 – Prefabrikovaný překlad NOP



Zdroj: https://www.xella.cz/cs_CZ/product/ytong-p%C5%99eklad-nop-300-1500/20002902

Typ tohoto překladu se považuje za nosný, je tedy možné na něj dále stavět. Jeho součinitel prostupu tepla dosahuje hodnoty $0,176 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. (Přehled materiálových vlastností a produktů 2021, 2021)

V případě uvedeném výše může být použit podobně vyjádřený vzorec, stejně jako v minulé kapitole: Výpočet zateplení věnce. Výpočet tepelné vodivosti tepelné izolace vypadá následujícím způsobem.

$$\lambda_{EPSp} = \frac{d_{EPSp}}{\frac{1}{U_{375}} - \frac{d_{NOP}}{\lambda_{NOP}}} = \frac{0,07}{\frac{1}{0,267} - \frac{0,30}{0,176}} = 0,034 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

[14]

Výsledkem výpočtu je hodnota měrné tepelné vodivosti $0,034 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Tento výsledek dokazuje, že prefabrikované překlady jsou tepelně-izolačně více vyhovující a je možné, je zateplit například bílou EPS deskou, která má, díky absenci uhlíku vyšší tepelnou vodivost.

Přihlédnout by se mělo také k jednoduchosti montáže prefabrikovaných překladů oproti litým U-profilovým překladům přímo na stavbě. Jejich nevýhodou může být její vyšší hmotnost a díky tomu horší aplikace, pokud na místě není jeřáb.

5.2.3.3 Výpočet zateplení nosné stěny

Vzhledem k tomu, že byly dohledány ideální tepelné izolace pro zateplení detailů svislých stěn, je možné přistoupit k volbě zateplení obvodových stěn, které se zvoleným izolačním materiálem na detailech nosné stěny stává, že stěna z pohledu tepelně izolačních vlastností se přiblížila homogenní stěně.

Nosná zeď je vystavěna z pórobetonových tvárnic Ytong 37,5 PDK P2-400 Standard o šíři 375 mm. Součinitel prostupu tepla dle katalogu Ytong odpovídá hodnotě $0,267 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. (Tvárnice pro nosné stěny, 2020)

Pro následující výpočet byl odvozen vzorec, který vyjadřuje jako neznámou hodnotu tloušťku tepelné izolace a zohledňuje požadavky na dněšní normovaný součinitel prostupu tepla pro pasivní domy.

Do odvozeného vzorce je možné dosadit hodnoty, které by měly odpovídat skladbě zateplovacího systému ETICS. V případě tohoto systému se uvažuje vzhledem

k jednotvárnosti a širšímu využití typu polystyrénu, který byl zvolen na detaily konstrukce obvodové nosné stěny a to izolant Isover GreyWall.

Typ izolantu zvoleným pro aplikaci dosahuje tepelné vodivosti $\lambda = 0,032 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, díky uhlíkovému aditivu, které snižuje svými vlastnostmi tepelnou vodivost materiálu.

$$d_{EPS,375} = \left(\frac{1}{U_{pas,20,os}} - \frac{1}{\alpha_i} - \frac{1}{U_{Y,375}} - \frac{1}{\alpha_e} \right) \cdot \lambda_{EPS,IGP} = \left(\frac{1}{0,12} - \frac{1}{8} - \frac{1}{0,267} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,032 =$$

$$= 141,4 \text{ mm} \doteq 150 \text{ mm}$$

[15]

Výpočet pro obvodové zdivo vyzděné z Ytong tvárnic o tloušťce 375 mm a součinitele prostupu tepla pasivního domu doporučeného vychází 141,4 mm tepelného izolantu s vodivostí $0,032 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Vzhledem k vyráběným tloušťkám tepelného izolantu Isoveru GreyWall Plus je nutné výsledek zaokrouhlit na 150 mm.

5.2.3.4 Výpočet zateplení soklu

V případě zateplení soklu se jedná o zateplení tvárnice Ytong 30 PDK P2-400 o šíři 300 mm, jenž byly použity pro zakládací první řadu stavby.

Tyto tvárnice disponují dle produktového listu od společnosti Xella Group s.r.o. součinitelem prostupu tepla $0,330 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, jsou tedy v porovnání s tvárnicemi s tloušťkou 375 mm více tepelně ztrátové. Bude tedy nutné dopočítat tloušťky tepelné izolace, která bude samozřejmě tlustší oproti obvodové nosné zdi. (Tvárnice pro nosné stěny, 2020)

Výpočet bude probíhat pomocí rovnice, jejíž odvození proběhlo již v kapitole Výpočet zateplení nosné stěny. Pro zateplení je nutné použít Isover Sokl 3000, jež odolává vlhkosti jdoucí ze zeminy do tepelné izolace s tepelnou vodivostí $\lambda_{EPS,IGP}=0,033 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Je možné hned dosazovat do odvozeného vzorce, který bude vypadat následujícím způsobem.

$$d_{EPS,300} = \left(\frac{1}{U_{pas,20,os}} - \frac{1}{\alpha_i} - \frac{1}{U_{Y,300}} - \frac{1}{\alpha_e} \right) \cdot \lambda_{EPS,IGP} = \left(\frac{1}{0,12} - \frac{1}{8} - \frac{1}{0,330} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,033 =$$

$$= 169,4 \text{ mm} \doteq 170 \text{ mm}$$

[16]

Po dosazení do rovnice vyšel výsledek roven 145,8 mm tloušťky tepelného izolantu, jenž odpovídá normě ČSN 73 0540. Vzhledem k prefabrikaci tepelných izolantů

od společnosti Isover je nutné přizpůsobit návrhovou tloušťku izolace k vyrobeným kusům, tedy v tomto případě k 170 mm.

5.2.4 Výpočet tepelných ztrát

Pro určení příkonu vytápění je nutné nejprve vypočítat ztráty celého objektu a až následně je možné zvolit zdroj tepla, jež by měl vyhřát místnosti na požadovanou teplotu.

První je nutné rozepsat si do tabulky data, která budou následně použita pro výpočet. Je nutné vypsát všechna okna a s těmi následně počítat ztráty.

Tabulka 9 – Fasáda vůči světovým stranám a poměr fasády a oken

Orientace	Celková plocha fasády [m ²]	Celková plocha výplní otvorů [m ²]	Plocha stěn po odečtení výplní otvorů [m ²]	Podíl ploch výplní otvorů [%]
S	16,00	0,99	15,01	6,18
Z	26,00	0,70	25,30	2,69
J	16,00	0,47	15,53	2,94
V	26,00	7,76	18,24	29,86
Celkem	84,00	9,92	74,08	10,42

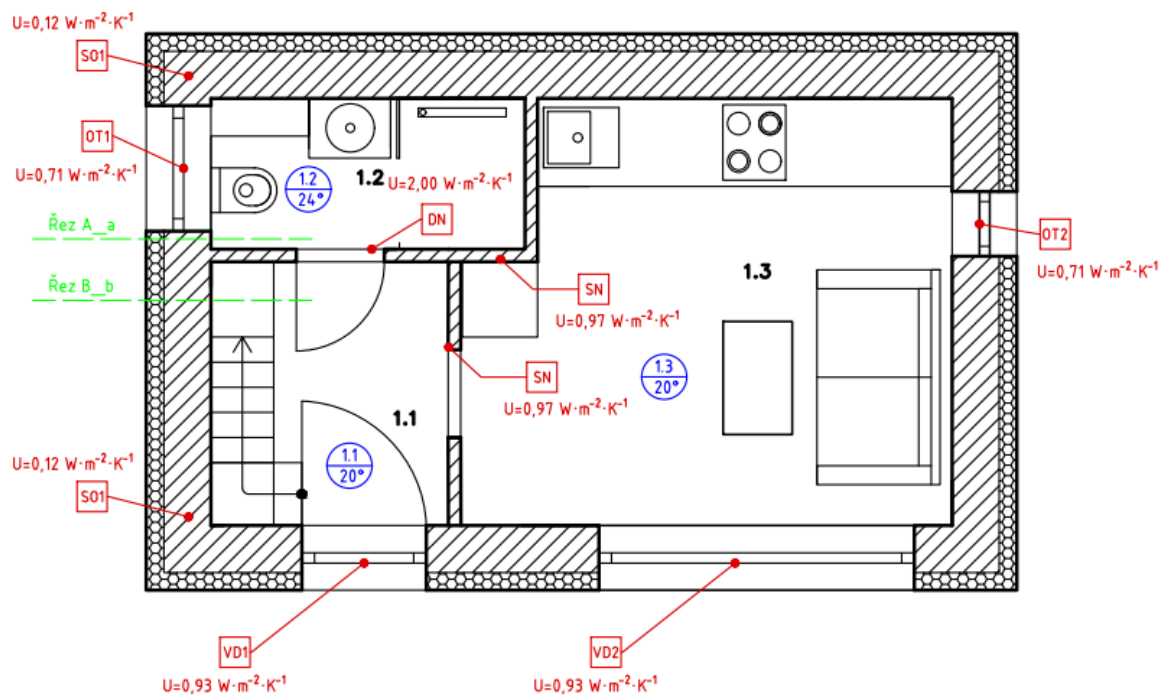
Zdroj: autor

Následně je nutné vypočítat tepelné ztráty pro každou místnost zvlášť. Vzhledem k malé rozloze objektu a členění pouze na koupelnu, kde převládá vnitřní teplota 24 °C a kuchyň, spojená s ložnicí. Poslední místností pro výpočet tepelných ztrát je vstupní chodba.

5.2.4.1 Výpočet tepelných ztrát koupelna

Tepelné ztráty jsou, jak již bylo uvedeno v teoretické části pro výpočty, složeny rovnou z několika skupin. První skupinou je tepelná ztráta prostupem tepla, skrz svíslé konstrukce, podlahu, strop, nebo místnosti částečně, nebo vůbec vytápěné.

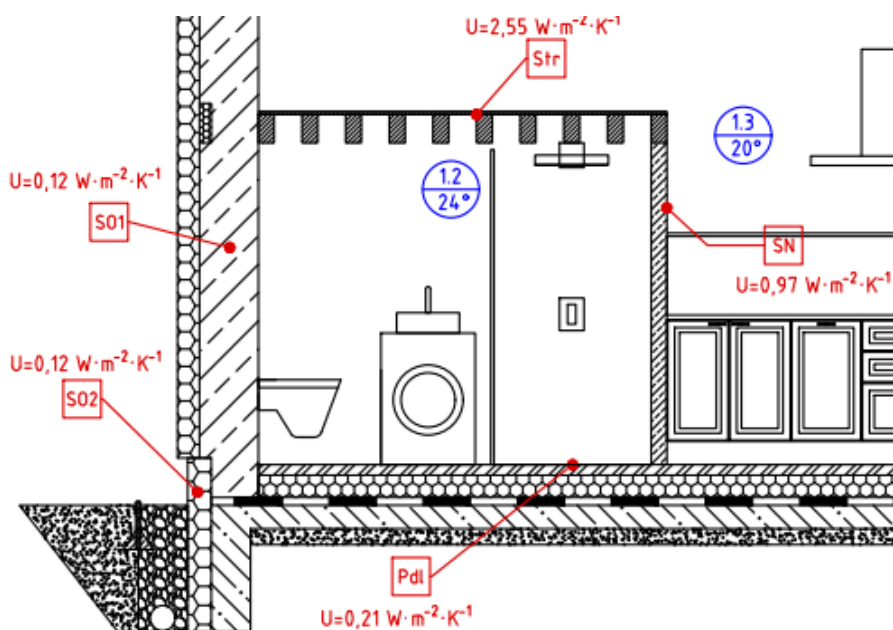
Obrázek 24 – Půdorys objektu pro výpočet tepelných ztrát



Zdroj: autor

Následně byl vytvořen výkres řezu budovou pro lepší představu dispozic objektu a byla do něj zanesena označení a součinitele prostupu tepla pro konstrukce vztahující se k dané místnosti.

Obrázek 25 – Výkres řezu koupelnou pro výpočet tepelných ztrát A_a



Zdroj: autor

U každé místnosti je nutné si udělat dle výkresů a řezů rozbor ploch a součinitelů prostupu tepla a následně dosadit do tabulek, uvedených níže.

Tabulka 10 – Výpočet tepelných ztrát do venkovního prostředí – koupelna

Výpočet součinitele redukce teploty		
Označení	Koupelna → Obytná část, chodba	Koupelna → Ven
$\theta_{int,i}$ [°C]	24	24
θ_u [°C]	20	-12
θ_e [°C]	-12	-12
b_u, e_k [-]	0,11	1

Po vypočtení koeficientů zohledňujících teploty mezi místnostmi, mezi venkovním prostředím a vnitřní teplotou, je možné přistoupit k výpočtu ztrát prostupem tepla konstrukcemi.

Tabulka 11 – Tepelné ztráty prostupem tepla – koupelna

Tepelné ztráty – venkovní prostředí								
Stavební konstrukce								
Označení	Název	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
S02	Sokl	0,19	0,12	0,02	0,14	1	0,03	
S01	Venkovní stěna	7,67	0,12	0,02	0,14	1	1,07	
OT1	Okno trojsklo	0,47	0,71	0,00	0,71	1	0,33	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie}$ [W·K ⁻¹]							1,43	
e_k korekční činitel zahrnující klimatické podmínky = 1 (dle ČSN 730540)								
Tepelné ztráty z nebo do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
Označení	Název	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$			
SN	Stěna do kuchyně	6,54	0,97	0,11	0,71			
DN	Dveře do chodby	1,60	2,00	0,11	0,36			
Str	Strop k ložnici	3,00	2,55	0,11	0,85			
Celková měrná tepelná ztráta z nebo do prostor s odlišnou teplotou teplotou $H_{T,ij}$ [W·K ⁻¹]							1,91	
Tepelná ztráty do zeminy								
Označení	Název	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
Pdl	Podlaha na zemině	3,00	0,21	0,62	1,45	0,5	1	0,725
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig}$ [W·K ⁻¹]								0,45

Po vypočtení všech prostupů tepla skrz konstrukce budovy, je nutné hodnoty sečíst a následně vynásobit hodnotou rozdílu vnitřní teploty a teploty venkovní návrhové.

Venkovní návrhová teplota byla určena dle normy, ke které byl uveden komentář již výše a odpovídá okresu Nymburk.

Tabulka 12 – Součet tepelných ztrát prostupem tepla – koupelna

Celková měrná tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{\text{int},i}$ [°C]	θ_e [°C]	$\theta_{\text{int},i}-\theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]
24	-12	36	3,80	137

Při vyjádření tepelných ztrát prostupem tepla je nutné zohlednit také vliv větrání na ztráty tepla, kde byla využita hodnota $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$, jež udává norma ČSN EN 730540.

Tabulka 13 – Tepelné ztráty větráním – koupelna

Celková tepelná ztráta větráním				
Objem místnosti V_i [m ³]	θ_e [°C]	$\theta_{\text{int},i}$ [°C]	n [h ⁻¹]	$H_{V,i}$ [W·K ⁻¹]
6,6	-12	24	0,5	1,122
Celkové tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i}$ [W]				40

Následně je nutné sečíst ztráty větráním a prostupem tepla, aby bylo možné dopočítat celkové ztráty celé místnosti tak, aby následně mohlo být určené topné těleso, jež daný prostor vytopí na požadovanou teplotu.

Tabulka 14 – Součet tepelných ztrát pro celou místnost – koupelna

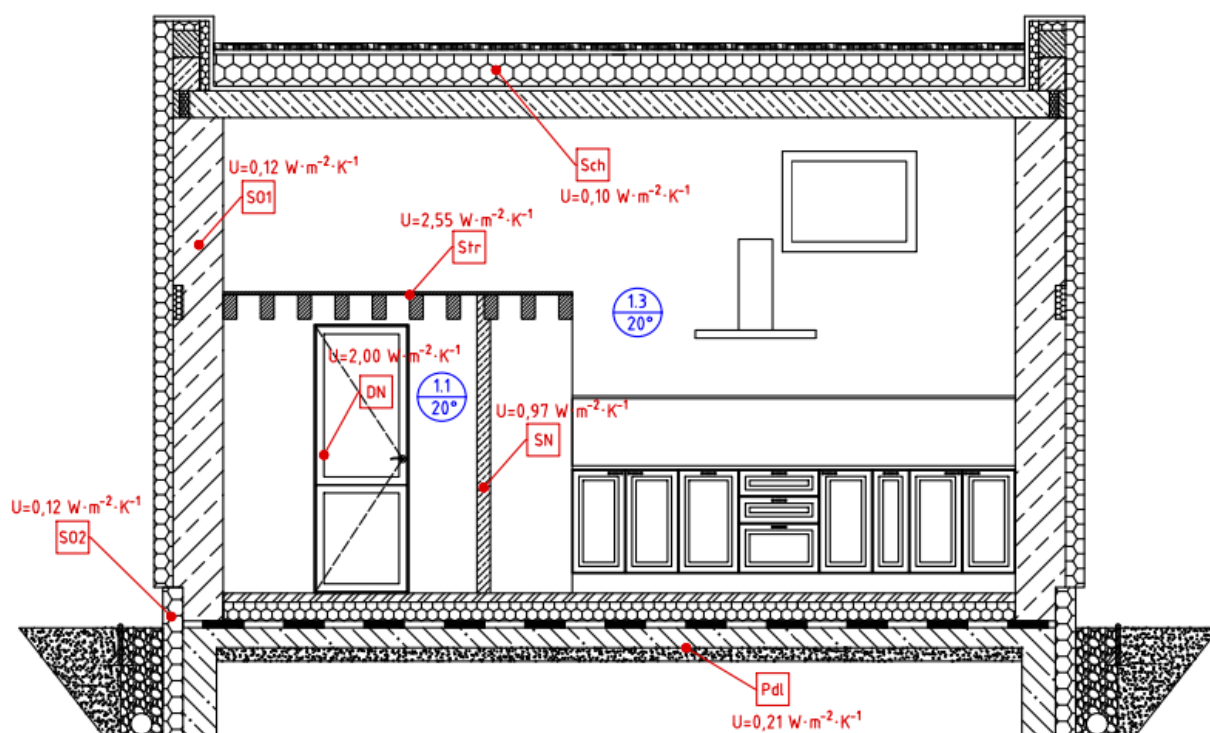
Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost koupelna		
$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
137	40	177

Po sečtení všech tepelných ztrát vyšla hodnota 177 W pro koupelnu, pro níž by mělo být zvoleno podlahové vytápění a z důvodu úspornosti prostoru elektrické podlahové vytápění s poloakumulační skladbou podlahy.

5.2.4.2 Výpočet tepelných ztrát obývací pokoj, kuchyň, ložnice

Následující místností pro výpočet tepelných ztrát je obytná část, do které spadá kuchyň, obývací pokoj, jež je právě s kuchyní spojena v jednom patře. Dále je nutné zařadit i ložnici, jež se nachází v 1.NP, ale není nijak rozdělena.

Obrázek 26 – Výkres řezu obytnou částí pro výpočet tepelných ztrát B_b



Zdroj: autor

Po grafickém zobrazení řezu B_b je možné přistoupit k výpočtům tepelných ztrát obytné části. Následující tabulky zahrnují všechny součinitele prostupu tepla všech místností.

Tabulka 15 – Výpočet tepelných ztrát do venkovního prostředí – obytná část

Výpočet součinitele redukce teploty		
Označení	Obytná část → Koupelna	Obytná část → Ven
$\theta_{int,i}$ [°C]	20	20
θ_u [°C]	24	-12
θ_e [°C]	-12	-12
b_{u,e_k} [-]	-0,13	1

Je nutné si povšimnout výpočtu koeficientu, jež vyšel se záporným znaménkem, bude se tedy jednat vzhledem ke vztahu ke koupelně, ne k tepelným ztrátám, ale k tepelným ziskům.

Tabulka 16 – Tepelné ztráty prostupem tepla – obytná část

Tepelné ztráty – venkovní prostředí								
Stavební konstrukce								
Označení	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
S02	Sokl	0,20	0,12	0,02	0,14	1	0,03	
S01	Venkovní stěna	45,58	0,12	0,02	0,14	1	6,41	
OT3	Okno trojsklo ložnice	0,66	0,71	0	0,71	1	0,47	
VD2	Posuvné dveře dveře	5,08	0,93	0	0,93	1	4,73	
OT4	Okno trojsklo kuchyň	0,70	0,71	0	0,71	1	0,50	
Sch	Plochá střecha	20,06	0,10	0,02	0,12	1	2,40	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie}$ [$W \cdot K^{-1}$]							14,53	
e_k korekční činitel zahrnující klimatické podmínky = 1								
Tepelné ztráty z nebo do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
Označení	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$			
SN	Stěna do koupelny	2,60	0,97	-0,13	-0,32			
Str	Strop do koupelny	3,00	2,55	-0,13	-0,95			
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odlišnou teplotou teplotou $H_{T,ij}$ [$W \cdot K^{-1}$]							-1,27	
Tepelná ztráty do zeminy								
Označení	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
Pdl	Podlaha na zemině	12,50	0,21	2,60	1,45	0,5	1	0,725
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig}$ [$W \cdot K^{-1}$]							1,89	

V kategorii tepelné ztráty z nebo do prostor vytápěných na jinou teplotu jsou vidět záporné hodnoty, jež vyznačují tepelné zisky. Tepelné zisky vznikají prostupem tepla skrz stěnu a strop koupelny, jež sousedí s ložnicí.

Tabulka 17 – Součet tepelných ztrát prostupem tepla – obytná část

Celková měrná tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$ [$^{\circ}C$]	θ_e [$^{\circ}C$]	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]
20	-12	32	15,15	485

Po sečtení všech tepelných ztrát prostupem tepla a vynásobením rozdílem teplot vnitřního prostoru včetně teploty venkovní návrhové teploty, vychází návrhová tepelná ztráta prostupem tepla 485 W.

Tabulka 18 – Tepelné ztráty větráním – obytná část

Celková tepelná ztráta větráním				
Objem místnosti V_i [m ³]	θ_e [°C]	$\theta_{int,i}$ [°C]	n [h ⁻¹]	$H_{V,i}$ [W·K ⁻¹]
59,85	-12	20	0,5	10,17
Celkové tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i}$ [W]				326

Tabulka uvedená výše zohledňuje větrání s minimální intenzitou $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$. Hodnota vycházející z výměny vzduchu odpovídá 326 W.

Tabulka 19 – Součet tepelných ztrát pro celou místnost – obytná část

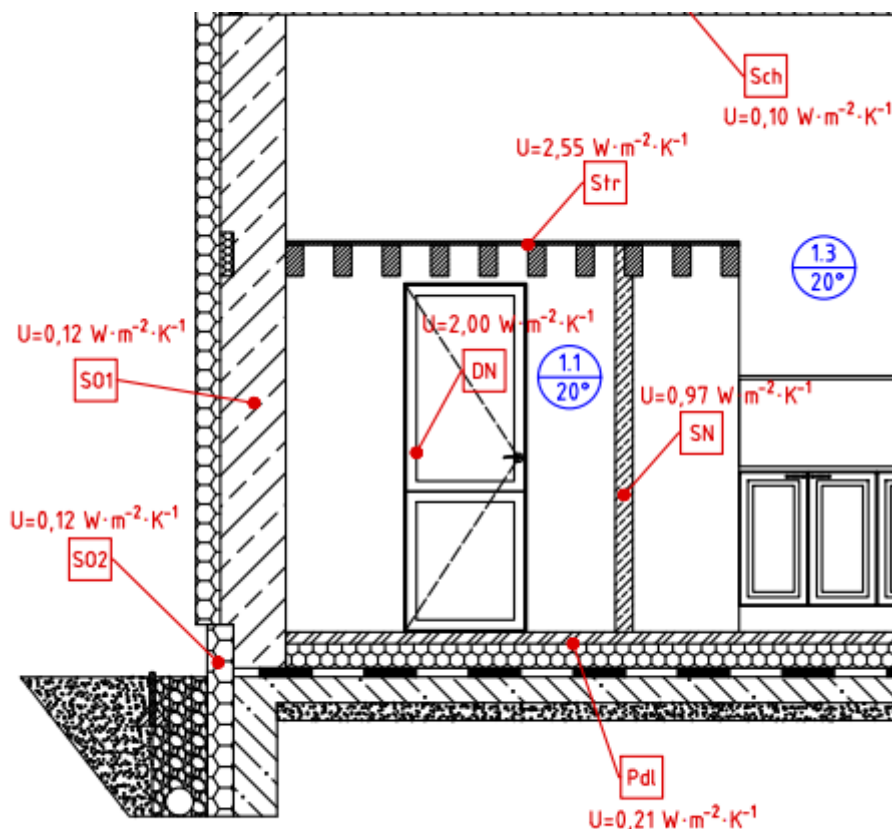
Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost obytná část		
$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
485	326	810

Celková tepelná ztráta odpovídá po součtu hodnot pro větrání a prostupem tepla na 810 W na celou místnost. K této hodnotě je následně nutné naddimenzovat tepelný zdroj, jež vyrovná ztráty a vytopí prostor na požadovanou hodnotu 20 °C.

5.2.4.3 Výpočet tepelných ztrát vstupní chodba

Poslední místností, jež bylo nutné posoudit z hlediska tepelných ztrát je vstupní chodba. Návrhová teplota vnitřního prostředí odpovídá 20 °C.

Obrázek 27 - Výkres řezu chodbou pro výpočet tepelných ztrát B_b



Zdroj: autor

Po výše uvedené analýze místnosti je možné dopočítávat tepelné ztráty vstupní chodby. Všechny hodnoty jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 20 – Výpočet tepelných ztrát do venkovního prostředí – chodba

Výpočet součinitele redukce teploty		
Označení	Chodba → Koupelna	Chodba → Ven
$\theta_{int,i}$ [°C]	20	20
θ_u [°C]	24	-12
θ_e [°C]	-12	-12
b_u, e_k [-]	-0,13	1

Pro tepelné ztráty prostupem tepla je nutné si uvědomit, že vstupní chodba má stejnou teplotu jako obytná část, tedy kuchyň a ložnice. V tabulkách se tedy z toho důvodu neobjevuje výčet konstrukcí sousedící právě s těmito místnostmi.

Dále ve vstupní chodbě není úplný styk s plochou střechou a díky tomu se vůbec neuvažuje v celém výpočtu ztrát.

Tabulka 21 – Tepelné ztráty prostupem – chodba

Tepelné ztráty – venkovní prostředí								
Stavební konstrukce								
Označení	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$	
S02	Sokl	0,20	0,12	0,02	0,14	1	0,03	
S01	Venkovní stěna	8,81	0,12	0,02	0,14	1	1,24	
VD1	Vstupní dveře	2,02	0,93	0	0,93	1	1,88	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie}$ [$W \cdot K^{-1}$]							3,15	
e_k korekční činitel zahrnující klimatické podmínky = 1								
Tepelné ztráty z nebo do prostorů vytápěných na rozdílné teploty								
Stavební konstrukce								
Označení	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$			
SN	Stěna do koupelny	2,60	0,97	-0,13	-0,32			
DN	Dveře do koupelny	1,60	2	-0,13	-0,40			
Celková měrná tepelná ztráta z nebo do prostor s odlišnou teplotou $H_{T,ij}$ [$W \cdot K^{-1}$]							-0,72	
Tepelná ztráty do zemin								
Označení	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
Pdl	Podlaha na zemině	3,99	0,21	0,83	1,45	0,5	1	0,725
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig}$ [$W \cdot K^{-1}$]							0,60	

Následuje sečtení všech tepelných ztrát, kde se jako v minulém případě v rámci koupelny jedná o tepelné zisky označené zápornou hodnotou v tabulce s názvem tepelné ztráty z nebo do prostorů vytápěných na rozdílné teploty.

Tabulka 22 – Součet tepelných ztrát prostupem tepla – chodba

Celková měrná tepelná ztráta prostupem				
$\theta_{int,i}$ [$^{\circ}C$]	θ_e [$^{\circ}C$]	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]
20	-12	32	3,04	97

Součet tepelných ztrát prostupem tepla s následným zohledněním rozdílu teplot vnitřního prostředí a venkovní návrhové teploty, udávají hodnotu 97 W.

Tabulka 23 – Tepelné ztráty větráním – chodba

Celková tepelná ztráta větráním				
Objem místnosti V_i [m ³]	θ_e [°C]	$\theta_{int,i}$ [°C]	n [h ⁻¹]	$H_{V,i}$ [W·K ⁻¹]
8,78	-12	20	0,5	1,49
Celkové tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,i}$ [W]				48

Tepelné ztráty větráním s nejmenší možnou normovanou intenzitou výměny vzduchu, vychází na 48 W. Hodnotu je nutné následně přičíst ke ztrátě prostupem tepla.

Tabulka 24 – Součet tepelných ztrát pro celou místnost – chodba

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost chodba		
$\Phi_{T,i}$ [W]	$\Phi_{V,i}$ [W]	$\Phi_{HL,i}$ [W]
97	48	145

Celkové ztráty vstupní chodby po sečtení vychází 145 Wattů a na tuto hodnotu je nutné naddimenzovat topné těleso, jež tyto ztráty vyrovnají.

5.2.4.4 Tepelné ztráty celého objektu a volba otopných těles

Dle předešlých výpočtů vychází, že tepelné ztráty celého objektu odpovídají součtu všech tepelných ztrát místností.

Tabulka 25 – Tepelné ztráty celého objektu

Název	Tepelná ztráta místnosti [W]
Koupelna	177
Obytná část	810
Chodba	145
Celkem	1132

Celý objekt má po sečtení tepelné ztráty ve výši 1 132 W, což při rozpočítání na metr čtvereční vychází na celkovou užitnou plochu domku 28,56 m², v průměru na 40,41 W·m⁻².

Pro všechny místnosti byly vždy vybrány elektrické topné kabely odpovídající tepelné ztrátě místnosti, dle katalogu od výrobce elektrických vytápění Fenix.

Pro koupelnu s tepelnými ztrátami 177 W by měl být použit topný kabel TYP ADPSV 10 W·m⁻¹ typ ADPSV 10200 s příkonem 200 W a délkou 18,9 m.

Pro obytnou část vyšla tepelná ztráta ve výši 810 Wattů, která odpovídá elektrickému podlahovému vytápění ADPSV 10950 s příkonem 950 Wattů a délkou 87 metrů.

Pro poslední část domu, a to vstupní chodbu jsou vypočítané tepelné ztráty ve výši 145 Wattů. Této hodnotě odpovídá elektrické vytápění ADPSV 10200 s příkonem 200 Wattů a délkou 18,9 metrů.

Celkový součet všech příkonů elektrického podlahového topení odpovídá 1 350 W.

5.3 Ekonomické úvahy

V kapitole ekonomické úvahy jsou uvedeny všechny informace týkající se finanční stránky stavby. Patří zde spotřeba energie na vytápění, návratnost investice zateplení a ekonomická úvaha výběru tepelně-izolačního materiálu.

5.3.1 Spotřeba energie ve vztahu k tepelným ztrátám

Pro spotřebu energie je nutné si nejprve vyhledat počet dní, jež jsou dle normy brány jako dny otopné sezóny a průměrnou teplotu v dané lokalitě. Vzhledem k obecnosti tabulek je nutné se spíše přiklonit k okolnímu velkému městu, což je v tomto případě okresní město Nymburk.

Tabulka 26 – Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit

Lokalita (místo měření)	Nadmořská výška	Venkovní výpočtová teplota	Otopné období pro					
			$t_{em}=12^{\circ}$		$t_{em}=13^{\circ}$		$t_{em}=15^{\circ}$	
	h [m]	t_e [°C]	t_{es} [°C]	d_d [den]	t_{es} [°C]	d_d [den]	t_{es} [°C]	d_d [den]
Nymburk	186	-12v	3,8	217	4,2	228	5,5	262

Zdroj: <https://m.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit?fbclid=IwAR1mhXGaX0JB8dXoyZTIwcde5-s7ppQVowKqSsPOXTDoMZ2J5bGG6OVKHyY>

Následně bylo dosazeno do vzorce pro výpočet denostupňů, aby bylo možné dopočítat roční spotřebu objektu.

$$D = (21,4 - 4,2) \cdot 228 = 3921,6$$

(17)

Další částí je výpočet roční spotřeby energie za rok, do níž bylo nutné dosadit součinitel charakterizující nesoučasnost vytápění. Hodnota se zpravidla dosazuje $e = 0,85$.

$$Q_d = \frac{24 \cdot 1,132 \cdot 0,85 \cdot 3921,6}{21,4 - (-12)} = 2711,40 \text{ kWh}$$

(18)

Ročně objekt protopí při ceně z minulého roku za elektrickou energii $5,80 \text{ Kč}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ celkově $15\,726,12 \text{ Kč}\cdot\text{a}^{-1}$.

5.3.2 Cenová politika tepelně-izolačních materiálů

Častokrát si investoři kladou otázku, za jakých okolností se jim vyplatí pořídit například šedý polystyren pro jejich objekt, jež vyniká nižší tepelnou vodivostí. Díky vlastnostem přidaného uhlíku do struktury EPS desek se snižuje tepelná vodivost čímž je dosahováno EPS desek s menší tloušťkou, avšak se stejnými vlastnostmi jako bílý polystyren. Porovnáno bylo celkem sedm druhů polystyrenu o různých vlastnostech, avšak se stejnou tloušťkou, aby bylo možné určit rozdíl mezi součiniteli prostupu tepla.

Tabulka 27 – Porovnání EPS desek z ekonomického hlediska

Název	λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]	d [mm]	Cena za m^2 [Kč]	Cena za mm [Kč]	Součinitel prostupu tepla [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]	Potřebná tloušťka pro srovnání [m]	Celková cena [Kč]	Rozdíl [Kč]
EPS 70	0,039	60	178,00	2,97	0,140	0,075	223,94	0,00
EPS 70F	0,039	60	178,00	2,97	0,140	0,075	223,94	0,00
EPS GreyWall	0,032	60	217,10	3,62	0,134	0,062	224,10	0,17
EPS GreyWall Plus	0,031	60	229,00	3,82	0,133	0,060	229,00	5,06
EPS 100	0,037	60	217,10	3,62	0,138	0,072	259,12	35,18
EPS Grey 100	0,031	60	263,50	4,39	0,133	0,060	263,50	39,56
EPS GreyWall SP	0,030	60	283,00	4,72	0,132	0,058	273,87	49,94

Uvedená tabulka demonstruje cenovou politiku prodeje EPS desek, jež se liší zpravidla svou vodivostí. V prvním sloupci je uvedena tepelná vodivost, která se u každého materiálu liší dle aditiv, které byly do EPS desek přidány při výrobě. Následně byla zvolena demonstrační tloušťka materiálu a určena cena dle aktuálních ceníků. Cena byla rozpočítána na 1 mm tloušťky tepelného izolantu, aby s ní bylo možné dále pracovat.

Dalším krokem bylo vypočítání součinitele prostupu tepla pro každou desku a následné dopočítání potřebné tloušťky materiálu se součinitelem prostupu tepla $0,133 \text{ [W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$ vyznačeným v tabulce zeleně.

Pro lepší představu byla vypočítána cena, která respektuje cenu nákladů na 1 mm izolantu a přesné tloušťky související se zeleně označenou hodnotou součinitele prostupu

tepla. Poslední sloupec uvažuje rozdíl mezi nejlevnější variantou polystyrenu a dražší variantou.

Ve výsledku je zcela reálné říci, že pokud investor nepožaduje například zmenšit zastavěnou plochu tím, že použije materiál o nižší tepelné vodivosti, nebo z jiného důvodu, vyplatí se z finančního hlediska pořídit EPS 70, nebo EPS 70F. V případě požadavku nižší zastavěné plochy na úkor zateplování je možné si dovolit tvrdit, že se vyplatí z hlediska příplatku za materiál pořídit Isover GreyWall, jež se liší v rozdílu od Isover EPS 70 a 70F o $0,17 \text{ Kč}\cdot\text{m}^{-2}$ více. V případě Isover GreyWall Plus se jedná o příplatek až o $5,06 \text{ Kč}\cdot\text{m}^{-2}$. Tento materiál má užití v případech, kdy se investor snaží zmenšit tloušťku tepelného izolantu za stejných vlastností, má například Isover 70F. Ještě větším cenovým rozdílem disponuje právě Isover GreyWall SP, jež dosahuje sice nižší tepelné vodivosti, avšak je nutné doplatit rozdíl na ceně až 49,94 Kč.

Rozbor byl proveden také pro podlahové polystyreny s odolností proti tlaku až 100 kPa. Rozdíl mezi dvěma referenty vyšel v rozdílu pouze o $4,38 \text{ Kč}\cdot\text{m}^{-2}$. V případě této diplomové práce je nutné si připlatit za šedý polystyren, protože investor projektu, pro nějž je tato práce psána, je v realizaci omezen výškou skladby podlahy a musí si tedy zvolit EPS Grey 100, aby dosáhl lepších tepelně izolačních vlastností se stejnou výškou, a tím odpovídala skladba podlahy doporučeným hodnotám pasivního domu z výše uvedené normy.

5.3.3 Návrh návratnosti investice zateplení

Ve většině případů investora zajímají náklady na vytápění a návratnost investice, v případě naddimenzování zateplovacího systému. Byly proto vytvořeny 3 modelové situace, z nichž první odpovídá zateplení na úrovni normy, jež byla vypočítaná na dolní mez pasivity objektu, dle ČSN EN 730540. Další dvě varianty jsou vzhledem k dostupnosti materiálů na trhu, zvoleny jako zateplení s větší tloušťkou izolačního materiálu. Ceny pro materiál byly vyhledány na webu společnosti Isover, jež tyto materiály vyrábí a distribuuje.

Tabulka 28 – Investice do zateplování

Název konstrukce		Norma Pasivní	Naddimenzované 1	Naddimenzované 2
Sokl	Tloušťka [mm]	160	200	260
	Cena za m ² [Kč]	470,41	588,03	764,07
	Plocha [m ²]	21		
	Cena celkem [Kč]	9 878,61	12 348,63	16 045,47
Nosná stěna	Tloušťka [mm]	140	180	240
	Cena za m ² [Kč]	331,20	441,62	529,96
	Plocha [m ²]	92,4		
	Cena celkem [Kč]	30 602,88	40 805,69	48 968,30
Podlaha	Tloušťka [mm]	140		
	Cena za m ² [Kč]	193,96		
	Plocha [m ²]	21,24		
	Cena celkem [Kč]	4 119,71		
Plochá střecha	Tloušťka [mm]	280	320	360
	Cena za m ² [Kč]	775,84	886,68	997,52
	Plocha [m ²]	21,24		
	Cena celkem [Kč]	16 478,84	18 833,08	21 187,32
Cena celkem [Kč]		61 080,04	76 107,11	90 320,53
Rozdíl [Kč]		0,00	15 027,07	29 240,49
Rozdíl [%]		0 %	25 %	48 %

Následně zvolené hodnoty pro naddimenzované zateplování dosazeny do Excelovských tabulek, jež byly vytvořeny pro výpočet tepelných ztrát normovaného návrhu zateplení.

Tabulka 29 – Výpočet tepelných ztrát a spotřeby energií na více variantách

	Normovaný návrh	Naddimenzované 1	Naddimenzované 2
Q _d [kWh·a ⁻¹]	2 711,40	2 614,95	2 518,06
Náklady na vytápění [Kč·a ⁻¹]	15 726,12	15 166,70	14 604,76

Po zateplení bylo následně vypočítáno, v jaké míře se projeví zateplení s větší tloušťkou tepelně-izolačních materiálů na spotřebě energie a nákladech za celý rok.

Po vypočtení těchto hodnot je možné následně dopočítat návratnost naddimenzovaných investic, jež v případě číslo 1 vychází na návratnost během 27 let a pro variantu číslo 2 je období pro návratnost investice oproti normovanému výpočtu 26 let.

6 Závěr a doporučení

Cílem práce bylo analyzování energetické náročnosti rekreačního domku, jež byla provedena revizí stavby a vybráním materiálů, jež byly následně použity, jako vzorky pro měření vlivu tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti materiálu. Vzorky byly ve valné většině vybrány z řad pórobetonových tvárníc a také z hydrofilní čedičové vaty, jež je v návrhu projektu použita pro horní vrstvu skladby extenzivní střechy.

Po naměření a následném grafickém vyobrazení tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti materiálu bylo zřetelné, že se růst tepelné vodivosti na úkor vlhkosti projeví exponenciálně.

Další částí bylo popsání současného stavu a postupu výstavby rekreačního domku. Následně byla celá konstrukce posouzena, byl vybrán typ vytápění budovy a následně pro něj dopočítána tepelná ztráta dle normy ČSN EN 730540.

V první fázi byly dopočítány detaily konstrukce, aby bylo dosaženo co nejvyšší míry homogenosti celé nosné stěny a následně bylo dle tabulkových hodnot dopočítáno zateplení, jež odpovídá pasivnímu domu. Následně byla dopočítána tepelná ztráta pomocí autorem vytvořenými tabulkami. Pro poslední část návrhu zateplení a topných zdrojů byla spočítána spotřeba energie za rok, dle výpočtu zohledňujícího denostupně a topnou sezónu v dané lokalitě.

Poslední částí diplomové práce bylo dopočítání dvou verzí naddimenzovaného zateplení a zhodnocení z pohledu ekonomického.

Při výběru zateplovacího materiálu bylo přihlédnuto k výsledkům analýzy cenové politiky tepelně izolačních materiálů a následně byl vybrán Isover GreyWall, z důvodu své nízké tepelné vodivosti a malému cenovému rozdílu oproti levnějším variantám.

Po návrhu zateplení budovy na normovanou hodnotu pasivního domu se zjistilo, že zateplení snižuje tepelné ztráty a v případě naddimenzování se návratnost investice navrátí v reálném čase.

7 Seznam použité literatury

- [1] ČECH, Pavel. *Úspory tepla-denostupně* [online]. Praha 6: Topinfo, 2001 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/717-uspory-tepla-denostupne>
- [2] ČSN 730540-3. 1. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 1994.
- [3] *Technický list výrobku - podlahové palubky* [online]. Praha 10: KAPLAN, 2009 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.kaplanpraha.cz/media/cache/file/fd/techlist-podlahovky.pdf>
- [4] *Jednovrstvá omítka strojní a ruční* [online]. Borovany: LB Cemix, 2020 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: https://www.cemix.cz/data/files/pp_omitani_porobetonoveho_zdiva.pdf
- [5] VEKRA [online]. Lázně Toušeň: VEKRA, c2015 [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/>
- [6] ČSN EN 12831-1. 060206. Praha 8: Česká agentura pro standardizaci, 2018.
- [7] DAHLSVEEN, Trond, Dušan PETRÁŠ a Jiří HIRŠ. *Energetický audit budov*. Bratislava: Jaga, 2003. ISBN 80-889-0586-9.
- [8] *Fenix* [online]. Jeseník: Fenix, c2022 [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://www.fenixgroup.cz/cs>
- [9] PETRÁŠ, Dušan, Daniela KOUDELKOVÁ a Karel KABELE. *Teplovodní a elektrické podlahové vytápění*. Bratislava: Jaga, 2004. Vytápění (Jaga group). ISBN 80-889-0597-4.
- [10] POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. ISBN 978-80-251-3329-3.
- [11] RYDLO, Pavel. *Který polystyren je ten správný?* [online]. Praha: Saint Gobain Construction Products, c2019 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/blog/ktery-polystyren-je-ten-spravny#uvod>
- [12] *Isover EPS Sokl 3000* [online]. Praha: Saint Gobain Construction Products, c2019 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-sokl-3000#descriptions>
- [13] *Isover* [online]. Praha 8: Saint Gobain Construction Products, c2019 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/o-nas>
- [14] *Požární hledisko kontaktních zateplovacích systémů dle ČSN 73 0810:2016* [online]. Praha 6: Topinfo, 2016 [cit. 2022-02-23]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/zateplovaci-systemy/14515-pozarni-hledisko-kontaktnich-zateplovacich-systemu-dle-csn-73-0810-2016>

- [15] ŠUBRT, Roman. *Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy : 85 prověřených a spočítaných stavebních detailů*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-4059-1.
- [16] ŠUBRT, Roman. *Zateplování*. Brno: ERA, 2008. Stavíme. ISBN 978-80-7366-138-0.
- [17] *Isomet 2104* [online]. Bratislava: Applied Precision, 2015 [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: <https://www.appliedp.com/support/>
- [18] *Vlhkost vzduchu* [online]. Holzkirchen: Ahlborn Mess- und Regelungstechnik, 2006 [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: <https://www.ahlborn.cz/out/pictures/wysiwigpro/FHAD46Cxx.pdf>
- [19] *Materialfeuchte* [online]. Holzkirchen: Ahlborn Mess- und Regelungstechnik, 2007 [cit. 2022-02-15]. Dostupné z: <https://www.ahlborn.cz//out/pictures/wysiwigpro/fha696mf.pdf>
- [20] *Almemo Univerzální měřicí přístroje* [online]. Holzkirchen: Ahlborn Mess- und Regelungstechnik, 2014 [cit. 2022-02-13]. Dostupné z: https://www.ahlborn.cz//out/pictures/wysiwigpro/MA2690-8A_CZ.pdf
- [21] *Dataloger Almemo 2690-8A* [online]. Praha 4: Ahlborn měřicí a regulační technika, spol.s r.o., 2015 [cit. 2022-02-13]. Dostupné z: https://www.ahlborn.cz//out/pictures/wysiwigpro/ALMEMO%202690-8A_2015bc.pdf
- [22] *Almemo 2590-9 Operating Instructions* [online]. Holzkirchen: Ahlborn, 2003 [cit. 2022-02-13]. Dostupné z: <https://www.ahlborn.com/download/anleitung/eng/25909e.pdf>
- [23] *Tvárnice pro nosné stěny* [online]. Brno: Xella Group, 2020 [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: https://storefrontapi.commerce.xella.com/medias/sys_master/root/hbc/hab/8872558067742/PL_Ytong_tvárnice_pro_nosne_steny_CZ/Produktov-list-Ytong-tvárnice-pro-nosn-st-ny.pdf?_ga=2.161408890.698647472.1644255213-1736310969.1642954191
- [24] *Fasádní zateplovací systémy* [online]. Praha 8: Saint-Gobain, 2020 [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/download-documents/katalogy/prospekt-fasady-7-2020-0.pdf>
- [25] *Přehled materiálových vlastností a produktů 2021* [online]. Brno: Xella CZ, 2021 [cit. 2022-01-31]. Dostupné z: https://storefrontapi.commerce.xella.com/medias/sys_master/root/h08/h43/8835600547870/prehled-materialovych-vlastnosti-a-produktu-Ytong/prehled-materialovych-vlastnosti-a-produktu-Ytong.pdf?_ga=2.148581045.386716418.1643638330-1736310969.1642954191
- [26] POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ. *Úsporný dům. 2., aktualiz. vyd.* Brno: ERA, 2008. 21. století. ISBN 978-80-7366-131-1.

- [27] Zelená střecha roku 2016. *Energeticky soběstačné budovy* [online]. 2016, V(4/2016), 32 [cit. 2022-01-28]. ISSN 1805-3297. Dostupné z: <https://www.icckait.cz/images/ESB/esb2016-04-web.pdf>
- [28] ČSN 73 1901-1. *Navrhování střech - Část 1: Základní ustanovení*. 3. Praha 10: Výzkumný ústav pozemních staveb, 2020.
- [29] SOLAŘ, Jaroslav. 5. *Ploché střechy* [online]. Ostrava, 2021 [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/5.html>. Studijní materiály. VŠB.
- [30] *Typy střech* [online]. Praha 4: Press Servis, c2022 [cit. 2022-01-28]. Dostupné z: <https://www.vseostrese.cz/typy-strech/t1102>
- [31] IBADOV, Nabi. Ecology of building solutions in the engineering of construction projects. *Arabian Journal of Geosciences* [online]. 2020, 26. ledna 2020, **2020**(13), 9 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: doi:<https://doi-org.infozdroje.czu.cz/10.1007/s12517-020-05356-0>
- [32] *Co je to SEA?* [online]. Brno: Frank Bold, c2005-2022 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: <https://frankbold.org/poradna/zivotni-prostredi/zamery-ovlivnujici-zivotni-prostredi/sea/rada/co-je-sea>
- [33] *Posuzování vlivů na životní prostředí (EIA)* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, c2008-2020 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/posuzovani_vlivu_zameru_zivotni_prostredi_eia
- [34] *Posuzování vlivů na životní prostředí* [online]. Praha 10: Ministerstvo životního prostředí, c2008-2020 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/posuzovani_vlivu_zivotni_prostredi
- [35] *Stavební zákon* [online]. Praha: Economia, 2006 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: <http://zakony.centrum.cz/stavebni-zakon/cast-1-paragraf-3?full=1>
- [36] *Ekologie* [online]. Olomouc, 2014 [cit. 2022-01-27]. Dostupné z: http://botany.upol.cz/pagedata_cz/vyukove-materialy/138_prednaska-eko-zoo-1-2014-.pdf. Prezentace. UPOL.
- [37] Tepelný komfort. *Velux* [online]. Brno: Velux Česká republika, c2021 [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://velcdn.azureedge.net/-/media/marketing/cz/odbornici/architekti-a-projektanti/pdf/moss/deic-tepelny-komfort.pdf>
- [38] HODBOŤ, Ing. Josef. Úspory energií nesmí snižovat tepelný komfort. *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2018 [cit. 2022-01-25]. Dostupné z: <https://vetrani.tzbinfo.cz/vetrani-s-rekuperaci/17238-uspory-energi-nesmi-snizovat-tepelny-komfort>
- [39] NOVÝ, CSC., Doc. Ing. Richard. *Technika Prostředí*. Žikova 4, 166 36 Praha 6, 2000. Skripta. ČVUT.

- [40] ČEJKA, Ing. Michal a Ing. Jan ANTONÍN. Energetické standardy. *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2021 [cit. 2022-01-15]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/350-energeticke-standardy-budov-nzeb>
- [41] Úprava požadavků na budovy s téměř nulovou spotřebou energie. *Tzbinfo* [online]. Praha: Topinfo, 2021 [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/365-uprava-pozadavku-na-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>
- [42] *Nebývalá věc. Už v polovině ledna jsou evropské zásobníky plynu poloprázdné.* [online]. Praha: iDNES.cz, 2022 [cit. 2022-01-15]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/zahranicni/zemni-plyn-zasobniky-poloprzdne-evropa-gazprom.A220114_114954_eko-zahranicni_maz
- [43] STROUHAL, Jan. Graf týdne: Rekordní ceny emisních povolenek zdraží elektřinu. *Forbes* [online]. Praha 1: Forbes, 2021, 23.02.2021 [cit. 2021-09-27]. Dostupné z: <https://forbes.cz/graf-tydne-rekordni-ceny-emisnich-povolenek-zdrazi-elektrinu/>
- [44] ŠÍMA, Robert. Ceny energií rostou, je čas upravit si výši záloh. *Kurzycz* [online]. Praha: Kurzy.cz, spol., 2021, 14.09.2021 [cit. 2021-09-27]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/609598-ceny-energie-rostou-je-cas-upravit-si-vysi-zaloh/>
- [45] ADAMOVSÝ, Radomír a Pavel NEUBERGER. *Termomechanika II*. Praha, 2003. Skripta. Česká zemědělská univerzita v Praze.

8 Seznam použitých obrázků

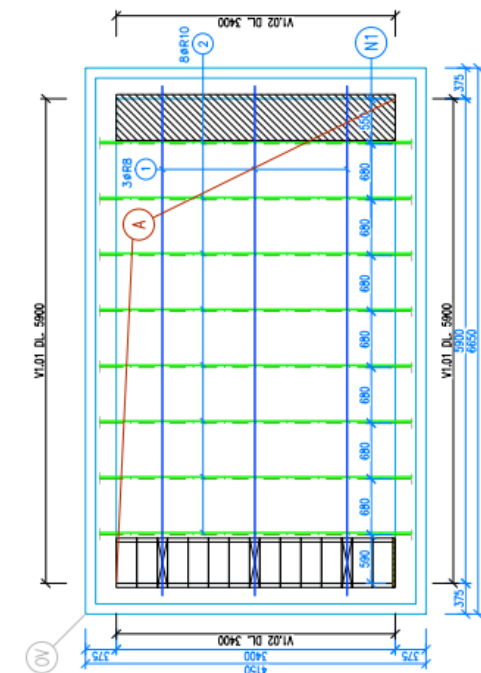
Obrázek 1 – Ceny zemního plynu	5
Obrázek 2 – Grafické zpracování dodávek plynu do Evropy.....	5
Obrázek 3 – Ceny emisních povolenek	6
Obrázek 4 – Graf materiálů hrubé stavby – vývoj cen během roku 2021	12
Obrázek 5 – Graf tepelné izolace – vývoj cen během roku 2021	12
Obrázek 6 – Příklad realizace zelené střechy s Isover Flora	16
Obrázek 7 – Skladba s topným kabelem pro přímé vytápění	18
Obrázek 8 – Skladba s topným kabelem pro poloakumulační vytápění	18
Obrázek 9 – Pokládka asfaltových hydroizolačních pásů	20
Obrázek 10 – Pokládka stropních dílců	21
Obrázek 11 – Posuzovaný objekt	24
Obrázek 12 – Kapacitní vlhkostní snímač	29
Obrázek 13 – Odporový vlhkostní snímač	30
Obrázek 14 – Digitální snímač vlhkosti vzduchu, teploty, tlaku vzduchu FHAD46-x..	31
Obrázek 15 – Měření jehlovou sondou čedičové vaty	32
Obrázek 16 – Graf naměřených hodnot na pórobetonovém materiálu.....	41
Obrázek 17 – Měření tepelné vodivosti pórobetonových tvárnic.....	42
Obrázek 18 – Vliv vlhkosti na tepelnou vodivost u věncové tvárnice	43
Obrázek 19 – Vliv vlhkosti na tepelnou vodivost u vzorku ISOVER FLORA.....	44
Obrázek 20 – Tabulka součinitele prostupu hodnot dle ČSN 730540-2:2011	45
Obrázek 21 – Skladba podlahy pro elektrické poloakumulační vytápění	46
Obrázek 22 – Řez nosnou zdí s věncem.	49
Obrázek 23 – Prefabrikovaný překlad NOP	50
Obrázek 24 – Půdorys objektu pro výpočet tepelných ztrát	54
Obrázek 25 – Výkres řezu koupelnou pro výpočet tepelných ztrát A_a	54
Obrázek 26 – Výkres řezu obytnou částí pro výpočet tepelných ztrát B_b	57
Obrázek 27 - Výkres řezu chodbou pro výpočet tepelných ztrát B_b.....	60

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Rozměry oken použitých pro rekreační domek.....	24
Tabulka 2 – Rejstřík stavebních konstrukcí v koupelně.....	25
Tabulka 3 – Skladba omítky na pórobeton od společnosti CEMIX	26
Tabulka 4 – Rejstřík stavebních konstrukcí – obytná část	27
Tabulka 5 – rejstřík stavebních konstrukcí.....	28
Tabulka 6 – Data výpočtový teplot dle normy ČSN 73 0540	34
Tabulka 7 – Seznam pro volbu korekčních činitelů	35
Tabulka 8 – Nejmenší návrhové tloušťky plovoucích potěrů	47
Tabulka 9 – Fasáda vůči světovým stranám a poměr fasády a oken.....	53
Tabulka 10 – Výpočet tepelných ztrát do venkovního prostředí – koupelna	55
Tabulka 11 – Tepelné ztráty prostupem tepla – koupelna.....	55
Tabulka 12 – Součet tepelných ztrát prostupem tepla – koupelna	56
Tabulka 13 – Tepelné ztráty větráním – koupelna	56
Tabulka 14 – Součet tepelných ztrát pro celou místnost – koupelna	56
Tabulka 15 – Výpočet tepelných ztrát do venkovního prostředí – obytná část.....	57
Tabulka 16 – Tepelné ztráty prostupem tepla – obytná část	58
Tabulka 17 – Součet tepelných ztrát prostupem tepla – obytná část.....	58
Tabulka 18 – Tepelné ztráty větráním – obytná část.....	59
Tabulka 19 – Součet tepelných ztrát pro celou místnost – obytná část.....	59
Tabulka 20 – Výpočet tepelných ztrát do venkovního prostředí – chodba	60
Tabulka 21 – Tepelné ztráty prostupem – chodba.....	61
Tabulka 22 – Součet tepelných ztrát prostupem tepla – chodba	61
Tabulka 23 – Tepelné ztráty větráním – chodba	62
Tabulka 24 – Součet tepelných ztrát pro celou místnost – chodba	62
Tabulka 25 – Tepelné ztráty celého objektu.....	62
Tabulka 26 – Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit.....	63
Tabulka 27 – Porovnání EPS desek z ekonomického hlediska	64

Tabulka 28 – Investice do zateplování	66
Tabulka 29 – Výpočet tepelných ztrát a spotřeby energií na více variantách	66

10 Přílohy

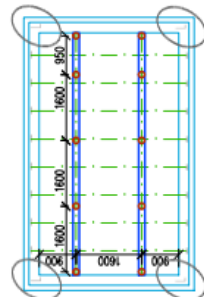


- 1 14 RB / 800 - 8x4 - STYKOVÝ M. DÉLKA 800mm
- 2 14 B10 / 380 - 8x8

VÝKAZ STROPNÍCH VLOŽEK YTONG	
GRUBŠÍ	VLOŽEK CELKEM
	Typ: P4-200
	Typ: P4-500
	599x200x249mm
	599x100x125mm
A	108
	27

VÝKAZ STROPNÍCH NOSNÍKŮ YTONG			
COZ.	Typ "C" VÝŠKA REZERVOU 175 mm	POČET KUSŮ	MAX. ŠÍŘKA (mm)
NT	STROPNÍ NOSNÍK YTONG 3,8/C	B	800

SCHÉMA PODPĚR M=1:100



VÝPIS PRVKŮ MONTÁŽNÍCH PODPĚR	
POČET STŮJEK $a=1,6m$ (ks)	10 ks
POČET BĚŽNÝCH METRŮ TRÁMICÍ	12 m

KÓTOVANÉ JSOU OSY NOSNÍKŮ!

UPŘESNĚNÍ:

Před objednáním stropních nosníků a vložek je potřebné stavebníkem zkontrolovat:

1. vnitřní rozměry místnosti podle tohoto výkresu skladby
 2. vnitřní rozměry stavy podle projektové dokumentace
 3. nosnost konstrukce na které se ukládají prvky stropu (stěny, věnce, překlady, trámy, přívloky a pod.)
 4. před objednáním je nutno přezkontrolovat počty nosníků a vložek a vztuh věnců
- Vztuh stropních nosníků musí být proepněn s vztuhí ztužujícího věnce po obvodu!
- Při zpracování těchto výkresů skladby bylo uvažováno s následujícím provozním zatížením:
- vlastní tíha stropu 2,13 kN/m² (tíha stropu 200 mm)
 - ostatní stábe zatížení stropu 2,0 kN/m²
 - útlum zatížení stropu 0,75 kN/m²
 - zatížení srovnání 0,7 kN/m²

TENTO VÝKRES SKLADBY STROPU NEMAHRAZUJE A NEMĚNÍ STATICKÉ POSOUZENÍ JINÝCH ČÁSTÍ STAVBY!

Stropní konstrukce má průměrný tepelný odpor 1,14 K/m²W-1, stavební neprůzračnost 45 dB a index krobějového hluku 90 dB

Nadýšené nosníky je třeba provést dle technických listů.

V případě kolize nosníků s věncovou tvarovkou konec nosníka uříznat.

LEGENDA:

- STROPNÍ VLOŽKY YTONG+200 P4-500 599x200x249mm
- NÍZKÁ STROPNÍ VLOŽKA YTONG+100 P4-500 599x100x125mm
- ŘEZANÉ STROPNÍ VLOŽKY YTONG
- DOBETONÁVKA
- (OV) - VĚNCOVÁ TVÁŘENICE YTONG P4-550 599x249x125 [mm]

POZNÁMKA

Zpracovatel kladacího plánu nezodpovídá za konstrukce pod a nad úrovní stropu
 Výztuh přispůsobit tvaru betonu.
 1 kus vázачного drátu

CELKOVÁ PLOCHA STROPNÍ KONSTRUKCE: 27,6m²

BETON: ČSN EN 206-1-C25/30-XC1-1,2m³ MNOŽSTVÍ BETONU BEZ VĚNCE-Dmax16-S3

VÝSTUŽ: B500A, B500B

KRYTÍ: 20 mm

Při návrhu byly použity nové stropní nosníky, které jsou zavedené od 1.4.2020

TATO DOKUMENTACE JE ZPRACOVÁNA PRO SPOLEČNOST XELLA CZ, S.R.O.

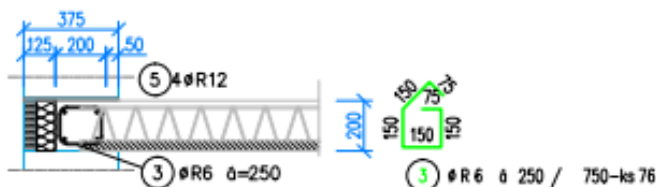


ZODPOVĚDNÝ PROJEKČNÍ VYPRACOVATEL:	KONTROLOVAL:	ARS-PROJEKT s.r.o.
Ing. PETER KLEMAN	Ing. Richard Bučko	ČUDOVÁ 9
Ing. Richard Bučko	Ing. Peter Kleman	917 01 TRÁVNA
Investor: Město Kpec	Investor: Město Kpec	TEL:+421 911 203 724
NÁZOV A MÍSTO STAVBY:	NOVOSTAVBA RODINNÉHO DOMU STŘECHA	DATAUM:
Lysá nad Labem 289 22		8.7.2021
PROFESÍ:	Statika	FORMÁT:
		A4
		ČÍSLO ZÁKAZKY:
		21-2028
		STUPEŇ PD:
		RP
		ČÍSLO VÝKRESU:
		S-01
		MĚŘÍTKO:
		1:50

Příloha 1 – Kladečský plán stropu Ytong Ekonom 200 (S-01)

V1.01, M=1:25

CELKOVÁ DÉLKA 11,8m



V1.02, M=1:25

CELKOVÁ DÉLKA 6,8m

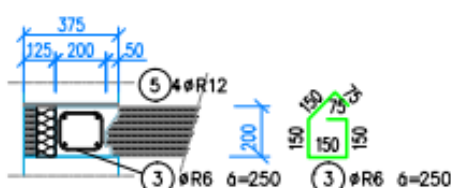
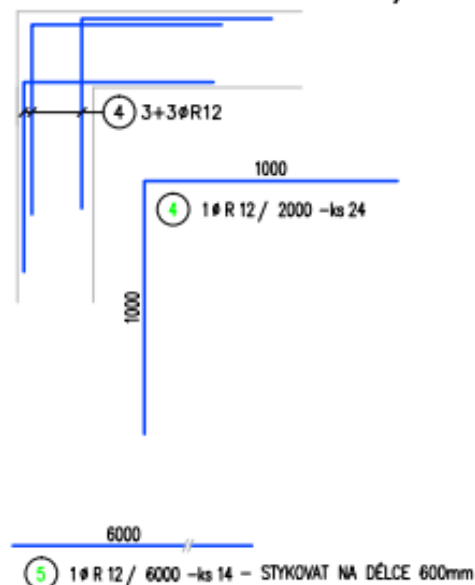


SCHÉMA PŘEKOTVENÍ VĚNCŮ
V ROHU TVARU "L" M=1:25, 4x



VÝKAZ VÝZTUŽE

Číslo položky	Průměr [mm]	Délka [m]	Počet [ks]	Celkem m ³				
				ØR6	ØR8	ØR10	ØR12	
1	R8	6,000	4		24,00			
2	R10	3,800	8			30,40		
3	R6	0,750	76	57,00				
4	R12	2,000	24				48,00	
5	R12	6,000	14				84,00	
CELKEM				m ³	57,00	24,00	30,40	132,00
				kg/m ³	0,222	0,395	0,617	0,888
				kg	12,65	9,48	18,76	117,22
				kg	158,11			

CELKOVÁ DÉLKA = (4x18,6)+10% NA STYKOVANIE = (74,4)+7,44
 CELKOVÁ DÉLKA = 81,84 = 14x6,00m = 84m
 VÝZTUŽ NESTYKOVAT NAD OTVORMI



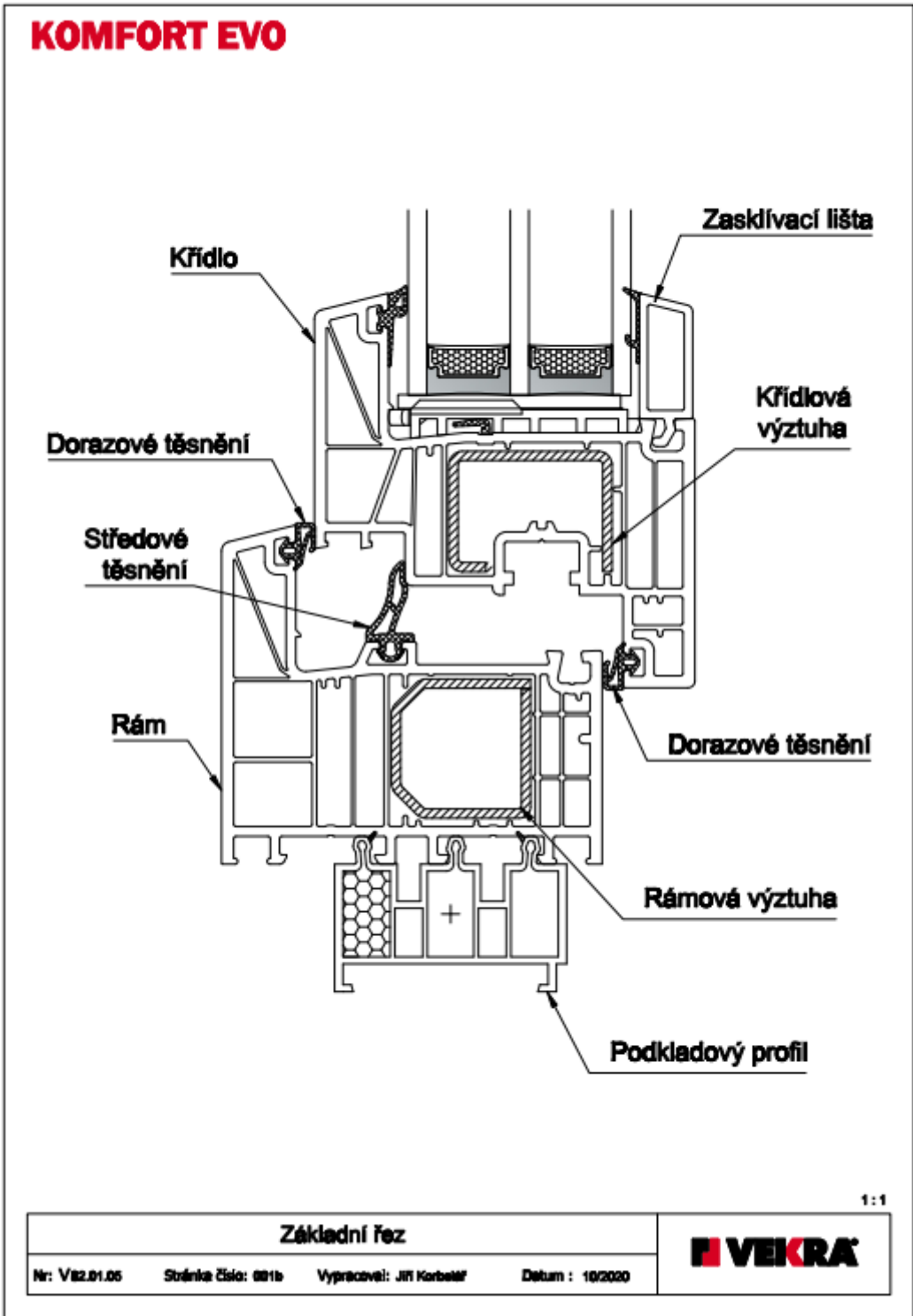
POZNÁMKY:

- VÝSTUŽ NESTYKOVAT NAD OTVORMI
- VÝSTUŽ UPRAVIT PODLA TVARU DEBNENIA
- PROJEKTANT NENESIE ŽIADNU ZODPOVEDNOSŤ ZA ZMENY USKUTOČNENÉ BEZ JEHO PÍSOMNÉHO SÚHLASU
- ZHOTOVITEĽ JE POVINNÝ O ZISTENÝCH CHYBÁCH V DOKUMENTÁCI NEODKLADNE A VČAS INFORMOVAŤ PROJEKTANTA

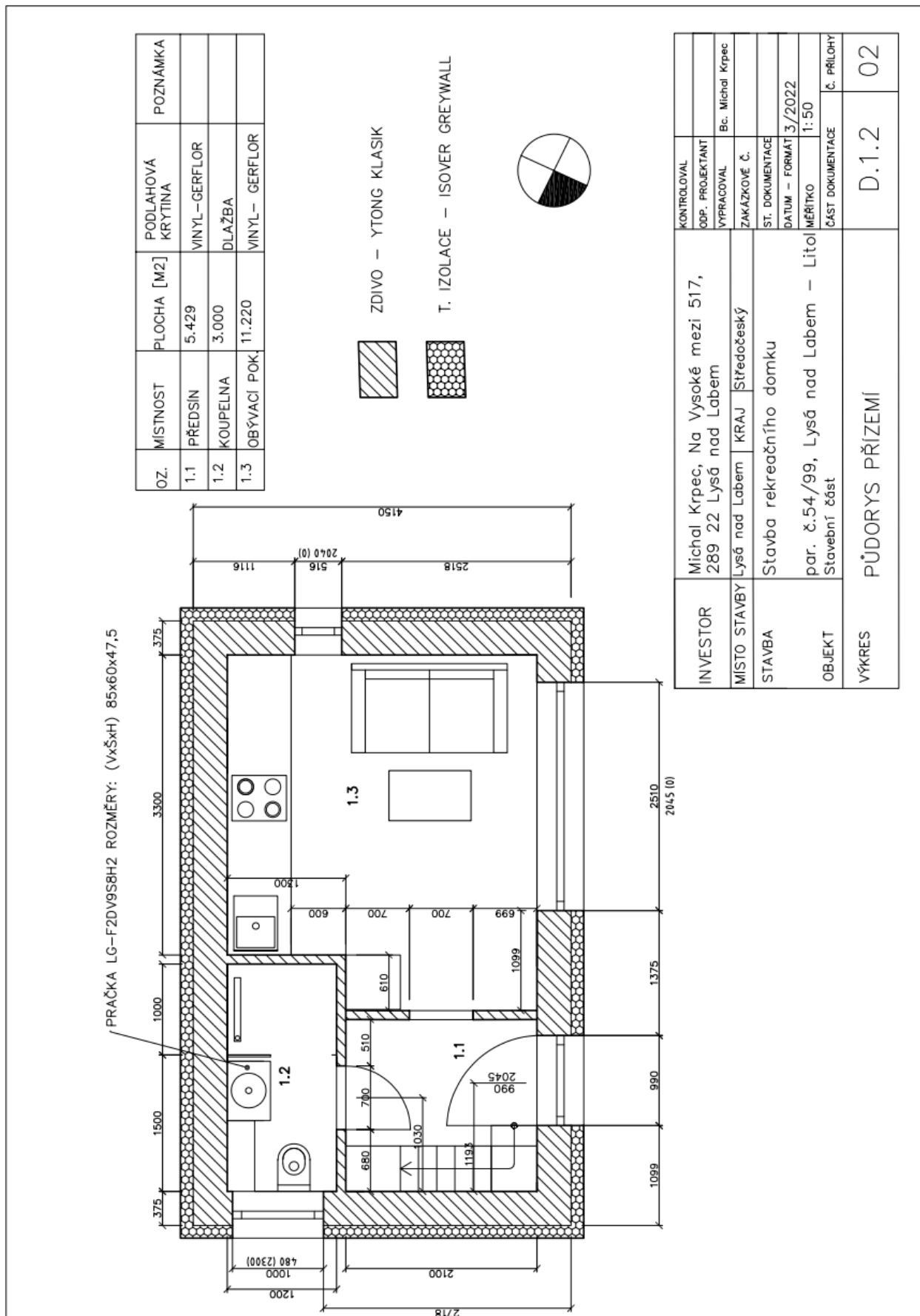


ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT Ing. PETER KLEIMAN	VYPRACOVAL: Ing. Richard Bučko	KRESLIL: Ing. Richard Bučko Annamária Sládková	KONTROLOVAL: Ing. PETER KLEIMAN	ARS-PROJEKT s.r.o. LUDOVÁ 9 917 01 TRNAVA TEL:+421 911 203 724
INVESTOR: Michal Krpec				
NÁZOV A MÍSTO STAVBY: NOVOSTAVBA RODINNÉHO DOMU Lysá nad Labem 289 22			DATUM: 8.7.2021	
PROFESE: Statika			NÁZEV VÝKRESU: KLADEČSKÝ PLÁN STROPU YTONG EKONOM 200	FORMÁT: 1x44
			MĚŘÍTKO 1:50	ČÍSLO VÝKRESU: S-02
				ČÍSLO ZÁKAZKY: 21_Y208
				STUPEŇ PD: RP

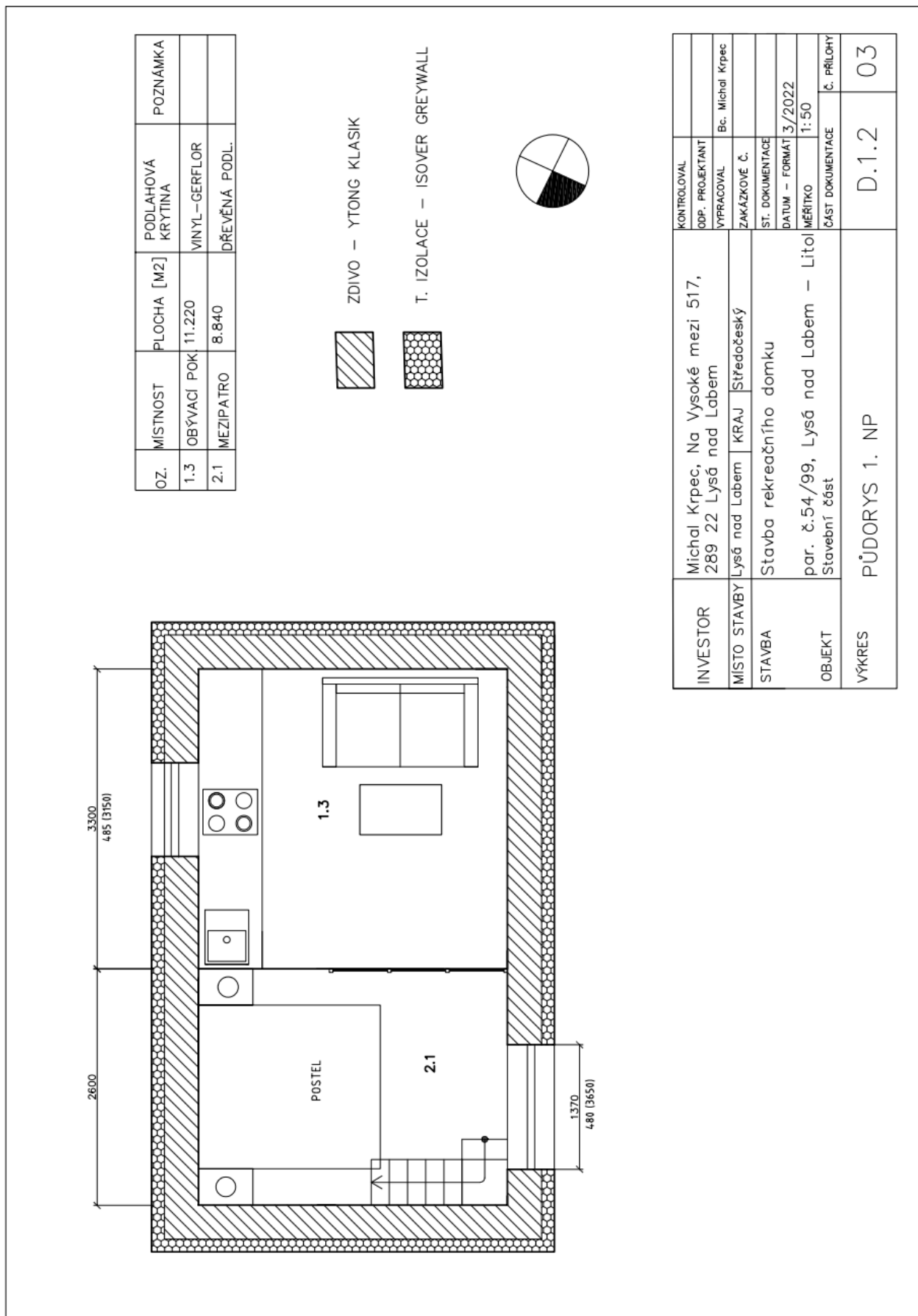
Příloha 2 – Kladečský plán stropu Ytong Ekonom 200 (S-02)



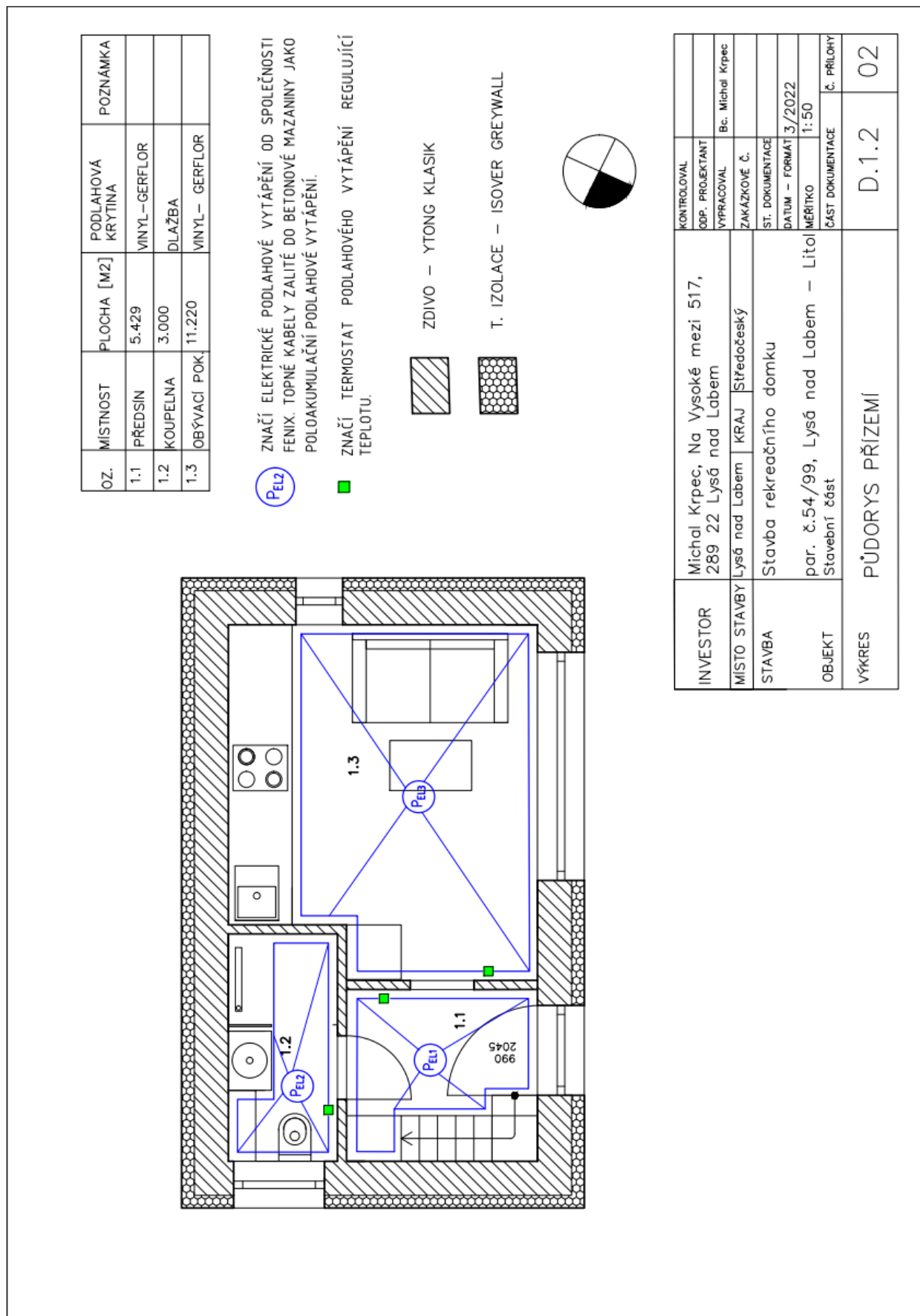
Příloha 3 – Řez oknem a rámem Komfort Evo s osazeným trojsklem



Příloha 4 – Výkres půdorysu přízemního podlaží



Příloha 5 – Výkres půdorysu prvního podlaží



Příloha 6 – Návrh elektrického podlahového vytápění