

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

2023

Bc. Sára Rybová

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Rybová	Jméno: Sára	Osobní číslo: 484379
Zadávací katedra: Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor/specializace: Stavební management		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Porovnání variant obvodových svislých konstrukcí bytového domu z hlediska ekonomického, technického a enviromentálního

Název diplomové práce anglicky: Comparison of variants of perimeter supporting structures of an apartment building from the economic, technical and environmental point of view

Pokyny pro vypracování:  
Požadované vlastnosti obvodových svislých konstrukcí a jejich materiálové řešení  
Varianty skladeb obvodových svislých konstrukcí  
Zpracování položkového rozpočtu v programu KROS 4 v cenové soustavě ÚRS 2023/II a pomocí soustavy RYRO  
Posouzení variant z ekonomického, technického a enviromentálního hlediska  
Vyhodnocení a doporučení

Seznam doporučené literatury:  
VITÁSEK, Stanislav a Renáta SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ. Oceňování staveb: od přípravy po realizaci. Praha: Verlag Dashöfer, 2021. ISBN 8076350875;9788076350878.  
Pojar, J.; Karásek, J.; Bačovský, M.; Kvasnica, J.; Medová, L. Energetický management budov Praha: Czech Technical University in Prague, 2020. ISBN 978-80-01-06683-6.  
HÁJEK, Petr. Pozemní stavitelství I: pro střední školy se stavebním zaměřením. Vydání sedmé, přepracované. vyd. Praha: Sobotáles, 2020. ISBN 8086817490;9788086817491;

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Iveta Střelcová, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 25.09.2023 Termín odevzdání DP v IS KOS: 08.01.2024  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně až na uvedené zdroje a poskytnuté konzultace od odborného vedení vedoucí práce Ing. Ivety Střelcové, PhD.

V Praze dne: 29.12.2023

.....

Sára Rybová

## **Poděkování**

Ráda bych chtěla poděkovat vedoucí diplomové práce paní Ing. Ivetě Střelcové, PhD. za odborné vedení a rady. Dále bych také chtěla poděkovat příteli a své rodině, kteří mě v průběhu studia podporovali.

**Porovnání variant obvodových svislých konstrukcí  
bytového domu z hlediska ekonomického,  
technického a environmentálního**

**Comparison of variants of perimeter supporting  
structures of an apartment building from the  
economic, technical and environmental point of view**

## **Anotace**

Cílem diplomové práce je důkladně posoudit obvodové svislé konstrukce z technického, ekonomického a environmentálního hlediska. Navrhnutí vhodných variant a jejich srovnání je pro projekt vybraného bytového domu v Radonicích. Z ekonomické stránky se hodnotí náklady na skladbu stěny a celkové náklady na výstavbu bytového domu. Veškeré náklady jsou zpracovány a vypočítány v programu KROS 4 v cenové soustavě ÚRS s cenovou hladinou II/2023. Z technického hlediska se hodnotí tepelně-izolační vlastnosti, hmotnosti konstrukcí, neprůzvučnost cihel a pracnost skladeb. Z environmentálních vlastností se posuzují vybrané parametry. Po srovnání veškerých variant dochází k vyhodnocení a následnému výběru nejvhodnější varianty. Pro optimální variantu je nakonec udělána úprava z environmentálních aspektů, která je srovnána s nejvhodnější (optimální) variantou.

## **Annotation**

The aim of the thesis is to thoroughly assess the perimeter vertical structures from a technical, economic and environmental point of view. The design of suitable variants and their comparison is for the project of a selected apartment building in Radonice. From the economic point of view, the cost of the wall composition and the total cost of the construction of the apartment building are evaluated. All the costs are processed and calculated in the KROS 4 program in the price system of ÚRS with the price level II/2023. From the technical point of view, the thermal insulation properties, weights of the structures, the soundproofing of the bricks, and the workload of the compositions are evaluated. For environmental properties, selected parameters are assessed. After comparing all the options, the most suitable variants is evaluated and then selected.. Finally, an adjustment is made for the optimum variant from the environmental aspects, which is compared with the most suitable (optimal) variant.

## **Klíčová slova**

Svislé obvodové konstrukce, nosné stěny, cenová soustava, výběr variant, náklady na skladbu stěny, náklady na výstavbu objektu, tepelně-izolační vlastnosti, environmentální vlastnosti

## **Keywords**

Vertical perimeter structures, load-bearing walls, price system, selection of variants, costs of the wall structure, costs of building the building, thermal insulation properties, environmental properties

# Seznam zkratek

W/mK	watt na metr za kelvin
$m^2K/W$	metr čtvereční kelvin na watt
$W/m^2K$	watt na metr čtvereční kelvin
PENB	průkaz energetické náročnosti budov
$m^2$	metr čtvereční
mm	milimetr
m	metr
KK	kuchyňský kout
MPa	megapascal
kg	kilogram
dB	decibel
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti
U	součinitel prostupu tepla konstrukce
R	tepelný odpor konstrukce
$\rho_m$	plošná hmotnost
$\rho_v$	objemová hmotnost
PEI	primární spotřeba energie
GWP	potenciál globálního oteplování
DPH	daň z přidané hodnoty
VRN	vedlejší rozpočtové náklady
Kč	koruna česká
č.	číslo

## Obsah

1. Úvod .....	10
2. Cíl práce .....	11
3. Metodika práce .....	12
Teoretická část.....	13
4. Obvodové stěny .....	13
4.1 Druhy svislých konstrukcí.....	14
4.1.1 Obvodové zděné konstrukce.....	14
4.1.2 Betonové stěny .....	18
4.2 Požadavky na obvodové stěny .....	22
4.2.1 Statické požadavky .....	22
4.2.2 Tepelně-izolační vlastnosti .....	22
4.2.3 Akustické vlastnosti.....	30
4.2.4 Požární vlastnosti.....	30
4.2.5 Environmentální požadavky .....	32
5. Oceňování pozemních staveb .....	37
5.1 Oceňování v investiční přípravě.....	37
5.1.1 Třídění stavebních produkcí .....	37
5.1.2 Cenové soustavy v České republice .....	38
5.1.3 Soupis prací .....	38
5.1.4 Výkaz výměr .....	39
5.1.5 Rozpočet.....	39
Praktická část.....	42
6. Řešený objekt .....	42
6.1 Obecný popis.....	42
6.2 Parametry objektu .....	43
6.3 Základové konstrukce .....	43
6.4 Svislé nosné a nenosné konstrukce .....	44
6.5 Příklad.....	44
6.6 Vodorovné konstrukce .....	44
6.7 Střešní plášť.....	44
6.8 Povrchové úpravy.....	45
6.9 Výplně otvorů.....	45
6.10 Inženýrské sítě .....	45
6.11 Vnitřní rozvody a vytápění .....	46
7. Vybrané zdivo na obvodové konstrukce včetně povrchových úprav .....	47
7.1 Navržené skladby od firmy Wienerberger (Porotherm).....	47
7.1.1 Navržená skladba projektantem z cihel Porotherm 30 Profi broušená.....	47



7.1.2 Navržená skladba 1 z cihel Porotherm 38 T profi .....	53
7.2 Navržené skladby od firmy HELUZ .....	59
7.2.1 Navržená skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená.....	59
7.2.2 Navržená skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená .....	64
7.3 Navržená skladba od firmy Xella International .....	69
7.3.1 Navržená skladba 4 z cihel Ytong Statik 300.....	70
7.4 Navržená skladba ze železobetonu.....	75
7.4.1 Navržená skladba 5 ze železobetonu .....	75
8. Celkové náklady na výstavbu bytového domu .....	81
8.1 Celkové náklady na navrženou skladbu projektantem z cihel Porotherm 30 Profi broušená .....	81
8.2 Navržená skladba 1 z cihel Porotherm 38 T profi.....	82
8.3 Navržená skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená .....	82
8.4 Navržená skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená.....	83
8.5 Navržená skladba 4 z cihel Ytong Statik 300.....	84
8.6 Navržená skladba 5 ze železobetonu.....	85
9. Porovnávání jednotlivých variant obvodových stěn.....	87
9.1 Náklady na obvodové skladby navržených variant včetně varianty od projektanta..	87
9.2 Enviromentální vlastnosti navržených variant obvodových skladeb včetně varianty od projektanta.....	88
9.3 Tepelně-izolační vlastnosti navržených variant obvodových skladeb včetně varianty od projektanta.....	90
9.4 Laboratorní vzduchová neprůzvučnost navržených cihel včetně varianty od projektanta.....	91
9.5 Pracnost navržených variant skladeb stěny včetně varianty od projektanta.....	93
9.6 Hmotnosti navržených variant obvodových skladeb včetně varianty od projektanta.....	94
9.7 Celkové náklady na výstavbu bytového domu navržených variant obvodových skladeb včetně varianty od projektanta .....	95
9.8 Vyhodnocení variant .....	96
10. Úprava nejlepší varianty.....	98
10.1 Navržená skladba 6 z cihel HELUZ P15 30 broušená s minerální izolací .....	98
10.2 Porovnání varianty HELUZ s minerální vatou a HELUZ s izolací z EPS .....	102
10.3 Porovnání variant z ekonomické efektivity.....	104
11. Závěr.....	108

# 1. Úvod

Obvodové svíslé konstrukce jsou základním prvkem každé stavby, které zajišťují stabilitu budovy, izolaci a ochranu proti vnějším vlivům. Jejich posouzení je nezbytné pro zajištění bezpečnosti, tepelně-izolačních vlastností a trvanlivosti celého objektu. V současné době je udržitelný rozvoj a efektivní využívání zdrojů klíčovými tématy nejen ve stavebnictví. A proto je důležité posuzovat jednotlivé konstrukce nejen z hlediska technického a ekonomického, ale také z hlediska environmentálního.

Technické posuzování obvodových svíslých konstrukcí se zaměřuje na jednotlivé vlastnosti materiálu, ale také celku jednotlivých skladeb. Zaměřuje se na vlastnosti jako je pevnost, odolnost (jak proti chemickým či fyzikálním vlivům), tepelně-izolační, vzduchová neprůzvučnost a v neposlední řadě stabilita. Posouzení a porovnání těchto technických parametrů je nezbytné pro zajištění dlouhé životnosti budovy bez známek ohrožení stability, odolnosti budovy a vnitřních i vnějších podmínek užívání budovy.

Ekonomický faktor představuje další důležitý proces při posuzování obvodových svíslých konstrukcí. Nejen investor, ale i ostatní subjekty, kteří se rozhodují, zda stavět budou či nikoli, tak je pro ně podstatné hodnotit veškeré náklady, které se s jejich rozhodnutím stavět, objeví. Jsou to náklady například spojené s umístěním stavby, se stavbou jako takovou, dále jejím provozem a údržbou. Efektivní návrh a výběr materiálů mohou mít podstatný vliv na celkové náklady a také na návratnost investice.

Environmentální pohled je v dnešní době čím dál tím víc důležitější. Nejen při návrhu nových staveb, ale i rekonstrukcí starších objektů se musí brát v potaz v současné době jejich vliv na životní prostředí. Zkoumá se například energetická náročnost, recyklovatelnost materiálů, míra emisí při životním cyklu materiálu (stavby), míra použití obnovitelných zdrojů energie a tak dále. Cílem je minimalizovat tyto negativní dopady na životní prostředí.

V teoretické části jsou zkoumány různé aspekty týkající se posuzování obvodových svíslých konstrukcí. Je zde probírána tematika ohledně oceňování pozemních staveb. Dále je rozebírána problematika svíslých nosných konstrukcí, včetně jejich typů, vlastností a možnosti optimalizace jejich parametrů. Posledním tématem v teoretické části je seznámení environmentální teorií, která se především zaměřuje na snižování negativního dopadu stavebnictví na životní prostředí.

V praktické části je práce rozdělena na jednotlivé vybrané materiály a jejich skladby, které jsou často používány při konstrukci obvodových svíslých prvků. Je provedeno detailní zkoumání jejich vlastností. Dále se tyto materiály včetně jejich vrstev posuzují z hlediska technického, ekonomického a environmentálního. Tímto přístupem na závěr je možné vybrat optimální variantu pro obvodové svíslé konstrukce.

## **2. Cíl práce**

Diplomová práce má za cíl důkladně posoudit obvodové svislé konstrukce z technického, ekonomického a environmentálního hlediska. Po posouzení těchto hledisek je důležité nalézt optimální variantu mezi těmito třemi faktory. Výsledky posouzení mohou sloužit nejen jako podklad při rozhodování investora pro návrh nových staveb, ale také díky jejich uplatnění je možné dosáhnout efektivního využití zdrojů a snižování negativního dopadu na životní prostředí.

### 3. Metodika práce

Pro diplomovou práci je zvolen následující postup:

Prvním krokem je teoretická část, která má za cíl seznámení s hlavní tematikou práce, která je náplní praktické části. Teoretická část vychází z platných norem ČSN, odborných publikací a článků. Jsou nejprve popsány obvodové stěny, druhy obvodových konstrukcí ze stránky technologických a materiálových vlastností. Poté jsou popsány jednotlivé požadavky (statické, tepelně-izolační, akustické, požární a environmentální) na obvodové svislé konstrukce. Poslední část je věnována oceňování pozemních staveb (třídění stavebních konstrukcí, cenové soustavy, soupis prací, výkaz výměr a rozpočet)

V praktické části je na začátku detailní popis vybraného objektu. Popis je z hlediska dispozičního, konstrukčního, technologického a materiálového. Pro variantu, která byla navržena projektantem, je zpracován popis technických vlastností včetně její skladby, náklady na skladbu stěny, celkové náklady na výstavbu bytového domu, environmentální vlastnosti, posouzení tepelně-izolačních vlastností a posledním krokem je posouzení požární odolnosti. Z navržené skladby projektantem je určen maximální součinitel prostupu tepla, které nově navržené konstrukce musí splňovat. Následně jsou zvoleny vhodné varianty obvodových svislých konstrukcí a je zpracován stejný popis a vlastnosti jako u skladby navržené projektantem. Poté dochází k srovnání jednotlivých variant z hlediska nákladů skladby stěny, environmentálních vlastností, tepelně-izolačních vlastností, vzduchové neprůzvučnosti, pracnosti skladby stěny, hmotnosti stěny a také z hlediska celkových nákladu na výstavbu objektu. Po posouzení jednotlivých variant následuje vyhodnocení, která možnost je nejvhodnější. Vyhodnocení všech skladeb je zpracováno na základě průměru jejich umístění v jednotlivých částech, aby bylo dosaženo objektivního výběru.

Pro nejlepší variantu je zpracovaná optimalizace a původní tepelná izolace bude vyměněna za méně škodlivý materiál pro životní prostředí. Pro tuto variantu je proveden stejný postup, jako byl v minulých variantách. Nakonec je zpracováno porovnání nejlepší varianty a varianty po optimalizaci, a bude zvolena nejvhodnější varianta z hlediska ekonomického, technického a environmentálního.

# Teoretická část

## 4. Obvodové stěny

Klíčovým prvkem všech budov jsou právě obvodové stěny, které tvoří stabilitu a zajišťují ochranu osob a budovy před vlivem vnějších účinků. Jsou rozhodující částí nosného systému objektu spolu se stropní konstrukcí, kterou stěny podepírají. Mají také vliv na celkovou vizuální stránku budovy, a proto architekti zohledňují konečný návrh nejen obvodových konstrukcí (barva, uspořádání fasády a prvků, textura), aby dohromady tvořily příjemný a harmonický vzhled.

Svislé stěny se dělí na dvě hlavní části, těmi částmi jsou:

- nosné konstrukce (= základní statická část každé konstrukce),
- nenosné konstrukce (výplňové zdivo, příčky).

[Zdroj:1,2]

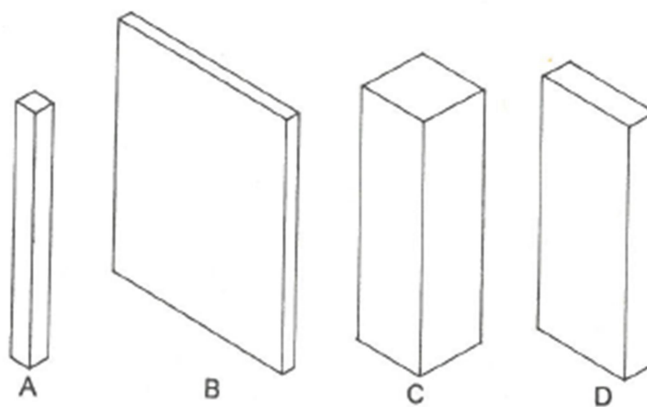
Svislé nosné konstrukce se dělí na stěnu, sloup a pilíř, a mají za cíl přenášet veškerá vzniklá zatížení z vodorovných konstrukcí do základů stavby.

**Stěna** = jedná se o konstrukci, u které převažuje délka a výška stěny nad její tloušťkou

**Sloup** = jedná se o konstrukci, u které převažuje výška sloupu nad jeho půdorysnými rozměry

**Pilíř** = jedná se o konstrukci, u které převažuje výška sloupu nad jeho půdorysnými rozměry  
(bývá zpravidla mohutnější než sloup)

[Zdroj: 2]



Obrázek 1 - Svislé nosné konstrukce a jejich typy, A – Sloup, B – Stěna, C – pilíř, D – stěnový pilíř  
(Zdroj: 1)

Základními požadavky svislých stěn jsou únosnost, hospodárnost, tepelně-izolační, environmentální, požárně – technické, akustické a architektonické.

[Zdroj: 2]

## 4.1 Druhy svislých konstrukcí

Svislé konstrukce se dělí z hlediska:

a) *půdorysné polohy na:*

- obvodovou zeď, schodišťové zdi, vnitřní nosné zdi, ztužující stěny, pilíře, sloupy, příčky, dilatační a požární stěny,

b) *výškového uspořádání na:*

- atikové zdivo, nadstřešní zdivo, podkrovní stěny, nadzemní stěny, podzemní stěny a základové konstrukce,

c) *technologického na:*

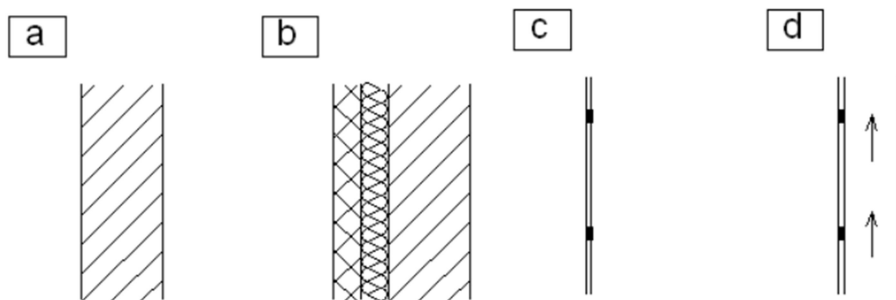
- prefa-monolitické konstrukce, monolitické konstrukce, prefabrikované konstrukce a zděné konstrukce,

d) *rozhodujícího charakteru a použití konstrukce:*

- ocelové sloupy, betonové sloupy a stěny prefa-monolitické, monolitické, prefabrikované, dřevěné sloupy a stěny, zděné konstrukce pilířů a stěn.

Dále se člení obvodové zdivo na jednovrstvé nebo vícevrstvé. K dodržení požadavků na obvodové stěny je častá kombinace vrstev různých materiálů s jinými vlastnostmi (například: nosné konstrukce ze staticky dobrého materiálu s tepelně/akustickou izolační vrstvou).

[Zdroj: 1,2 ]



Obrázek 2 - Druhy obvodových stěn, A - jednovrstvá stěna, B - vícevrstvá stěna, C - transparentní stěna, D - větraná stěna (Zdroj: 3)

U vrstvené stěny je také důležité zmínit, kde se vrstvená část nachází. Například tepelná izolace může být umístěna zvenku konstrukce, mezi stěnami nebo z vnitřní části stěny.

### 4.1.1 Obvodové zděné konstrukce

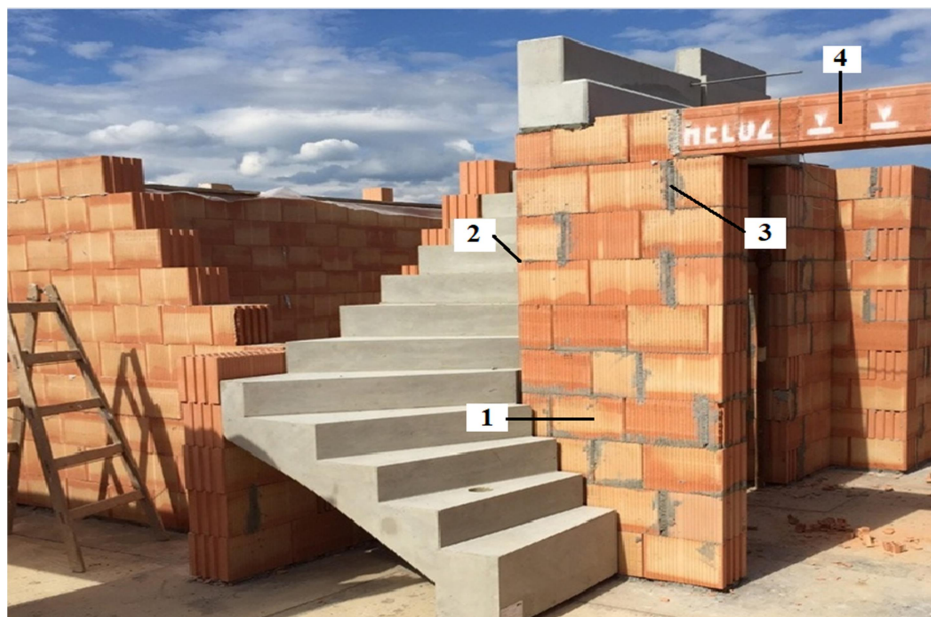
Zděné konstrukce se skládají z kusových stavebních výrobků (bloků, cihel, kamenů, tvárnic) a ze spojovací vrstvy (z malty, lepidla a pěny). Únosnost zdiva je závislá na použitém druhu zdícího

prvku a jeho pevnosti, ale také i na spojovací vrstvě. Obvodové zdivo může být předpjaté, vyztužené nebo nevyztužené. Mohou být vyzděny z odlišných zdících prvků a druhu použité malty. Zdící prvky mohou být:

- kamenné kvádry či lomový kámen,
- nepálené cihly vylehčené a plné,
- pálené cihly vylehčené a plné,
- pórobetonové tvárnice,
- betonové tvárnice s lehkým, popřípadě hutným kamenivem,
- vápenopískové cihly.

Malta je spojovací materiál, který vznikne díky zatvrdnutí směsi kameniva o drobné frakci, vody, pojiva (cement, vápno, sádrové pojivo, nebo jejich kombinace) a eventuálně dalších přísad. Malta má rozdělení podle pevnosti tlaku na třídy (například M20 - pevnost malty v tlaku je 20 MPa) a čím je použita větší pevnost, tím lepší má stěna únosnost. Podle použitého pojiva se dělí na maltu cementovou (MC), maltu sádrovou (SM), maltu vápenosádrovou (MVS) a maltu vápenocementovou (MVC). [Zdroj:1, 2]

### Princip zdění

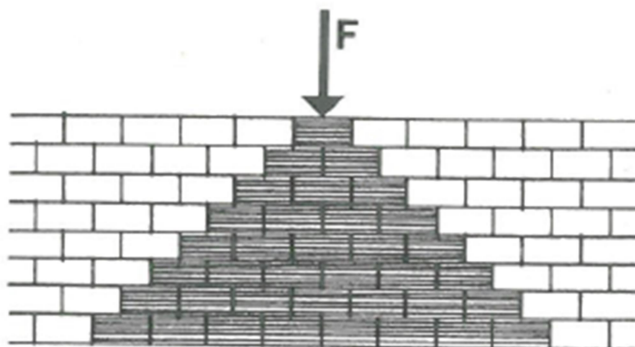


Obrázek 3 - Pohled na konstrukci stěny, 1 - zdící prvek, 2 - ložná spára, 3 - styčná spára, 4 - naddveřní překlad (Zdroj: 4)

Vazba zdiva zajišťuje celistvost konstrukce a také slouží pro rovnoměrný přenos zatížení (tlaků) ve zdivu. Aby byla vazba zdiva u nosných stěn dodržena, je důležité se držet základních principů. Základními principy se rozumí:

- styčné spáry nesmí být souběžně ve vertikálním směru (spára překryta ve vyšší vrstvě zdícím prvkem),
- ložné spáry musí být horizontální.

[Zdroj: 1]



Obrázek 4 - Rovnoměrný přenos zatížení při dodržení vazeb (Zdroj: 1)

### Zdivo z keramických dutinových tvárnic

Zdivo z keramických dutinových tvárnic jsou velmi populární. Začaly se vyrábět, aby se snížila pracnost zdění a vylepšily se jejich technické vlastnosti (především tepelně-izolační). Vyznačují se svislými dutinami, kde keramická hmota je vylehčena mikropóry a styčné spáry se nemaltují, jelikož mají takzvané zámkové spoje. Dutinové cihly se produkují v mnoha typech a rozměrech. Výrobci nabízejí pro obvodové stěny klasické dutinové cihly, které je zapotřebí zateplit, a cihly, které mají své dutiny vyplněné izolačním materiálem, a odpadá tím nutnost zateplení. Pro návrh a následné zdění by se měl využívat od výrobce doporučené skladby a jejich vazby.

[Zdroj:1]

V České republice se vyskytují dvě velké firmy, které se zabývají nejen výrobou cihelných bloků, ale také překladů a vodorovných konstrukcí. První je mezinárodní firma Wienerberger s.r.o., druhou firmou je ryze česká rodinná společnost HELUZ cihlářský průmysl a.s..



Obrázek 5 - Ukázka cihel, A - cihla porotherm s integrovanou izolací, B - obyčejná cihla porotherm (Zdroj: 5)



## Zdivo z pórobetonových tvárnic

Pórobetonové tvárnice jsou druhem lehkého betonu, který má jemnozrnnou strukturu a je vylehčený póry, které jsou naplněny vzduchem. Jejich základní složení je z plniva (například křemičitý písek), pojiva (cementová malta nebo vápenná malta) a voda. Pórobetonové tvárnice jsou členěny na dva typy (plynobeton a plynosilikát), přičemž jsou jejich vlastnosti a použití v podstatě totožné. U plynobetonu je pojivem jemnozrnná cementová malta, která je vylehčená póry během autoklávování. U plynosilikátu je pojivem jemnozrnná vápenná malta, které je vylehčená póry během autoklávování. [Zdroj: 1]

Vyznačují se malou objemovou hmotností, pro obvodové stěny se používá cihla o objemové hmotnosti 400 – 600 kg/m<sup>3</sup>. Tvárnice, jejichž objemová hmotnost je větší, mají horší tepelně-izolační vlastnosti, ale zároveň mají menší únosnost, a proto se používají na nosné stěny pouze menších staveb, které mají maximálně tři patra. Jejich výhodou jsou velmi přesné rozměry.

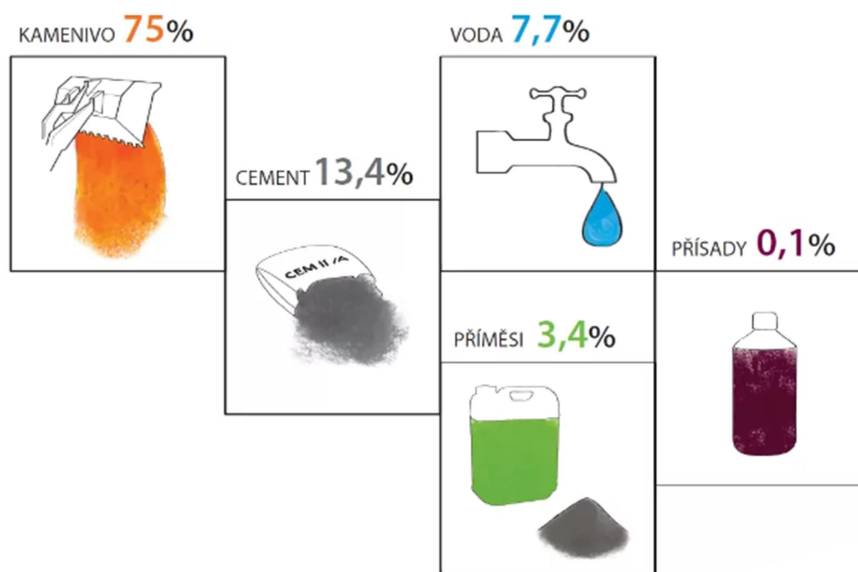
Zdění z těchto tvárnic je poměrně snadné, jelikož jsou lehké a lze je v případě nutnosti řezat pilou. Jedná se o materiál, který je velmi nasákavý, a proto není vhodné je používat pro stěny, kde bude trvale vysoká vlhkost. [Zdroj: 1]



Obrázek 6 - Ytong Statik 300 (Zdroj: 6)

## 4.1.2 Betonové stěny

Beton vzniká smísením cementu (pojiva), vody, drobného a hrubého kameniva (plnivo), přísad a příměs. Jakmile se smíchá cement s vodou, vzniká chemická reakce (hydratace). [Zdroj: 7]



Obrázek 7 - Složení betonu (Zdroj: 7)

Betonové stěny se vyznačují výbornou odolností v tlaku, ale menší odolností v tahu. Odolnost v tahu je zajišťována s kombinací s výztužnou ocelí. Beton má velmi špatné tepelně-izolační vlastnosti a zároveň jsou s ním spojené velké náklady na dopravu kvůli jeho objemové hmotnosti. Betonové konstrukce se dělí na:

- konstrukce monolitické,
- konstrukce prefabrikované,
- konstrukce prefa – monolitické.

[Zdroj:1]

### Monolitické konstrukce

V monolitických konstrukcích se betonová směs ukládá do bednění, které je zhotoveno na stavbě. Po zatuhnutí se bednění odstraní a vzniká velmi tuhá jednolitá konstrukce. Tyto konstrukce se navrhuje především na základové konstrukce, svislé nosné stěny vícepodlažních staveb, stropů a podobně. Prostý beton je navrhován pouze tam, kde konstrukce jsou zatěžovány pouze tlakem. Železobetonové stavby (vyztužené železem) jsou navrhovány především pro konstrukce, na které působí tahové, ohybové a smykové zatížení. Jejich hlavními výhodami jsou tvarová variabilita, dobré akustické vlastnosti a vysoká únosnost. [Zdroj: 1]



**Obrázek 8 - Pohled na monolitickou konstrukci (Zdroj: 8)**

Doba výstavby je delší než u zdění z cihelných tvárníc kvůli technologickým přestávkám a doby zřízení bednění a jeho odstranění, které je finančně a časově náročné. Monolitické konstrukce (stěny, sloupy) mají stanoveny minimální rozměry v důsledku dokonalého probetonování stěn a sloupů. Doporučenou minimální tloušťkou stěny je 150 mm. Betonová směs může být ukládána do:

- systémového bednění (bednění, které se demontuje a opětovně použije na jiné stavbě),
- ztraceného bednění (zůstává součástí konstrukce, jedná se o prefa-monolitické konstrukce) [Zdroj:1]

### **Prefabrikované konstrukce**

S cílem o snížení staveništní pracovní síly jsou vyráběny prefabrikované konstrukce. Vznikají ve výrobě, kde jsou zadány rozměry jednotlivých konstrukcí a dochází k jejich výrobě. Jsou vyráběny jednotlivé prvky (stěny, sloupy) nebo úplné prefabrikované konstrukční systémy. Prefabrikované výrobky jsou dodávány na stavbu, kde dochází k jejich montáži v jednu celistvou konstrukci. Jsou ale eliminovány rozměry, hlavně délkou, a to kvůli dopravě na staveniště. Jejich hlavním problémem je řešení styků mezi jednotlivými výrobky, aby splňovaly fyzikální požadavky (tepelně-izolační, akustické vlastnosti a podobně.) a statické spolupůsobení.

Jejich výhodou je rychlá montáž a přenesení pracovní síly ze staveniště do výroby. Jejich nevýhodou je nákladná doprava, manipulace na staveništi a menší variabilita.

[Zdroj: 1]

### **Prefabrikované stěny**

Skládají se z jednotlivých stěnových panelů, které jsou zhotoveny zpravidla na celou světlou výšku podlaží. Jelikož mají velkou pevnost v tlaku, jsou vhodné i pro budovy o větším počtu podlažích. Panel, který disponuje tloušťkou 150 mm, vyhovuje i z hlediska akustických požadavků. Osazují se do lože z cementové malty, a aby byla dosažena jejich přesná výška, používají se k tomu rektifikační šrouby nebo klínky. Styky boků panelů jsou opatřeny profilovanými drážkami, které se následně po jejich osazení zalijí záливkovým betonem. [Zdroj: 1]



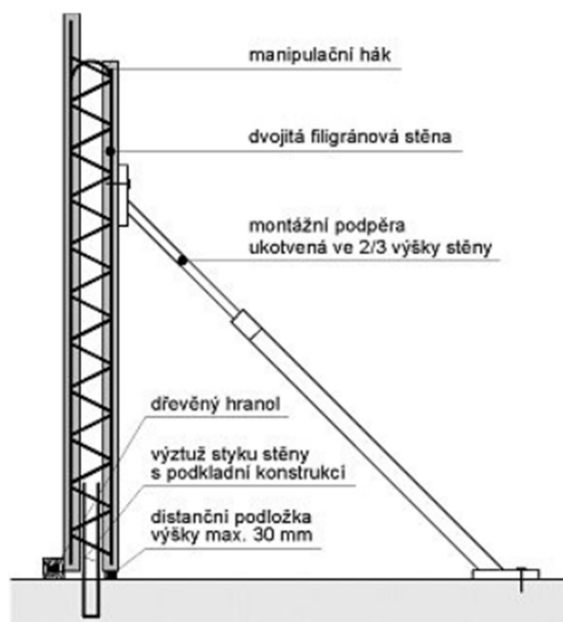
Obrázek 9 - Prefabrikovaná stěna (Zdroj: 9)

### **Prefa – monolitické konstrukce**

Skládají se z monolitické a prefabrikované části. Bednění zůstává po zabetonování součástí konstrukce a říká se mu takzvané ztracené bednění. Jejich cílem využívání je snížit náklady za dopravu železobetonových prefabrikátů s velkou hmotností a u monolitických konstrukcí snížit náklady za systémové bednění. Lze spojit výhody obou systémů a zároveň eliminovat nevýhody. Používají se především pro stěny (nadmenní, podzemní), základové stěny a ploty. [Zdroj: 1]

### **Prefa – monolitické stěny z filigránových panelů**

Stěnové dílce z prefabrikátu jsou opatřené o příhradovou výztuž (filigrán) a zároveň tvoří bednění pro monolitickou vnitřní část. Z nedostatečných tepelně-izolačních vlastností musí být opatřeny dodatečnými vrstvami. [Zdroj: 1]



Obrázek 10 - Filigránová stěna (Zdroj: 10)

### Systémy ze ztraceného bednění

Monolitické nosné konstrukce se dneska často využívají s bedněním ze ztraceného systému pro podzemní stěny, základové konstrukce, ploty a opěrné zdi. Ztracené bednění je vytvářeno z mnoha různorodých typů konstrukčních materiálů. Bednění zůstává součástí konstrukce a může plnit také tepelně-izolační funkci. Na výběr je z mnoha systémů, které se liší typem materiálem bednicího dílce a tvarem. Jedná se například o tyto systémy bednění:

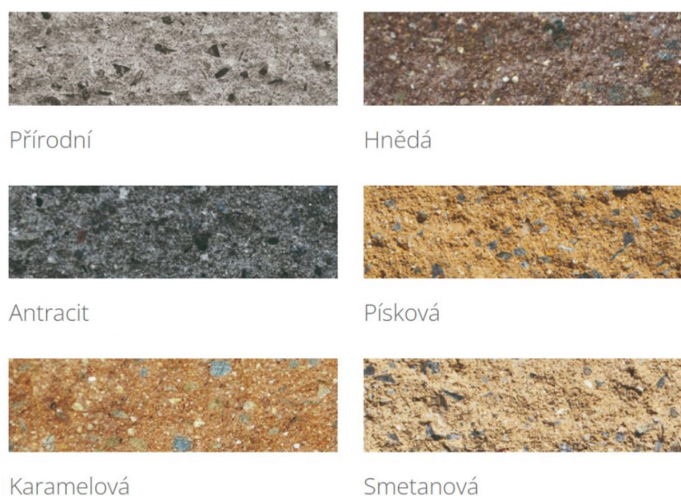
- bednění ze štěpkocementových desek,
- bednicí tvárnice z vypěněného styroporu,
- bednicí dřevocementové tvárnice,
- bednicí dutinové prvky z betonu

[Zdroj: 1]



Obrázek 11 - Ukázka zdi ze ztraceného bednění (Zdroj: 11)

Existuje i mnoha různých barevných typů ztraceného bednění.



**Obrázek 12 - Ukázka barev ztraceného bednění (Zdroj: 12)**

Tvárnice se musí ukládat na připravený povrch, který je tvořen z vodorovného základového pasu. Bednění se pokládá na cementovou maltu a musí být dodržena jeho převazba ohledně přenášení zatížení. Je možné ztracené bednění prolévat betonem a popřípadě armovat svislou a vodorovnou výztuží. Vyztužení a jeho návrh by měl vycházet ze statického výpočtu. Při použití bednění je nezbytný zohlednit požadavky dané stavby na dilatační působení a ochranu proti zemní vlhkosti.

[Zdroj: 13]

## **4.2 Požadavky na obvodové stěny**

Kapitola se soustředí na požadavky obvodové stěny, jak z hlediska tepelně-izolačních, akustických, statických a požárních vlastností. Tyto parametry jsou nesmírně důležité při navrhování obvodových svislých konstrukcí a jejich skladeb, aby byla zabezpečena tepelná pohoda, stabilita budovy a bezpečnost lidí.

### **4.2.1 Statické požadavky**

Jejich hlavním požadavkem je přenášet veškerá zatížení, které na stěnu působí. Veškerými zatíženími se rozumí svislá a vodorovná, které jsou přenášeny na zdivo ze střechy, stropů až do základových konstrukcí.

[Zdroj: 1]

Výpočet maximální únosnosti stěny a zatížení působící na ni je dáno normami ČSN, kde jsou popsány jednotlivé postupy pro různé materiály stěn. Není přípustné, aby konstrukce nesplňovala zadané podmínky ČSN.

### **4.2.2 Tepelně-izolační vlastnosti**

Tepelně-izolační vlastnosti jsou velmi důležitou částí při navrhování skladeb. Díky dodržení předepsaným hodnotám, které jsou určeny, má skladba velmi pozitivní vliv na dopad celé budovy

a jejího užívání. Na mysli jsou dopady, kdy se minimalizuje únik tepla ven z budovy v zimních měsících a v letních měsících to pomáhá udržet chladnější teploty. Pokud se právě toho docílí, vede to ke snížení potřeby na vytápění či chlazení budovy, tím zároveň dojde ke snížení nákladům na energii.

### **Šíření tepla konstrukcí**

Šíření tepla konstrukcí se dá vyjádřit mnoha způsoby. Od součinitele tepelné vodivosti, nejnižší povrchové teploty, tepelného odporu, součinitele prostupu tepla až po měření tepelných ztrát.

Důležité hodnoty a výpočty pro tuto práci jsou součinitele tepelné vodivosti, tepelné odpory a součinitele prostupu tepla danými konstrukcemi.

### **Součinitel tepelné vodivosti**

Je to fyzikální vlastnost materiálu (konstrukce), která vyjadřuje schopnost materiálu při určité teplotě vést teplo. Materiál musí být isotropní a stejnorodý. Označení součinitele tepelné vodivosti je  $\lambda$  (lambda) a má jednotku W/mK (watt na metr za kelvin). Hodnota této veličiny závisí na mnoha různých faktorech, jako je například: objemová hmotnost (čím větší objemová hmotnost, tím větší má tepelnou vodivost) či vlhkost (čím větší vlhkost, tím je materiál více vodivý, nebo naopak, čím menší, tím lepší bude mít izolační schopnosti). [Zdroj: 14, 15]

Hodnoty součinitele tepelné vodivosti materiálů lze zjistit například z jejich technických listů, které jsou poskytovány výrobcem. V technických listech se obvykle udávají hodnoty za standardních vlhkostí a teplot. Dále může být také určen empirickým vztahem, který je dán rovnicí: [Zdroj: 14]

#### **Rovnice 1 – Součinitel tepelné vodivosti**

$$\lambda = \frac{\vec{q}}{-grad\theta}$$

[Zdroj: 14, 15]

$q$  vektor hustoty ustáleného tepelného toku sdíleného vedením, proudícího stejnorodým isotropním materiálem [W/m<sup>2</sup>]  
 $grad\theta$  gradient teploty [K/m]

[Zdroj: 14, 15]

### **Tepelný odpor konstrukce**

Tepelný odpor konstrukce udává měřítko schopnosti vybrané konstrukce (skladby) odolávat tepelným ztrátám. Bývá označován písmenem R a má jednotku metr čtvereční za kelvin na watt (m<sup>2</sup>K/W). Platí, že čím větší hodnota R je, tím méně projde konstrukcí energie a z toho plyne, že materiál má lepší tepelně-izolační vlastnost. Výpočet hodnoty tepelného odporu umožňuje určit tepelnou propustnost stavebního materiálu a celkovou tepelnou ztrátu domu. [Zdroj: 16]

Celková hodnota R se zjistí pomocí výpočtu, který je dán vztahem:

**Rovnice 2 – Celkový tepelný odpor konstrukce**

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

[Zdroj: 15, 16]

$R_T$	celkový odpor konstrukce [m <sup>2</sup> K/W]
$R_{si}$	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [m <sup>2</sup> K/W]
$R$	odpor konstrukce [m <sup>2</sup> K/W]
$R_{se}$	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [m <sup>2</sup> K/W]

[Zdroj: 15, 16]

$R_{si}$  a  $R_{se}$  je zadáno a musí se určit dle tabulky, které je zde dána.

**Tabulka 1 - Tepelné odpory při přestupu tepla dle ČSN 73 0540-3**

Povrch	Účel výpočtu	Konstrukce / povrch	Tepelný odpor při přestupu tepla $R_{se}$ a $R_{si}$ [m <sup>2</sup> ·K/W]
vnější	souč.prostupu tepla, povrchové teploty	jednoplášťová	0,04
		dvouplášťová	stejně jako $R_{si}$
zemina		styk se zeminou	0
vnitřní	souč.prostupu tepla, tepelné toky	stěna (horizont. tep. tok)	0,13
		střecha (tep. tok vzhůru)	0,10
		podlaha (tep. tok dolů)	0,17

(Zdroj: 17)

Další hodnotou, která je zapotřebí k výpočtu celkovému odporu konstrukce, je R (odpor konstrukce). Ten je dán sumou všech tepelných odporů jednotlivých vrstev konstrukce, který se dá zapsat vztahem:

[Zdroj: 15, 16]

**Rovnice 3 – Odpor konstrukce všech vrstev**

$$R = \sum R_j$$

[Zdroj: 15, 16]

$R_j$	tepelný odpor j-té vrstvy konstrukce [m <sup>2</sup> K/W]
-------	---

[Zdroj: 15, 16]

Pokud vrstvou proudí rovnoměrný tepelný tok, je známa hodnota součinitele tepelné vodivosti a tloušťka materiálu jednotlivých vrstev, dá se tepelný odpor vypočítat a zapsat vztahem:



#### Rovnice 4 – Odpor jednotlivých vrstev

$$R_i = \frac{d_j}{\lambda_j}$$

[Zdroj: 15, 16]

$d_j$  tloušťka j-té vrstvy konstrukce [m]

$\lambda_j$  součinitel tepelné vodivosti materiálu j-té vrstvy konstrukce [W/mK]

[Zdroj: 15, 16]

#### Součinitel prostupu tepla konstrukcí

Součinitel prostupu tepla konstrukcí je základní měrná jednotka, která se používá při určení tepelných ztrát budov. Tato veličina udává, kolik tepla unikne danými vrstvy konstrukce. Zpravidla je označován jako  $U$  nebo  $U_T$ , a má jednotku  $W/m^2K$ . Hodnota  $U$  je celková výměna tepla za určitých podmínek. Podmínkou je ustálený stav, který musí být mezi dvěma prostředími. Prostor musí být separováno stavebními materiály (konstrukcemi), které mají určité tepelné odpory. Součinitel prostupu tepla konstrukcí je definován vztahem:

[Zdroj: 15, 18,19]

#### Rovnice 5 - Součinitel prostupu tepla (var. 1)

$$U(U_T) = \frac{1}{R_T}$$

[Zdroj: 15, 18]

$U, U_T$  součinitel prostupu tepla konstrukcí [ $W/m^2K$ ]

$R_T$  celkový odpor konstrukce [ $m^2K/W$ ]

[Zdroj: 15, 18]

Nebo se dá také vyjádřit tímto vztahem:

#### Rovnice 6 - Součinitel prostupu tepla (var. 2)

$$U(U_T) = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}}$$

[Zdroj: 15, 18]

$U, U_T$  součinitel prostupu tepla konstrukcí [ $W/m^2K$ ]

$R_{si}$  odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [ $m^2K/W$ ]

$R_j$  tepelný odpor j-té vrstvy konstrukce [ $m^2K/W$ ]

$R_{se}$  odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [ $m^2K/W$ ]

[Zdroj: 15, 18]

Hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí musí splňovat hodnoty, které jsou dané normami. Čím menší bude jejich hodnota, tím lepší bude mít budova tepelné vlastnosti a také menší tepelné ztráty. Snížení tepelných ztrát způsobí snížení nákladů na potřebu energie a také bude mít

zásadní vliv na environmentální aspekty (snížení emisí skleníkových plynů) a lepšího pohodlí pro obyvatele daných budov. V následující tabulce jsou na ukázkou pouze maximální hodnoty základních konstrukcí, kterých vybraná konstrukce může dosahovat

**Tabulka 2 - Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im}$  v intervalu 18 °C až 22 °C včetně**

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> K]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní domy
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4), 6)</sup>	0,45	0,3	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,4	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>6)</sup>	0,85	0,6	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>	1,05	0,7	0,5
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,3	0,9	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,8	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 <sup>2)</sup>	1,2	0,8 až 0,6

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí zdroje [20])

### Šíření vlhkosti v konstrukci

Šíření vlhkosti v konstrukcích může představovat závažný problém dané stavby. Vlhkost nebo případná kondenzace může způsobit poškození budov, a to především materiálů, které jsou do stavby zabudované. Vlhkost také může negativně ovlivnit kvalitu života uvnitř budovy. Existuje několik vlivů, které mohou ovlivnit šíření vlhkosti v konstrukci. Hlavním vlivem je nesplnění požadavků na součinitele prostupu tepla. Dalšími vlivy mohou být nedostatečné větrání a špatně řešené detaily stavby. Proto je nezbytné, aby už v návrhu projektu budovy byla řešena právě vlhkost a zároveň byla co nejvíce minimalizována. Dle norem ČSN jsou dané požadavky na vlhkost v konstrukci. Těmi požadavky jsou:

[Zdroj: 20, 21]

### a) Zkondenzovaná pára uvnitř konstrukce

Nastávají případy, které mohou nastat:

- 1) Pokud by zkondenzovaná vodní pára uvnitř dané konstrukce mohla ovlivnit požadovanou funkci, tak tam nesmí právě dojít ke kondenzaci vodních par. Je to dané vztahem: [Zdroj: 20]

**Rovnice 7 – Zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce (ovlivnění funkcí)**

$$M_c = 0$$

[Zdroj: 20]

$M_c$  zkondenzovaná pára uvnitř konstrukce [kg/m<sup>2</sup>a]

[Zdroj: 20]

Ovlivněním funkce se rozumí zkrácení živostnosti konstrukce, objemové změny, snížení povrchové teploty, která vede ke vzniku hub a plísním a zvýšení hmotnosti konstrukce. [Zdroj: 20]

- 2) Kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce, která neohroží požadované vlastnosti a funkci stavební konstrukce, tak je požadováno omezení na roční množství zkondenzované vodní páry. Musí splňovat podmínku:

[Zdroj: 20]

**Rovnice 8 – Kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce – povolené množství**

$$M_c \leq M_{c,N}$$

[Zdroj: 20]

$M_c$  zkondenzovaná pára uvnitř konstrukce [kg/m<sup>2</sup>a]

$M_{c,N}$  maximální množství zkondenzované páry uvnitř konstrukce [kg/m<sup>2</sup>a]

[Zdroj: 20]

Maximální množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce je rozděleno do dvou kategorií.

První kategorií jsou konstrukce, které mají zabudované dřevo a dřevěné prvky, dále jednoplášťové střechy, obvodová konstrukce s vnějším obkladem nebo s tepelně-izolačním systémem (KZS), je dána jedna z nižších hodnot:

[Zdroj: 20]

$$M_{c,N} = 0,10 \text{ kg/m}^2\text{a}$$

nebo 3% plošné hmotnosti materiálu, kde se právě vyskytuje kondenzace vodní páry, a zároveň musí být jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m<sup>3</sup>. Pokud by jeho objemová hmotnost byla menší než 100 kg/m<sup>3</sup>, tak se použije 6% z jeho plošné hmotnosti. [Zdroj: 20]

Druhou kategorií jsou ostatní stavební konstrukce, kde se použije jedna z nižších hodnot:

$$M_{c,N} = 0,50 \text{ kg/m}^2\text{a}$$

nebo 5% plošné hmotnosti materiálu, kde se právě vyskytuje kondenzace vodní páry, a zároveň musí být jeho objemová hmotnost vyšší než  $100 \text{ kg/m}^3$ . Pokud by jeho objemová hmotnost byla menší než  $100 \text{ kg/m}^3$ , tak se použije 10% z jeho plošné hmotnosti. [Zdroj: 20]

#### b) Roční bilance zkondenzované vodní páry a její vypařování uvnitř konstrukce

Ve stavebních konstrukcích, kde je připuštěna nějaká omezené kondenzace vodních par, nesmí zůstat žádné zkondenzované množství vodní páry. Pokud by zůstalo nějaké množství zkondenzované vodní páry, tak by to zvyšovalo trvale vlhkost konstrukce. Což by mělo za následek ohrožení životnosti funkce, tvorbu plísní a hub. Proto je velmi důležité, aby bylo zachováno, že množství vypařitelné vodní páry za rok musí být větší nebo rovno množství zkondenzované vodní páry za rok. Lze to zapsat vztahem: [Zdroj: 20]

$$M_{ev,a} \geq M_{c,a}$$

[Zdroj: 20]

$M_{c,a}$  zkondenzovaná vodní pára uvnitř konstrukce za rok [ $\text{kg/m}^2\text{a}$ ]  
 $M_{ev,a}$  roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce [ $\text{kg/m}^2\text{a}$ ]

[Zdroj: 20]

### Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek obálky budovy, známý pod zkratkou EŠOB, udává, jak velkou energetickou ztrátu má objekt na základě prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí. Prostup tepla se vypočítává z tepelně technických vlastností. Často se zaměňuje ze PENB (průkaz energetické náročnosti). [Zdroj: 22]

### Průkaz energetické náročnosti budovy

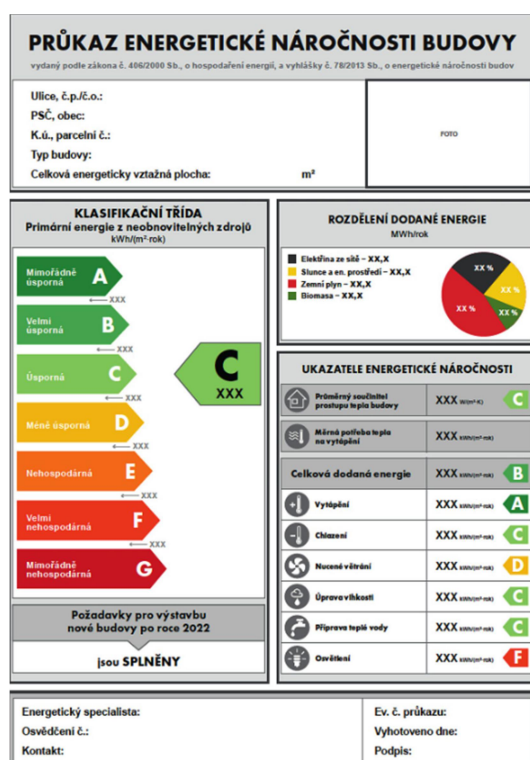
Průkaz energetické náročnosti budovy, který je také označován zkratkou PENB, je dokument, který popisuje energetickou efektivitu konkrétní budovy. PENB obsahuje nejen část zabývající se stavebními konstrukcemi, ale také i posouzení instalovaných technických systémů. Vyhodnocuje, kolik je zapotřebí energie k ohřevu vody, chlazení, vytápění a provozu budovy. Je východiskem pro majitele, nebo potenciálního zájemce o nemovitost, aby se lépe vyznali v nákladech na energie, a také poskytuje představu o tom, jak mohou svou nebo budoucí nemovitost energeticky optimalizovat. PENB se skládá z grafického znázornění a protokolu. Dělí se podle klasifikačních tříd na:

- mimořádně úsporné – A,
- velmi úsporné – B,
- úsporné – C,
- průměrné – D,
- mírně nehospodárné – E,
- nehospodárné – F,
- mimořádně nehospodárné – G.

[Zdroj: 22, 23]

Dále je na PENB adresa konkrétního objektu, rozdělení dodané energie (z jakých zdrojů se primárně čerpá) a ukazatele energetické náročnosti, které dodávají představu o tom, v jaké části je objekt hospodárný a kde naopak není. Nově navržené budovy musí v současnosti dosáhnout minimálně energetické třídy B.

[Zdroj:22, 23]



Obrázek 13 - průkaz energetické náročnosti (Zdroj:23)

### Zpracování průkazu energetické náročnosti budovy

Průkaz energetické náročnosti budovy není možné vytvořit kýmkoliv. Vypracovat ho může jen kvalifikovaná osoba (energetický specialista). Energetický specialisté musí mít platné certifikace pro zpracování PENB, adekvátní vzdělání a praxi.

PENB je zapotřebí při navrhování nových staveb, prodeji, pronájmu, budov ve vlastnictví orgánů veřejné správy a za určitých podmínek pro rekonstrukce.

[Zdroj: 22,23]

### 4.2.3 Akustické vlastnosti

Akustické vlastnosti jsou nedílnou součástí při navrhování objektů. Ovlivňují pocit pohodlí a spokojenosti lidí, jak ve vnějším prostředí, tak i ve vnitřním prostředí. Konstrukce se musí navrhovat dle požadavků na konkrétní stavbu (např. divadla, byty, výrobní haly atd.). Pro různé účely užívání jsou totiž jiné požadavky na akustické vlastnosti. [Zdroj: 24,25]

U svislých konstrukcí se zkoumá vzduchová neprůzvučnost, která zahrnuje přenos zvuku skrz svislé konstrukce, ale i kročejový hluk, který vznikne rázy (mechanickými) na konstrukce. Neprůzvučnost ovlivňuje mnoha faktorů. V první řadě výběr materiálu, dále řešení detailů (správně oddílané podlahy a stěny) a tloušťka konstrukce. Dneska výrobci přicházejí na trh s různou škálou materiálů, které mají poskytnout hlukový útlum. Jedná se například o akustické cihly, které mají poskytnout vysoký hlukový útlum. Aby byl útlum účinný, nesmí se do nich vrtat díry a vést potrubí či jiné instalace, musí to být řešeno předstěnou. Hlukový útlum může být eliminován právě těmi akustickými cihlami, nebo velkou hmotností konstrukce (železobeton), různými předstěnami se zvukově pohltivou izolací a další. Variant je mnoho. Dalším faktorem pro akustickou pohodu je navržení správných oken a dveří. [Zdroj:24, 25]

Tabulka 3 - Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů

Požadovaná zvuková izolace obvodového pláště v hodnotách $R_w^{**}$ nebo $D_{nT,w}^{**}$ , dB							
Druh chráněného vnitřního prostoru	Ekvivalentní hladina akustického tlaku v denní době 06:00–22:00 h ve vzdálenosti 2 m před fasádou $L_{A,eq,2m}$ , dB <sup>**</sup>						
	≤ 50	> 50 ≤ 55	> 55 ≤ 60	> 60 ≤ 65	> 65 ≤ 70	> 70 ≤ 75	> 75 ≤ 80
Obytné místnosti bytů, pokoje v ubytovnách (koleje, internáty apod.)	30	30	30	33	38	43	48
Pokoje v hotelech a penzionech	30	30	30	30	33	38	43
Nemocniční pokoje	30	30	30	33	38	43	(48)

(Zdroj:26)

### 4.2.4 Požární vlastnosti

Požární odolnost je vlastnost materiálů a konstrukcí odolávat působícímu požáru, který je plně rozvinut, aniž by byla narušena jejich stabilita, únosnost, celistvost a také izolační schopnosti. Kritéria na požární odolnost musí splňovat veškeré nosné konstrukce a dále také požárně dělící konstrukce (příčky, okna, dveře). Požární vlastnosti materiálů nejen svislých obvodových nosných konstrukcí jsou důležité pro zajištění bezpečnosti lidí a ochrany budovy. Pokud by materiál nevykazoval požadovanou požární odolnost, mělo by to fatální následky. [Zdroj: 27]

Požární odolnost se udává v minutách. Po dobu uvedených minut nesmí konstrukce ztratit požadované funkce a vlastnosti. Funkcí, kterých má vydržet, je mnoho a jsou určeny tzv. mezními stavy. Mezní stav a požadovaná doba je v České republice doplněn požadovaným druhem konstrukční části.

[Zdroj: 27]

### Druhy konstrukčních částí

Dělí se na druhy:

a) Stavební konstrukce druhu DP1

Konstrukce, které nezvyšují intenzitu požáru a sestávají především z nehořlavých materiálů. Pokud je materiál hořlavý, musí být uvnitř dané konstrukce a nesmí být na nich závislá stabilita a únosnost konstrukce.

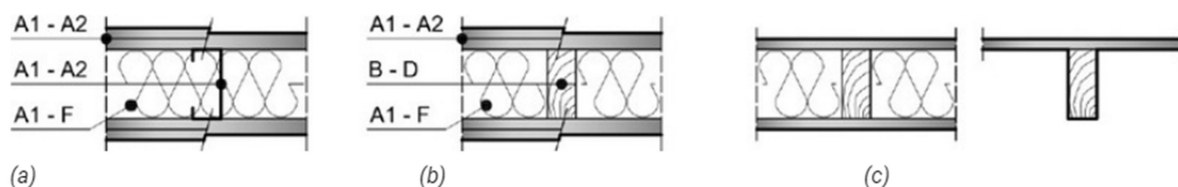
b) Stavební konstrukce druhu DP2

Povrchové vrstvy musí být tvořeny nehořlavými materiály, uvnitř konstrukce mohou být hořlavé materiály označovány B-D a mohou tvořit nosnou část.

c) Stavební konstrukce druhu DP3

Jedná se o všechny jiné konstrukce, které nemají požadavky dle kategorie DP1 či DP2.

[Zdroj: 28]

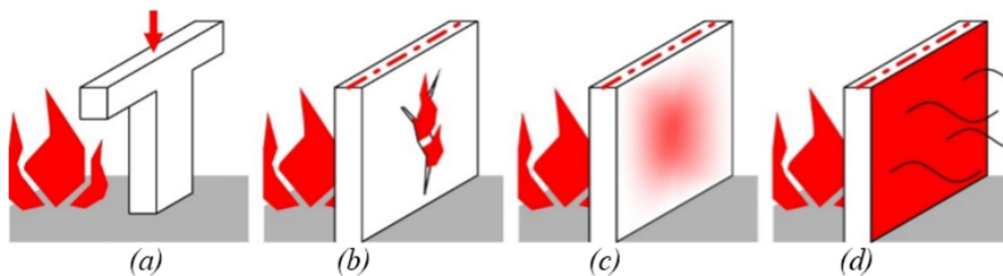


Obrázek 14 - Druhy konstrukčních částí v požární odolnosti: (a) DP , (b) DP2, (c) DP3 (Zdroj: 28)

### Mezní stavy požární odolnosti

Mezní stav bere v potaz typ konstrukce (stěna, sloup, pilíř, okno, dveře). Jsou označovány písmeny R (únosnost a stabilita), E (celistvost), I (izolační schopnost), W (omezení radiace tepla) a u výplně otvorů ještě C (samozavírání) a S (kouřotěsnost). Mezní stavy se určují dle typu konstrukce (nosná, nenosná apod.).

[Zdroj: 27]



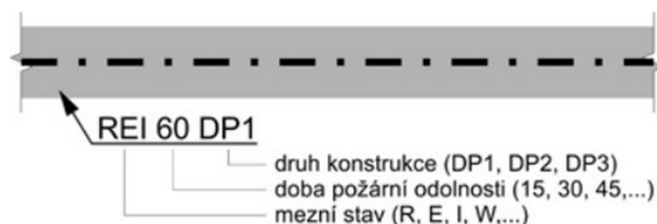
Obrázek 15 - Mezní stavy: (a) R, (b) E, (c) I, (d) W (Zdroj: 27)

### Doba požární odolnosti

Základní doba požární odolnosti je klasifikovaná na 15, 30, 45, 60, 90, 120 a 180 minut. Doba je určena na základě výpočtu a tabulek. [Zdroj: 27]

### Požadovaná požární odolnost

Požadovaná požární odolnost se zjišťuje dle tabulek a výpočtů a následně se zakresluje do výkresů, které mají vlastní část a to požárně bezpečnostní řešení. Musí být určena a zakreslena pro všechny konstrukce a prvky, které požární odolnost mají mít. [Zdroj: 27]



Obrázek 16 - Značení požární odolnosti ve výkresech (Zdroj: 27)

## 4.2.5 Environmentální požadavky

Stavební průmysl ovlivňuje ve velké míře stav přítomného, ale i budoucího životního prostředí. Aby jakákoli stavba byla vůbec realizována a provozu schopna, je spotřebováno velké množství materiálů, které jsou získávány z energetických a surovinových zdrojů. Z energetických zdrojů je stále největší část z neobnovitelných zdrojů. Za následky velké spotřeby surovinových a energetických zdrojů se produkuje nezanedbatelné množství škodlivých emisí a odpadů. Jak již bylo zmíněno, stavební průmysl ovlivňuje stav životního prostředí především díky prachem, poškozování zeleně, odpady z této činnosti, hlukem a podobně. Nelze všechny ovlivňující složky odstranit, ale je nutné je co nejvíce minimalizovat, aby bylo schopno zaručit udržitelný rozvoj. [Zdroj: 1]

**Udržitelný rozvoj** = schopnost plnění potřeb současné generace, aniž by se ohrozila schopnost uspokojovat své potřeby budoucích generací [Zdroj: 29]

Udržitelný rozvoj lze ve stavebnictví zajistit například:

- Snižováním materiálové náročnosti (zmenšit spotřebu neobnovitelných zdrojů),
- Snižováním celkové energetické náročnosti provozu staveb,
- Zvýšením využití obnovitelných zdrojů,
- Zvýšením používání recyklovaných materiálů,
- Zvýšením trvanlivosti nejen materiálů, ale celé stavby. [Zdroj:1]

Jelikož populace světa vzrůstá, je vyvíjen tlak na zdroje (nerostné suroviny) a větším získáváním těchto zdrojů zatěžuje v značné míře životní prostředí. Proto se ve stavebním průmyslu musí zabývat už i environmentálními vlastnostmi výrobků a jejich dopadem na životní prostředí.



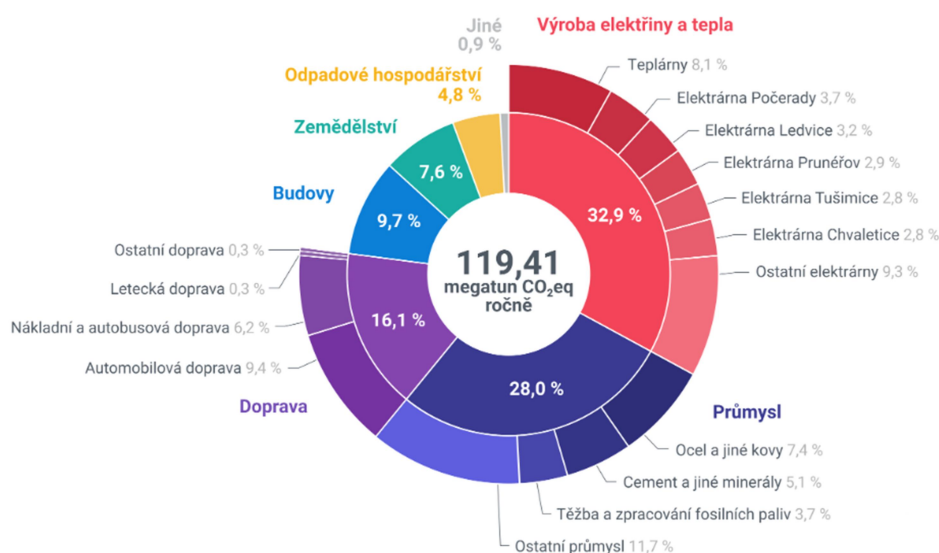
Nesmí se zabývat pouze jejich environmentální náročností a provozem budovy, ale je zapotřebí zjistit a popsat celý životní cyklus staveb. [Zdroj: 30]

### Emisní povolenky

Emisní povolenky zavedla Evropská unie roku 2005 a jejich cílem je snížit emise skleníkových plynů. Jedna emisní povolenka dovoluje firmám k vypuštění jedné tuny oxidu uhličitého do ovzduší. Firma, která překročí svůj limit emisních povolenek, si musí další nakoupit na evropských energetických burzách. S současné době se obchodování účastní přes jedenáct tisíc podniků z výroby oceli, železa, energetiky, cementu a tak dále. V České republice podniky musí měřit své emise a vykazovat je každoročně ministerstvu životního prostředí. Některé emisní povolenky si musí koupit a druhou část dostávají bezplatně za snížení svých skleníkových plynů. [Zdroj: 31]

## EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ČR PODLE SEKTORŮ

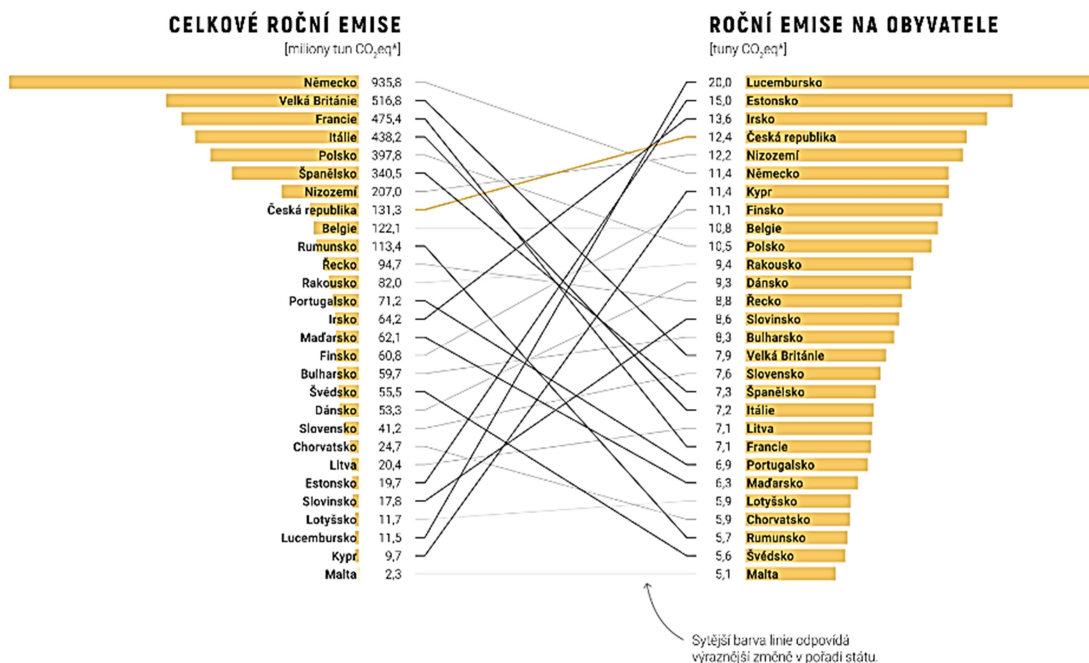
Celkové emise České republiky za rok 2021.



Obrázek 17 - Celkové emise skleníkových plynů dle sektorů v České republice za rok 2021 (Zdroj: 32)

Podle obrázku č. 17 je vidět, že celkové roční emise České republiky za rok 2021 je 119,41 megatun oxidu uhličitého ekvivalentního ročně. Odvětví z průmyslu tvoří 28,0% těchto emisí.

## Celkové roční emise jednotlivých států EU a jejich přepočet na obyvatele za rok 2016



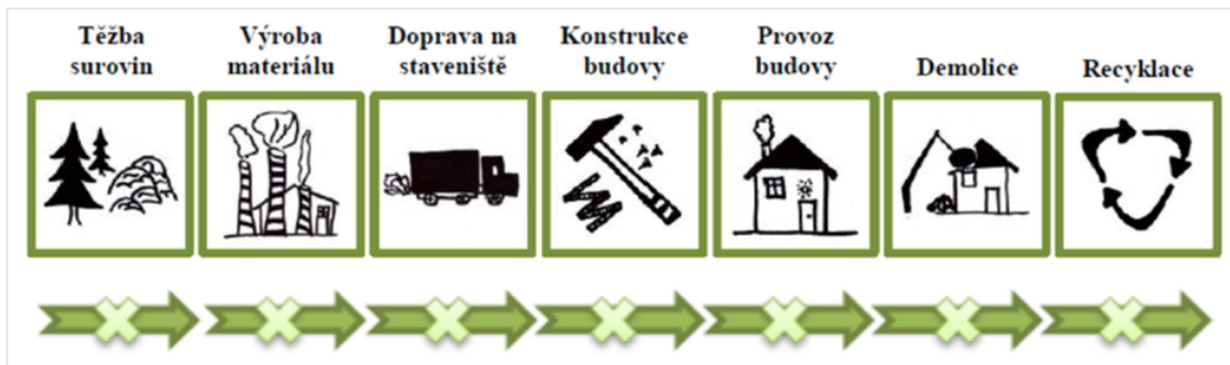
Obrázek 18 - celkové roční emise a jejich přepočet na obyvatele za rok 2016 (Zdroj:33)

I když Česká republika nepatří k největším a nejlidnatějším zemím v Evropě, vykazuje velké množství skleníkových plynů na přepočet na jednoho obyvatele.

### Hodnocení životního cyklu

Cyklem staveb se rozumí těžba surovin, jejich zpracování a výroba materiálů, doprava na vybrané místo až po recyklaci materiálů, u kterých to je možné. K hodnocení životního cyklu je využíván systém Life Cycle Assessment (LCA = posuzování životního cyklu). LCA se dá použít na kterýkoliv produkt lidské činnosti, tudíž se dá využít i na stavební materiály nebo celou stavbu. Cílem tohoto cyklu je detailní popis výrobku (budov) včetně jeho pozitivních a negativních vlivů na spotřebu zdrojů (obnovitelných a neobnovitelných), životní prostředí a na společnost včetně obyvatel.

[Zdroj: 30]



Obrázek 19 - Životní cyklus budovy (Zdroj: 30)

## **Enviromentální prohlášení o produktu**

Enviromentální prohlášení o produktu neboli Environmental Product Declaration se zkratkou EPD je environmentální prohlášení o vlastnostech jednotlivých výrobků. EPD se řídí danými pravidly a mezinárodní normou ČSN. [Zdroj:30]

EPD měří informace o vlivu výrobku, služby či produktu na životní prostředí. Vliv je brán na celý životní cyklus výrobku. EPD poskytují výrobci (bohužel EPD nemají zatím k dispozici všichni výrobci) nebo existuje v České republice databáze s environmentálními vlastnostmi výrobků Envimat.cz. [Zdroj:30]

## **Envimat.cz**

Je pomůcka, která slouží k hodnocení a následnému porovnání stavebních prvků a konstrukcí dle jejich environmentálních vlastností. Tato pomůcka je dostupná on-line. Cílem je, aby byl umožněn přístup českým uživatelům k těmto informacím. [Zdroj:30]

## **Metodika Envimatu**

K výpočtům enviromentálních vlastností se pro tuto chvíli používá mezinárodní databáze stavebních materiálů, databáze s názvem Ecoinvent. Cílem je ale rozšířit spolupráci s lokálními výrobci nebo dodavateli a následně doplňovat data, která odpovídají českým podmínkám. Hodnotí nejen environmentální parametry, ale také i technické. [Zdroj:34]

### **Environmentální parametry:**

- Spotřeba primární energie
- Potenciál globálního oteplování
- Potenciál eutrofizace prostředí
- Potenciál tvorby přízemního ozónu
- Potenciál ničení ozónové vrstvy
- Potenciál okyselování prostředí

[Zdroj:34]

### **Technické parametry:**

- Součinitel prostupu tepla
- Hmotnost
- Součinitel tepelné vodivosti

[Zdroj:34]

## **Popis dvou hlavních pojmů**

V praktické části jsou zvoleny dva hlavní enviromentální parametry. Těmi parametry jsou primární spotřeba energie a potenciál globálního oteplování.

### **Primární spotřeba energie**

Primární spotřeba energie bývá také pojmenována jako svázaná energie. Udává veškerou spotřebu přírodních zdrojů energie, která je spotřebována během životního cyklu produktu. Je označována zkratkou PEI, která vychází z názvu Primary Energy Input. Obvykle je udávána v jednotce MJ (megajouly). [Zdroj: 35]

### **Potenciál globálního oteplování**

Potenciál globálního oteplování bývá také označován jako svázané emise CO<sub>2</sub> (oxidu uhličitého) ekvivalentního. Udává ekvivalentní emise, které jsou vyprodukované během celého životního cyklu produktu. Tyto emise způsobují skleníkový efekt. Ekvivalentní v tomto případě znamená, že se neberou v potaz jen emise oxidu uhličitého, ale také i jiné emise skleníkových plynů. Jejich skleníkový efekt se přepočítává na úroveň efektu oxidu uhličitého. Je označován zkratkou GWP, která vychází z názvu Global Warming Potential. Obvykle je udáván v jednotce kgCO<sub>2</sub>ekv. (kilogramech ekvivalentu oxidu uhličitého). [Zdroj: 35]

## 5. Oceňování pozemních staveb

Vždy se bude klást otázka na cenu, a proto nejen ve stavebnictví se vytváří rozpočty. Stavební činností pokaždé vzniká jedinečná stavba, konstrukce nebo objekt, které mají jiný tvar, konstrukční a materiálové řešení. Proto se musí jednotlivé výtvořiny individuálně ocenit. Oceňování se provádí dle etap stavebních projektů, při čemž jsou vždy různé podklady a celkové náklady se v průběhu těchto projektů mění. Etapami stavebních projektů jsou předinvestiční fáze, investiční příprava, realizace a následné předání do užívání. [Zdroj: 36]

Tabulka 4 - Vazba mezi etapami stavebních projektů, podklady a náklady

Etapa projektu	Oceňovací podklad	Stanovení stavebních nákladů
Předinvestiční	Akvizice / studie	Cenové ukazatele
Investiční - příprava	Dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení	Cenové ukazatele
	Projektová dokumentace pro vydání stavebního povolení	Oceněný soupis prací
	Zadávací dokumentace	Oceněný soupis prací
Investiční - realizace	Dokumentace pro provádění stavby	Oceněný soupis prací / výrobní kalkulace
Investiční - předání do užívání	Dokumentace skutečného provedení stavby	Výsledná kalkulace

(Zdroj: 36)

### 5.1 Oceňování v investiční přípravě

Jedná se o rozsáhlou etapu, která je založena na podrobnosti projektové dokumentace, cenových soustavách, třídění stavebních produkcí, kalkulačních technikách pro výpočet cen a na legislativních požadavcích. [Zdroj: 36]

#### 5.1.1 Třídění stavebních produkcí

Každá země má vlastní strukturu třídění stavebních produkcí (konstrukcí a prací). V České republice je Třídník stavebních konstrukcí a prací se zkratkou TSKP. Na základě TSKP jsou vytvořeny cenové soustavy. [Zdroj: 36, 37]

#### TSKP – Třídník stavebních konstrukcí a prací

Jedná se o nejpoužívanější třídník v České republice s dlouholetou tradicí. TSKP obsahuje v základní podobě číselnou strukturu, která je rozdělena do čtyř stupňů. Těmi čtyřmi stupni jsou skupina stavebního dílu (nejvyšší stupeň), stavební díl v rámci skupiny, kategorie práce nebo konstrukce ve stavebním dílu a posledním stupněm je zdobňující charakteristiky. Skupina stavebního dílu se člení na HSV (= hlavní stavební výrobu) a PSV (= přidruženou stavební výrobu). Stavebním

dílem v rámci skupiny je podrobnější popis, který zahrnuje práce a konstrukce z různých materiálů a technologií. Hlavní označení stavebních dílů je od 0 až po 9. [Zdroj:36, 37]

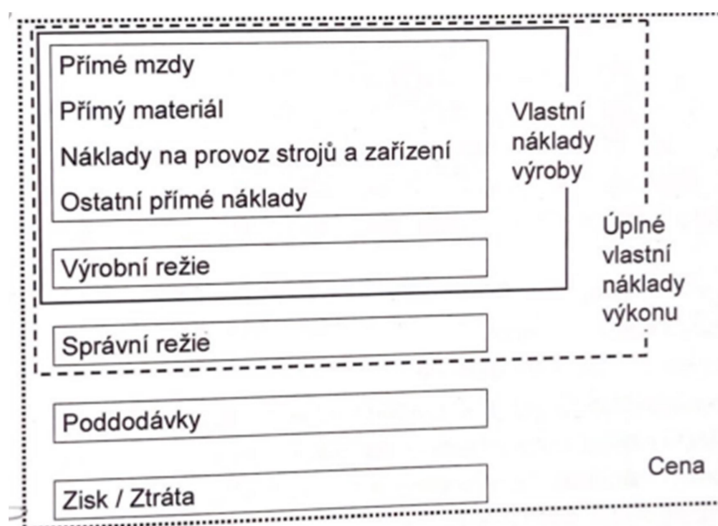
## 5.1.2 Cenové soustavy v České republice

Cenová soustava je integrovaná databáze obsahující informace o stavebních produktech a hmotách, montážních a stavebních pracích, které jsou systémově zaříděny do položek. Položky sestávají z kódu, měrné jednotky a popisu. Veškeré hodnoty obsaženy v cenových soustavách vychází z dat respondentů ze statických metod. V České republice jsou momentálně tři cenové soustavy. Těmi soustavami jsou:

- CS ÚRS od společnosti ÚRS CZ, a.s.,
  - RTS DATA od společnosti RTS, a.s.,
  - Oborový třídník stavebních konstrukcí a prací se zkratkou OTSKP od Ministerstva dopravy ČR.
- [Zdroj: 36]

### Cenová soustava CS ÚRS

Cenová soustava CS ÚRS je využívána pro stanovení ceny stavebního díla (hlavně pozemních staveb). Je používána výhradně jako zdroj informací o aktuálních cenách výrobků, stavebních prací a materiálů. Je dostupná v programu KROS, kde pro každý půlrok vychází aktualizace cen. Jednotlivé ceny jsou získávány ze směrných cen podle kalkulačního vzorce. [Zdroj: 38]



Obrázek 20 - Kalkulační vzorec (Zdroj: 36)

### 5.1.3 Soupis prací

Soupis prací je podrobný popis stavebních služeb, prací a dodávek, ve kterém jsou zahrnuté kvalitativní a technické podmínky na základě projektové dokumentace. Jednotlivé položky musí obsahovat pořadové číslo, číselné zařídění a označení cenové soustavy, podrobný popis, měrnou jednotku, celkové množství a výkaz výměr. K docílení podrobného soupisu prací jsou využívány

projektové dokumentace (čím podrobnější dokumentace, tím lepší docílení soupisu prací).

[Zdroj: 36, 38]

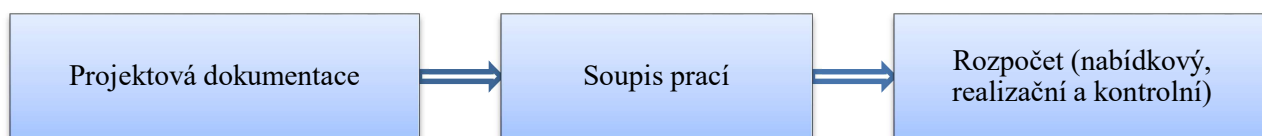
#### 5.1.4 Výkaz výměr

Výkaz výměr je vypočtení množství položky z položkového soupisu prací. Výpočet musí obsahovat z čeho je čerpán (textová nebo grafická část projektové dokumentace). [Zdroj: 36]

#### 5.1.5 Rozpočet

Ve stavebním rozpočtu je cílem sestavit seznam, co nejvíce možných nákladů, které vznikají v souvislosti se stavební činností. Náklady musí být strukturovány tak, aby se v nich vyznal každý uživatel (investor, zhotovitel, projektant, orgány státní správy a tak dále). Každý subjekt nahlíží na rozpočet jiným úhlem pohledu. Například zhotovitele hlavně zajímá cena, kterou mu investor bude proplácet, investor věnuje pozornost celkové částce, na kterou ho stavební projekt vyjde, a orgány státní správy dle celkové výše rozpočtu vypisují typ výběrového řízení pro veřejnou zakázku.

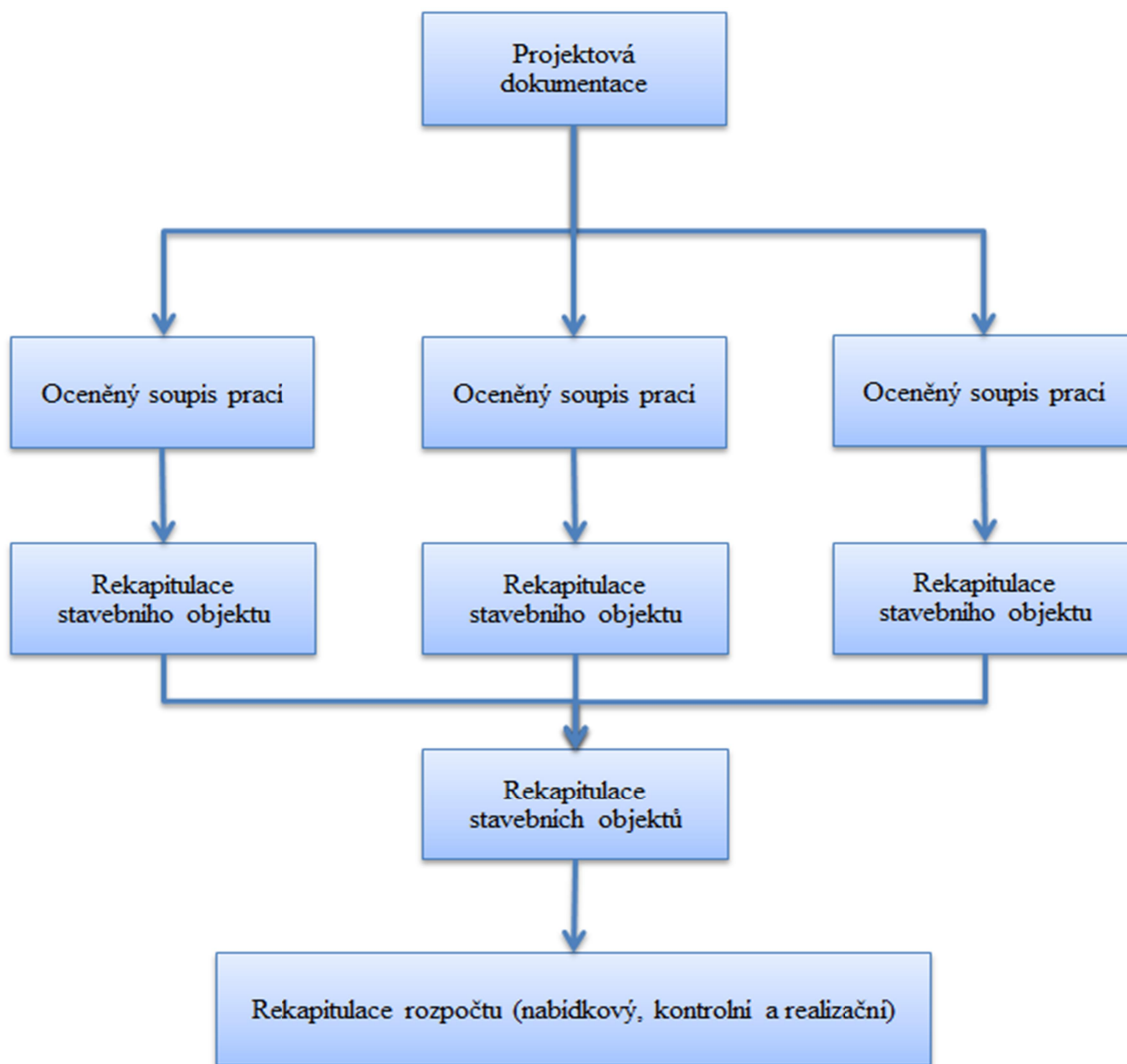
[Zdroj: 36]



Obrázek 21 - Proces rozpočtu (Zdroj: vlastní zpracování s pomocí 36)

#### Struktura rozpočtu

Je důležité se nejprve seznámit s projektovou dokumentací a popřípadě si udělat pomocné tabulky s výkazy výměr. Dále se rodinný dům, bytový dům nebo jiná stavba rozdělí na jednotlivé stavební objekty, pro které se udělá oceněný soupis prací, na které navazuje rekapitulace každého stavebního objektu. Posledními kroky jsou celková rekapitulace stavebních objektů a rekapitulace rozpočtu. [Zdroj: 36]



Obrázek 22 - Struktura rozpočtu (Zdroj: vlastní zpracování s pomocí [36])

Rozpočet vychází z technologií a konstrukcí, které se používají při výstavbě, a následně se sestavují ceny ze soupisu prací stavebních objektů. Jednotlivé náklady se většinou dělí do dvou základních skupin. Těmi skupinami jsou základní rozpočtové náklady se zkratkou ZRN a vedlejší rozpočtové náklady se zkratkou VRN. Nehledě na umístění stavby a dalších vlivů, které jsou se stavbou spojené, jsou základní rozpočtové náklady prakticky pokaždé stejné pro totožné práce a konstrukce. ZRNY obsahují přímé a nepřímé náklady a zisk dodavatele. Přímými náklady se rozumí náklady na hmoty, mzdy, stroje a ostatní přímé náklady (OPN) a nepřímými náklady jsou výrobní a správní režie. Vedlejšími a ostatními náklady jsou například náklady na zařízení staveniště, na projektovou dokumentaci, na geodetické služby a podobně. Přehledný souhrn základních rozpočtových nákladů a vedlejší a ostatních nákladů jsou níže v tabulce. [Zdroj: 36, 37]



Tabulka 5 - Přehled nákladů na stavební rozpočet

Rozpočet - náklady								
Základní rozpočtové náklady (ZRNY)						Vedlejší a ostatní náklady (VRNY)		
Přímé náklady				Nepřímé náklady		Zisk dodavatele	Vedlejší náklady	Ostatní náklady
Hmoty	Přímé zpracovací náklady						Výrobní režie	Správní režie
Hmoty	Mzdy	Stroje	Ostatní přímé náklady (OPN)	Náklady na umístění	Náklady na geodetické práce			

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí [36])

### Druhy stavebních rozpočtů

V investiční fázi se rozpočty dělí na kontrolní, nabídkový a realizační. [Zdroj: 36]

#### Kontrolní rozpočet

Jeho hlavním cílem je přezkoumání již existujícího soupisu prací s ohledem na projektovou dokumentaci. Jakmile je zkontrolován, dochází k ocenění jednotlivých položek, které jsou oceněny podle směrných cen. Díky kontrolnímu rozpočtu investor získá přesnější odhad nákladů na stavební dílo. [Zdroj: 36, 37]

#### Nabídkový rozpočet

Nabídkový rozpočet vytváří generální dodavatel, ve kterém je obsažen návrh ceny na vypsanou stavební zakázku, a překládá ho investorovi. Jednotlivé položky jsou oceněny dle firemních cen. Skládá se většinou z krycího listu, rekapitulace a oceněných soupisu prací a dodávek.

[Zdroj: 36, 37]

#### Realizační rozpočet

Realizační rozpočet je tvořen investorem a generálním dodavatelem po předání a převzetí stavebního objektu. Na jeho základě dochází k vyhodnocení projektu. [Zdroj: 36]

### Druhy cen v rozpočtech

Ve stavebnictví se cena vypočítává z celkových nákladů na výrobek a ziskové přírážky dodavatele. Dle původu se člení na:

- firemní ceny,
- směrné (expertní) ceny, které jsou obsaženy v cenových soustavách.

Firemními cenami se rozumí kalkulace vlastních prací, a pokud firma nemá kapacitu, tak jsou to kalkulace z cen subdodavatelů. [Zdroj: 36]

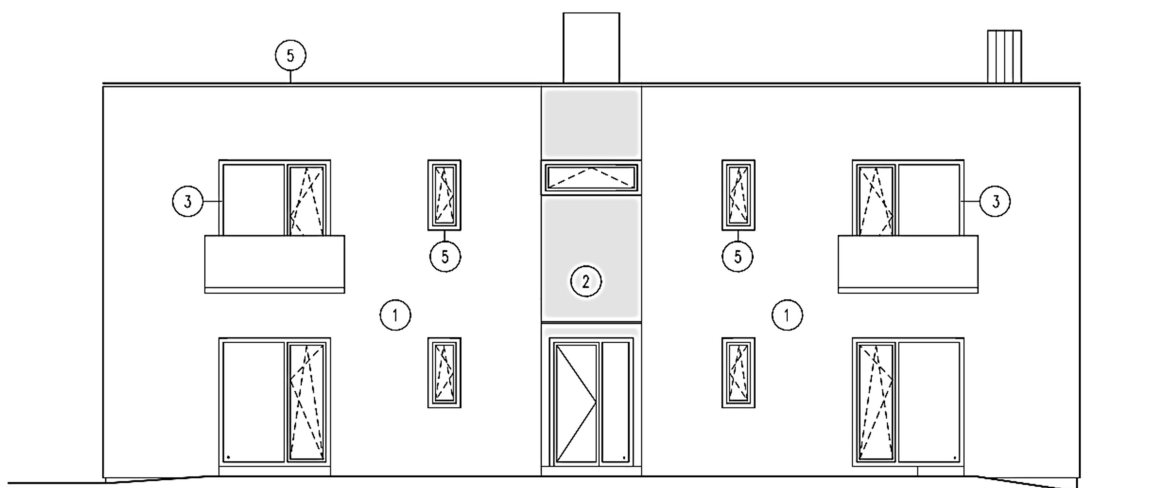
# Praktická část

## 6. Řešený objekt

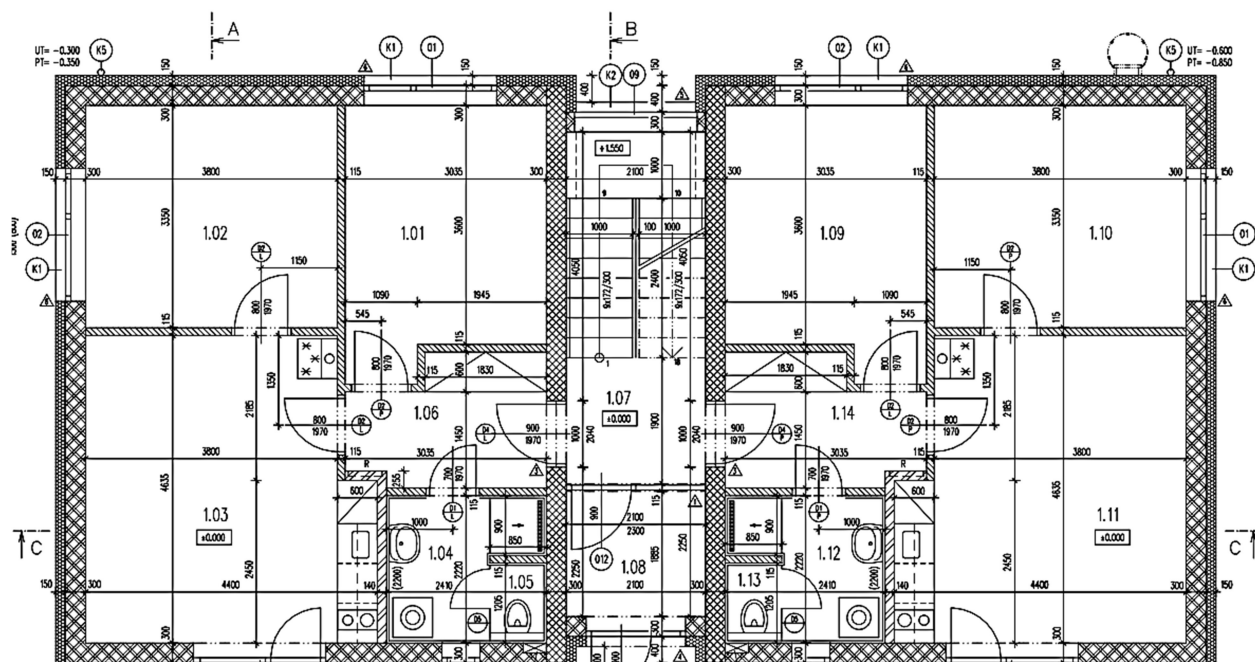
V těchto podkapitolách se nachází popis vybraného objektu, který vychází z projektové dokumentace stažené ze zdroje [40].

### 6.1 Obecný popis

Jedná se o samostatný, zděný, nepodsklepený, dvoupodlažní dům, který je zastřešen plochou střechou. Dům je obdélníkového tvaru o rozměrech 9,0 x 17,5 m. Objekt se celkově skládá ze 4 samostatných bytů, na každém patře se nachází právě 2 byty. Dispozičně se jedná o byty 3+KK. Pro představu, jak vybraný objekt vypadá, je níže přidán pohled a první nadzemní podlaží. Druhé nadzemní podlaží je totožné, jen je doplněno ve společných prostorách o technickou místnost.



Obrázek 23 - Pohled na vybraný bytový dům (Zdroj: projektová dokumentace stažena z [40])



Obrázek 24 - Půdorys prvního nadzemního patra bytového domu (Zdroj: projektová dokumentace stažena z [40])

## 6.2 Parametry objektu

Zastavěná plocha:	156 m <sup>2</sup>
Obestavěný prostor:	1 100 m <sup>3</sup>
Užitná podlahová plocha celkem:	244 m <sup>2</sup>
Užitná podlahová plocha jednoho bytu:	55 m <sup>2</sup>
Zpevněná plocha:	50 m <sup>2</sup>

## 6.3 Základové konstrukce

Základové konstrukce budou provedeny z monolitických základových pasů z prostého betonu, který má třídu C16/20. Základová spára pasů musí být v nezámrné hloubce.

Dále bude použito ztracené bednění, které se vyzdí na základových pasech. Ztracené bednění o rozměru 300x500x250 mm bude vyplněno betonem třídy C16/20 a zároveň bude vyztuženo ocelí R10.

Podkladní deska bude též z prostého betonu třídy C16/20 v tloušťce 150 mm a vyztužena sítí KARI o velikosti 150/150/6 mm. Podkladní deska bude uložena na zhutnělé vrstvě šterku, který má frakci 16-32 mm a tloušťku 80 mm, dále bude uložena také na zhutněném zásepu.

Do základů musí být vložen zemnicí pásek FeZn o rozměrech 30x4 mm.

Důležité je, aby před betonáží byly vynechány veškeré prostupy základovou konstrukcí.

## 6.4 Svislé nosné a nenosné konstrukce

Obvodové nosné zdivo bude z keramických cihel, které jsou určeny pro nosné zdivo. Obvodové zdivo bude z broušených cihel o rozměrech 300x248x249 mm, pevnosti P15 a na maltu na tenké spáry.

Vnitřní nosné zdivo bude z keramických akustických broušených cihel o rozměrech 300x248x249 mm, pevnosti P15, na maltu na tenké spáry. Zdivo musí mít akustickou neprůzvučnost 55 dB.

Obvodové a vnitřní nosné zdivo bude založeno na zakládací maltě.

Příčky v přízemí a v 2.NP budou zhotoveny z keramických broušených cihel pro nenosné stěny. Cihly budou o rozměrech 115x497x249 mm a 140x497x249 mm. Cihly budou o pevnosti P10 a vyzděny na maltu na tenké spáry.

## 6.5 Překlady

V nosných stěnách nad okenními a dveřními otvory budou překlady keramické nosné o rozměrech 70x238 mm, které budou uloženy do maltového lože. Překlad, který bude umístěn nad dveřmi mezi chodbou a zádveřím, bude zhotoven z typu keramických překladů nenosných o rozměrech 115/70 mm a musí být uložen do maltového lože.

## 6.6 Vodorovné konstrukce

Stropní nosná konstrukce, jak v přízemí, tak i v 2.NP, bude tvořena železobetonovými předpjatými panely Spiroll, který budou mít tloušťku 250 mm. Panely a jejich styky musí být vylité betonovou zálivkou pro tuhost konstrukce. Zálivka bude z betonu třídy C20/25 a zároveň se před betonáží musí vynechat veškeré prostupy stropní konstrukcí.

Balkony místo ocelových zavěšených budou tvořeny z monolitického betonu třídy C25/30. Z toho důvodu se bude měnit směr kladení panelů Spiroll v 1.NP. Kladení se musí změnit z důvodu napojení balkonových desek. Napojení vznikne tím, že se v místě jejich dutin vyřízne spára, vloží se výztuž z nosníků Isokorb a následně se to celé zabetonuje pro spojitost a tuhost konstrukce.

## 6.7 Střešní plášť

Na objektu je střecha plochá, jednoplášťová, která má krytinu z PVC. Po obvodě střechy bude vyhotovena atika z keramických broušených cihel o rozměru 240x248x249 mm, pevnosti P10, na maltu na tenké spáry. Na zděné atice bude udělán věnec o výšce 85-100mm, který bude spádován směrem na střechu. Věnec bude z betonu třídy C20/25 s výztuží 2xR10.

Skladba střešního pláště je následující:

- Měkčené PVC-P tloušťky 1,5 mm, mechanicky kotvené
- Separáčnı a ochranná textilie ze syntetických vláken 300 g/m<sup>2</sup>

- Spádová tepelná izolace z EPS S 100
- Parozábrana z asfaltových pásů V60 S35
- Penetrační nátěr
- Stropní konstrukce

## 6.8 Povrchové úpravy

V celém objektu budou na stropní konstrukci umístěny podhledy ze sádrokartonových desek bílých tloušťky 12,5 mm na dvojitém roštu z oceli. V koupelnách místo bílých SDK desek bude použit vodovzdorný zelený sádrokarton tloušťky 12,5 mm na dvojitém roštu z oceli.

Vnitřní omítky budou tvořeny z jádrové vápenocementové omítky, na které se bude dále nanášet jemný štuk. V koupelnách pod obklady bude pouze strojní jádrová vápenocementová omítky, na které se položí obklad do výšky 2 metrů. Nad obkladem bude dodělán jemný štuk.

Venkovní omítky, která je součástí fasádního systému, bude silikonová fasádní probarvená pastovitá omítky zrnitosti 1,5 mm včetně penetrace. Sokl bude udělán sěrkovou mozaikou.

Obvodové stěny budou zatepleny fasádním zateplovacím systémem s polystyrenem EPS F 70 tloušťky 150 mm a sokl bude zateplen z perimetru tloušťky 100 mm.

## 6.9 Výplně otvorů

Veškerá francouzská okna a okna budou z plastu a součinitel prostupu tepla celých oken bude  $U_w = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Vnitřní parapety budou z plastu, v koupelnách bude z keramického obkladu. U francouzských oken budou parapety (venkovní) žulové.

Vchodové dveře a prosklené dveře do chodby ze zádveří budou z AL rámu.

Vstupní dveře do každého bytu budou s ocelovou zárubní, bezpečnostní a s požární odolností EI/EW30.

Interiérové dveře budou dřevěné s CPL laminátem a zároveň osazeny do ocelových lisovaných zárubní.

## 6.10 Inženýrské sítě

K novému bytovému domu budou muset být zřízeny nové přípojky (kanalizační, vodovodní a elektro). Přípojky budou vedeny z přilehlých sítí, které se nacházejí v blízkosti pozemku.

Kanalizační přípojka bude z kameninových trub o průměru 200 mm. Přípojka musí navazovat na revizní šachtu z prefa dílců. Na pozemku se dále budou nacházet vsakovací boxy, které mají za úkol jimat vody z dešťových svodů.

Vodovodní přípojka bude z tlakových PE trubek svařených, která se na začátku stavby napojí pomocí navrtávacího pásu na stávající síť. Na pozemku bude umístěna vodoměrná plastová šachta, ve které bude umístěna vodoměrná soustava.

Na hranici pozemku bude umístěn zděný pilíř pro elektroměry a dále povede rozvod uložený v zemi do objektu.

## **6.11 Vnitřní rozvody a vytápění**

### **Kanalizace**

Veškeré kanalizační potrubí (připojovací a odpadní) bude provedeno z plastových trubek. Musí být dodržen minimální spád u připojovacího potrubí, který jsou 3%. Ležaté potrubí, které povede v základových pasech pod objektem, bude též z plastových trubek a vedeno minimálně ve 2% spádu.

### **Vodovod**

Vodovod bude členěn na dvě části, venkovní a vnitřní.

Venkovní rozvod povede z vodoměrné šachty do objektu, který bude z plastového potrubí a bude proveden v minimální hloubce 1,5 metrů.

Vnitřní rozvody se budou dělit na studené, teplé a cirkulační. Budou vedeny až k zařizovacím předmětům z plastového potrubí.

### **Vytápění**

Vytápění bude zajištěno pomocí tepelného čerpadla o výkonu 12 kW (jedná se o venkovní jednotku). Tepelné čerpadlo bude typu vzduch-voda, které bude mít za úkol vytápění a přípravu teplé vody pro objekt. Zásobník na přípravu teplé vody bude o velikosti 500 litrů.

## **7. Vybrané zdivo na obvodové konstrukce včetně povrchových úprav**

V této kapitole se řeší jednotlivé nově navržené skladby včetně navržené skladby projektantem a jejich vlastnosti (technické, ekonomické a environmentální).

### **7.1 Navržené skladby od firmy Wienerberger (Porotherm)**

Jednotlivé skupiny Wienerbergeru jsou součástí mezinárodního koncernu Wienerberger Ziegelindustrie AG. Tento koncern, jehož založení bylo před více než 200 lety, je největší světový výrobce cihel a zároveň je také lídrem v prodeji a produkci pálených střešních krytin v celé Evropě. Jak již bylo zmiňováno, jedná se o mezinárodní koncern, který působí ve více než 26 zemích.

V České republice společnost působí od roku 1992. Zákazníkům nabízí širokou škálu stavebních keramických výrobků, jako jsou cihly pro nosné i nenosné stěny, překlady, věncovky, fasádu a dlažbu. V roce 2015 se začlenila společnost Tondach, tím pádem se Wienerberger stal největším výrobcem v České republice keramických střešních krytin.

Dále nabízí i řadu služeb pro projektanty, stavební firmy či pro jednotlivé zákazníky. Společnost může zajistit technické poradenství, a to ve fázi zpracování projektové dokumentace, nebo technickou pomoc, která je zajištěna přímo na stavbě. Pokrývači a stavební firmy mohou využít jejich školení a ukázky nových materiálů i technologií. [Zdroj: 41]

#### **7.1.1 Navržená skladba projektantem z cihel Porotherm 30 Profi broušená**

Cihly Porotherm 30 Profi broušené jsou určeny pro omítané jednovrstvé zdivo, jak vnější, tak i vnitřní. Jedná se o nosné zdivo tloušťky 300 mm. Dále ho lze použít pro nosné zdivo, které je opatřeno na vnější straně tepelným izolantem, nebo dalšími cihelnými materiály, které budou tvořit vnější ochrannou část navrženého vrstveného zdiva. Pro jejich vyzdění se používá malta pro tenké spáry. Při dodávce cihel je součástí i odpovídající množství malty. [Zdroj: 42]

### Vlastnosti:

- Rozměry (d x š x v): 247x300x249 mm
- Hmotnost jedné cihly: 14,7 kg
- Pevnost v tlaku: 15 MPa
- Objemová hmotnost prvku: 800 kg/m<sup>3</sup>
- Laboratorní neprůzvučnost zdiva: 48 dB
- Součinitel tepelné vodivosti: 0,18 W/mK
- Požární odolnost zdiva: REI 180 DP1
- Spotřeba cihel: 16 ks/m<sup>2</sup> nebo 53,3 ks/m<sup>3</sup>

[Zdroj: 43]

### Výhody:

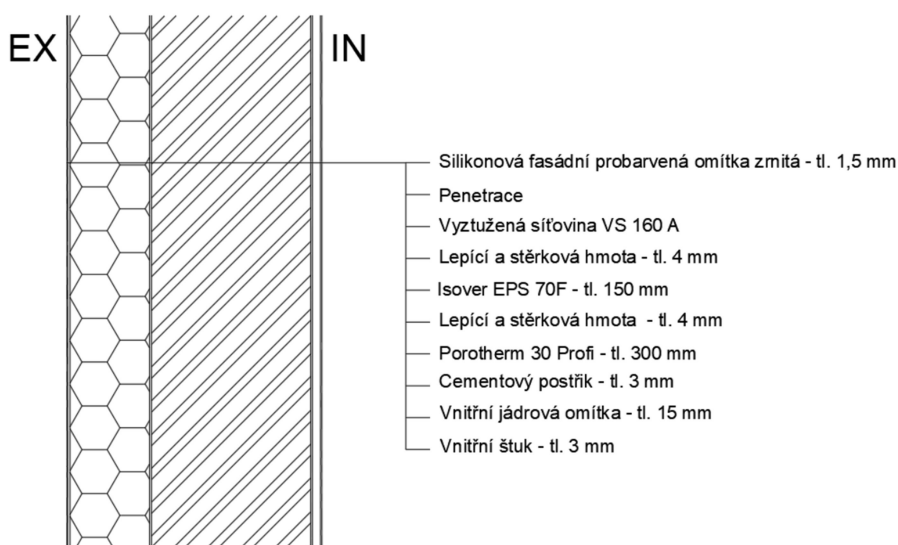
- Vysoká pevnost zdiva v tlaku
- Dobrý podklad pod omítku
- Rozměry jsou v modulovém systému
- Pracnost zdění nižší o 25% než klasické zdění
- Minimální spotřeba malty
- Minimální spotřeba vody vnesené do zdiva
- Hygienicky nezávadné

[Zdroj: 43]

### Nevýhody:

- Nedostatečný součinitel prostupu tepla → nutnost zateplení

### Skladba stěny



Obrázek 25 – Skladba stěny Porotherm 30 Profi (Zdroj: vlastní zpracování v programu Autocad 2021)



## Statické vlastnosti zdiva

Zdivo navržené projektantem o pevnosti v tlaku P15 (15 MPa) má charakteristickou pevnost zdíciho prvku v tlaku  $f_k = 5,15$  MPa při podmínce použití malty pro tenké spáry s pevností M10 (10 MPa). Jelikož se jedná o navrženou skladbu projektantem, tak ze statického hlediska vyhovuje.

[Zdroj: 43]

## Náklady na skladbu stěny

Náklady na skladbu stěny jsou vytvořeny a vypočítány pomocí programu KROS 4 s cenovou hladinou ÚRS 2023/II, který slouží pro účely rozpočtování a kalkulací stavebních prací. Výpočet vychází z jednotlivých položek, které obvodová stěna musí obsahovat. V konečném nákladu na skladbu stěny jsou zahrnuty kompletní stavební činnosti obvodové svislé nosné konstrukce. Jedná se o nosné zdivo včetně povrchových úprav a jejich potřebných doplňků, založení zdiva, překlady, věnce, pomocné vnitřní lešení, venkovní rámové lešení, zakrytí otvorů a v neposlední řadě je započítán i vnitrostaveništní přesun materiálu. Veškeré výkazy výměr jsou prováděny na základě výkresů a některé hodnoty jsou čerpány z přílohy: pomocná tabulka výkazů k rozpočtu, která byla vytvořena s cílem usnadnit výpočty. Příloha byla sestavena pouze pro skladbu, která byla navržena projektantem.

**Celková plocha skladby stěny je brána pouze pro Porotherm 30 Profi, která činí 219,462 m<sup>2</sup>.**

REKAPITULACE ČLENĚNÍ SOUPISU PRACÍ	
Stavba:	Bytový dům Radonice
Objekt:	<b>0 - Skladba navržená projektantem</b>
Místo:	Datum: 30. 10. 2023
Zadavatel:	Projektant:
Zhotovitel:	Zpracovatel:
Kód dílu - Popis	Cena celkem [CZK]
<b>Náklady ze soupisu prací</b>	<b>1 541 818,11</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	1 519 660,87
3 - Svislé a kompletní konstrukce	510 142,13
4 - Vodorovné konstrukce	175 978,80
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	696 632,15
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	94 279,15
998 - Přesun hmot	42 628,64
PSV - Práce a dodávky PSV	22 157,24
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	22 157,24

Obrázek 26 - Rekapitulace nákladů na obvodovou stěnu – Skladba navržená projektantem (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

Celkové náklady na skladbu navrženou od projektanta činí **1 541 818 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**, přepočítány na 1 m<sup>2</sup> s nákladem **7 025 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**.

### Environmentální vlastnosti

Další důležitou částí jsou environmentální vlastnosti a dopady stavebních materiálů, neboť v současné době se na ně klade čím dál tím větší důraz. Byly vypočítány dvě hodnoty, které mají významný vliv na životní prostředí. Je zásadní minimalizovat tyto dvě hodnoty, které představují spotřebu fosilních paliv (PEI) a emise skleníkových plynů (GWP). Měly by se minimalizovat z důvodu, aby se omezily negativní dopady na klima a zároveň, aby se dokázaly přizpůsobit tak stále se zhoršujícímu globálnímu oteplování.

V následující tabulce jsou vypsány jednotlivé skladby konstrukce a její vlastnosti včetně výpočtu environmentálních dopadů.

**Tabulka 6 - Environmentální vlastnosti navržené skladby projektantem**

Název	$\rho_m$	$\rho_v$	plocha A	hmotnost m	PEI	GWP	PEI <sub>C</sub>	GWP <sub>C</sub>
	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[kg]	[MJ/kg]	[kgCO <sub>2</sub> ekv./kg]	[MJ]	[kgCO <sub>2</sub> ekv.]
Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	30	2 000	219,462	6 583,86	1,45966	0,21317	9 610,20	1 403,48
Porotherm 30 Profi broušená	240	800	219,462	52 670,88	2,5737	0,23862	135 559,04	12 568,33
Deska EPS 70F	2,25	15	219,462	493,79	105,073	4,2121	51 883,94	2 079,89
Silikonová fasádní omítka	2,5	1 667	219,462	548,66	40 MJ/m <sup>2</sup>	2,84 kgCO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup>	8 778,48	623,27
<b>Celkem</b>							<b>205 831,67</b>	<b>16 674,97</b>

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí [59, 60, 61, 62])

Z tabulky je patrné, že primární spotřeba energie (PEI) pro danou skladu je **205 831,67 MJ** a potenciál globálního oteplování (GWP) je **16 674,97 kgCO<sub>2</sub>ekv.**

### Tepelně-izolační vlastnosti

Tepelně-izolační vlastnosti konstrukcí jsou v dnešním světě součástí při navrhování staveb. Konstrukce musí splňovat požadované hodnoty, které určuje norma ČSN. Tepelně-izolační vlastnosti se týkají nejen schopnosti materiálu odolávat přenosu tepla, ale jsou také nezbytné pro udržování tepelné pohody v navrhovaných i současných budovách a také snižování jejich energetických nákladů, které pak úzce souvisejí s environmentálními dopady na životní prostředí.

Nedostatečný součinitel prostupu tepla, který vychází při použití zdiva Porotherm 30 Profi s omítkami, je 0,55 W/m<sup>2</sup>K. Tato hodnota ani neodpovídá požadovaným součinitelům prostupu tepla, které jsou obsažené v normě ČSN. Z toho důvodu je v původní skladbě na cihle navrženo zateplení z polystyrenu EPS 70F o tloušťce 150 mm.

### Okrajové podmínky výpočtu pro obvodovou stěnu vnější:

- Návrhová venkovní teplota:  $\theta_e = -13,0 \text{ C}$
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu:  $\theta_i = 21,0 \text{ C}$
- Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:  $\rho_e = 84,0 \%$
- Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu:  $\rho_i = 55,0 \%$
- Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru:  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru:  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2$  [Zdroj: Teplo 2017 EDU]

V tabulce níže jsou popsány jednotlivé vrstvy konstrukce včetně jejich tloušťky, tepelné vodivosti, tepelného odporu a součiniteli prostupu tepla konstrukcí.

Tabulka 7 – Tepelně-izolační vlastnosti Porotherm 30 Profi stěny navržené projektantem

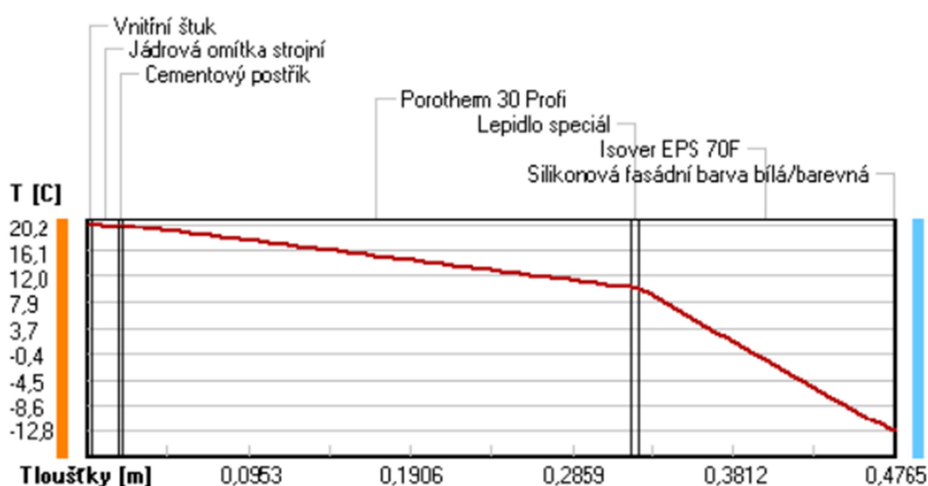
Vrstva	Název	tloušťka d	tepelná vodivost $\lambda$	faktor dif. odporu $\mu$	tepelný odpor R	tepelný odpor celkem R	součinitel prostupu tepla U
		[mm]	[W/mK]	[-]	[m <sup>2</sup> K/W]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]
1	Vnitřní štuk	3	0,634	12	0,0047	5,559	0,175
2	Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	15	0,552	15	0,0272		
3	Cementový postřík	3	0,962	35	0,0031		
4	Porotherm 30 Profi broušená	300	0,18	10	1,6667		
5	Lepidlo	4	0,57	20	0,0070		
6	Deska EPS 70F	150	0,039	30	3,8462		
7	Silikonová fasádní omítka	1,5	0,36	630	0,0042		

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí programu Teplo 2017 EDU)

### Z tabulky č. jsou patrné tyto výsledky:

- Tepelný odpor konstrukce:  $R = 5,559 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,175 \text{ W/m}^2\text{K}$

### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obrázek 27 - Průběh teploty – navržená skladba projektantem (Zdroj: vlastní zpracování v programu Teplo 2017 EDU)

Dalším faktorem, který je zásadní z hlediska tepelně-izolačních vlastností, je množství vodní páry ve stavební konstrukci. Jakmile by docházelo ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, mělo by to za následek negativní ovlivnění jejich technických vlastností (hlavně pevnost a stabilitu konstrukce). Hodnoty výpočtu jsou převzaty z programu Teplo 2017 EDU.

#### V dané skladbě vychází tyto hodnoty:

- Množství z kondenzované vodní páry za rok:  $M_{c,a} = 0,0471 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok:  $M_{ev,a} = 1,9543 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

Na základě výpočtu původní skladby, kde byla zjištěna hodnota součinitele prostupu tepla menší než  $18 \text{ W/m}^2\text{K}$ , byla stanovena maximální hodnota, kterou nové navrhované konstrukce nesmí překročit. Tou hodnotou je požadovaný součinitel prostupu tepla  $U_{pož} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ , která zároveň splňuje požadavky pro pasivní dům.

#### Porovnání hodnot

##### a) Součinitel prostupu tepla

$$U_{pož} \geq U$$

$$0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \geq 0,175 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Skladba vyhovuje**

##### b) Kondenzace vodní páry

$$M_{ev,a} \geq M_{c,a}$$

$$1,9543 \text{ kg/m}^2\text{rok} \geq 0,0471 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

**Skladba vyhovuje**

$$M_{c,N} \geq M_c$$

Dle výsledků z programu Teplo 2017 EDU v dané konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

#### **Skladba vyhovuje**

Podle porovnání výsledků lze konstatovat, že uvedená konstrukce splňuje požadavky na tepelně-izolační vlastnosti a není tedy nutné ji dále upravovat.

#### **Požární odolnost**

Požadovaná požární odolnost pro tuhle stavbu spadá do druhého (II.) stupně požární bezpečnosti. Z tabulky z teoretické části vychází, že minimální požární odolnost pro obvodové zdivo s II. stupněm požární bezpečnosti je REW 30 (požární odolnost minimální =  $PO_{min}$ ). Požární odolnost zdiva je REI 180 DP1. [Zdroj: 40, 43]

$$PO_{min} \geq PO$$

$$REW 30 \text{ minut} \geq REI 180 \text{ minut}$$

#### **Konstrukce vyhovuje**

### **7.1.2 Navržená skladba 1 z cihel Porotherm 38 T profi**

Cihly Porotherm 38 T Profi broušené jsou určeny pro omítané jednovrstvé obvodové zdivo. Zdivo tloušťky 380 mm, které má velké nároky na tepelný odpor a tepelnou akumulaci stěny. Od ostatních cihel se řada T Profi liší v tom, že jsou otvory v cihlách při výrobě vyplněny hydrofobizovanou minerální vatou. Hydrofobizace je velmi důležitá, protože zajišťuje nenasákavost vaty v cihlách, to znamená, že voda po vatě pouze stéká. Pro jejich vyzdění se používá malta pro tenké spáry. Při dodávce cihel je součástí i odpovídající množství malty. [Zdroj: 44]

#### **Vlastnosti:**

- Rozměry (d x š x v): 248x380x249 mm
- Hmotnost jedné cihly: 15,7 kg
- Pevnost v tlaku: 8 MPa
- Objemová hmotnost prvku: 670 kg/m<sup>3</sup>
- Laboratorní neprůzvučnost zdiva: 48 dB
- Součinitel tepelné vodivosti: 0,069 W/mK
- Požární odolnost zdiva: REI 90 DP1
- Spotřeba cihel: 16 ks/m<sup>2</sup> nebo 42,1 ks/m<sup>3</sup>

[Zdroj: 45]

### Výhody:

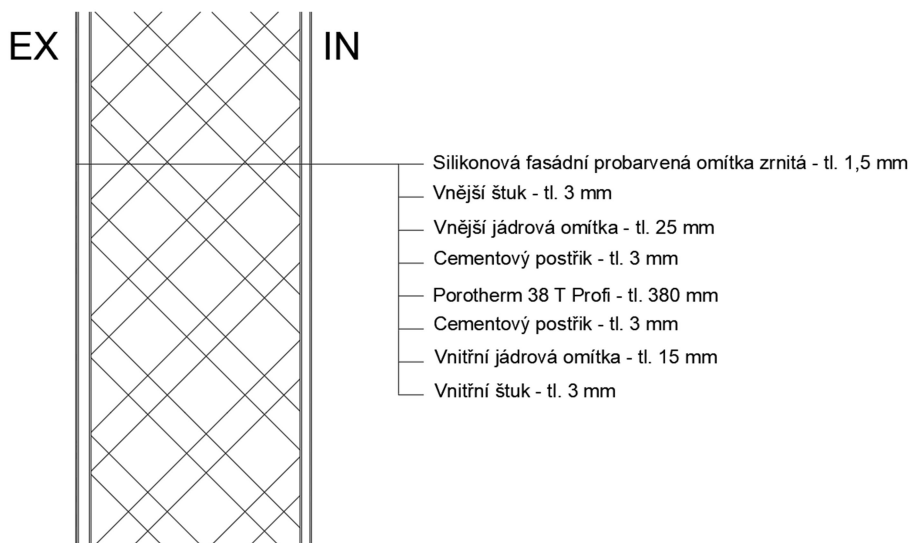
- Vysoká pevnost zdiva v tlaku
- Skvělé řešení lineárních tepelných mostů (hlavně styk s výplněmi otvorů)
- Rozměry jsou v modulovém systému
- Jednoduché zdění
- Minimální spotřeba malty
- Minimální spotřeba vody vnesené do zdiva
- Hygienicky nezávadné
- Nízký odpor proti difuzi vodních par

[Zdroj: 45]

### Nevýhody:

- Řezání cihel (vazby)
- Větší odpad
- Nesmí zmoknout → přikrýt zdivo

### Skladba stěny



Obrázek 28 – Skladba stěny Porotherm 38 T Profi (Zdroj: vlastní zpracování v programu Autocad 2021)

### Statické vlastnosti zdiva

Zdivo s navrženou skladbou 1 z cihel Porotherm 38 T Profi o pevnosti v tlaku P8 (8 MPa) má charakteristickou pevnost zdíciho prvku v tlaku  $f_k = 3,5$  MPa při podmínce použití malty pro tenké spáry s pevností M10 (10 MPa). I když navržené zdivo má menší charakteristickou pevnost zdíciho prvku než zdivo navržené projektantem, ale i tak ze statických požadavků vyhovuje, protože objekt není velký a nepůsobí zde tak velké zatížení.

[Zdroj: 45]

## Náklady na skladbu stěny

Náklady na výstavbu stěny jsou vytvořeny a spočítány pomocí softwaru KROS 4 v souladu v cenové hladině ÚRS 2023/II. Při výpočtu nákladů na obvodovou nosnou stěnu jsou zohledněny všechny potřebné stavební činnosti. Stavebními činnostmi se myslí nosné zdivo s povrchovými úpravami a doplňky, založení zdiva, překlady, věnce, pomocné vnitřní lešení, venkovní rámové lešení, zakrytí otvorů a vnitrostaveništní přesun materiálu. Veškeré výkazy výměr jsou vyhotoveny na základě výkresů. Některé hodnoty jsou čerpány z přílohy: pomocná tabulka výkazů k rozpočtu, která byla vytvořena s cílem usnadnit výpočty. Příloha byla sestavena pouze pro skladbu, která byla navržena projektantem, ale je možné některé výpočty použít i pro tuto nově navrženou skladbu.

**Celková plocha skladby stěny je brána pouze pro obvodové stěny a činí 236,622 m<sup>2</sup>.**

REKAPITULACE ČLENĚNÍ SOUPISU PRACÍ	
Stavba:	Bytový dům Radonice
Objekt:	<b>1 - Navržená skladba 1 - Porotherm s integrovanou izolací</b>
Místo:	
Zadavatel:	
Zhotovitel:	
Datum:	30. 10. 2023
Projektant:	
Zpracovatel:	
Kód dílu - Popis	Cena celkem [CZK]
<b>Náklady ze soupisu prací</b>	<b>1 699 192,32</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	1 677 035,08
3 - Svislé a kompletní konstrukce	869 902,40
4 - Vodorovné konstrukce	195 676,55
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	467 327,01
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	94 092,72
998 - Přesun hmot	50 036,40
PSV - Práce a dodávky PSV	22 157,24
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	22 157,24

Obrázek 29 - Rekapitulace nákladů na nově navrženou obvodovou stěnu – Skladba 1 - Porotherm 38 T Profi (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

**Náklady na skladbu 1**, která je nově navržená činí **1 699 192 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**, přepočítány na 1 m<sup>2</sup> s nákladem **7 181 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**.

## Environmentální vlastnosti

V následující tabulce jsou vypsány jednotlivé skladby konstrukce a její vlastnosti včetně výpočtu environmentálních dopadů. Pro Porotherm 38 T Profi není nikde uvedeno procentuální

zastoupení keramické části a části izolační vaty. Z toho důvodu to muselo být vypočítáno. Výpočet je obsažen v příloze č. 2.

**Tabulka 8 - Environmentální vlastnosti navržené skladby 1 z cihel Porotherm 38 T Profi**

Název	$\rho_m$	$\rho_v$	plocha A	hmotnost m	PEI	GWP	PEI <sub>c</sub>	GWP <sub>c</sub>
	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[kg]	[MJ/kg]	[kgCO <sub>2</sub> ekv./kg]	[MJ]	[kgCO <sub>2</sub> ekv.]
Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	30	2 000	236,622	7 098,66	1,45966	0,21317	10 361,63	1 513,22
Porotherm 38 T Profi - tvárnice	246,0	647,4	236,622	58 211,85	2,5737	0,23862	149 819,84	13 890,51
Porotherm 38 T Profi - minerální vata	8,6	22,6	236,622	2 032,11	20,1923	1,1331	41 032,97	2 302,58
Vnější jádrová VC omítka	50	2 000	236,622	11 831,10	1,45966	0,21317	17 269,38	2 522,04
Silikonová fasádní omítka	2,5	1 667	236,622	591,56	40 MJ/m <sup>2</sup>	2,84 kgCO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup>	9 464,88	672,01
<b>Celkem</b>							<b>227 948,71</b>	<b>20 900,36</b>

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí [59, 60, 62, 63])

Z tabulky je patrné, že primární spotřeba energie (PEI) pro danou skladu je **227 948,71 MJ** a potenciál globálního oteplování (GWP) je **20 900,36 kgCO<sub>2</sub>ekv.**.

### Tepelně-izolační vlastnosti

Zdivo z cihel Porotherm 38 T Profi je skvělý v tom, že obsahuje integrovanou izolaci z minerální vaty v dutinách cihel, a z toho důvodu se nemusí zateplovat.

#### Okrajové podmínky výpočtu pro obvodovou stěnu vnější:

- Návrhová venkovní teplota:  $\theta_e = -13,0$  C
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu:  $\theta_i = 21,0$  C
- Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:  $\rho_e = 84,0$  %
- Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu:  $\rho_i = 55,0$  %
- Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru:  $R_{si} = 0,13$  m<sup>2</sup>K/W
- Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru:  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>KW

[Zdroj: Teplo 2017 EDU]

V tabulce níže jsou popsány jednotlivé vrstvy konstrukce včetně jejich tloušťky, tepelné vodivosti, tepelného odporu a součiniteli prostupu tepla konstrukcí.



Tabulka 9 - Tepelně-izolační vlastnosti navržené stěny z cihel Porotherm 38 T Profi

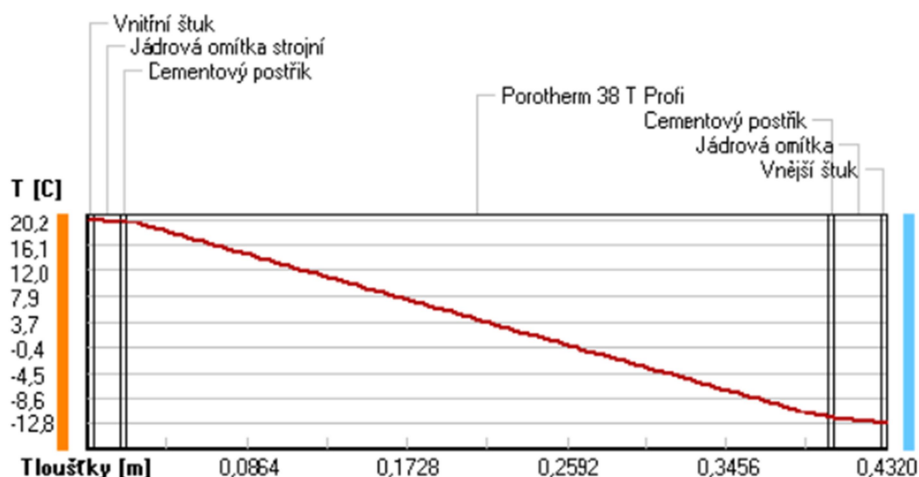
Vrstva	Název	tloušťka	tepelná	faktor	tepelný	tepelný	součinitel
		d	vodivost	dif.	odpor R	odpor celkem R	prostupu
		[mm]	$\lambda$	$\mu$	[m <sup>2</sup> K/W]	[m <sup>2</sup> K/W]	tepla U
			[W/mK]	[-]			[W/m <sup>2</sup> K]
1	Vnitřní štuk	3	0,634	12	0,0047	5,714	0,170
2	Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	15	0,552	15	0,0272		
3	Cementový postřík	3	0,962	35	0,0031		
4	Porotherm 38 T Profi	380	0,069	10	5,5072		
5	Cementový postřík	3	0,962	35	0,0031		
6	Vnější jádrová VC omítka	25	0,153	15	0,1634		
7	Vnější štuk	3	0,634	20	0,0047		

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí programu Teplo 2017 EDU)

Z tabulky č. jsou patrné tyto výsledky:

- Tepelný odpor konstrukce:  $R = 5,714 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$

Teplo v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obrázek 30 - Průběh teploty – navržená skladba 1 z cihel porotherm 38 T profi (Zdroj: vlastní zpracování v programu Teplo 2017 EDU)

Dalším faktorem, který je zásadní z hlediska tepelně-izolačních vlastností, je množství vodní páry ve stavební konstrukci. Jakmile by docházelo ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, mělo by to za následek negativní ovlivnění jejich technických vlastností (hlavně pevnost a stabilitu konstrukce). Hodnoty výpočtu jsou převzaty z programu Teplo 2017 EDU.

V dané skladbě vychází tyto hodnoty:

- Množství z kondenzované vodní páry za rok:  $M_{c,a} = 0,0597 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok:  $M_{ev,a} = 3,6428 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

**Porovnání hodnot:**

**a) Součinitel prostupu tepla**

$$U_{pož} \geq U$$

$$0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \geq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Skladba vyhovuje**

**b) Kondenzace vodní páry**

$$M_{ev,a} \geq M_{c,a}$$

$$3,6428 \text{ kg/m}^2\text{rok} \geq 0,0597 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

**Skladba vyhovuje**

$$M_{c,N} \geq M_c$$

Dle výsledků z programu Teplo 2017 EDU v dané konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

**Skladba vyhovuje**

Podle porovnání výsledků lze konstatovat, že uvedená konstrukce splňuje požadavky na tepelně-izolační vlastnosti a není tedy nutné ji dále upravovat.

**Požární odolnost**

Požadovaná požární odolnost pro tuhle stavbu spadá do druhého (II.) stupně požární bezpečnosti. Z tabulky z teoretické části vychází, že minimální požární odolnost pro obvodové zdivo s II. stupněm požární bezpečnosti je REW 30 (požární odolnost minimální =  $PO_{min}$ ). Požární odolnost zdiva je REI 90 DP1. [Zdroj: 40,45]

$$PO_{min} \geq PO$$

$$REW 30 \text{ minut} \geq REI 90 \text{ minut}$$

**Konstrukce vyhovuje**

## 7.2 Navržené skladby od firmy HELUZ

Název HELUZ nese česká rodinná firma, která se věnuje výrobě cihel již od roku 1876. Tato rodinná firma patří mezi 3 největší výrobce a dodavatele zdících materiálu v České republice. Je významným zaměstnavatelem, v současnosti zaměstnává více než 340 lidí. Je dlouholetým partnerem nadace Portus (stará se o mentálně postižené osoby). Spolupracují s učňovskými, středními odbornými a vysokými školami, které jsou zaměřeny oborově. Heluz nabízí keramické cihly, jak pro nosné a nenosné zdivo, keramické stropy, věncovky, překlady, komíny a ostatní cihelné výrobky. [Zdroj:46]

### 7.2.1 Navržená skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená

Cihly Heluz P15 30 broušené se používají pro zdivo obvodových stěn nebo pro vnitřní nosné stěny, které mají vyšší nároky na únosnost. Obvodové zdivo musí být opatřeno dodatečnou tepelnou izolací. Je možné zdít na maltu pro tenké spáry. Tyto cihly patří mezi oblíbený sortiment a používají se především pro výstavbu vícepodlažních rezidenčních budov. [Zdroj: 47]

#### Vlastnosti:

- Rozměry (d x š x v): 247x300x249 mm
- Hmotnost jedné cihly: 12,9 kg
- Pevnost v tlaku: 15 MPa
- Objemová hmotnost prvku: 700 kg/m<sup>3</sup>
- Laboratorní neprůzvučnost zdiva: 47 dB
- Součinitel tepelné vodivosti: 0,18 W/mK
- Požární odolnost zdiva: REI 180 DP1
- Spotřeba cihel: 16 ks/m<sup>2</sup> nebo 53,3 ks/m<sup>3</sup> [Zdroj: 47, 48]

#### Výhody:

- Vysoká pevnost zdiva v tlaku
- Rychlá výstavba
- Zdravotně nezávadný
- Malá spotřeba malty [Zdroj: 47]

#### Nevýhody:

- Řezání cihel (vazby)
- Větší odpad
- Nutnost zateplení obvodové stěny

## Skladba stěny



Obrázek 31 – Skladba stěny z cihel HELUZ P15 30 broušená (Zdroj: vlastní zpracování v programu Autocad 2021)

### Statické vlastnosti zdiva

Zdivo s navrženou skladbou 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená o pevnosti v tlaku P15 (15 MPa) má charakteristickou pevnost zdíciho prvku v tlaku  $f_k = 5,1$  MPa při podmínce použití malty pro tenké spáry s minimální pevností M10 (10 MPa). Sice navržené zdivo má menší charakteristickou pevnost zdíciho prvku než zdivo navržené projektantem, ale i tak ze statických požadavků vyhovuje, jelikož objekt není velký a nepůsobí zde tak velké zatížení. [Zdroj: 48]

### Náklady na skladbu stěny

Náklady na výstavbu stěny jsou zhotoveny a vypočítány pomocí programu KROS 4 v souladu v cenové hladině ÚRS 2023/II. Při výpočtu nákladů na obvodovou nosnou stěnu jsou zohledněny veškeré potřebné stavební činnosti, jako je budování nosného zdiva s povrchovými úpravami doplňky, zakládání zdiva, překlady, věnce, pomocné vnitřní lešení, venkovní rámové lešení, zakrytí otvorů a přesun materiálu na staveništi. Výkazy výměr jsou připraveny na základě výkresů a některé hodnoty jsou získány z přílohy: pomocná tabulka výkazů k rozpočtu. Příloha byla sestavena pouze pro skladbu, která byla navržena projektantem, ale je možné některé výpočty použít i pro tuto nově navrženou skladbu.

**Celková plocha skladby stěny je brána pouze pro obvodové stěny a činí 219,462 m<sup>2</sup>.**

## REKAPITULACE ČLENĚNÍ SOUPISU PRACÍ

Stavba:

Bytový dům Radonice

Objekt:

**2 - Navržená skladba 2 - Heluz + TI**

Místo:

Datum: 30. 10. 2023

Zadavatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

Kód dílu - Popis

Cena celkem [CZK]

<b>Náklady ze soupisu prací</b>	<b>1 518 316,43</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	1 496 159,19
3 - Svislé a kompletní konstrukce	482 376,17
4 - Vodorovné konstrukce	180 812,56
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	696 632,15
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	94 279,15
998 - Přesun hmot	42 059,16
PSV - Práce a dodávky PSV	22 157,24
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	22 157,24

Obrázek 32 - Rekapitulace nákladů na nově navrženou obvodovou stěnu – Skladba 2 - HELUZ P15 30 broušená (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

Náklady na skladbu 2, která je nově navržená činí **1 518 316 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**, přepočítány na 1 m<sup>2</sup> s nákladem **6 918 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**.

### Environmentální vlastnosti

V následující tabulce jsou vypsány jednotlivé skladby konstrukce a její vlastnosti včetně výpočtu environmentálních dopadů.

Tabulka 10 - Environmentální vlastnosti navržené skladby 2 z cihel Heluz P15 broušená

Název	$\rho_m$	$\rho_v$	plocha A	hmotnost m	PEI	GWP	PEI <sub>C</sub>	GWP <sub>C</sub>
	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[kg]	[MJ/kg]	[kgCO <sub>2</sub> ekv./kg]	[MJ]	[kgCO <sub>2</sub> ekv.]
Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	30	2 000	219,462	6 583,86	1,45966	0,21317	9 610,20	1 403,48
Heluz P15 30 broušená	210	700	219,462	46 087,02	2,5737	0,23862	118 614,16	10 997,28
Deska EPS 70F	2,25	15	219,462	493,79	105,073	4,2121	51 883,94	2 079,89
Silikonová fasádní omítka	2,5	1 667	219,462	548,66	40 MJ/m <sup>2</sup>	2,84 kgCO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup>	8 778,48	623,27
<b>Celkem</b>							<b>188 886,78</b>	<b>15 103,93</b>

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí [59, 60, 61, 62])

Z tabulky je patrné, že primární spotřeba energie (PEI) pro danou skladu je **188 886,78 MJ** a potenciál globálního oteplování (GWP) je **15 103,93 kgCO<sub>2</sub>ekv.**

### Tepelně-izolační vlastnosti

Kvůli nedostatečným tepelně-izolačním vlastnostem se musí navržené zdivo z heluz P15 30 broušená zateplit. Z toho důvodu byla navržena taková tloušťka izolace, aby vyhovovaly podmínky, které jsou určené na začátku praktické části v kapitole 6.1.1 Původní skladba – Porotherm 30 Profi broušená – část Tepelně-izolačních vlastností. Je navržena izolace EPS 70F o tloušťce 150 mm.

#### Okrajové podmínky výpočtu pro obvodovou stěnu vnější:

- Návrhová venkovní teplota:  $\theta_e = -13,0 \text{ C}$
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu:  $\theta_i = 21,0 \text{ C}$
- Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:  $\rho_e = 84,0 \%$
- Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu:  $\rho_i = 55,0 \%$
- Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru:  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru:  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{KW}$

[Zdroj:Teplo 2017 EDU]

V tabulce níže jsou popsány jednotlivé vrstvy konstrukce včetně jejich tloušťky, tepelné vodivosti, tepelného odporu a součiniteli prostupu tepla konstrukcí.

**Tabulka 11 - Tepelně-izolační vlastnosti navržené stěny z cihel Heluz P15 30 stěny**

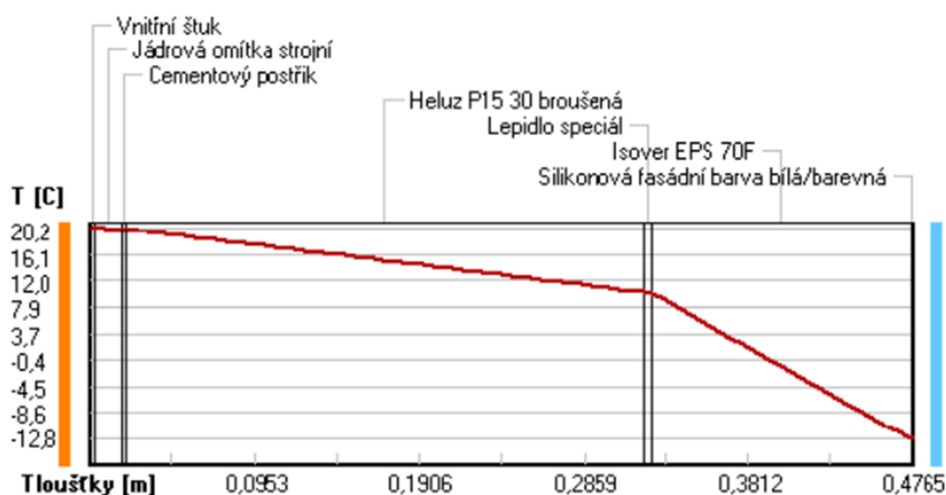
Vrstva	Název	tloušťka d	tepelná vodivost $\lambda$	faktor dif. odporu $\mu$	tepelný odpor R	tepelný odpor celkem R	součinitel prostupu tepla U
		[mm]	[W/mK]	[-]	[m <sup>2</sup> K/W]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]
1	Vnitřní štuk	3	0,634	12	0,0047	5,559	0,175
2	Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	15	0,552	15	0,0272		
3	Cementový postřík	3	0,962	35	0,0031		
4	Heluz P15 30 broušená	300	0,18	10	1,6667		
5	Lepidlo	4	0,57	20	0,0070		
6	Deska EPS 70F	150	0,039	30	3,8462		
7	Silikonová fasádní omítka	1,5	0,36	630	0,0042		

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí programu Teplo 2017 EDU)

#### Z tabulky č. jsou patrné tyto výsledky:

- Tepelný odpor konstrukce:  $R = 5,559 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,175 \text{ W/m}^2\text{K}$

### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obrázek 33 – Průběh teploty – navržená skladba 2 z cihel Heluz P15 30 broušená (Zdroj: vlastní zpracování v programu Teplo 2017 EDU)

Dalším faktorem, který je zásadní z hlediska tepelně-izolačních vlastností, je množství vodní páry ve stavební konstrukci. Jakmile by docházelo ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, mělo by to za následek negativní ovlivnění jejich technických vlastností (hlavně pevnost a stabilitu konstrukce). Hodnoty výpočtu jsou převzaty z programu Teplo 2017 EDU.

#### V dané skladbě vychází tyto hodnoty:

- Množství z kondenzované vodní páry za rok:  $M_{c,a} = 0,0471 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok:  $M_{ev,a} = 1,9543 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

#### Porovnání hodnot:

##### a) Součinitel prostupu tepla

$$Upo\check{z} \geq U$$

$$0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \geq 0,175 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Skladba vyhovuje**

## b) Kondenzace vodní páry

$$M_{ev,a} \geq M_{c,a}$$

$$1,9543 \text{ kg/m}^2\text{rok} \geq 0,0471 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

**Skladba vyhovuje**

$$M_{c,N} \geq M_c$$

Dle výsledků z programu Teplo 2017 EDU v dané konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

**Skladba vyhovuje**

Podle porovnání výsledků lze konstatovat, že uvedená konstrukce splňuje požadavky na tepelně-izolační vlastnosti a není tedy nutné ji dále upravovat.

## Požární odolnost

Požadovaná požární odolnost pro tuhle stavbu spadá do druhého (II.) stupně požární bezpečnosti. Z tabulky z teoretické části vychází, že minimální požární odolnost pro obvodové zdivo s II. stupněm požární bezpečnosti je REW 30 (požární odolnost minimální =  $PO_{min}$ ). Požární odolnost zdiva je REI 180 DP1. [Zdroj: 40, 48]

$$PO_{min} \geq PO$$

$$REW 30 \text{ minut} \geq REI 180 \text{ minut}$$

**Konstrukce vyhovuje**

## 7.2.2 Navržená skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená

Cihly HELUZ Family 38 2in1 broušené jsou tepelněizolační cihly, které jsou vyplněny expandovaným polystyrénem, který dodal cihle o 40% výhodnější tepelně-izolační vlastnosti. Díky skvělým tepelně-izolačním vlastnostem se zdivo používá jako jednovrstvé. Celý systém se zdí na tenkovrstvé malty. [Zdroj: 49]

### Vlastnosti:

- Rozměry (d x š x v): 247x380x249 mm
- Hmotnost jedné cihly: 15,2 kg
- Pevnost v tlaku: 10 MPa
- Objemová hmotnost prvku: 650 kg/m<sup>3</sup>
- Laboratorní neprůzvučnost zdiva: 40 dB
- Součinitel tepelné vodivosti: 0,066 W/mK
- Požární odolnost zdiva: REI 30 DP1
- Spotřeba cihel: 16 ks/m<sup>2</sup> nebo 42,1 ks/m<sup>3</sup>

[Zdroj: 49, 50]



### Výhody:

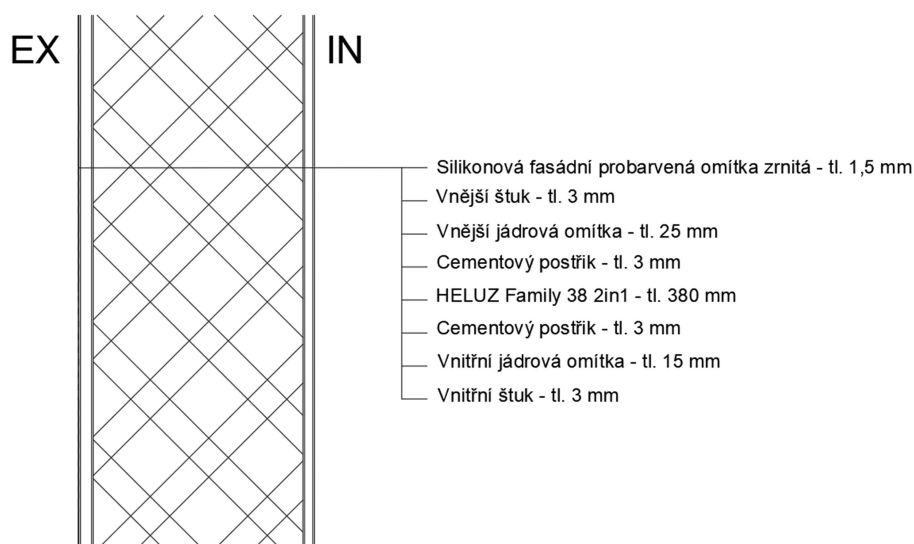
- Vysoká pevnost zdiva v tlaku
- Rychlá výstavba
- Zdravotně nezávadný
- Malá spotřeba malty
- Skvělé tepelně-izolační vlastnosti

[Zdroj: 49]

### Nevýhody:

- Řezání cihel (vazby)
- Větší odpad
- Cihly nesmí zmoknout

### Skladba stěny



**Obrázek 34 – HELUZ Family 38 2in1 (Zdroj: vlastní zpracování v programu Autocad 2021)**

### Statické vlastnosti zdiva

Zdivo s navrženou skladbou 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 o pevnosti v tlaku P10 (10 MPa) má charakteristickou pevnost zdíciho prvku v tlaku  $f_k = 3,6$  MPa při podmínce použití malty pro tenké spáry s minimální pevností M10 (10 MPa). I když navržené zdivo má menší charakteristickou pevnost zdíciho prvku v tlaku než zdivo navržené projektantem, ale i tak vyhoví z hlediska statických požadavků, protože objekt není příliš velký a nepůsobí zde tak velké zatížení. [Zdroj: 50]

### Náklady na skladbu stěny

Náklady na skladbu stěny jsou vytvořeny a vypočítány pomocí programu KROS 4 v cenové hladině ÚRS 2023/II. Při výpočtu nákladů na obvodovou nosnou stěnu jsou zohledněny všechny potřebné stavební činnosti. Stavebními činnostmi se rozumí nosné zdivo s povrchovými úpravami a doplňky, založení zdiva, překlady, věnce, pomocné vnitřní lešení, venkovní rámové lešení, zakrytí

otvorů a vnitrostaveništní přesun materiálu. Veškeré výkazy výměr jsou vyhotoveny na základě výkresů. Některé hodnoty jsou čerpány z přílohy: pomocná tabulka výkazů k rozpočtu, která byla vytvořena s cílem usnadnit výpočty. Příloha byla sestavena pouze pro skladbu, která byla navržena projektantem, ale je možné některé výpočty použít i pro tuto nově navrženou skladbu.

**Celková plocha skladby stěny je brána pouze pro obvodové stěny. Jedná se o 236,622 m<sup>2</sup>.**

REKAPITULACE ČLENĚNÍ SOUPISU PRACÍ	
Stavba:	Bytový dům Radonice
Objekt:	<b>3 - Navržená skladba 3 - Heluz s integrovanou izolací</b>
Místo:	Datum: 30. 10. 2023
Zadavatel:	Projektant:
Zhotovitel:	Zpracovatel:
Kód dílu - Popis	Cena celkem [CZK]
<b>Náklady ze soupisu prací</b>	<b>1 728 765,51</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	1 706 608,27
3 - Svislé a kompletní konstrukce	893 255,79
4 - Vodorovné konstrukce	200 568,25
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	469 732,87
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	94 092,72
998 - Přesun hmot	48 958,64
PSV - Práce a dodávky PSV	22 157,24
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	22 157,24

Obrázek 35 - Rekapitulace nákladů na nově navrženou obvodovou stěnu – Skladba 3 - HELUZ Family 38 2in1 broušená (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

**Náklady na skladbu 2, která je nově navržená činí 1 728 766 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů, přepočítány na 1 m<sup>2</sup> s nákladem 7 306 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů.**

### Environmentální vlastnosti

V následující tabulce jsou vypsány jednotlivé skladby konstrukce a její vlastnosti včetně výpočtu environmentálních dopadů. Cihla Family 2in1 se vyrábí stejným způsobem jako cihla obyčejná, jen je v závěru vyplněna polystyrenovými kuličkami. Byla brána objemová hmotnost cihly bez polystyrenových kuliček, aby se získala objemová hmotnost dané výplně. Výpočet je uveden v příloze č. 2.

Tabulka 12 - Environmentální vlastnosti navržené skladby 3 z cihel Heluz Family 2in1 broušená

Název	$\rho_m$	$\rho_v$	plocha A	hmotnost m	PEI	GWP	PEI <sub>C</sub>	GWP <sub>C</sub>
	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[kg]	[MJ/kg]	[kgCO <sub>2</sub> ekv./kg]	[MJ]	[kgCO <sub>2</sub> ekv.]
Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	30	2 000	236,622	7 098,66	1,45966	0,21317	10 361,63	1 513,22
Heluz Family 38 2in1 broušená - cihla	243	640	236,622	57 546,47	2,5737	0,23862	148 107,35	13 731,74
Heluz Family 38 2in1 broušená - výplň EPS	3,8	10	236,622	899,16	105,073	4,2121	94 477,82	3 787,37
Vnější jádrová VC omítka	50	2 000	236,622	11 831,10	1,45966	0,21317	17 269,38	2 522,04
Silikonová fasádní omítka	2,5	1 667	236,622	591,56	40 MJ/m <sup>2</sup>	2,84 kgCO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup>	9 464,88	672,01
<b>Celkem</b>							<b>279 681,06</b>	<b>22 226,37</b>

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí [59, 60, 61, 62])

Z tabulky je patrné, že primární spotřeba energie (PEI) pro danou skladu je **279 681,06 MJ** a potenciál globálního oteplování (GWP) je **22 226,37 kgCO<sub>2</sub>ekv.**

### Tepelně-izolační vlastnosti

Zdivo Heluz Family 38 2in1 má dobré tepelně-izolační vlastnosti a zároveň splňuje podmínky, které jsou určené na začátku praktické části v kapitole 6.1.1 Původní skladba – Porotherm 30 Profi broušená – část Tepelně-izolačních vlastností, a z těchto důvodů nemusí být zateplen.

#### Okrajové podmínky výpočtu pro obvodovou stěnu vnější:

- Návrhová venkovní teplota:  $\theta_e = -13,0$  C
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu:  $\theta_i = 21,0$  C
- Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:  $\rho_e = 84,0$  %
- Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu:  $\rho_i = 55,0$  %
- Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru:  $R_{si} = 0,13$  m<sup>2</sup>K/W
- Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru:  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>KW

[Zdroj: teplo 2017 EDU]

V tabulce níže jsou popsány jednotlivé vrstvy konstrukce včetně jejich tloušťky, tepelné vodivosti, tepelného odporu a součiniteli prostupu tepla konstrukcí.

Tabulka 13 - Tepelně-izolační vlastnosti navržené stěny z cihel Heluz Family 38 2in1 stěny

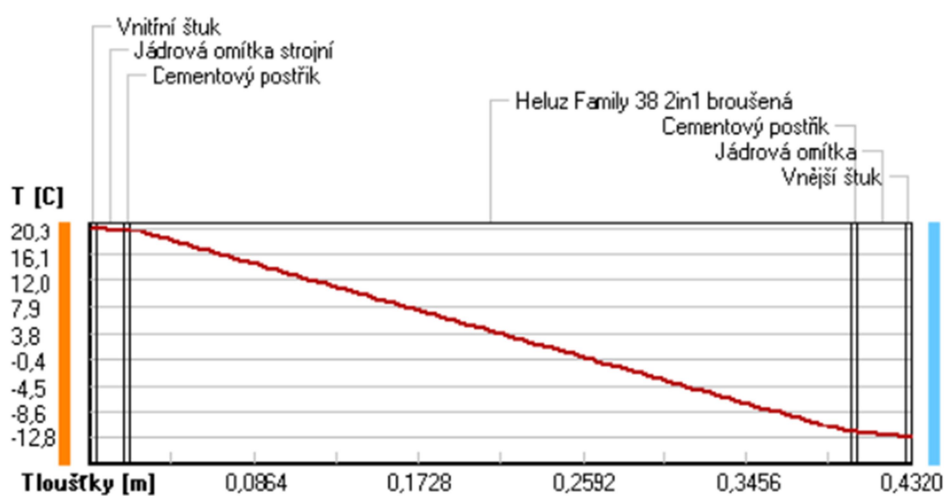
Vrstva	Název	tloušťka d	tepelná vodivost $\lambda$	faktor dif. odporu $\mu$	tepelný odpor R	tepelný odpor celkem R	součinitel prostupu tepla U
		[mm]	[W/mK]	[-]	[m <sup>2</sup> K/W]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]
1	Vnitřní štuk	3	0,634	12	0,0047	5,964	0,163
2	Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	15	0,552	15	0,0272		
3	Cementový postřík	3	0,962	35	0,0031		
4	Heluz Family 38 2in1 broušená	380	0,066	10	5,7576		
5	Cementový postřík	3	0,962	35	0,0031		
6	Vnější jádrová VC omítka	25	0,153	15	0,1634		
7	Vnější štuk	3	0,634	20	0,0047		

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí programu Teplo 2017 EDU)

Z tabulky č. jsou patrné tyto výsledky:

- Tepelný odpor konstrukce:  $R = 5,964 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,163 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### Teplo v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obrázek 36 – Průběh teploty – navržená skladba 3 z cihel Heluz Family 38 2in1 broušená (Zdroj: vlastní zpracování v programu Teplo 2017 EDU)

Dalším faktorem, který je zásadní z hlediska tepelně-izolačních vlastností, je množství vodní páry ve stavební konstrukci. Jakmile by docházelo ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, mělo by to za následek negativní ovlivnění jejich technických vlastností (hlavně pevnost a stabilitu konstrukce). Hodnoty výpočtu jsou převzaty z programu Teplo 2017 EDU.

V dané skladbě vychází tyto hodnoty:

- Množství z kondenzované vodní páry za rok:  $M_{c,a} = 0,0619 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok:  $M_{ev,a} = 3,6309 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

### Porovnání hodnot:

#### a) Součinitel prostupu tepla

$$U_{pož} \geq U$$

$$0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \geq 0,163 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Skladba vyhovuje**

#### b) Kondenzace vodní páry

$$M_{ev,a} \geq M_{c,a}$$

$$3,6309 \text{ kg/m}^2\text{rok} \geq 0,0619 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

**Skladba vyhovuje**

$$M_{c,N} \geq M_c$$

Dle výsledků z programu Teplo 2017 EDU v dané konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

**Skladba vyhovuje**

Podle porovnání výsledků lze konstatovat, že uvedená konstrukce splňuje požadavky na tepelně-izolační vlastnosti a není tedy nutné ji dále upravovat.

### Požární odolnost

Požadovaná požární odolnost pro tuhle stavbu spadá do druhého (II.) stupně požární bezpečnosti. Z tabulky z teoretické části vychází, že minimální požární odolnost pro obvodové zdivo s II. stupněm požární bezpečnosti je REW 30 (požární odolnost minimální =  $PO_{min}$ ). Požární odolnost zdiva je REI 30 DP1.

$$PO_{min} \geq PO$$

$$REW 30 \text{ minut} \geq REI 30 \text{ minut}$$

**Konstrukce vyhovuje**

## 7.3 Navržená skladba od firmy Xella International

Mezinárodní koncern Xella International, který vyrábí pórobetonové tvárnice, je v České republice zastoupena společností Xella CZ. Xella CZ zaměstnává zhruba 300 lidí, celkově má 3 výrobní závody a jejich roční objem produkce Ytongu je téměř 1 mil. m<sup>3</sup>. Kompletní konstrukční systém Ytong poskytuje komplexní řešení celé hrubé stavby a povrchové úpravy. Zahrnuje izolační řadu bloků Lambda YQ, umožňující dosáhnout hodnot pasivních budov i při jednovrstvém zdivu bez izolace. Jeho součástí jsou kromě zděných a příček po obvodu, včetně úseků atypického tvaru, také schodišťové stupně, podhledy a obrovská střecha, která v létě účinně chrání před přehříváním. Systém doplňuje základací řada tvárníc Ytong Start a další možnosti řešení detailů, jako jsou sloupové tvárnice, záslepký, vnější a vnitřní omítky a hladká malta.

Dále mají řadu velkoformátových stěnových prvků, které jsou navrženy pro developery a stavební firmy. Tyto velkoformátové prvky mají zkrátit dobu zdění, úsporu práce a dosáhnout větších přesností. [Zdroj: 51, 52]

### 7.3.1 Navržená skladba 4 z cihel Ytong Statik 300

Cihly Ytong Statik se vyznačují vysokou pevností a vynikajícími statickými vlastnostmi. Provedení tvárnice je hladké. Zdění se provádí na tenké maltové lože tloušťky 1 až 3 mm. Je nutné dodržet celoplošné maltování celé nosné (ložné) spáry. U hladkých tvárnic se stejným způsobem nanáší zdicí malta Ytong na svislé stěny (styčné plochy) tvárnice. [Zdroj: 53]

#### Vlastnosti:

- Rozměry (d x š x v): 499x300x249 mm
- Pevnost v tlaku: 5 MPa
- Objemová hmotnost prvku: 525 kg/m<sup>3</sup>
- Laboratorní neprůzvučnost zdiva: 48 dB
- Součinitel tepelné vodivosti: 0,14 W/mK
- Požární odolnost zdiva: REI 180 DP1
- Spotřeba cihel: 8 ks/m<sup>2</sup>

[Zdroj: 53, 54]

#### Výhody:

- Rychlá a snadná výstavba
- Řezání přesných rozměrů cihel
- Menší množství opadů
- Stejně technické vlastnosti ve všech směrech

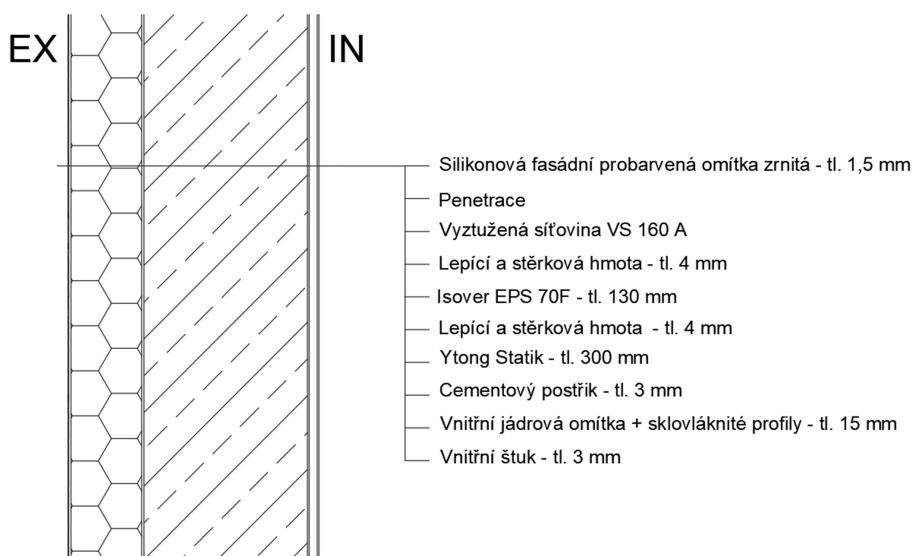
[Zdroj: 53, 54, 55]

#### Nevýhody:

- Méně pevné než keramická cihla
- Vyšší nasákavost
- Nutnost zdiva zakrýt při dešti

[Zdroj: 53, 54, 55]

## Skladba stěny



Obrázek 37 – Skladba stěny Ytong Statik (Zdroj: vlastní s pomocí programu Autocad 2021)

## Statické vlastnosti zdiva

Zdivo s navrženou skladbou 4 z tvárnic Ytong Statik o pevnosti P5 (5 MPa) v tlaku má charakteristickou pevnost zdíciho prvku v tlaku  $f_k = 3,14$  MPa při podmínce použití malty pro tenké spáry s pevností M10 (10 MPa). Navržené tvárnice mají o dost menší charakteristickou pevnost zdíciho prvku než zdivo navržené projektantem. Z toho důvodu je vypočítána jeho únosnost včetně posouzení dle norem ČSN. Výpočet je obsažen v příloze č. 2. Výsledky z výpočtu vyšly následující:

[Zdroj: 54]

$$N_{Rd} \geq N_{ed}$$

$$N_{Rd} = 321,075 \text{ kN} \geq N_{ed} = 48,86 \text{ kN}$$

**Navržená stěna se skladbou 4 vyhovuje**

## Náklady na skladbu stěny

Náklady na výstavbu stěny jsou vytvořeny a spočítány pomocí softwaru KROS 4 v souladu s cenové hladině ÚRS 2023/II. Při výpočtu nákladů na obvodovou nosnou stěnu jsou zohledněny veškeré potřebné stavební činnosti, jako je budování nosného zdiva s povrchovými úpravami doplňky, zakládání zdiva, překlady, věnce, pomocné vnitřní lešení, venkovní rámové lešení, zakrytí otvorů a přesun materiálu na staveništi. Výkazy výměr jsou připraveny na základě výkresů a některé hodnoty jsou získány z přílohy: pomocná tabulka výkazů k rozpočtu. Příloha byla sestavena pouze pro skladbu, která byla navržená projektantem, ale je možné některé výpočty použít i pro tuto nově navrženou skladbu.

**Celková plocha skladby stěny je brána pouze pro obvodové stěny a činí 219,462 m<sup>2</sup>.**

## REKAPITULACE ČLENĚNÍ SOUPISU PRACÍ

Stavba:

Bytový dům Radonice

Objekt:

**4 - Navržená skladba 4 - Ytong + TI**

Místo:

Datum: 30. 10. 2023

Zadavatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

Kód dílu - Popis	Cena celkem [CZK]
<b>Náklady ze soupisu prací</b>	<b>1 585 434,10</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	1 563 276,86
3 - Svislé a kompletní konstrukce	492 824,07
4 - Vodorovné konstrukce	183 665,19
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	756 325,93
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	94 279,15
998 - Přesun hmot	36 182,52
PSV - Práce a dodávky PSV	22 157,24
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	22 157,24

Obrázek 38 - Rekapitulace nákladů na nově navrženou obvodovou stěnu – Skladba 4 - Ytong Statik 300 (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

Náklady na skladbu 4, která je nově navržená činí **1 585 434 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**, přepočítány na 1 m<sup>2</sup> s nákladem **7 224 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**.

### Environmentální vlastnosti

V následující tabulce jsou vypsány jednotlivé skladby konstrukce a její vlastnosti včetně výpočtu environmentálních dopadů.

Tabulka 14 - Environmentální vlastnosti navržené skladby 4 z cihel Ytong Statik 300

Název	ρm	ρv	plocha A	hmotnost m	PEI	GWP	PEI <sub>C</sub>	GWP <sub>C</sub>
	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[kg]	[MJ/kg]	[kgCO <sub>2</sub> ekv./kg]	[MJ]	[kgCO <sub>2</sub> ekv.]
Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	30	2000	219,462	6583,86	1,45966	0,21317	9 610,20	1 403,48
Ytong Statik	157,5	525	219,462	34565,27	3,24998	0,4117	112 336,42	14 230,52
Deska EPS 70F	2,25	15	219,462	493,79	105,073	4,2121	51 883,94	2 079,89
Silikonová fasádní omítka	2,5	1667	219,462	548,66	40 MJ/m <sup>2</sup>	2,84 kgCO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup>	8 778,48	623,27
<b>Celkem</b>							<b>182 609,04</b>	<b>18 337,16</b>

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí [59, 60, 62, 64])



Z tabulky je patrné, že primární spotřeba energie (PEI) pro danou skladu je **182 609,04 MJ** a potenciál globálního oteplování (GWP) je **18 337,16 kgCO<sub>2</sub>ekv.**

### Tepelně-izolační vlastnosti

I když Ytong má skvělé tepelně-izolační vlastnosti, tak musí být navrženo zateplení. Z toho důvodu byla navržena taková tloušťka izolace, aby vyhovovaly podmínky, které jsou určené na začátku praktické části v kapitole 6.1.1 Původní skladba – Porotherm 30 Profi broušená – část Tepelně-izolačních vlastností. Je navržena izolace EPS 70F o tloušťce 150 mm.

#### Okrajové podmínky výpočtu pro obvodovou stěnu vnější:

- Návrhová venkovní teplota:  $\theta_e = -13,0 \text{ C}$
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu:  $\theta_i = 21,0 \text{ C}$
- Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:  $\rho_e = 84,0 \%$
- Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu:  $\rho_i = 55,0 \%$
- Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru:  $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru:  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{KW}$

[Zdroj: Teplo 2017 EDU]

V tabulce níže jsou popsány jednotlivé vrstvy konstrukce včetně jejich tloušťky, tepelné vodivosti, tepelného odporu a součiniteli prostupu tepla konstrukcí.

Tabulka 15 - Tepelně-izolační vlastnosti navržené stěny z cihel Ytong Statik

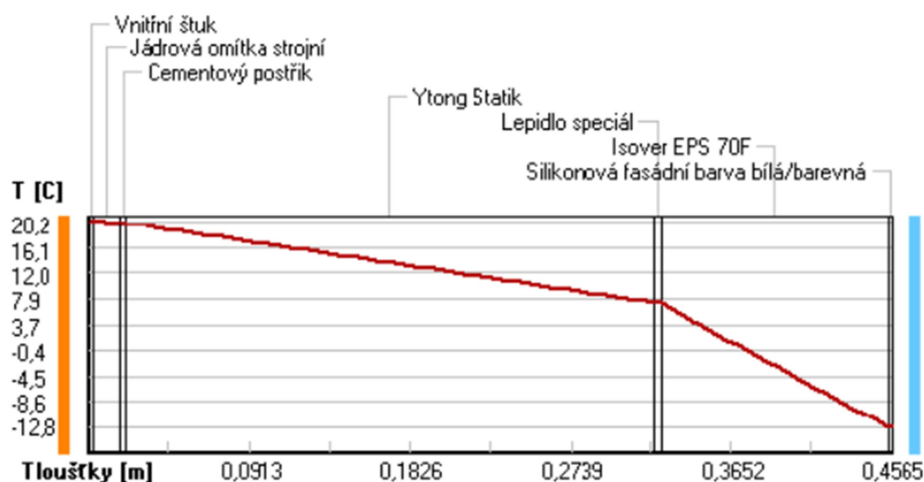
Vrstva	Název	tloušťka d	tepelná vodivost $\lambda$	faktor dif. odporu $\mu$	tepelný odpor R	tepelný odpor celkem R	součinitel prostupu tepla U
		[mm]	[W/mK]	[-]	[m <sup>2</sup> K/W]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]
1	Vnitřní štuk	3	0,634	12	0,0047	5,522	0,176
2	Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	15	0,552	15	0,0272		
3	Cementový postřik	3	0,962	35	0,0031		
4	Ytong Statik	300	0,14	7	2,1429		
5	Lepidlo	4	0,57	20	0,0070		
6	Isover EPS 70F	130	0,039	30	3,3333		
7	Silikonová fasádní omítka	1,5	0,36	630	0,0042		

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí programu Teplo 2017 EDU)

#### Z tabulky č. jsou patrné tyto výsledky:

- Tepelný odpor konstrukce:  $R = 5,522 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,176 \text{ W/m}^2\text{K}$

### Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obrázek 39 – Průběh teploty – navržená skladba 4 z cihel Ytong Statik 300 (Zdroj: vlastní zpracování v programu Teplo 2017 EDU)

Dalším faktorem, který je zásadní z hlediska tepelně-izolačních vlastností, je množství vodní páry ve stavební konstrukci. Jakmile by docházelo ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, mělo by to za následek negativní ovlivnění jejich technických vlastností (hlavně pevnost a stabilitu konstrukce). Hodnoty výpočtu jsou převzaty z programu Teplo 2017 EDU.

#### V dané skladbě vychází tyto hodnoty:

- Množství z kondenzované vodní páry za rok:  $M_{c,a} = 0,0733 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok:  $M_{ev,a} = 1,7699 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

#### Porovnání hodnot:

##### a) Součinitel prostupu tepla

$$Upo\check{z} \geq U$$

$$0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \geq 0,176 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Skladba vyhovuje**

##### b) Kondenzace vodní páry

$$M_{ev,a} \geq M_{c,a}$$

$$1,7699 \text{ kg/m}^2\text{rok} \geq 0,0733 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

**Skladba vyhovuje**

$$M_{c,N} \geq M_c$$

Dle výsledků z programu Teplo 2017 EDU v dané konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

#### **Skladba vyhovuje**

Podle porovnání výsledků lze konstatovat, že uvedená konstrukce splňuje požadavky na tepelně-izolační vlastnosti a není tedy nutné ji dále upravovat.

#### **Požární odolnost**

Požadovaná požární odolnost pro tuhle stavbu spadá do druhého (II.) stupně požární bezpečnosti. Z tabulky z teoretické části vychází, že minimální požární odolnost pro obvodové zdivo s II. stupněm požární bezpečnosti je REW 30 (požární odolnost minimální =  $PO_{min}$ ). Požární odolnost zdiva je REI 180. [Zdroj: 40, 54]

$$PO_{min} \geq PO$$

$$REW 30 \text{ minut} \geq REI 180 \text{ minut}$$

#### **Konstrukce vyhovuje**

## **7.4 Navržená skladba ze železobetonu**

V České republice máme několik firem, které zrealizují monolitické železobetonové stěny.

Železobetonová stěna je známá pro svoji skvělou pevnost, tudíž nemusí být její tloušťka velká. Většinou se navrhuje tloušťky 150-250 mm.

### **7.4.1 Navržená skladba 5 ze železobetonu**

Pro objekt, který byl vybrán, byla zvolena tloušťka obvodového zdiva 200 mm z toho důvodu, že železobetonové konstrukce jsou pevné a tuhé. Jelikož nemá skvělé tepelně-izolační vlastnosti, tak daná konstrukce musí mít tepelně-izolační vrstvu.

#### **Vlastnosti:**

- Beton C25/30
- Ocel B500B
- Tloušťka: 200 mm
- Objemová hmotnost: 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Laboratorní neprůzvučnost stěny: 59 dB
- Součinitel tepelné vodivosti: 1,58 W/mK
- Požární odolnost stěny: REI 180 DP1

[Zdroj: 56, 57, 58]

### Výhody:

- Velká tuhost a pevnost
- Nehořlavost
- Výrazné snížení tloušťky nosné konstrukce
- Tvarová variabilita
- Skvělé akustické vlastnosti

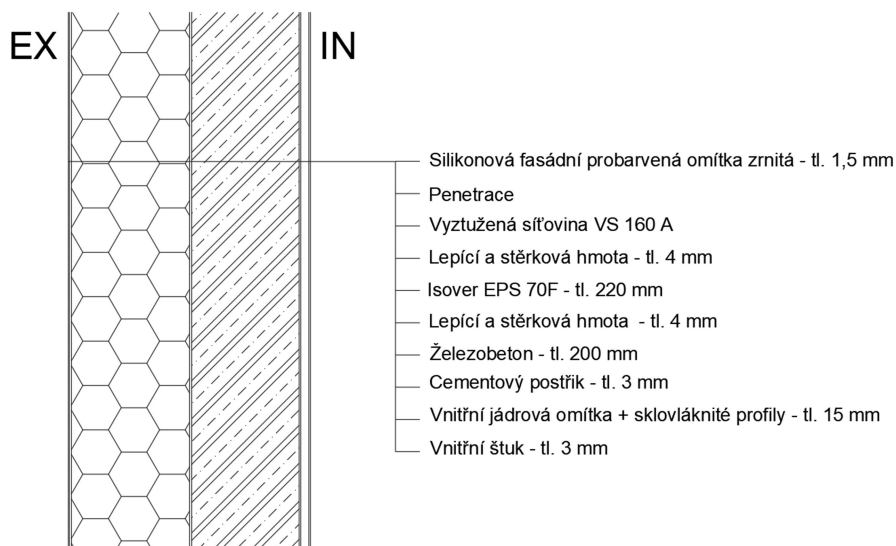
[Zdroj: 72]

### Nevýhody:

- Technologické pauzy při provádění
- Vysoký součinitel tepelné vodivosti → nutnost zateplení
- Klimatická omezení (nutnost chránit betonovou směs před mrazem)
- Smršťování a dotvarování

[Zdroj: 72]

### Skladba stěny



Obrázek 40 – Skladba stěny ze železobetonu (Zdroj: vlastní zpracování v programu Autocad 2021)

### Statické vlastnosti zdiva

Jak již bylo zmíněno výše, stěna ze skladby 5 ze železobetonu má dostatečnou pevnost a tuhost. Pevnost stěny v tlaku zajistí navržený beton a pevnost v tahu je zajištěna díky výztuži. Z těchto důvodů právě nemusí být stěna staticky posouzena. [Zdroj: 1, 72]

### Náklady na skladbu stěny

Náklady na skladbu stěny jsou vytvořeny a vypočítány pomocí programu KROS 4 v cenové hladině ÚRS 2023/II. Při výpočtu nákladů na obvodovou nosnou stěnu jsou zohledněny všechny potřebné stavební činnosti. Stavebními činnostmi se rozumí nosné zdivo s povrchovými úpravami a doplňky, založení zdiva, překlady, věnce, pomocné vnitřní lešení, venkovní rámové lešení, zakrytí otvorů a vnitrostaveništní přesun materiálu. Veškeré výkazy výměr jsou vyhotoveny na základě

výkresů. Některé hodnoty jsou čerpány z přílohy: pomocná tabulka výkazů k rozpočtu, která byla vytvořena s cílem usnadnit výpočty. Příloha byla sestavena pouze pro skladbu, která byla navržena projektantem, ale je možné některé výpočty použít i pro tuto nově navrženou skladbu.

**Celková plocha skladby stěny je brána pouze pro obvodové stěny a je vypočítána z objemu stěny. Celková plocha činí 251,31 m<sup>2</sup>.**

<b>REKAPITULACE ČLENĚNÍ SOUPISU PRACÍ</b>	
Stavba:	Bytový dům Radonice
Objekt:	<b>5 - Navržená skladba 5 - ŽB stěna + TI</b>
Místo:	Datum: 30. 10. 2023
Zadavatel:	Projektant:
Zhotovitel:	Zpracovatel:
Kód dílu - Popis	Cena celkem [CZK]
<b>Náklady ze soupisu prací</b>	<b>1 943 220,71</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	1 921 063,47
3 - Svislé a kompletní konstrukce	930 876,20
4 - Vodorovné konstrukce	63 827,00
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	773 045,60
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	94 262,60
998 - Přesun hmot	59 052,07
PSV - Práce a dodávky PSV	22 157,24
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	22 157,24

**Obrázek 41 - Rekapitulace nákladů na nově navrženou obvodovou stěnu – Skladba 5 - Železobetonová stěna (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)**

**Náklady na skladbu 5, která je nově navržená činí 1 943 221 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů, přepočítány na 1 m<sup>2</sup> s nákladem 7 732 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů.**

### **Environmentální vlastnosti**

V následující tabulce jsou vypsány jednotlivé skladby konstrukce a její vlastnosti včetně výpočtu environmentálních dopadů.

Tabulka 16 - Environmentální vlastnosti navržené skladby 5 ze železobetonu

Název	$\rho_m$	$\rho_v$	plocha A	hmotnost m	PEI	GWP	PEI	GWP
	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[kg]	[MJ/kg]	[kgCO <sub>2</sub> ekv./kg]	[MJ]	[kgCO <sub>2</sub> ekv.]
Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	30	2000	251,31	7539,3	1,45966	0,21317	11 004,81	1 607,15
ŽB stěna C25/30	480	2400	251,31	120628,8	0,574926	0,109891	69 352,63	13 256,02
Výztuž do stěny	24	120	251,31	6031,44	22,5279	1,482	135 875,68	8 938,59
Deska EPS 70F	2,25	15	251,31	565,4475	105,073	4,2121	59 413,27	2 381,72
Silikonová fasádní omítka	2,5	1667	251,31	628,275	40 MJ/m <sup>2</sup>	2,84 kgCO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup>	10 052,40	713,72
<b>Celkem</b>							<b>285 698,79</b>	<b>26 897,21</b>

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí [59, 61, 62, 65, 66])

Z tabulky je patrné, že primární spotřeba energie (PEI) pro danou skladu je **285 698,79 MJ** a potenciál globálního oteplování (GWP) je **26 897,21 kgCO<sub>2</sub>ekv.**.

### Tepelně-izolační vlastnosti

Železobetonová stěna má špatné tepelně-izolační vlastnosti, a proto musí být zateplena. Z toho důvodu byla navržena taková tloušťka izolace, aby vyhovovaly podmínky, které jsou určené na začátku praktické části v kapitole 6.1.1 Původní skladba – Porotherm 30 Profi broušená – část Tepelně-izolačních vlastností. Je navržena izolace EPS 70F o tloušťce 220 mm.

#### Okrajové podmínky výpočtu pro obvodovou stěnu vnější:

- Návrhová venkovní teplota:  $\theta_e = -13,0$  C
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu:  $\theta_i = 21,0$  C
- Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu:  $\rho_e = 84,0$  %
- Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu:  $\rho_i = 55,0$  %
- Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru:  $R_{si} = 0,13$  m<sup>2</sup>K/W
- Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru:  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>KW

[Zdroj: Teplo 2017 EDU]

V tabulce níže jsou popsány jednotlivé vrstvy konstrukce včetně jejich tloušťky, tepelné vodivosti, tepelného odporu a součiniteli prostupu tepla konstrukcí.

Tabulka 17 - Tepelně-izolační vlastnosti navržené stěny z železobetonu

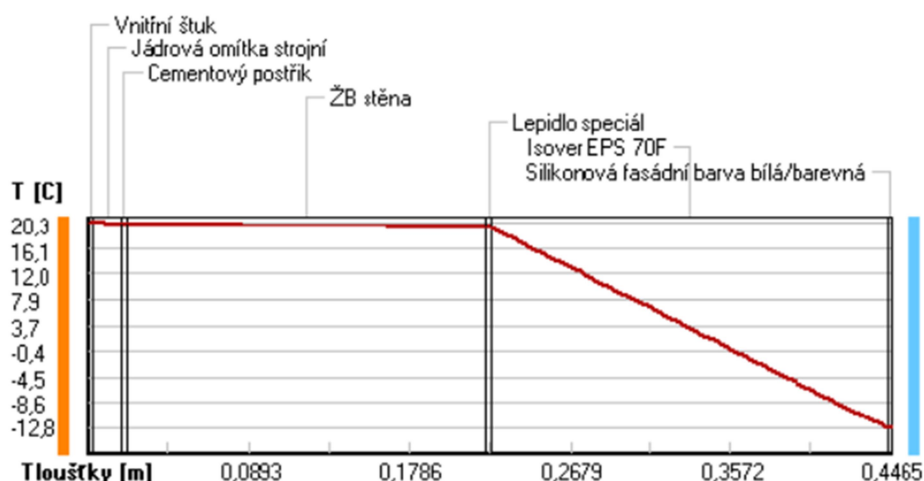
Vrstva	Název	tloušťka d	tepelná vodivost $\lambda$	faktor dif. odporu $\mu$	tepelný odpor $R_i$	tepelný odpor celkem R	součinitel prostupu tepla U
		[mm]	[W/mK]	[-]	[m <sup>2</sup> K/W]	[m <sup>2</sup> K/W]	
1	Vnitřní štuk	3	0,634	12	0,0047	5,814	0,167
2	Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	15	0,552	15	0,0272		
3	Cementový postřík	3	0,962	35	0,0031		
4	ŽB stěna C25/30	200	1,58	29	0,1266		
5	Lepidlo	4	0,57	20	0,0070		
6	Isover EPS 70F	220	0,039	30	5,6410		
7	Silikonová fasádní omítka	1,5	0,36	630	0,0042		

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí programu Teplo 2017 EDU)

Z tabulky č. jsou patrné tyto výsledky:

- Tepelný odpor konstrukce:  $R = 5,814 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,167 \text{ W/m}^2\text{K}$

Teplo v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách



Obrázek 42 – Průběh teploty – navržená skladba 5 ze železobetonu (Zdroj: vlastní zpracování v programu Teplo 2017 EDU)

Dalším faktorem, který je zásadní z hlediska tepelně-izolačních vlastností, je množství vodní páry ve stavební konstrukci. Jakmile by docházelo ke kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, mělo by to za následek negativní ovlivnění jejich technických vlastností (hlavně pevnost a stabilitu konstrukce). Hodnoty výpočtu jsou převzaty z programu Teplo 2017 EDU.

V dané skladbě vychází tyto hodnoty:

- Množství zkondenzované vodní páry za rok:  $M_{c,a} = 0,0123 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok:  $M_{ev,a} = 1,9662 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

**Porovnání hodnot:****a) Součinitel prostupu tepla**

$$Upo\check{z} \geq U$$

$$0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \geq 0,167 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Skladba vyhovuje**

**b) Kondenzace vodní páry**

$$M_{ev,a} \geq M_{c,a}$$

$$1,9662 \text{ kg/m}^2\text{rok} \geq 0,0123 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

**Skladba vyhovuje**

$$M_{c,N} \geq M_c$$

Dle výsledků z programu Teplo 2017 EDU v dané konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

**Skladba vyhovuje**

Podle porovnání výsledků lze konstatovat, že uvedená konstrukce splňuje požadavky na tepelně-izolační vlastnosti a není tedy nutné ji dále upravovat.

**Požární odolnost**

Požadovaná požární odolnost pro tuhle stavbu spadá do druhého (II.) stupně požární bezpečnosti. Z tabulky z teoretické části vychází, že minimální požární odolnost pro obvodové zdivo s II. stupněm požární bezpečnosti je REW 30 (požární odolnost minimální =  $PO_{min}$ ). Požární odolnost zdiva je REI 180 DP1. [Zdroj: 40, 57]

$$PO_{min} \geq PO$$

$$REW 30 \text{ minut} \geq REI 180 \text{ minut}$$

**Konstrukce vyhovuje**



## 8. Celkové náklady na výstavbu bytového domu

Pro veškeré jednotlivé varianty je vytvořen rozpočet, kde jsou vypočítány celkové náklady na výstavbu bytového domu. Rozpočet slouží k zjištění celkových potřebných nákladů na vznik dané stavby. Celkové náklady na stavbu jsou vytvořeny a vypočítány pomocí programu KROS 4 v cenové soustavě ÚRS 2023/II, a pomocí soustavy RYRO (rychlé rozpočtování). V Soustavě RYRO byly oceněny inženýrské položky, jako je například: kanalizační přípojka, vodovodní přípojka, ústřední vytápění a podobně.

Náklady na výstavbu bytového domu jsou rozděleny na čtyři hlavní objekty. Prvním stavebním objektem je bytový dům, kterému jsou podřazeny profese bytového domu, druhým stavebním objektem jsou zpevněné plochy, třetím stavebním objektem je oplocení a čtvrtým stavebním objektem jsou inženýrské sítě.

V celkových nákladech na výstavbu bytového domu jednotlivých variant nejsou zahrnuty vedlejší rozpočtové náklady.

### 8.1 Celkové náklady na navrženou skladbu projektantem z cihel Porothem 30 Profi broušená

Pro navrženou skladbu projektantem je vytvořen celkový rozpočet bytového domu, který je obsažen v příloze č. 3. Na následném obrázku č. 43 jsou zobrazeny náklady na jednotlivé stavební objekty včetně celkových nákladů na výstavbu bytového domu.

REKAPITULACE OBJEKTŮ STAVBY A SOUPISŮ PRACÍ			
Kód:	09/2023		
Stavba:	Bytový dům Radonice - skladba navržena projektantem		
Místo:	Datum:	8. 9. 2023	
Zadavatel:	Projektant:		
Zhotovitel:	Zpracovatel:		
Kód	Popis	Cena bez DPH [CZK]	Cena s DPH [CZK]
<b>Náklady z rozpočtů</b>		<b>9 243 912,14</b>	<b>10 630 498,96</b>
09/2023 - a	SO 01 - Bytový dům	8 639 154,77	9 935 027,99
09/2023 - a	SO 01 - Bytový dům	6 573 234,26	7 559 219,40
09/2023	a1 - Profese (součást BD)	2 065 920,51	2 375 808,59
09/2023	SO 02 - Zpevněné plochy	152 024,15	174 827,77
09/2023 - SO 03	Oplocení	33 915,21	39 002,49
09/2023 - SO 04	Inženýrské sítě	418 818,01	481 640,71

Obrázek 43 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Navržená skladba projektantem z cihel Porothem 30 Profi broušená (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

Celkové náklady na objekt bytového domu s navrženou skladbou projektantem jsou **9 243 912 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů.**

## 8.2 Navržená skladba 1 z cihel Porotherm 38 T profi

Pro nově navrženou skladbu 1 z cihel Porotherm 38 T profi je zpracován celkový rozpočet vybraného objektu, který je obsažen v příloze č. 4. Na následném obrázku jsou shrnuty náklady na jednotlivé stavební objekty včetně celkových nákladů na výstavbu bytového domu.

REKAPITULACE OBJEKTŮ STAVBY A SOUPISŮ PRACÍ			
Kód:	09/2023		
Stavba:	Bytový dům Radonice - navržená skladba 1 z cihel Porotherm s integrovanou izolací		
Místo:	Datum:	8. 9. 2023	
Zadavatel:	Projektant:		
Zhotovitel:	Zpracovatel:		
Kód	Popis	Cena bez DPH [CZK]	Cena s DPH [CZK]
<b>Náklady z rozpočtů</b>		<b>9 447 627,39</b>	<b>10 864 771,50</b>
09/2023 - b	SO 01 - Bytový dům	8 842 870,02	10 169 300,52
09/2023 - b	SO 01 - Bytový dům	6 776 949,51	7 793 491,94
09/2023	a1 - Profese (součást BD)	2 065 920,51	2 375 808,59
09/2023	SO 02 - Zpěvněné plochy	152 024,15	174 827,77
09/2023 - SO 03	Oplocení	33 915,21	39 002,49
09/2023 - SO 04	Inženýrské sítě	418 818,01	481 640,71

Obrázek 44 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Skladba 1 z cihel Porotherm 38 T Profi (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

Celkové náklady na objekt bytového domu se skladbou 1 z cihel Porotherm 38 T Profi jsou **9 447 627 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů.**

## 8.3 Navržená skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená

Celkový položkový rozpočet pro nově navrženou skladbu 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená vybraného objektu je obsažen v příloze č. 5. Na obrázku č. 45 jsou shrnuty náklady na jednotlivé stavební objekty včetně celkových nákladů na výstavbu bytového domu.

REKAPITULACE OBJEKTŮ STAVBY A SOUPISŮ PRACÍ			
Kód:	09/2023		
Stavba:	Bytový dům Radonice - navržená skladba 2 z cihel Heluz		
Místo:	Datum:	8. 9. 2023	
Zadavatel:	Projektant:		
Zhotovitel:	Zpracovatel:		
Kód	Popis	Cena bez DPH [CZK]	Cena s DPH [CZK]
<b>Náklady z rozpočtů</b>		<b>9 284 058,19</b>	<b>10 676 666,92</b>
09/2023 - c	SO 01 - Bytový dům	8 679 300,82	9 981 195,94
09/2023 - c	SO 01 - Bytový dům	6 613 380,31	7 605 387,36
09/2023	a1 - Profese (součást BD)	2 065 920,51	2 375 808,59
09/2023	SO 02 - Zpěvněné plochy	152 024,15	174 827,77
09/2023 - SO 03	Oplocení	33 915,21	39 002,49
09/2023 - SO 04	Inženýrské sítě	418 818,01	481 640,71

Obrázek 45 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

Celkové náklady na objekt bytového domu se skladbou 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená jsou **9 284 058 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**.

## 8.4 Navržená skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená

Pro nově navrženou skladbu 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená je zpracován celkový rozpočet vybraného objektu, který je obsažen v příloze č. 6. Náklady na jednotlivé stavební objekty jsou na obrázku č. 46.

REKAPITULACE OBJEKTŮ STAVBY A SOUPISŮ PRACÍ			
Kód:	09/2023		
<b>Stavba:</b>	<b>Bytový dům Radonice - navržená skladba 3 z cihel Heluz s integrovanou izolací</b>		
Místo:	Datum:	8. 9. 2023	
Zadavatel:	Projektant:		
Zhotovitel:	Zpracovatel:		
Kód	Popis	Cena bez DPH [CZK]	Cena s DPH [CZK]
<b>Náklady z rozpočtů</b>		<b>9 531 368,48</b>	<b>10 961 073,75</b>
09/2023 - d	SO 01 - Bytový dům	8 926 611,11	10 265 602,78
09/2023 - d	SO 01 - Bytový dům	6 860 690,60	7 889 794,19
09/2023	a1 - Profese (součást BD)	2 065 920,51	2 375 808,59
09/2023	SO 02 - Zpevněné plochy	152 024,15	174 827,77
09/2023 - SO 03	Oplocení	33 915,21	39 002,49
09/2023 - SO 04	Inženýrské sítě	418 818,01	481 640,71

Obrázek 46 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

Celkové náklady na objekt bytového domu se skladbou 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená jsou **9 531 368 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**.

## 8.5 Navržená skladba 4 z cihel Ytong Statik 300

Celkový položkový rozpočet pro vybraný objekt s nově navrženou skladbou 4 z cihel Ytong Statik 300 je obsažen v příloze č. 7. Náklady na jednotlivé stavební včetně celkových nákladů na výstavbu bytového domu jsou na obrázku č. 47.

REKAPITULACE OBJEKTŮ STAVBY A SOUPISŮ PRACÍ			
Kód:	09/2023		
Stavba:	Bytový dům Radonice - navržená skladba 4 z cihel Ytong		
Místo:	Datum:	8. 9. 2023	
Zadavatel:	Projektant:		
Zhotovitel:	Zpracovatel:		
Kód	Popis	Cena bez DPH [CZK]	Cena s DPH [CZK]
<b>Náklady z rozpočtů</b>		<b>9 379 302,24</b>	<b>10 786 197,58</b>
09/2023 - e	SO 01 - Bytový dům	8 774 544,87	10 090 726,60
09/2023 - e	SO 01 - Bytový dům	6 708 624,36	7 714 918,01
09/2023	a1 - Profese (součást BD)	2 065 920,51	2 375 808,59
09/2023	SO 02 - Zpevněné plochy	152 024,15	174 827,77
09/2023 - SO 03	Oplocení	33 915,21	39 002,49
09/2023 - SO 04	Inženýrské sítě	418 818,01	481 640,71

Obrázek 47 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Skladba 4 z cihel Ytong Statik 300 (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

Celkové náklady na objekt bytového domu se skladbou 4 z cihel Ytong Statik 300 jsou **9 379 302 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů.**

## 8.6 Navržená skladba 5 ze železobetonu

Pro nově navrženou skladbu 5 ze železobetonu je zpracován celkový rozpočet vybraného objektu, který je obsažen v příloze č. 8. Na obrázku č. 48 jsou shrnuty náklady na jednotlivé stavební objekty včetně celkových nákladů na výstavbu bytového domu.

REKAPITULACE OBJEKTŮ STAVBY A SOUPISŮ PRACÍ			
Kód:	09/2023		
<b>Stavba:</b>	<b>Bytový dům Radonice - navržená skladba 5 ze železobetonu</b>		
Místo:	Datum:	8. 9. 2023	
Zadavatel:	Projektant:		
Zhotovitel:	Zpracovatel:		
Kód	Popis	Cena bez DPH [CZK]	Cena s DPH [CZK]
<b>Náklady z rozpočtů</b>		<b>9 882 830,89</b>	<b>11 365 255,52</b>
09/2023 - f	SO 01 - Bytový dům	9 278 073,52	10 669 784,55
09/2023 - f	SO 01 - Bytový dům	7 212 153,01	8 293 975,96
09/2023	a1 - Profese (součást BD)	2 065 920,51	2 375 808,59
09/2023	SO 02 - Zpevněné plochy	152 024,15	174 827,77
09/2023 - SO 03	Oplocení	33 915,21	39 002,49
09/2023 - SO 04	Inženýrské sítě	418 818,01	481 640,71

Obrázek 48 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Skladba 5 ze železobetonu (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

Celkové náklady na objekt bytového domu se skladbou 5 ze železobetonu jsou **9 882 831 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů.**

## 9. Porovnávání jednotlivých variant obvodových stěn

Vyhodnocení navržených variant včetně varianty od projektanta na základě nákladů na skladby stěn, environmentálních vlastností, tepelně-izolačních vlastností, vzduchové neprůzvučnosti, pracnosti skladby stěny, hmotnosti stěny a celkových nákladů na výstavbu bytového domu.

### 9.1 Náklady na obvodové skladby navržených variant včetně varianty od projektanta

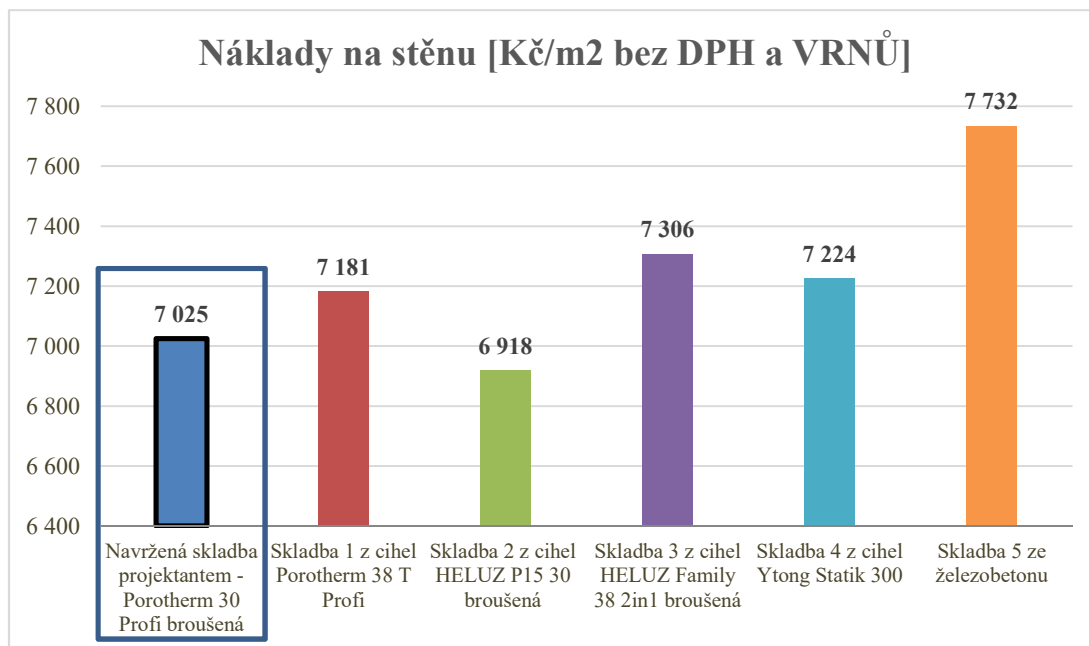
Vyhodnocení dle nákladů skladby stěny je důležité, pomáhá optimalizovat nejen náklady na danou skladbu, ale také dosáhnout nejlepšího poměru mezi nákladem a výkonem. V následné tabulce č. 18 je shrnutí nákladů na obvodové skladby jednotlivých variant.

Tabulka 18 – Shrnutí nákladů na obvodové skladby jednotlivých variant

Skladba	Náklady na stěnu [Kč/m <sup>2</sup> bez DPH a VRN]
<b>Navržená skladba projektantem - Porotherm 30 Profi broušená</b>	<b>7 025</b>
Skladba 1 z cihel Porotherm 38 T Profi	7 181
Skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená	6 918
Skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená	7 306
Skladba 4 z cihel Ytong Statik 300	7 224
Skladba 5 ze železobetonu	7 732

(Zdroj: vlastní zpracování)

Na následujícím obrázku č. 49 je grafické znázornění porovnání nákladů na jednotlivé skladby obvodových stěn.



**Obrázek 49 - Porovnání nákladů na skladby stěn (Zdroj: vlastní zpracování)**

Z obrázku vyplývá, že nejlevnější variantou je **skladba 2 z cihel Heluz P15 30 broušená** s tepelnou izolací o nákladech **6 918 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**. Nejdražší variantou je **skladba 5 ze železobetonové konstrukce** s tepelnou izolací o nákladech **7 732 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**.

## 9.2 Environmentální vlastnosti navržených variant obvodových skladeb včetně varianty od projektanta

Porovnání dle environmentálních vlastností skladby stěny je důležité, aby se vybraly materiály, které mají nejlepší environmentální vlastnosti. Díky tomu se přispěje k ochraně životního prostředí a sníží se emise budovy.

V tabulce č. 19 je shrnutí jednotlivých výsledných hodnot vybraných skladeb.

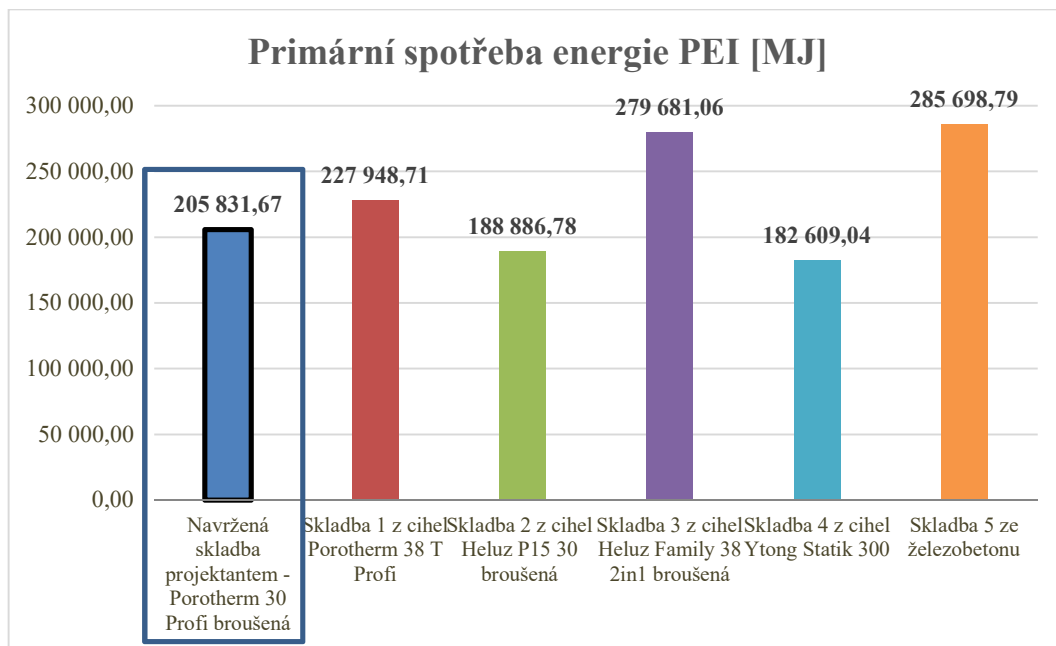
**Tabulka 19 - Shrnutí environmentálních výsledků**

Skladba	PEI [MJ]	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv.]
<b>Navržená skladba projektantem - Porotherm 30 Profi broušená</b>	<b>205 831,67</b>	<b>16 674,97</b>
Skladba 1 z cihel Porotherm 38 T Profi	227 948,71	20 900,36
Skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená	188 886,78	15 103,93
Skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená	279 681,06	22 226,37
Skladba 4 z cihel Ytong Statik 300	182 609,04	18 337,16
Skladba 5 ze železobetonu	285 698,79	26 897,21

(Zdroj: vlastní zpracování)



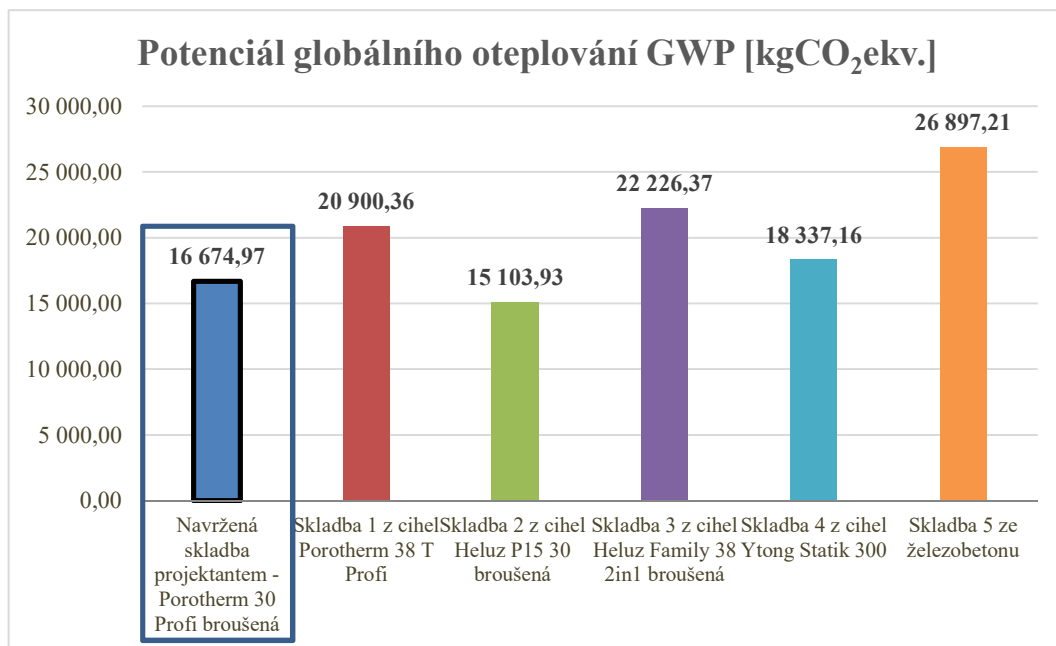
Obrázek č. 50 představuje grafické porovnání jednotlivých variant z hlediska primární spotřeby energie.



**Obrázek 50 - Porovnání primární spotřeby energie PEI jednotlivých variant (Zdroj: vlastní zpracování)**

Z grafického porovnání je patrné, že nejmenší primární spotřebu paliv má stěna z varianty o skladbě 4 z cihel Ytong Statik 300 s tepelnou izolací o hodnotě  $PEI = 182\,609,04\ MJ$  a nejhorší spotřebu má stěna z varianty o skladbě 5 ze železobetonové konstrukce s tepelnou izolací o hodnotě  $PEI = 285\,698,79\ MJ$ .

Dále je zobrazeno v obrázku č. 51 grafické znázornění z pohledu potenciálu globálního oteplování (skleníkové plyny).



Obrázek 51 - Porovnání potenciálu globálního oteplování jednotlivých variant (Zdroj: vlastní zpracování)

Z obrázku č. 51 vychází jako nejlepší varianta, která má nejnižší potenciál globálního oteplování, **skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená** s tepelnou izolací o hodnotě  $GWP = 15\,103,93\text{ kgCO}_2\text{ekv.}$ . Nejhorší variantou s největším potenciálem globálního oteplování je **skladba 5 ze železobetonové konstrukce** s tepelnou izolací o hodnotě  $GWP = 26\,897,21\text{ kgCO}_2\text{ekv.}$ .

### 9.3 Tepelně-izolační vlastnosti navržených variant obvodových skladeb včetně varianty od projektanta

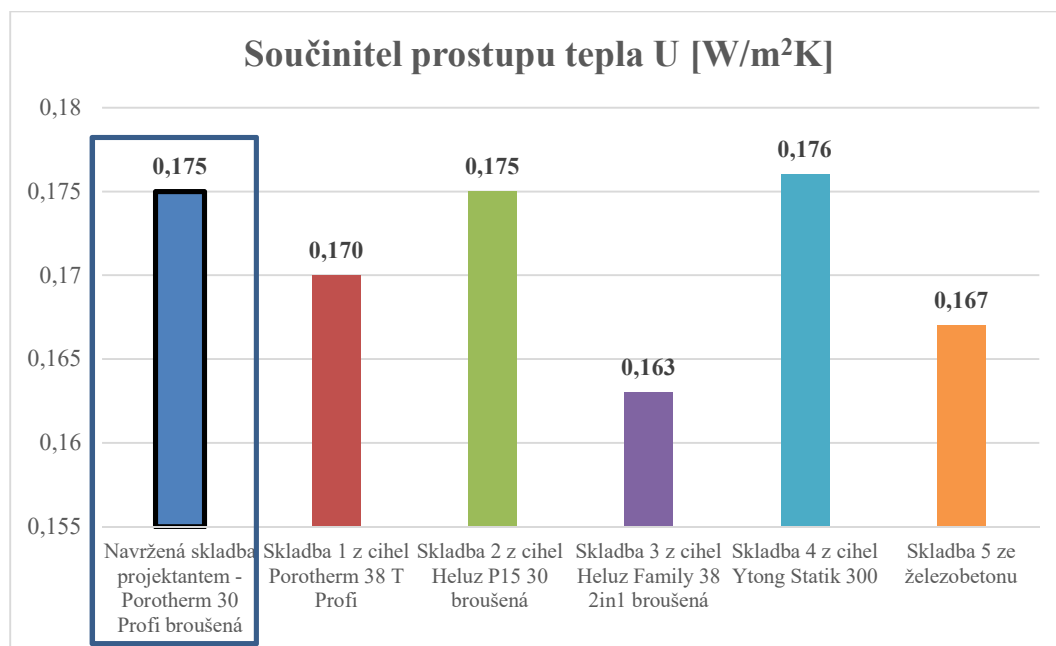
Tepelně-izolační porovnání vychází z výsledků výpočtu daných skladeb, které byly navrženy tak, aby splňovaly požadovaný součinitel prostupu tepla  $U_{pož} = 0,18\text{ W/m}^2\text{K}$  pro pasivní domy. Pro srovnání jednotlivých skladeb jsou právě použity hodnoty součinitele prostupu tepla. V následující tabulce č. 20 je shrnutí hodnot jednotlivých variant.

Tabulka 20 - Shrnutí tepelně-izolačních vlastností

Skladba	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
<b>Navržená skladba projektantem - Porotherm 30 Profi broušená</b>	<b>0,175</b>
Skladba 1 z cihel Porotherm 38 T Profi	0,170
Skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená	0,175
Skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená	0,163
Skladba 4 z cihel Ytong Statik 300	0,176
Skladba 5 ze železobetonu	0,167

(Zdroj: vlastní zpracování)

Na obrázku č. 52 je zobrazen součinitel prostupu tepla  $U$  veškerých variantách ve formě grafického znázornění.



Obrázek 52 - Porovnání tepelně-izolačních vlastností (Zdroj: vlastní zpracování)

Z grafického zobrazení je patrné, že nejlepší tepelně-izolační vlastnosti má varianta se skladbou 3 z cihel HELUZ Family 38 2in broušená s integrovanou výplní z EPS o hodnotě  $U = 0,163 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Nejhorší tepelně-izolační vlastnosti vychází variantě se skladbou 4 z cihel Ytong Statik 300 s tepelnou izolací o hodnotě  $U = 0,176 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

## 9.4 Laboratorní vzduchová neprůzvučnost navržených cihel včetně varianty od projektanta

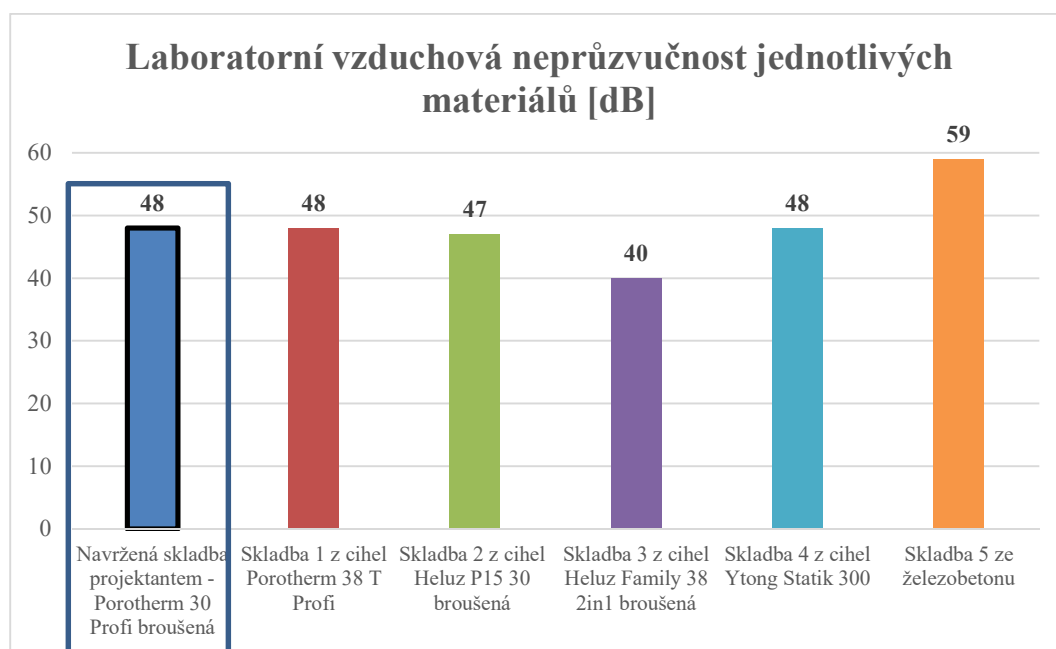
Celkové porovnání podle laboratorní vzduchové neprůzvučnosti je důležité, aby se mohly vybrat takové materiály či konstrukce, které splňují potřeby dotčených osob a zajišťují zároveň dostatečnou izolaci proti hluku. V následné tabulce č. 21 je shrnutí jednotlivých materiálů s jejich laboratorní vzduchovou neprůzvučností.

Tabulka 21 - Shrnutí laboratorní vzduchové neprůzvučnosti jednotlivých materiálů

Materiál	Vzduchová neprůzvučnost [dB]
<b>Navržená skladba projektantem - Porotherm 30 Profi broušená</b>	<b>48</b>
Skladba 1 z cihel Porotherm 38 T Profi	48
Skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená	47
Skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená	40
Skladba 4 z cihel Ytong Statik 300	48
Skladba 5 ze železobetonu	59

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí[])

Grafické znázornění je na obrázku č. 53, které se zabývá porovnáním laboratorních vzduchových neprůzvučností jednotlivých variant.



Obrázek 53 - Porovnání vzduchové neprůzvučnosti jednotlivých variant (Zdroj: vlastní zpracování)

Dle srovnání, které je obsaženo v obrázku č. 53, je patrné, že nejlepší laboratorní vzduchovou neprůzvučnost má varianta **se skladbou 5 ze železobetonové konstrukce** o hodnotě **58 dB**. Nejhorší laboratorní neprůzvučnost má varianta **se skladbou 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená** o hodnotě **40 dB**.

## 9.5 Pracnost navržených variant skladeb stěny včetně varianty od projektanta

Při porovnávání skladby stěny dle pracnosti je důležité zvážit různé faktory, které ovlivňují náročnost práce při konstrukci a instalaci. Některé materiály a techniky mohou vyžadovat více fyzické námahy, odborných dovedností nebo delší dobu pro dokončení.

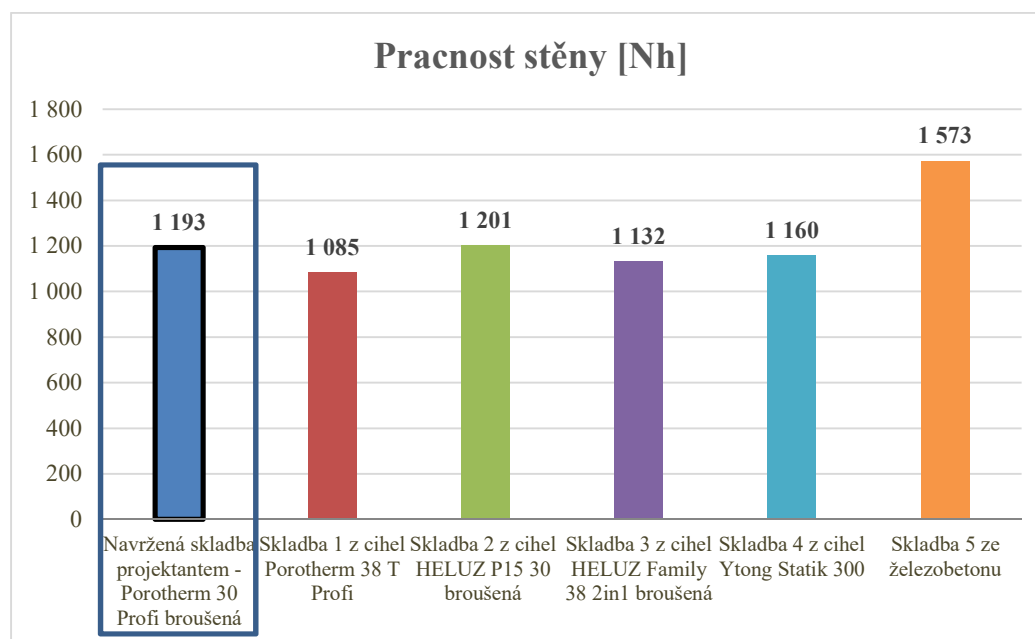
V následné tabulce č. 22 je shrnutí pracností jednotlivých skladeb obvodových konstrukcí. Po konzultaci s odborníky pro železobetonovou stěnu jsou přidány dva týdny (jeden týden pro první patro, druhý týden pro druhé patro) technologické pauzy kvůli zatuhnutí betonu. Pracnosti jednotlivých skladeb jsou brány z příloh č. 3, 4, 5, 6, 7 a 8.

Tabulka 22 - Shrnutí pracností stěn jednotlivých variant

Skladba	Pracnost stěny [Nh]
<b>Navržená skladba projektantem - Porotherm 30 Profi broušená</b>	<b>1 193</b>
Skladba 1 z cihel Porotherm 38 T Profi	1 085
Skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená	1 201
Skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená	1 132
Skladba 4 z cihel Ytong Statik 300	1 160
Skladba 5 ze železobetonu	1 573

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí programu KROS 4)

Na obrázku č. 54 je obsaženo grafické porovnání pracností na výstavbu stěny jednotlivých variant.



Obrázek 54 - Porovnání pracností stěn jednotlivých variant (Zdroj: vlastní zpracování)

Z obrázku č. 54 vyplývá, že nejmenší pracnost má varianta ze **skladby 1 z cihel Porotherm 38 T Profi** s integrovanou izolací o hodnotě **1 085 Nh**. Největší pracnost má varianta ze **skladby 5 ze železobetonové konstrukce** s tepelnou izolací o hodnotě **1 461 Nh**.

## 9.6 Hmotnosti navržených variant obvodových skladeb včetně varianty od projektanta

Dalším důležitým faktorem je hmotnost. Hmotnost skladby stěny může mít vliv na nároky na nosnou konstrukci (jako jsou základy a další prvky), které nám zajišťují stabilitu celého objektu, nebo na úpravu projektu či manipulaci a dopravu materiálu. Jakmile daná skladba bude vykazovat větší hmotnost (přetížení konstrukce), je pravděpodobné, že by se musely některé prvky upravit dle statického výpočtu (na mysli v tomhle případě je především zakládání stavby).

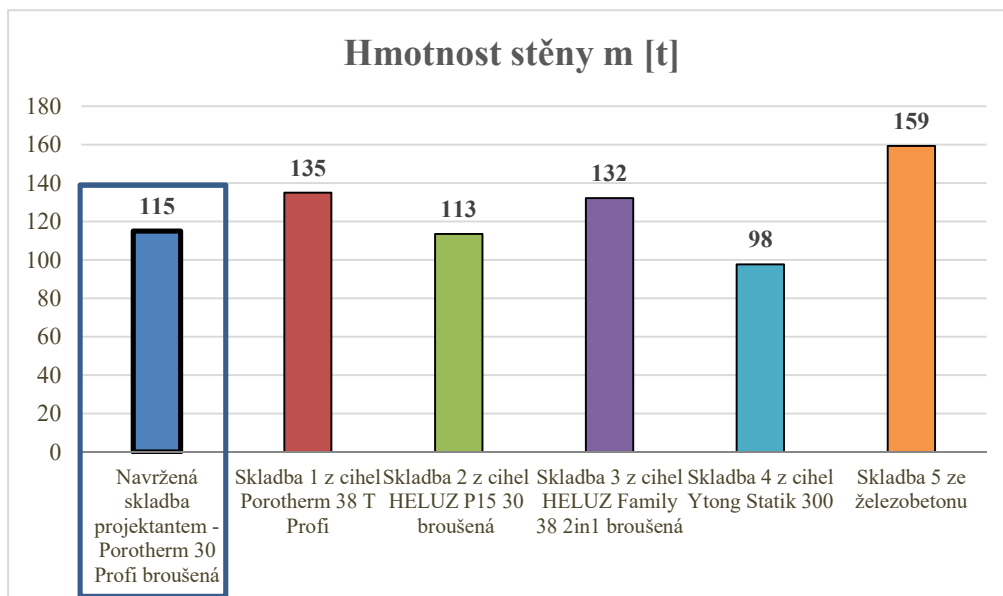
V následné tabulce č. 23 je shrnutí hmotností jednotlivých skladeb obvodových konstrukcí, kterou jsou brány z příloh č. 3, 4, 5, 6, 7 a 8.

**Tabulka 23 – Shrnutí hmotností jednotlivých variant stěn**

Skladba	Hmotnost stěny m [t]
<b>Navržená skladba projektantem - Porotherm 30 Profi broušená</b>	<b>115</b>
Skladba 1 z cihel Porotherm 38 T Profi	135
Skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená	113
Skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená	132
Skladba 4 z cihel Ytong Statik 300	98
Skladba 5 ze železobetonu	159

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí programu KROS 4)

Na následujícím obrázku č. 55 je zobrazeno grafické porovnání hmotností jednotlivých variant.



Obrázek 55 - Porovnání hmotností jednotlivých variant stěn (Zdroj: vlastní zpracování)

Z obrázku č. 55 je zřejmé, že nejmenší hmotnost stěny má varianta ze **skladby 4 z cihel Ytong Statik 300** s tepelnou izolací o hodnotě **98 tun**. Největší hmotnost stěny má varianta ze **skladby 5 ze železobetonové konstrukce** s tepelnou izolací o hodnotě **159 tun**.

## 9.7 Celkové náklady na výstavbu bytového domu navržených variant obvodových skladeb včetně varianty od projektanta

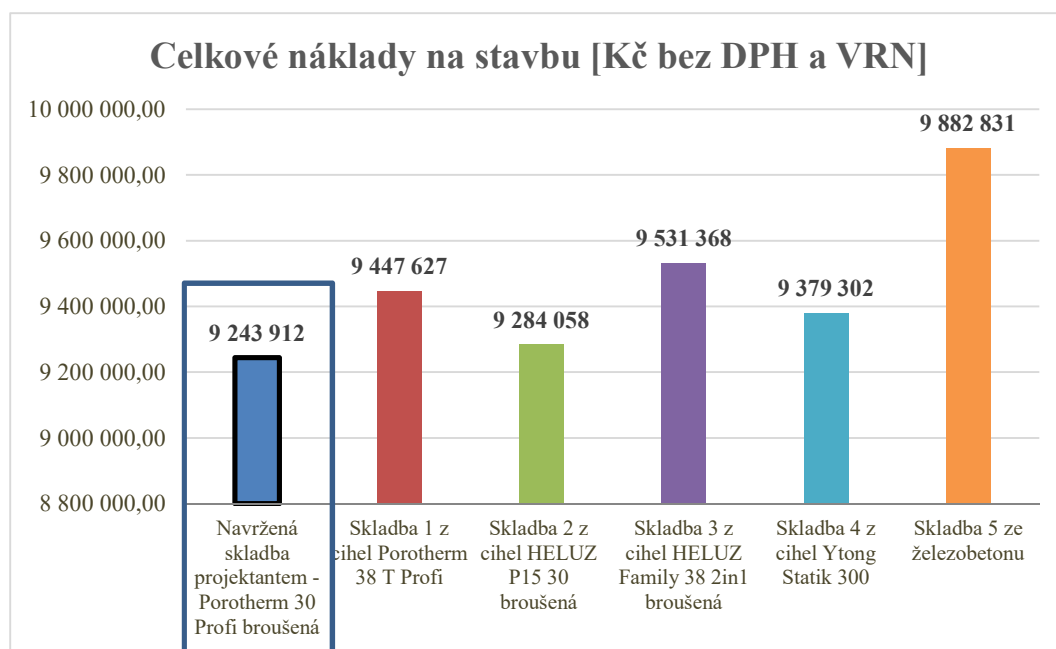
Porovnání dle celkových nákladů na bytový dům udává, kolik investor bude potřebovat finančních prostředků na jeho výstavbu. Tabulka č. 24 obsahuje shrnutí celkových nákladů na jednotlivé varianty.

Tabulka 24 – Shrnutí celkových nákladů na bytový dům

Skladba	Celkové náklady na stavbu [Kč bez DPH a VRN]
<b>Navržená skladba projektantem - Porotherm 30 Profi broušená</b>	<b>9 243 912</b>
Skladba 1 z cihel Porotherm 38 T Profi	9 447 627
Skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená	9 284 058
Skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená	9 531 368
Skladba 4 z cihel Ytong Statik 300	9 379 302
Skladba 5 ze železobetonu	9 882 831

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí programu KROS 4)

Na obrázku č. 56 je grafické znázornění porovnání celkových nákladů na výstavbu bytového domu v různých variantách.



**Obrázek 56 - Porovnání celkových nákladů na výstavbu bytového domu jednotlivých variant (Zdroj: vlastní zpracování)**

Z obrázku č. 56 je možné zjistit, že nejlevnější variantou je **skladba navržená projektantem z cihel Porotherm 30 Profi broušená** s tepelnou izolací o celkových nákladech **9 243 912 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**. Nejdražší variantou je **navržená skladba 5 ze železobetonové konstrukce** s tepelnou izolací o celkových nákladech **9 882 831 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**.

## 9.8 Vyhodnocení variant

Pro vyhodnocení variant je navržen tento postup:

- 1) Zpracovaná tabulka s danými variantami včetně navržených faktorů pro jejich porovnání
- 2) Umístění jednotlivých variant (1 – nejlepší varianta, 5 – nejhorší varianta) podle navrženého porovnání
- 3) Spočten aritmetický průměr z jejich umístění včetně následného výběru nejlepší varianty

V následující tabulce č. 25 je zobrazeno vyhodnocení variant a jejich umístění dle hodnocení různých aspektů.



Tabulka 25 – Vyhodnocení variant obvodových svislých konstrukcí

Skladba	Pořadí								Konečné pořadí
	Náklady na stěnu	Environmentální aspekty		Tepelně-izolační vlastnosti U	Vzduchová neprůzvučnost	Pracnost	Hmotnost	Celkové náklady	
		PEI	GWP						
Navržená skladba projektantem - Porotherm 30 Profi broušená	2	3	2	4	2	4	3	1	2,625
Skladba 1 z cihel Porotherm 38 T Profi	3	4	4	3	2	1	5	4	3,250
<b>Skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2,375</b>
Skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená	5	5	5	1	6	2	4	5	4,125
Skladba 4 z cihel Ytong Statik 300	4	1	3	6	2	3	1	3	2,875
<b>Skladba 5 ze železobetonu</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4,875</b>

(Zdroj: vlastní zpracování)

Z tabulky vychází, že **nejlepší variantou je navržená skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená s tepelnou izolací. Nejhorší variantou vychází navržená skladba 5 ze železobetonové konstrukce s tepelnou izolací.**

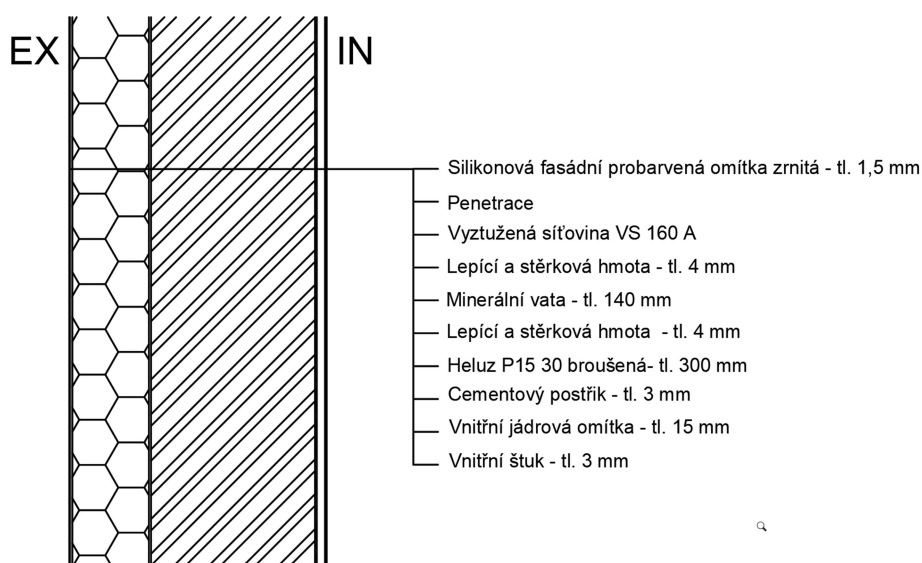
## 10. Úprava nejlepší varianty

Pro nejlepší variantu, která je z navržené skladby 2 z cihel HELUZ P15 30 s tepelnou izolací EPS, je provedena záměna zateplovacího systému z polystyrenu (EPS) za variantu, která má nižší hodnoty v environmentálních vlastnostech. EPS je nahrazeno minerální vatou. Celý postup pro dané zdivo je stejný jako v předchozích variantách, a navíc je spočtena ekonomická efektivnost (prostá doba návratnosti, diskontovaná doba návratnosti, čistá současná hodnota a vnitřní výnosové procento).

### 10.1 Navržená skladba 6 z cihel HELUZ P15 30 broušená s minerální izolací

Je zde popsána varianta skladby 6 s minerální izolací včetně její skladby, dále jsou vypočítány náklady na skladbu stěny, celkové náklady na výstavbu bytového domu, environmentální a tepelně-izolační vlastnosti.

#### Skladba stěny



Obrázek 57 – Skladba stěny HELUZ P15 30 broušená s izolací s minerální vatou (Zdroj: vlastní zpracování v programu Autocad 2021)

#### Náklady na skladbu stěny

Náklady na skladbu stěny jsou vytvořeny a vypočítány pomocí programu KROS 4 v cenové soustavě ÚRS 2023/II.

## REKAPITULACE ČLENĚNÍ SOUPISU PRACÍ

Stavba:

Bytový dům Radonice

Objekt:

**6 - Navržená skladba 6 - Heluz + minerální vata**

Místo:

Datum: 23. 11. 2023

Zadavatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

Kód dílu - Popis	Cena celkem [CZK]
<b>Náklady ze soupisu prací</b>	<b>1 723 192,02</b>
HSV - Práce a dodávky HSV	1 701 034,78
3 - Svislé a kompletní konstrukce	482 376,17
4 - Vodorovné konstrukce	180 812,56
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	898 915,19
9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání	94 279,15
998 - Přesun hmot	44 651,71
PSV - Práce a dodávky PSV	22 157,24
784 - Dokončovací práce - malby a tapety	22 157,24

Obrázek 58 - Rekapitulace nákladů na obvodovou stěnu – navržená skladba 6 z cihel HELUZ P15 30 broušená s izolací z minerální vaty (Zdroj: vlastní zpracování v programu KROS 4)

Celkové náklady na skladbu 6, která je nově navržená činí **1 723 192 Kč**, přepočítány na 1 m<sup>2</sup> s nákladem **7 852 Kč/m<sup>2</sup> bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**.

### Environmentální vlastnosti

Jsou vypočítány stejné hodnoty veličiny jako v předešlých variantách. Těmi veličinami jsou PEI (primární spotřeba energie) a GWP (potenciál globálního oteplování)

V následující tabulce jsou vypsány jednotlivé vrstvy konstrukce a její vlastnosti včetně výpočtu environmentálních dopadů.

Tabulka 26 – Environmentální vlastnosti skladby Heluz P15 30 broušená s tepelnou izolací z minerální vaty

Název	$\rho_m$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$\rho_v$ [kg/m <sup>3</sup> ]	plocha A [m <sup>2</sup> ]	hmotnost m [kg]	PEI [MJ/kg]	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv./kg]	PEI [MJ]	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv.]
Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	30	2 000	219,462	6 583,86	1,45966	0,21317	9 610,20	1 403,48
Heluz P15 30 broušená	210	700	219,462	46 087,02	2,5737	0,23862	118 614,16	10 997,28
Minerální vata	5,60	40	219,462	1 228,99	20,1923	1,1331	24 816,08	1 392,57
Silikonová fasádní omítka	2,5	1 667	219,462	548,66	40 MJ/m <sup>2</sup>	2,84 kgCO <sub>2</sub> ekv./m <sup>2</sup>	8 778,48	623,27
<b>Celkem</b>							<b>161 818,92</b>	<b>14 416,60</b>

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí [59, 60, 62, 63])

Z tabulky je zřejmé, že primární spotřeba energie (PEI) pro danou skladu je **161 818,92 MJ** a potenciál globálního oteplování (GWP) je **14 416,60 kgCO<sub>2</sub>ekv.**

### Tepelně-izolační vlastnosti

Pro danou skladbu je navržena minerální izolace o tloušťce 140 mm.

#### Okrajové podmínky výpočtu pro obvodovou stěnu vnější:

- Jsou stejné jako pro výpočet s variantou z tepelné izolace s EPS. Viz kapitola 7.2.1
- Navržená skladba 2 z cihel Heluz P15 30 broušená – Tepelně-izolační vlastnosti

V následující tabulce jsou popsány jednotlivé vrstvy konstrukce včetně jejich tloušťky, tepelné vodivosti, tepelného odporu a součiniteli prostupu tepla konstrukcí.

Tabulka 27 - Tepelně-izolační vlastnosti Heluz P15 30 stěny s minerální izolací

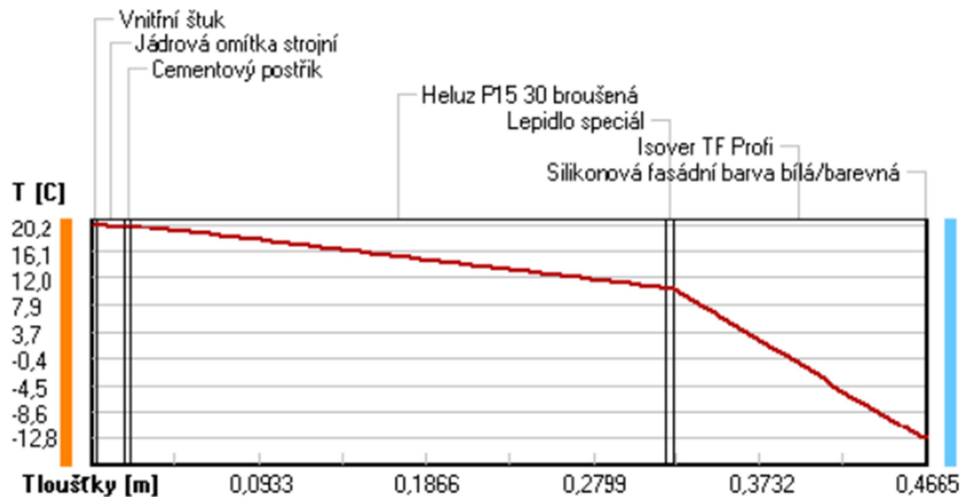
Vrstva	Název	tloušťka d	tepelná vodivost $\lambda$	faktor dif. odporu $\mu$	tepelný odpor R	tepelný odpor celkem R	součinitel prostupu tepla U
		[mm]	[W/mK]	[-]	[m <sup>2</sup> K/W]	[m <sup>2</sup> K/W]	[W/m <sup>2</sup> K]
1	Vnitřní štuk	3	0,634	12	0,0047	5,713	0,170
2	Vnitřní jádrová VC omítka - strojní	15	0,552	15	0,0272		
3	Cementový postřík	3	0,962	35	0,0031		
4	Heluz P15 30 broušená	300	0,18	10	1,6667		
5	Lepidlo	4	0,57	20	0,0070		
6	Minerální vata	140	0,035	1	4,0000		
7	Silikonová fasádní omítka	1,5	0,36	630	0,0042		

(Zdroj: vlastní zpracování s pomocí programu Teplo 2017 EDU)

**Z tabulky č. jsou patrné tyto výsledky:**

- Tepelný odpor konstrukce:  $R = 5,713 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Součinitel prostupu tepla konstrukce:  $U = 0,170 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Teploty v typickém místě konstrukce v ustálených návrhových podmínkách**



Obrázek 59 – Průběh teploty – skladba Heluz P15 30 broušená s minerální izolací (Zdroj: vlastní zpracování v programu Teplo 2017 EDU)

Dalším faktorem, který je zásadní z hlediska tepelně-izolačních vlastností, je množství vodní páry ve stavební konstrukci. Hodnoty výpočtu jsou převzaty z programu Teplo 2017 EDU.

**V dané skladbě vychází tyto hodnoty:**

- Množství z kondenzované vodní páry za rok:  $M_{c,a} = 0,2493 \text{ kg/m}^2\text{rok}$
- Množství vypařitelné vodní páry za rok:  $M_{ev,a} = 2,0041 \text{ kg/m}^2\text{rok}$

**Porovnání hodnot:**

a) **Součinitel prostupu tepla**

$$U_{pož} \geq U$$

$$0,18 \text{ W/m}^2\text{K} \geq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Skladba vyhovuje**

## b) Kondenzace vodní páry

$$M_{ev,a} \geq M_{c,a}$$

$$2,0041 \text{ kg/m}^2\text{rok} \geq 0,2493 \text{ kg/m}^2\text{rok}$$

**Skladba vyhovuje**

$$M_{c,N} \geq M_c$$

$$0,0541 \text{ kg/m}^2\text{a} \geq 0,0541 \text{ kg/m}^2\text{a}$$

*Celá vodní pára se vypaří do exteriéru.*

**Skladba vyhovuje**

Podle porovnání výsledků lze konstatovat, že uvedená konstrukce splňuje požadavky na tepelně-izolační vlastnosti a není tedy nutné ji dále upravovat.

## 10.2 Porovnání varianty HELUZ s minerální vatou a HELUZ s izolací z EPS

V této podkapitole je srovnání varianty navržené skladby 6 z cihel HELUZ P15 30 broušená s tepelnou izolací z minerální vaty a navržené skladby 2 ze stejných cihel, jen s tepelnou izolací z EPS.

V následující tabulce jsou vypsány jednotlivé hodnoty obou variant.

Tabulka 28 – Porovnání Heluz P15 30 broušená (EPS a minerální vata)

Skladba	PEI [MJ]	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv.]	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]	Pracnost stěny [Nh]	Hmotnost stěny m [t]	Celkové náklady na stavbu [Kč bez DPH a VRN]
HELUZ P15 30 broušená s tepelnou izolací z EPS	188 886,78	15 103,93	0,175	1 201	113	9 284 058
HELUZ P15 30 broušená s tepelnou izolací z minerální vaty	161 818,92	14 416,60	0,170	1 212	120	9 510 400

(Zdroj: vlastní zpracování)

Obvodová stěna s minerální vatou má sice větší náklady na výstavbu objektu, větší pracnost a hmotnost stěny, ale zároveň vychází skvěle tepelně-izolační vlastnosti. Další důležitým faktorem je, že skladba s minerální vatou má o dost nižší primární spotřebu energie (o **27 067,86 MJ**) a nižší potenciál globálního oteplování (o **687,33 kgCO<sub>2</sub>ekv.**).

Celkové náklady na výstavbu bytového domu s použitím *cihel a minerální vaty* činí **9 510 400 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**. Z druhého hlediska, v případě využití *cihel a izolace z EPS* jsou celkové náklady **9 284 058 Kč bez DPH a vedlejších rozpočtových nákladů**. Izolace z minerální vaty je přibližně o 2,44 % dražší ve srovnání s použitím izolace z EPS. Obě tyto varianty poskytují úvahy ohledně nákladové efektivity a je třeba také zohlednit vlastností

vybraných izolací. V obrázku č. 60 je procentuální znázornění celkových nákladů na výstavbu bytového objektu pomocí koláčového grafu.



Obrázek 60 - Zobrazení procentuálních nákladů na výstavbu objektu (Zdroj: vlastní zpracování)

### Technické výhody a nevýhody pěnového polystyrenu EPS

Hlavními výhodami této izolace je nízká pořizovací cena spolu s jednoduchou manipulací polystyrenových desek. S rychlou manipulací souvisí právě i rychlá instalace. Tyto faktory zřetelně snižují konečnou cenu za celkové realizační práce. Vysoká životnost je závislá na správné instalaci, proto je lepší si najímat odborné firmy. I když jsou desky z EPS hořlavé, mají funkci samozhášení.

Velkou nevýhodou provádění klasického zateplení EPS, může dojít ke vzniku tepelných mostů, které se vyskytují v místě spojů. Tepelné mosty jsou nežádoucí, jelikož zbytečně uniká teplo z budovy, navíc zdivo není dostatečně odvětráváno, jelikož vlhko je propouštěno se značným omezením. Zdivo, na které je používán polystyren EPS, nesmí mít větší vlhkost než 6%.

[Zdroj: 67]

### Technické výhody a nevýhody minerální vaty

Izolace z minerální vaty vyniká svojí nehořlavostí a akustickým útlumem. Je velmi oblíbená pro svoje vlastnosti, kterými jsou tepelně-izolační vlastnosti, odolnost vůči vysokým teplotám, paropropustnost, ale také i odolnost vůči UV záření.

Její hlavní nevýhodou je vyšší pořizovací cena než izolace z EPS, ale i montážní práce jsou o něco náročnější. Tyto převládající nevýhody jsou klíčovým faktorem, protože investoři i jiný subjekty se snaží vždy o co největší úsporu investic. Má zvýšenou nasákavost, z toho důvodu není vhodná na soklové části domu, nebo na místa, kde je možný výskyt odkapávající nebo odstříkované vody. Při montážních pracích se uvolňují částičky, které následně při vdechnutí dráždí dýchací cesty.

[Zdroj: 67]

## 10.3 Porovnání variant z ekonomické efektivity

V této části porovnání bude sloužit návratnost investic dvou variant. Investora nejen zajímá, kolik finančních prostředků bude muset vynaložit, ale i kdy se mu jeho investice vrátí.

Ekonomická efektivity investic má dvě hlavní metody, podle kterých se dá vypočítat. Člení se na metody statické a dynamické. Statické metody nezahrnují faktor času na rozdíl od dynamických, které zahrnují faktor času díky časové hodnoty peněz. Mezi statické metody patří rentabilita a prostá doba návratnosti, dynamické metody obsahují diskontovanou dobu návratnosti, čistou současnou hodnotu, index ziskovosti a vnitřní výnosové procento. [Zdroj: 70]

### Prostá doba návratnosti

Prostá doba návratnosti je doba, která nám určuje, za jak dlouho se vrátí investice. Určuje návratnost bez ohledu na vliv úrokové míry a nezahrnuje faktor času. Je označována zkratkou PP. Je dána vztahem: [Zdroj: 68, 70]

#### Rovnice 9 - Prostá doba návratnosti

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

[Zdroj: 68, 71]

*T<sub>s</sub>* doba návratnosti [měsíce; roky]

*IN* investiční výdaj [Kč]

*CF* měsíční; roční úspora nákladů [Kč]

[Zdroj: 68, 71]

### Diskontovaná doba návratnosti

Jedná se o dynamickou metodu, která se využívá při vyhodnocení efektivity investic. Diskontovaná doba návratnosti bývá často označována zkratkou DPP. DPP je podobné kritérium jako prostá doba návratnosti s rozdílem, že je založena na diskontovaném peněžním toku. Diskontovaná doba návratnosti je určena vztahem: [Zdroj: 70, 71]

#### Rovnice 10 - Diskontovaná doba návratnosti

$$T_{ds} = \frac{IN}{DCF}; DCF = \frac{CF}{(1+r)^t}$$

[Zdroj: 71]



$Tds$	diskontovaná doba návratnosti [měsíce; roky]	
$IN$	investiční výdaj [Kč]	
$DCF$	diskontované cashflow (měsíční; roční úspora nákladů) [Kč]	
$r$	diskont [%]	
$t$	rok, ke které se diskontované cashflow počítá [rok]	
$CF$	měsíční; roční úspora nákladů [Kč]	[Zdroj: 71]

### Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota se zkratkou NPV je dynamickou metodou a je v dnešní době vhodným kritériem. V NPV je zahrnuta celá doba životnosti vybraného projekt. Čistá současná hodnota může být vypočítána podle vzorce: [Zdroj: 70, 71]

#### Rovnice 11 - Čistá současná hodnota

$$NPV = \sum_0^t DCF = \sum_0^t \frac{CF}{(1+r)^t}$$

[Zdroj: 71]

$DCF$	diskontované cashflow (měsíční; roční úspora nákladů) [Kč]
$r$	diskont [%]
$t$	rok, ke které se diskontované cashflow počítá (doba životnosti) [rok]

[Zdroj: 71]

### Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento je dynamickou metodou, které je označováno zkratkou IRR. Jedná se o trvalý roční výnos investice. Vnitřní výnosové procento je dáno vztahem: [Zdroj: 70, 71]

#### Rovnice 12 - Vnitřní výnosové procento

$$NPV = \sum_0^t DCF = \sum_0^t \frac{CF}{(1+r)^t} = 0; IRR = r$$

[Zdroj: 71]

### Postup výpočtu

**Pro tento výpočet jsou brány tyto předpoklady:**

- Z ekonomické efektivnosti jsou spočítány prostá doba návratnosti (PP), diskontovaná doba návratnosti (DPP), čistá současná hodnota (NPV) a vnitřní výnosové procento (IRR),

- Výše investice bude brána pro celkové náklady na výstavbu objektu bez DPH, VRN jsou vypočteny 5,0 % z celkových nákladů,
- Investor má vlastní pozemek,
- Investor má celý kapitál na výstavbu objektu,
- Investor bude jednotlivé byty pronajímat,
- Výpočet je uvažován po dobu 30 let,
- Požadovaný výnos 5 %,
- Výdaje jsou spočteny 5% z celkové ceny,
- Jednou za 10 let jsou přičteny k výdajům náklady na opravu a údržbu ve výši 150 000 Kč,
- Daň z příjmu je brána ve výši 15%.

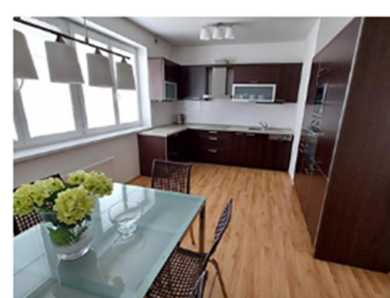
Pro výpočet byly nalezeny nájem bytů ve stejné oblasti, cena pronájmu vydělena plochou v m<sup>2</sup> a následně byl spočten aritmetický průměr cen nájmu.



**Pronájem bytu 1+kk 20 m<sup>2</sup>**  
Rosická, Praha 9 - Vinoř  
12 500 Kč za měsíc



**Pronájem bytu 2+kk 45 m<sup>2</sup>**  
Uherská, Praha 9 - Vinoř  
15 000 Kč za měsíc



**Pronájem bytu 3+1 95 m<sup>2</sup>**  
Staré Halyře, Přebuz  
19 990 Kč za měsíc

**Obrázek 61 - Nájem bytů v oblasti (Zdroj:69)**

Průměrná cena nájmu za m<sup>2</sup> je vypočítána vztahem:

**Rovnice 13 - výpočet průměrného nájmu**

$$\left( \frac{\sum C_i}{A_i} \right) \div k = \left( \frac{12\,500}{20} + \frac{15\,000}{45} + \frac{19\,990}{95} \right) \div 3 = \mathbf{389,585 \text{ Kč/m}^2} \text{ [Zdroj: vlastní zpracování]}$$

$C_i$  cena nájmu i-tého bytu [Kč]

$A_i$  plocha i-tého bytu [Kč]

$k$  počet bytů

[Zdroj: vlastní zpracování]

Celková užitná plocha všech bytových jednotek je 220 m<sup>2</sup> a výše příjmu za měsíc je 85 709 Kč, **roční výše příjmů je 1 028 504 Kč**. V následné tabulce č. 29 je shrnutí jednotlivých faktorů z hlediska ekonomické efektivity.

**Tabulka 29 - Shrnutí jednotlivých faktorů z hlediska ekonomické efektivity**

<b>Skladba</b>	<b>Celkové náklady na stavbu [Kč bez DPH]</b>	<b>PP [let]</b>	<b>DPP [let]</b>	<b>NPV<sub>30</sub></b>	<b>IRR<sub>30</sub></b>
HELUZ P15 30 broušená s tepelnou izolací z EPS	9 748 261	17,69	38,549	-1 247 600,08 Kč	3,754%
HELUZ P15 30 broušená s tepelnou izolací z minerální vaty	9 985 920	18,35	41,666	-1 570 833,03 Kč	3,455%

**(Zdroj: vlastní zpracování)**

Prostá doba návratnosti jednotlivých variant se od sebe liší o 7,92 měsíce. V diskontované době návratnosti, kde je zahrnut i faktor času je to o 3,117 let. Z vnitřního výnosového procenta lze zjistit, že varianta s izolací z EPS je výdělečná do 3,754%, varianta s izolací je výnosná do 3,455%. Vnitřní výnosové procento se liší pouze o 0,299 procentních bodů, což není markantní rozdíl.

## 11. Závěr

Cílem této diplomové práce bylo důkladně posoudit obvodové svislé konstrukce z technického, ekonomického a environmentálního hlediska, a následně nalézt optimální variantu mezi těmito třemi faktory.

Prvním krokem v teoretické části bylo seznámení s hlavní tematikou, která souvisí s praktickou částí.

V praktické části byl nejdříve popsán vybraný objekt. Následně na tento objekt bylo zpracováno celkem šest variant na obvodové svislé konstrukce. Tyto varianty byly zkoumány z nákladů na skladbu stěny, celkových nákladů na výstavbu objektu, environmentálních vlastností a na konec z tepelně-izolačních vlastností. Dále byly vybrané varianty skladeb svislých obvodových konstrukcí porovnané dle technických, ekonomických a environmentálních vlastností. Následně byla vybrána nejlepší varianta mezi těmito třemi faktory. Aby byl zachován objektivní výběr nejlepší varianty, byl použit postup, kde se zprůměrovalo veškeré pořadí z jednotlivých částí. Nejlepší variantou vyšla skladba HELUZ P15 30 broušená s tepelnou izolací z EPS. A naopak nejhorší variantou byla železobetonová stěna s tepelnou izolací z EPS.

Pro nejlepší skladbu byla provedena záměna izolace EPS za minerální vatu, jelikož má lepší environmentální vlastnosti (menší spotřeba primární energie, menší potenciál globálního oteplování a tak dále), čímž méně zatěžuje životní prostředí, na které se v dnešní době bere velký důraz. Obě skladby byly srovnány z hlediska jejich vlastností (technických, ekonomických a environmentálních). Skladba s minerální vatou má lepší environmentální a tepelně-izolační vlastnosti, ale zároveň má vyšší hmotnost, pracnost a celkové náklady na výstavbu objektu. Zatímco varianta s EPS izolací má horší environmentální a tepelně-izolační vlastnosti, tak z hlediska pracnosti, hmotnosti a celkových nákladů na výstavbu objektu vychází lépe. Pro obě varianty byla vypočtena prostá doba návratnosti. Nejkratší návratnost má skladba s izolací z EPS (17,69 let). Návratnost pro skladbu z izolací z minerální vaty je 18,35 let. Rozdíl v prosté době návratnosti mezi těmito dvěma variantami je pouze doba 7,92 měsíce. Diskontovaná doba je sice delší, ale se srovnáním s vnitřním výnosovým procentem se od sebe tolik neliší, jen pouze o 0,299 procentních bodů.

**Investor či jiné subjekty se musí rozhodnout dle svých uvážení, kterou z těch dvou variant si zvolí. Jelikož je vyvíjen celosvětový nátlak na snižování emisí a spotřeb energií, bylo by vhodné zvolit variantu HELUZ P15 30 broušená s tepelnou izolací z minerální vaty, kde se investice na výstavbu bytového domu vrátí později, ale vnitřní výnosové procento je skoro stejné.**

# Seznam použité literatury

- [1] HÁJEK, Petr. Pozemní stavitelství I: pro střední školy se stavebním zaměřením. Vydání sedmé, přepracované. Praha: Sobotáles, 2020. ISBN 978-80-86817-49-1.
- [2] Rozdělení svislých nosných konstrukcí. Stavební komunita [online]. c2023 [cit. 2023-09-06]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/rozdeleni-svislych-nosnych-konstrukci>
- [3] 12. OBVODOVÉ STĚNY Z HLEDISKA STAVEBNÍ TEPELNÉ TECHNIKY. In: Elearn VŠB [online]. 2007 [cit. 2023-09-06]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FAST/PS4/12.html>
- [4] Není zeď, jako zeď.... In: EStav [online]. c2014-2023 [cit. 2023-09-08]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/4798.neni-zed-jako-zed>
- [5] Cihly Porotherm. Wienerberger [online]. c2023 [cit. 2023-09-25]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/zdivo-porotherm/produkty/cihly.html?loadmore=4>
- [6] Tvárnice pro nosné stěny. XELLA [online]. c2023 [cit. 2023-09-21]. Dostupné z: [https://www.xella.cz/cs\\_CZ/search-result?query=:relevance:brand:Ytong:productGroup:Ytong%20tv%C3%A1rnice%20pro%20nos%C3%A9%20st%C4%9Bny%7C%7C0](https://www.xella.cz/cs_CZ/search-result?query=:relevance:brand:Ytong:productGroup:Ytong%20tv%C3%A1rnice%20pro%20nos%C3%A9%20st%C4%9Bny%7C%7C0)
- [7] Složení betonu – složky betonu. EBeton [online]. c2021 [cit. 2023-10-04]. Dostupné z: <https://www.ebeton.cz/pojmy/slozeni-betonu-slozky-betonu/>
- [8] Železobetonové a monolitické konstrukce. In: FOLZA [online]. c2018-2023 [cit. 2023-12-15]. Dostupné z: <https://www.folza.cz/sluzby/monolity/>
- [9] Prefabrikované betonové konstrukce. In: Daibau [online]. c2023 [cit. 2023-10-11]. Dostupné z: [https://www.daibau.cz/clanek/359/prefabrikovane\\_betonove\\_konstrukce](https://www.daibau.cz/clanek/359/prefabrikovane_betonove_konstrukce)
- [10] Precast – production. In: Hochtief [online]. c2014 [cit. 2023-12-14]. Dostupné z: <https://www.hochtief.cz/en/who-we-are/hochtief-cz/service-portfolio/service-work/precast-production>
- [11] Jaký beton do ztraceného bednění? In: Cemex [online]. c2022 [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.cemex.cz/jaky-beton-zvolit-do-ztraceneho-bedneni>
- [12] ŠTÍPANÁ TVÁRNICE PLOTOVÁ 39X19X19 CM BAREVNÁ. In: Internetové stavebniny [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.internetove-stavebniny.cz/okrasne-tvarnice/stipana-tvarnice-plotova-39x19x19-cm-barevna/>
- [13] Jak postupovat při pokládce ztraceného bednění? DC Praha [online]. c2023 [cit. 2023-10-19]. Dostupné z: <https://dcpraha.cz/ztracene-bedneni1>

- [14] Součinitel tepelné vodivosti. Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-10-21]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/311-soucinitel-tepelne-vodivosti>
- [15] ČSN 73 0540-1. Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie. Červen 2005.
- [16] Tepelný odpor R. Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-10-21]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- [17] Odpor při přestupu tepla. In: Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-10-21]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/314-odpor-pri-prestupu-tepla#odpornavnitrnistrane>
- [18] Součinitel prostupu tepla. Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [19] U - součinitel prostupu tepla. Slavona [online]. c2023 [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://www.slavona.cz/slovník-pojmu/u-soucinitel-prostupu-tepla.html>
- [20] ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Říjen 2011.
- [21] VLHKOST. Izolace - info [online]. c2008-2023 [cit. 2023-10-22]. Dostupné z: <https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/tepelne-mosty/21203-vlhkost-a.html>
- [22] Průkaz energetické náročnosti budovy – vše co o PENB potřebujete vědět. V-system [online]. c2023 [cit. 2023-10-26]. Dostupné z: <https://www.v-system.cz/blog/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy-vse-co-o-penb-potrebuje-vedet/>
- [23] Vše, co potřebujete vědět o průkazu energetické náročnosti budovy (PENB). Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-10-26]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/26038-vse-co-potrebuje-vedet-o-prukazu-energeticke-narocnosti-budovy-penb>
- [24] Stavební akustika. Stavebnictví 3000 [online]. 2018 [cit. 2023-10-26]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/stavebni-akustika>
- [25] Akustika stavebních konstrukcí. Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-10-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/6150-akustika-stavebnich-konstrukci>
- [26] Požadavky na zvukovou izolaci obvodového pláště dle ČSN 73 0532 Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků - Požadavky. Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-10-26]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/137-pozadavky-na-zvukovou-izolaci-obvodoveho-plaste-dle-csn-73-0532-akustika-ochrana-proti-hluku-v-budovach-a-posuzovani-akustickyh-vlastnosti-stavebnich-vyrobkuv-pozadavky>

- [27] Požární odolnost stavebních konstrukcí. Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-10-27]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13655-pozarni-odolnost-stavebnich-konstrukci>
- [28] Druhy konstrukčních částí z požárního hlediska. Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-10-27]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pozarni-bezpecnost-staveb/13651-druhy-konstrukcnich-casti>
- [29] ČSN EN ISO 14001. Systémy environmentálního managementu - Požadavky s návodem pro použití. Únor 2016.
- [30] Envimat – vliv stavebních konstrukcí a materiálů na životní prostředí. Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/hruba-stavba/8519-envimat-vliv-stavebnich-konstrukci-a-materialu-na-zivotni-prostredi>
- [31] EMISNÍ POVOLENKY. Asociace sklářského a keramického průmyslu ČR [online]. c2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://askpccr.cz/aktivity/resena-temata/emisni-povolenky>
- [32] Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů. In: Fakta o klimatu [online]. c2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-cr>
- [33] Pořadí států EU podle emisí skleníkových plynů. In: Fakta o klimatu [online]. c2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-eu-poradi>
- [34] Metodika envimatu. Envimat [online]. c2010-2023 [cit. 2023-11-03]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/>
- [35] Slovník pojmů. Envimat [online]. c2010-2023 [cit. 2023-11-03]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/pojmy/>
- [36] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta, Stanislav VITÁSEK, Lucie BROŽOVÁ a Iveta STŘELCOVÁ. Oceňování staveb. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2020. ISBN 978-80-01-06748-2.
- [37] Rozpočtování staveb (TP 3.1). PROFESIS ČKAIT [online]. C2023 [cit. 2023-11-09]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-3-1/>
- [38] Cenová soustava ÚRS. ÚRS [online]. c2023 [cit. 2023-11-09]. Dostupné z: <https://www.urs.cz/software-a-data/cenova-soustava-urs>
- [39] Vyhláška č. 169/2016 Sb. Zákony pro lidi [online]. c2010-2023 [cit. 2023-11-09]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-169#p7>
- [40] Výstavba bytového domu v obci Radonice. Vhodné uveřejnění [online]. c2021 [cit. 2023-06-02]. Dostupné z: <https://www.vhodne-uvarejneni.cz/index.php?m=xenorders&h=order&a=detaildocumentsandimages&rwr=vystavba-bytoveho-domu-v-obci-radonice>

- [41] O společnosti Wienerberger s.r.o. Wienerberger [online]. c2023 [cit. 2023-11-11].  
Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/o-nas/o-spolecnosti.html>
- [42] Cihla Porotherm 30 Profi - Broušená. Wienerberger [online]. c2023 [cit. 2023-11-11].  
Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/zdivo-porotherm/produkty/cihly/porotherm-30-profi.html>
- [43] Porotherm 30 Prof. In: Wienerberger [online]. c2023 [cit. 2023-11-11]. Dostupné z:  
[https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/wall/CZ\\_POR\\_TEC\\_Pth\\_30\\_Profi.pdf](https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/wall/CZ_POR_TEC_Pth_30_Profi.pdf)
- [44] Cihla Porotherm 38 T Profi - Tepelněizolační broušená. Wienerberger [online]. c2023 [cit. 2023-11-11]. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/zdivo-porotherm/produkty/cihly/porotherm-38-t-profi.html>
- [45] Porotherm 38 T Profi. In: Wienerberger [online]. c2023 [cit. 2023-11-11]. Dostupné z:  
[https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/wall/CZ\\_POR\\_TEC\\_Pth\\_38\\_T\\_Profi.pdf](https://www.wienerberger.cz/content/dam/wienerberger/czech-republic/marketing/documents-magazines/technical/technical-product-info-sheet/wall/CZ_POR_TEC_Pth_38_T_Profi.pdf)
- [46] O SPOLEČNOSTI HELUZ. Heluz [online]. c2023 [cit. 2023-11-12]. Dostupné z:  
<https://www.heluz.cz/cs/o-nas>
- [47] HELUZ P15 30 broušená. Heluz [online]. c2023 [cit. 2023-11-12]. Dostupné z:  
<https://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-p15-30-brousena-1>
- [48] HELUZ P15 30 brúsená. In: Heluz [online]. 2023 [cit. 2023-11-12]. Dostupné z:  
[https://www.heluz.cz/files/20305\\_00-Technicky-list.pdf](https://www.heluz.cz/files/20305_00-Technicky-list.pdf)
- [49] HELUZ FAMILY 38 2in1 broušená. Heluz [online]. c2023 [cit. 2023-11-12].  
Dostupné z: <https://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-family-38-2in1-brousena-1>
- [50] HELUZ FAMILY 38 2in1 brúsená. In: Heluz [online]. 2023 [cit. 2023-11-12].  
Dostupné z: [https://www.heluz.cz/files/58385\\_15-Technicky-list.pdf](https://www.heluz.cz/files/58385_15-Technicky-list.pdf)
- [51] O nás - Xella Česko a Slovensko. XELLA [online]. c2023 [cit. 2023-11-16]. Dostupné z:  
[https://www.xella.cz/cs\\_CZ/o-nas](https://www.xella.cz/cs_CZ/o-nas)
- [52] XELLA CZ | YTONG. Bydlení [online]. c1999-2019 [cit. 2023-11-16]. Dostupné z:  
<https://www.bydleni.cz/firma/XELLA-CZ-s-r-o>
- [53] YTONG Statik 300. XELLA [online]. c2023 [cit. 2023-11-16]. Dostupné z:  
[https://www.xella.cz/cs\\_CZ/product/ytong-statik-300/20000994](https://www.xella.cz/cs_CZ/product/ytong-statik-300/20000994)
- [54] TVÁRNICE PRO NOSNÉ STĚNY. In: XELLA [online]. 2023 [cit. 2023-11-16].  
Dostupné z:  
[https://storefrontapi.commerce.xella.com/medias/sys\\_master/root/ha3/h43/9186338865182/PL\\_CZ\\_23-08\\_02\\_nosne\\_steny/PL-CZ-23-08-02-nosne-steny.pdf](https://storefrontapi.commerce.xella.com/medias/sys_master/root/ha3/h43/9186338865182/PL_CZ_23-08_02_nosne_steny/PL-CZ-23-08-02-nosne-steny.pdf)
- [55] Cihla versus pórobeton? Výhody a nevýhody. Finance [online]. c1997-2023 [cit. 2023-11-16]. Dostupné z: <https://www.finance.cz/527835-ytong-versus-cihla-porobeton/>



- [56] Výpočet laboratorní neprůzvučnosti jednoduchých stavebních prvků podle ČSN EN 12354-1, přílohy B. Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-11-18]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/135-vypocet-laboratorni-nepruzvucnosti-jednoduchych-stavebnich-prvku-podle-csn-en-12354-1-prilohy-b>
- [57] Tabulka 1 – Stěny a příčky. In: Pelc František [online]. [2023] [cit. 2023-11-18]. Dostupné z: <https://www.pelcfrantisek.cz/csn21/Tabulka%201-k.pdf>
- [58] Katalog stavebních materiálů. In: Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-11-18]. Dostupné z: [https://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086\\_katalog.html](https://stavba.tzb-info.cz/docu/tabulky/0000/000086_katalog.html)
- [59] Omítka vápenocementová. Envimat [online]. c2010-2023 [cit. 2023-12-02]. Dostupné z: <http://envimat.cz/materialy/omitky/omitka-vapenocementova.html>
- [60] Cihla pálená dutinová. Envimat [online]. c2010-2023 [cit. 2023-12-02]. Dostupné z: <http://envimat.cz/materialy/zdici-prvky/keramicke/palene/cihla-palena-dutinova-685.html>
- [61] Polystyren pěnový EPS, desky. Envimat [online]. c2010-2023 [cit. 2023-12-02]. Dostupné z: <http://envimat.cz/materialy/tepelne-izolace/polystyren/polystyren-penovyy-eps-desky.html>
- [62] Environmentální prohlášení o produktu. Weber - panel [online]. 2018 [cit. 2023-12-02]. Dostupné z: [https://weber-panel.cz/developer//repository/EPD%20Weber%20OP715Z\\_CZ.pdf](https://weber-panel.cz/developer//repository/EPD%20Weber%20OP715Z_CZ.pdf)
- [63] Minerální vlna, kamenná. Envimat [online]. c2010-2023 [cit. 2023-12-02]. Dostupné z: <http://envimat.cz/materialy/tepelne-izolace/mineralni-vlakna/mineralni-vlna-kamenna.html>
- [64] Tvarovky plynosilikátové, autoklavované. Envimat [online]. c2010-2023 [cit. 2023-12-02]. Dostupné z: <http://envimat.cz/materialy/zdici-prvky/betonove/tvarovky-plynosilikatove-autoklavovane.html>
- [65] Beton prostý. Envimat [online]. c2010-2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <http://envimat.cz/materialy/betony-a-zelezobetony/prosty/beton-prosty.html>
- [66] Ocel, výztuž do betonu. Envimat [online]. c2010-2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <http://envimat.cz/materialy/kovy/ocel-vyztuz-do-betonu.html>
- [67] Výhody a nevýhody různých typů izolací: Jaký typ izolace je nejlepší pro váš dům? OBB [online]. 2023 [cit. 2023-12-09]. Dostupné z: <https://www.obb.cz/blog/vyhody-a-nevyhody-ruznych-typu-izolaci-jaky-typ-izolace-je-nejlepsi-pro-vas-dum/>
- [68] Hodnocení přínosů zateplení 2: doba návratnosti. Projekty Inkapo [online]. c2016 [cit. 2023-12-15]. Dostupné z: <https://www.projekty-inkapo.cz/doba-navratnosti/>
- [69] Byty k pronájmu. Sreality [online]. c1996-2023 [cit. 2023-12-15]. Dostupné z: <https://www.sreality.cz/hledani/pronajem/byty?region=Radonice@ion-id=4201@ion-typ=municipality&vzdalenost=1#x=14.577694000000008&y=50.148160500000024&z=15>

- [70] PROSTĚJOVSKÁ, Zita. Sestavení CF pro vyhodnocení efektivnosti, Časová hodnota peněz, Metody vyhodnocení efektivnosti investic [přednáška]. Praha: ČVUT v Praze, 29. října 2015.
- [71] Výpočtová pomůcka EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST INVESTIC (II). Stavba - TZB - info [online]. c2001-2023 [cit. 2023-12-20]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/2786-vypoctova-pomucka-ekonomicka-efektivnost-investic-ii>
- [72] Výhody a nevýhody betonových konstrukcí. Stavební komunita [online]. 2012 [cit. 2023-12-22]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/vyhody-a-nevyhody-betonu>

# Seznam obrázků

Obrázek 1 - Svislé nosné konstrukce a jejich typy.....	13
Obrázek 2 - Druhy obvodových stěn.....	14
Obrázek 3 - Pohled na konstrukci stěny.....	15
Obrázek 4 - Rovnoměrný přenos zatížení při dodržení vazeb .....	16
Obrázek 5 - Ukázka cihel .....	16
Obrázek 6 - Ytong Statik 300 .....	17
Obrázek 7 - Složení betonu.....	18
Obrázek 8 - Pohled na monolitickou konstrukci .....	19
Obrázek 9 - Prefabrikovaná stěna .....	20
Obrázek 10 - Filigránová stěna .....	21
Obrázek 11 - Ukázka zdi ze ztraceného bednění .....	21
Obrázek 12 - Ukázka barev ztraceného bednění.....	22
Obrázek 13 - průkaz energetické náročnosti.....	29
Obrázek 14 - Druhy konstrukčních částí v požární odolnosti.....	31
Obrázek 15 - Mezní stavy .....	31
Obrázek 16 - Značení požární odolnosti ve výkresech.....	32
Obrázek 17 - Celkové emise skleníkových plynů dle sektorů v České republice za rok 2021 .....	33
Obrázek 18 - celkové roční emise a jejich přepočty na obyvatele za rok 2016 .....	34
Obrázek 19 - Životní cyklus budovy .....	34
Obrázek 20 - Kalkulační vzorec .....	38
Obrázek 21 - Proces rozpočtu .....	39
Obrázek 22 - Struktura rozpočtu.....	40
Obrázek 23 - Pohled na vybraný bytový dům .....	42
Obrázek 24 - Půdorys prvního nadzemního patra bytového domu.....	43
Obrázek 25 – Skladba stěny Porotherm 30 Prof .....	48
Obrázek 26 - Rekapitulace nákladů na obvodovou stěnu – Skladba navržená projektantem.....	49
Obrázek 27 - Průběh teploty – navržená skladba projektantem .....	52
Obrázek 28 – Skladba stěny Porotherm 38 T Profi .....	54
Obrázek 29 - Rekapitulace nákladů na nově navrženou obvodovou stěnu – Skladba 1 - Porotherm 38 T Profi .....	55
Obrázek 30 - Průběh teploty – navržená skladba 1 z cihel porotherm 38 T profi.....	57
Obrázek 31 – Skladba stěny z cihel HELUZ P15 30 broušená .....	60
Obrázek 32 - Rekapitulace nákladů na nově navrženou obvodovou stěnu – Skladba 2 - HELUZ P15 30 broušená .....	61
Obrázek 33 – Průběh teploty – navržená skladba 2 z cihel Heluz P15 30 broušená .....	63

Obrázek 34 – HELUZ Family 38 2in1 .....	65
Obrázek 35 - Rekapitulace nákladů na nově navrženou obvodovou stěnu – Skladba 3 - HELUZ Family 38 2in1 broušená .....	66
Obrázek 36 – Průběh teploty – navržená skladba 3 z cihel Heluz Family 38 2in1 broušená .....	68
Obrázek 37 – Skladba stěny Ytong Statik .....	71
Obrázek 38 - Rekapitulace nákladů na nově navrženou obvodovou stěnu – Skladba 4 - Ytong Statik 300 .....	72
Obrázek 39 – Průběh teploty – navržená skladba 4 z cihel Ytong Statik 300 .....	74
Obrázek 40 – Skladba stěny ze železobetonu .....	76
Obrázek 41 - Rekapitulace nákladů na nově navrženou obvodovou stěnu – Skladba 5 - Železobetonová stěna .....	77
Obrázek 42 – Průběh teploty – navržená skladba 5 ze železobetonu .....	79
Obrázek 43 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Navržená skladba projektantem z cihel Porotherm 30 Profi broušená .....	81
Obrázek 44 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Skladba 1 z cihel Porotherm 38 T Profi .....	82
Obrázek 45 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Skladba 2 z cihel HELUZ P15 30 broušená .....	83
Obrázek 46 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Skladba 3 z cihel HELUZ Family 38 2in1 broušená .....	84
Obrázek 47 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Skladba 4 z cihel Ytong Statik 300.....	85
Obrázek 48 - Rekapitulace nákladů na celý objekt – Skladba 5 ze železobetonu.....	86
Obrázek 49 - Porovnání nákladů na skladby stěn .....	88
Obrázek 50 - Porovnání primární spotřeby energie PEI jednotlivých variant .....	89
Obrázek 51 - Porovnání potenciálu globálního oteplování jednotlivých variant .....	90
Obrázek 52 - Porovnání tepelně-izolačních vlastností .....	91
Obrázek 53 - Porovnání vzduchové neprůzvučnosti jednotlivých variant .....	92
Obrázek 54 - Porovnání pracností stěn jednotlivých variant.....	93
Obrázek 55 - Porovnání hmotností jednotlivých variant stěn .....	95
Obrázek 56 - Porovnání celkových nákladů na výstavbu bytového domu jednotlivých variant .....	96
Obrázek 57 – Skladba stěny HELUZ P15 30 broušená s izolací s minerální vatou .....	98
Obrázek 58 - Rekapitulace nákladů na obvodovou stěnu – navržená skladba 6 z cihel HELUZ P15 30 broušená s izolací z minerální vaty .....	99
Obrázek 59 – Průběh teploty – skladba Heluz P15 30 broušená s minerální izolací.....	101
Obrázek 60 - Zobrazení procentuálních nákladů na výstavbu objektu .....	103
Obrázek 61 - Nájem bytů v oblasti .....	106

# Seznam tabulek

Tabulka 1 - Tepelné odpory při přestupu tepla dle ČSN 73 0540-3.....	24
Tabulka 2 - Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převážující návrhovou vnitřní teplotou $\theta_{im}$ v intervalu 18 °C až 22 °C včetně .....	26
Tabulka 3 - Požadavky na zvukovou izolaci obvodových plášťů .....	30
Tabulka 4 - Vazba mezi etapami stavebních projektů, podklady a náklady .....	37
Tabulka 5 - Přehled nákladů na stavební rozpočet .....	41
Tabulka 6 - Environmentální vlastnosti navržené skladby projektantem .....	50
Tabulka 7 – Tepelně-izolační vlastnosti Porotherm 30 Profi stěny navržené projektantem .....	51
Tabulka 8 - Environmentální vlastnosti navržené skladby 1 z cihel Porotherm 38 T Profi .....	56
Tabulka 9 - Tepelně-izolační vlastnosti navržené stěny z cihel Porotherm 38 T Profi .....	57
Tabulka 10 - Environmentální vlastnosti navržené skladby 2 z cihel Heluz P15 broušená .....	61
Tabulka 11 - Tepelně-izolační vlastnosti navržené stěny z cihel Heluz P15 30 stěny .....	62
Tabulka 12 - Environmentální vlastnosti navržené skladby 3 z cihel Heluz Family 2in1 broušená .....	67
Tabulka 13 - Tepelně-izolační vlastnosti navržené stěny z cihel Heluz Family 38 2in1 stěny .....	68
Tabulka 14 - Environmentální vlastnosti navržené skladby 4 z cihel Ytong Statik 300 .....	72
Tabulka 15 - Tepelně-izolační vlastnosti navržené stěny z cihel Ytong Statik .....	73
Tabulka 16 - Environmentální vlastnosti navržené skladby 5 ze železobetonu .....	78
Tabulka 17 - Tepelně-izolační vlastnosti navržené stěny z železobetonu .....	79
Tabulka 18 – Shrnutí nákladů na obvodové skladby jednotlivých variant.....	87
Tabulka 19 - Shrnutí environmentálních výsledků .....	88
Tabulka 20 - Shrnutí tepelně-izolačních vlastností.....	90
Tabulka 21 - Shrnutí laboratorní vzduchové neprůzvučnosti jednotlivých materiálů.....	92
Tabulka 22 - Shrnutí pracností stěn jednotlivých variant .....	93
Tabulka 23 – Shrnutí hmotností jednotlivých variant stěn.....	94
Tabulka 24 – Shrnutí celkových nákladů na bytový dům .....	95
Tabulka 25 – Vyhodnocení variant obvodových svislých konstrukcí .....	97
Tabulka 26 – Environmentální vlastnosti skladby Heluz P15 30 broušená s tepelnou izolací z minerální vaty .....	100
Tabulka 27 - Tepelně-izolační vlastnosti Heluz P15 30 stěny s minerální izolací.....	100
Tabulka 28 – Porovnání Heluz P15 30 broušená (EPS a minerální vata) .....	102
Tabulka 29 - Shrnutí jednotlivých faktorů z hlediska ekonomické efektivity.....	107

# Seznam příloh

Příloha 1 - Pomocná tabulka výkazů k rozpočtu

Příloha 2 - Potřebné výpočty

Příloha 3 – Zpracovaná varianta od projektanta v programu KROS 4

Příloha 4 - Zpracovaná varianta navržené skladby 1 v programu KROS 4

Příloha 5 - Zpracovaná varianta navržené skladby 2 v programu KROS 4

Příloha 6 - Zpracovaná varianta navržené skladby 3 v programu KROS 4

Příloha 7 - Zpracovaná varianta navržené skladby 4 v programu KROS 4

Příloha 8 - Zpracovaná varianta navržené skladby 5 v programu KROS 4

Příloha 9 - Zpracovaná varianta navržené skladby 6 v programu KROS 4

Příloha 10 - Ekonomická efektivnost