

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Environmentálně-energetická optimalizace obálky budovy bytového domu v českých a italských klimatických podmínkách

Autor: Bc. Magdaléna Machová

Vedoucí práce: Ing. Kateřina Sojková, Ph. D.

Konzultant: Ing. Martin Volf, Ph. D.

Praha, 2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Machová Jméno: Magdaléna Osobní číslo: 409998
Zadávající katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Environmentálně-energetická optimalizace obálky budovy bytového domu v českých a italských klimatických podmínkách

Název diplomové práce anglicky: Environmental and energy optimization of building envelope of apartment house in czech and italian climate

Pokyny pro vypracování:

Cílem práce je najít environmentálně-energeticky optimální variantu řešení obálky zadaného bytového domu v rámci vybrané materiálové skupiny – "silikátové materiály", a to v českých a italských klimatických podmínkách. Nejprve provést rešerši možných skladeb a materiálů použitelných pro konstrukce obálky budovy. Z těchto skladeb vybrat několik možností pro každou konstrukci obálky a vyhodnotit svázané environmentální dopady budovy s danými skladbami, a to pro několik úrovní tepelněizolační kvality. Pro tyto tepelněizolační úrovně vyhodnotit rovněž provozní energetickou náročnost budovy a provozní environmentální dopady, a to v českých a italských klimatických podmínkách. Na základě vyhodnocení provozních a svázaných dopadů nalézt optimální variantu obálky budovy pro každou z lokalit a vyhodnotit rozdíly. Pro optimální variantu vycházející z českých podmínek vyřešit klíčová napojení dílčích stavebních prvků a zpracovat vybrané výkresy (komplexní řez, detaily, vybraný půdorys a řez).

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Kateřina Sojková, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 19.2.2018 Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2018
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“.

13. 4. 2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně bez cizí pomoci,
s výjimkou poskytnutých konzultací a za použití podkladů a literatury uvedených ve zdrojích.

.....
Bc. Magdaléna Machová

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce Ing. Kateřině Sojkové, Ph. D. za odborné vedení a cenné rady poskytnuté během psaní diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Martinu Volfovi, Ph. D. za odborné konzultace environmentální části práce.

**Environmentálně-energetická optimalizace obálky budovy
bytového domu v českých a italských klimatických
podmínkách**

Environmental and Energy Optimization of Building Envelope
of Apartment House in Czech and Italian Climate

Abstrakt: Zadáním diplomové práce bylo optimalizovat obálku bytového domu. Dům má 4 nadzemní a 1 podzemní podlaží. Nejvyšší podlaží je ustupující. Snahou je dosáhnout co nejnižšího dopadu na životní prostředí, což znamená, že kromě provozní energie (potřeba tepla na vytápění) budeme uvažovat i environmentální parametry (provozní i svázané). Řešení je v rámci materiálové skupiny silikátových zdících systémů. Pro účel optimalizace bylo vybráno 5 obálek ve třech tepelněizolačních úrovních a 3 zdroje tepla, pro které byly spočteny environmentální dopady. Následně byly porovnány mezi sebou a byla vybrána vhodná varianta. Nakonec byly vyřešeny důležité detaily napojení konstrukcí pro tuto variantu.

Klíčová slova: environmentální dopady, optimalizace, bytový dům, obálka budovy, silikátové materiály, potřeba tepla na vytápění

Abstract: The task of my diploma thesis is optimization of building envelope of the given apartment house. House has four overground floors and one underground floor. The top floor is set back (its floor plan is smaller than the floor plan of other floors). I should try to achieve as low impact as possible, which means consider not only operational energy (energy need for heating) but also environmental parameters (operating and also bound). My solution should only consider silicate materials. For purpose of optimization were chosen 5 envelopes in three thermal insulation levels and 3 heat sources, for which were calculated environmental impacts. They were compare with each other and then was chosen the appropriate variant. And solved important details of structural connection for this variant.

Keywords: environmental impact, optimization, apartment house, building envelope, silicite materials, energy need for heating

Obsah

Abstrakt:	6
1 Úvod	10
2 Cíle práce	12
3 Metoda práce	13
3.1 Environmentální posouzení	13
3.2 Energetické posouzení	14
4 Posuzovaný objekt	17
5 Rešerše konstrukčního řešení pro silikátové materiály	19
5.1 Obvodové stěny	19
5.2 Plochá střecha	20
5.3 Podlaha nad nevytápěným prostorem	21
5.4 Suterénní stěna	22
5.5 Materiálové řešení	23
6 Svázané dopady	24
6.1 Použité metody	24
6.2 Varianty skladeb konstrukcí obálky	26
6.2.1 Obvodové stěny	26
6.2.2 Plochá střecha	29
6.2.3 Podlaha nad nevytápěným prostorem	33
6.2.4 Výplně otvorů	37
6.3 Varianty obálek budovy a porovnání svázaných dopadů	37
6.3.1 Obálka 1	38
6.3.2 Obálka 2	39
6.3.3 Obálka 3	40
6.3.4 Obálka 4	41
6.3.5 Obálka 5	42
6.3.6 Porovnání dopadů	42
7 Provozní dopady	45
7.1 Použité metody	45

7.1.1	Potřeba tepla na vytápění	45
7.1.2	Stanovení provozních dopadů.....	47
7.2	Výsledky a porovnání provozních dopadů	48
8	Celkové environmentální dopady a výběr optimální varianty	51
9	Vybraná varianta	56
10	Závěr.....	58
11	Seznam obrázků, grafů a tabulek	59
12	Zdroje	62
13	Přílohy.....	64

Seznam zkratk

EPS – expandovaný pěnový polystyren

EPS šedý – expandovaný pěnový polystyren s příměsí grafitu

XPS – extrudovaný pěnový polystyren

PVC - polyvinylchlorid

LCA – Life Cycle Assessment – hodnocení životního cyklu

nPEI – Non renewable Primary Energy Indicator – neobnovitelná spotřeba primární energie

GWP – Global Warming Potencial – potenciál globálního oteplování

Kce – konstrukce

PP – podzemní podlaží

NP – nadzemní podlaží

Žb – železobeton

MV – minerální vlna

CZ – české

IT - italské

KZS – kontaktní zateplovací systém (anglicky ETICS - external thermal insulation composite system)

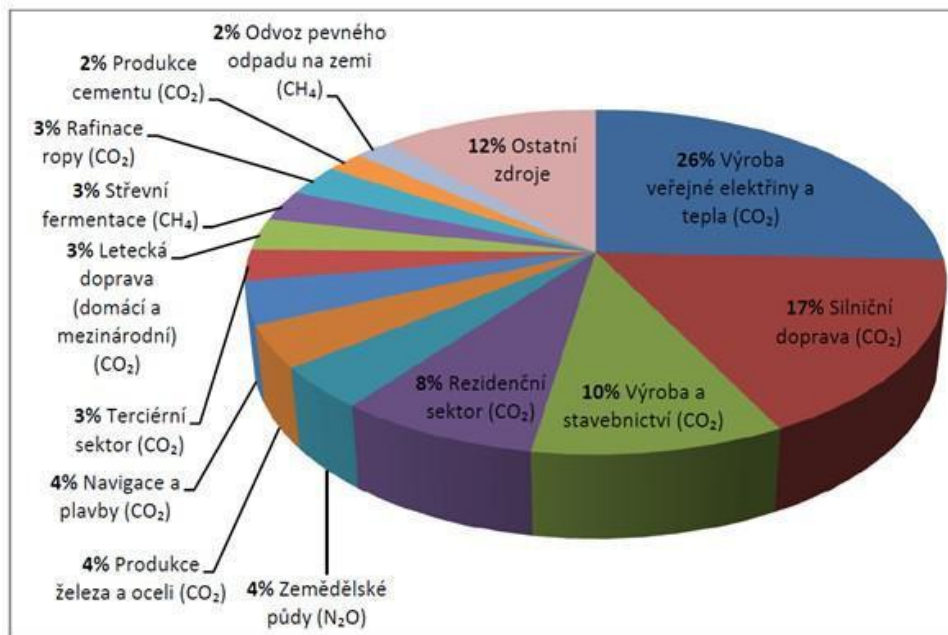
I – interiér

E - exteriér

1 Úvod

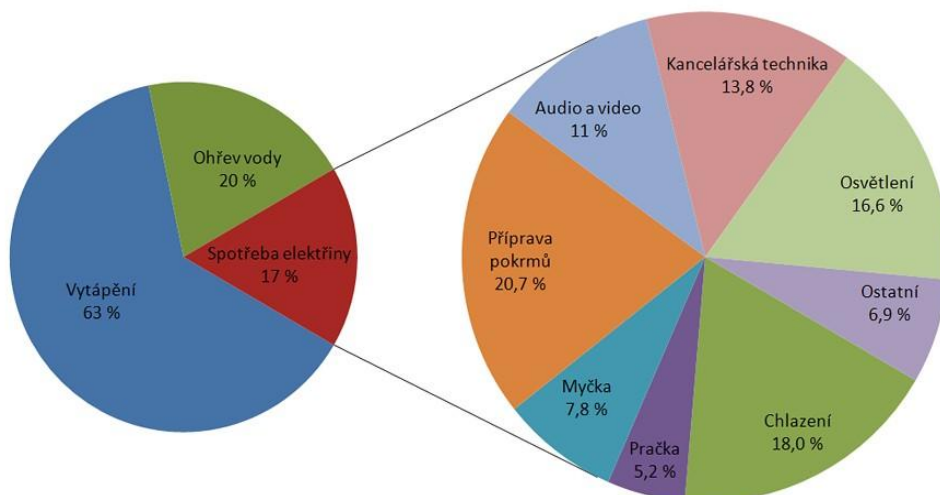
Lidská společnost je značně ovlivněna klimatickými podmínkami a jejich změna může mít dalekosáhlé dopady. Klima na naší planetě je ovlivněno množstvím tepelné sluneční energie zadržené v atmosféře. Jaké množství energie atmosféra zachytí, je závislé na koncentraci skleníkových plynů, které se v atmosféře nachází, a které mají schopnost absorbovat odražené sluneční záření. Tomuto procesu se říká skleníkový jev, který je pro nás do jisté míry přirozený a nezbytný. Zesílení tohoto jevu je označováno jako globální oteplování a jeho důsledkem je zvýšení globální teploty a následné klimatické změny. [1]

Na produkci skleníkových plynů se nějakým způsobem podílí nejen všechna pracovní odvětví, ale i naše běžná činnost. Z Obr. 1 lze vyčíst přibližné hodnoty emisí skleníkových plynů v zemích Evropské unie z roku 2007. Z grafu vyplývá, že výroba a stavebnictví (10 %) a výroba veřejné elektřiny a tepla (26 %) spolu dohromady mají více než třetinový podíl na celkovém množství vyprodukovaných skleníkových emisí. Obě tato odvětví jsou nedílnou součástí nejen výstavby, ale také samotného užívání budov.

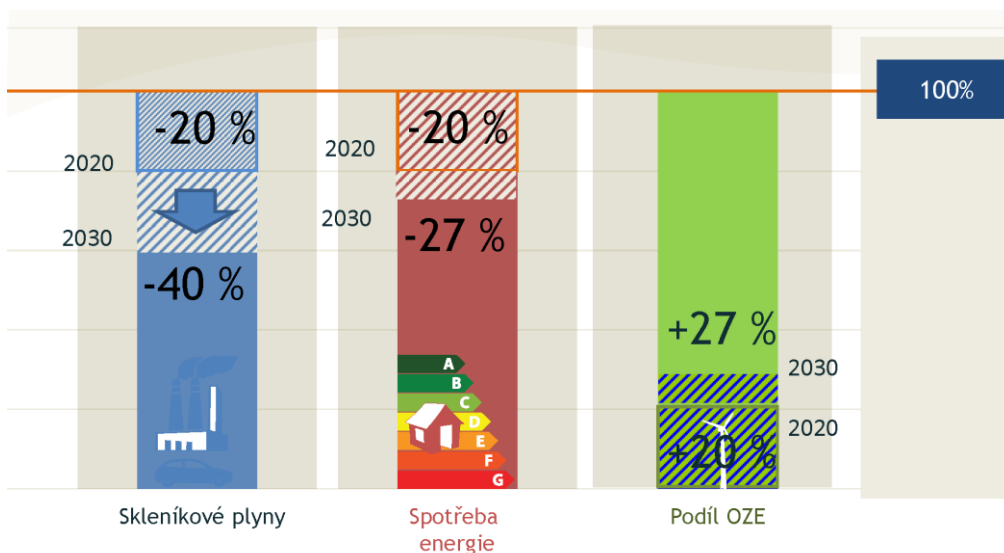


Obr. 1 – Emise skleníkových plynů EU 27 r. 2007 [2]

Množství vyrobené elektřiny a tepla souvisí s jejich spotřebou. Tato práce je zaměřena na bytové domy. V domácnostech se největší množství provozní energie spotřebuje na vytápění objektu, zbytek na ohřev vody a spotřebu elektřiny (viz Obr. 2). Z tohoto důvodu se snaží země Evropské unie do budoucích let snížit produkci skleníkových plynů, snížit spotřebu energie a zároveň zvýšit podíl využívání obnovitelných zdrojů energie (viz. Obr. 3).



Obr. 2 – Rozložení spotřeby energie v modelové domácnosti (v grafu je zobrazena spotřeba energie v tříčlenné domácnosti v městském bytě)[\[3\]](#)



Obr. 3 – Cíle EU v oblasti energetiky do roků 2020 a 2030 [\[4\]](#)

Omezení potřeby tepla úzce souvisí s tepelněizolační funkcí obálky budovy. Pro dosažení nižších provozních environmentálních dopadů je potřeba snížit množství spotřebované energie, což vyžaduje kvalitnější tepelněizolační funkci obálky budovy, čímž se naopak zvýší svázané environmentální dopady. Při optimalizaci budovy je potřeba zohlednit oba faktory.

2 Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je výběr optimální varianty obálky zadaného bytového domu. Proces optimalizace obálky budovy zahrnuje další dílčí cíle. Jedním z nich je zpracování rešerší skladeb a materiálového řešení jednotlivých konstrukcí obálky. Dalším dílčím cílem je stanovení svázaných environmentálních dopadů pro vybrané materiálové a tepelněizolační varianty konstrukcí a sestavit varianty celých obálek, doplněných o vnitřní konstrukce, pro které budou spočteny celkové svázané dopady. Stanovit potřebu tepla na vytápění pro různé tepelněizolační úrovně a spočítat provozní dopady pro různé zdroje tepla. Poté mohou být určeny celkové environmentální dopady jednotlivých variant a z nich je vybrána nejvhodnější obálka a zdroj tepla. Posledním dílčím cílem je zpracování výkresové dokumentace pro zvolenou variantu.

3 Metoda práce

V této diplomové práci je optimalizací myšlen proces vedoucí k výběru nejuhodnější varianty obálky bytového domu. Jednotlivé varianty jsou posuzovány z environmentálního a energetického hlediska, která jsou navzájem provázána.

K snazšímu sestavení variant skladeb pro jejich porovnání, byly nejprve zpracovány řešerše různých konstrukčních a materiálových řešení (viz kapitola 4). Dále následovalo sestavení konkrétních variant skladeb pro jednotlivé konstrukce obálky, vypočítání jejich svázaných dopadů a sestavení obálek. Jednotlivé obálky byly doplněny o vnitřní konstrukce a byly navzájem porovnány jejich svázané dopady.

Dalším krokem byl výpočet potřeby tepla na vytápění, která byla potřeba pro stanovení provozních dopadů a tím i výběr energonositele.

Jedna varianta konstrukce obálky budovy a zdroje tepla může mít nejnižší svázané dopady, ale už nemusí mít nejnižší provozní dopady. Optimální variantu konstrukcí obálky budovy bylo tedy možné vybrat až po získání hodnot obou environmentálních dopadů a jejich porovnání. Pro proces výběru měly svázané i provozní dopady stejnou váhu. Výsledná optimální varianta je tak vybrána podle hodnoty celkových dopadů.

3.1 Environmentální posouzení

Pro výpočet environmentálních dopadů je použito hodnocení životního cyklu – LCA (Life Cycle Assessment). Z LCA vychází všechny v současnosti používané metody posuzování environmentálních vlastností stavebních produktů. Liší se především zvolenými systémovými hranicemi a použitou databází. [1]

Hranice systému:

- Cradle to grave (od kolébky do hrobu) – celý životní cyklus (viz Obr. 4)
- Cradle to site (od kolébky na místo stavby) – těžba surovin, výroba materiálu, doprava
- **Cradle to gate** (od kolébky po bránu) – těžba surovin, výroba materiálu



Obr. 4 – Schéma hranice systému Cradle to grave [5]

Databáze:

Pro účely této práce byla jako hlavní zdroj environmentálních dat jednotlivých materiálů použita švýcarská databáze Ecoinvent. [6]

Geografická poloha má na data značný vliv. Různé země mohou mít např. jiný podíl obnovitelných a neobnovitelných zdrojů než Česká republika. Vzhledem k tomu že neexistují data odpovídající pouze České republice, je vhodné brát ta data, která jsou nám geograficky nejbližší. K tomuto účelu má Ecoinvent pro jednotlivé materiály rozdělené lokace. Pro naši oblast je nejvhodnější vybírat materiály, které spadají do oblasti Evropy (RER). V případě, že daný materiál není možné pro tuto oblast najít, byla volena globální oblast (GLO – celosvětová data), případně poté data pro zbytek světa bez Švýcarska (ROW).

3.2 Energetické posouzení

Energetické posouzení bylo zaměřeno na potřebu tepla na vytápění. Byly zvoleny tři úrovně součinitele prostupu tepla – $U_{req.}$, $U_{rec.}$, $U_{pas.}$ (viz Tabulka 1). Hodnoty součinitelů byly zvoleny tak, aby odpovídaly normovým požadavkům [7]. Pro každou konstrukční variantu byly spočítány vždy 3 různé tloušťky tepelné izolace tak, aby se součinitel prostupu tepla konstrukce rovnal zvoleným součinitelům. Tím byla zaručena porovnatelnost jednotlivých variant. V posledním sloupci tabulky (a v Příloha 4) jsou pro představu uvedeny požadované součinitele prostupu tepla pro Itálii (Padova spadá pod klimatickou zónu E [21]). Jak je z tabulky vidět, ve většině případů jsou české požadavky přísnější. Kvůli porovnání výsledků optimalizační úlohy v České republice a v Itálii byly konstrukce dimenzovány jen na české součinitele prostupu tepla.

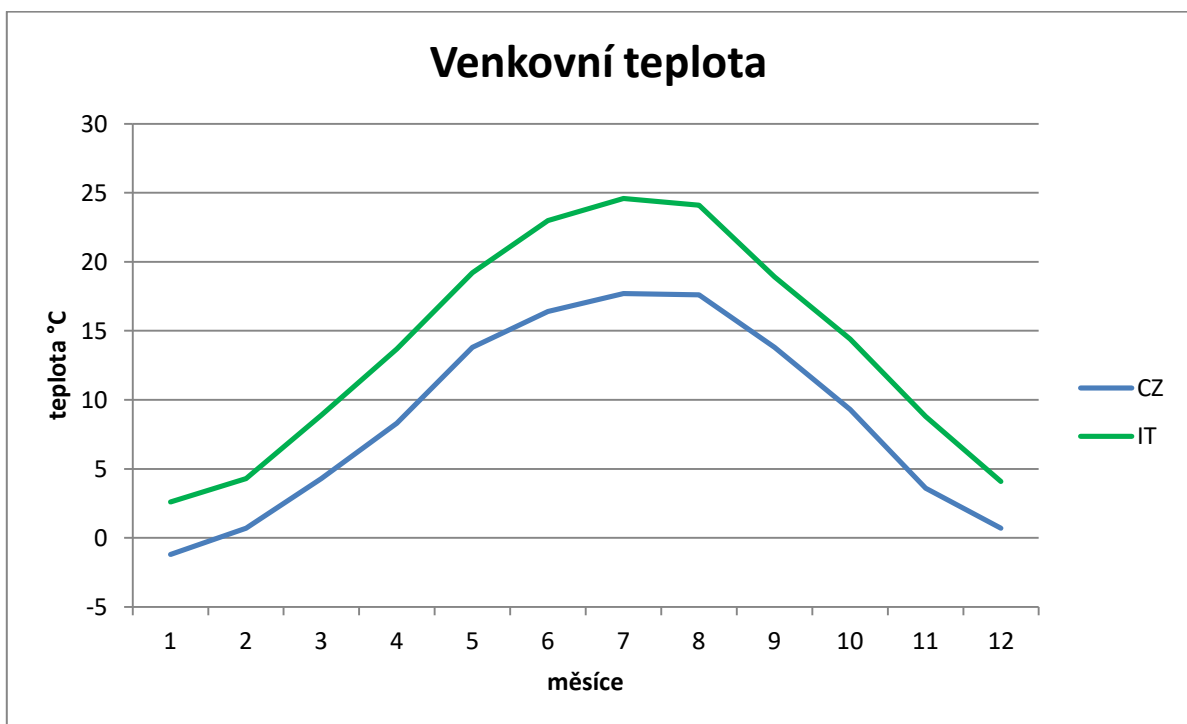
Tabulka 1 – Zvolené hodnoty součinitele prostupu tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$W/(m^2 \cdot K)$]			
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{pas,20}$	hodnoty pro Itálii (klimatická zóna E) [21], [22]
Stěna vnější	0,30	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12	0,34
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10	0,30
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20	0,33
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50	1,20	0,8 až 0,6	2,20

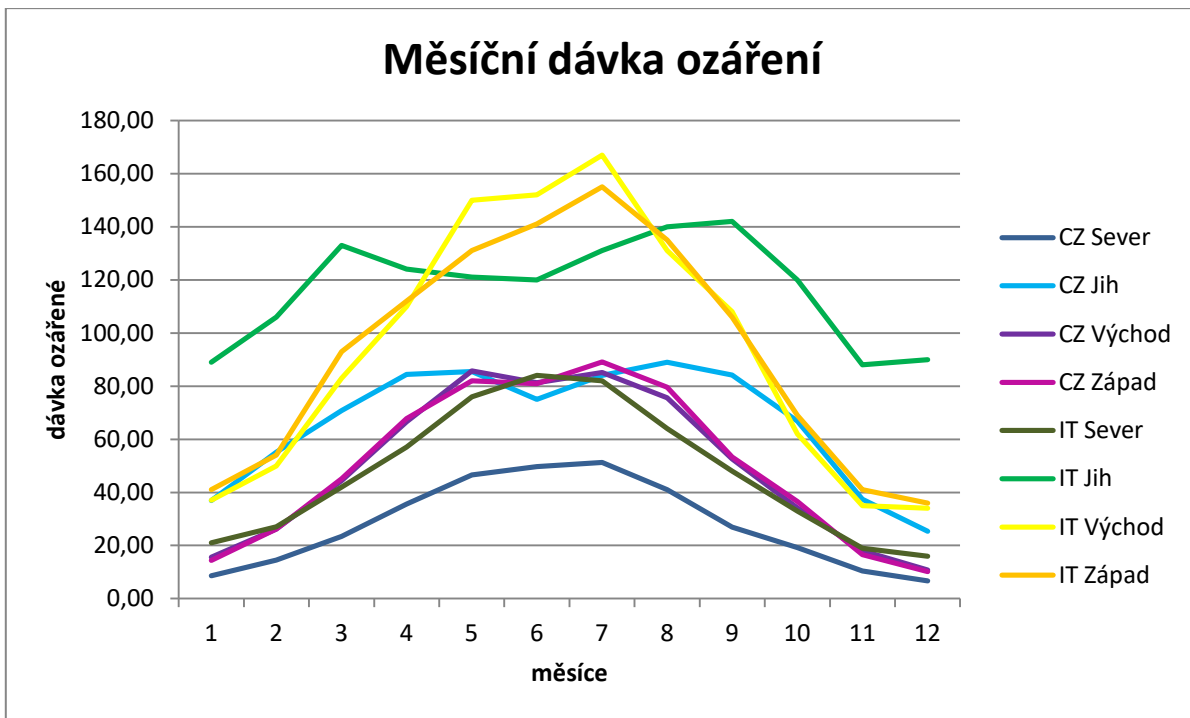
Potřeba tepla na vytápění byla spočtena pro každou zvolenou úroveň součinitele prostupu tepla ($U_{req.}$, $U_{rec.}$, $U_{pas.}$). Každý výpočet byl vždy proveden pro české a italské klimatické podmínky. Za české klimatické podmínky byly dosazeny hodnoty pro Prahu, za italské klimatické podmínky hodnoty pro Padovu. Celkem tedy bylo získáno 6 různých hodnot potřeby tepla na vytápění.

Potřeba tepla na vytápění byla přepočtena na spotřebu energie, která je potřeba k výpočtu provozních dopadů.

Výpočet byl prováděn měsíční metodou a klimatická data byla brána z programu Meteonorm. [8] Graf 1 zobrazuje průběh průměrných měsíčních teplot pro české i italské klimatické podmínky. Na dalším grafu jsou znázorněny měsíční dávky ozáření na jednotlivé fasády (viz Graf 2). Z grafu je vidět, že hodnoty ozáření pro italské klima jsou výrazně vyšší než pro české klima. Tato skutečnost se odrazila při stanovení tepelných zisků, které významně ovlivňují potřebu tepla na vytápění.



Graf 1 – Měsíční venkovní teploty pro české a italské klimatické podmínky



Graf 2 – Měsíční dávky ozáření jednotlivých fasád pro české a italské klimatické podmínky

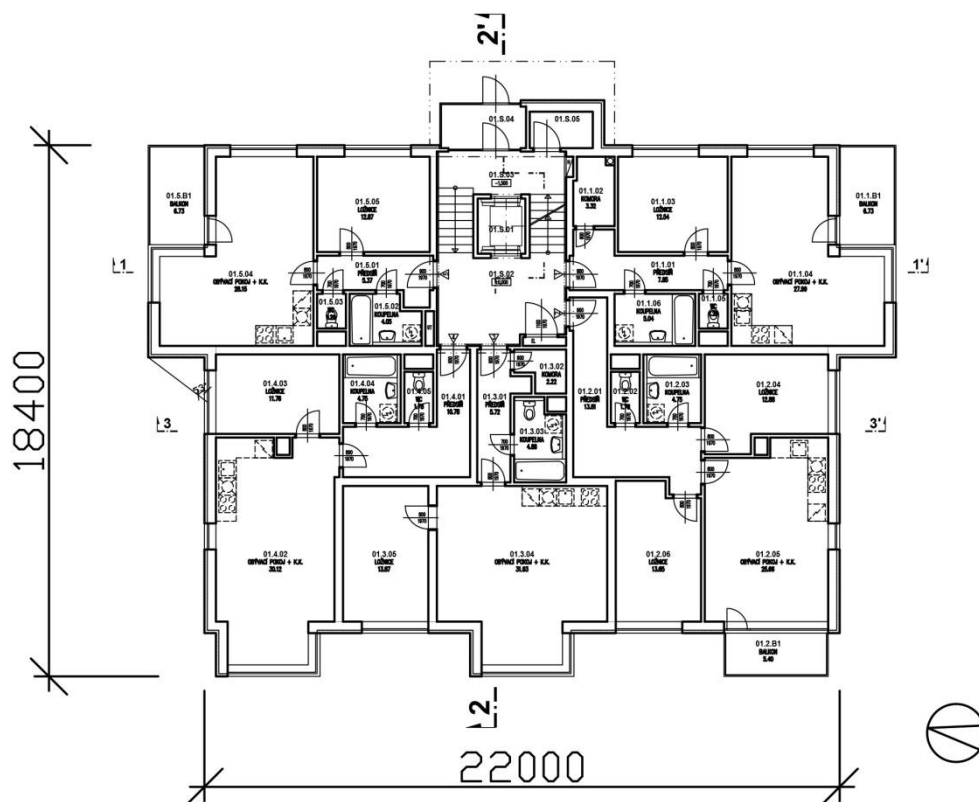
4 Posuzovaný objekt

Posuzovaným objektem je bytový dům, který se nachází v ulici Laudonova v Praze Štěrboholích. Jako podklad byla použita výkresová dokumentace pro stavební povolení.[\[9\]](#) Dům je součástí komplexu 8 téměř stejných bytových domů.

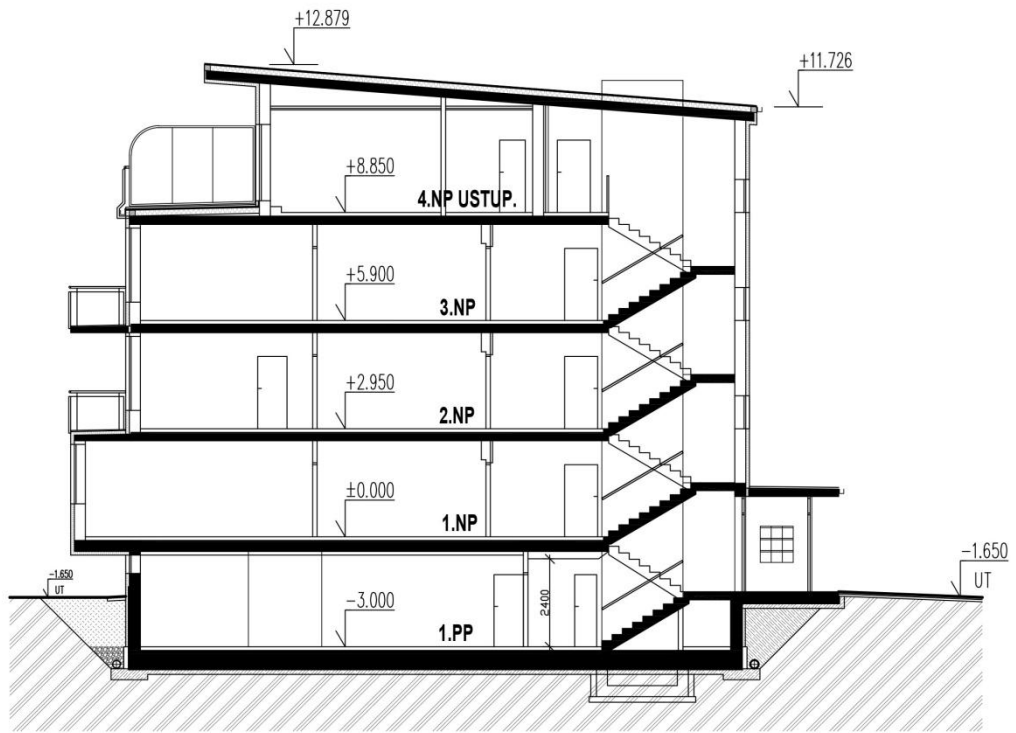
Cílem byl co nejmenší zásah do původního projektu. Byla snaha zachovat rozměry, plochy a objem budovy. Vzhledem k tomu byly navrhovány nové skladby konstrukcí, může dojít ke změně tloušťky těchto konstrukcí

Bytový dům má 4 nadzemní a 1 podzemní podlaží. Nejvyšší podlaží je ustupující. Střecha objektu je plochá. Suterénní část objektu je řešena jako železobetonová. Celkem se v domě nachází 17 bytových jednotek.

Podzemní podlaží s garážemi je nevytápěné. Všechna zbývající podlaží, ve kterých se nachází byty, jsou vytápěna.



Obr. 5 – Půdorys 1.NP zadaného bytového domu [\[9\]](#)



Obr. 6 – Řez zadaného bytového domu [9]

5 Rešerše konstrukčního řešení pro silikátové materiály

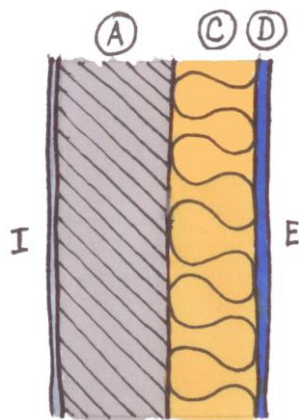
V této kapitole jsou rozebrány materiálové varianty skladeb konstrukcí obálky budovy (obvodové stěny, střecha, podlaha nad nevytápěným prostorem a suterénní stěny). Do výčtu variant byly vybrány převážně běžně používané materiály

Termín nosná konstrukce je v této kapitole uvažován pro zděnou či betonovou část konstrukce, i kdyby byla použita pouze jako výplňová a neplnila tak nosnou funkci. Materiál této nosné konstrukce je řešen s ohledem na zadanou materiálovou skupinu silikátových zdících systémů.

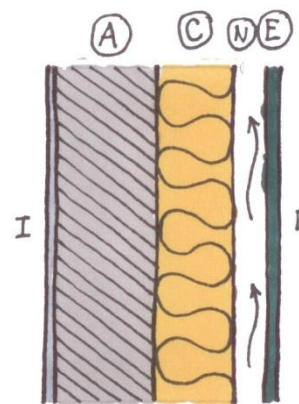
5.1 Obvodové stěny

Největší plochu obálky většiny budov tvoří právě obvodové stěny, stejně je tomu i u zadaného bytového domu, kde obvodové stěny zastupují cca 40% celkové plochy obálky. Z toho důvodu jsou obvodové stěny důležitou částí pro energetické i environmentální posouzení.

- jednoplášťové – kontaktní zateplení (viz Obr. 7), nejrozšířenější systém
- dvouplášťové – vnější plášť kotven pomocí kotev nebo roštu (viz Obr. 8) v konstrukci je vzduchová mezera



Obr. 7 – jednoplášťová obvodová stěna



Obr. 8 – dvouplášťová obvodová stěna

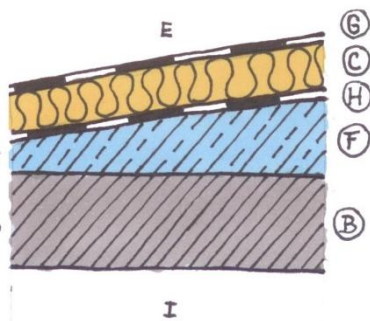
- A. Nosná svislá konstrukce
- C. Tepelná izolace
- D. Vnější vrstva (jednoplášťová)
- E. Vnější plášť (dvouplášťový)
- N. Vzduchová mezera

5.2 Plochá střecha

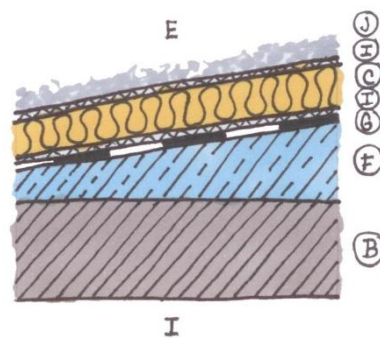
Zadaný bytový dům má plochou pultovou střechu se sklonem 4°. Plochou střechu lze dělit dle několika hledisek.

Dle konstrukčního uspořádání:

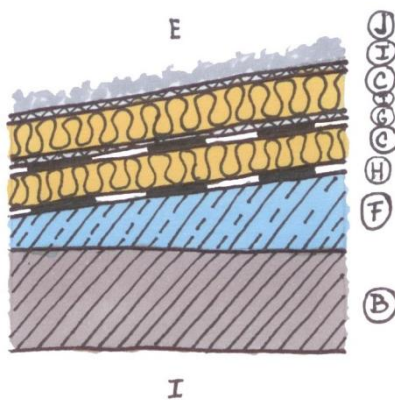
- jednoplášťová
 - .1. s klasickým pořadím vrstev (viz Obr. 10)
 - .2. s obráceným pořadím vrstev (viz Obr. 9)
 - .3. střecha DUO (viz Obr. 11)
- dvouplášťová (viz Obr. 12)



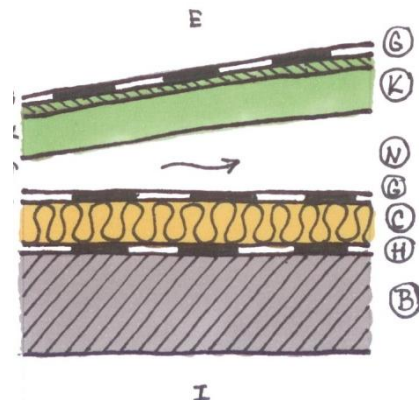
Obr. 10 – plochá střecha s klasickým pořadím vrstev



Obr. 9 – plochá střecha s obráceným pořadím vrstev



Obr. 11 – plochá střecha DUO



Obr. 12 – plochá dvouplášťová střecha

Dle vrchní vrstvy:

- pochozí
- pojízdná
- zelená
- a další

B. Nosná vodorovná konstrukce

F. Spádová vrstva

C. Tepelná izolace

G. Hydroizolační vrstva

H. Parotěsná vrstva

I. Drenážní a filtrační vrstva

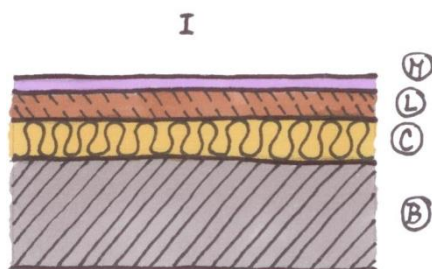
J. Stabilizační vrstva

K. Horní plášť

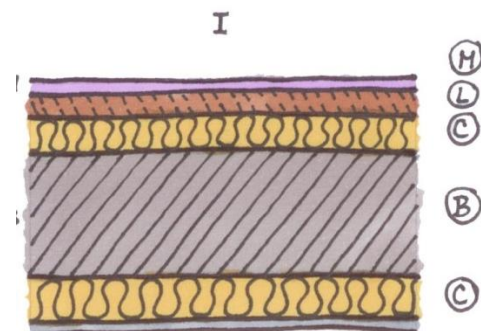
5.3 Podlaha nad nevytápěným prostorem

Další konstrukcí obálky bytového domu je podlaha nad nevytápěným prostorem. U zadaného domu se jedná o podlahu v 1. NP, která se nachází nad podzemním patrem s garážemi. V této práci bylo uvažováno dělení na dva typy podle umístění tepelné izolace nad nebo pod nosnou konstrukcí.

- Izolace pod nosnou konstrukcí (viz Obr. 13)
- Izolace nad nosnou konstrukcí (viz Obr. 14)



Obr. 13 – podlaha s tepelnou izolací nad nosnou konstrukcí



Obr. 14 – podlaha s tepelnou izolací pod nosnou konstrukcí

B. Nosná vodorovná konstrukce

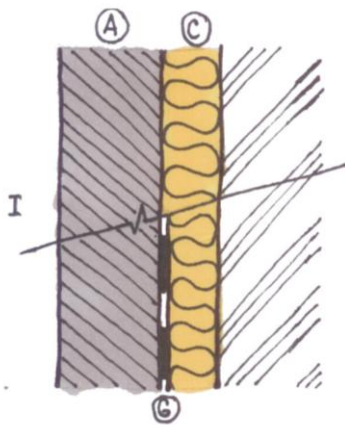
C. Tepelná izolace

L. Roznášecí vrstva

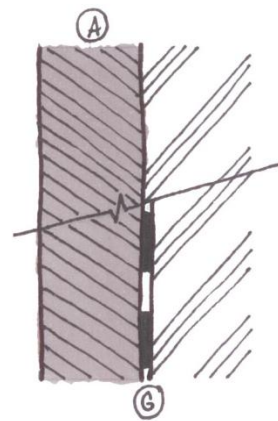
M. Nášlapná vrstva

5.4 Suterénní stěna

- zateplená (viz Obr. 15)
 - s hydroizolací
 - bez hydroizolace
- nezateplená (viz Obr. 16)
 - s hydroizolací
 - bez hydroizolace



Obr. 15 – zateplená suterénní stěna



Obr. 16 – nezateplená suterénní stěna

- A. Nosná svislá konstrukce
- B. Tepelná izolace
- G. Hydroizolace

5.5 Materiálové řešení

A. Nosná svislá konstrukce

Vápenopískové tvárnice
Betonové tvárnice
Železobeton
Pórobeton
Betonové prefabrikáty
Betonové tvárnice ztraceného bednění

B. Nosná vodorovná konstrukce

Železobeton
Betonový stropní předpjatý dutinový panel
Vápenopískové panely pro skládaný vložkový strop

C. Tepelná izolace

Expandovaný polystyren (EPS)
Expandovaný polystyren šedý
Minerální vlna
Skelná vlna
Dřevovláknité desky
Extrudovaný polystyren (XPS)
Vakuová izolace
Pěnové sklo
Foukaná celulóza

D. Vnější vrstva (jednoplášťová)

Omítka
Kamenný obklad
Cihlový obklad

E. Vnější plášť (dvouplášťový)

Cementové desky
Dřevěné obložení
Desky fermacell
Keramický obklad
CETRIS
Desky z pohledového betonu

Skleněný obklad se zabudovanou fotovoltaikou
Cihlový obklad

F. Spádová vrstva

Lehčený beton
Tepelná izolace
Spádovaná nosná konstrukce

G. Hydroizolace

Foliová
Asfaltové modifikační pásy

H. Parotěsná vrstva

I. Drenážní a filtrační vrstva

J. Stabilizační vrstva

Kačírek
Dlažba (u teras a pochozích střech)

K. Horní plášť střechy

L. Roznášecí vrstva

Anhydrit
Betonová mazanina
Cementový potěr
OSB deska
Dřevotřísková deska
Sádrovláknitá deska
Vyrovnávací podsyp

M. Nášlapná vrstva

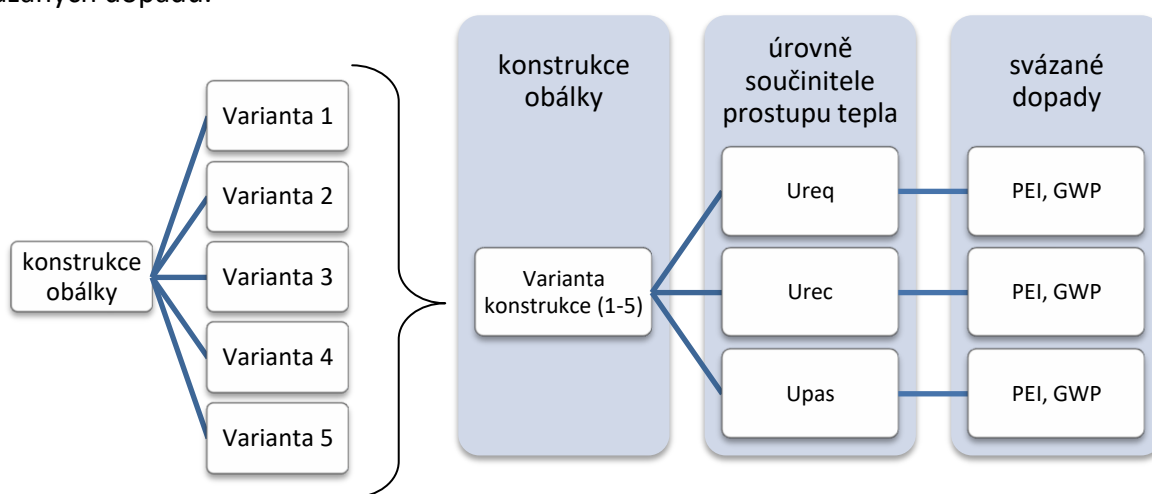
Dřevěné lamely (parkety)
Laminát
Korek
Vinyl
Polyvinylchlorid (PVC)
Dlažba
Koberec

6 Svázané dopady

V této kapitole jsou spočítány svázané dopady pro vybrané varianty skladeb jednotlivých konstrukcí obálky budovy.

6.1 Použité metody

Z materiálů z kapitoly rešerší bylo sestaveno 5 variant skladeb konstrukcí. Pro každou z nich byly spočítány vždy 3 různé tloušťky tepelné izolace tak, aby konstrukce vyhověla zvoleným součinitelům prostupu tepla (viz Metoda práce). Pro každou skladbu byly stanoveny hodnoty svázaných dopadů.



Systémové hranice a funkční jednotka:

Pro hodnocení životního cyklu materiálů (LCA) je potřeba určit systémové hranice, které definují, jaké fáze životního cyklu jsou do výpočtu zahrnuty. V této práci je zvolena hranice systému cradle to gate (od kolébky k bráně). Tato hranice uvažuje pouze první dvě fáze životního cyklu, a to těžbu surovin a výrobu daného stavebního materiálu.

V databázi Ecoinvent jsou vybírány materiály, které mají v popisu pojem „production“.

Aby bylo možné porovnat jednotlivé varianty, uvažujeme vždy stejnou funkční jednotku. V tomto případě vždy 1 m² dané konstrukce, pro který jsou spočítány environmentální dopady.

Environmentální parametry:

Pro environmentální posouzení se používá mnoho různých environmentálních parametrů např.:

- Spotřeba primární energie - PEI [MJ] (svázaná energie)
- Potenciál globálního oteplování - GWP [kg CO_{2,ekv.}] (svázané emise CO_{2,ekv.})

- Potenciál okyselování prostředí - AP [g SO_{2,ekv.}] (svázané emise SO_{2,ekv.})
- Potenciál tvorby přízemního ozónu – POCP [g C₂H_{4,ekv.}]
- Potenciál ničení ozonové vrstvy – ODP [g CFC_{2,ekv.}]
- Potenciál eutrofizace prostředí – EP [g PO₄³⁻ ekv.]
- a jiné

Pro tuto práci byly zvoleny 2 parametry, které mají největší váhu environmentálních kritérií podle metodiky SBTool CZ [12]. Jedná se o spotřebu neobnovitelné primární energie nPEI a potenciál globálního oteplování GWP (viz Tabulka 2).

Tabulka 2 - Váhování environmentálních kritérií podle metodiky SBTool CZ pro bytové domy [15]

Skupina E - kritérium	Váha
E.01 Spotřeba primární energie	22,3 %
E.02 Potenciál globálního oteplování	9,7 %
E.03 Potenciál okyselování prostředí	4,8 %
E.04 Potenciál eutrofizace prostředí	5,0 %
E.05 Potenciál ničení ozonové vrstvy	3,8 %
E.06 Potenciál tvorby přízemního ozónu	4,6 %
E.07 Výroba obnovitelné energie	5,4 %
E.08 Použití materiálů a výrobků při výstavbě	7,7 %
E.09 Hodnocení stavebních výrobků	5,3 %
E.10 Spotřeba pitné vody	6,1 %
E.11 Zachycení dešťové vody	5,9 %
E.12 Využití půdy	6,0 %
E.13 Zeleň na budově a pozemku	6,7 %
E.14 Ekologická hodnota místa	6,7 %
Celkem	100 %

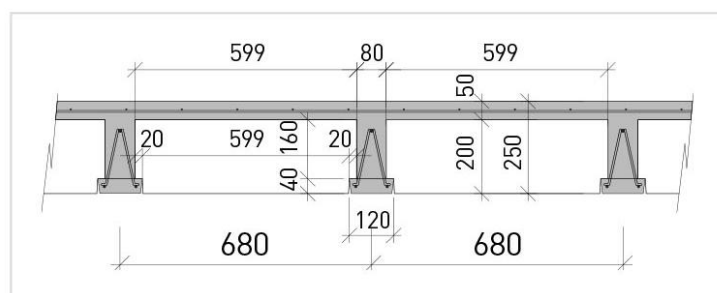
Modelování materiálů:

Pro některé materiály není možné dohledat environmentální data.

Někdy lze dohledat podobný materiál, lišící se jen např. objemovou hmotností. V takovém případě by se stanovil poměr objemových hmotností obou materiálů (hledaného materiálu a materiálu podobného) a tímto poměrem se data přenásobila.

V případě, že podobný materiál nelze najít, dá se potřebný materiál vytvořit kombinací dílčích materiálů (popř. procesů). Data se v tomto případě dají získat přes procentuální zastoupení těchto dílčích materiálů. V této práci byl tento postup použit hned v několika případech:

- Okna (viz kapitola 6.2.4. Výplně otvorů)
- Železobeton – počítáno přes procento vyztužení (4% výztuže a 96% beton)
- Skládaný vložkový strop – z geometrie průřezu stropu (viz Obr. 17) byla spočtena procentuální plocha vápenopískových vložek a betonu s výztuží



Obr. 17 – Geometrie průřezu stropu Ytong [14]

U jakékoli takovéto úpravy environmentálních dat materiálů dochází k vnášení nepřesností a tím ke zkreslení výsledků.

Tabulka environmentálními hodnotami pro jednotlivé materiály se nachází v Příloha 1.

6.2 Varianty skladeb konstrukcí obálky

V následujících tabulkách jsou spočteny tloušťky izolací a svázané dopady pro jednotlivé varianty skladeb konstrukcí obálky.

6.2.1 Obvodové stěny

U variant stěn 1 a 4 byl u tepelné izolace z minerální vlny započten vliv kotev. Kotvy byly uvažovány z nerezů a ΔU 0,012 W/(m²*K).

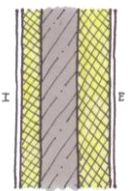
6.2.1.1 Varianta 1

Tabulka 3 – Skladba obvodové stěny varianta 1

schéma	materiál	tloušťka [m]			λ [W/(mK)]	R [m ² K/W]			nPEI [MJ]			GWP [kg CO ₂ ekv.]		
		0,07	0,10	0,18		2,01	2,87	5,04	3,88	5,52	9,70	0,25	0,35	0,62
	omítka	0,015			0,600	0,03			1,67			0,13		
	vápenopískové bloky	0,250			0,150	1,67			9,18			1,18		
	minerální vlna	0,07	0,10	0,18	0,035	2,01	2,87	5,04	3,88	5,52	9,70	0,25	0,35	0,62
	omítka	0,015			0,600	0,03			5,54			0,26		
	Σ	0,35	0,37	0,44		3,73	4,59	6,76	20,26	21,91	26,08	1,82	1,92	2,19
				U [W/m ² K]	0,28	0,23	0,16							

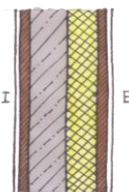
6.2.1.2 Varianta 2

Tabulka 4 – Skladba obvodové stěny varianta 2

schéma	materiál	tloušťka [m]			λ [(W/mK)]	R [(m ² K/W)]			nPEI [MJ]			GWP [kg CO2 ekv.]		
	omítka	0,015			0,600	0,03			1,67			0,13		
	polystyrenové bednění	0,048			0,031	1,55			5,14			0,20		
	beton	0,140			1,580	0,09			3,72			0,60		
	polystyrenové bednění	0,06	0,08	0,14	0,031	1,88	2,66	4,56	6,25	8,83	15,14	0,24	0,34	0,57
	omítka	0,015			0,600	0,03			5,54			0,26		
	Σ	0,28	0,30	0,36		3,57	4,35	6,25	22,31	24,89	31,20	1,43	1,52	1,76
					U [W/(m ² K)]	0,28	0,23	0,16						

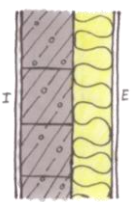
6.2.1.3 Varianta 3

Tabulka 5 – Skladba obvodové stěny varianta 3

schéma	materiál	tloušťka [m]			λ [(W/mK)]	R [(m ² K/W)]			nPEI [MJ]			GWP [kg CO2 ekv.]		
	omítka	0,015			0,600	0,03			1,67			0,13		
	štěpkocement. deska	0,035			0,110	0,32			2,35			0,30		
	beton	0,135			1,230	0,11			3,59			0,58		
	EPS	0,11	0,13	0,21	0,039	2,64	3,42	5,32	11,01	14,25	22,19	0,418	0,842	0,418
	štěpkocement. deska	0,050			0,110	0,45			3,36			0,44		
	omítka	0,015			0,600	0,03			5,54			0,26		
	Σ	0,35	0,38	0,46		3,57	4,35	6,25	27,52	30,76	38,70	2,13	2,25	2,55
				U [W/(m ² K)]	0,28	0,23	0,16							

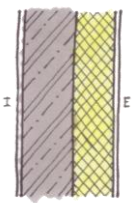
6.2.1.4 Varianta 4

Tabulka 6 – Skladba obvodové stěny varianta 4

schéma	materiál	tloušťka [m]			λ [W/(mK)]	R [(m ² K)/W]			nPEI [MJ]			GWP [kg CO2 ekv.]		
	omítka	0,015			0,600	0,03			1,67			0,13		
	bloky z lehčeného betonu (liapor)	0,240			0,500	0,48			139,97			13,77		
	minerální vlna	0,11	0,14	0,21	0,035	3,20	4,06	6,23	5,85	7,34	11,00	0,37	0,47	0,70
	omítka	0,015			0,600	0,03			5,54			0,26		
	Σ	0,38	0,41	0,48		3,73	4,59	6,76	153,1	154,5	158,2	14,54	14,63	14,87
				U [W/(m ² K)]	0,28	0,23	0,16							

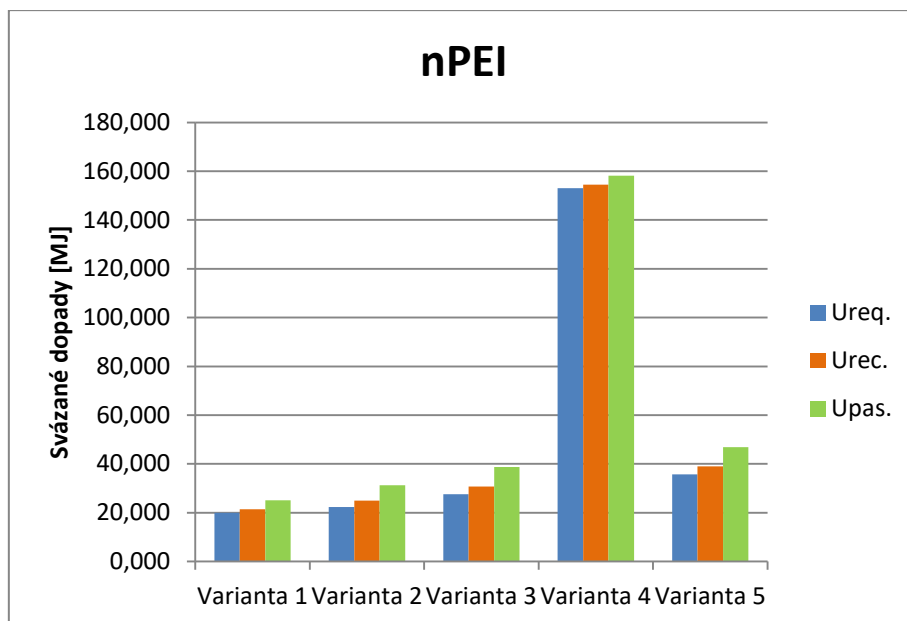
6.2.1.5 Varianta 5

Tabulka 7 – Skladba obvodové stěny varianta 5

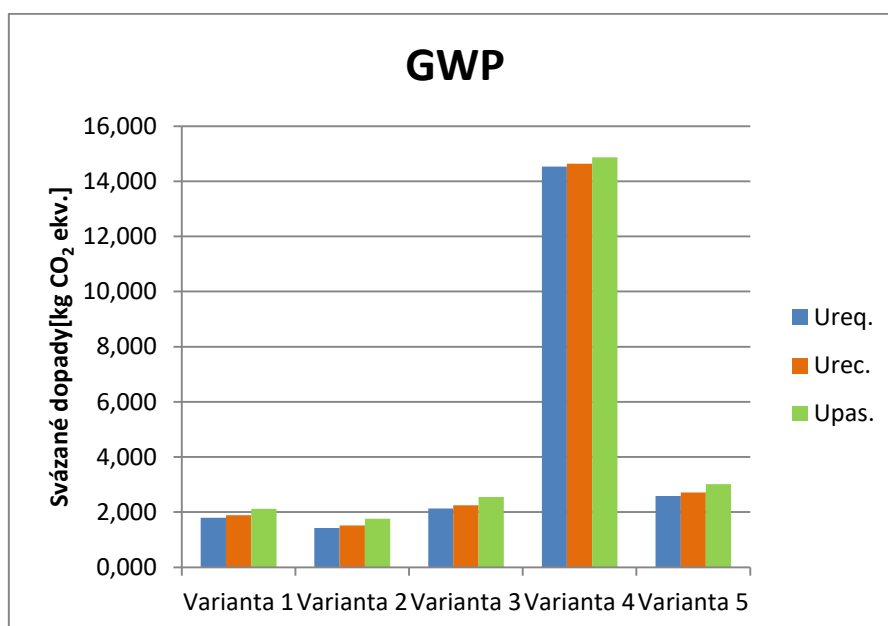
schéma	materiál	tloušťka [m]			λ [W/(mK)]	R [(m ² K)/W]			nPEI [MJ]			GWP [kg CO2 ekv.]		
	omítka	0,015			0,600	0,03			1,67			0,13		
	železobeton	0,200			1,580	0,13			14,31			1,66		
	EPS	0,13	0,16	0,24	0,039	3,39	4,17	6,07	14,17	17,41	25,34	0,54	0,66	0,96
	omítka	0,015			0,600	0,03			5,54			0,26		
	Σ	0,36	0,39	0,47		3,57	4,35	6,25	35,68	38,92	46,86	2,986	2,71	3,01
				U [W/(m ² K)]	0,28	0,23	0,16							

6.2.1.6 Porovnání dopadů

Z variant obvodových stěn měla nejnižší svázané dopady stěna z vápenopískových bloků a izolací z minerální vlny (Varianta 1) a stěna ze ztraceného bednění z polystyrenu (Varianta 2).



Graf 3 – Svázané dopady nPEI variant obvodových stěn

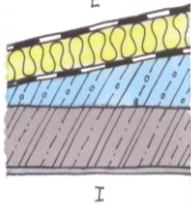


Graf 4 – Svázané dopady GWP variant obvodových stěn

6.2.2 Plochá střecha

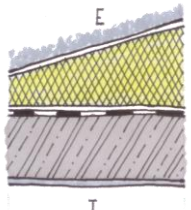
6.2.2.1 Varianta 1

Tabulka 8 – Skladba ploché střechy varianta 1

schéma	materiál	tloušťka [m]			λ [W/(mK)]	R [(m ² K)/W]			nPEI [MJ]			GWP [kg CO2 ekv.]		
	omítka	0,015			0,600	0,03			1,67			0,13		
	železobeton	0,200			1,580	0,13			14,31			1,66		
	lehčený beton	0,080			0,500	0,16			46,66			4,51		
	Parozábrana (foliová)	0,004			0,300	0,01			5,87			0,10		
	EPS	0,15	0,23	0,25	0,037	4,00	6,32	6,80	15,85	25,03	26,91	0,60	0,95	1,02
	Hydroizolace (asfaltová)	0,004			0,200	0,02			9,30			0,23		
	Σ	0,45	0,54	0,56		4,35	6,67	7,14	93,65	102,83	104,71	7,36	7,71	7,78
					U [W/(m ² K)]	0,23	0,15	0,14						

6.2.2 Varianta 2

Tabulka 9 – Skladba ploché střechy varianta 2

schéma	materiál	tloušťka [m]			λ [W/(mK)]	R [(m ² K)/W]			nPEI [MJ]			GWP [kg CO2 ekv.]		
	omítka	0,015			0,600	0,03			1,67			0,13		
	železobeton	0,200			1,580	0,13			14,31			1,66		
	Hydroizolace (asfaltová)	0,004			0,200	0,02			4,65			0,12		
	separační folie	0,004			0,350	0,01			13,26			0,44		
	XPS	0,14	0,22	0,24	0,034	4,10	6,42	6,90	13,42	21,00	22,56	13,69	21,43	23,02
	separační folie	0,004			0,350	0,01			13,26			0,44		
	kačírek	0,070			1,400	0,05			0,64			0,05		
Σ	0,44	0,52	0,53		4,35	6,67	7,14	61,21	68,79	70,35	3,36	3,66	3,72	
					U [W/(m ² K)]	0,23	0,15	0,14						

6.2.2.3 Varianta 3

Tabulka 10 – Skladba ploché střechy varianta 3

schéma	materiál	tloušťka [m]			λ [W/(mK)]	R [(m ² K)/W]			nPEI [MJ]			GWP [kg CO2 ekv.]		
	omítka	0,015			0,600	0,03			1,67			0,13		
	železobeton	0,200			1,580	0,13			14,31			1,66		
	Parozábrana (foliová)	0,004			0,300	0,01			5,87			0,15		
	EPS šedý	0,040			0,037	1,08			4,20			0,17		
	Hydroizolace (asfaltová)	0,004			0,200	0,02			9,30			0,23		
	separační folie	0,004			0,350	0,01			13,26			0,44		
	XPS	0,11	0,18	0,20	0,034	3,01	5,33	5,80	9,84	17,42	18,98	0,39	0,70	0,76
	separační folie	0,004			0,350	0,01			13,26			0,44		
	kačírek	0,070			1,400	0,05			0,64			0,05		
	Σ	0,44	0,52	0,54		4,35	6,67	7,14	72,34	79,93	81,48	3,65	3,95	4,02
						U [W/(m ² K)]	0,23	0,15	0,14					

6.2.2.4 Varianta 4

Tabulka 11 – Skladba ploché střechy varianta 4

schéma	materiál	tloušťka [m]			λ [W/(mK)]	R [(m ² K)/W]			nPEI [MJ]			GWP [kg CO2 ekv.]		
	omítka	0,015			0,600	0,03			1,67			0,13		
	předepjatý stropní dutinový panel	0,200			1,200	0,17			6,17			1,12		
	Parozábrana (foliová)	0,004			0,300	0,01			5,87			0,15		
	EPS	0,15	0,24	0,25	0,037	4,06	6,38	6,86	16,08	25,26	27,14	0,610	0,958	1,030
	Hydroizolace (asfaltová)	0,004			0,200	0,02			9,30			0,23		
	separační folie	0,004			0,350	0,01			13,26			0,44		
	kačírek	0,070			1,400	0,05			0,64			0,05		
	Σ	0,45	0,53	0,55		4,35	6,67	7,14	52,98	62,16	64,04	2,73	3,08	3,15
					U [W/(m ² K)]	0,23	0,15	0,14						

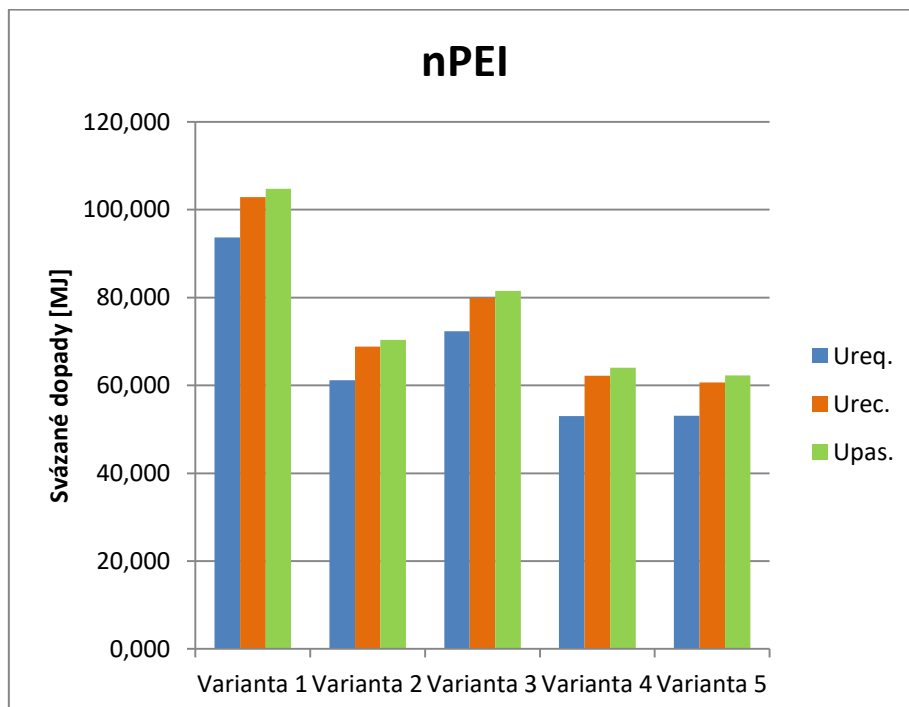
6.2.2.5 Varianta 5

Tabulka 12 – Skladba ploché střechy varianta 5

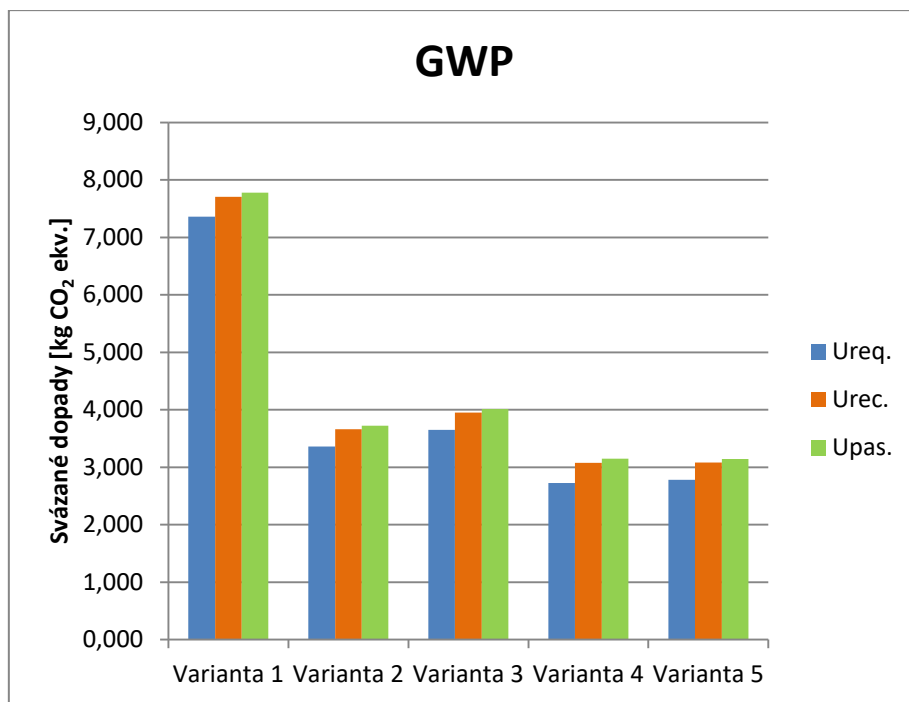
schéma	materiál	tloušťka [m]	λ [W/(mK)]	R [(m ² K)/W]	nPEI [MJ]	GWP [kg CO2 ekv.]
	omítka	0,015	0,600	0,03	1,67	0,13
	vápenopískové stropní vložky	0,250	0,160	1,56	9,88	1,22
	Hydroizolace (asfaltová)	0,004	0,200	0,02	4,65	0,12
	separační folie	0,004	0,350	0,01	13,26	0,44
	XPS	0,09 0,17 0,19	0,034	2,67 4,99 5,46	9,75 17,33 18,89	0,39 0,69 0,75
	separační folie	0,004	0,350	0,01	13,26	0,44
	kačírek	0,070	1,400	0,05	0,64	0,05
	Σ	0,44 0,52 0,53		4,35 6,67 7,14	53,11 60,69 62,25	2,78 3,09 3,14
			U [W/(m ² K)]	0,23 0,15 0,14		

6.2.2.6 Porovnání dopadů

Nejlépe vyšly varianty střech 4 a 5, které nemají nosnou konstrukci z monolitického železobetonu.



Graf 5 – Svázané dopady nPEI variant plochých střech



Graf 6 – Svázané dopady GWP variant plochých střeš

6.2.3 Podlaha nad nevytápěným prostorem

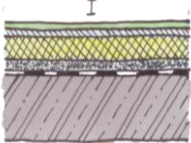
6.2.3.1 Varianta 1

Tabulka 13 – Skladba podlahy varianta 1

schéma	material	tloušťka [m]			λ	R [m ² K/W]			nPEI [MJ]			GWP [kg CO ₂ ekv.]		
					[W/mK]									
	železobeton	0,200			1,580	0,13			14,31			1,657		
	parotná folie	0,004			0,300	0,01			5,87			0,150		
	EPS	0,06	0,10	0,12	0,037	1,58	2,62	3,33	6,19	10,31	13,13	0,24	0,39	0,50
	separační folie	0,004			0,350	0,01			13,26			0,435		
	anhydrit	0,035			1,800	0,02			0,81			0,056		
	separační folie	0,004			0,350	0,01			13,26			0,435		
	dřevovláknitá deska	0,005			0,180	0,03			0,61			0,025		
	PVC	0,008			0,250	0,03			26,21			0,855		
	Σ	0,32	0,35	0,38		1,82	2,86	3,57	80,52	84,63	87,46	3,85	4,01	4,11
				U	[W/m²K]									
					0,55	0,35	0,28							

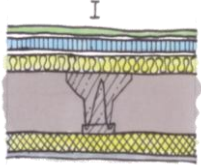
6.2.3.2 Varianta 2

Tabulka 14 – Skladba podlahy varianta 2

schéma	material	tloušťka [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	nPEI [MJ]	GWP [kg CO ₂ ekv.]
	železobeton	0,200	1,580	0,13	14,31	1,657
	parotní folie	0,004	0,300	0,01	5,87	0,150
	vyrovnávací podsyp	0,020	0,090	0,22	0,65	0,071
	EPS	0,05 0,09 0,11	0,037	1,33 2,37 3,08	5,21 9,32 12,15	0,20 0,35 0,46
	sádrovláknitá deska	0,025	0,320	0,08	3,24	0,294
	lepené lamelové dřevo	0,008	0,160	0,05	52,07	3,006
	Σ	0,30 0,34 0,37		1,82 2,86 3,57	81,34 85,45 88,28	5,37 5,53 5,64
	U [W/m²K]	0,55 0,35 0,28				

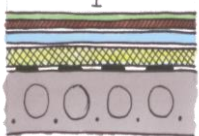
6.2.3.3 Varianta 3

Tabulka 15 – Skladba podlahy varianta 3

schéma	material	tloušťka [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	nPEI [MJ]	GWP [kg CO ₂ ekv.]
	omítka	0,015	0,600	0,03	1,67	0,133
	EPS	-0,03 0,01 0,03	0,037	-0,92 0,12 0,83	-2,58 1,75 4,58	-0,10 0,07 0,17
	vápenopískové stropní vložky+vybetonovaná	0,250	0,160	1,56	9,88	1,224
	parotní folie	0,004	0,300	0,01	5,87	0,150
	kročejová izolace	0,040	0,039	1,03	2,20	0,140
	separační folie	0,004	0,350	0,01	13,26	0,435
	cementový potěr	0,020	1,200	0,02	1,76	0,338
	separační folie	0,004	0,350	0,01	13,26	0,435
	korek	0,009	0,120	0,08	1,38	0,076
	Σ	0,31 0,35 0,37		1,82 2,86 3,57	46,70 51,03 53,86	2,83 3,00 3,10
	U [W/m²K]	0,55 0,35 0,28				

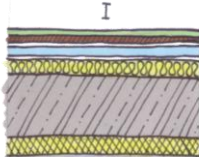
6.2.3.4 Varianta 4

Tabulka 16 – Skladba podlahy varianta 4

schéma	material	tloušťka [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	nPEI [MJ]	GWP [kg CO ₂ ekv.]
	předepjatý stropní dutinový panel	0,200	1,200	0,17	6,17	1,122
	parotná folie	0,004	0,300	0,01	5,87	0,150
	EPS šedý	0,05 0,08 0,10	0,031	1,48 2,52 3,23	4,77 8,15 10,48	0,19 0,33 0,42
	separační folie	0,004	0,350	0,01	13,26	0,435
	anhydrit	0,020	1,800	0,01	0,46	0,032
	separační folie	0,004	0,350	0,01	13,26	0,435
	dřevovláknitá deska	0,005	0,180	0,03	0,61	0,025
	korková vrstva	0,009	0,090	0,10	1,38	0,076
	Σ	0,29 0,32 0,34		1,82 2,86 3,57	45,78 49,16 51,49	2,47 2,60 2,69
				U [W/m ² K]	0,55 0,35 0,28	

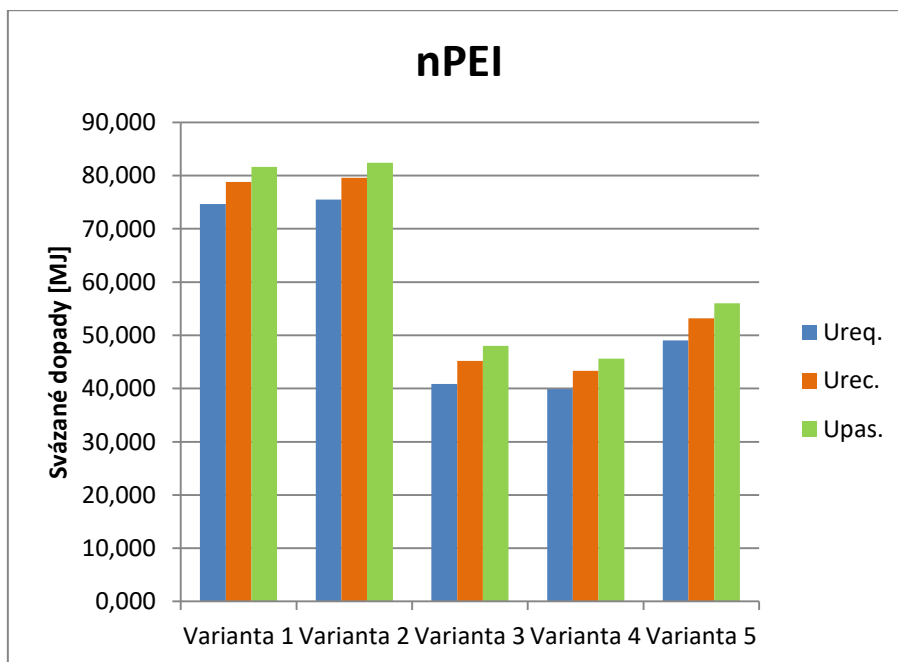
6.2.3.5 Varianta 5

Tabulka 17 – Skladba podlahy varianta 5

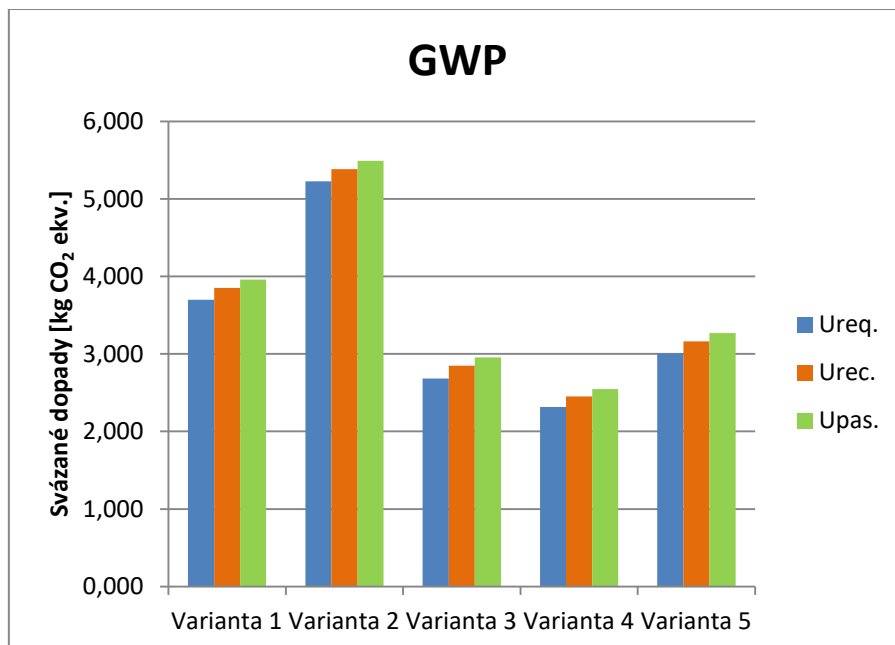
schéma	material	tloušťka [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	nPEI [MJ]	GWP [kg CO ₂ ekv.]
	omítka	0,015	0,600	0,03	1,67	0,133
	EPS	0,02 0,06 0,08	0,037	0,47 1,50 2,22	1,90 6,01 8,84	0,07 0,23 0,34
	železobeton	0,200	1,580	0,13	14,31	1,657
	parotná folie	0,004	0,300	0,01	5,87	0,150
	kročejeová izolace	0,040	0,039	1,03	2,20	0,140
	separační folie	0,004	0,350	0,01	13,26	0,435
	anhydrit	0,020	1,800	0,01	0,46	0,032
	separační folie	0,004	0,350	0,01	13,26	0,435
	dřevovláknitá deska	0,005	0,180	0,03	0,61	0,025
	korková vrstva	0,009	0,090	0,10	1,38	0,076
Σ	0,31 0,35 0,38		1,82 2,86 3,57	54,92 59,03 61,86	3,15 3,31 3,42	
			U [W/m ² K]	0,55 0,35 0,28		

6.2.3.6 Porovnání dopadů

U podlah nad nevytápěným prostorem vyšly stejně jako u střech nejlépe varianty s nosnou konstrukcí jinou než z monolitického železobetonu.



Graf 7 – Svázané dopady nPEI variant podlahy



Graf 8 – Svázané dopady GWP variant podlah

6.2.4 Výplně otvorů

Okna

K získání svázaných dopadů oken byla provedena analýza rozměrů oken na objektu. Na zadaném bytovém domě jsou okna s pěti různými výškovými rozměry. Ke každé výšce okna byl spočítán průměr šířek oken s danou výškou. Pro takto získané rozměry bylo spočteno procentuální zastoupení plochy zasklení a rámu a z hodnot byl stanoven průměr (viz Tabulka 18).

Tabulka 18 – Analýza rozměrů oken

výška	průměr šířek	poměr plochy zasklení	poměr plochy rámu
m	m	Ag [%]	Af [%]
2,08	1,31	73,33	26,67
2,02	2,7	81,06	18,94
1,62	2,05	76,18	23,82
0,9	1,57	63,54	36,46
0,8	2,3	64,12	35,88
průměr		71,65	28,35

V databázi Ecoinvent byla nalezena data pro zasklení (trojsklo) a pro rám (PVC). Tato data byla sečtena dle procent plochy zasklení a rámu získaných z analýzy.

Pro celý objekt i všechny varianty obálek byl pro zjednodušení brán stejný typ oken.

Dveře

Dveře v bytovém domě byly uvažovány dvojího typu. První typ jsou dveře nacházející se v interiéru. A druhým typem jsou vchodové dveře. Pro zjednodušení byly opět uvažovány oba typy dveří stejné pro všechny varianty obálek.

6.3 Varianty obálek budovy a porovnání svázaných dopadů

Z variant konstrukcí byly sestaveny varianty obálek budovy. Obálky byly pro větší přesnost výsledných dopadů doplněny o vnitřní konstrukce a o konstrukce suterénní stěny a podlahy. Vnitřní konstrukce se pro různé obálky liší. Skladba vnitřních konstrukcí byla vždy odvozena od skladby konstrukcí dané obálky. Skladba suterénní stěny a podlahy na terénu byla pro zjednodušení uvažována stejná pro všechny obálky.

6.3.1 Obálka1

První obálka byla složena z konstrukcí s co nejlepšími environmentálními parametry. Zároveň byla snaha, aby v nosné části konstrukcí měly hlavní zastoupení vápenopískové materiály (vápenopískové bloky a stropní vložky), aby konstrukce obálky byly materiálově sjednocené.

Tabulka 19 – Obálka 1

Obálka 1			Ureq. CZ		Urec. CZ		Upas. CZ		Ureq. IT		Urec. IT		Upas. IT	
typ konstrukce	varianta	plocha	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]
obvod. stěna	V1 - vápenopís. Bloky+MV	718	14 539	1 304	15 720	1 380	18 715	1 571	14 539	1 304	15 720	1 380	18 715	1 571
střecha	V5 - stropní vložky	250	13 288	695	15 185	771	15 575	787	13 288	695	15 185	771	15 575	787
podlaha	V3 - stropní vložky	387	15 803	1 039	17 480	1 102	18 575	1 144	15 803	1 039	17 480	1 102	18 575	1 144
terasa	stropní vložky+dlažba	132	7 265	451	8 268	491	8 474	499	7 265	451	8 268	491	8 474	499
suterénní stěna	železobeton + XPS	242	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510
podlaha na zemině	železobeton	387	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222
okno stěna	trojsklo + PVC rám	288	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387
okno suterén	trojsklo + PVC rám	6	480	28	480	28	480	28	480	28	480	28	480	28
vstupní dveře	dřevo	3	144	13	144	13	144	13	144	13	144	13	144	13
vnitřní nosné stěny	vápenopískové bloky	574	7 186	828	7 186	828	7 186	828	7 186	828	7 186	828	7 186	828
vnitřní příčky	vápenopískové bloky	670	5 312	572	5 312	572	5 312	572	5 312	572	5 312	572	5 312	572
stropní kce	stropní vložky	1024	43 184	2 765	43 184	2 765	43 184	2 765	43 184	2 765	43 184	2 765	43 184	2 765
dveře	dřevo	160	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345
Σ obálka			111 215	7 648	116 973	7 903	121 658	8 160	111 215	7 648	116 973	7 903	121 658	8 160
Σ celý dům			172 081	12 160	177 839	12 415	182 524	12 671	172 081	12 160	177 839	12 415	182 524	12 671

6.3.2 Obálka 2

Druhá obálka byla složena z konstrukcí s nejhoršími environmentálními parametry.

Tabulka 20 – Obálka 2

Obálka 2		plocha	Ureq. CZ		Urec. CZ		Upas. CZ		Ureq. IT		Urec. IT		Upas. IT	
typ konstrukce	varianta		nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP
			[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]
obvod. stěna	V4 - bloky z lehčeného betonu	718	109 809	10 433	110 880	10 501	113 506	10 669	109 809	10 433	110 880	10 501	113 506	10 669
střecha	V1 - žb + lehčený beton	250	23 431	1 841	25 728	1 929	26 200	1 947	23 431	1 841	25 728	1 929	26 200	1 947
podlaha	V2 - žb + lamelové dřevo	387	29 208	2 022	30 800	2 083	31 894	2 124	29 208	2 022	30 800	2 083	31 894	2 124
terasa	žb + lehčený beton+dlažba	132	12 997	1 096	14 210	1 142	14 459	1 152	12 997	1 096	14 210	1 142	14 459	1 152
suterén ní stěna	železobeton + XPS	242	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510
podlaha na zemině	železobeton	387	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222
okno stěna	trojsklo + PVC rám	288	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387
okno suterén	trojsklo + PVC rám	6	480	28	480	28	480	28	480	28	480	28	480	28
vstupní dveře	dřevo	3	144	13	144	13	144	13	144	13	144	13	144	13
vnitřní nosné stěny	bloky z lehčeného betonu	574	85 604	8 387	85 604	8 387	85 604	8 387	85 604	8 387	85 604	8 387	85 604	8 387
vnitřní příčky	bloky z lehčeného betonu	670	51 079	4 984	51 079	4 984	51 079	4 984	51 079	4 984	51 079	4 984	51 079	4 984
stropní kce	žb + lamelové dřevo	1 024	75 248	5 274	75 248	5 274	75 248	5 274	75 248	5 274	75 248	5 274	75 248	5 274
dveře	dřevo	160	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345
Σ obálka			235 764	19 552	241 938	19 814	246 379	20 051	235 764	19 552	241 938	19 814	246 379	20 051
Σ celý dům			452 880	38 543	459 054	38 805	463 495	39 042	452 880	38 543	459 054	38 805	463 495	39 042

6.3.3 Obálka 3

Pro třetí obálku byla vybrána konstrukce stěny se ztraceným bedněním z polystyrenu, která vyšla jako druhá nejlepší z hlediska svázaných dopadů. K ní byly vybrány konstrukce střechy a podlahy s železobetonovou nosnou vrstvou.

Tabulka 21 – Obálka 3

Obálka 3			Ureq. CZ		Urec. CZ		Upas. CZ		Ureq. IT		Urec. IT		Upas. IT	
typ konstrukce	varianta	plocha	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]	nPEI [MJ]	GWP [kgCO ₂ ekv.]
obvod. stěna	V2 - ztracené bednění EPS	718	16 013	1 023	17 861	1 093	22 389	1 265	16 013	1 023	17 861	1 093	22 389	1 265
střecha	V2 - žb + XPS	250	15 314	840	17 211	916	17 601	932	15 314	840	17 211	916	17 601	932
podlaha	V5 - žb + EPS + korek	387	18 983	1 163	20 574	1 223	21 669	1 265	18 983	1 163	20 574	1 223	21 669	1 265
terasa	žb + XPS+dlažba	132	8 672	564	9 674	604	9 880	613	8 672	564	9 674	604	9 880	613
suterénní stěna	železobeton + XPS	242	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510
podlaha na zemině	železobeton	387	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222
okno stěna	trojsklo + PVC rám	288	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387
okno suterén	trojsklo + PVC rám	6	480	28	480	28	480	28	480	28	480	28	480	28
vstupní dveře	dřevo	3	144	13	144	13	144	13	144	13	144	13	144	13
vnitřní nosné stěny	ztracené bednění EPS	574	10 255	771	10 255	771	10 255	771	10 255	771	10 255	771	10 255	771
vnitřní příčky	vápenopískové bloky	670	5 312	572	5 312	572	5 312	572	5 312	572	5 312	572	5 312	572
stropní kce	žb + EPS + korek	1 024	47 730	2 967	47 730	2 967	47 730	2 967	47 730	2 967	47 730	2 967	47 730	2 967
dveře	dřevo	160	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345
Σ obálka			119 301	7 750	125 641	7 996	131 859	8 233	119 301	7 750	125 641	7 996	131 859	8 233
Σ celý dům			187 782	12 406	194 122	12 652	200 340	12 889	187 782	12 406	194 122	12 652	200 340	12 889

6.3.4 Obálka 4

V obálce 4 je stěna s bedněním ze štěpkocementových desek (systém Velox [\[13\]](#)) doplněná o konstrukce podlahy a střechy a nosnou částí z předepjatých stropních dutinových panelů.

Tabulka 22 – Obálka 4

Obálka 4		plocha	Ureq. CZ		Urec. CZ		Upas. CZ		Ureq. IT		Urec. IT		Upas. IT	
typ konstrukce	varianta		nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP
			[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]
obvod. stěna	V3 - bednění štěpkocement. Desky	717,6	19 750	1 527	22 075	1 616	27 772	1 832	19 750	1 527	22 075	1 616	27 772	1 832
střecha	V4	250,21	13 255	682	15 552	769	16 024	787	13 255	682	15 552	769	16 024	787
podlaha	V4	387,01	15 446	896	16 756	949	17 656	985	15 446	896	16 756	949	17 656	985
terasa		132,2	7 584	481	8 798	527	9 047	536	7 584	481	8 798	527	9 047	536
suterén ní stěna	železobeton + XPS	241,85	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510
podlaha na zemině	železobeton	387,01	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222
okno stěna	trojsklo + PVC rám	288	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387
okno suterén	trojsklo + PVC rám	5,75	480	28	480	28	480	28	480	28	480	28	480	28
vstupní dveře	dřevo	2,6	144	13	144	13	144	13	144	13	144	13	144	13
vnitřní nosné stěny	bednění štěpkocement. desky	574	7 366	946	7 366	946	7 366	946	7 366	946	7 366	946	7 366	946
vnitřní příčky	bednění štěpkocement. desky	670	7 172	873	7 172	873	7 172	873	7 172	873	7 172	873	7 172	873
stropní kce	žb	1024,19	43 184	2 765	43 184	2 765	43 184	2 765	43 184	2 765	43 184	2 765	43 184	2 765
dveře	dřevo	160	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345
Σ obálka			116 355	7 747	123 500	8 021	130 818	8 300	116 355	7 747	123 500	8 021	130 818	8 300
Σ celý dům			179 262	12 676	186 407	12 950	193 725	13 230	179 262	12 676	186 407	12 950	193 725	13 230

6.3.5 Obálka 5

Obvodová stěna byla pro tuto obálku vybrána z vápenopískových bloků, na rozdíl od obálky 1 je však střešní i podlahová konstrukce zvolena s nosnou vrstvou z železobetonu.

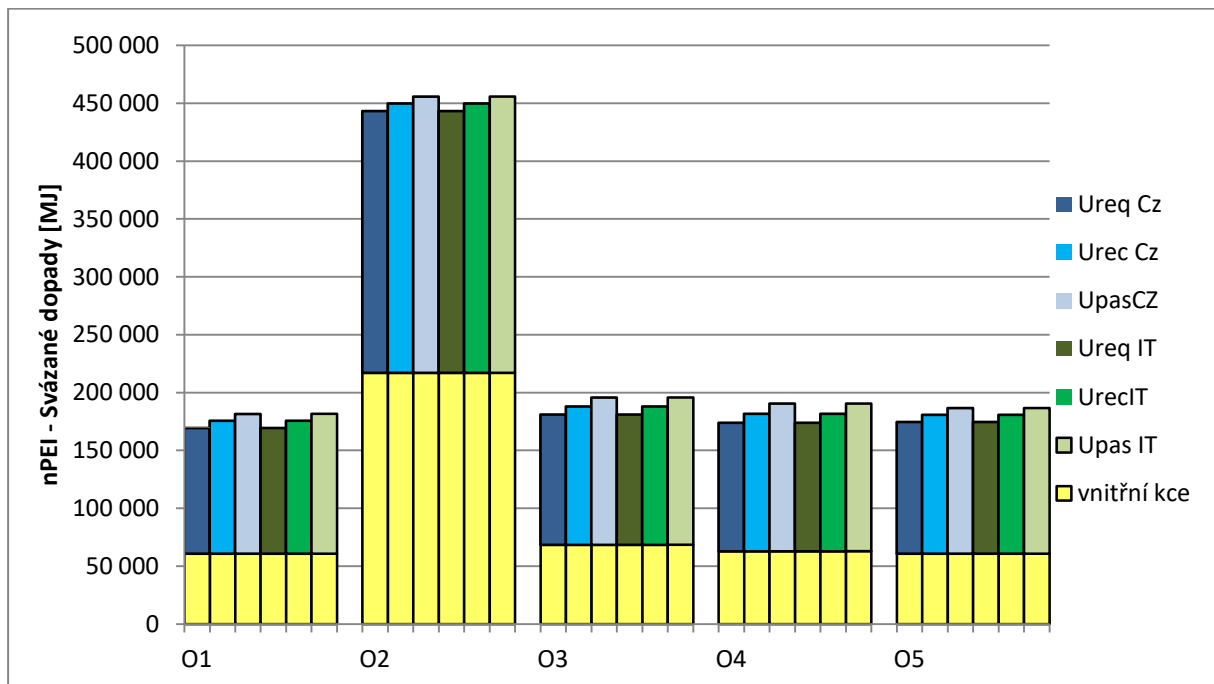
Tabulka 23 – Obálka 5

Obálka 5		plocha	Ureq. CZ		Urec. CZ		Upas. CZ		Ureq. IT		Urec. IT		Upas. IT	
typ konstrukce	varianta		nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP
			[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]	[MJ]	[kgCO ₂ ekv.]
obvod. stěna	V1 - vápenopísk. Bloky+MV	717,6	14 539	1 304	15 720	1 380	18 715	1 571	14 539	1 304	15 720	1 380	18 715	1 571
střeška	V2 - žb + XPS	250,21	15 314	840	17 211	916	17 601	932	15 314	840	17 211	916	17 601	932
podlaha	V5 - žb + EPS + korek	387,01	18 983	1 163	20 574	1 223	21 669	1 265	18 983	1 163	20 574	1 223	21 669	1 265
terasa	žb + XPS+dlažba	132,2	8 672	564	9 674	604	9 880	613	8 672	564	9 674	604	9 880	613
suterénní stěna	železobeton + XPS	241,85	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510	7 229	510
podlaha na zemině	železobeton	387,01	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222	28 421	2 222
okno stěna	trojsklo + PVC rám	288	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387	24 045	1 387
okno suterén	trojsklo + PVC rám	5,75	480	28	480	28	480	28	480	28	480	28	480	28
vstupní dveře	dřevo	2,6	144	13	144	13	144	13	144	13	144	13	144	13
vnitřní nosné stěny	vápenopískové bloky	574	7 186	828	7 186	828	7 186	828	7 186	828	7 186	828	7 186	828
vnitřní příčky	vápenopískové bloky	670	5 312	572	5 312	572	5 312	572	5 312	572	5 312	572	5 312	572
stropní kce	žb+EPS+korek	1024,19	47 730	2 967	47 730	2 967	47 730	2 967	47 730	2 967	47 730	2 967	47 730	2 967
dveře	dřevo	160	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345	5 184	345
Σ obálka			117 827	8 031	123 500	8 283	128 185	8 539	117 827	8 031	123 500	8 283	128 185	8 539
Σ celý dům			183 238	12 745	188 912	12 996	193 596	13 253	183 238	12 745	188 912	12 996	193 596	13 253

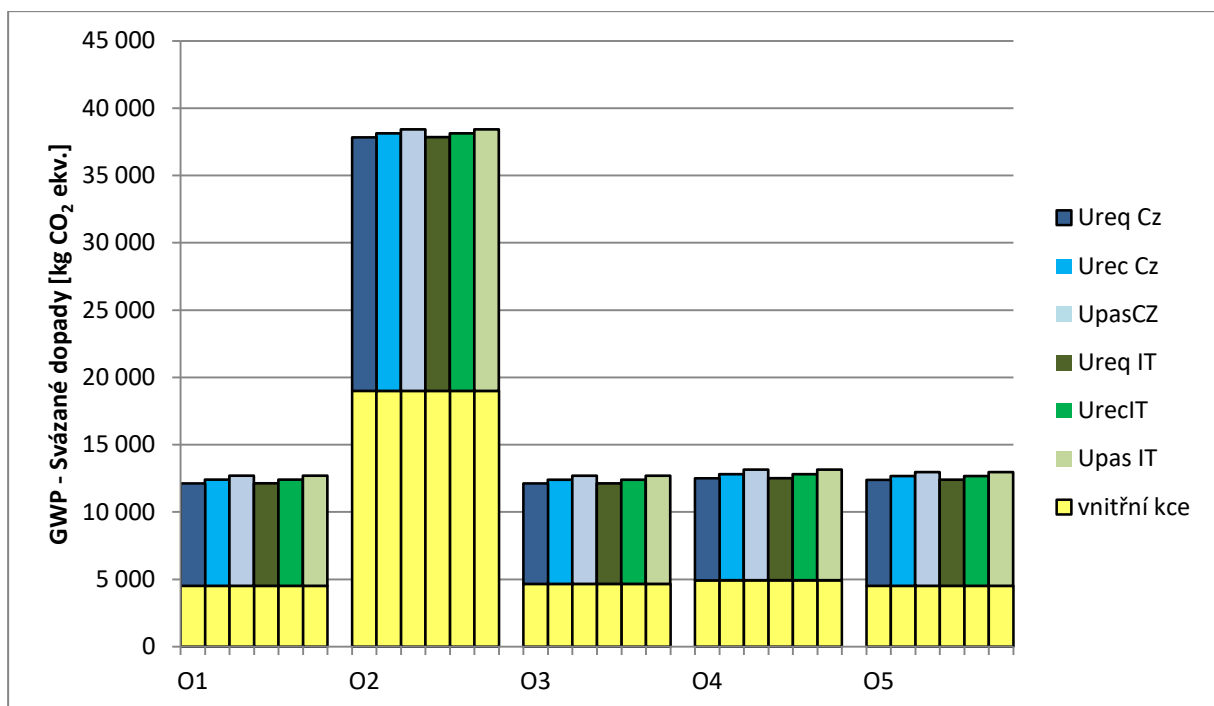
6.3.6 Porovnání dopadů

Svázané dopady pro celý dům pro jednotlivé obálky zobrazuje Graf 9 (pro hodnoty nPEI) a Graf 10 (pro hodnoty GWP). Nejnižší svázané dopady má vždy varianta pro požadovaný součinitel prostupu tepla (U_{req}), protože má nejtěsnější vrstvu tepelné izolace. Obálka 2 byla složena z konstrukcí, které měly jednotlivě nejvyšší svázané dopady. Jak tedy bylo možné předpokládat tato varianta obálky má nejvyšší dopady pro celý dům. Mezi hodnotami dopadů ostatních variant obálek nebyl tak velký rozdíl. Z hlediska spotřeby neobnovitelné

primární energie vychází nejlépe obálka 1 (skladba obálky viz Tabulka 19). Z hlediska potenciálu globálního oteplování mají nejnižší dopad obálky 1 a 3, které se liší pouze v rádech jednotek.



Graf 9 – nPEI – svázané dopady variant obálek



Graf 10 – GWP – svázané dopady variant obálek

Výsledné celkové svázané dopady shrnuje Tabulka 24. Pro snazší přehled a porovnání byly hodnoty v tabulce barevně podbarveny tak že červená znázorňuje vždy nejvyšší hodnoty svázaných dopadů v každém řádku a zelená nejnižší.

Tabulka 24 – Celkové svázané dopady pro varianty obálek

		O1	O2	O3	O4	O5
PEI	Ureq CZ	172 081	452 880	187 782	179 262	183 238
	Urec CZ	177 839	459 054	194 122	186 407	188 912
	Upas CZ	182 524	463 495	200 340	193 725	193 596
	Ureq IT	172 081	452 880	187 782	179 262	183 238
	Urec IT	177 839	459 054	194 122	186 407	188 912
	Upas IT	182 524	463 495	200 340	193 725	193 596
GWP	Ureq CZ	12 160	38 543	12 406	12 676	12 745
	Urec CZ	12 415	38 805	12 652	12 950	12 996
	Upas CZ	12 671	39 042	12 889	13 230	13 253
	Ureq IT	12 160	38 543	12 406	12 676	12 745
	Urec IT	12 415	38 805	12 652	12 950	12 996
	Upas IT	12 671	39 042	12 889	13 230	13 253

7 Provozní dopady

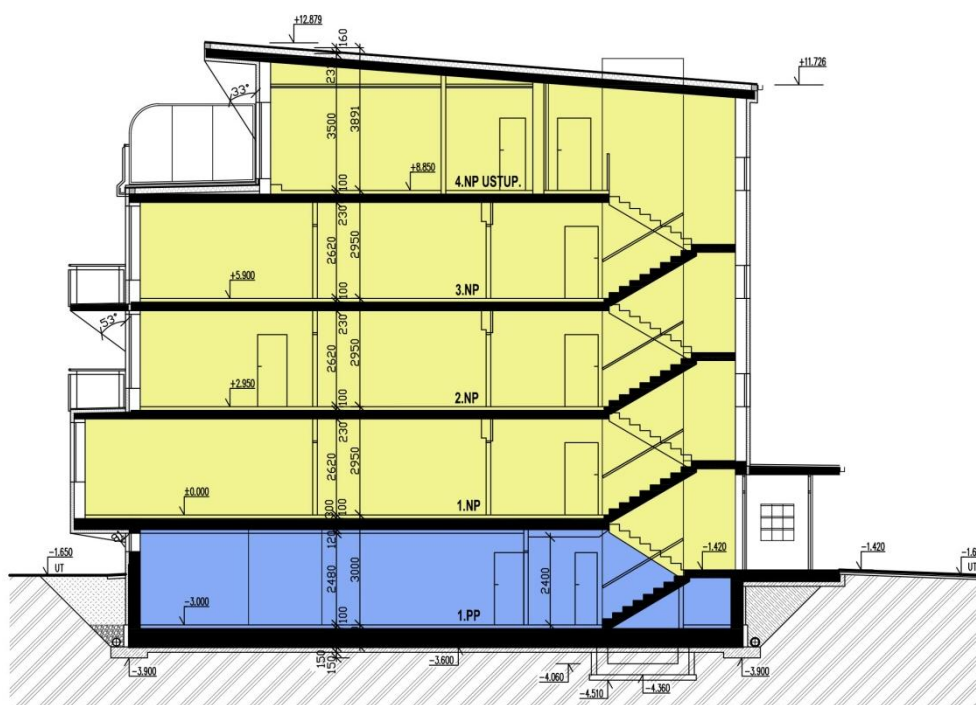
V této kapitole byly pro jednotlivé obálky spočítány dopady na životní prostředí týkající se užívání a provozu budovy. Pro zjednodušení byla uvažována jen potřeba tepla na vytápění, která je značně ovlivněna stavebně-technickým řešením zadané budovy na rozdíl od ostatních provozních energií (energie na přípravu teplé vody, úpravy a rozvod vzduchu, chlazení, osvětlení a další spotřebiče).

7.1 Použité metody

7.1.1 Potřeba tepla na vytápění

Výpočet potřeby tepla na vytápění byl proveden měsíční metodou dle normy ČSN EN 13790 [10].

Nejprve byla určena hranice hodnocené zóny, pro kterou má být výpočet tepla proveden. V této práci jsou hodnocenou zónou všechna čtyři nadzemní podlaží. Zónu ohraničují obvodové stěny, střecha domu a strop 1. PP. (Zóna je zobrazena žlutou barvou na Obr. 18). Jelikož obytné prostory tvoří většinou část vytápěné zóny (cca 90%), nebyla tato zóna pro potřeby výpočtů rozdělena na obytné prostory a komunikační prostory.



Obr. 18 – Zóny bytového domu [9]

Pro výpočet potřeby tepla byly stanoveny hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí, které tvoří obálku hodnocené zóny. Různé tepelněizolační úrovně mají odlišnou tloušťku konstrukcí, proto byly pro zjednodušení uvažovány jednotné rozměry budovy. Pro účely práce je důležité především porovnat jednotlivé tepelněizolační varianty obálek. Určení zcela přesných hodnot potřeb tepla na vytápění tak není rozhodující.

Dalším krokem je výpočet tepelných ztrát a zisků. Byly spočteny tepelné ztráty prostupem a větráním. Ztráty prostupem zohledňují tepelněizolační kvalitu obálky a vliv tepelných vazeb a mostů. Ztráty větráním jsou provázány s počtem osob a potřebou čerstvého vzduchu.

Uvažovány byly solární zisky a tepelné zisky od osob. Výpočet solárních zisků zahrnuje různé korekční činitele zastínění (např. pro stínění horizontem, markýzou a bočními žebry), korekční činitele clonění, rámu. Hodnoty těchto korekčních činitelů lze vyčíst z grafů v normě ČSN EN 13790 [10]. Byla stanovena hodnota korekčního činitele stínění pro jednotlivá okna. Celkový korekční činitel pro každou fasádu byl spočten jako průměr činitelů všech oken z dané fasády. Ke stanovení korekčního činitele clonění F_c byly jako sluneční clony uvažovány vnější žaluzie (viz Příloha 2). Vnitřní tepelné zisky souvisí nejen s počtem osob, ale také s počtem bytových jednotek. Zadaný bytový dům má celkem 17 bytů. Na každý byt jsou dle jeho velikosti uvažovány 2 až 3 osoby. Celkový počet osob byl stanoven na 42. Tepelné zisky byly redukovány činitelem využitelnosti tepelných zisků ($\eta_{H,gn}$).

Byla zvolena klimatická data pro dvě území, Prahu a Padovu (viz kapitola Metoda práce). Z programu Meteonorm byly získány průměrné měsíční teploty a množství slunečního záření na jednotlivé fasády, podle orientace ke světovým stranám. (viz Graf 1 a Graf 2)

Tabulka 25 shrnuje některá data, která se pro různé tepelněizolační úrovně liší. Další data jsou uvedena v Příloha 2.

Tabulka 25 – vstupní data pro výpočet potřeby tepla na vytápění

Vstupní data				
obestavěný objem	m ³	4 279		
obestavěný objem (včetně sut.)	m ³	5 440		
energeticky vztažná plocha A _c	m ²	1 431		
počet osob		42		
počet bytů		17		
Součinitelé prostupu tepla	m ²	U _{req}	U _{rec}	U _{pas}
Stěna vnější	717,6	0,28	0,23	0,16
Střecha plochá + terasy	382,41	0,23	0,15	0,14
Strop z vytápěného k nevytápěnému prostoru	387,01	0,55	0,35	0,28
Výplň otvoru ve vnější stěně, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	288	1,5	1,2	0,7
celková energetická propustnost zasklení	g	0,73		
poměr plochy zasklení k celkové ploše prvku	F _F	0,74		
korekční činitel clonění (vnější žaluzie)	F _C	0,45		
přirážka na tepelné vazby a mosty		0,05	0,05	0,02
násobnost výměny vzduchu v zóně při tlakovém rozdílu 50 Pa	n ₅₀	1	1	0,6
účinnost zpětného získávání tepla	n _{ztt}	0,75		

Byl proveden výpočet potřeby tepla pro jednotlivé tepelněizolační úrovně obálky a pro české i italské klimatické podmínky.

7.1.2 Stanovení provozních dopadů

Byly zvoleny 3 varianty zdrojů energie/tepla:

- Kotel na dřevěné peletky
- Kotel na zemní plyn
- Elektrokotel

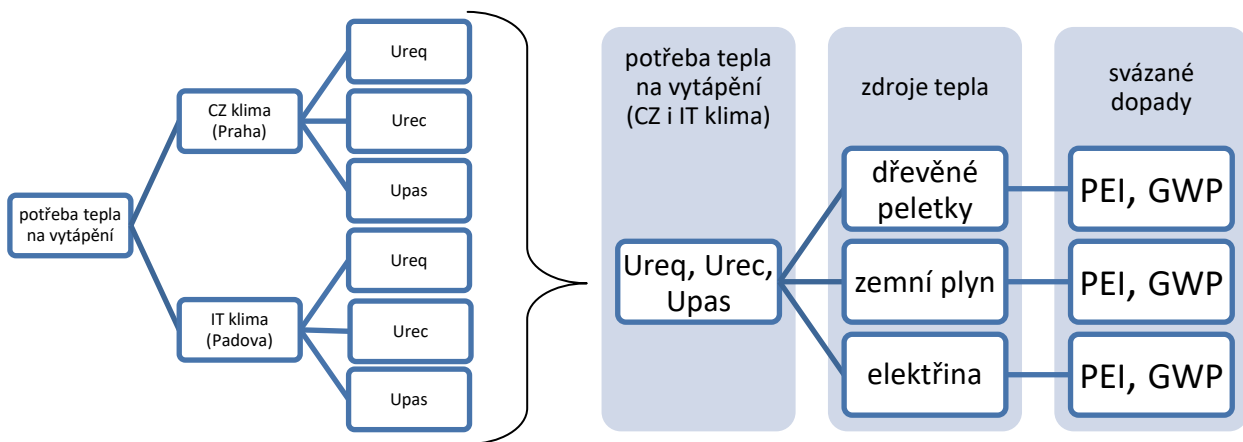
K těmto zdrojům tepla byla dohledána účinnost a emisní a konverzní faktory (viz Tabulka 26). Účinnost byla stanovena dle TNI 73 0331, 2013 [11]. Emisní a konverzní faktory byly převzaty z přílohy metodiky SBToolCZ [12].(viz Příloha 5)

Aby mohl být proveden výpočet provozních dopadů, musela být potřeba tepla na vytápění přepočtena na spotřebu energie. Tabulka 26 shrnuje hodnoty účinností jednotlivých zdrojů tepla a jejich environmentální faktory.

Tabulka 26 – vstupní data pro výpočet provozních dopadů [11], [12]

zdroj tepla	Účinnost [%]				Environmentální faktory	
	zdroj	distribuce	sdílení	celkem	PEI [MJ/MJ]	GWP [kg/MJ]
kotel na dřevěné peletky	0,80	0,87	0,88	0,61	0,15	0,015
kotel na zemní plyn	0,94	0,87	0,88	0,72	1,20	0,072
elektrická energie	0,94	0,87	0,88	0,72	3,00	0,211

Provozní dopady byly počítány pro všechny hodnoty potřeby tepla.



7.2 Výsledky a porovnání provozních dopadů

Výsledky jsou shrnuty v tabulce Tabulka 27.

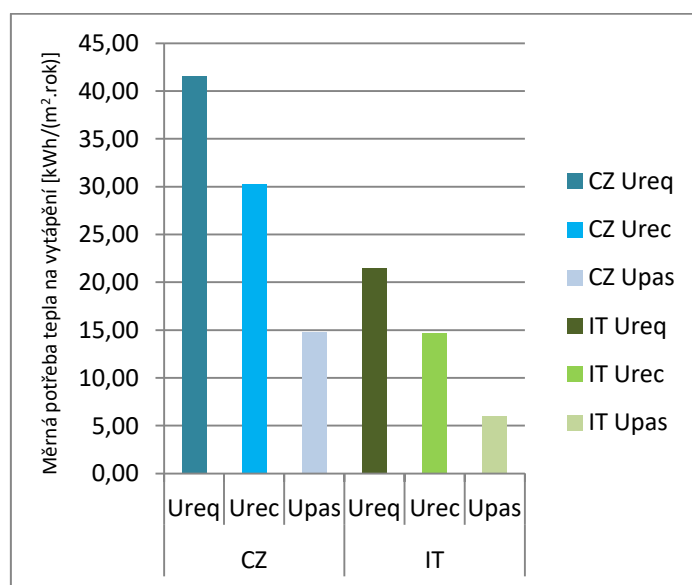
Tabulka 27 – potřeby tepla na vytápění

		CZ			IT		
		Ureq	Urec	Upas	Ureq	Urec	Upas
průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	[W/(m ² .K)]	0,51	0,41	0,26	0,51	0,41	0,26
měrná potřeba tepla na vytápění e_A	[kWh/(m ² .rok)]	41,49	30,21	14,72	21,41	14,69	6,01
potřeba tepla na vytápění Q_{nd}	[kWh/rok]	59 358	43 219	21 054	30 635	21 021	8 601
	[MJ/rok]	213 689	155 589	75 794	110 287	75 676	30 964

Na průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} jsou kladeny požadavky dle normy ČSN 730540-2 [15]. Norma udává, že nové bytové domy musí splňovat podmínku $U_{em} \leq U_{em, N}$, kde $U_{em, N}$ je pro nové bytové domy rovno maximálně 0,5 W/(m². K). Tato podmínka nebyla pro požadované hodnoty (U_{req}) splněna a bylo by nutné zvětšit tloušťku tepelné izolace u některých konstrukcí případně vyměnit výplně otvorů. Pro pasivní budovy je doporučená hodnota hodnota 0,3 W/(m². K), která byla pro U_{pas} splněna. Měrná potřeba tepla na

vytápění pro U_{pas} také splňuje hodnotu pro pasivní domy, která má být menší nebo rovna 15 kWh/(m².rok).

Porovnání výsledků znázorňuje Graf 11. Z grafu vyplývá, že v italských klimatických podmínkách, vychází cca poloviční hodnoty potřeb tepla na vytápění, zejména kvůli vyšším solárním ziskům. Solární zisky vychází pro Itálii (Padova) v průměru 1,6x vyšší než pro Českou republiku (Praha). (měsíční dávka ozáření viz Graf 2 v kapitole Metoda práce)



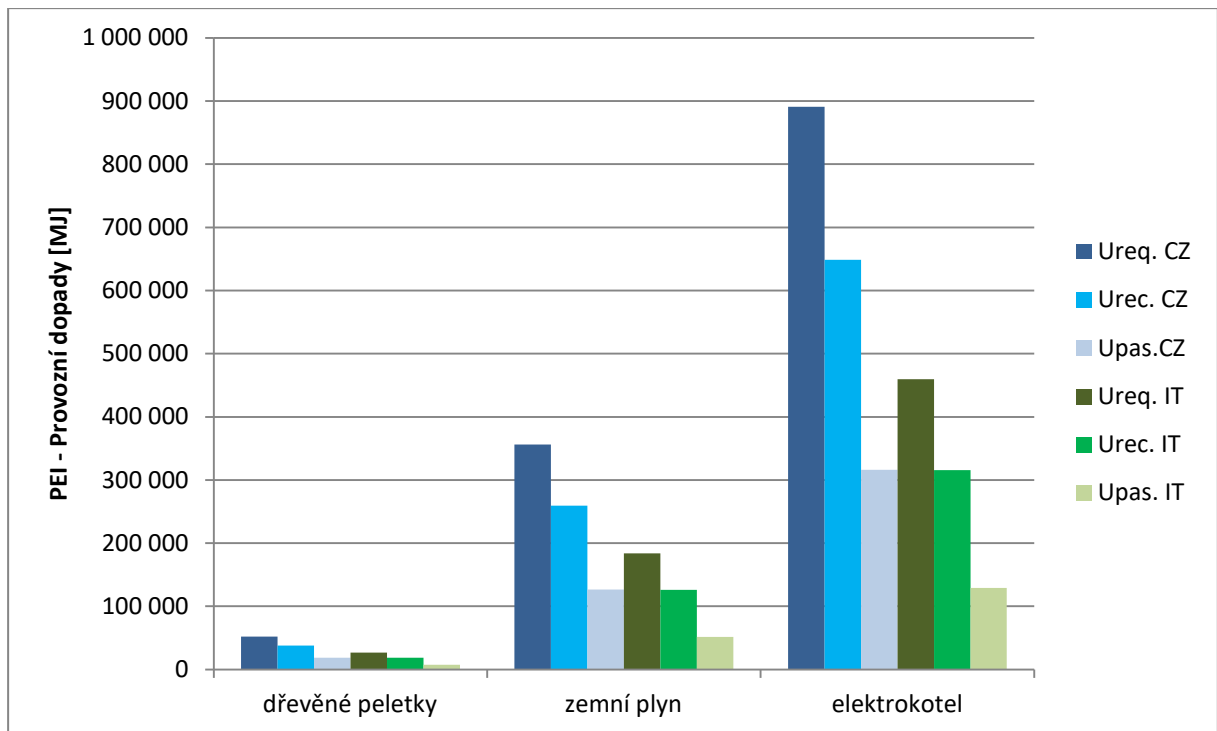
Graf 11 – měrné potřeby tepla na vytápění

Z potřeby tepla na vytápění byly vypočteny provozní dopady pro různé zdroje tepla (viz Tabulka 28, Graf 12 a Graf 13).

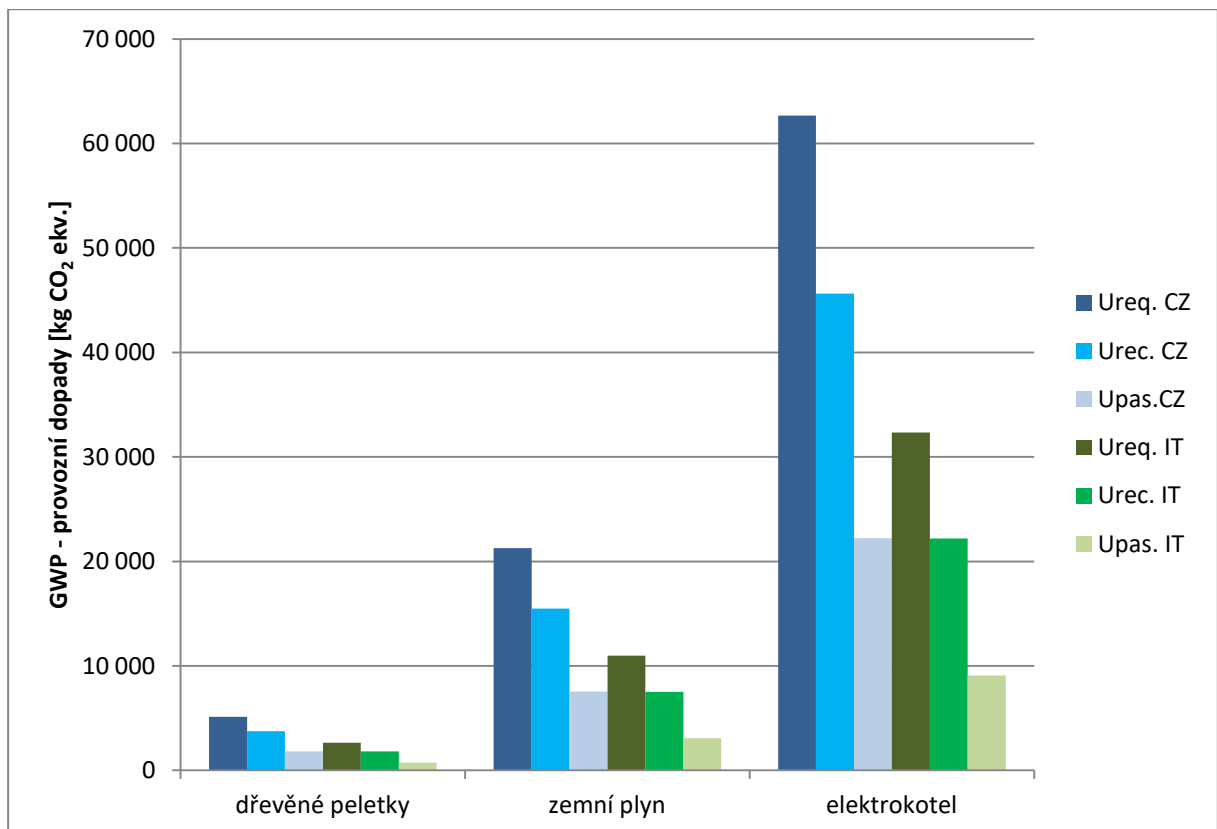
Tabulka 28 – provozní dopady pro tři varianty zdrojů tepla

	dřevěné peletky		zemní plyn		elektrokotel	
	nPEI	GWP	nPEI	GWP	nPEI	GWP
Ureq. CZ	52 334	5 129	356 315	21 260	890 788	62 652
Urec. CZ	38 105	3 734	259 436	15 480	648 589	45 617
Upas.CZ	18 562	1 819	126 383	7 541	315 957	22 222
Ureq. IT	27 010	2 647	183 898	10 973	459 744	32 335
Urec. IT	18 534	1 816	126 186	7 529	315 465	22 188
Upas. IT	7 583	743	51 630	3 081	129 076	9 078

Nižší provozní dopady mají konstrukce s lepší tepelněizolační úrovní obálky, které mají nižší potřebu tepla na vytápění. Z grafů vychází jako nejlepší zdroj tepla kotel na dřevěné peletky, který jako jediný z posuzovaných zdrojů tepla využívá obnovitelných zdrojů, které mají nižší environmentální dopady.



Graf 12 – Provozní dopady PEI pro tři varianty zdrojů tepla

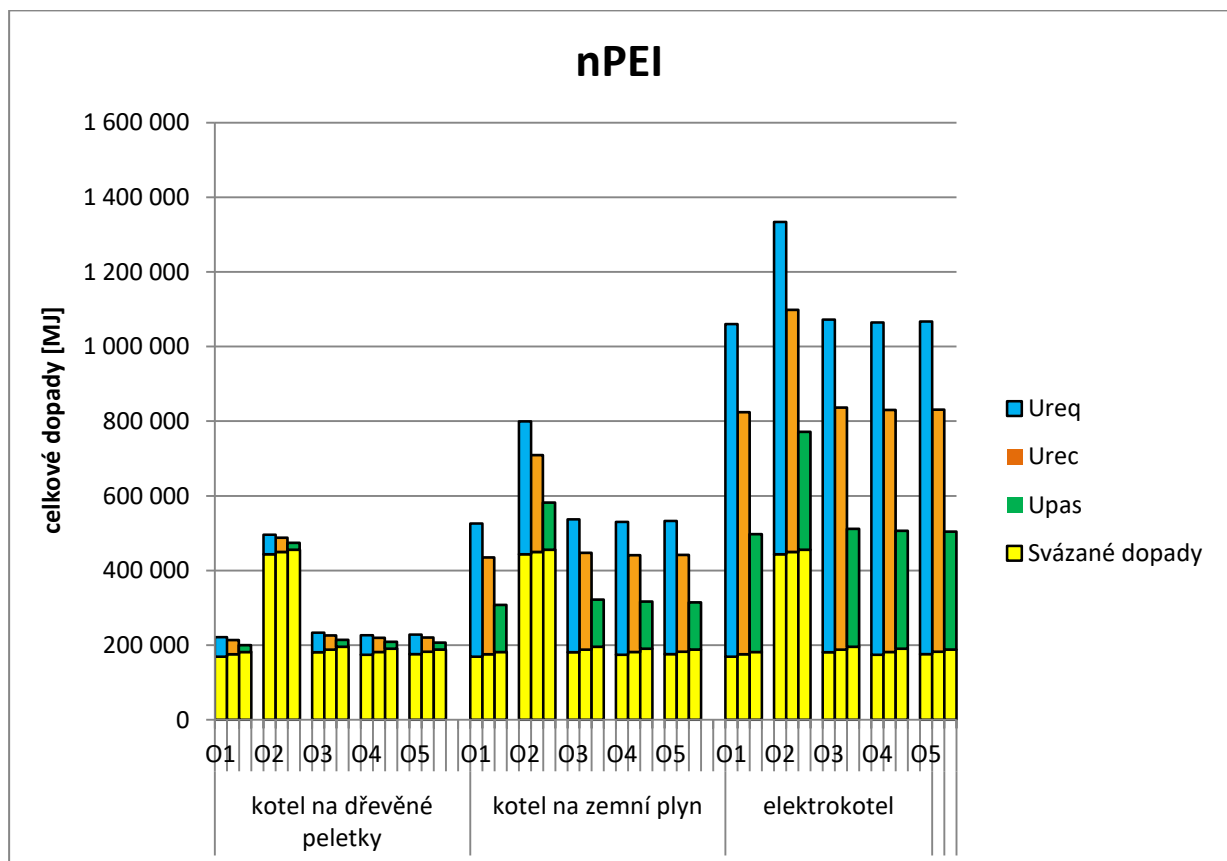


Graf 13 – Provozní dopady GWP pro tři varianty zdrojů tepla

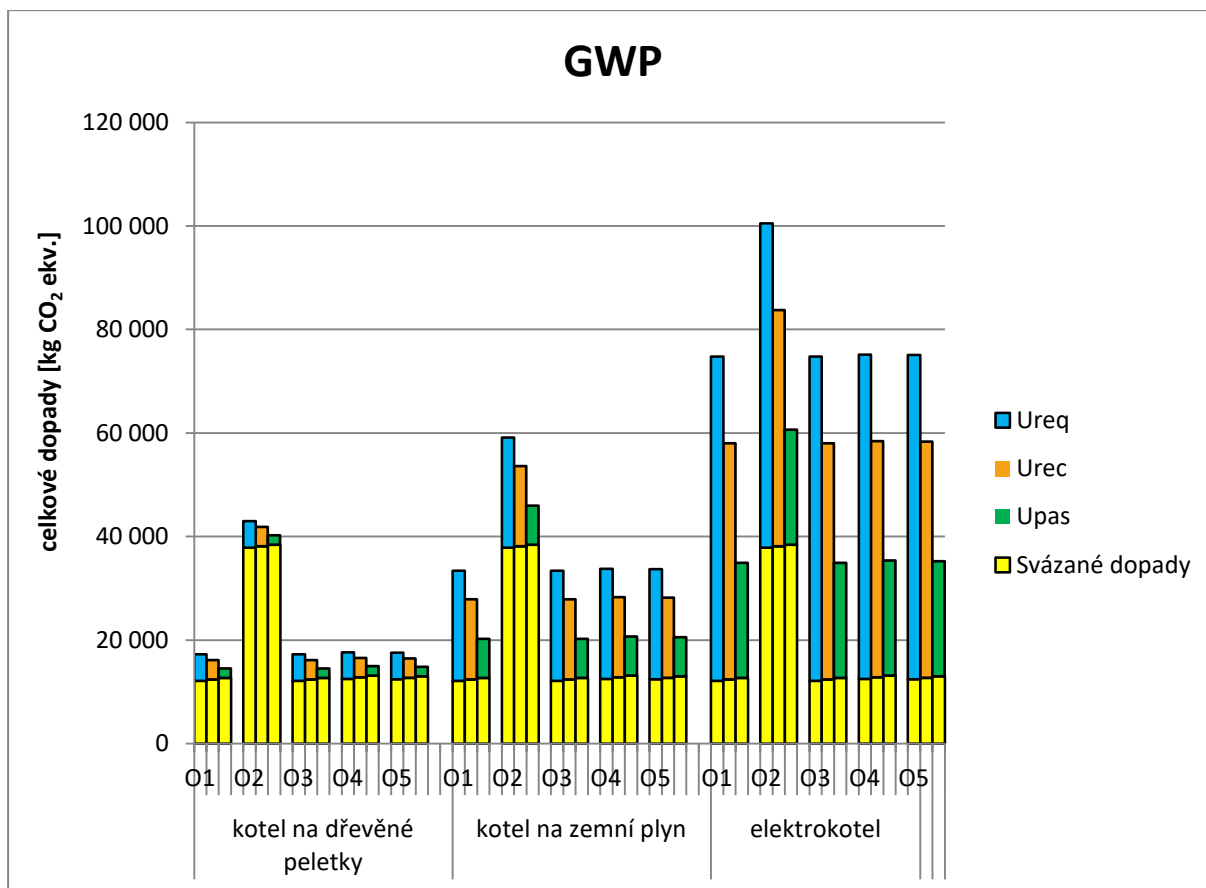
8 Celkové environmentální dopady a výběr optimální varianty

Celkové environmentální dopady byly získány součtem svázaných a provozních dopadů pro jednotlivé varianty obálek a zdrojů tepla. Celkové dopady byly spočteny pro dvě období: pro 1 rok (viz Graf 14 a Graf 15) a pro 50 let (viz Graf 16 a Graf 17). Objekt byl navržen na životnost 50 let, takže svázané dopady byly započteny jen jednou, čímž bylo do výpočtu vneseno zkresení, jelikož uvažovaná životnost některých materiálů je jen 25 let. Provozní dopady bytového domu se s každým rokem nasčítávají, do celkových dopadů jsou tudíž vždy vynásobeny plánovanou životností.

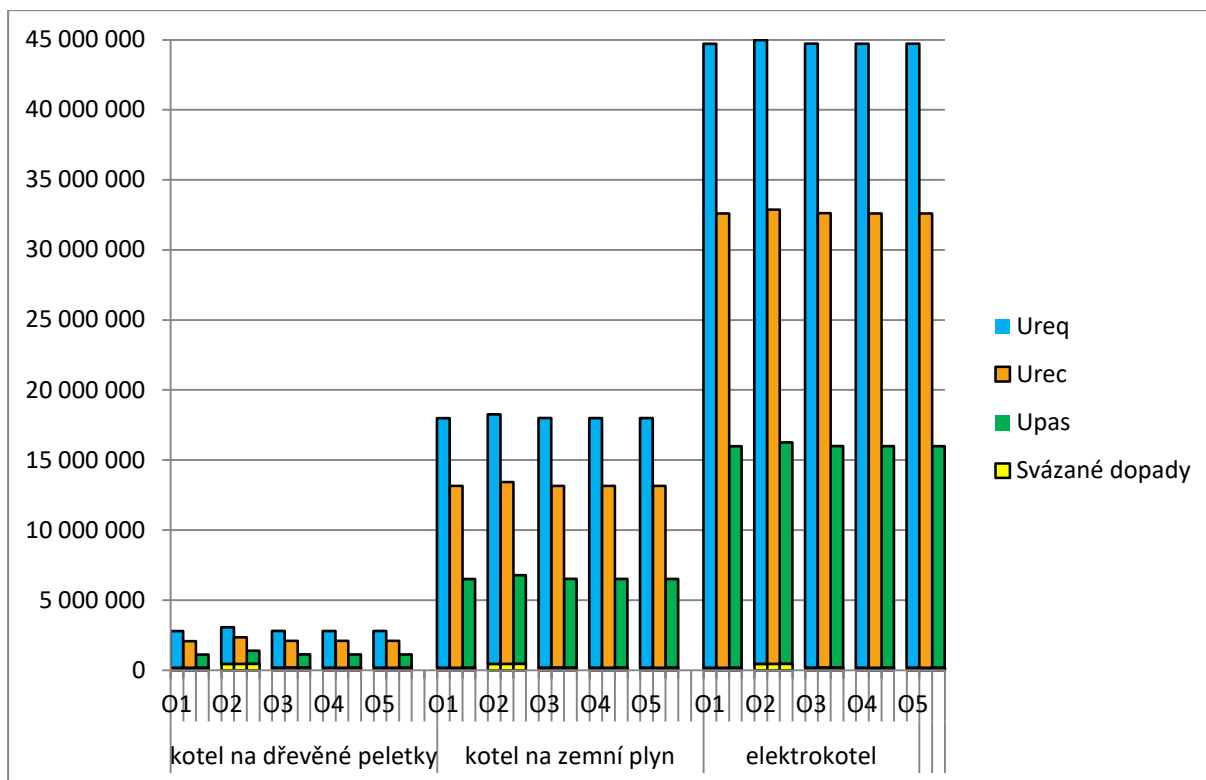
U obou environmentálních parametrů byl zjištěn podobný trend výsledků. Pokud vyjde jeden parametr pro jednu variantu nejhůře je pravděpodobné, že tak vyjde pro stejnou obálku i druhý parametr.



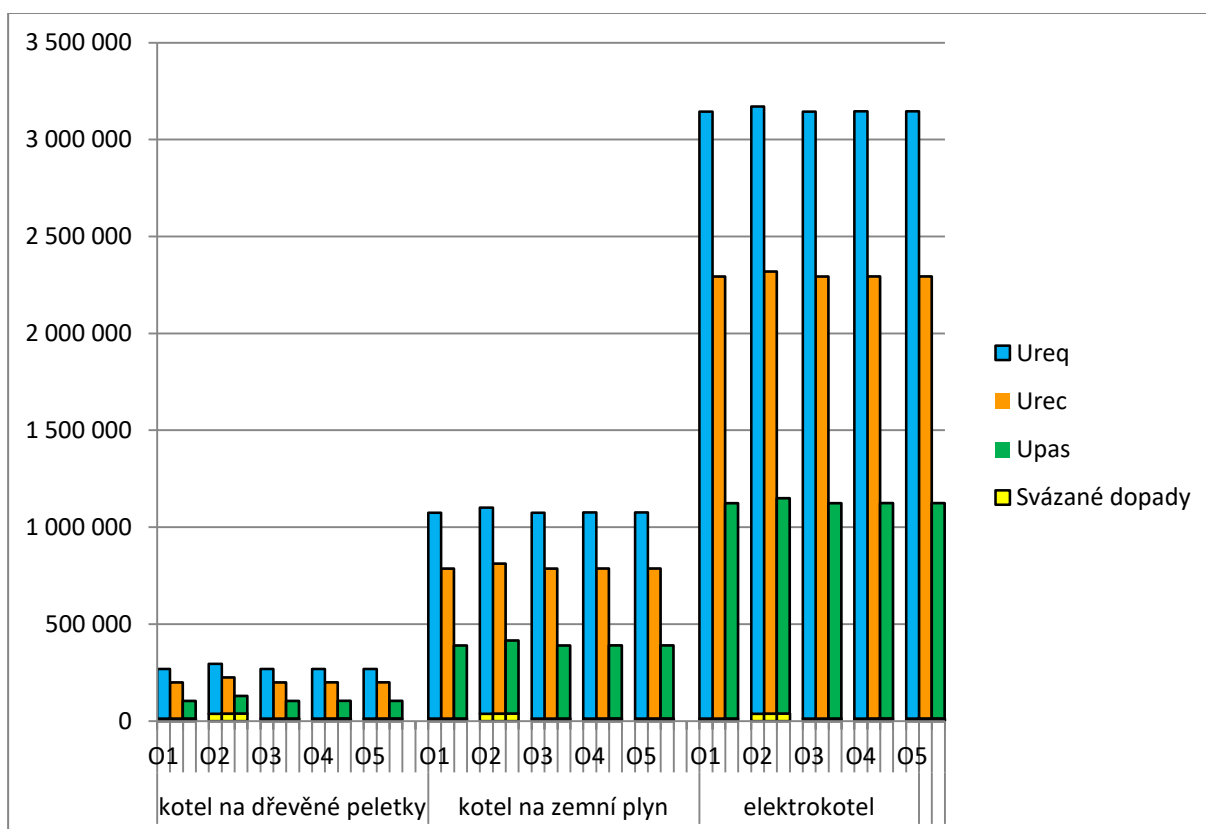
Graf 14 – Celkové dopady nPEI pro dobu provozu 1 rok



Graf 15 – Celkové dopady GWP pro dobu provozu 1 rok



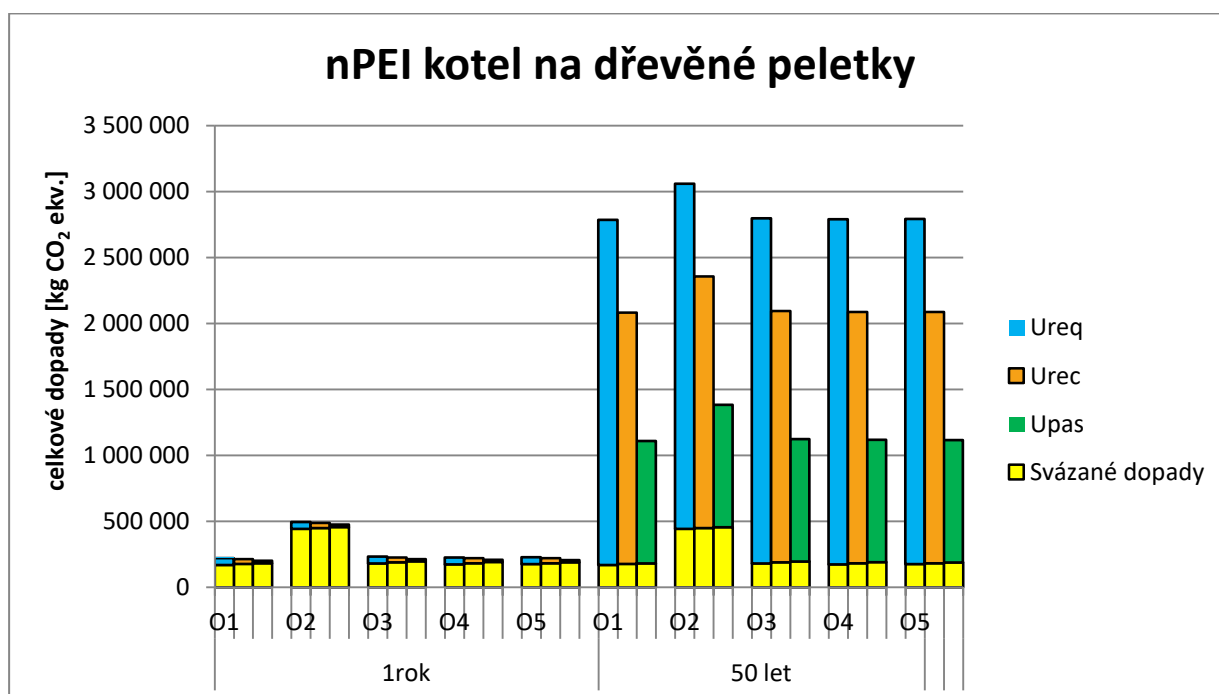
Graf 16 – Celkové dopady nPEI po 50 letech provozu



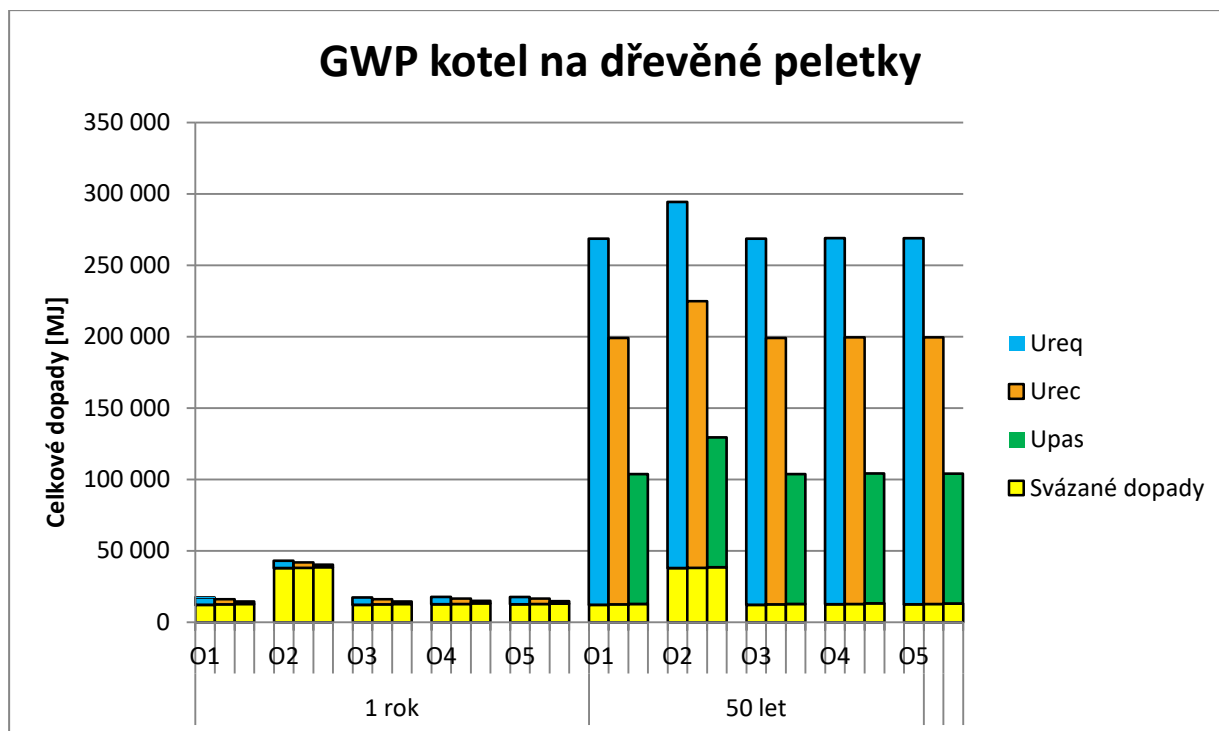
Graf 17 – Celkové dopady GWP po 50 letech provozu

Z grafů (Graf 14, Graf 15) je možné vyčíst, že obálky s lepší tepelněizolační úrovní mají vyšší svázané dopady. Naopak provozní dopady těchto obálek klesají. Vzhledem k tomu, že se provozní dopady se s každým rokem užívání budovy zvyšují, ukázala se tato část environmentálních dopadů jako určující.

Poměr dopadů závisí na době provozu domu a typu energonositele. S kotlem na peletky jako zdrojem tepla zastávají konstrukce (svázané dopady) po prvním roku provozu v průměru cca 80%. Pokud je jako zdroj tepla použit elektrokotel tvoří konstrukce průměrně jen cca 26%. Po 50 letech provozu zastupují konstrukce cca 10% pro kotel na peletky a necelé jedno procento pro elektrokotel. Graf 18 a Graf 19 zobrazují hodnoty nPEI a GWP pro kotel na peletky po 1 a 50 letech používání. Z grafů je vidět, že provozní dopady několikanásobně vzrostou a tudíž jsou i rozdíly mezi jednotlivými variantami více patrné.



Graf 18 – Celkové dopady nPEI pro varianty s kotlem na peletky



Graf 19 – Celkové dopady GWP pro varianty s kotlem na peletky

Hodnoty dopadů pro obálky 1, 3, 4 a 5 vyšly velmi podobně. Při použití kotle na pelety má, v porovnání s obálkou 1, která vyšla nejlépe, obálka 3 jen o cca 6-8% vyšší dopady, obálka 4 o cca 3-5% a obálka 5 o cca 4-5% (po 1 roku provozu). Nejvyšší dopady má obálka 2 (cca o % 124-138% vyšší než ostatní varianty). Vápenopísková vložková konstrukce, která se nachází v obálce 1 v konstrukci stropů i střechy, není vhodná, kvůli obtížnému ukotvení a vykonzolování konstrukce balkónů (vzhledem k pnutí stropních desek a délce konzoly balkonu). Jako vhodná alternativa byla zvolena obálka 5, která má stěny z vápenopískových bloků stejně jako obálka 1, ale nosná konstrukce podlah a střechy je z monolitického železobetonu. Obtížnost s vykonzolováním balkonu je i v obálce 4, která má nosnou část stropů a střechy skládanou z předepnutých dutinových panelů.

9 Vybraná varianta

Po stanovení celkových environmentálních dopadů byla vybrána varianta obálky 5 v tepelněizolační úrovni pasivního domu (Upas) a s kotlem na pelety jako zdrojem tepla. Výsledná data zvolené varianty shrnuje Tabulka 29. Do výsledných výpočtů byly zahrnuty tepelné izolace v obvyklých tloušťkách nabízených výrobcem, což mírně pozměnilo hodnoty součinitelů prostupu tepla a tím i potřebu tepla na vytápění. Proto se hodnoty dopadů mírně liší oproti hodnotám z předchozích kapitol.

Pro vybranou variantu byla vypracována výkresová dokumentace, která je uvedena v příloze (půdorys – Příloha 6, řez – Příloha 7 a komplexní řez – Příloha 8)

Tabulka 29 – Celkové environmentální dopady vybrané varianty

Obálka 5 + kotel na dřevěné pelety				
typ konstrukce	varianta	plocha	nPEI	GWP
		[m ²]	[MJ]	[kgCO ₂ _{ekv.}]
obvodová stěna	V1 - vápenopís. bloky+MV	717,6	18 068	1 530
střecha	V2 – ŽB + XPS	250,21	17 732	937
podlaha	V5 – ŽB + XPS + korek	387,01	25 077	1 507
terasa	ŽB + XPS + dlažba	132,2	9 831	587
suterénní stěna	železobeton + XPS	241,85	11 132	666
podlaha na zemině	železobeton	387,01	21 490	2 010
okno stěna	trojsklo + PVC rám	288	24 045	1 387
okno suterén	trojsklo + PVC rám	5,75	480	28
vstupní dveře	dřevo	2,6	144	13
vnitřní nosné stěny	vápenopískové bloky	574	7 186	828
vnitřní přičky	vápenopískové bloky	670	5 312	572
stropní kce	ŽB + XPS + korek	1024,19	43 184	2 765
dveře	dřevo	160	5 184	345
Σ svázané dopady			188 866	13 175
měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/(m ² .rok)]		14,52		
zdroj tepla	kotel na dřevěné peletky	1 rok	18 392	1 802
		50 let	919 602	90 121
Σ provozní dopady			18 392	1 802
Σ celkové dopady			207 258	14 978

Cílem práce je environmentálně-energetická optimalizace obálky bytového domu, proto byl pro výslednou variantu zvolen jako zdroj tepla kotel na dřevěné pelety, i přesto, že je náročnější na údržbu. V dnešní době již běžně existují kotle na pelety, které si ze zásobníku samy dávají pelety. Na trh také přichází kotle s automatickým odpopelňovacím systémem, čímž se snižuje náročnost na obsluhu kotle. Vzhledem k vybrané tepelněizolační úrovni je

minimalizována potřeba tepla na vytápění a tím i potřebné množství pelet. Přibližné množství pelet bylo zjednodušeně stanoveno z výhřevnosti a spotřeby energie na vytápění. [19] Na 1 rok je potřeba cca 7 tun pelet. (viz Tabulka 30). Obvykle jsou palety v baleních po 10-15 kg. Pokud budou pro účely této práce uvažovány 15kg pytle, bude jich dle výpočtu v následující tabulce potřeba cca 460 na 1 rok. Pytle je možné dodávat po paletách (1 paleta = 65 pytlů), což by v tomto případě znamenalo nechat dovézt cca sedmkrát do roka 1 paletu. [20]

Tabulka 30 – množství dřevěných pelet

měsíc	spotřeba energie	kg pelet	počet balení (15kg)
1	8 638,283	1 727,657	115,177
2	5 927,745	1 185,549	79,037
3	3 712,481	742,496	49,500
4	1 154,344	230,869	15,391
5	80,617	16,123	1,075
6	6,529	1,306	0,087
7	0,720	0,144	0,010
8	1,082	0,216	0,014
9	134,912	26,982	1,799
10	1 499,518	299,904	19,994
11	5 209,445	1 041,889	69,459
12	7 693,645	1 538,729	102,582
Σ	34059,321	6811,864	454,124
paleta (65 pytlů)			6,987

V zadaném bytovém domě nebyla kotelna navržena, ale na základě těchto odhadů by neměl kotel se zásobníkem a prostor na skladování pelet zabrat více než 1,5 až 2 parkovací místa.

10 Závěr

Motivací práce bylo pomoci developerovi s environmentálním smýšlením s výběrem vhodného materiálového a tepelněizolačního řešení skladeb konstrukcí obálky a s volbou zdroje tepla z hlediska dosažení co nejnižších dopadů na životní prostředí.

Procesem optimalizace byla vybrána obálka 5 s kotlem na dřevěné pelety. Z hlediska environmentálních dopadů nevyšla tato varianta obálky jako nejlepší, ale ukázala se jako vhodnější vzhledem ke konstrukčnímu řešení zadaného bytového domu. Obálka byla zvolena v tepelněizolační úrovni Upas, která splňuje doporučené požadavky na pasivní domy. Kotel na pelety měl nejnižší provozní dopady. Z porovnávaných zdrojů tepla byl kotel na pelety jediný, který využívá obnovitelných zdrojů.

Bylo by vhodné, aby environmentální i energetická optimalizace byly brány v úvahu už od začátku navrhování a s ohledem na to, aby bylo navrženo konstrukční řešení domu (rozpony, nosné stěny, velikost a umístění výplní otvorů, atd.).

Hlavním poznatkem získaným z této práce je, že z environmentálního i energetického hlediska se vyplatí stavět domy s vysokou tepelněizolační úrovní a je důležité vybrat vhodný zdroj tepla, nejlépe s využitím obnovitelných zdrojů. Dále se ukázalo, že svázané dopady pro tepelněizolačně kvalitnější obálku vychází vyšší, ale po určité době provozu mají větší vliv provozní dopady, které pro takovouto obálku vychází naopak nižší z důvodu nižší potřeby tepla na vytápění.

V průběhu práce bylo ověřeno, že současný trend výstavby domů s lepší tepelněizolační úrovní a tím nižšími náklady na provoz je skutečně environmentálně i energeticky výhodný.

11 Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obrázky:

Obr. 1 – Emise skleníkových plynů EU 27 r. 2007 [2]	10
Obr. 2 – Rozložení spotřeby energie v modelové domácnosti (v grafu je zobrazena spotřeba energie v tříčlenné domácnosti v městském bytě)[3]	11
Obr. 3 – Cíle EU v oblasti energetiky do roků 2020 a 2030 [4]	11
Obr. 4 – Schéma hranice systému Cradle to grave [5]	13
Obr. 5 – Půdorys 1.NP zadaného bytového domu [9]	17
Obr. 6 – Řez zadaného bytového domu [9]	18
Obr. 7 – jednoplášťová obvodová stěna	19
Obr. 8 – dvouplášťová obvodová stěna	19
Obr. 9 – plochá střecha s obráceným pořadím vrstev	20
Obr. 10 – plochá střecha s klasickým pořadím vrstev	20
Obr. 11 – plochá střecha DUO	20
Obr. 12 – plochá dvouplášťová střecha	20
Obr. 13 – podlaha s tepelnou izolací nad nosnou konstrukcí	21
Obr. 14 – podlaha s tepelnou izolací pod nosnou konstrukcí	21
Obr. 15 – zateplená suterénní stěna	22
Obr. 16 – nezateplená suterénní stěna	22
Obr. 17 – Geometrie průřezu stropu Ytong [14]	26
Obr. 18 – Zóny bytového domu [9]	45

Grafy:

Graf 1 – Měsíční venkovní teploty pro české a italské klimatické podmínky	15
Graf 2 – Měsíční dávky ozáření jednotlivých fasád pro české a italské klimatické podmínky	16
Graf 3 – Svázané dopady nPEI variant obvodových stěn	29
Graf 4 – Svázané dopady GWP variant obvodových stěn	29
Graf 5 – Svázané dopady nPEI variant plochých střech	32
Graf 6 – Svázané dopady GWP variant plochých střech	33
Graf 7 – Svázané dopady nPEI variant podlahy	36
Graf 8 – Svázané dopady GWP variant podlah	36

Graf 9 – nPEI – svázané dopady variant obálek	43
Graf 10 – GWP – svázané dopady variant obálek	43
Graf 11 – měrné potřeby tepla na vytápění.....	49
Graf 12 –Provozní dopady PEI pro tři varianty zdrojů tepla	50
Graf 13 – Provozní dopady GWP pro tři varianty zdrojů tepla	50
Graf 14 – Celkové dopady nPEI pro dobu provozu 1 rok	51
Graf 15 – Celkové dopady GWP pro dobu provozu 1 rok	52
Graf 16 – Celkové dopady nPEI po 50 letech provozu	53
Graf 17 – Celkové dopady GWP po 50 letech provozu	53
Graf 18 – Celkové dopady nPEI pro varianty s kotlem na peletky	54
Graf 19 – Celkové dopady GWP pro varianty s kotlem na peletky	55

Tabulky:

Tabulka 1 – Zvolené hodnoty součinitele prostupu tepla.....	14
Tabulka 2 - Váhování environmentálních kritérií podle metodiky SBTool CZ pro bytové domy [15]	25
Tabulka 3 – Skladba obvodové stěny varianta 1	26
Tabulka 4 – Skladba obvodové stěny varianta 2	27
Tabulka 5 – Skladba obvodové stěny varianta 3	27
Tabulka 6 – Skladba obvodové stěny varianta 4	28
Tabulka 7 – Skladba obvodové stěny varianta 5	28
Tabulka 8 – Skladba ploché střechy varianta 1	30
Tabulka 9 – Skladba ploché střechy varianta 2	30
Tabulka 10 – Skladba ploché střechy varianta 3	31
Tabulka 11 – Skladba ploché střechy varianta 4	31
Tabulka 12 – Skladba ploché střechy varianta 5	32
Tabulka 13 – Skladba podlahy varianta 1	33
Tabulka 14 – Skladba podlahy varianta 2	34
Tabulka 15 – Skladba podlahy varianta 3	34
Tabulka 16 – Skladba podlahy varianta 4	35
Tabulka 17 – Skladba podlahy varianta 5	35

Tabulka 18 – Analýza rozměrů oken	37
Tabulka 19 – Obálka 1	38
Tabulka 20 – Obálka 2	39
Tabulka 21 – Obálka 3	40
Tabulka 22 – Obálka 4	41
Tabulka 23 – Obálka 5	42
Tabulka 24 – Celkové svázané dopady pro varianty obálek	44
Tabulka 25 – vstupní data pro výpočet potřeby tepla na vytápění	47
Tabulka 26 – vstupní data pro výpočet provozních dopadů [11], [12]	48
Tabulka 27 – potřeby tepla na vytápění.....	48
Tabulka 28 – provozní dopady pro tři varianty zdrojů tepla.....	49
Tabulka 29 – Celkové environmentální dopady vybrané varianty.....	56
Tabulka 30 – množství dřevěných pelet.....	57

12 Zdroje

- [1] KOČÍ, Vladimír. *LCA a EPD stavebních výrobků: posuzování životního cyklu a environmentální prohlášení o produktu jako cesta k udržitelnému stavebnictví*. Praha: Česká rada pro šetrné budovy, 2012. ISBN 978-80-260-3504-6.
- [2] FRKOVÁ, Jana. Emise skleníkových plynů EU 27 z roku 2007. In: *Strategie EU a fondy na podporu obnovitelných zdrojů energie* [online]. 9/2011. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2607683/>
- [3] Rozložení spotřeby energie v modelové domácnosti [kWh/rok, %]: Spotřeba energie v domácnostech. In: *Vítejte na Zemi: multimediální ročenka ŽP* [online]. 2013. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=spotreba_energie_v_domacnostech&site=energie
- [4] Cíle EU v oblasti energetiky do roku 2030. In: *Tzbinfo: Pohled na budovy s téměř nulovou spotřebou energie* [online]. 2017. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15179-pohled-na-budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie-v-kontextu-soucasnych-legislativnich-pozadavku-v-cr>
- [5] *ENVIMAT. Metodika LCA* [online]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/lca/>
- [6] *ECOINVENT. The Ecoinvent Databases* [online]. Dostupné z: <http://www.ecoinvent.org/>
- [7] *ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – část2: požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011
- [8] *METEONORM Software. Global climate database* [online]. Dostupné z: <http://www.meteonorm.com/>
- [9] ZIEGLER, Filip, FROLÍK Petr a FROLÍK Petr ml. *Výkresová dokumentace ke stavebnímu povolení: Obytný soubor Štěrboholy, Praha 15*. Architektonický atelier Héta, 2005. *ČSN 73 0810: Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2016.
- [10] *ČSN EN ISO 13790. Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: Český normalizační institut, 2009
- [11] *TNI 73 0331. Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet*. Praha: Český normalizační institut, 2013
- [12] *Příloha metodiky SBToolCZ*, Národní platforma SBToolCZ, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2015.
- [13] *Velox* [online]. 2018. Dostupné z: <http://www.velox.at/cz/home/>
- [14] *Ytong* [online]. 2018. Dostupné z: <https://www.ytong.cz/cs/docs/strop-ytong-klasik-pl.pdf>

- [15] SBToolCZ pro bytové domy. In: *SBToolCZ: Národní nástroj pro certifikaci kvality budov* [online]. 2013 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: http://www.sbtool.cz/img/metodiky/SBToolCZ_BD_2013.pdf
- [16] *Isover* [online]. 2018. Dostupné z: <https://www.isover.cz/>
- [17] *Bioisotherm* [online]. 2018. Dostupné z: <http://www.bioisotherm.eu/>
- [18] *ČSN 73 0810: Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [19] *Avydon. Topení peletami* [online]. 2018. Dostupné z: <http://www.avydon.cz/topeni-pelety-spotreba>
- [20] *K-produkt. Pelety, brikety* [online]. 2018. Dostupné z: <http://www.kprodukt.cz/cs/sortiment/pelety.html>
- [21] *Metra. Climatic zones and thermal transmittance limits in Italy* [online]. 2018. Dostupné z: <http://www.metra.it/building/EN/italy-65-deduction-climatic-zones-124.aspx>
- [22] D.Lgs. 29-12-2006 n. 311. Italian Legislative Decree. 2006. Dostupné z: http://www.energia.provincia.tn.it/binary/pat_agenzia_energia/normativa/D.Lgs.%2029-12-2006%20n._311.1227777817.pdf

13 Přílohy

Příloha 1 – Hodnoty jednotlivých materiálů

materiál	λ [W/(mK)]	ρ [kg/m ³]	nPEI [MJ/kg]	GWP [kg CO ₂ ekv./kg]	poznámka
vápenopískové tvárnice	0,15	1530	1,200	0,154	
železobeton	1,58	2380	1,503	0,174	složeno z hodnot pro jednotlivé materiály
pórobeton	0,5	2190	13,315	1,310	
beton	1,23	2380	0,559	0,090	environmentální parametry nalezeny na m3 - nutno přepočítat
předejpatý stropní dutinový panel	1,2	2440	0,632	0,115	environmentální parametry nalezeny na m3 - nutno přepočítat
vápenopískové stropní vložky + vybetonávka	0,16	1759,79	1,292	0,160	složeno z hodnot pro jednotlivé materiály
EPS	0,37	30	89,166	3,383	
EPS šedý	0,031	30	87,552	3,516	
minerální vlna	0,038	32	42,940	2,743	
XPS	0,034	25	96,181	3,841	
vnější omítka	0,12	1800	5,125	0,240	
vnitřní omítka	0,6	1800	1,545	0,123	
hydroizolace (asfaltová)	0,2	1220	47,630	1,170	
parozábrana (fóliová)	0,3	960	76,391	1,949	
separační folie	0,16	960	86,334	2,830	
kačírek	1,4	1650	0,138	0,011	
dlažba	0,16	1530	1,200	0,154	
anhydrit	1,8	450	1,280	0,089	
cementový potěr	1,2	2200	1,002	0,192	
OSB deska	0,13	607	0,316	0,01574	
štěpkocementová deska	0,11	1200	1,401	0,181	environmentální parametry nalezeny na m3 - nutno přepočítat
dřevovláknitá deska	0,18	680	4,500	0,182	
dřevěné lamely	0,2	500	0,712	0,041	environmentální parametry nalezeny na m3 - nutno přepočítat
korek	0,09	150	25,567	1,414	
vinyl	0,25	1400	58,505	1,909	
PVC	0,25	1400	58,505	1,909	
okno trojsklo+ PVC rám			48,043	2,963	složeno z hodnot pro zasklení a pro rám + environmentální parametry nalezeny na m2 - nutno přepočítat
okno dvojsklo+ PVC rám			45,701	2,783	
vnitřní dveře			32,145	2,142	environmentální parametry nalezeny na m2 - nutno přepočítat
vstupní dveře			32,255	2,924	

Příloha 2 – Doplnění vstupních dat pro výpočet potřeby tepla na vytápění

		sever	jih	východ	západ
plochy obvodových stěn	m ²	173,06	172,80	191,71	180,02
plochy oken	m ²	46,10	41,24	78,10	122,56
g		0,73			
Fw		0,90			
FF		0,74			
Fc		0,35			
Fs		0,98	0,82	0,88	0,71
měsíční dávky ozáření + venkovní teplota pro CZ klima					
měsíc	θe	sever	jih	východ	západ
leden	-1,2	8,59	36,97	15,60	14,36
únor	0,7	14,47	55,13	26,18	26,25
březen	4,3	23,40	70,84	44,44	45,11
duben	8,3	35,55	84,38	66,63	67,73
květen	13,8	46,61	85,47	85,71	81,98
červen	16,4	49,68	74,97	81,29	80,96
červenec	17,7	51,24	84,00	85,16	89,12
srpen	17,6	41,05	89,03	75,62	79,57
září	13,8	26,90	84,10	52,54	53,28
říjen	9,3	19,16	66,81	34,16	36,59
listopad	3,6	10,40	37,35	17,99	16,56
prosinec	0,7	6,70	25,41	10,74	10,22
měsíční dávky ozáření + venkovní teplota pro IT klima					
měsíc	θe	sever	jih	východ	západ
leden	2,6	21,00	89,00	37,00	41,00
únor	4,3	27,00	106,00	50,00	54,00
březen	8,9	42,00	133,00	83,00	93,00
duben	13,7	57,00	124,00	110,00	112,00
květen	19,2	76,00	121,00	150,00	131,00
červen	23	84,00	120,00	152,00	141,00
červenec	24,6	82,00	131,00	167,00	155,00
srpen	24,1	64,00	140,00	131,00	135,00
září	18,9	48,00	142,00	108,00	106,00
říjen	14,4	33,00	120,00	62,00	69,00
listopad	8,8	19,00	88,00	35,00	41,00
prosinec	4,1	16,00	90,00	34,00	36,00

Příloha 3 – Svázané dopady a součinitelé prostupu tepla vybrané varianty

obvodová stěna

	plocha [m ²]	tl. [m]	m ³	λ [W/(mK)]	R [(m ² K)/W]	ρ [kg/m ³]	m [kg]	[MJ/kg]	PEI (nonre.)	[kg CO ₂ ekv./kg]	GWP	životn ost
omítka	1	0,02	0,015	0,6	0,025	1800	27	1,545	1,669	0,123	0,133	25
vápenopísko vé bloky	1	0,25	0,25	0,15	1,667	1530	382,5	1,200	9,180	0,154	1,178	50
minerální vlna	1	0,16	0,16	0,035	4,571	32	5,12	42,940	8,794	2,743	0,562	25
omítka	1	0,02	0,015	0,6	0,025	1800	27	5,125	5,535	0,240	0,259	25
Σ					6,288				25,179		2,132	
				U [W/m ² K]	0,159							

střecha

	plocha a [m ²]	tl. [m]	m ³	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	ρ [kg/m ³]	m [kg]	[MJ/kg]	PEI (nonre.)	[kg CO ₂ ekv./kg]	GWP	životn ost
omítka	1	0,02	0,015	0,6	0,025	1800	27	1,545	1,669	0,123	0,133	25
železobeton	1	0,2	0,2	1,58	0,127	2380	476	1,503	14,309	0,174	1,657	50
hydroizolace (asfaltová)	1	0	0,004	0,2	0,020	1220	4,88	47,630	4,649	1,170	0,114	50
separační folie	1	0	0,004	0,35	0,011	960	3,84	86,334	13,261	2,830	0,435	25
XPS	1	0,24	0,24	0,034	7,059	25	6	96,181	23,084	3,841	0,922	25
separační folie	1	0	0,004	0,35	0,011	960	3,84	86,334	13,261	2,830	0,435	25
kačírek	1	0,07	0,07	1,4	0,050	1650	115,5	0,138	0,637	0,011	0,050	25
Σ					7,303				70,870		3,744	
				U [W/(m ² K)]	0,137							

podlaha nad nevytápěným prostorem

	plocha [m ²]	tl. [m]	m ³	λ [W/(mK)]	R [(m ² K)/W]	ρ [kg/m ³]	m [kg]	[MJ/kg]	PEI (nonre.)	[kg CO ₂ ekv./kg]	GWP	životn ost
omítka	1	0,02	0,015	0,6	0,025	1800	27	1,545	1,669	0,123	0,133	25
EPS	1	0,08	0,08	0,037	2,162	30	2,4	89,166	8,560	3,383	0,325	25
železobeton	1	0,25	0,25	1,58	0,158	2380	595	1,503	17,887	0,174	2,071	50
kročejová izolace	1	0,04	0,04	0,039	1,026	32	1,28	42,940	2,199	2,743	0,140	25
separační folie	1	0	0,004	0,35	0,011	960	3,84	86,334	13,261	2,830	0,435	25
anhydrit	1	0,02	0,02	1,8	0,011	450	9	1,280	0,461	0,089	0,032	25
separační folie	1	0	0,004	0,35	0,011	960	3,84	86,334	13,261	2,830	0,435	25
dřevovláknitá deska	1	0,05	0,05	0,18	0,278	680	34	4,500	6,120	0,182	0,247	25
korek	1	0,01	0,009	0,09	0,100	150	1,35	25,567	1,381	1,414	0,076	25
Σ					3,783				64,797		3,894	
				U [[W/m ² K]]	0,264							

terasa

	plocha [m ²]	tl. [m]	m ³	λ [W/(mK)]	R [(m ² K)/W]	ρ [kg/m ³]	m [kg]	[MJ/kg]	PEI (nonre.)	[kg CO ₂ ekv./kg]	GWP	životnost
omítka	1	0,02	0,015	0,6	0,025	1800	27	1,545	1,669	0,123	0,133	25
železobeton	1	0,2	0,2	1,58	0,127	2380	476	1,503	14,309	0,174	1,657	50
hydroizolace	1	0	0,004	0,2	0,020	1220	4,88	47,630	4,649	1,170	0,114	50
separační folie	1	0	0,004	0,35	0,011	960	3,84	86,334	13,261	2,830	0,435	25
XPS	1	0,24	0,24	0,034	7,059	25	6	96,181	23,084	3,841	0,922	25
separační folie	1	0	0,004	0,35	0,011	960	3,84	86,334	13,261	2,830	0,435	25
stabilizační vrstva	1	0,07	0,07	1,4	0,050	1650	115,5	0,138	0,637	0,011	0,050	25
dlažba	1	0,03	0,03	1,23	0,024	2250	67,5	1,296	3,498	0,259	0,699	25
Σ					7,328				74,368		4,443	
				U [[W/(m ² K)]]	0,136							

Příloha 4 – Požadované italské hodnoty součinitelů prostupu tepla [21], [22]

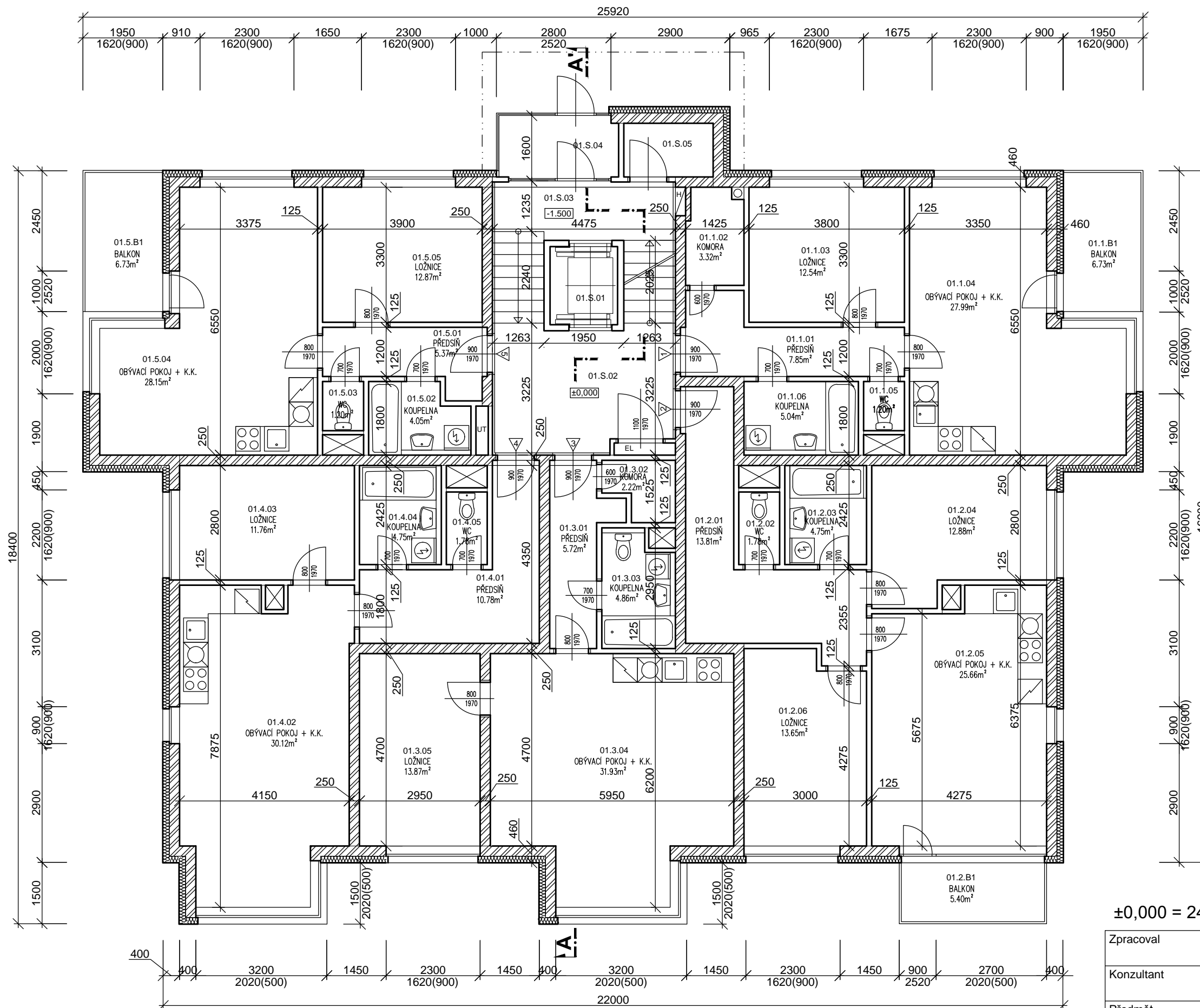
Table 5.2 Limit thermal transmittance values in some building components, from the Italian Legislative Decree n. 311/06 (2006)

Climatic zone	Vertical opaque structures (U_{limit} W/m ² K)	Horizontal and inclined structures (U_{limit} W/m ² K)		Openable windows including frames (U_{limit} W/m ² K)	Glass ($U_{g,limit}$ W/m ² K)
		Roof	Floors to unheated rooms or to the outside		
A	0.62	0.38	0.65	4.6	3.7
B	0.48	0.38	0.49	3	2.7
C	0.40	0.38	0.42	2.6	2.1
D	0.36	0.32	0.36	2.4	1.9
E	0.34	0.30	0.33	2.2	1.7
F	0.33	0.29	0.32	2	1.3




Příloha 5 – Hodnoty emisních a konverzních faktorů [12]

Zdroj energie/tepla	Faktor energetické přeměny	emisní faktor				
		CO _{2,ekv.} (GWP)	SO _{2,ekv.} (AP)	kg Phosphate -Equiv. (EP)	ethen (POCP)	kg R11-Equiv. (ODP)
		[MJ/MJ]	[kg/MJ]	[kg/MJ]	[kg/MJ]	[kg/MJ]
kotel na palivové dřevo	0,05	0,0052	0,0001280	0,000046500	0,000002345	0,0000000003075
kotel na dřevěné pelety	0,15	0,0147	0,0001149	0,000056950	0,000003765	0,0000000009940
kotel na černé uhlí	1,40	0,124	0,0006880	0,000171400	0,000168000	0,0000000006948
kotel na zemní plyn	1,20	0,0716	0,0000569	0,000011059	0,000006302	0,0000000007461
solární kolektor	0,05	0,0029	0,0000230	0,000016800	0,000001400	0,0000000003540
elektrická energie – mix ČR	3,00	0,211	0,0005961	0,001080860	0,000020738	0,00000000049386
elektrická energie – fotovoltaická elektrárna	0,20	0,0238	0,0001143	0,000071800	0,000007034	0,00000000046880
teplárna na uhlí	1,40	0,106	0,0001619	0,000093680	0,000006126	0,0000000002382
teplárna na zemní plyn	1,40	0,0684	0,0000744	0,000009457	0,000005688	0,0000000007784
teplárna ORC (spalování biomasy)	0,10	0,0109	0,0000863	0,000035770	0,000001645	0,0000000003040


PŮDORYS 1.NP
M 1:100



LEGENDA MATERIÁLŮ

-  Nosné zdivo z vápenopískových bloků tl. 250mm (např. Ytong P4-500)
-  Zdivo vnitřní - příčky tl. 125mm
-  Tepelná izolace

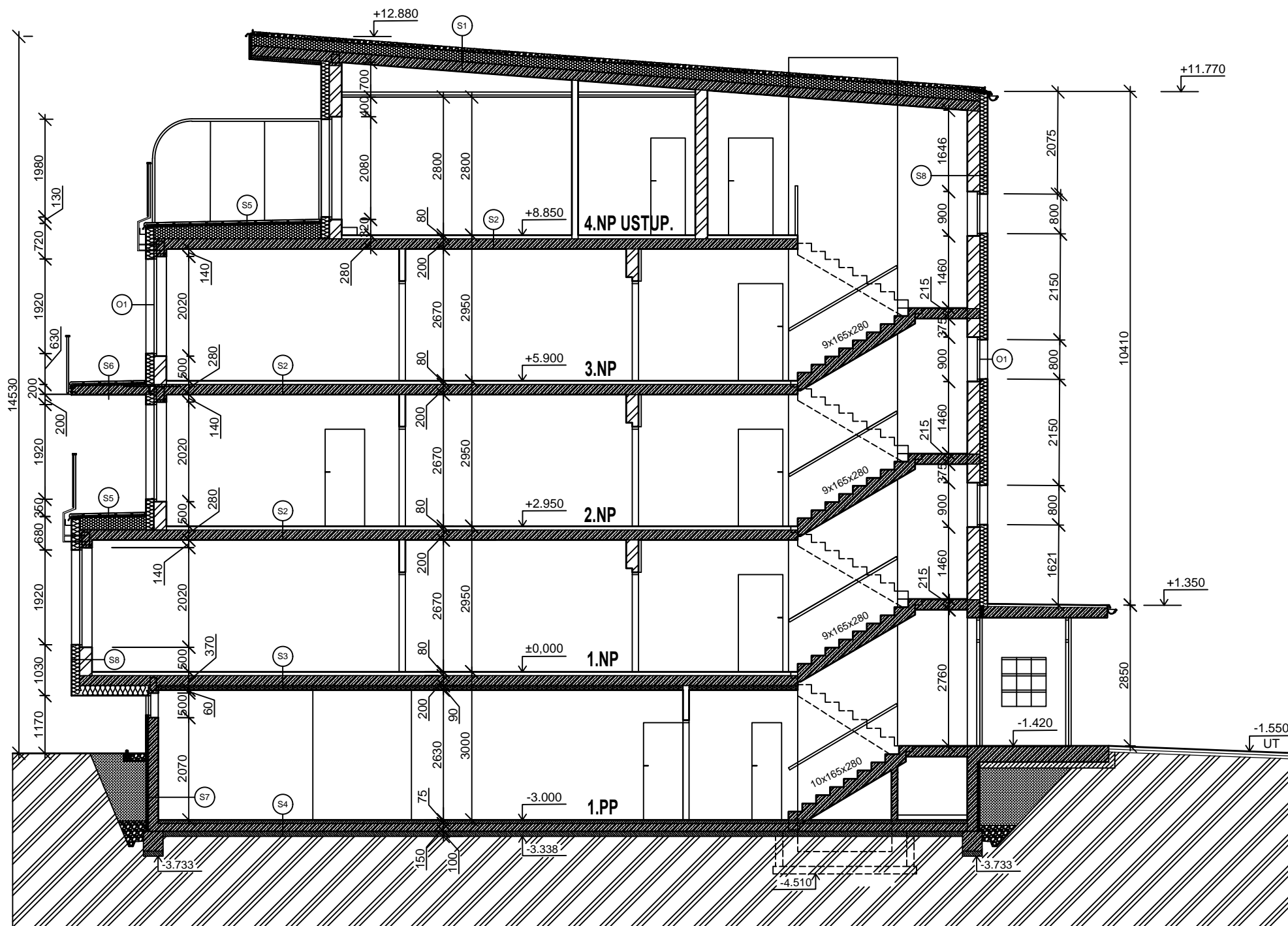
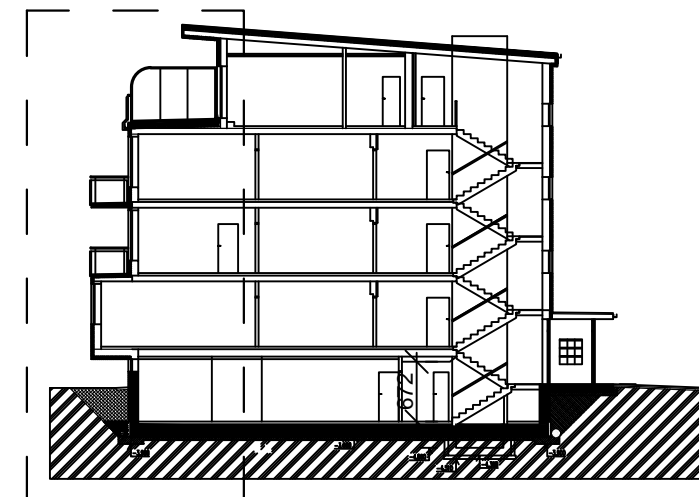
±0,000 = 242,80 m.n.m. Bpv

Zpracoval	Bc. Magdaléna Machová	Fakulta stavební	
Konzultant	Ing. Kateřina Sojková, Ph.D.	ČVUT 	
Předmět	124DPM - Diplomová práce	Školní rok	2017-2018
Úloha	Výsledná varianta (příloha 6)	Datum	20.5.2018
Výkres	Půdorys vstupního podlaží	Měřítko	1:100
		Formát	A3

ŘEZ A-A'

M 1:100

SCHÉMA VYZNAČENÍ OBLASTI
KOMPLEXNÍHO ŘEZU



LEGENDA MATERIÁLŮ

- Nosné zdivo z vápenopískových bloků tl. 250mm (např. Ytong P4-500)
- Zdivo vnitřní - příčky tl. 125mm
- Železobeton
- Podkladní beton
- Tepelná izolace minerální vlna
- Tepelná izolace XPS
- Kačírek
- Zemina
- Zhutněná zemina

S1 Skladba střechy

- Kačírek (stabilizační vrstva), tl. 70mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- XPS, tl. 240mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- Hydroizolace (asfaltová), tl. 5mm
- Železobeton, tl. 200mm
- Vnitřní omítka, tl. 15mm

S2 Skladba podlahy

- Korek (nášlapná vrstva), tl. 9mm
- Dřevovláknitá deska, tl. 5mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- Anhydrit, tl. 20mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- Kročejevá izolace (minerální vlna), tl. 40mm
- Železobeton, tl. 200mm
- Vnitřní omítka, tl. 15mm

S3 Skladba podlahy nad nevytápěným prostorem

- Korek (nášlapná vrstva), tl. 9mm
- Dřevovláknitá deska, tl. 5mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- Anhydrit, tl. 20mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- Kročejevá izolace (minerální vlna), tl. 40mm
- Železobeton, tl. 200mm
- EPS, tl. 80mm
- Vnitřní omítka, tl. 15mm

S4 Skladba podlahy na terénu

- Betonový potěr (pojízdná vrstva), tl. 75mm
- Železobetonová deska, tl. 150mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- Hydroizolace (asfaltová), tl. 4mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- Prostý beton, tl. 100mm
- Zemina

S5 Skladba terasy

- Betonová dlažba, tl. 40mm
- Štěrkový podsyp, tl. 40mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- XPS, tl. 240mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- Hydroizolace (asfaltová), tl. 5mm
- Železobeton, tl. 200mm
- Vnitřní omítka, tl. 15mm

S6 Skladba balkonu

- Betonová dlažba, tl. 40mm
- Štěrkový podsyp, tl. 40mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- Železobeton, tl. 200mm
- Vnitřní omítka, tl. 15mm

S7 Skladba obvodové stěny stěny

- Vnitřní omítka, tl. 15mm
- Zdivo z vápenopískových bloků, tl. 250mm
- Tepelná izolace z minerální vlny, tl. 180mm
- Vnější omítka, tl. 15mm

S8 Skladba suterénní stěny

- Železobeton, tl. 200mm
- Separáční folie, tl. 4mm
- Hydroizolace (asfaltová), tl. 5mm
- XPS, tl. 40mm

O1 Okno

- Izolační trojsklo
- PVC rám

±0,000 = 242,80 m.n.m. Bpv

Zpracoval	Bc. Magdaléna Machová	Fakulta stavební	
Konzultant	Ing. Kateřina Sojková, Ph.D.	ČVUT	
Předmět	124DPM - Diplomová práce	Školní rok	2017-2018
Úloha	Výsledná varianta (příloha 7)	Datum	20.5.2018
Výkres	Řez A-A'	Měřítko	1:100
		Formát	A3

KOMPLEXNÍ ŘEZ

M 1:20

