



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební**

**Katedra konstrukcí pozemních staveb**

## **Modernizace bytového domu z energetického hlediska**

### **Modernization of residential building from the energy point of view**

Diplomová práce

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

Vedoucí práce: prof. Ing. Petr Hájek, CSc.

**Bc. Kateřina Berková**

---

**Praha 2017**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Berková Jméno: Kateřina Osobní číslo: 396520

Zadávací katedra: K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Modernizace bytového domu z energetického hlediska

Název diplomové práce anglicky: Modernisation of residential building from the energy point of view

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte návrh rekonstrukce bytového domu v Červeném Kostelci s ohledem na minimalizaci energetické náročnosti provozu budovy

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 0540

studijní podklady ze studia na FSv ČVUT v Praze

Jméno vedoucího diplomové práce: prof. Ing. Petr Hájek, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 3.10.2016

Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

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“.*

7.10.2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

# SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: KATEŘINA BERKOVÁ

Název diplomové práce: MODERNIZACE BYTOVÉHO DOMU Z ENERGETICKÉHO HLEDISKA

Základní část: KONSTRUKCE PRŮMĚRNÉ STAVBY podíl: 55 %

Formulace úkolů: Zpracujte projekt modernizace bytového domu na ústředním projektanta pro slavnostní předání + kompletní ris. technika v H.T. 20

Podpis vedoucího DP: HAJEK PETR Datum: 3.10.2016

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: TZB podíl: 20 %

Konzultant (jméno, katedra): Davie (Adámek)

Formulace úkolů: Koncepte systému TZB, zpracujte její vyjádření formou schémát.

Podpis konzultanta: ..... Datum: 2.11.2016

3. Část: ..... podíl: ..... %

Konzultant (jméno, katedra): .....

Formulace úkolů: .....

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

4. Část: Reverze + průhled podíl: 25 %

Konzultant (jméno, katedra): HAJEK PETR

Formulace úkolů: Vypracujte reverzní obdvojitou modernizaci bytového domu. Zpracujte průřezový výřez uvnitř obyvateli domu a vyhodnotte zábrany pro vstupu modernizace

Podpis konzultanta: ..... Datum: 3.10.2016

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V ..... dne .....

.....

podpis

### **Poděkování**

Na tomto místě bych velice ráda poděkovala všem, kteří mi byli ochotni poskytnout materiály a podklady pro vypracování této diplomové práce. Zvláště děkuji prof. Ing. Petru Hájkovi, CSc. za odborné vedení, konzultování diplomové práce a za rady, které mi při vypracování poskytoval.

## **Anotace**

Tématem práce je modernizace bytového domu z energetického hlediska. Objekt se nachází v Červeném Kostelci. Cílem práce je návrh modernizace ve variantách dle požadavků obyvatelů, pro které byl vytvořen dotazník, a dle energetické náročnosti budovy. První varianta je ekonomičtější a jedná se o rekonstrukci čistě z energetického hlediska, kde je navrženo zateplení objektu, rekonstrukce větracího systému a integrace výtahu. Ve druhé variantě je zajištěna eliminace tepelných mostů, rozšíření obytného prostoru, zateplení objektu, výměna oken, aplikace fotovoltaických panelů, rekonstrukce větracího a vytápěcího systému a změněn přístup do objektu. U stávajícího stavu, varianty A i varianty B je provedena tepelně-technická analýza objektu a v závěru jsou jednotlivé parametry vyhodnoceny a porovnány. Pro stávající stav a variantu B je vyhotoveno environmentální hodnocení a porovnáno s typickým vzorkem budov. Varianta B je zpracována do úrovně projektové dokumentace včetně postupu rekonstrukce, která je rozdělena na etapy.

## **Klíčová slova**

modernizace, rekonstrukce, bytový dům, energetická náročnost, tepelně-technická analýza, varianty řešení

## **Annotation**

This thesis deals with the modernization of a residential building in terms of energy. The building is located in Cervený Kostelec. The aim of the thesis is to design modernization in variants according to the demands of the residents for which a questionnaire was created, and according to the energy performance of the building. The first variant is more economical and applies to a reconstruction from an energy viewpoint only, which includes design of thermal insulation of the object, reconstruction of the ventilation system and integration of the elevator. The second variant involves elimination of thermal bridges, extension of living space, thermal insulation of the building, window replacement, application of photovoltaic panels, reconstruction of ventilation and heating systems and change of the entrance into the building. Current thermo-technical situation, variant A and variant B are analyzed and finally the individual parameters are evaluated and compared. For the current situation and the variant B an environmental assessment was made and compared with a typical sample of buildings. The variant B is processed with the project documentation and with the reconstruction process, which is divided into stages.

## **Keywords**

modernization, reconstruction, residential building, energy performance, thermo-technical analysis, alternative solution

## OBSAH

1	Úvod.....	11
2	Řešený objekt.....	12
3	Rekonstrukce a úspory energie.....	14
3.1	Nízkoenergetické domy.....	14
3.2	Větrání.....	15
3.3	Vytápění.....	17
3.4	Obnovitelné zdroje energie.....	18
4	Příklady komplexního řešení a modernizace bytových domů.....	22
4.1	Příklady z České republiky.....	24
4.2	Příklady ze zahraničí.....	27
5	Popis stávajícího stavu modernizovaného objektu.....	31
5.1	Historie objektu.....	31
5.2	Konstrukční řešení.....	31
5.3	Průzkum a hodnocení stávajícího stavu.....	36
5.3.1	Střešní konstrukce.....	36
5.3.2	Tepelné mosty.....	36
5.3.3	Akustika.....	38
5.3.4	Vertikální komunikace.....	38
5.3.5	Větrání objektu.....	38
5.4	Tepelně-technická analýza stávajícího stavu.....	39
5.4.1	Hodnocení konstrukcí na systémové hranici z hlediska součinitele prostupu tepla $U$ .....	40
5.4.2	Výpočet průměrného $U_{em}$ obálky budovy.....	42
5.4.3	Potřeba tepla na vytápění.....	45
5.4.4	Primární energie z neobnovitelných zdrojů.....	47
5.4.5	Nejnižší povrchová teplota a vlhkost konstrukce.....	48



6	Modernizace objektu.....	50
7	Modernizace objektu - VARIANTA A.....	55
7.1	Popis změn.....	55
7.1.1	Instalace výtahu.....	55
7.1.2	Zateplení objektu .....	55
7.1.3	Výměna oken.....	56
7.1.4	Rekonstrukce větrání .....	56
7.1.5	Akustika.....	57
7.2	Tepelně-technická analýza - VARIANTA A .....	58
7.2.1	Hodnocení konstrukcí na systémové hranici z hlediska součinitele prostupu tepla U .....	58
7.2.2	Výpočet průměrného $U_{em}$ obálky budovy .....	59
7.2.3	Potřeba tepla na vytápění.....	62
7.2.4	Primární energie z neobnovitelných zdrojů.....	63
7.2.5	Nejnižší povrchová teplota a vlhkost konstrukce .....	64
8	Modernizace objektu - VARIANTA B.....	66
8.1	Popis změn.....	66
8.1.1	Instalace výtahu.....	66
8.1.2	Zateplení objektu .....	66
8.1.3	Výměna oken a dveří .....	67
8.1.4	Rekonstrukce větrání .....	68
8.1.5	Akustika.....	68
8.1.6	Rekonstrukce vytápění .....	68
8.1.7	Instalace fotovoltaických panelů.....	68
8.2	Tepelně-technická analýza - VARIANTA B.....	69
8.2.1	Hodnocení konstrukcí na systémové hranici z hlediska součinitele prostupu tepla U .....	69

8.2.2	Výpočet průměrného $U_{em}$ obálky budovy .....	70
8.2.3	Potřeba tepla na vytápění.....	73
8.2.4	Primární energie z neobnovitelných zdrojů.....	74
8.2.5	Nejnižší povrchová teplota a vlhkost konstrukce .....	75
8.3	Etapizace rekonstrukce .....	77
9	Vyhodnocení tepelně -technické analýzy objektu .....	81
9.1	Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí .....	82
9.2	Průměrný součinitel prostupu tepla .....	83
9.3	Přívod čerstvého vzduchu.....	83
9.4	Účinnost zpětného získávání tepla.....	84
9.5	Potřeba tepla na vytápění .....	84
9.6	Neobnovitelná primární energie .....	85
9.7	Shrnutí.....	85
9.8	Průkaz energetické náročnosti budovy.....	86
10	Environmentální hodnocení budovy.....	87
11	Závěr .....	93
12	Použité zdroje, normy a software .....	94
13	Přílohy .....	100

# 1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá vypracováním řešení modernizace bytového domu, který od doby výstavby neprošel téměř žádnou rekonstrukcí. Tato práce si klade za cíl najít vhodné řešení modernizace objektu. Bude postupováno ve variantách řešení s ohledem na environmentální, stavebně-technické řešení a energetickou náročnost objektu s cílem dosáhnout, alespoň jednou z navržených variant, domu s velmi nízkou energetickou náročností. Prostor pro svůj názor dostali i obyvatelé domu, kteří prostřednictvím dotazníku mohli vyjádřit, co jim v domě nevyhovuje.

V návrhu je uvažováno se zateplením objektu, výměnou výplňových konstrukcí, s návrhem fotovoltaických panelů pro výrobu elektřiny, s integrací výtahů, řešením systémových tepelných mostů a modernizací větrání a vytápění objektu. Dalším cílem práce je vytvoření projektové dokumentace vybrané varianty a etapizace rekonstrukce s důrazem na obyvatelnost objektu během rekonstrukce.

Je reálné, že k nějakému typu rekonstrukce dojde a tato práce může být nápomocná při rozhodování a případné realizaci.

## 2 ŘEŠENÝ OBJEKT

Řešený objekt bytového domu postavený roku 1973 se nachází ve městě Červený Kostelec. Toto město leží v Královéhradeckém kraji na severovýchodě České republiky. Dům je umístěn blízko centra města, ale zároveň na klidném místě. Jedná se o velmi atraktivní lokalitu ve městě, krátká docházková vzdálenost do centra města, obchodů, pošty, školy i školky.

Objekt slouží pro účely bytového bydlení, nachází se v ulici Divadelní, má čtyři nadzemní podlaží a suterén. V objektu je 16 bytů 3+KK a jeden 1+KK. V suterénu se nachází byt 1+KK, sklepy, sušárna a kotelna. Dům má dva vchody s vlastním číslem popisným. Každý vchod obsluhuje 8 bytů 3+KK. Mezi jednotlivými vchody je možné procházet suterénem kolem sklepních kójí. Jednotlivá podlaží je možné překonávat pouze pomocí dvouramenných schodišť, výtahy v objektu chybí.

Každý byt má vlastní lodžii, jejíž konstrukce tvoří velké tepelné mosty v objektu. Výplně otvorů jsou v bytech vyměněny za plastová okna s izolačními dvojskly. Okna a dveře společných prostor jsou nová plastová s izolačními dvojskly. Původní výplně nalezneme pouze v suterénu objektu.

Vytápění celého objektu je zajištěno pomocí dvou plynových kotlů umístěných v kotelně a v jednotlivých bytech jsou připevněny podokenní radiátory. Pro ohřev teplé vody slouží lokální elektrické bojler, které jsou v každém bytě v místě WC nebo koupelny.

V objektu bydlí 16 rodin a v převážné většině se jedná o starší páry. Celý dům je využíván v pravidelném režimu celoročně.

Celý objekt je v zachovalém stavu. Vnitřní společné prostory jsou vymalovány. Venkovní obálka je neoprýskaná, nedochází k zatékání, ale je možné nalézt velké tepelné mosty, které jsou v konstrukci objektu už od doby výstavby.



*Obr.1 Půdorys běžného podlaží*

pohled jihovýchodní



pohled severovýchodní



pohled severozápadní



pohled jihozápadní



*Obr.2 Pohledy*

### 3 REKONSTRUKCE A ÚSPORY ENERGIE

Rekonstrukci objektu je možné provést několika způsoby. V minulosti často docházelo pouze k zateplení objektu nebo jen jeho části a výměně oken. Tento trend přetrvává i dodnes. Zrekonstruují se jen nezbytně nutné části objektu. Důsledkem tohoto řešení je nedostatečné využití potenciálu energetických úspor a snaha o minimalizaci finančních nákladů i za cenu pozdějších problémů a poruch.

Panelové a bytové domy vystavěny ve 20. století mají potřebu tepla na vytápění  $80 - 180 \text{ kWh/m}^2$  za rok. Standardní rekonstrukce, jako je zateplení a výměna oken na požadované či doporučené hodnoty, sníží spotřebu tepla na vytápění přibližně na  $30 - 65 \text{ kWh/m}^2$  za rok. Komplexní rekonstrukcí objektu je ovšem možné se dostat až na hodnoty nízkoenergetického domu, tzn.  $20-50 \text{ kWh/m}^2$  za rok. [1]

#### 3.1 Nízkoenergetické domy

Jako nízkoenergetické se označují domy s potřebou tepla na vytápění nižší než  $50 \text{ kWh/m}^2$  za rok. Jsou často mezistupněm mezi běžnou výstavbou bez tepelně izolační obálky a pasivním domem. Plocha v údaji o potřebě tepla na vytápění označuje podlahovou plochu objektu, proto je např. u rodinných domů snazší těchto hodnot dosáhnout více podlažími a kompaktním tvarem.

Potřebu tepla na vytápění nejvíce ovlivňuje kvalita tepelně izolační obálky. Záleží tedy na součiniteli prostupu tepla jednotlivých konstrukcí, jako jsou stěny, výplňové konstrukce, střecha a části podzemní stavby, které jsou ve styku s vytápěnou zónou objektu.

Na potřebu tepla na vytápění má vliv také orientace budovy ke světovým stranám. Pro snížení této hodnoty je vhodné orientovat největší prosklené plochy na jih, kde jsou největší solární zisky.

Dalším faktorem ovlivňujícím potřebu tepla na vytápění je tzv. faktor tvaru budovy. Jedná se o poměr ochlazované plochy obálky budovy ku jejímu objemu. Čím vyšší je tento faktor, tím vyšší je potřeba tepla na vytápění objektu při stejné kvalitě tepelně izolační obálky.

Při snižování potřeby tepla na vytápění se uplatňují i obnovitelné zdroje energie jako jsou fotovoltaické či fototermické panely nebo tepelná čerpadla vzduch (země) /voda. [2]

## 3.2 Větrání

Původní nezrekonstruované objekty měly řadu netěsností a docházelo k přirozenému větrání. Pouze hygienické zázemí bylo větráno mechanicky a to buď pomocí centrálního nebo decentrálního systému větrání.

Po výměně oken a zateplení objektu byly netěsnosti odstraněny a uživatelé bytů musí větrat pravidelným otevíráním oken. Mnoho uživatelů tyto povinnosti nesplňuje a často dochází ke vzniku plísní a špatného vnitřního mikroklimatu. Z tohoto důvodu je nutné, aby při zateplení objektu došlo také k rekonstrukci větrání. [1]

Výměna vzduchu je energeticky náročná, je nutné hledat kompromis mezi hygienickými parametry a spotřebovanou energií za větrání.

V České republice nyní neexistuje závazná norma pro množství větracího vzduchu. V oblasti vzduchotechniky se nejčastěji uvažují hodnoty přívodu čerstvého vzduchu 30 - 50 m<sup>3</sup>/h na osobu. Důležité parametry pro sledování kvality vnitřního prostředí je koncentrace oxidu uhličitého a vlhkost.

Pro obytné místnosti jako je obývací pokoj, ložnice a další pokoje je rozhodující koncentrace oxidu uhličitého. Přípustné hodnoty jsou v těchto místnostech do 1200 ppm.

V hygienickém zázemí je směrodatnou veličinou produkce vlhkosti. Vlhkost v koupelně vzniká hlavně z procesu koupání. Pro odvod vzduchu se používají odsávací ventilátory s čidlem vlhkosti a je vhodné je umístit přímo ke zdroji vlhkosti, tzn. nad vanu či sprchový kout.

V kuchyni vznikají škodliviny hlavně při vaření. Jedná se o vlhkost, oděry a při používání plynového sporáku také oxid uhličitý. Nejčastěji bývá rozhodujícím kritériem množství vlhkosti.

Pro přívod vzduchu do obytných místností se jako rozhodující škodliviny bere koncentrace oxidu uhličitého a pro ovládání přívodního prvku jsou instalována čidla CO<sub>2</sub>. Pro odvod vzduchu z hygienického zázemí a kuchyní se uplatňují čidla vlhkosti, vypínače osvětlení či digestoře. [3]

*Systemy větrání:*

a) přirozené větrání - výměna vzduchu je způsobena tlakovými rozdíly mezi vnějším a vnitřním prostředím. V nezateplených domech s netěsnými okny tento systém funguje, ovšem po rekonstrukci je nutné vytvořit umělý prostup přes obvodový plášť. Nejčastěji se pro přirozené větrání využívá infiltrace okenními spárami, dalšími variantami je provětrávání, aerace nebo šachtové větrání. Nevýhodou tohoto typu větrání je závislost na klimatických podmínkách a lidském faktoru. Výhodou jsou malé investiční náklady.

b) nucené větrání - tento systém zajišťuje řízenou výměnu vzduchu v závislosti na koncentraci škodlivin. Nucené větrání lze rozdělit na větrání s rekuperací x bez rekuperace a každý tento systém ještě na centrální a decentrální.

Systém bez rekuperace s decentrálními ventilátory umístěnými v jednotlivých bytech je jeden ze způsobů řešení. Odtahové ventilátory jsou spínány dle čidel či osvětlení. Nevýhodou tohoto řešení je instalace zdroje hluku přímo v bytě.

Lepším systémem bez rekuperace pro bytové domy je centrální systém, kdy jsou centrální ventilátory umístěny na střeše objektu. Tyto ventilátory pracují v malém podtlaku, aby nedocházelo k pronikání pachů mezi jednotlivými byty. Ventilátory jsou řízeny čidly a větrání se automaticky přizpůsobuje skutečné potřebě. V bytech jsou pouze regulační ventily, které regulují množství vzduchu pro daný byt. Oproti decentrálnímu systému je tento systém méně náročný na energii a zdroj hluku je mimo obytný prostor.

Problémem těchto systémů je umístění přívodního otvoru. Řešením jsou infiltrační prvky umístěné v oknech. Tyto prvky musí mít srovnatelnou kvalitu jako okno samotné. Vhodné je napojení těchto prvků na ovládací čidla.

Řešením tohoto problému je aplikace nuceného rovnotlakého větrání s centrálním nebo bytovým přívodem vzduchu a zpětným získáváním tepla. [3]

Decentrální systém je založen na umístění jednotky v každém bytě a to do podhledu v předsíní či sociálním zázemí, kde překáží nejméně. Vzduch může být přiváděn z fasády pro každý byt nebo centrálním stoupacím potrubím. Rovnotlaká výměna je zajištěna na základě čidel CO<sub>2</sub>, vlhkosti či dle manuálního sepnutí.

Centrální rekuperační jednotky jsou výhodnější z hlediska prostoru a pravidelnému servisu. Zdroj hluku je umístěn mimo obytný prostor, přívodní potrubí do bytů nemusí být izolováno. Nevýhodou tohoto systému je nižší účinnost rekuperace a složitější regulace přívodního vzduchu.

U panelových domů s více byty se pořizovací cena centrální jednotky rozdělí na menší částky a je ekonomicky výhodnější. Pro menší bytové domy vyjdou investiční náklady nižší u decentrálních jednotek. [1]



### 3.3 Vytápění

Pro vytápění bytových domů je možné použít klasické zdroje tepla, jako je plyn, elektřina a tuhá paliva, nebo tepelná čerpadla či kotle na biomasu.

Elektřina - Jedná se zdroj tepla dostupný téměř všude. Cenu za elektriku je možné ovlivnit tzv. dvoutarifovou sazbou, kdy je topení zapínáno pouze v době nízkého tarifu. Snižuje se tím ovšem komfort uživatelů.

Zemní plyn - Jedná se o velmi oblíbený systém vytápění. Plyn je dobře dostupný, kotle na zemní plyn mají vysokou účinnost a snadnou regulaci. Plyn jako zdroj tepla má nízkou míru znečištění ovzduší. Nejčastěji používanými plynovými kotli jsou kotle kondenzační, které mají vysokou účinnost.

Uhlí -Dříve se jednalo o nejrozšířenější palivo. V dnešní době se uhlí vrací díky kotlům s automatickým zásobníkem. Nevýhodou vytápění uhlím je pracná obsluha, malá účinnost a vysoké znečištění ovzduší karcinomy a oxidem siřičitým.

Tepelná čerpadla - Tepelná čerpadla fungují na podobném principu, jako je chladnička - chladič stroj ochlazuje okolní prostředí a získané teplo přenáší do topného systému. Jedná se o perspektivní zdroj energie, má nízké náklady na vytápění a vysoký uživatelský komfort. Nevýhodou je poměrně vysoká pořizovací cena, ale má rychlou návratnost. Tepelná čerpadla mohou získávat teplo ze vzduchu, země či vody.

Biomasa - Principem je přeměna sluneční energie, která se zachycuje na rostlinách a ukládá ve formě chemické energie. Biomasa se používá ve formě kusového dřeva, obilí, pelet či štěpek. Výhodou je vysoká šetrnost k životnímu prostředí a nízká cena paliva. Nevýhodou je pracná obsluha. [18]

Pro bytové domy s nízkou potřebou tepla na vytápění je výhodné použití kotlů na plyn a elektrické přímotopy. Kotel na kusové dřevo není pro bytové domy vhodný z hlediska náročnosti na obsluhu a skladování. Tepelná čerpadla je možné použít, ale je nutné mít dostatečný prostor a vhodnou kvalitu zeminy pro tepelné čerpadlo umístěné v zemi.

### 3.4 Obnovitelné zdroje energie

Při modernizaci objektu je možné využít obnovitelné zdroje energie. Jedná se o využití solární, větrné či geotermální energie. Při rekonstrukci se využívá nejčastěji solární energie a to pro ohřev TUV, vytápění či výrobu elektrické energie.

a) fotovoltaické panely - slouží k výrobě elektrické energie ze slunečního záření, tuto elektrickou energii je možné využívat pro potřeby objektu nebo ji prodávat do sítě.

- Umístění na střechu - jedná se o nejjednodušší a nejčastěji používaný systém umístění fotovoltaických panelů. Využitelnou plochu nesmí zastiňovat okolní zástavba, odvětrávání šachet a jiné konstrukce na střeše. Pro instalaci panelů je nutné zvolit vhodnou nosnou konstrukci a staticky posoudit únosnost střešní konstrukce. Nejvhodnější sklon pro celoroční provoz je 35°. Konstrukce pro upevnění panelů může být pohyblivá a otáčet se v závislosti na výšce slunce nad obzorem. [4]



*Obr.3 Příklad aplikace fve na střechu, převzato z [4]*

- Tenkovrstvá fotovoltaická krytina - fotovoltaické hydroizolační pásy se dají využít při rekonstrukci střechy. Pásy mají funkci hydroizolační a funkci fotovoltaického panelu. Pásy je nutné instalovat vcelku. Problémem jsou tudíž střechy s velkým množstvím komínů, otvorů a střešních vpustí. Tyto panely nezatěžují konstrukci a není problém s kotvením. Fotovoltaická hydroizolace má vyšší nároky na odstraňování nečistot a sněhu. [4]



*Obr.4 Příklad aplikace fotovoltaické krytiny, převzato z [4]*

- Umístění na štítech - další variantu je umístění fotovoltaických panelů na štíty objektu. Štíty musí být vhodně orientované vůči světovým stranám. Panely lze instalovat současně se zateplením fasády. Fotovoltaické panely musí být upevněny do konstrukce domu a tím vzniká tepelný most. Zadní strana panelů musí být odvětrávána, tudíž je nutné vytvořit vzduchovou mezeru. Takto umístěné panely mají zhruba o 30 % nižší účinnost než při sklonu 35°. [4]



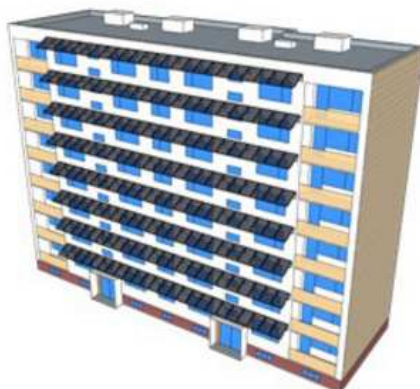
*Obr.5 Příklad umístění fve na štítech, převzato z [4]*

- Umístění na zábradlí lodžii a balkonů - toto umístění je architektonicky velmi zajímavé. Výhodou je snadná montáž a dobré ochlazování panelů. Nevýhodou je sklon, který je stejný jako u panelů umístěných na fasádě a možnost poškození panelů uživateli. Lodžie a balkony musí být také vhodně orientovány, nejlépe na jih. [4]



*Obr.6 Integrace fve do zábradlí balkonu, převzato z [4]*

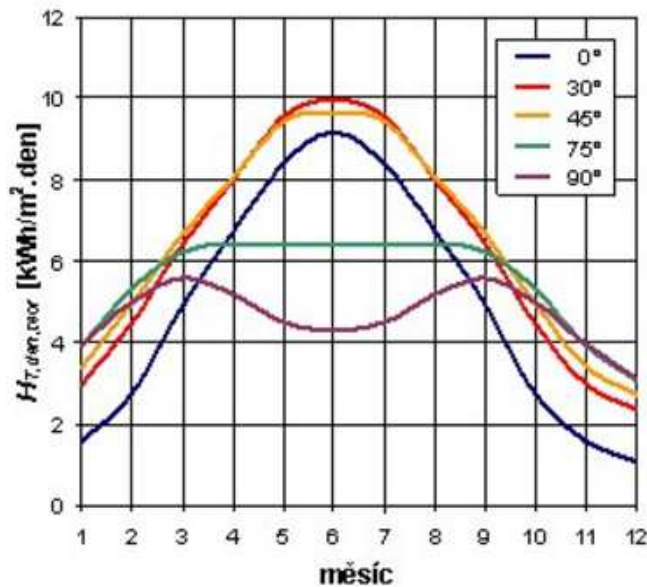
- Fotovoltaické markýzy - jedná se o další zajímavý architektonický prvek. Velmi výhodné je použití u oken na jih, kde v létě zabrání přehřívání bytů a zároveň vyrábí elektrickou energii. Na rozdíl od integrace do zábradlí má umístění panelů na markýzách vhodnější sklon. [4]



*Obr.7 Příklad fotovoltaických markýz, převzato z [4]*

b) fototermické panely - slouží pro ohřev teplé vody a vytápění pomocí solární energie, dochází tím ke snížení energetické náročnosti budovy. Využití solárních panelů pro přípravu teplé vody a vytápění je možné využít jen v případech, kdy to dovolí dispozice, dosavadní způsob přípravy TUV nebo vytápění a umístění zásobníků.

Účinnost fototermických panelů je závislá na sklonu, optimální sklon pro přípravu teplé vody je 45°. S jiným sklonem se účinnost snižuje.



Obr.8 Roční profil teoretických dávek slunečního ozáření na různě skloněné plochy, převzato z [5]

#### Příklady umístění

- Umístění na plochou střechu - jedná se o nejčastější případ použití, ale je nutné brát v úvahu stínění konstrukcemi na střeše, jako jsou výtahové šachty či odvětrávací komíny. Panely na střeše je nutné kotvit buď gravitačně, nebo mechanicky.
- Markýzy - použít nad okny jižní fasády, kde panely vyřeší letní přehřívání bytů.
- Zábradlí lodžii a balkonů - je vhodné je instalovat do mírně skloněné polohy, aby měly vyšší účinnost
- Integrace do obvodového pláště - nejčastěji se používají do štítu orientovanému na jih. Jejich účinnost může ovlivňovat okolní zástavba či vegetace. Instalace na fasádu je buď se vzduchovou mezerou, nebo kontaktně. [5]

## 4 Příklady komplexního řešení a modernizace bytových domů

Při modernizaci panelových či bytových domů je možné použít různé přístupy. Dle [6] se dělí na:

### a) předsazená fasáda

Při použití této varianty dojde k posunutí fasády na okraj balonu či lodžie. Tím se zvětší vnitřní prostor a bude vytvořena kompaktní tepelně izolační obálka.

Samotné předsazené konstrukce poté mohou být tvořeny jako samostatně stojící konstrukce nebo zavěšené s lokálními bodovými tepelnými mosty.



Obr.9 Příklad předsazené fasády, převzato z [6]

### b) individuální řešení

Jedná se o variantu, kdy dojde k vytvoření několika typických variant komplexní modernizace a poté si každý vlastník může vybrat.

Může jít o zateplení, výměnu oken, zasklení lodžii, integrace fotovoltaických panelů aj. Jednotlivé varianty je možné kombinovat a celkové architektonické provedení může být velmi zajímavé.



Obr.10 Příklad individuálního řešení, převzato z [6]

### c) avantgardní řešení

Při tomto řešení není zachován původní tvar domu. Jednotlivé části mají různé tvary a materiály. Jsou uspořádány tak, aby si navzájem nestínily. V posledním podlaží jsou vytvořeny mezonetové luxusní byty s velkou terasou a výhledem.

Tato varianta je technologicky nejnáročnější, ale řešitelná. [6]



Obr.11 Příklad avantgardního řešení, převzato z [6]

## 4.1 Příklady z České republiky

- **Panelový dům 21. století - soutěžní návrh**

Jedná se o návrh studentů Elišky Brunclíkové a Martina Strnada z Fakulty stavební ČVUT v Praze. Rekonstruovaný objekt se nachází v Mnichově Hradišti a má pět nadzemních podlaží z toho pouze čtyři jsou obytná. Orientace ke světovým stranám je netypická, obývací s lodžiami jsou orientované na východ. Objekt v původním stavu není zateplen a tudíž má velkou energetickou náročnost. Úkolem tohoto projektu bylo snížení energetické náročnosti a snaha navrhnout objekt jako nízkoenergetický.

V návrhu došlo k zateplení objektu, změně dispozice, zrušení lodžii, aplikaci solárního systému a návrh větrání s rekuperací.

V dispozici byla změněna poloha obývacího pokoje (z východu na západ) a ložnice (ze západu na východ) a to z důvodu lepších tepelných a slunečních podmínek. Pro zrušení lodžii bylo použito dřevěných fasádních panelů s tepelnou izolací, které slouží k zakrytí původních lodžii a tím rozšíření obytné plochy. Nové lodžie byly vybudovány na západě a to jako samostatně stojící konstrukce, které nevytvářejí tepelné mosty na fasádě objektu.

Solární systémy byly aplikovány na jižní stěně budovy a na střeše. Byla vytvořena také nástavba z dřevěných panelů, která z bytů v pátém podlaží vytvoří mezonetové byty.

Ve variantě bez větrání s rekuperací došlo k úspoře energie až o 40% a ve variantě s rekuperací až o 72% oproti původnímu stavu a také splňuje podmínku pro nízkoenergetické domy. [7]



Obr.12 Panelový dům a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci, převzato z [7]



- **Panelový bytový dům Praha 3 - Žižkov, Sudoměřská**

Autoři tohoto projektu, A plus spol.s.r.o., Praha, vyhráli soutěž "Fasáda roku 2011" v kategorii "Panelový dům". Jedná se o rekonstrukci obvodového pláště panelového domu typického pro Žižkov, kde je kompaktní rastrová zástavba.

Na panelovém domě bylo provedeno kompletní zateplení obvodových stěn, výměna původních oken za nová Eurookna. Pro zlepšení tepelně izolační obálky bylo provedeno zasklení lodžii, kde se zmenšily tepelné mosty a byla tím zvětšena obytná plocha a jednotlivé byty měly o jednu místnost více v podobě zimní zahrady.

Fasáda byla zateplena expandovaným polystyrenem tl. 120 mm a z pohledu požární bezpečnosti byly provedeny pásy s minerální vlny.

Typickým prvkem této zástavby je nástavba se šikmou stěnou s obkladem. Při rekonstrukci došlo k dozdění, ale byl zachován původní odskok, aby nebyla změněna celková architektura objektu.

Atypickým prvkem tohoto domu je jednotnost fasády, kde se omítka od shora až dolu nemění. Bylo nutné použít kvalitní materiály a to hlavně v oblasti soklu, aby nedocházelo k degradaci díky odstříkující vodě.

Součástí celé rekonstrukce bylo vybudování samostatné plynové kotelny, která zároveň zásobuje i okolní objekty. [8]



Obr.13 Panelový dům a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci, převzato z [9]

- **Dům s pečovatelskou službou Praha 3 - Žižkov, Roháčova**

Rekonstrukce tohoto objektu vyhrála soutěž "Fasáda roku 2008" v kategorii "Rekonstrukce panelového domu". Návrh provedl ateliér MS Architektura a design, s.r.o., Praha.

Při této rekonstrukci došlo ke změně exteriéru i interiéru. Dům byl při rekonstrukci přizpůsoben osobám vyššího věku. Vytvoření rampy pro invalidy ušetřilo práci nemohoucím lidem. V okolí objektu vzniklo příjemné prostředí pro odpočinek a relaxaci.

Z konstrukčního hlediska byl zateplen obvodový plášť, vyměněna okna a vytvořen 3D vzhled fasády pomocí modelace oken. V ustupujícím posledním podlaží bylo změněno zateplení, jelikož původní nebylo vyhovující.

Při návrhu fasády byl vzat v potaz původní stav fasády, která působila nahodilým dojmem. Objekt byl rozdělen na soklovou, hlavní a ustupující část. Tyto prvky se lišily materiály, barvami a strukturou povrchů. Hlavní část je tvořena lodžiami. Aby nebyla monotónní, je narušena lodžiovým zábradlím, které se z části začleňuje do plochy interiéru. [10]



Obr.14 Dům s pečovatelskou službou a) a c) stav před rekonstrukcí b) a d) stav po rekonstrukci, převzato z [11]

## 4.2 Příklady ze zahraničí

- **Modernizace objektu "Torenflat", Nizozemí**

Tento projekt od autorů Frowjin de Roos Architecten, získal několik ocenění. Objekt byl postaven roku 1974. V domě je 480 bytů a má 19 podlaží. Celá rekonstrukce probíhala za běžného provozu.

Objekt měl původně vrstvenou strukturu, což znamenalo celou řadu kritických detailů a tepelných mostů. V novém návrhu byl dům hladký, čímž došlo k eliminaci tepelných mostů na minimum. Lodžie se staly součástí vnitřního prostředí a tím se zvětšil vnitřní obytný prostor. Fasáda je vytvořena z panelů jako lehký obvodový plášť. Skládá se z tepelně izolačního zasklení a z neprůsvitných hliníkových panelů vyplněných tepelnou izolací. Fasáda má tudíž lehkou údržbu. Jelikož je hliník snadno recyklovatelný materiál s dlouhou životností, zvýšila se životnost objektu zhruba o 40 let.

Nová fasáda přinesla energetické úspory z třídy "F" na "C" a úspory v produkci CO<sub>2</sub>. Fasádu také oživila barevnost, bylo použito 12 odstínů, které se mění po výšce objektu. [12]

a)



b)



c)

Obr.15 Dům v Nizozemí a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci c) detail fasády, převzato z

[12]

- **Panelový dům Solanova, Dunaújváros, Maďarsko**

Objekt byl postaven roku 1975. K renovaci došlo v roce 2002. Během rekonstrukce došlo k zateplení fasády, sklepa, atiky a střechy. Byla vyměněna okna za okna s izolačními trojskly s integrovanými žaluziemi. V domě bylo nainstalováno nucené větrání s rekuperací tepla v každé bytové jednotce.

Byl také změněn typ střechy, z běžné ploché s asfaltovým pásem byla vytvořena zelená pochozí střecha, která slouží jako společný prostor, kde obyvatelé mohou trávit svůj volný čas.

Před započítím návrhu rekonstrukce, byli osloveni samotní obyvatelé domu, aby se vyjádřili ke změnám, které by chtěli, díky tomu bylo zjištěno, že jsou více nespokojeni v létě než v zimě. Byly tedy navrženy žaluzie, které zajišťují tepelnou stabilitu v letním období.

Nad vstupy do vchodů byly postaveny stříšky, které jsou pokryty solárními panely, které zajišťují více než 20% dodávky energie pro vytápění a ohřev teplé vody.

Po rekonstrukci došlo k úspoře energie až 80%, což potěšilo nejen obyvatelé, ale také samotné projektanty. Během první zimy bylo ještě nutné vyregulovat otopnou soustavu, aby nedocházelo k přetápění místností během chladných dní. [13]

a)



b)



Obr.16 Panelový dům a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci, převzato z [13]

- **Social housing Sterrenveld, Wezembeek, Belgie**

Jedná se o jeden z objektů pro sociální bydlení v Belgii. Původní stavba vyhrála architektonickou soutěž v roce 1959. V okolí je jeden stejně vysoký a dva nižší.

Původní návrh byl budovu zbourat, jelikož byla v dezolátním stavu. Při výstavbě bylo použito levných nekvalitních materiálů, které měly krátkou životnost. Od tohoto návrhu bylo upuštěno, jelikož dle nového územního plánu města se zde mohly postavit pouze budovy s maximálně třemi nadzemními podlažími. Bylo tudíž přistoupeno k rekonstrukci a zachován stávající počet podlaží.

Během rekonstrukce došlo k zateplení objektu izolací z minerální vlny tl. 120 mm, výměně oken za výplně s izolačními dvojskly a rekonstrukci vytápěcího systému.

Původně byly chodby bez větracího systému, bez oken a chodba vedla skrz celé podlaží. V novém návrhu byla chodba zmenšena a rozdělena na menší části, tím došlo ke zvětšení bytů a možnosti vytvoření tří vertikálních schodišť s okny a výtahy.

Z původní velké chodby byly vytvořeny lodžie, které jsou chráněny skleněnou fasádou, kterou je možné v létě otevřít a používat jako běžné balkony. Toto zasklení redukuje tepelné mosty v kritických detailech průběhu stropní desky z interiéru do exteriéru. [14]

a)



b)



c)

Obr.17 Social housing a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci c) detail fasády, převzato z

[14]

- **Apartment Building, Brogarden, Alingsas, Švédsko**

Dům byl postaven během éry výstavby bytových domů ve Švédsku, což bylo mezi lety 1963-1973. Po 30-40 letech byla nutná rekonstrukce. Až 300 těchto domů byla zrekonstruována do pasivního standardu.

Jedná se o tří podlažní dům, který není z hlediska dispozice vhodný pro seniory. Během rekonstrukce byly zatepleny stěny, střecha a podlaha nad suterénem. Zateplení stěny je minerální vlnou, která je mezi dřevěnými a ocelovými nosníky. Objekt dostal nová okna. Balkónová konstrukce byla předsunuta před fasádu objektu, čímž byly zmenšeny tepelné mosty a zvětšen obytný prostor. Pro ohřev teplé vody byly instalovány solární kolektory. V objektu se objevilo nové nucené větrání s rekuperací, které ušetřilo hodně energie.

V celém objektu byla zvýšena vzduchotěsnost, aby se dům dostal do pasivního standardu.

[15]

a)



b)



*Obr.18 Apartment Building a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci, převzato z [15]*

## 5 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU MODERNIZOVANÉHO OBJEKTU

### 5.1 Historie objektu

Vybraný bytový dům byl postaven během let 1971 - 1973 a v roce 1973 se do něj nastěhovali první obyvatelé.

Objekt byl na rozdíl od ostatních panelových domů z té doby postaven z cihel. Jeho vzhled není úplně odpovídající době, kdy byl postaven. Většina těchto typů bytových domů byla postavena v pozdější době.

Během života stavby se téměř nic nezměnilo, byla pouze zateplena střecha a strop nad suterénem v kotelně. Ani složení obyvatel není jiné, tudíž většina lidí je staršího věku.

### 5.2 Konstrukční řešení

Objekt má čtyři nadzemní podlaží a suterén. Konstrukční systém je stěnový s jednosměrně pnutými stropními deskami. Balkonové konstrukce jsou betonové konzoly.

#### *Základové konstrukce*

Objekt je založen na základových pásech z prostého betonu. Pod lodžiovou obvodovou zdí a některé části středního pásu jsou železobetonové. V místě kotelny jsou odstupňovány. Jednotlivé pásy mají různé rozměry v závislosti na velikosti zatížení. Složení zeminy v místě stavby: červenohnědé pískovce - zpevněný sediment.

#### *Svislé nosné konstrukce*

Jedná se o nosné stěny z cihel. Obvodové stěny jsou z cihel CDM 100 tloušťky 500 mm. Vnitřní nosné stěny jsou ze stejných cihel. Parapetní zdivo je z plynosilikátových kvádrů. Stěny v dotyku se zeminou jsou železobetonové tloušťky 500 mm, jsou pokryty asfaltovými hydroizolačními pásy, které jsou chráněny nopovou fólií.

#### *Vodorovné nosné konstrukce*

Stropní desky jsou tvořeny betonovými prefabrikovanými panely. Jsou vylehčeny kruhovými dutinami. Šířka panelu je 1000 mm, tloušťka 225 mm a jsou pnuty na maximální rozpon 5300 mm. Délka uložení je minimálně 125 mm. V místech bytového jádra jsou monolitické dobetonávky.

Překlady nad typovými okenními otvory jsou prefabrikované, rovněž i nad otvory ve střední zdi. Na straně u lodžii je navržen průběžný betonový monolitický překlad s deskou lodžie. Zdivo v úrovni každého stropu je staženo monolitickým věncem.

#### *Vertikální komunikace*

Pohyb mezi jednotlivými podlažími je zajištěn pomocí železobetonového dvouramenného schodiště. V objektu není výtah.

Podesty a mezipodesty jsou tvořeny železobetonovými prefabrikovanými panely, pnutými na stěny, rozpon 2650 mm.

Schodišťová ramena jsou ve všech podlažích stejná. V každém rameni je 7 stupňů s šířkou 260 mm a výškou 170 mm.

#### *Střešní konstrukce*

Celý objekt je zastřešen plochou střechou, která byla v nedávné době zateplena 120 mm polystyrenu. Střecha je vyspádovaná do střešních vpustí, které odvádějí dešťovou vodu.

Skladba:

- stropní konstrukce
- duté cihly na plocho
- jemná škvára
- plynosilikát tl. 200 mm
- asfaltový hydroizolační pás
- EPS tl. 120 mm
- asfaltový hydroizolační pás

#### *Komíny*

U domu je postaven jeden komín, který je mimo objekt a je lokálně kotven do stropní konstrukce. Jedná se o komín od plynové kotelny, který slouží pro odvod znehodnoceného vzduchu.

#### *Příčky a dělicí konstrukce*

Příčky jsou z dutých příčkovek tloušťky 100 mm. Tyto příčky jsou v bytech. Mezibytové příčky jsou z cihel plných pálených tloušťky 250 mm.



### *Podlahy*

Jako povrchová vrstva je použita keramická dlažba v koupelnách a na WC, linoleum v kuchyni, na chodbách a v pokojích nebo teraco ve společných prostorách. Není použita kročejová izolace.

### *Výplně otvorů*

V bytech a společných chodbách byla vyměněna okna z původních dřevěných netěsných za nová plastová s izolačními dvojskly. Původní okna zůstala ve zbylých společných prostorách, jako je sušárna, sklepy a kotelna a ještě v malé garsoniéře v suterénu.

Veškeré vnější dveře byly vyměněny za nové plastové, které zmenšují tepelnou ztrátu objektu.

### *Větrání objektu*

Jednotlivé místnosti bytu jsou větrány přirozeně, kromě WC a koupelny, které jsou odvětrávány nuceně pomocí ventilátorů, které jsou umístěny v jednotlivých místnostech. Jedná se tedy o decentrální podtlakové větrání. Ventilátory jsou osazeny do šachty umístěné na WC. Pro každé 4 byty nad sebou je jedna šachta, do které ústí odpadní vzduch z WC, koupelny a kuchyně. Šachty jsou vyvedeny na střechu a přívod vzduchu je zajištěn pomocí vodorovných šachet, které jsou umístěny ve stropní desce nad suterénem, tyto vodorovné šachty zajišťují tah šachty. Na střechě je vystavěna betonová budka, která tvoří zastřešení šachty shora, z bočních stran jsou umístěny mřížky, skrz které je odváděn vzduch.

a)



b)



*Obr.19 a) nasávací otvory vodorovné šachty b) vyústění šachty na střechě*

### *Vytápění objektu*

Objekt je vytápěn plynovými kotli. Kotelna je umístěna v suterénu objektu a nachází se v nevytápěné části. V kotelně jsou dva plynové kotle Dietrich, každý o výkonu 140 kW. Kotle jsou litinové článkové s atmosférickými dvoustupňovými hořáky.

Kotle jsou nastaveny na konstantní teplotu otopné vody, která je regulována pomocí termostatických hlavic přímo uživateli. Vypínání a zapínání kotle je pomocí obsluhy, která má kotle na starost. Ochranu kotle proti nedovolenému přetlaku zajišťuje expanzní zařízení.



*Obr.20 Kotle pro vytápění objektu*

Z kotelny vede topná voda v železném potrubí do jednotlivých stoupaček.

Otopná tělesa jsou zapojena na stoupačkách, jedná se o vertikální soustavu.

Přívod spalovacího vzduchu do kotelny je přirozený. Odvod spalin je společný pro oba kotle, pomocí kouřovodů, které ústí do komínového tělesa.

Systém je vybaven zařízením zajišťujícím ochranu systému vytápění proti nedovolenému přetlaku, který je umístěn v místnosti vedle kotelny. Tento systém je napojen na automatické doplňování s úpravou vody.



*Obr.21    Expanzní nádoby*

### *Ohřev teplé vody*

Ohřev teplé vody je zajištěn lokálně v každém bytě. Jedná se o zásobníkový ohřev, pomocí elektrické spirály. V každém bytě je instalován elektrický bojler, typu a velikosti dle potřeb vlastníků bytů. Průměrně se pohybuje velikost bojleru na jeden byt 120 litrů. Nejsou instalována oběhová čerpadla ani cirkulace. Teplá voda je ohřívána nárazově a to hlavně v době nízkého tarifu. Konkrétně se jedná o dobu od 22 do 2 hodin ráno, během dne dochází potom k dohřevu v době od 16 do 18 hodin.



*Obr.22    Bojler jednoho z bytů*

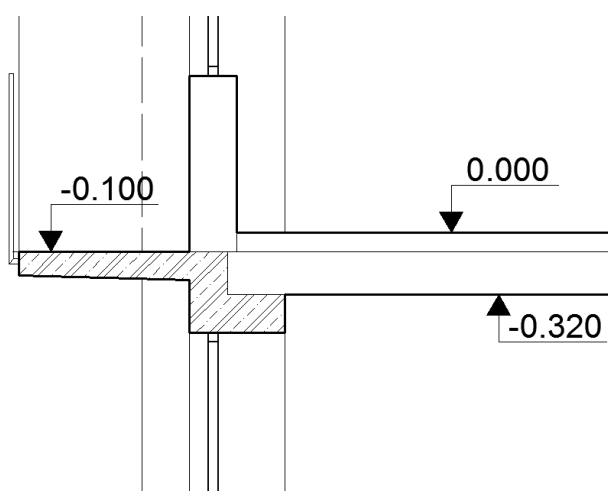
## 5.3 Průzkum a hodnocení stávajícího stavu

### 5.3.1 Střešní konstrukce

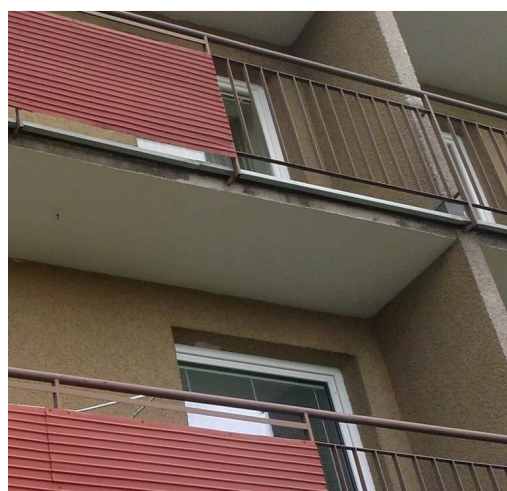
Střešní konstrukce je plochá a před několika lety byla zateplena. Při rekonstrukci se ponechala původní skladba střechy (viz skladby) a byla přidána tepelná izolace z polystyrenu tl. 120 mm a navrch byly nataveny asfaltové pásy. Tato skladba není zcela vhodná z hlediska kondenzace vodní páry.

### 5.3.2 Tepelné mosty

Největší problém je v místě lodžii, kde je z průběžného železobetonového překladu vykonzolována betonová deska. Zde dochází k velkým únikům tepla. Dalším tepelným mostem jsou místa pod okny, kde jsou umístěny radiátory. Parapetní zdivo je užší z plynosilikátových tvárnic tl. 250 mm. Rozdíl mezi původními a novými okny je také značný.



a)



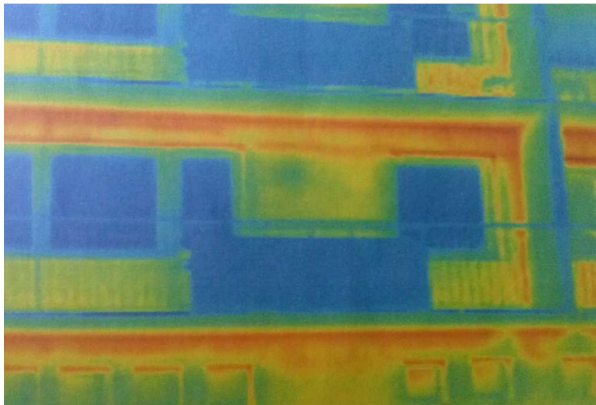
b)

Obr.23 Lodžie a) detail napojení lodžie b) foto lodžie

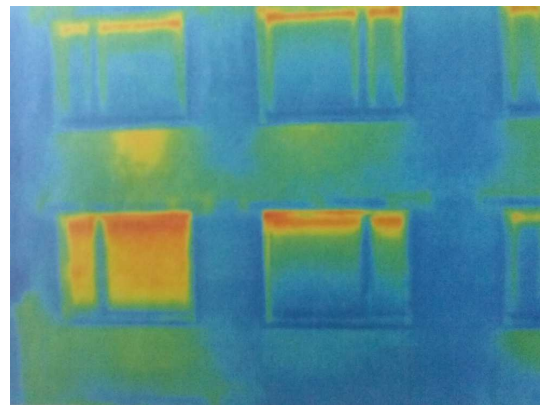
V roce 2011, bylo provedeno měření infrakamerou od specializované firmy, kde jsou viditelné dané tepelné mosty. Měření bylo prováděno v březnu brzy ráno při venkovní teplotě - 2,6°C. [16]

Barvy:

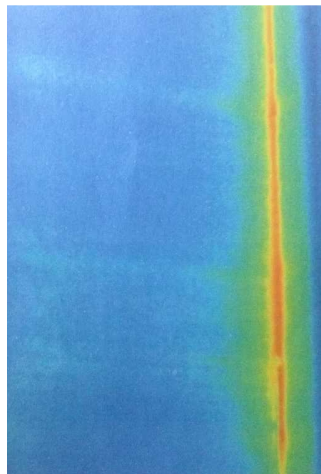
- modrá - chladné konstrukce (nedochází k úniku tepla)
- žluto-oranžová - konstrukce s vyšší teplotou (tepelné mosty)



a)



b)



c)

Obr.24 Snímek z termovize - a) jižní fasáda b) nové x staré okno a parapetní zdivo  
c) boční žebro - převzato z [16]

### 5.3.3 Akustika

Problémem tohoto domu je kročejova neprůzvučnost. Nejvíce nevyhovující jsou stěny mezi byty a chodbou společného prostoru. Důvodem je akusticky neoddělené schodiště, kde se přenáší hluk konstrukcí. Tyto stěny jsou v blízkosti vstupu do objektu velmi studené.

### 5.3.4 Vertikální komunikace

Nedostatkem tohoto objektu je, že nemá výtah. Obyvatelé jsou převážně vyššího věku. Věkový průměr lidí je kolem 50ti let. Proto je důležité během rekonstrukce do objektu zakomponovat výtah, který zajistí pohodlnější přístup do bytů.

### 5.3.5 Větrání objektu

Problémem objektu je větrání hygienického zázemí. Kdy obyvatelé bytů pod střechou si stěžují na pachy, které se k nim šíří ze spodních podlaží. Tento problém může být způsoben slabým výkonem ventilátorů ve spodních bytech. Tyto ventilátory nemají dostatečnou výtlačnou výšku a tím nedojde k vyfouknutí znehodnoceného vzduchu až ven.

## 5.4 Tepelně-technická analýza stávajícího stavu

V této kapitole jsou popsány hraniční stavební konstrukce mezi vytápěnou zónou a exteriérem, příp. mezi vytápěnou zónou a nevytápěným prostorem. Konstrukce na této hranici se podílejí na přenosu tepla mezi jednotlivými zónami. Poloha konstrukce je zohledněna díky činiteli teplotní redukce  $b [-]$ . Činitel teplotní redukce zohlední snížení prostupu tepla, pokud na vnější straně není exteriér ale zemina nebo nevytápěný prostor. Tento činitel se projeví při výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$ .

Tepelný tok prostupem tepla se může hodnotit ve dvou krocích.

- jako vlastnost každé konstrukce na systémové hranici - zde rozhoduje součinitel prostupu tepla  $U [W/m^2K]$  jednotlivé konstrukce
- jako vlastnost celé obálky budovy - zde je rozhodující průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em} [W/m^2K]$  obálky budovy

Pro to aby objekt vyhověl, musí být splněny oba požadavky. Tyto požadavky jsou uvedeny v normě ČSN 730540-2.

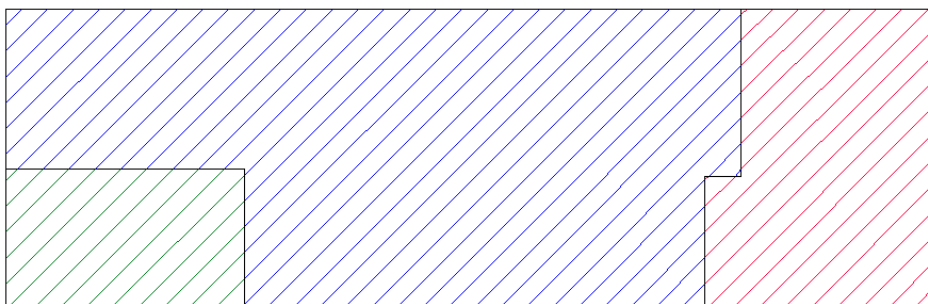
#### 5.4.1 Hodnocení konstrukcí na systémové hranici z hlediska součinitele prostupu tepla $U$




Pro určení systémové hranice objektu je nutné vytvořit zónování objektu a určit převažující teploty v jednotlivých zónách. Jelikož se jedná o bytový dům, byl objekt rozdělen na dvě zóny. Jedna jsou byty, kde je převažující teplota uvažována 21°C. Druhou zónou jsou společné prostory, které zahrnují chodby, prádelnu a sklepní kóje, kde je teplota 16°C. Kotelna je uvažována jako nevytápěný prostor, tudíž není zahrnuta do obálky budovy.

BĚŽNÉ PODLAŽÍ



SUTERÉN



-  obytné prostory     komunikace + spol. prostory  
 nevytápěné prostory

**Obr.25** Zónování objektu



Systémová hranice zahrnuje následující konstrukce a jejich skladby:

konstrukce	vrstvy	tloušťka (mm)	
obvodová stěna	vnější omítka	20	530
	cihly CDm	500	
	vnitřní omítka	10	
střecha	asfaltový pás	4	803
	pěnový polystyren	120	
	asfaltový pás	4	
	plynosilikát	200	
	násyp	200	
	dutinové cihly	50	
	dutinový panel	225	
podlaha nad nevytápěným prostorem	pěnový polystyren	100	385
	dutinový panel	225	
	hobra deska	10	
	betonová mazanina	50	
	povrchová úprava	10	
podlaha na zemině	podkladní beton	150	244
	hydroizolace	4	
	hobra deska	30	
	betonová mazanina	50	
	dlažba	10	
suterénní stěna	cihelná přízdívka	100	504
	hydroizolace	4	
	cihly plně pálené	400	
stěna k nevytápěnému prostoru	vnitřní omítka	10	395
	cihly CDm	375	
	vnitřní omítka	10	

Tab.1 Tabulka skladeb konstrukcí - stávající stav

KONSTRUKCE	U (W/m <sup>2</sup> K)	požadované U (W/m <sup>2</sup> K)	doporučené U (W/m <sup>2</sup> K)	SPLNĚNO
obvodová stěna	<b>1,11</b>	0,3	0,25	NE
střecha	<b>0,188</b>	0,24	0,16	ANO
podlaha nad nevytápěným prostorem	<b>0,317</b>	0,6	0,4	ANO
podlaha na zemině	<b>1,08</b>	0,45	0,3	NE
suterénní stěna	<b>1,184</b>	0,85	0,6	NE
stěna k nevytápěnému prostoru	<b>1,25</b>	2,7	1,8	ANO
dveře plastové	<b>1,5</b>	1,5	1,2	ANO
okna s izolačním dvojsklem	<b>1,5</b>	1,5	1,2	ANO
okna původní	<b>2,5</b>	1,5	1,2	NE

Tab.2 Tabulka součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí - stávající stav

Normové hodnoty součinitele prostupu tepla jsou předepsány v ČSN 730540-2.

Dle tabulky 2 je vidět, že konstrukce, které nesplňují požadované hodnoty, jsou obvodová stěna, podlaha na zemině, suterénní stěna a několik původních oken.

Závěr: Tomuto kritériu nevyhovují již zmíněné konstrukce, pro nápravu bude nutné zlepšení tepelně izolačních vlastností těchto konstrukcí, aby dosáhly alespoň požadovaných hodnot součinitele prostupu tepla  $U_{N,20}$ .

#### 5.4.2 Výpočet průměrného $U_{em}$ obálky budovy

Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  obálky budovy zahrnuje plošné zastoupení jednotlivých konstrukcí i vliv působení tepelných vazeb na systémové hranici objektu. Tepelné vazby jsou zahrnuty v přírážce  $\Delta U_{tb}$  [ $W/m^2K$ ]. Hodnoty  $\Delta U_{tb}$  jsou uvedeny v ČSN 730540-4. Tato přírážka nabývá hodnot od 0,02 do 0,15 a více [ $W/m^2K$ ], podle celkové úrovně řešení tepelných mostů.

Použití této přírážky je zjednodušením působení lineárních tepelných mostů a bylo by možné vliv lineárních i bodových tepelných mostů podrobněji vypočítat dle ČSN 730540-4.

Průměrný součinitel prostupu tepla se stanoví dle vzorce:

$$U_{em} = H_t / A$$

$H_t$  ..... měrný tepelný tok prostupem tepla ( $W/K$ )

$A$  ..... plocha obálky budovy

Měrný tepelný tok  $H_t$  se vypočítá:

$$H_t = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + A \cdot \Delta U_{tb} \quad (W/K)$$

$A_i$  ..... plocha  $i$ -té konstrukce ( $m^2$ )

$U_i$  ..... součinitel prostupu tepla  $i$ -té konstrukce ( $W/(m^2K)$ )

$\Delta U_{tb}$  ... přírážka vlivu všech tepelných vazeb na systémové hranici

Tabulka z ČSN 730540-4 udává hodnoty  $\Delta U_{tb}$  v závislosti na kvalitě konstrukčního řešení:

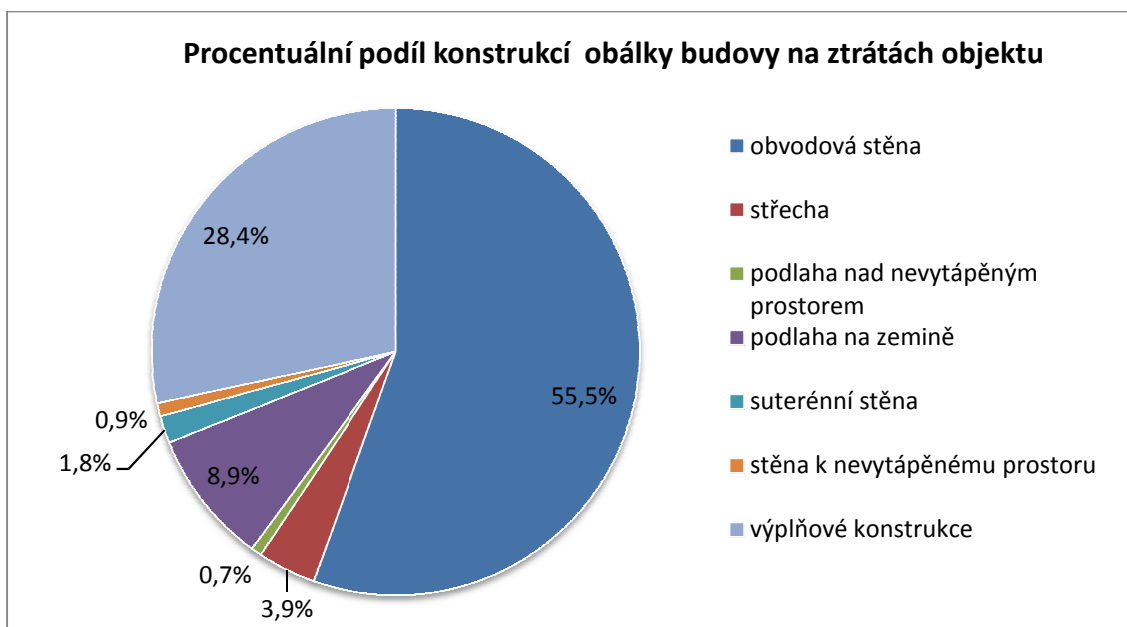
$\Delta U_{tb} = 0,02 \text{ W/m}^2K$  pro budovy téměř bez tepelných mostů

$\Delta U_{tb} = 0,05 \text{ W/m}^2K$  pro budovy s mírnými tepelnými mosty

$\Delta U_{tb} = 0,10 \text{ W/m}^2K$  pro budovy s běžnými tepelnými mosty

$\Delta U_{tb} = 0,15 \text{ W/m}^2K$  a více pro budovy s výraznými tepelnými mosty

Následující graf ukazuje procentuálně vyjádřenou měrnou tepelnou ztrátu jednotlivými obalovými konstrukcemi. Největší podíl na tepelných ztrátách má obvodová stěna, která má vysoký součinitel prostupu tepla  $U$  a následují výplňové konstrukce, které sice vyhovují požadovaným hodnotám, ale zabírají velkou plochu obálky budovy.



Graf 1 Podíl konstrukcí obálky budovy na ztrátách objektu - stávající stav

Tabulka č.3 ukazuje výpočet průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  pro daný objekt. Výpočet je proveden dle předchozího popisu. Vliv lineárních a bodových tepelných mostů je zahrnut v přírážce  $\Delta U_{tb} = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , tedy budova s výraznými tepelnými mosty.

KONSTRUKCE NA SYSTÉMOVÉ HRANICI	plocha	součinitel prostupu tepla	činitel teplotní redukce	měrný tepelný tok
	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	b (-)	H <sub>T</sub> (W/K)
obvodová stěna	815,4	1,11	1	905,1
střecha	334,8	0,188	1	62,9
podlaha nad nevytápěným prostorem	76,4	0,317	0,49	11,9
podlaha na zemině	198,8	1,08	0,52	111,6
suterénní stěna	39,1	1,184	0,52	24,1
stěna k nevytápěnému prostoru	34,5	1,25	0,2	8,6
dvěře plastové	2,1	1,5	1	3,2
okna izolační dvojskla	296,6	1,5	1	444,9
okna původní	12,3	2,5	1	30,8
<b>součet ploch ΣA</b>	<b>1810</b>			<b>1603,0</b>

$\Delta U_{tb}$	0,2	W/(m <sup>2</sup> K)
měrný tepelný tok prostupem tepla $H_t$	<b>1965,0</b>	W/K
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$	<b>1,09</b>	W/(m <sup>2</sup> K)

Tab.3 Výpočet  $U_{em}$  pro řešený objekt - stávající stav

Pro vyhodnocení průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  je nutné vypočítat hodnotu průměrného součinitele prostupu tepla pro referenční budovu  $U_{em,N}$ . Tato hodnota se vypočítá stejným způsobem, akorát se místo vypočtených hodnot součinitele prostupu tepla  $U$  použijí hodnoty požadované  $U_{N,20}$ .

KONSTRUKCE NA SYSTÉMOVÉ HRANICI	plocha	součinitel prostupu tepla	činitel teplotní redukce	měrný tepelný tok
	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	b (-)	$H_T$ (W/K)
obvodová stěna	815,4	0,3	1	244,6
střecha	334,8	0,24	1	80,4
podlaha nad nevytápěným prostorem	76,4	0,6	0,47	21,5
podlaha na zemině	258,44	0,45	0,52	60,5
suterénní stěna	39,1	0,85	0,33	11,0
stěna k nevytápěnému prostoru	34,5	2,7	0,2	18,6
dvěře plastové	2,1	1,5	1	3,2
okna s izolačním dvojsklem	296,54	1,5	1	444,8
okna původní	12,3	1,5	1	18,5
součet ploch $\Sigma A$	<b>1869,58</b>			<b>903,0</b>

$\Delta U_{tb}$	0,2	W/(m <sup>2</sup> K)
měrný tepelný tok prostupem tepla $H_t$	<b>1276,9</b>	W/K
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$	<b>0,68</b>	W/(m <sup>2</sup> K)

Tab.4 Výpočet průměrného  $U_{em,N}$  - stávající stav

Závěr: Dle vypočtených hodnot,  $U_{em} = 1,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  a  $U_{em,N} = 0,68 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , je zřejmé že  $U_{em}$  není menší než  $U_{em,N}$ . Podmínka nebyla splněna a obálka budovy není vyhovující.

### 5.4.3 Potřeba tepla na vytápění

Potřeba energie na vytápění je tepelná energie, kterou je třeba dodat otopné soustavě.

Potřebu tepla na vytápění budovy  $Q_{nd}$  se vypočte bilancováním tepelných ztrát a využitelných tepelných zisků vytápěné zóny v každém časovém kroku výpočtu, kterým je měsíc.

$$Q_{nd} = Q_i - \eta_g * Q_g \text{ [kWh]}$$

- $Q_i$  ... celkové tepelné ztráty vytápěné zóny
- $\eta_g$  ... faktor využitelnosti tepelných zisků
- $Q_g$  ... celkové tepelné zisky vytápěné zóny

#### Tepelné ztráty

Celkové tepelné ztráty vytápěné zóny  $Q_i$  vypočteme jako součet tepelných ztrát prostupem a větráním.

$$Q_i = Q_T + Q_V \text{ [kWh]}$$

- $Q_T$  - tepelná ztráta prostupem  $Q_T = H_T * (\theta_{i,set} - \theta_e) * t$
- $Q_V$  - tepelná ztráta větráním  $Q_V = H_V * (\theta_{i,set} - \theta_e) * t$
- $\theta_{i,set}$  - požadovaná vnitřní teplota (20°C)
- $\theta_e$  - teplota venkovního prostředí, mění se v závislosti na časovém kroku
- $t$  - časový krok (počet hodin v měsíci)
- $H_T$  - měrný tepelný tok prostupem (W/K)
- $H_V$  - měrný tepelný tok větráním (W/K)

#### Využitelné tepelné zisky

Celkové tepelné zisky vytápěné zóny  $Q_g$  vypočteme jako součet vnitřních a solárních tepelných zisků.

$$Q_g = Q_{int} + Q_{sol} \text{ [kWh]}$$

- $Q_{int}$  - vnitřní tepelné zisky  $Q_{int} = (n_{os} * 100 * occup + n_{bj} * 100) * t$
- $Q_{sol}$  - solární tepelné zisky  $Q_{sol} = \Sigma H * \Sigma A_s$
- $n_{os}$  - počet osob
- $occup$  - obsazenost (pro bytové domy 0,7)
- $n_{bj}$  - počet bytových jednotek

### Výpočet potřeby tepla na vytápění pro danou budovu

V následující tabulce jsou vidět výsledky výpočtu potřeby tepla na vytápění. Výpočty jsou provedeny v jednotlivých měsících.

Výsledná měrná potřeba tepla na vytápění je vztažena na podlahovou plochu vytápěné zóny.

CELKOVÁ BILANCE								
	ztráty			zisky				
měsíc	Q <sub>t</sub> (kWh)	Q <sub>v</sub> (kWh)	Q <sub>i</sub> (kWh)	Q <sub>sol</sub> (kWh)	Q <sub>int</sub> (kWh)	Q <sub>g</sub> (kWh)	η <sub>g</sub>	Q <sub>nd</sub> (kWh)
leden	31 616	6006	37 622	1301	188	1489	1,0000	36 133
únor	25 997	4939	30 936	2079	170	2249	0,9999	28 687
březen	23 414	4448	27 862	3531	188	3719	0,9995	24 145
duben	16 886	3208	20 093	5123	182	5306	0,9949	14 815
květen	9 246	1757	11 003	5994	188	6182	0,9454	5 158
červen	5 196	987	6 183	5771	182	5953	0,8033	1 400
červenec	3 430	652	4 082	5784	188	5973	0,6208	374
srpen	3 579	680	4 259	5920	188	6109	0,6301	410
září	8 948	1700	10 648	4107	182	4289	0,9796	6 446
říjen	15 957	3031	18 989	3074	188	3263	0,9988	15 730
listopad	23 669	4496	28 165	1578	182	1760	1,0000	26 405
prosinec	28 782	5468	34 250	1062	188	1251	1,0000	33 000
celkem	196 719	37372	234 091	45 323	2 219	47542		192702
								192702
							kWh/m <sup>2</sup>	142,4

Tab.5 Potřeba tepla na vytápění - stávající stav

Závěr: Tabulka č. 5 ukazuje výpočet dle předchozího postupu. Výsledná měrná roční potřeba tepla na vytápění je  $142,4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Tato hodnota ukazuje, že objekt je nevhodný. V porovnání s nízkoenergetickým příp. pasivním domem, u kterých se tato hodnota pohybuje pod  $50 \text{ příp. } 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

V posledním sloupci tabulky jsou hodnoty, které je potřeba do objektu přivést otopným systémem v jednotlivých měsících.

#### 5.4.4 Primární energie z neobnovitelných zdrojů

Primární energie z neobnovitelných zdrojů se hodnotí součtovou hodnotou spotřeby primární energie na vytápění a přípravu teplé vody vynásobené odpovídajícím faktorem energetické přeměny uvedených v tab. 8 v TNI 73 0330. Tento faktor závisí na typu energonositele.

Faktor energetické přeměny slouží pro přepočítání konečné spotřeby energie na primární energii. Primární energie zohledňuje dopad na životní prostředí a zahrnuje celý cyklus energie od jejího získání až po konečnou spotřebu.

Pro elektřinu byl použit faktor 3,0 a pro zemní plyn 1,1.

Spotřeba energie je vyšší než potřeba energie, je zde započítána účinnost přeměny a případné ztráty na rozvodech či cirkulaci. Spotřeba energie byla převzata z vypracovaného průkazu energetické náročnosti budovy. Tento průkaz je součástí dokladové části projektové dokumentace.

energonositel	dílčí vypočtená spotřeba energie	faktor celkové prim. energie	faktor neobnovitelné prim. energie	celková prim. energie	neobnovitelná prim. energie
	kWh/rok	-	-	kWh/rok	kWh/rok
elektřina	85351	3,2	3	273123	256053
zemní plyn	275605	1,1	1,1	303166	303166
celkem				576289	559219

plocha	1598	m <sup>2</sup>
neobnovitelná primární energie	349,9	kWh/m <sup>2</sup> a

Tab.6 Neobnovitelná primární energie - stávající stav

Závěr: Neobnovitelná primární energie je 349,9 kWh/m<sup>2</sup>a. Pro porovnání např. s pasivním domem se tato hodnota pohybuje pod 60 kWh/m<sup>2</sup>a.

Pro snížení této hodnoty by bylo zapotřebí snížit potřebu tepla na vytápění, tedy zkvalitnit obálku budovy, použít zdroje energie s velkou účinností a malými ztrátami na rozvodech nebo použít zdroje energie s nízkým faktorem energetické přeměny, např. tepelná čerpadla.

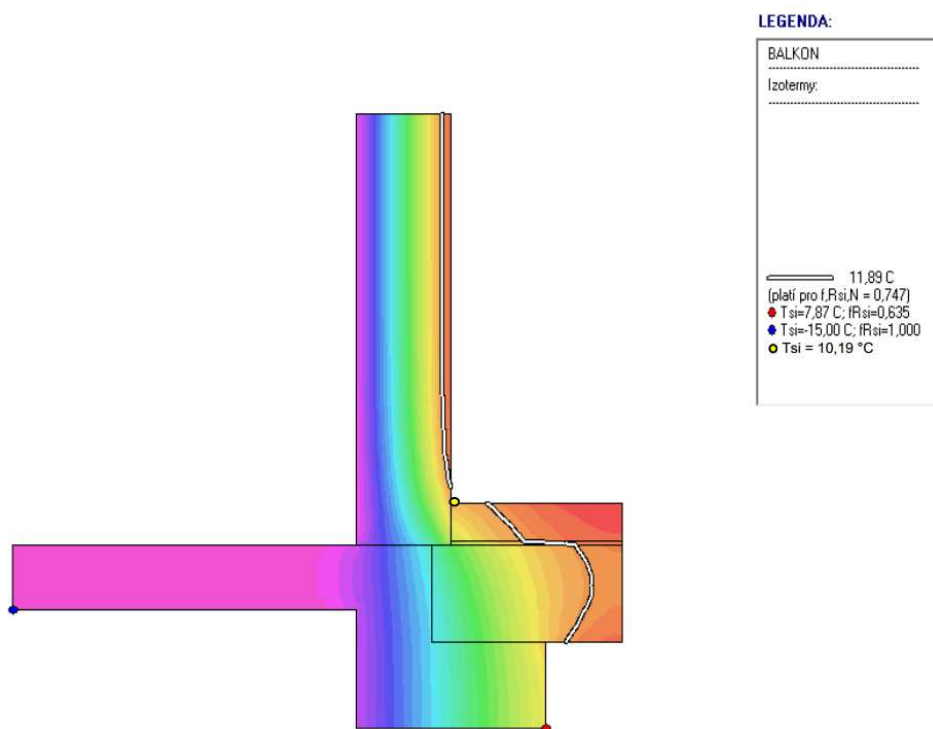
#### 5.4.5 Nejnižší povrchová teplota a vlhkost konstrukce

Povrchová teplota konstrukce v interiéru má vliv nejen na odolnost konstrukce, ale také na komfort uživatelů a kvalitu vnitřního prostředí. Pokud tato teplota klesne pod teplotu rosného bodu, může docházet ke kondenzaci vodní páry. Vlivem kondenzace může docházet ke vzniku plísní a tím ke zhoršení vnitřního mikroklimatu. Největší riziko kondenzace je v místě největších tepelných mostů objektu.

Na objektu se jedná o kritický detail napojení lodžie na stropní desku. Podlaha lodžie je ze železobetonu a je napojena na železobetonový věnec, který není odizolován.

Kritický detail byl zjednodušen a vymodelován v programu Area 2014. Byly použity následující okrajové podmínky

- teplota vnitřního vzduchu 21 °C
- relativní vlhkost v interiéru 50 %
- teplota venkovního vzduchu -15 °C
- relativní vlhkost v exteriéru 84 %
- teplota rosného bodu 11,89 °C

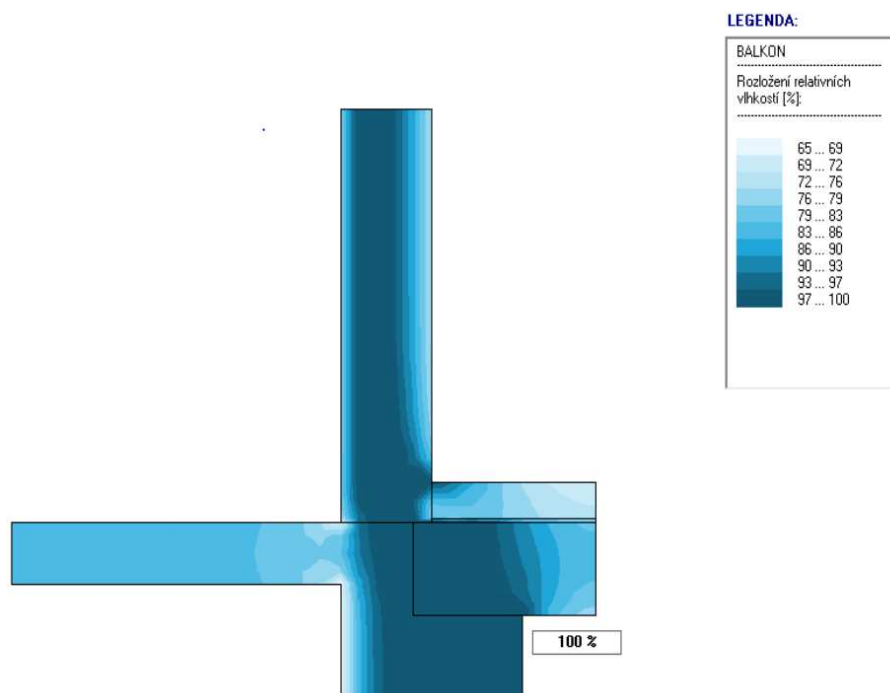


Obr.26 Teplotní pole kritického detailu - stávající stav (vytvořeno v Area 2014)



Na obrázku 26 je vidět, že nejnižší povrchová teplota je v místě nadpraží okna, kde je vnitřní povrchová teplota 7,87 °C.

V místě napojení podlahy na stěnu je vnitřní povrchová teplota 10,19 °C.



Obr.27 Vlhkostní pole kritického detailu - stávající stav (vytvoreno v Area 2014)

Na obrázku 27 je rozložení vlhkosti v kritickém detailu. V místě nejnižších povrchových teplot je relativní vlhkost 100 %. Dle výpočtu by zde mělo docházet ke kondenzaci. Důvodem této kondenzace je nižší povrchová teplota, než je teplota rosného bodu. Tato teplota je 11,89 °C při teplotě vnitřního vzduchu 21 °C a relativní vlhkosti 50 %.

Závěr: Nejnižší povrchová teplota je v kritickém detailu 7,87 °C. Tato teplota je nevyhovující, dochází zde dle výpočtu k povrchové kondenzaci. Ve skutečnosti k této kondenzaci ve většině případů nedochází, díky radiátorům, které jsou osazeny na stěně a zahřívají konstrukci. Lokálně se v místech tohoto detailu objevují plísň.

## 6 MODERNIZACE OBJEKTU

V rámci modernizace dojde k návrhu řešení ve variantách a v závěru budou varianty zhodnoceny a porovnány.

V jednotlivých variantách se objeví zakomponování výtahu, zateplení objektu, zlepšení větrání objektu, použití obnovitelných zdrojů energie, výměna oken a řešení akustiky mezi byty.

Při vytváření jednotlivých variant byli zapojeni i obyvatelé objektu prostřednictvím dotazníku. Lidé zde mohli vyjádřit vlastní názor na to, co se jim v jejich domě líbí a co by rádi vylepšili.

Zde je nevyplněný dotazník.

### DOTAZNÍK

Dobrý den, jmenuji se Kateřina Berková a píši diplomovou práci na téma Modernizace bytového domu z energetického hlediska.

Jedná se o dům, ve kterém bydlíte.

Ráda bych Vás tímto dotazníkem požádala o rady a inspiraci.

Zajímalo by mě, co Vám v domě nevyhovuje a co byste rádi změnili, ať už z hlediska tepelného, akustického, větrání, vytápění či co se týká vzhledu a další...

Prosím o napsání Vašeho názoru a vhození vyplněného dotazníku do schránky Berkovi.

Předem mockrát děkuji za odpovědi. (Dotazník je anonymní.)

#### 1. Líbilo by se Vám zateplení objektu?

- a) ano
- b) ne
- c) je mi to jedno

#### 2. Vyhovuje Vám dosavadní systém větrání bytů?

- a) ano, jsem spokojen
- b) ne, větrá se málo a musím často otevírat okna
- c) ne, okna moc často neotvírám

Jak byste větrání vylepšili?

.....  
.....

#### 3. Ocenili byste použití obnovitelných zdrojů energie, např. fotovoltaické panely?

- a) ano
- b) ne
- c) nevím

#### 4. Ocenili byste v objektu výtah?

- a) ano
- b) ne
- c) je mi to jedno

#### 5. Máte představu o tom, kudy Vám z bytu uniká nejvíce tepla?

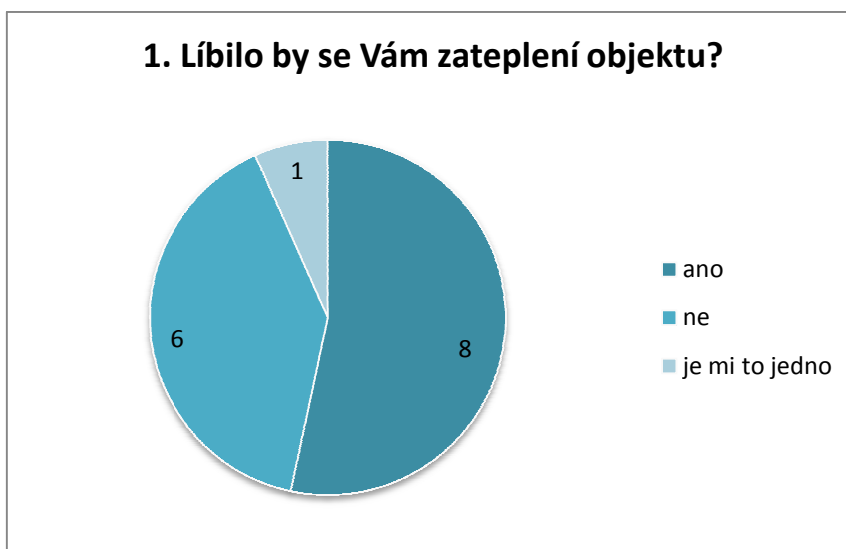
- a) ano mám, kudy: .....
- b) ne nemám

Prosto pro další návrhy vylepšení Vašeho domu:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

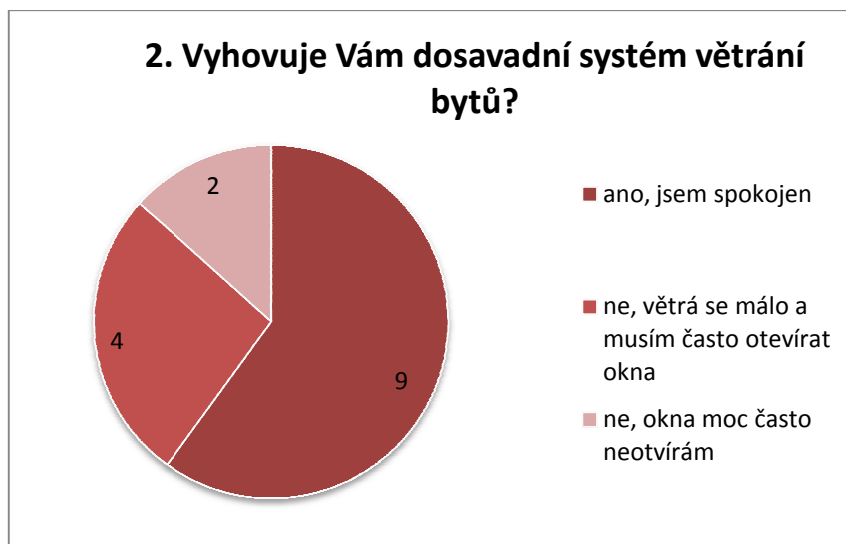
## Výsledky dotazníku

Výsledky první otázky, zda by obyvatelé chtěli zateplit objekt, jsou značně překvapující. Poměrně velká část lidí by objekt zateplit nechtěla. Jeden odpovídající zde připsal, že mu stěna tloušťky 500 mm přijde dostačující, to ale neřeší zamezení tepelných mostů. Ovšem zateplení objektu je nezbytné, aby bylo možné ušetřit na vytápění, a většina lidí si to uvědomuje. Podle mého názoru lidé volili odpověď NE hlavně z důvodu strachu o vnitřní mikroklima a vzniku plísní, obava je to jistě odůvodněná, proto bude nutné vylepšit i systém větrání.



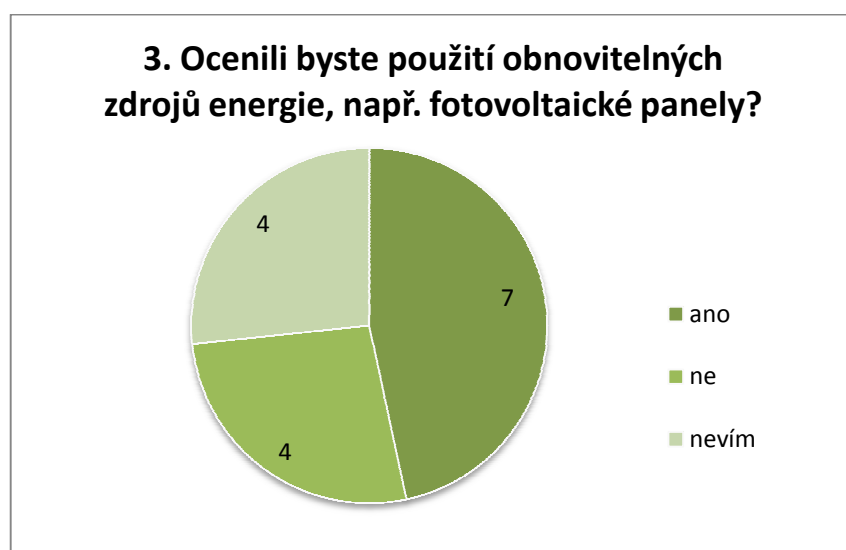
Graf 2 Výsledky otázky č. 1 dotazníku

Na otázku, zda obyvatelům vyhovuje dosavadní systém větrání, většina odpověděla, že ano. Tento výsledek je očekávaný, jelikož objekt není zateplen a jsou pouze vyměněná okna, kolem nichž jsou netěsnosti, tak nedochází ke vzniku plísní a dosavadní systém větrání je dostačující. Vznik plísní je hlavně ze severní strany objektu a v bytech, které jsou extrémně namáhány, tzn. rohové byty pod střechou.



Graf 3 Výsledky otázky č. 2 dotazníku

Na třetí otázku obyvatelé odpovídali různě. Někteří nejspíše nevěděli, co to obnovitelné zdroje energie jsou, někteří zastánci obnovitelných zdrojů jsou a jiní ne.



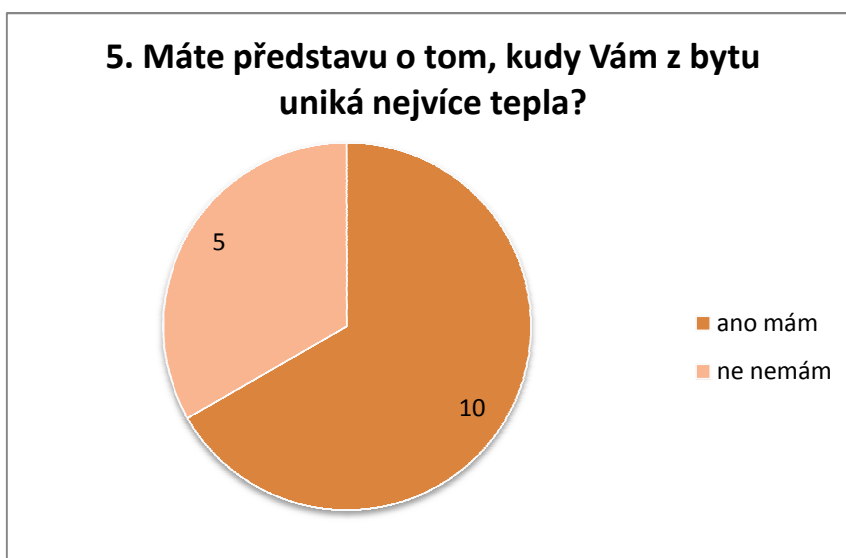
Graf 4 Výsledky otázky č. 3 dotazníku

Otázka číslo čtyři má jasný výsledek, naprostá většina obyvatelů by v objektu ocenila výtah. Objekt má sice pouze čtyři nadzemní podlaží, ale většina obyvatelů má vyšší věk a tudíž je pro ně výtah potřebný.



Graf 5 Výsledky otázky č. 4 dotazníku

Otázka pět měla poukázat na místa největších tepelných mostů objektu, tak jak to cítí obyvatelé. Někteří nevědí, kudy jim teplo z bytu uniká, ale většina tuto představu má. Na doplňující otázku kudy, většina obyvatelů odpověděla: okna, nezateplené stěny, balkony, úzká stěna pod okny či betonové překlady nad okny. Všechna tato místa jsou jasnými tepelnými mosty a z výsledků vyplývá, že si to uvědomují i samotní obyvatelé.



Graf 6 Výsledky otázky č. 5 dotazníku

V prostoru dalších návrhů na konci dotazníku se většina obyvatel nevyjádřila. Někteří ovšem svými nápady přispěli. V této části se objevili názory jako: změna zábradlí na balkonu, zasklení balkonu, zateplení střechy, zateplení suterénu, rekonstrukce otopné soustavy - tepelné čerpadlo, rekuperační jednotky, modernizace schodišťového prostoru nebo změna využití dosavadní prádelny.

Závěr výsledků dotazníku:

Z výsledků vyplývá, že se zateplením objektu bude spokojena většina obyvatel a ostatní budou nakonec určitě mile překvapeni. Po zateplení domu bude nutné zrekonstruovat systém větrání, se kterým je nyní většina lidí spokojena. Obnovitelné zdroje energie budou použity jen v jedné variantě, jelikož se nejedná o hlavní problém objektu a názor obyvatel je rozporuplný. Instalace výtahu vyšla z dotazníku jako jednoznačná, tudíž bude výtah zakomponován v obou variantách řešení.

## 7 MODERNIZACE OBJEKTU - VARIANTA A

Varianta A obsahuje zakomponování výtahu, zateplení objektu, výměnu původních oken a rekonstrukci větrání objektu.

Jedná se o ekonomickou variantou, díky které dojde ke snížení potřeby tepla na vytápění, zlepšení vnitřního mikroklimatu, ale nebude nutné dělat velké zásahy do konstrukce.

### 7.1 Popis změn

#### 7.1.1 Instalace výtahu

Dle vyhlášky 268/2009 Sb. není nutné v tomto objektu zřizovat výtah, ale jelikož se jedná o objekt, kde bydlí převážně starší lidé, je to téměř nutností. Tuto úvahu potvrdil již zmiňovaný dotazník.

Výtah bude umístěn u vchodu do objektu ze severozápadní strany. Bude použit prosklený výtah, který bude předsazený před objekt. Výtahy zde budou umístěny dva, pro každý vchod jeden. Hlavní vchod do objektu je v mezipatře, výtah bude tedy zastavovat na mezipodestě. Uživatelé musí po vystoupení z výtahu překonat jedno schodišťové rameno nahoru nebo dolů.

#### 7.1.2 Zateplení objektu

V této variantě dojde ke klasickému zateplení objektu pěnovým polystyrenem. Jednotlivé skladby a jejich součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v kapitole: Tepelně technická analýza varianty A.

Bude použit polystyren se součinitelem tepelné vodivosti odpovídající ceně materiálu. Na všech fasádách kromě jihovýchodní bude provedení zateplení bezproblémové. Na jihovýchodní fasádě jsou umístěny lodžie, jejichž konstrukce jsou největším tepelným mostem objektu, tudíž bude nutné je zaizolovat.

Pro zateplení lodžií bude použit kvalitnější pěnový polystyren, který bude v menší tloušťce, aby nedošlo k velkému zmenšení balkonu a k vytvoření na pohled tlustých konstrukcí žeber mezi jednotlivými lodžiemi.

Použité materiály:

- klasické zateplení - *Isover EPS 70 F*,  $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ , tloušťka 140 mm

- zateplení lodžií - *Isover EPS GreyWall*,  $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$ , tloušťka 120 mm na obvodovou stěnu a 60 mm na žebra mezi lodžiemi a spodní stranu podlahy lodžie

- zateplení pochozí části podlahy lodžie - *Isover EPS 100*,  $\lambda = 0,037 \text{ W/mK}$ , tloušťka 60 - 70 mm (spád)

Před zateplením bude nutné otlouct omítku a urovnat povrch. Poté bude instalován systém ETICS. Vrchní omítka bude mít různé barvy. Odstíny budou vybrány podle okolní zástavby. Vedlejší panelový dům je nově zateplen a má novou omítku. Tento dům má barvu šedou a růžovou. Na následujícím obrázku je možné vidět nynější stav.



*Obr.28 Pohled na okolní zástavbu*

### 7.1.3 *Výměna oken*

V této variantě dojde pouze k výměně oken, které jsou původní. Jedná se pouze o okna v suterénu. Okna budou nahrazena plastovými s izolačními dvojskly, jako jsou ve zbytku objektu.

Počet a rozměry oken k výměně:

- 900 x 650 mm - 16 ks
- 650 x 650 mm - 21 ks
- 1300 x 1500 mm - 3 ks
- 1500 x 1500 mm - 1 ks

### 7.1.4 *Rekonstrukce větrání*

V závislosti na zateplení objektu a výměně oken je nutné zajistit dostatečné větrání bytů, aby nedocházelo ke vzniku plísní a ke špatnému vnitřnímu mikroklimatu.

Pro tuto variantu byl vybrán systém větrání bez rekuperace. Jedná se o centrální systém. Na střeše je umístěn ventilátor v provedení DCV (ventilační systém řízený potřebou), v



jednotlivých bytech jsou umístěny regulátory průtoku vzduchu. Intenzita větrání je řízena momentální potřebou dle koncentrace CO<sub>2</sub> či vlhkosti. Pro byty jsou dostačující čidla CO<sub>2</sub>.

Pro přívod vzduchu jsou v oknech umístěny přívodní prvky, kterými je podtlakem přiváděn čerstvý vzduch. Odvodní potrubí je společné vždy pro 4 byty nad sebou a má vyústění na střechu. Tento systém nabízí firma Elektrodesign.

Podrobný popis a schéma systému větrání je ve výkresové části.

#### *7.1.5 Akustika*

Aby nedocházelo k přenášení kročejového hluku konstrukcí v komunikačním prostoru, jsou na schodišťové stupně nalepeny pryžové nášlapy na schody s požární odolností. Tyto nášlapy utlumí hluk a nepřenáší ho do konstrukce.

## 7.2 Tepelně-technická analýza - VARIANTA A

V této kapitole jsou hodnoceny stejné parametry jako v původním stavu a v závěru práce dojde k vyhodnocení a porovnání jednotlivých variant.

### 7.2.1 Hodnocení konstrukcí na systémové hranici z hlediska součinitele prostupu tepla $U$

Systémová hranice objektu zůstává stejná jako v původním stavu. Jedná se o dvě zóny. Jedna jsou byty, kde je převažující teplota 21°C, druhá zóna jsou společné prostory zahrnující chodbu, prádelnu a sklepní kóje. V této zóně je převažující teplota 16°C.

Systémová hranice zahrnuje následující konstrukce a jejich skladby:

konstrukce	vrstvy	tloušťka (mm)	
obvodová stěna	vnější omítka	20	670
	Isover EPS 70 F	140	
	cihly CDm	500	
	vnitřní omítka	10	
střecha	asfaltový pás	4	803
	pěnový polystyren	120	
	asfaltový pás	4	
	plynosilikát	200	
	násyp	200	
	dutinové cihly	50	
	dutinový panel	225	
podlaha nad nevytápěným prostorem	pěnový polystyren	100	385
	dutinový panel	225	
	hobra deska	10	
	betonová mazanina	50	
	povrchová úprava	-	
podlaha na zemině	podkladní beton	150	244
	hydroizolace	4	
	hobra deska	30	
	betonová mazanina	50	
	dlažba	10	
suterénní stěna	cihelná přizdívka	100	504
	hydroizolace	4	
	cihly plné pálené	400	
stěna k nevytápěnému prostoru	vnitřní omítka	10	395
	cihly CDm	375	
	vnitřní omítka	10	

Tab.7 Tabulka skladeb konstrukcí - varianta A

KONSTRUKCE	U (W/m <sup>2</sup> K)	požadované U (W/m <sup>2</sup> K)	doporučené U (W/m <sup>2</sup> K)	SPLNĚNO
obvodová stěna	<b>0,24</b>	0,3	0,25	ANO
střecha	<b>0,188</b>	0,24	0,16	ANO
podlaha nad nevytápěným prostorem	<b>0,317</b>	0,6	0,4	ANO
podlaha na zemině	<b>1,08</b>	0,45	0,3	NE
suterénní stěna	<b>1,184</b>	0,85	0,6	NE
stěna k nevytápěnému prostoru	<b>1,25</b>	2,7	1,8	ANO
dveře plastové	<b>1,5</b>	1,5	1,2	ANO
okna s izolačním dvojsklem	<b>1,5</b>	1,5	1,2	ANO
okna původní - vyměněná	<b>1,2</b>	1,5	1,2	ANO

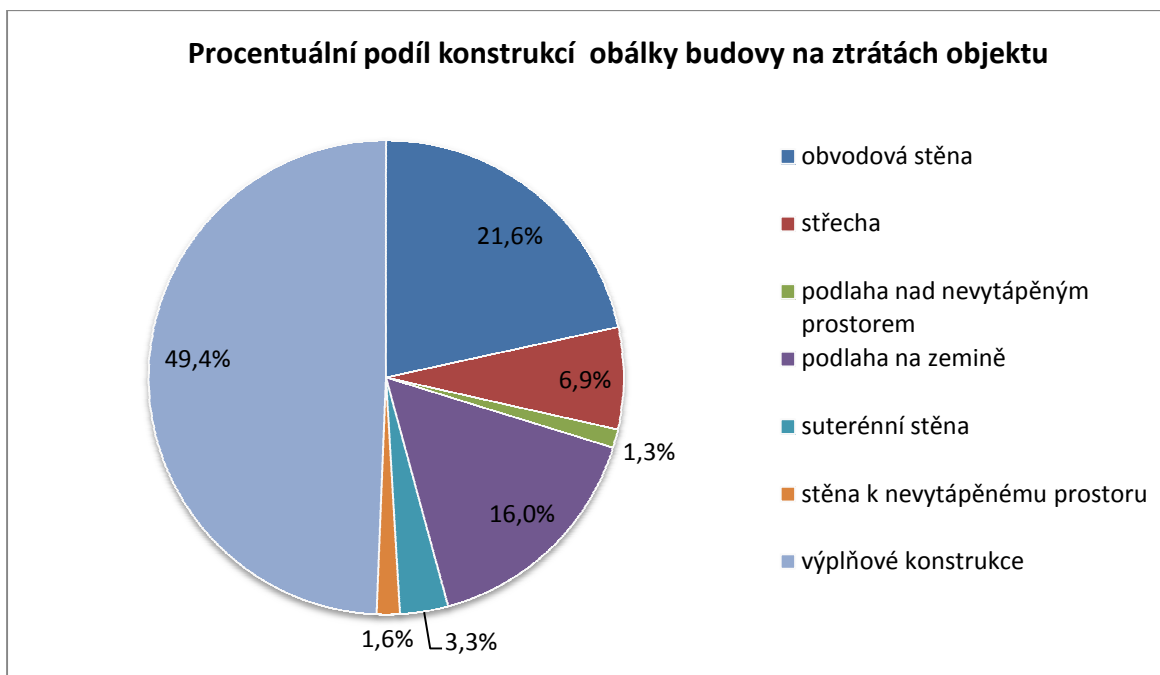
Tab.8 Tabulka součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí - varianta A

Díky zateplení a výměně oken byly zlepšeny součinitele prostupu tepla  $U$  (W/m<sup>2</sup>K) u obvodové stěny a výplňových konstrukcí. Tyto hodnoty byly sníženy na doporučené hodnoty dle ČSN 730540-2. Do konstrukce podlahy na zemině nebylo zasahováno. Jednalo by se o poměrně velký stavební zásah a v poměru s velikostí tepelných ztrát obálky budovy se jedná o méně důležité konstrukce.

#### 7.2.2 Výpočet průměrného $U_{em}$ obálky budovy

Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  obálky budovy zahrnuje plošné zastoupení jednotlivých konstrukcí i vliv působení tepelných vazeb na systémové hranici. Tepelné vazby jsou zahrnuty v přírážce  $\Delta U_{tb}$  [W/m<sup>2</sup>K]. V původní variantě byla tato přírážka uvažována 0,2 W/m<sup>2</sup>K, tedy budovy s výraznými tepelnými mosty. V této variantě byla hodnota snížena na 0,1 W/m<sup>2</sup>K, protože byl objekt zateplen a tepelné mosty byly zmenšeny.

Následující graf ukazuje procentuálně vyjádřenou měrnou tepelnou ztrátu jednotlivými obalovými konstrukcemi po zateplení objektu a výměně původních oken. Největší podíl na tepelných ztrátách mají v tomto případě výplňové konstrukce. Tyto konstrukce vyhovují z větší části pouze požadovaným hodnotám a zabírají velkou plochu na obálce budovy.



Graf 7 Podíl konstrukcí na ztrátách objektu - varianta A

Následující tabulka ukazuje výpočet průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  pro variantu A daného objektu. Výpočet byl proveden dle postupu v kapitole 5.4.2 této práce.

KONSTRUKCE NA SYSTÉMOVÉ HRANICI	plocha	součinitel prostupu tepla	činitel teplotní redukce	měrný tepelný tok
	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	b (-)	H <sub>T</sub> (W/K)
obvodová stěna	815,4	0,24	1	195,7
střecha	334,8	0,188	1	62,9
podlaha nad nevytápěným prostorem	76,4	0,317	0,47	11,4
podlaha na zemině	258,44	1,08	0,52	145,1
suterénní stěna	39,1	1,184	0,64	29,6
stěna k nevytápěnému prostoru	34,5	1,25	0,33	14,2
dveře plastové	2,1	1,5	1	3,2
okna s izolačním dvojsklem	286,4	1,5	1	429,6
okna původní - vyměněná	12,3	1,2	1	14,8
<b>součet ploch ΣA</b>	<b>1859,44</b>			<b>906,5</b>

$\Delta U_{tb}$	0,1	W/(m <sup>2</sup> K)
měrný tepelný tok prostupem tepla H <sub>t</sub>	<b>1092,5</b>	W/K
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$	<b>0,59</b>	W/(m <sup>2</sup> K)

Tab.9 Výpočet  $U_{em}$  pro řešený objekt - varianta A

Pro vyhodnocení průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  je nutné spočítat tuto hodnotu pro referenční budovu. Výpočet dle postupu v kapitole 5.4.2 této práce.

KONSTRUKCE NA SYSTÉMOVÉ HRANICI	plocha	součinitel prostupu tepla	činitel teplotní redukce	měrný tepelný tok
	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	b (-)	H <sub>T</sub> (W/K)
obvodová stěna	815,4	0,3	1	244,6
střecha	334,8	0,24	1	80,4
podlaha nad nevytápěným prostorem	76,4	0,6	0,47	21,5
podlaha na zemině	258,44	0,45	0,52	60,5
suterénní stěna	39,1	0,85	0,33	11,0
stěna k nevytápěnému prostoru	34,5	2,7	0,2	18,6
dvěře plastové	2,1	1,5	1	3,2
okna s izolačním dvojsklem	296,54	1,5	1	444,8
okna původní - vyměněná	12,3	1,5	1	18,5
<b>součet ploch ΣA</b>	<b>1869,58</b>			<b>903,0</b>

$\Delta U_{tb}$	0,1	W/(m <sup>2</sup> K)
měrný tepelný tok prostupem tepla H <sub>t</sub>	<b>1090,0</b>	W/K
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$	<b>0,58</b>	W/(m <sup>2</sup> K)

Tab.10 Výpočet průměrného  $U_{em,N}$  - varianta A

Závěr: Podmínka pro vyhovující obálku budovy z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla je  $U_{em} \leq U_{em,N}$ . Po dosazení vypočtených hodnot pro variantu A:  $0,59 > 0,58 [W/m^2K]$  tzn., že obálka varianty A není z tohoto pohledu vyhovující.

### 7.2.3 Potřeba tepla na vytápění

Výpočet potřeby tepla na vytápění byl proveden dle kapitoly 5.4.3 této práce. Výpočet byl prováděn po jednotlivých měsících roku. Výsledná měrná potřeba tepla na vytápění je vztažena na podlahovou plochu vytápěné zóny objektu.

CELKOVÁ BILANCE								
	ztráty			zisky				
měsíc	Q <sub>t</sub> (kWh)	Q <sub>v</sub> (kWh)	Q <sub>i</sub> (kWh)	Q <sub>sol</sub> (kWh)	Q <sub>int</sub> (kWh)	Q <sub>g</sub> (kWh)	η <sub>g</sub>	Q <sub>nd</sub> (kWh)
leden	17 245	6205	23 450	1301	188	1489	1,0000	21 961
únor	14 180	5103	19 283	2079	170	2249	1,0000	17 034
březen	12 771	4596	17 367	3531	188	3719	0,9998	13 648
duben	9 210	3314	12 524	5123	182	5306	0,9943	7 249
květen	5 043	1815	6 858	5994	188	6182	0,8836	1 396
červen	2 834	1020	3 854	5771	182	5953	0,6239	140
červenec	1 871	673	2 544	5784	188	5973	0,4235	15
srpen	1 952	703	2 655	5920	188	6109	0,4318	17
září	4 881	1756	6 637	4107	182	4289	0,9640	2 502
říjen	8 704	3132	11 836	3074	188	3263	0,9993	8 575
listopad	12 910	4646	17 556	1578	182	1760	1,0000	15 796
prosinec	15 699	5649	21 349	1062	188	1251	1,0000	20 098
celkem	107 301	38611	145 912	45 323	2 219	47542		108431
								108431
							kWh/m <sup>2</sup>	80,1

Tab.11 Potřeba tepla na vytápění - varianta A

Závěr: Výsledná potřeba tepla na vytápění je  $80,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Tato hodnota se v porovnání s původním stavem výrazně zlepšila, přiblížila se hodnotě potřebné pro nízkoenergetické domy, což je  $50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

#### 7.2.4 Primární energie z neobnovitelných zdrojů

Výpočet je proveden dle kapitoly 5.4.4. Jedinou změnou oproti původnímu stavu je spotřeba zemního plynu a to díky zmenšení potřeby tepla na vytápění, která byla redukována zateplením obvodové konstrukce.

energonositel	dílčí vypočtená spotřeba energie	faktor celkové prim. energie	faktor neobnovitelné prim. energie	celková prim. energie	neobnovitelná prim. energie
	kWh/rok	-	-	kWh/rok	kWh/rok
elektřina	86402	3,2	3	276486	259206
zemní plyn	137884	1,1	1,1	151672	151672
celkem				428159	410878

plocha	1598	m <sup>2</sup>
neobnovitelná primární energie	257,1	kWh/m <sup>2</sup> a

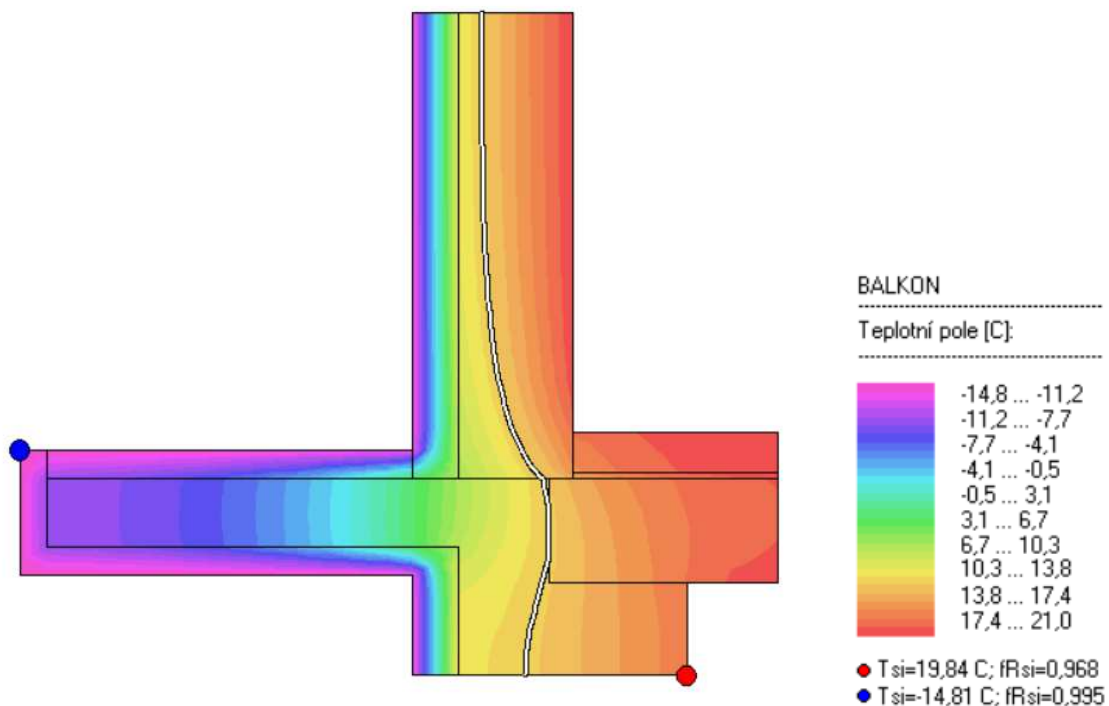
Tab.12 Neobnovitelná primární energie - varianta A

Závěr: Neobnovitelná primární energie je 257,1 kWh/m<sup>2</sup>a. Oproti stávajícímu stavu se hodnota snížila pouze díky nižší potřebě tepla na vytápění.

### 7.2.5 Nejnižší povrchová teplota a vlhkost konstrukce

V této kapitole je řešen stejný kritický detail jako v hodnocení stávajícího stavu. Jedná se o detail napojení lodžie na obvodovou konstrukci. Jak již bylo popsáno výše, v této variantě došlo k zaizolování lodžiové konstrukce.

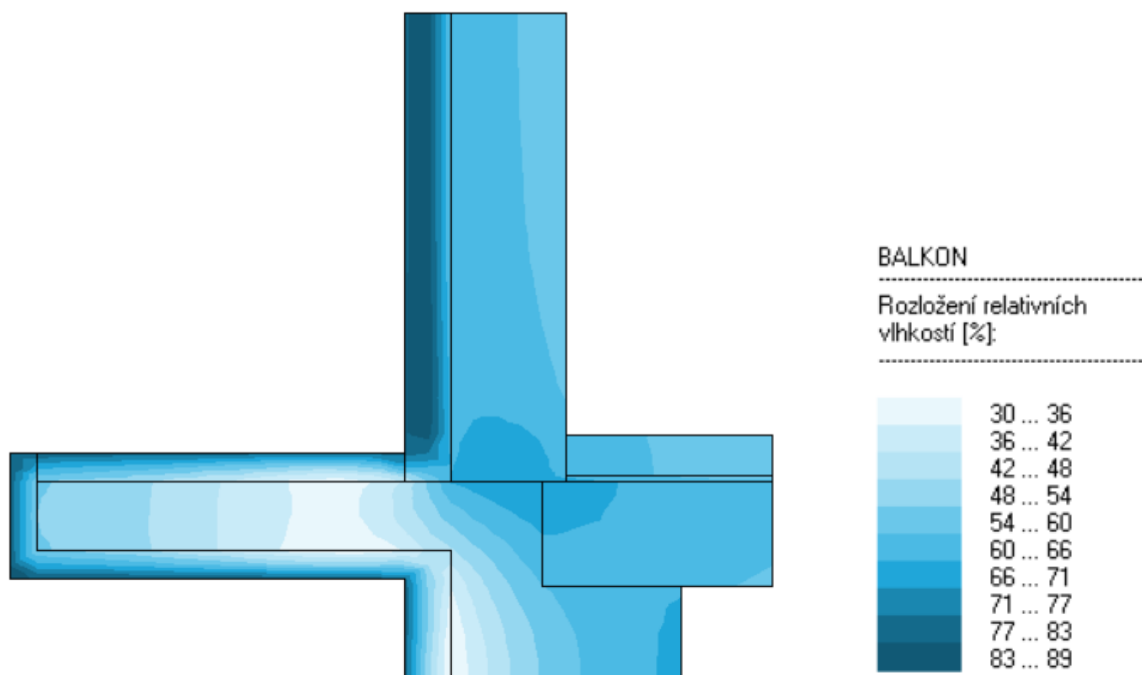
Detail byl zjednodušen a vymodelován v programu Area 2014. Jsou použity stejné okrajové podmínky jako u stávajícího stavu.



Obr.29 Teplotní pole kritického detailu - varianta A (vytvořeno v Area 2014)

Nejnižší vnitřní povrchová teplota je v místě nadpraží s teplotou 19,84 °C. Teplota rosného bodu je 11,89 °C, jedná se o bílou křivku na obrázku 29.





Obr.30 Vlhkostní pole kritického detailu - varianta A (vytvořeno v Area 2014)

Na obrázku 30 je vidět rozložení vlhkosti v kritickém detailu. Relativní vlhkost nikde nedosáhne 100 %. Nedochozí tedy ke kondenzaci vlhkosti. Důvodem je, že nejnižší povrchová teplota není nižší než teplota rosného bodu. Tato teplota je 11,89 °C při teplotě vnitřního vzduchu 21 °C a relativní vlhkosti 50 %.

Závěr: Nejnižší povrchová teplota je v kritickém detailu 19,84 °C. Tato teplota je vyhovující, a nedochozí zde k povrchové kondenzaci.

## 8 MODERNIZACE OBJEKTU - VARIANTA B

Ve variantě B modernizace objektu je více zasahováno do konstrukcí. Je rozšířen obytný prostor do lodžie. V místě dosavadního zábradlí lodžie je vybudována nová obvodová stěna. Rozšířený obytný prostor se stal součástí stávajícího obývacího pokoje a kuchyně viz výkresová dokumentace. Jsou zatepleny obvodové stěny a střecha. Všechny výplně otvorů jsou nahrazeny novými. V rámci modernizace systému větrání jsou nainstalovány vzduchotechnické jednotky s rekuperací. Systém vytápění je vylepšen novými plynovými kotli. V rámci použití obnovitelných zdrojů energie jsou nainstalovány fotovoltaické panely na střešní konstrukci a na zábradlí balkonů.

### 8.1 Popis změn

#### 8.1.1 Instalace výtahu

V této variantě je výtah instalován do prostoru dosavadního schodiště. Vnitřní schodiště bude vybouráno a v těchto místech bude vystavěna výtahová šachta. Nové schodiště bude vystavěno před domem ze severozápadní strany. Schodiště bude ocelové s opláštěním z bezpečnostního skla. Výtahová šachta bude prosklená s malou prohlubní a hlavou šachty. Výtah bude hydraulický, aby nerušil obyvatele objektu.

#### 8.1.2 Zateplení objektu

Bylo navrženo zateplení stěn a střechy.

Obvodové stěny ze severovýchodní, jihozápadní a severozápadní strany budou zatepleny kontaktním zateplovacím systémem Isover Twinner, který má nízký součinitel tepelné vodivosti. Jedná se o kombinaci šedého polystyrenu s minerální vatou, kde minerální vata zajišťuje požární bezpečnost budovy. Na jihovýchodní fasádě dojde k vybourání stávajících obvodových stěn a posunutí obálky budovy na hranu lodžie. Tato obvodová stěna bude z prefabrikovaných dřevěných panelů následující skladby:

- deska Fermacell
- dřevěný rám vyplněný izolací z minerální vlny Isover Uni
- deska Fermacell

Tento panel bude následně zateplen minerální vlnou. Jedná se tedy o difúzně otevřenou skladbu.

Použité tepelně izolační materiály:

- zateplení stěn - *Isover Twinner*,  $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$ , tloušťka 180 mm
- prefabrikované panely - *Isover Uni*,  $\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$ , tloušťka 120 mm
- zateplení prefabrikovaných panelů - *Isover TF Profí*,  $\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$ , tloušťka 160 mm

Střešní konstrukce bude rozebrána na železobetonové panely, tzn. bude odstraněn násyp, plynosilikátová vrstva, hydroizolace a izolace z EPS. Nová konstrukce bude mít následující skladbu:

- dutinový panel
- parozábrana - asfaltový pás
- polystyrenbeton - spádová vrstva
- tepelná izolace - *Isover EPS Grey*
- hydroizolační asfaltový pás

Použité tepelně izolační materiály:

- zateplení střešní konstrukce - *Isover EPS Grey*,  $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$ , tloušťka 260 mm

Před zateplením bude nutné otlouct omítku a urovnat povrch. Poté bude instalován systém ETICS. Na straně s lodžii bude vybouráno stávající výplňové zdivo a nainstalovány dřevěné panely jako obvodový plášť. Vrchní omítky bude mít různé barvy.

### 8.1.3 Výměna oken a dveří

Ve variantě B bude vylepšena celá tepelně izolační obálka včetně oken. Všechna okna budou vyměněna za nová dřevěná s izolačním trojsklem. Součinitel prostupu tepla celého okna je uvažován  $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Počet a rozměry oken k výměně:

- 900 x 650 mm - 16 ks
- 650 x 650 mm - 21 ks
- 2100 x 1500 mm - 32 ks
- 1500 x 1500 mm - 49 ks

Budou vyměněny i balkónové dveře, které budou mít stejné vlastnosti jako okna. Veškeré vstupní dveře do objektu budou vyměněny za nové s  $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Jedná se o dveře mezi temperovaným a venkovním prostorem.

Počet a rozměry dveří k výměně:

- 900 x 2200 mm - 16 ks,  $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 900 x 2100 mm - 10 ks,  $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### 8.1.4 Rekonstrukce větrání

Pro vylepšení vnitřního mikroklima budou použity decentrální vzduchotechnické jednotky s rekuperací. Jednotka bude umístěna v každém bytě v podhledu na WC. Odvodní potrubí bude vedeno z WC, koupelny a kuchyně. Tento vzduch bude odváděn na střechu objektu společným stoupacím potrubím pro 4 byty nad sebou. Čerstvý vzduch bude nasáván ze stěny objektu pro každý byt zvlášť a v bytě bude přiváděn do obývacího pokoje, ložnice a pokoje. Množství přiváděného a odváděného vzduchu bude ragulováno pomocí čidel CO<sub>2</sub>. Pro WC bude instalován vypínač s časovým doběhem.

Detailní popis a schéma zakreslení je součástí projektové dokumentace - část Vzduchotechnika.

#### 8.1.5 Akustika

Díky vybourání schodišťového prostoru pro výtah došlo k zamezení problému s kročejovým hlukem. Schodišťový prostor je oddělen od obytného prostoru, a tudíž nedochází k přenosu hluku konstrukcí. Výtahová šachta je oddělena vzduchovou mezerou od okolních konstrukcí a výtah je navržen hydraulický s velmi tichým chodem.

#### 8.1.6 Rekonstrukce vytápění

V závislosti na posunu obvodové stěny bude nutné změnit polohu stávajících otopných těles. Dojde k posunu pod okna a k výměně všech stávajících litinových otopných těles za nová.

Pro lepší účinnost systému vytápění byl navržen nový zdroj tepla. Stávající plynové kotle budou nahrazeny novým plynovým kondenzačním kotlem.

Detailní popis a schéma zapojení je součástí projektové dokumentace - část Vytápění.

#### 8.1.7 Instalace fotovoltaických panelů

Pro výrobu elektrické energie budou instalovány fotovoltaické panely na střechu objektu a na zábradlí balkonů. Elektrická energie bude využívána přímo v objektu, akumulována do baterií a v případě přebytku prodávána do sítě.

Detailní popis a schéma zapojení je součástí projektové dokumentace.

## 8.2 Tepelně-technická analýza - VARIANTA B

V této kapitole jsou hodnoceny stejné parametry jako v původním stavu a variantě A. V závěru práce jsou tyto parametry porovnány a vyhodnoceny.

### 8.2.1 Hodnocení konstrukcí na systémové hranici z hlediska součinitele prostupu tepla $U$

Systémová hranice objektu je posunuta oproti původnímu stavu o plochu balkonu. Jedná se opět o dvě zóny. Jedna jsou byty, kde je převažující teplota 21°C, druhá zóna jsou společné prostory zahrnující chodbu, sušárnu a sklepní kóje. V této zóně je převažující teplota 16°C.

KONSTRUKCE	$U$ (W/m <sup>2</sup> K)	požadované $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	doporučené $U$ (W/m <sup>2</sup> K)	SPLNĚNO
obvodová stěna	<b>0,18</b>	0,3	0,25	ANO
střecha	<b>0,12</b>	0,24	0,16	ANO
podlaha nad nevytápěným prostorem	<b>0,32</b>	0,6	0,4	ANO
podlaha na zemině	<b>1,08</b>	0,45	0,3	NE
suterénní stěna	<b>1,18</b>	0,85	0,6	NE
stěna k nevytápěnému prostoru	<b>1,25</b>	2,7	1,8	ANO
dveře plastové	<b>1,5</b>	1,5	1,2	ANO
okna s izolačním trojsklem	<b>0,8</b>	1,5	1,2	ANO
dveře vchodové	<b>1</b>	3,5	2,3	ANO
prefabrikované panely	<b>0,15</b>	0,3	0,25	ANO

Tab.13 Tabulka součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí - varianta B

Díky zateplení a výměně oken byly zlepšeny součinitele prostupu tepla  $U$  (W/m<sup>2</sup>K) u obvodové stěny, střechy a výplňových konstrukcí. Tyto hodnoty byly sníženy na hodnoty pasivních domů. Ani v této variantě nebylo zasahováno do konstrukce podlahy na zemině a suterénní stěny.

Systémová hranice zahrnuje následující konstrukce a jejich skladby:

konstrukce	vrstvy	tloušťka (mm)	
obvodová stěna	vnější omítka	20	710
	Isover Twinner	180	
	cihly CDm	500	
	vnitřní omítka	10	
střecha	asfaltový pás	4	513
	pěnový polystyren	260	
	polystyrenbeton	20	
	parozábrana	4	
	dutinový panel	225	
podlaha nad nevytápěným prostorem	pěnový polystyren	100	385
	dutinový panel	225	
	hobra deska	10	
	betonová mazanina	50	
	povrchová úprava	-	
podlaha na zemině	podkladní beton	150	244
	hydroizolace	4	
	hobra deska	30	
	betonová mazanina	50	
	dlažba	10	
suterénní stěna	cihelná přízdívka	100	504
	hydroizolace	4	
	cihly plné pálené	400	
stěna k nevytápěnému prostoru	vnitřní omítka	10	395
	cihly CDm	375	
	vnitřní omítka	10	
prefabrikované panely (OS)	vnitřní omítka	10	345
	2x dřevovláknité desky Fermacell (obyčejná + vapor)	30	
	Isover - vláknitá izolace	120	
	dřevovláknité desky Fermacell	15	
	Isover - vláknitá izolace	160	
	venkovní omítka	10	

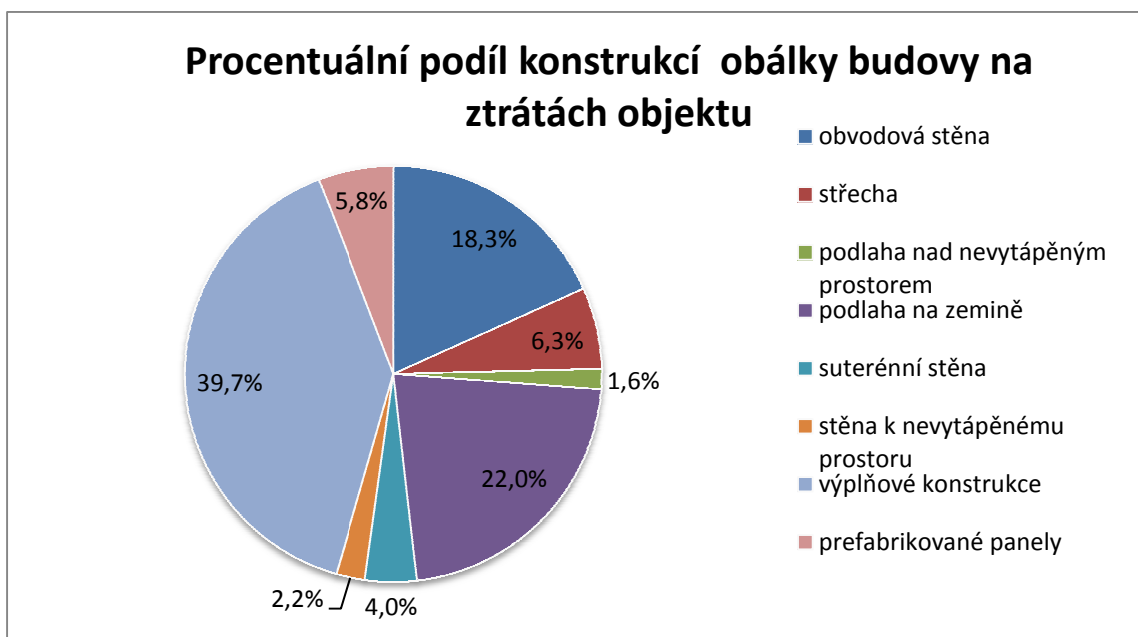
Tab.14 Tabulka skladeb konstrukcí - varianta B

### 8.2.2 Výpočet průměrného $U_{em}$ obálky budovy

Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  obálky budovy zahrnuje plošné zastoupení jednotlivých konstrukcí i vliv působení tepelných vazeb na systémové hranici. Tepelné vazby jsou zahrnuty v přírážce  $\Delta U_{tb}$  [ $W/m^2K$ ]. V původní variantě byla tato přírážka uvažována  $0,2 W/m^2K$ ,

tedy budovy s výraznými tepelnými mosty. V této variantě byla hodnota snížena na  $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ , tzn. budova téměř bez tepelných mostů.

Následující graf ukazuje procentuálně vyjádřenou měrnou tepelnou ztrátu jednotlivými obalovými konstrukcemi po změnách v této variantě. Největší podíl na tepelných ztrátách mají opět výplňové konstrukce. Tyto konstrukce vyhovují hodnotám pro pasivní domy, ale zabírají velkou plochu na obálce budovy.



Graf 8 Podíl konstrukcí na ztrátách objektu - varianta B

Následující tabulka ukazuje výpočet průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  pro variantu B daného objektu. Výpočet byl proveden dle postupu v kapitole 5.4.2 této práce.

KONSTRUKCE NA SYSTÉMOVÉ HRANICI	plocha	součinitel prostupu tepla	činitel teplotní redukce	měrný tepelný tok
	A ( $\text{m}^2$ )	U ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )	b (-)	$H_T$ (W/K)
obvodová stěna	643,8	0,18	1	115,88
střecha	334,8	0,12	1	40,18
podlaha nad nevytápěným prostorem	76,4	0,32	0,41	10,02
podlaha na zemině	258,44	1,08	0,5	139,56
suterénní stěna	39,1	1,18	0,55	25,38
stěna k nevytápěnému prostoru	34,5	1,25	0,33	14,23
dvěře plastové	2,1	1,5	1	3,15
okna s izolačním trojsklem	261,2	0,8	1	208,96
dvěře vchodové	39,9	1	1	39,90
prefabrikované panely	246,1	0,15	1	36,92
<b>součet ploch <math>\Sigma A</math></b>	<b>1936,34</b>			<b>634,2</b>

$\Delta U_{tb}$	0,02	W/(m <sup>2</sup> K)
měrný tepelný tok prostupem tepla $H_t$	<b>672,9</b>	W/K
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$	<b>0,35</b>	W/(m <sup>2</sup> K)

Tab.15 Výpočet  $U_{em}$  pro řešený objekt - varianta B

Pro vyhodnocení průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  je nutné spočítat tuto hodnotu pro referenční budovu. Výpočet dle postupu v kapitole 5.4.2 této práce.

KONSTRUKCE NA SYSTÉMOVÉ HRANICI	plocha	součinitel prostupu tepla	činitel teplotní redukce	měrný tepelný tok
	A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	b (-)	$H_T$ (W/K)
obvodová stěna	643,8	0,3	1	193,1
střecha	334,8	0,24	1	80,4
podlaha nad nevytápěným prostorem	76,4	0,6	0,41	18,8
podlaha na zemině	258,44	0,45	0,5	58,1
suterénní stěna	39,1	0,85	0,55	18,3
stěna k nevytápěnému prostoru	34,5	2,7	0,33	30,7
dvěře plastové	2,1	3,5	1	7,4
okna s izolačním trojsklem	261,2	1,5	1	391,8
dveře vchodové	39,9	3,5	1	139,7
prefabrikované panely	246,1	0,3	1	73,8
součet ploch $\Sigma A$	<b>1936,34</b>			<b>1012,1</b>

$\Delta U_{tb}$	0,02	W/(m <sup>2</sup> K)
měrný tepelný tok prostupem tepla $H_t$	<b>1050,8</b>	W/K
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$	<b>0,54</b>	W/(m <sup>2</sup> K)

Tab.16 Výpočet průměrného  $U_{em,N}$  - varianta B

Závěr: Podmínka pro vyhovující obálku budovy z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla je  $U_{em} \leq U_{em,N}$ . Po dosazení vypočtených hodnot pro variantu B:  $0,35 < 0,54 [W/m^2K]$  tzn., že obálka varianty B je z tohoto pohledu vyhovující.



### 8.2.3 Potřeba tepla na vytápění

Výpočet potřeby tepla na vytápění byl proveden dle kapitoly 5.4.3 této práce. Výpočet byl prováděn po jednotlivých měsících roku. Výsledná měrná potřeba tepla na vytápění je vztažena na podlahovou plochu vytápěné zóny objektu.

CELKOVÁ BILANCE								
	ztráty			zisky				
měsíc	Q <sub>t</sub> (kWh)	Q <sub>v</sub> (kWh)	Q <sub>i</sub> (kWh)	Q <sub>sol</sub> (kWh)	Q <sub>int</sub> (kWh)	Q <sub>g</sub> (kWh)	η <sub>g</sub>	Q <sub>nd</sub> (kWh)
leden	10 614	2553	13 167	1207	188	1396	1,0000	11 771
únor	8 727	2099	10 827	1920	170	2090	1,0000	8 737
březen	7 860	1891	9 751	3225	188	3414	1,0000	6 337
duben	5 669	1364	7 032	4611	182	4794	0,9928	2 273
květen	3 104	747	3 851	5313	188	5502	0,6937	34
červen	1 744	420	2 164	5052	182	5234	0,4133	0
červenec	1 151	277	1 428	5108	188	5297	0,2697	0
srpen	1 202	289	1 491	5304	188	5493	0,2714	0
září	3 004	723	3 726	3728	182	3910	0,8850	266
říjen	5 357	1289	6 646	2841	188	3030	0,9998	3 617
listopad	7 946	1911	9 857	1473	182	1655	1,0000	8 202
prosinec	9 662	2324	11 987	995	188	1183	1,0000	10 803
celkem	66 039	15887	81 926	40 778	2 219	42997		52040
								52040
							kWh/m <sup>2</sup>	33,7

Tab.17 Potřeba tepla na vytápění - varianta B

Závěr: Výsledná potřeba tepla na vytápění je 33,7 kWh/m<sup>2</sup>a. Tato hodnota se v porovnání s původním stavem i variantou A výrazně zlepšila. Potřeba tepla pro variantu B je pod hodnotou maximální hranice pro nízkoenergetické domy 50 kWh/m<sup>2</sup>.

### 8.2.4 Primární energie z neobnovitelných zdrojů

Výpočet je proveden dle kapitoly 5.4.4. Změnou oproti původnímu stavu a variantě A je nižší spotřeba zemního plynu a výroba elektrické energie pomocí fotovoltaických panelů.

energonositel	dílčí vypočtená spotřeba energie	faktor celkové prim. energie	faktor neobnovitelné prim. energie	celková prim. energie	neobnovitelná prim. energie
	kWh/rok	-	-	kWh/rok	kWh/rok
elektřina	77762	3,2	3	248838	233286
zemní plyn	56076	1,1	1,1	61684	61684
el. ze slunce	13384	1	0	13384	0
celkem				323906	294970

plocha	1754,5	m <sup>2</sup>
neobnovitelná primární energie	168,1	kWh/m <sup>2</sup> a

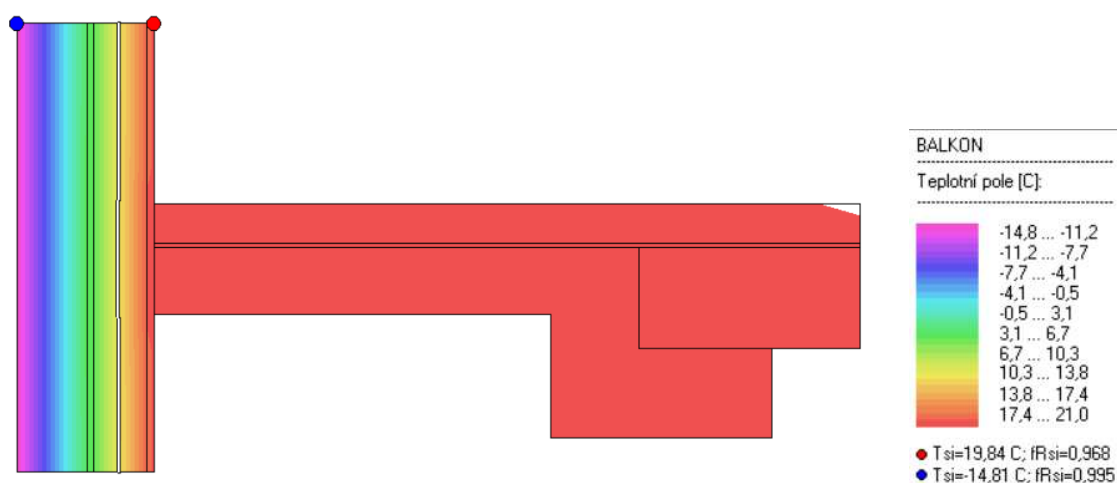
Tab.18 Neobnovitelná primární energie - varianta B

Závěr: Neobnovitelná primární energie je 168,1 kWh/m<sup>2</sup>a. Hodnota se snížila oproti stávajícímu stavu i variantě A. Důvodem je nižší potřeba tepla na vytápění a použití obnovitelného zdroje energie - sluneční energie, který má faktor neobnovitelné primární energie 0.

### 8.2.5 Nejnižší povrchová teplota a vlhkost konstrukce

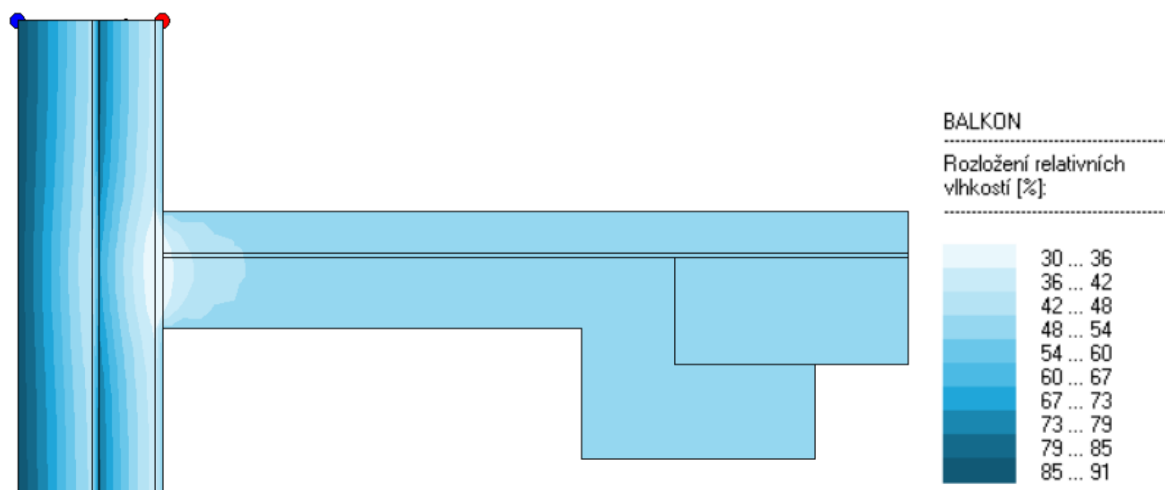
V této kapitole je řešen stejný kritický detail jako v hodnocení stávajícího stavu i varianty A. Jedná se o detail napojení lodžie na obvodovou konstrukci. V této variantě je lodžie součástí obytné plochy objektu a z vnější strany je na ni připevněn dřevěný prefabrikovaný obvodový plášť.

Detail byl zjednodušen a vymodelován v programu Area 2014. Jsou použity stejné okrajové podmínky jako u stávajícího stavu i varianty A.



Obr.31 Teplotní pole kritického detailu - varianta B (vytvořeno v Area 2014)

Nejnižší vnitřní povrchová teplota je na hranici obvodového pláště s teplotou 19,84 °C. Teplota rosného bodu je 11,89 °C, jedná se o bílou křivku na obrázku 31.



Obr.32 Vlhkostní pole kritického detailu - varianta B (vytvořeno v Area 2014)

Na obrázku 32 je vidět rozložení vlhkosti v kritickém detailu. Relativní vlhkost nikde nedosáhne 100 %. Nedochozí tedy ke kondenzaci vlhkosti. Důvodem je, že nejnižší povrchová teplota není nižší než teplota rosného bodu. Tato teplota je 11,89 °C při teplotě vnitřního vzduchu 21 °C a relativní vlhkosti 50 %.

Závěr: Detail oproti původní variantě změnil podobu a stal se součástí obytného prostoru. Kritický detail se posunul do místa napojení obvodového pláště. Nejnižší povrchová teplota je v kritickém detailu 19,84 °C. Tato teplota je vyhovující, a nedochází zde k povrchové kondenzaci.

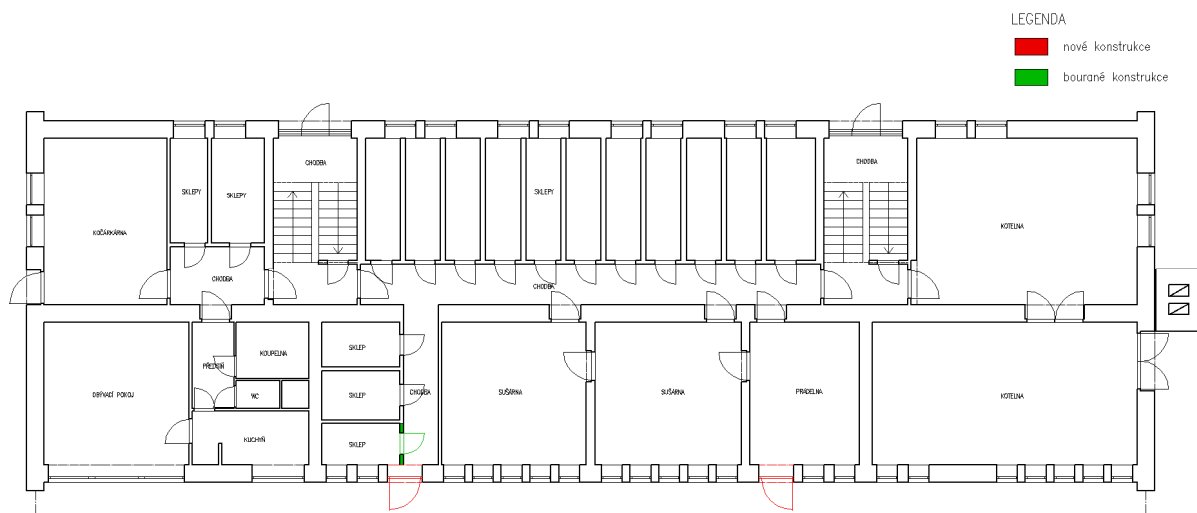
### 8.3 Etapizace rekonstrukce

Celý návrh rekonstrukce bude proveden v etapách, aby bylo možné dům po celou tuto dobu obývat. Obyvatelé budou moci s omezením užívat své byty. Rekonstrukce bude probíhat od jara do podzimu, v období, kdy nebude nutné vytápět.

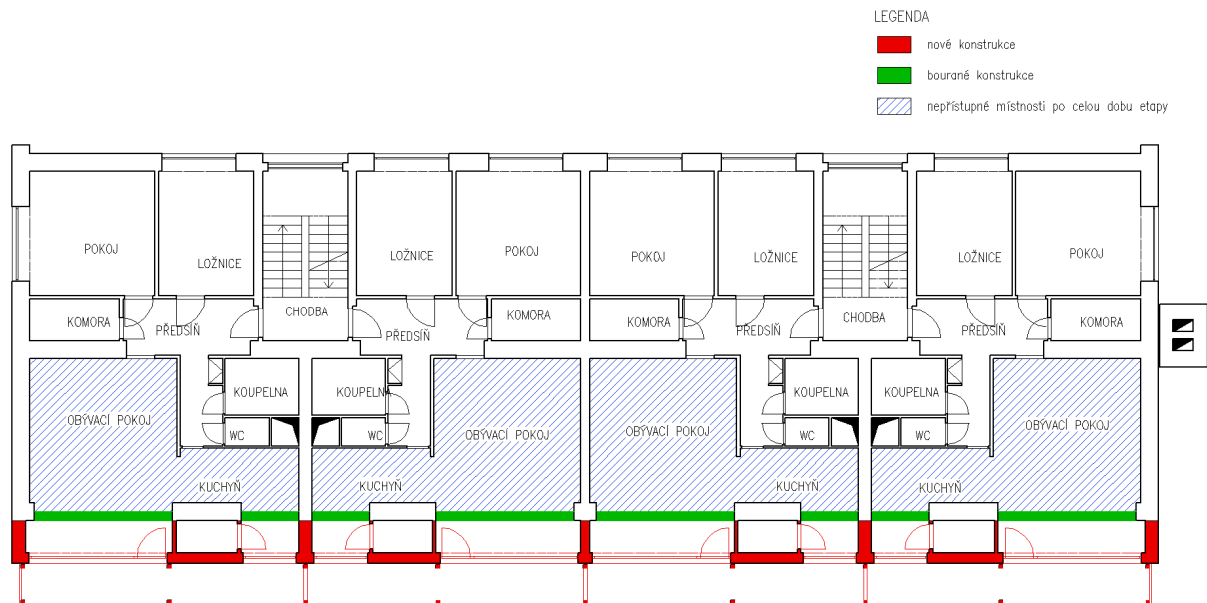
#### I. ETAPA

Během první etapy dojde k modernizaci jihovýchodní fasády. Bude vybourán stávající obvodový plášť dle výkresové dokumentace. Na stávající konstrukci lodžie budou připevněny nové obvodové prefabrikované panely, do panelů budou osazena okna. Dojde k připojení nových otopných těles pod okna. Ve fasádě budou vytvořeny otvory pro nasávání vzduchu pro vzduchotechnickou jednotku. V suterénu dojde k vybourání otvorů pro vchodové dveře z jihovýchodní strany a jejich osazení. Po dokončení těchto prací budou vystavěny nové samostatně stojící balkonové konstrukce, které budou kotveny do obvodového pláště. Balkony budou mít provizorní zábradlí. Při první etapě bude zateplena část atiky na jihovýchodní straně, aby mohla být vytvořena konstrukce pro zastřešení nové části obytných prostorů a lodžii.

Omezené místnosti: kuchyň, obývací pokoj



Obr.33 Schéma postupu rekonstrukce - I. etapa, suterén - vchodové dveře

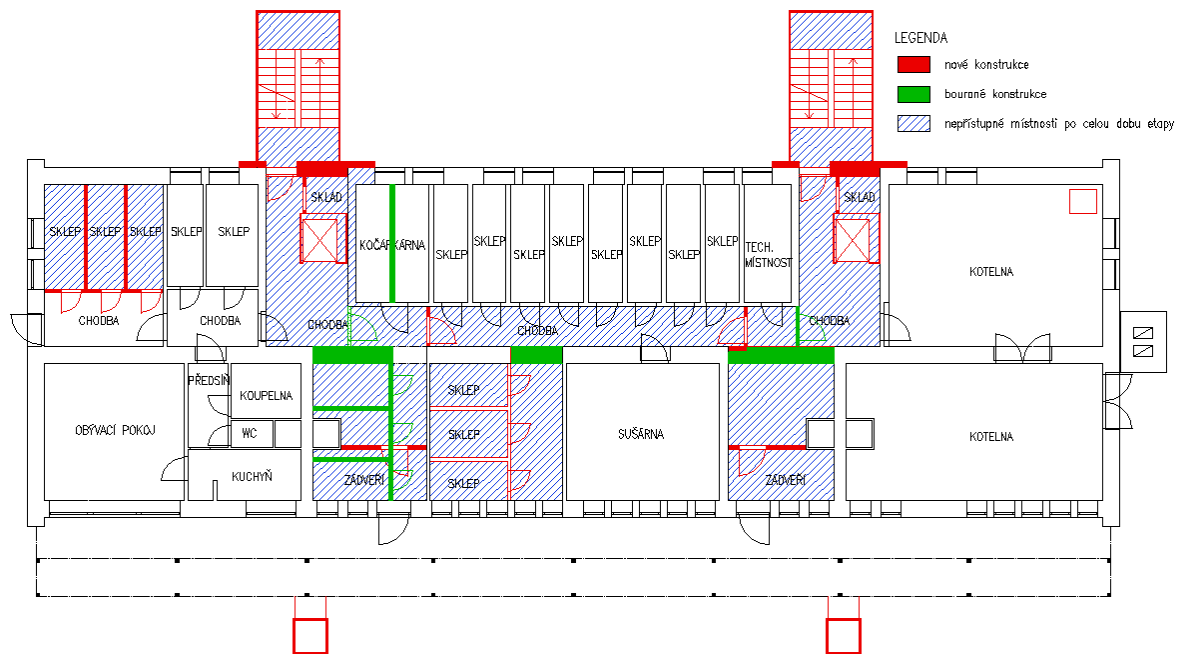


Obr.34 Schéma postupu rekonstrukce - I. etapa, běžné podlaží - obvodový plášť na JV, výplně otvorů a lodžie

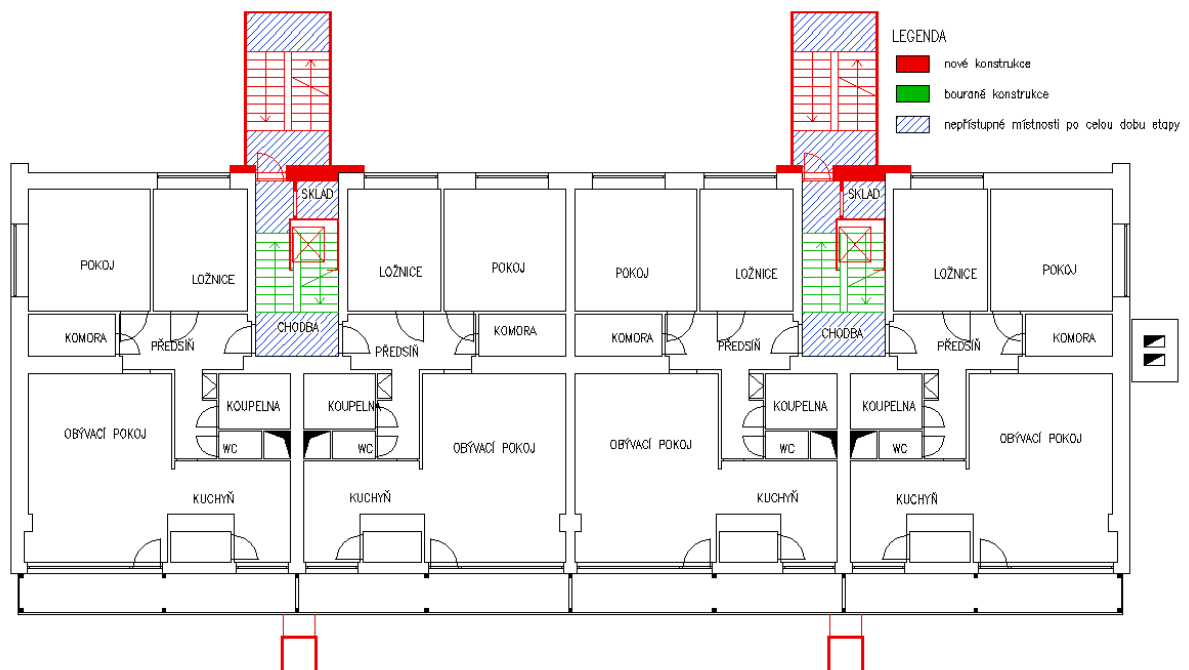
## II. ETAPA

Druhá etapa zahrnuje rekonstrukci schodiště. Z důvodu vybourávání stávajícího schodiště budou vystavěny dva provizorní venkovní výtahy z jihovýchodní strany. Vchod do bytů bude během této etapy přes obývací pokoj. Prostor chodby bude vybourán a nové schodiště bude umístěno před objekt ze severozápadní strany. Bude vybudováno nové ocelové schodiště s opláštěním z bezpečnostního skla. Při budování schodiště bude instalována tepelná izolace v místech, kde bude nové schodiště. Uvnitř stávajícího schodiště bude vybudován hydraulický výtah. V suterénu budou vybourávány a stavěny příčky. V kotelně bude instalován nový plynový kondenzační kotel. Na konci etapy budou zrušeny provizorní výtahy a hlavní vchod bude již z jihovýchodní strany.

Omezené místnosti: chodba, suterén



Obr.35 Schéma postupu rekonstrukce - II. etapa, suterén - příčky, výtah, schodišťový prostor

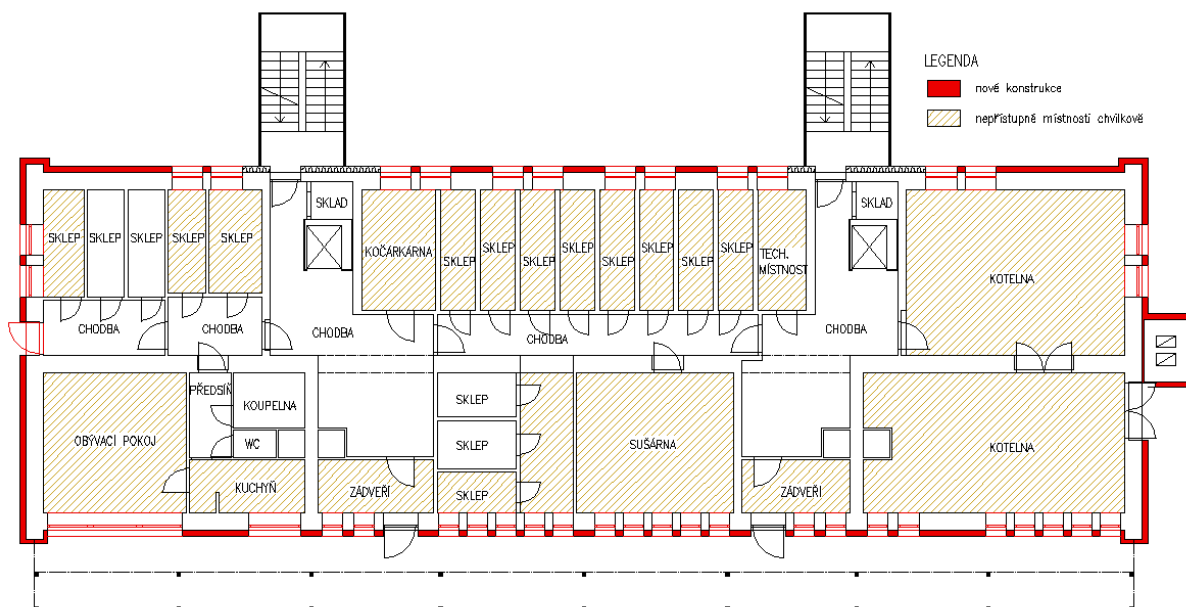


Obr.36 Schéma postupu rekonstrukce - II. etapa, běžné podlaží - výtah, schodišťový prostor

### III. ETAPA

V rámci třetí etapy budou zatepleny stěny a střecha objektu, vyměněna okna. V bytech budou nainstalovány vzduchotechnické jednotky. Dojde k připevnění a zapojení fotovoltaických panelů na střechu a do zábradlí lodžii.

Omezené místnosti: balkony, krátkodobě místnosti při výměně oken, chodba při instalaci VZT



Obr.37 Schéma postupu rekonstrukce - III. etapa, suterén - zateplení, výplně otvorů



Obr.38 Schéma postupu rekonstrukce - III. etapa, běžné podlaží - zateplení, výplně otvorů



## 9 VYHODNOCENÍ TEPELNĚ -TECHNICKÉ ANALÝZY OBJEKTU

Objekt byl posuzován ve stávajícím stavu a ve dvou variantách návrhu. V této kapitole jsou jednotlivé výsledky porovnány a vyhodnoceny.

Následující tabulka, z TNI 73 0330, ukazuje hodnotící parametry pro bytové domy s velmi nízkou energetickou náročností.

Číslo požadavku	Jev, veličina	Označení	Jednotka	Požadavek	Způsob prokázání	Poznámka
Prostup tepla						
1a	Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici	$U$	W/(m <sup>2</sup> K)	Splnění požadavku na doporučené hodnoty podle ČSN 730540-2, pokud není výjimečně a zdůvodněně jinak.	Výpočet v souladu s ČSN 73 0540-4	Podle konkrétních podmínek se doporučuje splnění hodnot na úrovni 2/3 až 3/4 hodnot doporučených normou ČSN 73 0540-2 (2007).
1b	Průměrný součinitel prostupu tepla	$U_{em}$	W/(m <sup>2</sup> K)	$U_{em} \leq 0,30$ pro energeticky pasivní bytové domy $U_{em} \leq 0,35$ pro nízkoenergetické bytové domy	Výpočet v souladu s ČSN 73 0540-2	Podle konkrétních podmínek se pro energeticky pasivní bytové domy doporučuje: $U_{em} \leq 0,20 - 0,25$
Kvalita vzduchu a tepelná ztráta výměnou vzduchu						
2	Přívod čerstvého vzduchu do všech obytných místností	--	--	Zajištěn.	Kontrola projektové dokumentace, slovní hodnocení.	
3	Účinnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu	$\eta$	%	$\eta \geq 70$	Podle ověřených podkladů výrobce technického zařízení (rekuperátoru)	V energetických bilančních výpočtech se užije hodnota snížená o 10 procentních bodů.
4	Neprůzdušnost obálky budovy A. ve fázi přípravy stavby	$n_{50}$	[1/h]	$n_{50} = 0,6$ pro energeticky pasivní bytový dům $n_{50} = 1,5$ pro nízkoenergetický bytový dům.	Kontrola projektové dokumentace, zejména úplné celistvosti vzduchotěsného systému.	Projektový předpoklad
	B1: po dokončení stavby	$n_{50}$	[1/h]	$n_{50} \leq 0,6$ pro energeticky pasivní bytový dům $n_{50} = 1,5$ pro nízkoenergetický bytový dům	Měření metodou tlakového spádu a výpočet $n_{50}$ v souladu s ČSN EN 13829, metoda B.	Podrobněji v příloze A této TNI.
Zajištění pohody prostředí v letním období						
5	Nejvyšší teplota vzduchu v obytné místnosti	$\theta_{max}$	°C	$\leq 27$	Výpočet podle ČSN 73 0540-4.	Strojní chlazení se nepředpokládá.
Potřeba tepla na vytápění						
6	Měrná potřeba tepla na vytápění	$E_A$	kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\leq 15$ pro energeticky pasivní bytový dům $\leq 50$ pro nízkoenergetický dům	Výpočet podle ČSN EN ISO 13790 a dalších norem.	
Potřeba primární energie						
7	Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění, přípravu teplé vody a technické systémy budovy	$PE_A$	kWh/(m <sup>2</sup> a)	$\leq 60$ pro energeticky pasivní bytový dům	Výpočet podle 9.6	Pro nízkoenergetický bytový dům se nehodnotí

Tab.19 Parametry pro hodnocení bytových domů s velmi nízkou energetickou náročností, převzato z [17]

V této práci byly hodnoceny následující parametry:

- hodnoty součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí  $U$  ( $W/m^2K$ )
- průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy  $U_{em}$  ( $W/m^2K$ )
- přívod čerstvého vzduchu do všech obytných místností
- účinnost zpětného získávání tepla  $\eta$  (-)
- potřeba tepla na vytápění  $E_A$  ( $kWh/m^2a$ )
- neobnovitelná primární energie  $P_{EA}$  ( $kWh/m^2a$ )

## 9.1 Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí

Hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí jsou shrnuty v následující tabulce. Z výsledků plyne, že ne všechny konstrukce splňují požadavek na doporučené hodnoty. Nejvíce splňujících konstrukcí je ve variantě B, kde požadavek nesplňují pouze konstrukce ve styku se zemí. Důvodem je velký stavební zásah, který by byl při rekonstrukci nutný.

Z tohoto pohledu tedy nelze žádnou z variant hodnotit jako dům s velmi nízkou energetickou náročností, ale dle poznámky z předchozí tabulky lze dle konkrétních podmínek splnit pouze 2/3 až 3/4 hodnot. Variantu B lze tedy z tohoto hlediska označit za dům s velmi nízkou energetickou náročností.

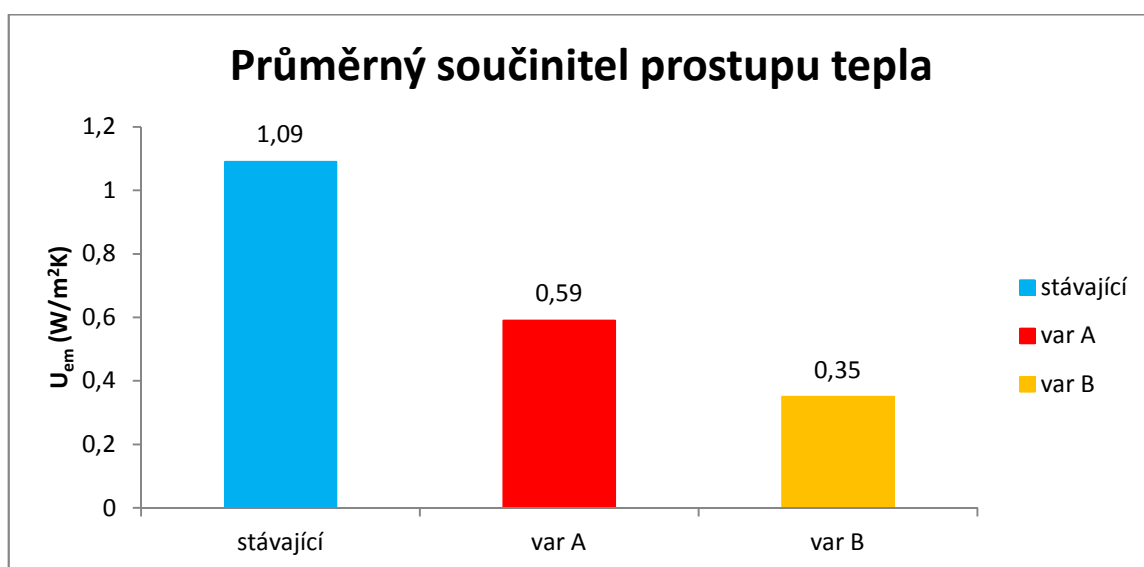
KONSTRUKCE	U ( $W/m^2K$ )			
	stávající	var A	var B	doporučené
obvodová stěna	1,11	0,24	0,18	0,25
střecha	0,19	0,19	0,12	0,16
podlaha nad nevytápěným prostorem	0,32	0,32	0,32	0,4
podlaha na zemině	1,08	1,08	1,08	0,3
suterénní stěna	1,18	1,18	1,18	0,6
stěna k nevytápěnému prostoru	1,25	1,25	1,25	1,8
dveře plastové	1,50	1,50	1,2	1,2
okna s izolačním dvojsklem	1,50	1,50	X	1,2
okna původní	2,50	X	X	1,2
okna vyměněná	X	1,2	X	1,2
okna s izolačním trojsklem	X	X	0,8	1,2
dveře vchodové	X	X	1	2,3
prefabrikované panely	X	X	0,15	0,25

Tab.20 Součinitel prostupu tepla - vyhodnocení

## 9.2 Průměrný součinitel prostupu tepla

Průměrný součinitel prostupu tepla má být pro masivní domy menší než  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  a pro nízkoenergetické domy menší než  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Následující graf ukazuje hodnoty v jednotlivých variantách řešení.

Variantu B je možné klasifikovat z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla jako nízkoenergetický bytový dům.



Graf 9 Průměrný součinitel prostupu tepla - vyhodnocení

## 9.3 Přívod čerstvého vzduchu

V následující tabulce je vidět, že ve všech variantách je zajištěn přívod čerstvého vzduchu do bytových místností, tudíž by dle tohoto kritéria byly všechny varianty bytové domy s velmi nízkou energetickou náročností.

	přívod čerstvého vzduchu do všech bytových místností
stávající	ANO
var A	ANO
var B	ANO

Tab.21 Přívod čerstvého vzduchu do všech bytových místností

## 9.4 Účinnost zpětného získávání tepla

Účinnost zpětného získávání tepla je hodnocena pouze u varianty B. V ostatních variantách není použito větrání se zpětným získáváním tepla. Varianta B splňuje požadavek na účinnost rekuperátoru větší než 70 %.

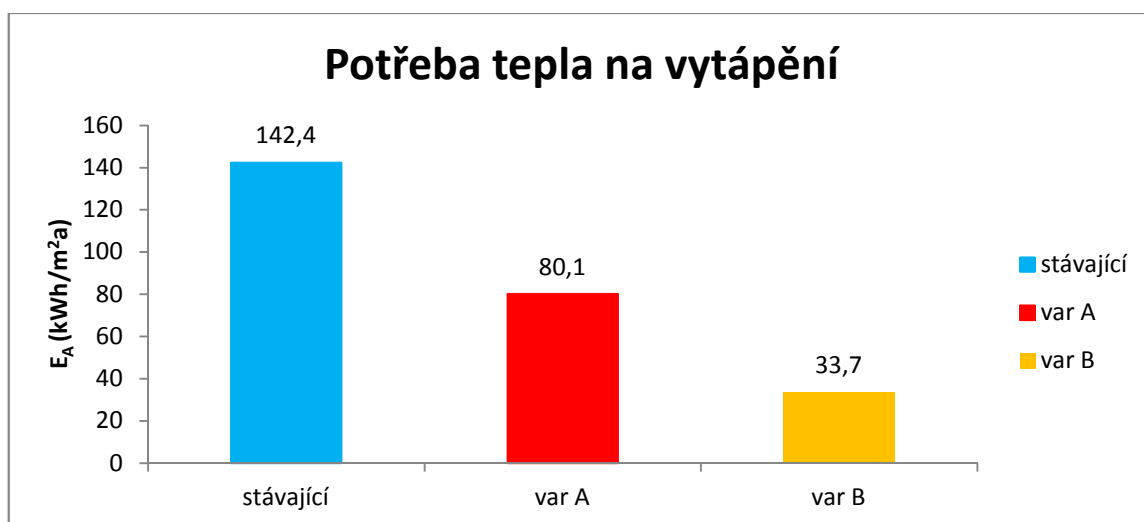
	$\eta$ (-)
stávající	X
var A	X
var B	0,77

Tab.22 Účinnost zpětného získávání tepla

## 9.5 Potřeba tepla na vytápění

Potřeba tepla na vytápění je závislá na kvalitě tepelně izolační obálky a systému větrání. Pro pasivní domy musí být tato hodnota nižší než  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  a pro nízkoenergetické domy nižší než  $50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Následující graf ukazuje potřebu tepla na vytápění pro jednotlivé varianty.

Jediná varianta, která splňuje požadavek pro nízkoenergetické domy je varianta B, kde se hodnota potřeby tepla na vytápění pohybuje okolo  $33 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

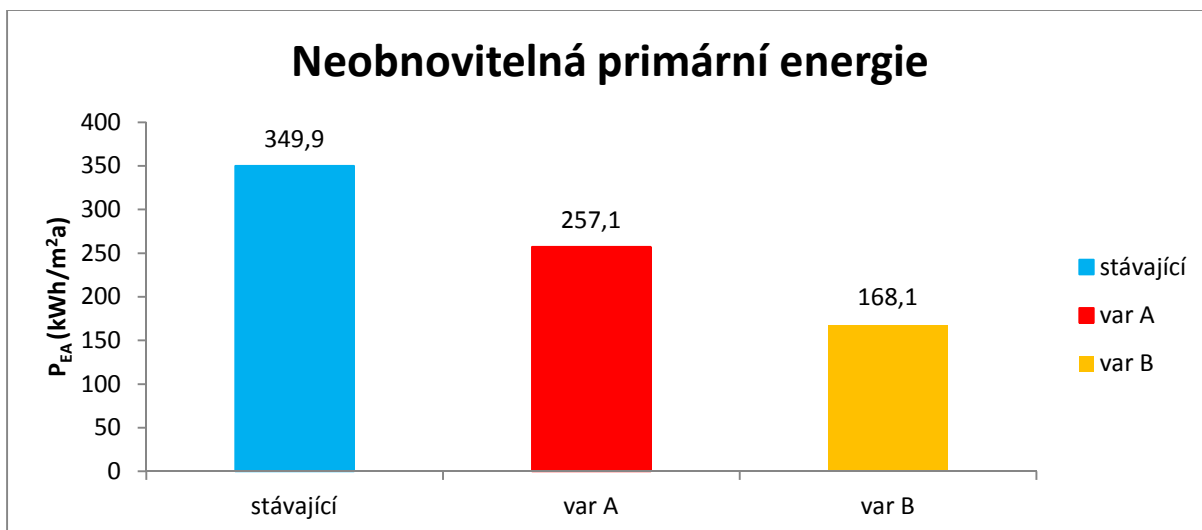


Graf 10 Potřeba tepla na vytápění - vyhodnocení

## 9.6 Neobnovitelná primární energie

Potřeba neobnovitelné primární energie na vytápění, ohřev TUV a další technické systémy v budově se hodnotí pouze pro pasivní domy, kdy musí být hodnoty nižší než  $60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Pro nízkoenergetické domy se nehodnotí.

Z následujících grafu vyplývá, že žádnou z variant nelze z tohoto hlediska označit za pasivní dům.



Graf 11 Potřeba neobnovitelné primární energie - vyhodnocení

## 9.7 Shrnutí

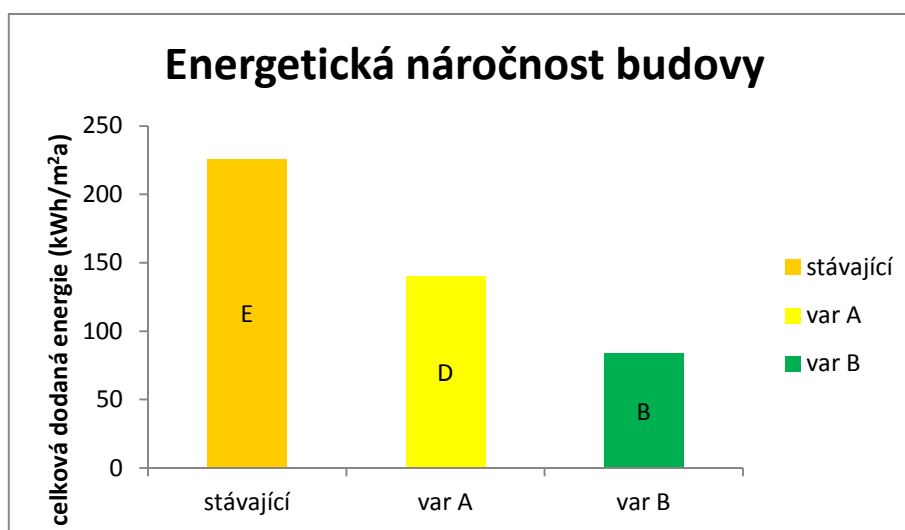
Dle hodnocených parametrů je možné variantu B označit jako dům s velmi nízkou energetickou náročností - nízkoenergetický dům. Tato variant splňuje všechny výše hodnocené parametry.

- součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí (doporučené hodnoty) - **splněno**
- průměrný součinitel prostupu tepla ( $U_{em} \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) - **splněno**
- přívod čerstvého vzduchu do všech obytných místností - **splněno**
- účinnost zpětného získávání tepla ( $\eta \geq 0,7$ ) - **splněno**
- potřeba tepla na vytápění ( $E_A \leq 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) - **splněno**
- neobnovitelná primární energie - **pro nízkoenergetické domy se nehodnotí**

## 9.8 Průkaz energetické náročnosti budovy

Dle zákona č. 406/200 Sb. o hospodaření energií je nutné vytvořit při větší rekonstrukci průkaz energetické náročnosti budovy. Tento průkaz hodnotí energie potřebné pro vytápění, ohřev teplé vody, větrání, ochlazování nebo svícení. Jednotlivé budovy jsou řazeny do tříd a tím je zjištěna hospodárnost stavby. Díky průkazu energetické náročnosti je možné jednotlivé budovy objektivně srovnávat.

Pro daný objekt byl vytvořen průkaz 3x, pro stávající stav, variantu A a variantu B. Následující graf ukazuje srovnání tříd jednotlivých variant.



Graf 12 Třídy energetické náročnosti jednotlivých variant

Stávající stav je zařazen jako budova neekonomická, jedná se o nezateplenou budovu s tepelnými mosty. Varianta A spadá do třídy D - méně úsporná, kde došlo k zateplení na hodnoty doporučené. Varianta B se dostala do třídy B - velmi úsporná, kde byly použity materiály s nižším součinitelem prostupu tepla.

## 10 ENVIRONMENTÁLNÍ HODNOCENÍ BUDOVY

Environmentální kritéria, která hodnotí spotřebu energie a emise nepostihují pouze dopad stavby z hlediska spotřeby provozní energie, ale i spotřeba energií při výrobě použitých materiálů ze kterých byla budova postavena, tzv. svázaná spotřeba energie.

Při hodnocení vlivu na životní prostředí se posuzují následující kritéria:

- PEI - spotřeba primární energie
- GWP - potenciál globálního oteplování
- AP - potenciál okyselování prostředí
- EP - potenciál eutrofizace prostředí
- ODP - potenciál ničení ozonové vrstvy
- POCP - potenciál tvorby přízemního ozonu

Pro hodnocení dopadu fáze výstavby byl použit Katalog fyzikálních a environmentálních profilů stavebních konstrukcí pro novostavby a rekonstrukce - Envimat.

Fáze provozu byla hodnocena dle vypočtených spotřeb energie, které byly přepočteny podle emisních faktorů a faktoru energetické přeměny, které se liší dle energonositele.

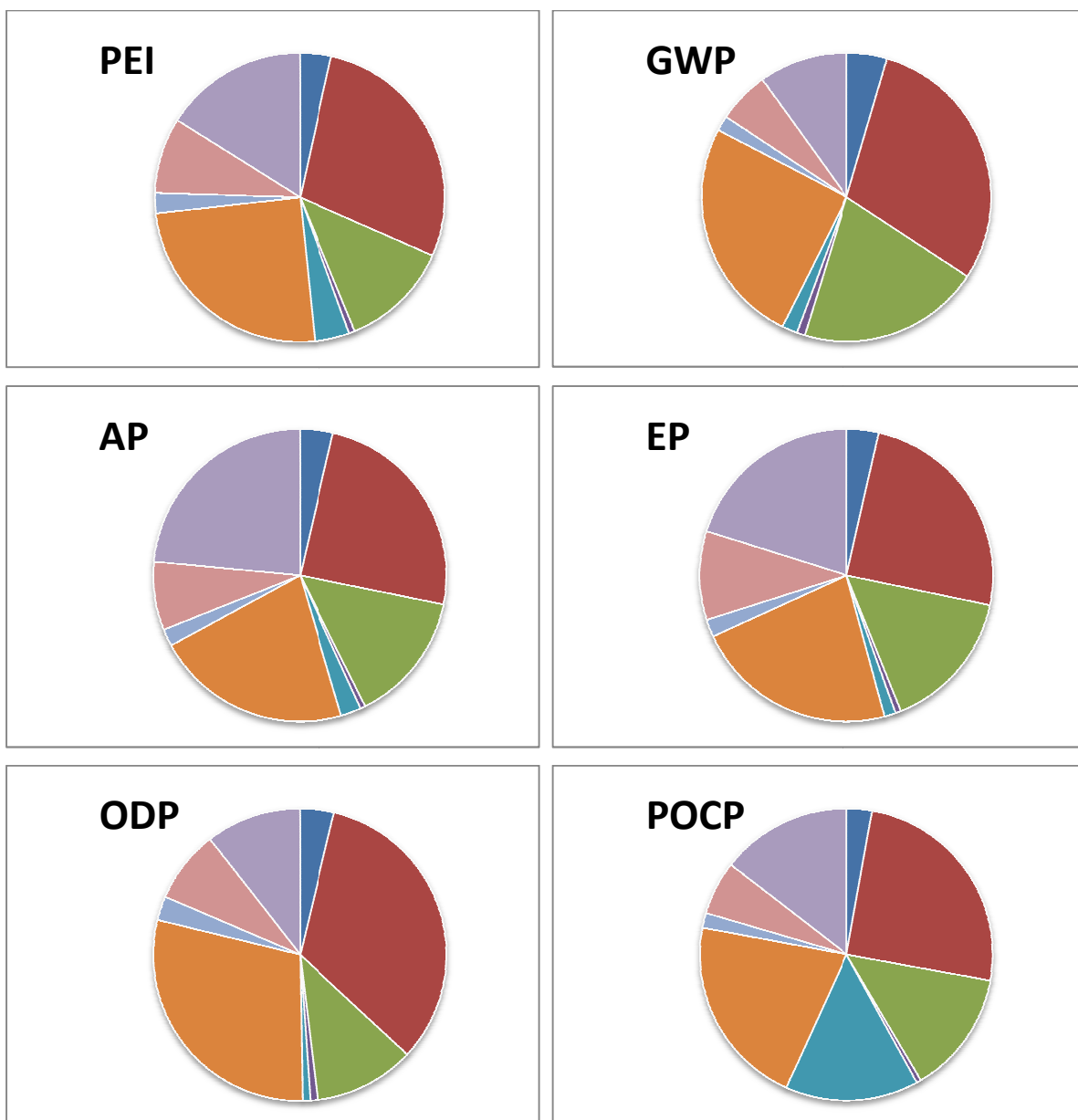
V této práci byl hodnocen stávající stav budovy a varianta B. Fáze výstavby byla rozdělena na několik kategorií:

- základové konstrukce
- svislé nosné konstrukce
- vodorovné nosné konstrukce stropů, schodišť
- nenosné obvodové konstrukce
- tepelné izolace
- příčky
- střešní plášť
- konstrukce podlahy
- konstrukce stropu
- výplně vnějších otvorů

Tyto konstrukce byly hodnoceny jednotlivě a z následujících grafů je vidět, které konstrukce mají největší vliv na dané kritérium.

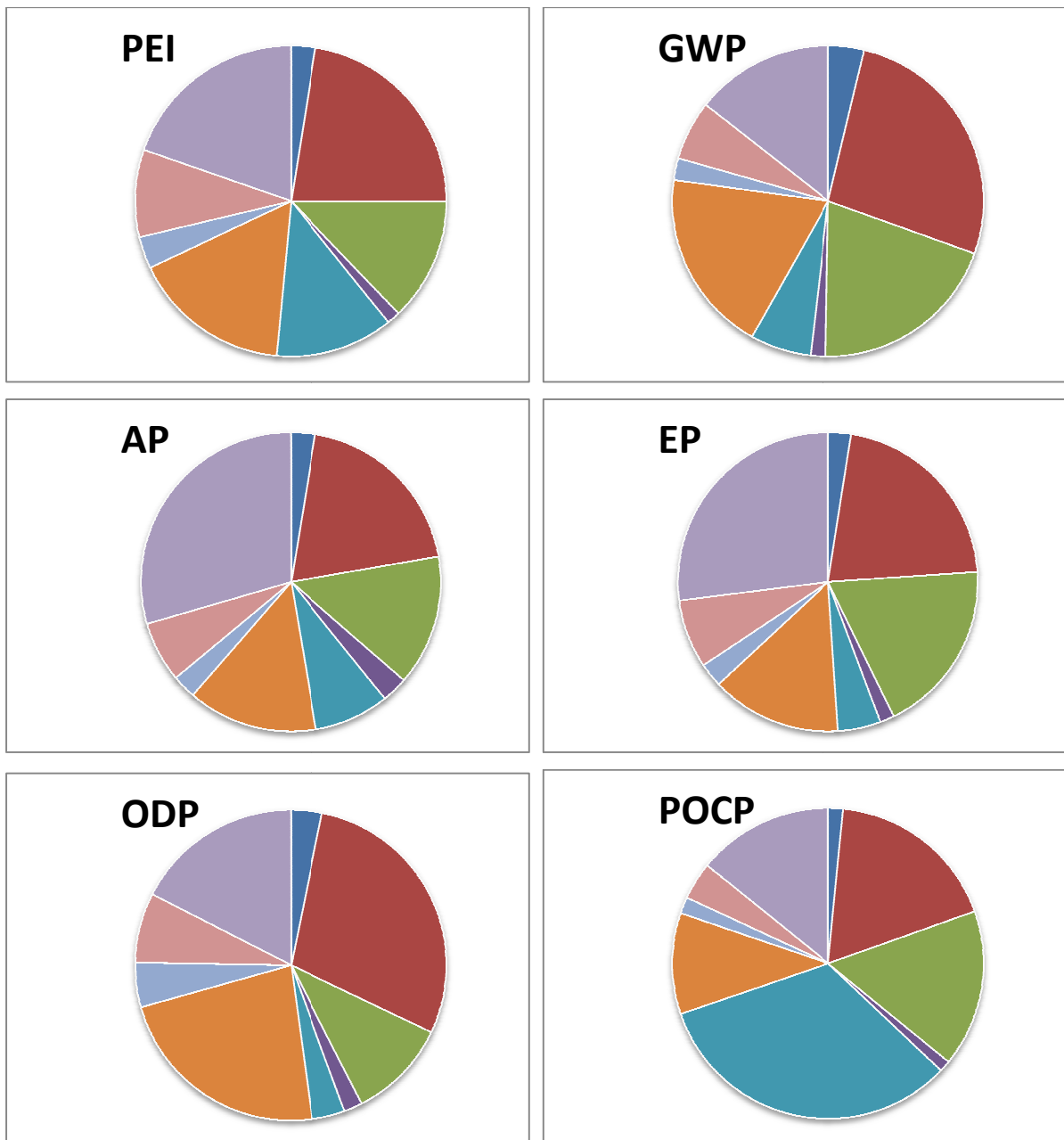
Ve stávajícím stavu nejvíce zatěžují životní prostředí svislé nosné konstrukce ve všech kategoriích dopadu.

Varianta B, kde došlo k zateplení objektu, se značně zvýšil potenciál tvorby přízemního ozonu u tepelných izolací. Na okyselování a eutrofizaci se nejvíce podílejí základové konstrukce. Svislé nosné konstrukce mají nejvyšší hodnotu v ostatních kategoriích dopadu.

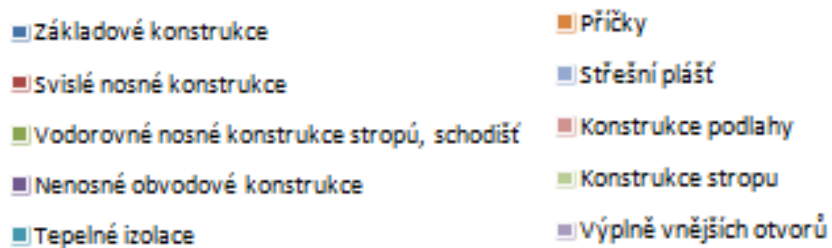


Graf 13 Kategorie dopadu - stávající stav





Graf 14 Kategorie dopadu - varianta B



Fáze provozu se liší spotřebou energie a energonositeli, u varianty B je navíc energie z fotovoltaických panelů. Podrobný výpočet je v příloze č. 2.

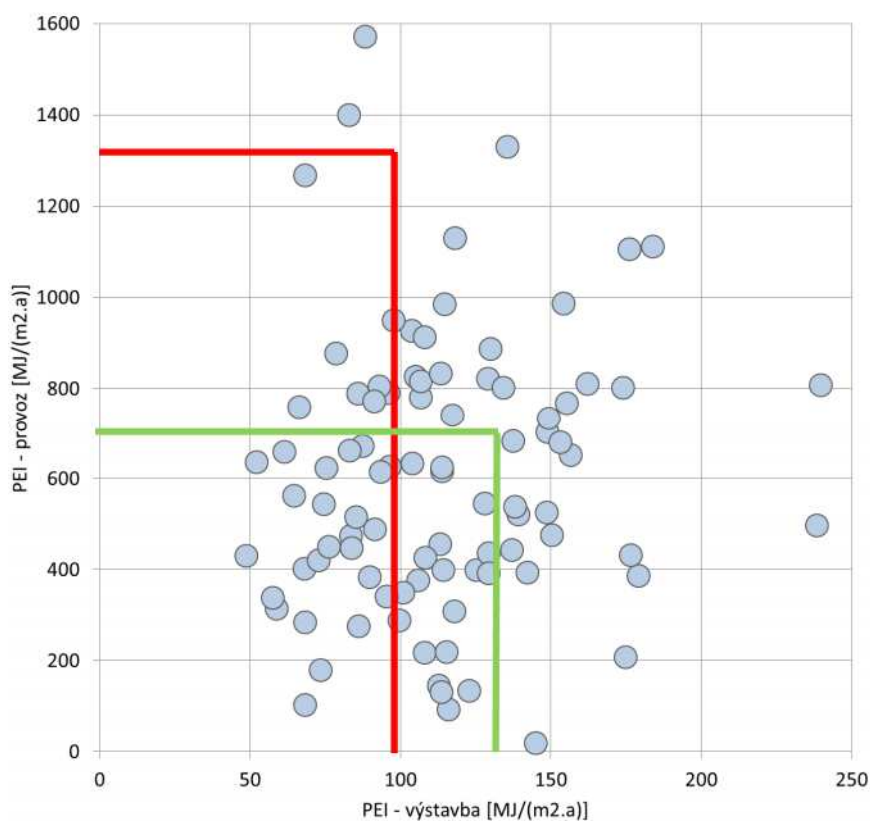
Následující grafy zobrazují na vodorovné ose fázi výstavby a na ose svislé fázi provozu. Jedná se o vzorek budov, který poskytl Ing. Martin Vonka, Ph.D.

Závěr:

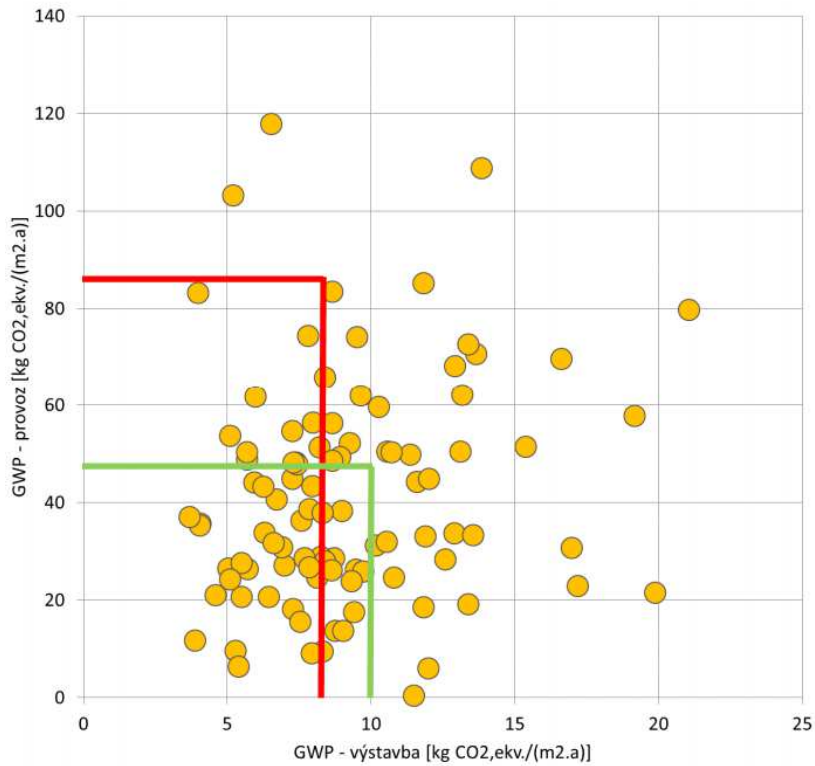
Ve vzorcích jsou zakresleny hodnoty řešeného objektu. Je vidět, že po rekonstrukci ve všech kriteriích klesla hodnota fáze provozu a to hlavně z důvodu výraznému snížení potřeby tepla na vytápění.

U fáze výstavby se hodnoty zvýšily, jelikož k původnímu stavu byly přidány nové konstrukce. Rozdíl mezi nulou a stávajícím stavem je vždy větší, než rozdíl mezi stávajícím stavem a variantou B, z toho plyne, že rekonstrukce je z hlediska vlivu na životní prostředí šetrnější než kdyby došlo k demolici objektu a jeho nové výstavbě.

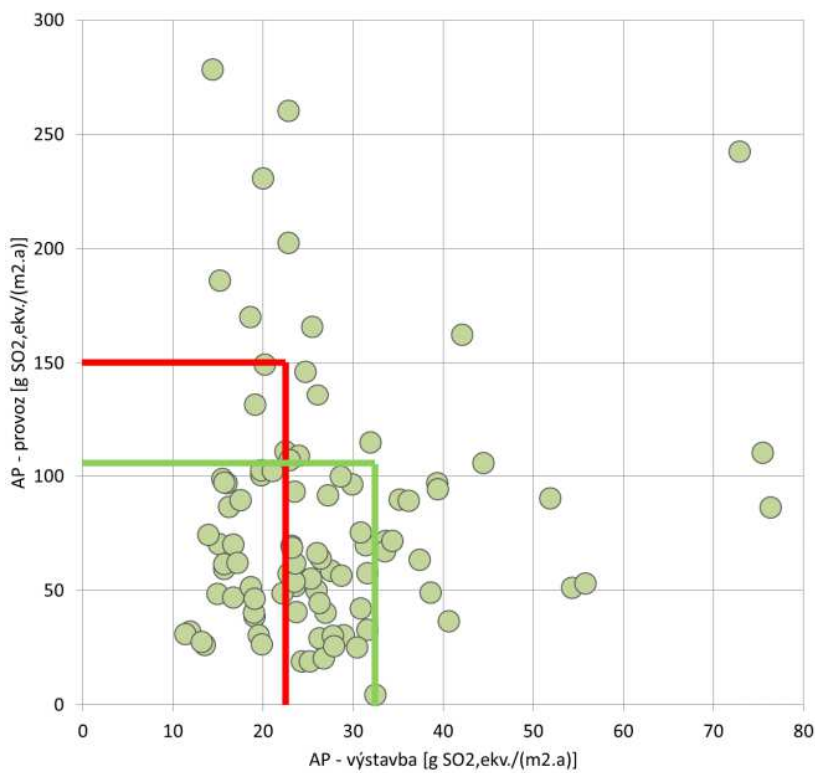
— stávající stav  
— varianta B



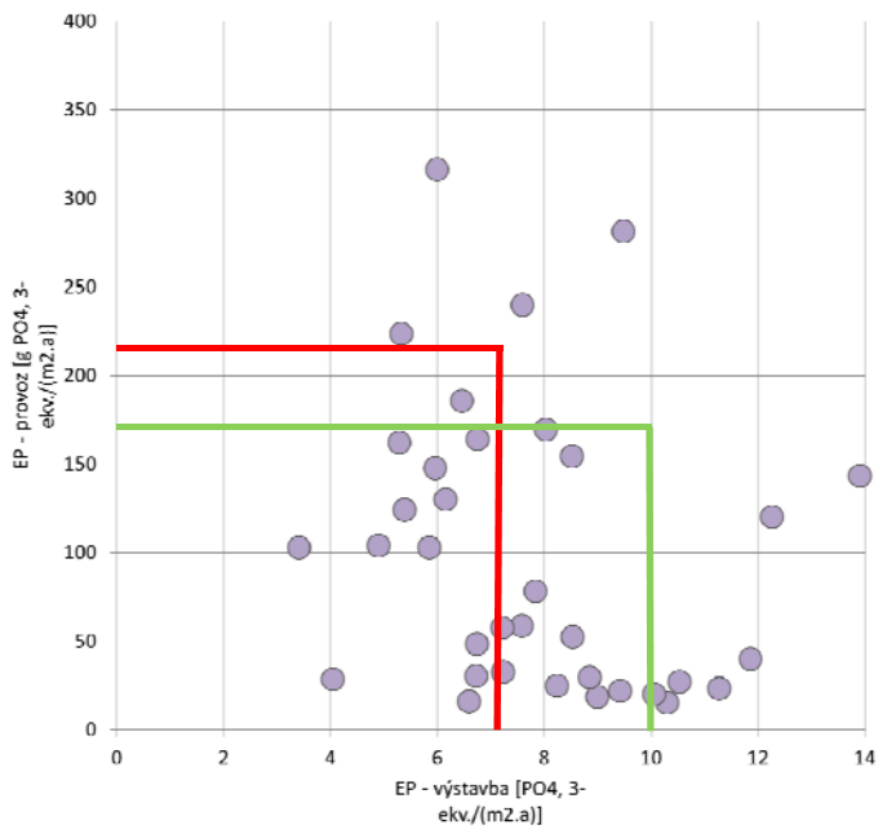
Graf 15 Spotřeba primární energie - porovnání, červená - stávající stav, zelená - varianta B (výchozí graf poskytl Ing. Martin Vonka, Ph.D.)



Graf 16 Potenciál globálního oteplování - porovnání, červená - stávající stav, zelená - varianta B (výchozí graf poskytl Ing. Martin Vonka, PhD.)



Graf 17 Potenciál okyselování prostředí - porovnání, červená - stávající stav, zelená - varianta B (výchozí graf poskytl Ing. Martin Vonka, PhD.)



Graf 18 Potenciál eutrofizace prostředí - porovnání, červená - stávající stav, zelená - varianta B (výchozí graf poskytl Ing. Martin Vonka, PhD.)

## 11 ZÁVĚR

Modernizace bytového domu byla navržena ve dvou variantách. Varianta A obsahuje zateplení obvodových stěn na doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla, rekonstrukci větracího systému bez rekuperace a výstavbu nového výtahu, který je umístěn ze severovýchodní strany objektu.

Ve variantě B se jedná o rozsáhlejší rekonstrukci. Bylo navrženo zateplení objektu, rozšíření pobytového prostoru o prostor stávajících lodžii, vybudování nových samostatně stojících balkonových konstrukcí, změna dispozice suterénu a vchodu do objektu, instalace výtahu do stávajícího prostoru schodiště, vybudování nového schodiště před objektem, instalace fotovoltaických panelů, výměna kotlů a rekonstrukce větracího systému s rekuperačními vzduchotechnickými jednotkami.

Pro stávající stav i navržené varianty byl vypracován průkaz energetické náročnosti budovy a provedena tepelně-technická analýza za účelem zjištění, zda dům v některé z variant dosáhne bytového domu s velmi nízkou energetickou náročností. Z vyhodnocení jednotlivých variant vyplynulo, že ve variantě B se jedná o nízkoenergetický dům. Průměrný součinitel prostupu tepla vyšel  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Potřeba tepla na vytápění je  $33,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  a oproti stávajícímu stavu se snížila o 78%. Z průkazu energetické náročnosti budovy je vidět, že dům patří do kategorie B - velmi úsporný.

Z environmentálního hlediska bylo zjištěno, že rekonstrukce daného objektu nemá tak negativní vliv na životní prostředí, jako kdyby byl zbourán a nově postaven.

Rekonstrukce varianty B je součástí projektové dokumentace této práce.

Práce splňuje požadavky kladené v zadání práce.

## 12 POUŽITÉ ZDROJE, NORMY A SOFTWARE

[1] BERANOVSKÝ, Jiří, Karel SRDEČNÝ a Petr VOGEL. *Pasivní panelák? A to myslíte vážně?*. Praha: EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2011. ISBN 978-80-87333-07-5.

[2] *Nízkoenergetické domy. TZB-info* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-domy>

[3] *Větrání panelových domů - opatření a jejich limity* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6181-vetrani-panelovych-domu-opatreni-a-jejich-limity>

[4] *Fotovoltaika* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6840-lze-vyuzit-fotovoltaicke-panely-pro-panelovy-dum>

[5] *Solární kolektory* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6823-solarni-soustavy-pro-pripravu-teple-vody-na-panelovych-domech>

[6] *Lze z panelového domu udělat šetrné a zároveň kvalitní bydlení?* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/regenerace-domu/6234-lze-z-paneloveho-domu-udelat-setrne-a-zaroven-kvalitni-bydleni>

[7] *ABF - nadace* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: [http://www.abf-nadace.cz/web/export/sites/default/nadace/1.misto\\_rocnik\\_1.pdf](http://www.abf-nadace.cz/web/export/sites/default/nadace/1.misto_rocnik_1.pdf)

[8] *Panelový bytový dům* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://www.fasadaroku.cz/cz/panelovy-bytovy-dum>

[9] *REGENERACE PANELOVÉHO DOMU A MATEŘSKÉ ŠKOLY, SUDOMĚŘSKÁ - PRAHA 3* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://www.apluscz.eu/rekonstrukce/c/regenerace-paneloveho-domu-a-materske-skoly-sudomerska-praha-3>

[10] *Ročník 2008* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://www.fasadaroku.cz/cz/rocnik-2008>

[11] *Rekonstrukce domu s pečovatelskou službou, Roháčova 24,26, Praha 3* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z:  
<http://www.stavbaroku.cz/printDetail.do?Dispatch=ShowDetail&siid=911&coid=41>

[12] *JAARGANGEN* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z:  
<http://www.nrpguldenfeniks.nl/hall-of-fame/jaargangen/2011/renovatie/renovatie-torenflat-en-nieuwbouw-wijkgezondheidscentrum-2/>

[13] *Regenerace bytových domů* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z:  
[http://dk.spsopava.cz:8080/docs/pdf/pozemni\\_stavitelstvi/centrum\\_pasivniho\\_domu/literatura/CPD\\_Regenerace\\_bytovych\\_domu.pdf](http://dk.spsopava.cz:8080/docs/pdf/pozemni_stavitelstvi/centrum_pasivniho_domu/literatura/CPD_Regenerace_bytovych_domu.pdf)

[14] *Social housing Sterrenveld in Wezembeek BE* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z:  
[https://www.sintef.no/globalassets/project/eksbo/iea-shc\\_task\\_37/task37-240-wezembeek.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/project/eksbo/iea-shc_task_37/task37-240-wezembeek.pdf)

[15] *Apartment Building in Brogården, Alingsås SE* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z:  
<http://archive.iea-shc.org/publications/downloads/task37-Alingsas.pdf>

[16] IR INSPECTIONS S.R.O. *Zpráva o termovizním měření infrakamerou*. Police nad Metují, 2011.

[17] *TNI 73 0330 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

[18] *Vytápění bytových domů* [online]. [cit. 2016-12-30]. Dostupné z:  
<http://www.usetreno.cz/vytapeni-bytovych-domu/>

#### **Použité podklady:**

STANĚK KAMIL, *Podklady pro cvičení SPJ1*

VONKA MARTIN, *Podklady pro cvičení INB*

[www.isover.cz](http://www.isover.cz)

[www.atrea.cz](http://www.atrea.cz)

[www.elektrodesign.cz](http://www.elektrodesign.cz)

[www.viessmann.cz](http://www.viessmann.cz)

[www.rdrymarov.cz](http://www.rdrymarov.cz)

[www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

původní projektová dokumentace - Stavoprojekt, 1972

**Použité normy a zákony:**

ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov - Terminologie

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Požadavky

ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov - Návrhové hodnoty veličin

ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov - Výpočtové metody

TNI 73 3030 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy

TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet

Zákon č. 61/2008 Sb., úplné znění zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, jak vyplývá z pozdějších změn

Vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov

**Použité software:**

Microsoft Office

Svoboda Software - Area 2014, Teplo 2014

Deksoft - Energetika

AutoCAD 2014



## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr.1 Půdorys běžného podlaží
- Obr.2 Pohledy
- Obr.3 Příklad aplikace fve na střechu, převzato z [4]
- Obr.4 Příklad aplikace fotovoltaické krytiny, převzato z [4]
- Obr.5 Příklad umístění fve na štítech, převzato z [4]
- Obr.6 Integrace fve do zábradlí balkonu, převzato z [4]
- Obr.7 Příklad fotovoltaických markýz, převzato z [4]
- Obr.8 Roční profil teoretických dávek slunečního ozáření na různě skloněné plochy, převzato z [5]
- Obr.9 Příklad předsazené fasády, převzato z [6]
- Obr.10 Příklad individuálního řešení, převzato z [6]
- Obr.11 Příklad avantgardního řešení, převzato z [6]
- Obr.12 Panelový dům a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci, převzato z [7]
- Obr.13 Panelový dům a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci, převzato z [9]
- Obr.14 Dům s pečovatelskou službou a) a c) stav před rekonstrukcí b) a d) stav po rekonstrukci, převzato z [11]
- Obr.15 Dům v Nizozemí a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci c) detail fasády, převzato z [12]
- Obr.16 Panelový dům a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci, převzato z [13]
- Obr.17 Social housing a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci c) detail fasády, převzato z [14]
- Obr.18 Apartment Building a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci, převzato z [15]
- Obr.19 a) nasávací otvory vodorovné šachty b) vyústění šachty na střeše
- Obr.20 Kotle pro vytápění objektu
- Obr.21 Expanzní nádoby
- Obr.22 Bojler jednoho z bytů
- Obr.23 Lodžie a) detail napojení lodžie b) foto lodžie
- Obr.24 Snímek z termovize - a) jižní fasáda b) nové x staré okno a parapetní zdivo c) boční žebro - převzato z [16]
- Obr.25 Zónování objektu
- Obr.26 Teplotní pole kritického detailu - stávající stav (vytvořeno v Area 2014)
- Obr.27 Vlhkostní pole kritického detailu - stávající stav (vytvořeno v Area 2014)
- Obr.28 Pohled na okolní zástavbu

- Obr.29 Teplotní pole kritického detailu - varianta A (vytvořeno v Area 2014)
- Obr.30 Vlhkostní pole kritického detailu - varianta A (vytvořeno v Area 2014)
- Obr.31 Teplotní pole kritického detailu - varianta B (vytvořeno v Area 2014)
- Obr.32 Vlhkostní pole kritického detailu - varianta B (vytvořeno v Area 2014)
- Obr.33 Schéma postupu rekonstrukce - I. etapa, suterén - vchodové dveře
- Obr.34 Schéma postupu rekonstrukce - I. etapa, běžné podlaží - obvodový plášť na JV, výplně otvorů a lodžie
- Obr.35 Schéma postupu rekonstrukce - II. etapa, suterén - příčky, výtah, schodišťový prostor
- Obr.36 Schéma postupu rekonstrukce - II. etapa, běžné podlaží - výtah, schodišťový prostor
- Obr.37 Schéma postupu rekonstrukce - III. etapa, suterén - zateplení, výplně otvorů
- Obr.38 Schéma postupu rekonstrukce - III. etapa, běžné podlaží - zateplení, výplně otvorů

## SEZNAM TABULEK

- Tab.1 Tabulka skladeb konstrukcí - stávající stav
- Tab.2 Tabulka součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí - stávající stav
- Tab.3 Výpočet  $U_{em}$  pro řešený objekt - stávající stav
- Tab.4 Výpočet průměrného  $U_{em,N}$  - stávající stav
- Tab.5 Potřeba tepla na vytápění - stávající stav
- Tab.6 Neobnovitelná primární energie - stávající stav
- Tab.7 Tabulka skladeb konstrukcí - varianta A
- Tab.8 Tabulka součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí - varianta A
- Tab.9 Výpočet  $U_{em}$  pro řešený objekt - varianta A
- Tab.10 Výpočet průměrného  $U_{em,N}$  - varianta A
- Tab.11 Potřeba tepla na vytápění - varianta A
- Tab.12 Neobnovitelná primární energie - varianta A
- Tab.13 Tabulka součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí - varianta B
- Tab.14 Tabulka skladeb konstrukcí - varianta B
- Tab.15 Výpočet  $U_{em}$  pro řešený objekt - varianta B
- Tab.16 Výpočet průměrného  $U_{em,N}$  - varianta B
- Tab.17 Potřeba tepla na vytápění - varianta B
- Tab.18 Neobnovitelná primární energie - varianta B

- Tab.19 Parametry pro hodnocení bytových domů s velmi nízkou energetickou náročností, převzato z [17]
- Tab.20 Součinitelé prostupu tepla - vyhodnocení
- Tab.21 Přívod čerstvého vzduchu do všech obytných místností
- Tab.22 Účinnost zpětného získávání tepla

## **SEZNAM GRAFŮ**

- Graf 1 Podíl konstrukcí obálky budovy na ztrátách objektu - stávající stav
- Graf 2 Výsledky otázky č. 1 dotazníku
- Graf 3 Výsledky otázky č. 2 dotazníku
- Graf 4 Výsledky otázky č. 3 dotazníku
- Graf 5 Výsledky otázky č. 4 dotazníku
- Graf 6 Výsledky otázky č. 5 dotazníku
- Graf 7 Podíl konstrukcí na ztrátách objektu - varianta A
- Graf 8 Podíl konstrukcí na ztrátách objektu - varianta B
- Graf 9 Průměrný součinitel prostupu tepla - vyhodnocení
- Graf 10 Potřeba tepla na vytápění - vyhodnocení
- Graf 11 Potřeba neobnovitelné primární energie - vyhodnocení
- Graf 12 Třídy energetické náročnosti jednotlivých variant
- Graf 13 Kategorie dopadu - stávající stav
- Graf 14 Kategorie dopadu - varianta B
- Graf 15 Spotřeba primární energie - porovnání, červená - stávající stav, zelená - varianta B (graf poskytl Ing. Martin Vonka, PhD.)
- Graf 16 Potenciál globálního oteplování - porovnání, červená - stávající stav, zelená - varianta B (graf poskytl Ing. Martin Vonka, PhD.)
- Graf 17 Potenciál okyselování prostředí - porovnání, červená - stávající stav, zelená - varianta B (graf poskytl Ing. Martin Vonka, PhD.)
- Graf 18 Potenciál eutrofizace prostředí - porovnání, červená - stávající stav, zelená - varianta B (graf poskytl Ing. Martin Vonka, PhD.)

## **PŘÍLOHY**

- Příloha 1 - Výpočet potřeby tepla na vytápění - a) stávající stav, b) varianta A, c) varianta B
- Příloha 2 - Environmentální hodnocení - a) stávající stav, b) varianta

# 13 PŘÍLOHY

## PŘÍLOHA 1 - a) potřeba tepla na vytápění - stávající stav

POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ									
počet osob	64	ks							
obsazenost	0,7				třída	pro Cm			
objemová tepelná kapacita zóny	0,34	Wh/m <sup>3</sup> K			těžká	260000			
objem vzduchu ve vytápěné zóně	3536,6	m <sup>3</sup>							
prům- objem. tok větracího vzduchu	1120	m <sup>3</sup> /h							
procentuální plocha zasklení	0,7								
plocha vytápěné části	1353,05	m <sup>2</sup>							
přirážka Utb	0,2								
Af,int	1353,05	m <sup>2</sup>							
KONSTRUKCE									
název	obvod.st.	střecha	podl.n.nev.pr	podl. n.ze	st. st.	st.k.nev.pr.	okno pův.	okno	
plocha (m <sup>2</sup> )	815,4	334,8	76,4	258,44	39,1	34,5	12,3	286,4	
U (W/m <sup>2</sup> K)	1,11	0,188	0,32	1,08	1,184	1,25	2,5	1,5	
b (-)	1	1	0,41	0,54	0,64	0,33	1	1	
součinitel tepelné ztráty Ht (W/K)	905,094	62,9424	10,02368	150,722	29,628416	14,23125	30,75	429,6	
plocha celkem (m <sup>2</sup> )	1857,34								
celkové Ht (W/K)	2004,46								
průměrný Uem (W/m <sup>2</sup> K)	1,08								

TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Qt					
měsíc	počet dní	θe (°C)	t (h)	θi (°C)	Qt (Wh)
leden	31	-1,2	744	20	31 615 946
únor	28	0,7	672	20	25 997 044
březen	31	4,3	744	20	23 413 696
duben	30	8,3	720	20	16 885 571
květen	31	13,8	744	20	9 246 173
červen	30	16,4	720	20	5 195 560
červenec	31	17,7	744	20	3 430 032
srpen	31	17,6	744	20	3 579 164
září	30	13,8	720	20	8 947 909
říjen	31	9,3	744	20	15 957 105
listopad	30	3,6	720	20	23 668 663
prosinec	31	0,7	744	20	28 782 441
Celkem za rok:					196 719 303

TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM Q<sub>v</sub>

měsíc	počet dní	$\theta_e$ (°C)	t (h)	$\theta_i$ (°C)	H <sub>v</sub> (W/K)	Q <sub>v</sub> (Wh)		
leden	31	-1,2	744	20	380,80	6006282		
únor	28	0,7	672	20	380,80	4938824		
březen	31	4,3	744	20	380,80	4448049		
duben	30	8,3	720	20	380,80	3207859		
květen	31	13,8	744	20	380,80	1756554		
červen	30	16,4	720	20	380,80	987034		
červenec	31	17,7	744	20	380,80	651625		
srpen	31	17,6	744	20	380,80	679956		
září	30	13,8	720	20	380,80	1699891		
říjen	31	9,3	744	20	380,80	3031473		
listopad	30	3,6	720	20	380,80	4496486		
prosinec	31	0,7	744	20	380,80	5467983		
				Celkem za rok:		37372017		

SOLÁRNÍ ZISKY Qsol

	JV	SZ	SV	JZ
plocha okna Aw	153,60	118,40	12,70	13,90
dílčí činitel stínění horizontem Fh	0,7	0,7	0,7	0,7
dílčí činitel stínění markýzou Fo	0,9	1	1	1
dílčí činitel stínění bočními žebry Ff	0,9	1	1	1
korekční činitel stínění Fs	0,567	0,7	0,7	0,7
plocha zasklení Agl	107,52	82,88	8,89	9,73
účinná solární sběrná plocha As	36,761196	34,983648	3,752469	4,10703

celková energetická propustnost zasklení gl	0,67
korekční činitel pro zvýš. ztr. odrazem Fw	0,9
korekční součinitel clonění Fc	1
korekční součinitel rámu FF	0,7

měsíční dávka ozáření na fasádu kWh/m2

měsíc	JV	SZ	SV	JZ
leden	23,9	8,5	8,4	23,4
únor	36,8	14,4	14,3	40,9
březen	60,1	27,6	27,2	61,3
duben	81,7	46,3	44,6	80,7
květen	88,2	61,6	61,8	88,9
červen	79,4	65,1	61,9	83,5
červenec	83,7	61,2	63,9	79,4
srpen	92,4	55,7	55,3	89,0
září	68,2	34,3	34,7	65,2
říjen	55,2	21,1	21,0	55,4
listopad	29,7	9,5	9,5	28,9
prosinec	20,2	6,1	6,1	20,2

solární tepelné zisky Qsol (Wh)

měsíc	JV	SZ	SV	JZ	celkem
leden	876972	295731,58	31634,21485	96190,538	1 300 528
únor	1354244	502821,04	53760,17517	167809,59	2 078 635
březen	2209359	967024,57	102173,7206	251943,08	3 530 500
duben	3004188	1620090,8	167405,7098	331528,19	5 123 213
květen	3241966	2154586	231902,2292	365181,58	5 993 636
červen	2919995	2276012,8	232107,5184	342751,9	5 770 867
červenec	3078276	2140103,1	239663,0183	326109,7	5 784 152
srpen	3398243	1948754,8	207476,5789	365546,5	5 920 021
září	2507956	1200539,3	130366,4356	267903,24	4 106 765
říjen	2029424	738268,03	78949,53082	227696,68	3 074 338
listopad	1091310	331932,54	35762,74029	118799,34	1 577 804
prosinec	743285	213395,19	22853,85773	82869,83	1 062 404
			Celkem za rok:		45 322 862

VNITŘNÍ TEPELNÉ ZISKY $Q_{int}$								
měsíc	prac. dní	$Q_{in,vyt}$ (Wh)						
leden	31	188480						
únor	28	170240						
březen	31	188480						
duben	30	182400						
květen	31	188480						
červen	30	182400						
červenec	31	188480						
srpen	31	188480						
září	30	182400						
říjen	31	188480						
listopad	30	182400						
prosinec	31	188480						
Celkem:		2 219 200						

CELKOVÁ BILANCE								
měsíc	ztráty			zisky			$\eta_g$	$Q_{nd}$ (kWh)
	$Q_t$ (kWh)	$Q_v$ (kWh)	$Q_i$ (kWh)	$Q_{sol}$ (kWh)	$Q_{int}$ (kWh)	$Q_g$ (kWh)		
leden	31 616	6006	37 622	1301	188	1489	1,0000	36 133
únor	25 997	4939	30 936	2079	170	2249	0,9999	28 687
březen	23 414	4448	27 862	3531	188	3719	0,9995	24 145
duben	16 886	3208	20 093	5123	182	5306	0,9949	14 815
květen	9 246	1757	11 003	5994	188	6182	0,9454	5 158
červen	5 196	987	6 183	5771	182	5953	0,8033	1 400
červenec	3 430	652	4 082	5784	188	5973	0,6208	374
srpen	3 579	680	4 259	5920	188	6109	0,6301	410
září	8 948	1700	10 648	4107	182	4289	0,9796	6 446
říjen	15 957	3031	18 989	3074	188	3263	0,9988	15 730
listopad	23 669	4496	28 165	1578	182	1760	1,0000	26 405
prosinec	28 782	5468	34 250	1062	188	1251	1,0000	33 000
celkem	196 719	37372	234 091	45 323	2 219	47542		192702
								192702
								kWh/m <sup>2</sup>
								142,4
měsíc	$\gamma$	$C_m$	$\tau$	$a$	$\eta_g$			
leden	0,0396	351793000	40,96839743	3,7312265	0,99999439			
únor	0,0727	351793000	40,96839743	3,7312265	0,99994761			
březen	0,1335	351793000	40,96839743	3,7312265	0,99952735			
duben	0,2640	351793000	40,96839743	3,7312265	0,99487362			
květen	0,5619	351793000	40,96839743	3,7312265	0,94544847			
červen	0,9629	351793000	40,96839743	3,7312265	0,80327983			
červenec	1,4633	351793000	40,96839743	3,7312265	0,62077754			
srpen	1,4342	351793000	40,96839743	3,7312265	0,63008255			
září	0,4028	351793000	40,96839743	3,7312265	0,97964776			
říjen	0,1718	351793000	40,96839743	3,7312265	0,99884066			
listopad	0,0625	351793000	40,96839743	3,7312265	0,99996987			
prosinec	0,0365	351793000	40,96839743	3,7312265	0,99999583			

b) potřeba tepla na vytápění - varianta A

POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ			
počet osob	64	ks	
obsazenost	0,7		třída pro Cm
objemová tepelná kapacita zóny	0,34	Wh/m <sup>3</sup> K	těžká 260000
objem vzduchu ve vytápěné zóně	3536,6	m <sup>3</sup>	
prům- objem. tok větracího vzduchu	1157,1343	m <sup>3</sup> /h	e 0,007
procentuální plocha zasklení	0,7		n50 1,5
plocha vytápěné části	1353,05	m <sup>2</sup>	
přirážka Utb	0,1		
Af,int	1353,05	m <sup>2</sup>	

KONSTRUKCE								
název	obvod.st.	střecha	podl.n.nev.pr.	podl. n.ze	sut.st.	st.k.nev.pr.	okno pův.	okno
plocha (m <sup>2</sup> )	815,4	334,8	76,4	258,44	39,1	34,5	12,3	286,4
U (W/m <sup>2</sup> K)	0,24	0,188	0,32	1,08	1,184	1,25	1,2	1,5
b (-)	1	1	0,41	0,54	0,64	0,33	1	1
součinitel tepelné ztráty Ht (W/K)	195,696	62,9424	10,02368	150,722	29,628416	14,23125	14,76	429,6
plocha celkem (m <sup>2</sup> )	1857,34							
celkové Ht (W/K)	1093,338							
průměrný Uem (W/m <sup>2</sup> K)	0,59							

TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Qt						
měsíc	počet dní	θe (°C)	t (h)	θi (°C)	Qt (Wh)	
leden	31	-1,2	744	20	17 245 001	
únor	28	0,7	672	20	14 180 156	
březen	31	4,3	744	20	12 771 062	
duben	30	8,3	720	20	9 210 279	
květen	31	13,8	744	20	5 043 349	
červen	30	16,4	720	20	2 833 932	
červenec	31	17,7	744	20	1 870 920	
srpen	31	17,6	744	20	1 952 264	
září	30	13,8	720	20	4 880 661	
říjen	31	9,3	744	20	8 703 845	
listopad	30	3,6	720	20	12 910 135	
prosinec	31	0,7	744	20	15 699 458	
Celkem za rok:					107 301 061	

TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM Qv						
měsíc	počet dní	θe (°C)	t (h)	θi (°C)	Hv (W/K)	Qv (Wh)
leden	31	-1,2	744	20	393,43	6205424,282
únor	28	0,7	672	20	393,43	5102573,466
březen	31	4,3	744	20	393,43	4595526,473
duben	30	8,3	720	20	393,43	3314217,777
květen	31	13,8	744	20	393,43	1814793,894
červen	30	16,4	720	20	393,43	1019759,316
červenec	31	17,7	744	20	393,43	673229,9928
srpen	31	17,6	744	20	393,43	702500,8621
září	30	13,8	720	20	393,43	1756252,155
říjen	31	9,3	744	20	393,43	3131983,01
listopad	30	3,6	720	20	393,43	4645570,217
prosinec	31	0,7	744	20	393,43	5649277,766
Celkem za rok:						38 611 109,21



SOLÁRNÍ ZISKY Qsol

	JV	SZ	SV	JZ
plocha okna Aw	153,60	118,40	12,70	13,90
dílčí činitel stínění horizontem Fh	0,7	0,7	0,7	0,7
dílčí činitel stínění markýzou Fo	0,9	1	1	1
dílčí činitel stínění bočními žebry Ff	0,9	1	1	1
korekční činitel stínění Fs	0,567	0,7	0,7	0,7
plocha zasklení Agl	107,52	82,88	8,89	9,73
účinná solární sběrná plocha As	36,761196	34,983648	3,752469	4,10703

celková energetická propustnost zasklení gl	0,67
korekční činitel pro zvýš. ztr. odrazem Fw	0,9
korekční součinitel clonění Fc	1
korekční součinitel rámu FF	0,7

měsíční dávka ozáření na fasádu kWh/m2

měsíc	JV	SZ	SV	JZ
leden	23,9	8,5	8,4	23,4
únor	36,8	14,4	14,3	40,9
březen	60,1	27,6	27,2	61,3
duben	81,7	46,3	44,6	80,7
květen	88,2	61,6	61,8	88,9
červen	79,4	65,1	61,9	83,5
červenec	83,7	61,2	63,9	79,4
srpen	92,4	55,7	55,3	89,0
září	68,2	34,3	34,7	65,2
říjen	55,2	21,1	21,0	55,4
listopad	29,7	9,5	9,5	28,9
prosinec	20,2	6,1	6,1	20,2

solární tepelné zisky Qsol (Wh)

měsíc	JV	SZ	SV	JZ	celkem
leden	876972	295731,58	31634,21485	96190,538	1 300 528
únor	1354244	502821,04	53760,17517	167809,59	2 078 635
březen	2209359	967024,57	102173,7206	251943,08	3 530 500
duben	3004188	1620090,8	167405,7098	331528,19	5 123 213
květen	3241966	2154586	231902,2292	365181,58	5 993 636
červen	2919995	2276012,8	232107,5184	342751,9	5 770 867
červenec	3078276	2140103,1	239663,0183	326109,7	5 784 152
srpen	3398243	1948754,8	207476,5789	365546,5	5 920 021
září	2507956	1200539,3	130366,4356	267903,24	4 106 765
říjen	2029424	738268,03	78949,53082	227696,68	3 074 338
listopad	1091310	331932,54	35762,74029	118799,34	1 577 804
prosinec	743285	213395,19	22853,85773	82869,83	1 062 404
			Celkem za rok:		45 322 862

VNITŘNÍ TEPELNÉ ZISKY Q <sub>int</sub>								
měsíc	prac. dní	Q <sub>in,vyt</sub> (Wh)						
leden	31	188480						
únor	28	170240						
březen	31	188480						
duben	30	182400						
květen	31	188480						
červen	30	182400						
červenec	31	188480						
srpen	31	188480						
září	30	182400						
říjen	31	188480						
listopad	30	182400						
prosinec	31	188480						
Celkem:		2 219 200						

CELKOVÁ BILANCE								
měsíc	ztráty			zisky			η <sub>g</sub>	Q <sub>nd</sub> (kWh)
	Q <sub>t</sub> (kWh)	Q <sub>v</sub> (kWh)	Q <sub>i</sub> (kWh)	Q <sub>sol</sub> (kWh)	Q <sub>int</sub> (kWh)	Q <sub>g</sub> (kWh)		
leden	17 245	6205	23 450	1301	188	1489	1,0000	21 961
únor	14 180	5103	19 283	2079	170	2249	1,0000	17 034
březen	12 771	4596	17 367	3531	188	3719	0,9998	13 648
duben	9 210	3314	12 524	5123	182	5306	0,9943	7 249
květen	5 043	1815	6 858	5994	188	6182	0,8836	1 396
červen	2 834	1020	3 854	5771	182	5953	0,6239	140
červenec	1 871	673	2 544	5784	188	5973	0,4235	15
srpen	1 952	703	2 655	5920	188	6109	0,4318	17
září	4 881	1756	6 637	4107	182	4289	0,9640	2 502
říjen	8 704	3132	11 836	3074	188	3263	0,9993	8 575
listopad	12 910	4646	17 556	1578	182	1760	1,0000	15 796
prosinec	15 699	5649	21 349	1062	188	1251	1,0000	20 098
celkem	107 301	38611	145 912	45 323	2 219	47542		108431
								108431
							kWh/m <sup>2</sup>	80,1
měsíc	γ	C <sub>m</sub>	τ	a	η <sub>g</sub>			
leden	0,0635	351793000	65,72684233	5,3817895	0,99999966			
únor	0,1166	351793000	65,72684233	5,3817895	0,99999161			
březen	0,2141	351793000	65,72684233	5,3817895	0,99980349			
duben	0,4236	351793000	65,72684233	5,3817895	0,99431172			
květen	0,9014	351793000	65,72684233	5,3817895	0,88356939			
červen	1,5448	351793000	65,72684233	5,3817895	0,6238848			
červenec	2,3476	351793000	65,72684233	5,3817895	0,42348155			
srpen	2,3010	351793000	65,72684233	5,3817895	0,4318165			
září	0,6463	351793000	65,72684233	5,3817895	0,96402699			
říjen	0,2757	351793000	65,72684233	5,3817895	0,99929471			
listopad	0,1003	351793000	65,72684233	5,3817895	0,99999621			
prosinec	0,0586	351793000	65,72684233	5,3817895	0,99999978			

b) potřeba tepla na vytápění - varianta B

POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ											
počet osob	64	ks									
obsazenost	0,7			třída	pro Cm						
objemová tepelná kapacita zóny	0,34	Wh/m <sup>3</sup> K		těžká	260000						
objem vzduchu ve vytápěné zóně	3902	m <sup>3</sup>		e	0,07						
prům- objem. tok větracího vzduchu	476,112	m <sup>3</sup> /h		n	0,77						
procentuální plocha zasklení	0,7			n50	0,8						
plocha vytápěné části	1545,35	m <sup>2</sup>									
přirážka Utb	0,02										
Af,int	1545,35	m <sup>2</sup>									
KONSTRUKCE											
název	obvod.st.	střecha	podl.n.nev.pr.	podl.n.zě	sut.st.	st.k.nev.pr.	dveře vchod	okno	dveře plast	prefa pane	
plocha (m <sup>2</sup> )	643,8	334,8	76,4	258,44	39,1	34,5	39,9	261,2	2,1	246,1	
U (W/m <sup>2</sup> K)	0,18	0,12	0,32	1,08	1,18	1,25	1	0,8	1,5	0,15	
b (-)	1	1	0,41	0,5	0,55	0,33	1	1	1	1	
součinitel tepelné ztráty Ht (W/K)	115,884	40,176	10,02368	139,558	25,3759	14,23125	39,9	208,96	3,15	36,915	
plocha celkem (m <sup>2</sup> )	1936,34										
celkové Ht (W/K)	672,90023										
průměrný Uem (W/m <sup>2</sup> K)	0,35										

TEPELNÁ ZTRÁTA PROSTUPEM Qt						
měsíc	počet dní	θe (°C)	t (h)	θi (°C)	Qt (Wh)	
leden	31	-1,2	744	20	10 613 521	
únor	28	0,7	672	20	8 727 247	
březen	31	4,3	744	20	7 860 013	
duben	30	8,3	720	20	5 668 512	
květen	31	13,8	744	20	3 103 954	
červen	30	16,4	720	20	1 744 157	
červenec	31	17,7	744	20	1 151 467	
srpen	31	17,6	744	20	1 201 531	
září	30	13,8	720	20	3 003 827	
říjen	31	9,3	744	20	5 356 824	
listopad	30	3,6	720	20	7 945 606	
prosinec	31	0,7	744	20	9 662 309	
Celkem za rok:					66 038 967	

TEPELNÁ ZTRÁTA VĚTRÁNÍM Qv						
měsíc	počet dní	θe (°C)	t (h)	θi (°C)	Hv (W/K)	Qv (Wh)
leden	31	-1,2	744	20	161,88	2553270,58
únor	28	0,7	672	20	161,88	2099493,946
březen	31	4,3	744	20	161,88	1890865,477
duben	30	8,3	720	20	161,88	1363660,946
květen	31	13,8	744	20	161,88	746711,2074
červen	30	16,4	720	20	161,88	419587,9834
červenec	31	17,7	744	20	161,88	277005,7705
srpen	31	17,6	744	20	161,88	289049,4996
září	30	13,8	720	20	161,88	722623,7491
říjen	31	9,3	744	20	161,88	1288679,019
listopad	30	3,6	720	20	161,88	1911456,369
prosinec	31	0,7	744	20	161,88	2324439,726
Celkem za rok:						15 886 844

SOLÁRNÍ ZISKY Qsol

	JV	SZ	SV	JZ
plocha okna Aw	153,60	81,00	12,70	13,90
dílčí činitel stínění horizontem Fh	0,7	0,7	0,7	0,7
dílčí činitel stínění markýzou Fo	0,9	1	1	1
dílčí činitel stínění bočními žebry Ff	0,9	1	1	1
korekční činitel stínění Fs	0,567	0,7	0,7	0,7
plocha zasklení Agl	107,52	56,7	8,89	9,73
účinná solární sběrná plocha As	36,761196	23,93307	3,752469	4,10703

celková energetická propustnost zasklení gl	0,67
korekční činitel pro zvýš. ztr. odrazem Fw	0,9
korekční součinitel clonění Fc	1
korekční součinitel rámu FF	0,7

měsíční dávka ozáření na fasádu kWh/m2

měsíc	JV	SZ	SV	JZ
leden	23,9	8,5	8,4	23,4
únor	36,8	14,4	14,3	40,9
březen	60,1	27,6	27,2	61,3
duben	81,7	46,3	44,6	80,7
květen	88,2	61,6	61,8	88,9
červen	79,4	65,1	61,9	83,5
červenec	83,7	61,2	63,9	79,4
srpen	92,4	55,7	55,3	89,0
září	68,2	34,3	34,7	65,2
říjen	55,2	21,1	21,0	55,4
listopad	29,7	9,5	9,5	28,9
prosinec	20,2	6,1	6,1	20,2

solární tepelné zisky Qsol (Wh)

měsíc	J	S	V	Z	celkem
leden	876972	202316,37	31634,21485	96190,538	1 207 113
únor	1354244	343990,75	53760,17517	167809,59	1 919 805
březen	2209359	661562,42	102173,7206	251943,08	3 225 038
duben	3004188	1108339,2	167405,7098	331528,19	4 611 461
květen	3241966	1473998,9	231902,2292	365181,58	5 313 049
červen	2919995	1557069,5	232107,5184	342751,9	5 051 924
červenec	3078276	1464090,8	239663,0183	326109,7	5 108 140
srpen	3398243	1333185,3	207476,5789	365546,5	5 304 451
září	2507956	821314,91	130366,4356	267903,24	3 727 540
říjen	2029424	505065,12	78949,53082	227696,68	2 841 135
listopad	1091310	227082,23	35762,74029	118799,34	1 472 954
prosinec	743285	145988,26	22853,85773	82869,83	994 997
			Celkem za rok:		40 777 606

VNITŘNÍ TEPELNÉ ZISKY Q<sub>int</sub>

měsíc	prac. dní	Q <sub>in,vyt</sub> (Wh)					
leden	31	188480					
únor	28	170240					
březen	31	188480					
duben	30	182400					
květen	31	188480					
červen	30	182400					
červenec	31	188480					
srpen	31	188480					
září	30	182400					
říjen	31	188480					
listopad	30	182400					
prosinec	31	188480					
Celkem:		2 219 200					

## CELKOVÁ BILANCE

měsíc	ztráty			zisky			η <sub>g</sub>	Q <sub>nd</sub> (kWh)
	Q <sub>t</sub> (kWh)	Q <sub>v</sub> (kWh)	Q <sub>i</sub> (kWh)	Q <sub>sol</sub> (kWh)	Q <sub>int</sub> (kWh)	Q <sub>g</sub> (kWh)		
leden	10 614	2553	13 167	1207	188	1396	1,0000	11 771
únor	8 727	2099	10 827	1920	170	2090	1,0000	8 737
březen	7 860	1891	9 751	3225	188	3414	1,0000	6 337
duben	5 669	1364	7 032	4611	182	4794	0,9928	2 273
květen	3 104	747	3 851	5313	188	5502	0,6937	34
červen	1 744	420	2 164	5052	182	5234	0,4133	0
červenec	1 151	277	1 428	5108	188	5297	0,2697	0
srpen	1 202	289	1 491	5304	188	5493	0,2714	0
září	3 004	723	3 726	3728	182	3910	0,8850	266
říjen	5 357	1289	6 646	2841	188	3030	0,9998	3 617
listopad	7 946	1911	9 857	1473	182	1655	1,0000	8 202
prosinec	9 662	2324	11 987	995	188	1183	1,0000	10 803
celkem	66 039	15887	81 926	40 778	2 219	42997		52040
								52040
							kWh/m <sup>2</sup>	33,7
měsíc	γ	C <sub>m</sub>	τ	a	η <sub>g</sub>			
leden	0,1060	401791000	133,6985039	9,9132336	1			
únor	0,1930	401791000	133,6985039	9,9132336	0,99999993			
březen	0,3501	401791000	133,6985039	9,9132336	0,99998032			
duben	0,6817	401791000	133,6985039	9,9132336	0,99275708			
květen	1,4287	401791000	133,6985039	9,9132336	0,69368643			
červen	2,4191	401791000	133,6985039	9,9132336	0,41333813			
červenec	3,7079	401791000	133,6985039	9,9132336	0,26969471			
srpen	3,6851	401791000	133,6985039	9,9132336	0,27136286			
září	1,0492	401791000	133,6985039	9,9132336	0,88502887			
říjen	0,4559	401791000	133,6985039	9,9132336	0,99977407			
listopad	0,1679	401791000	133,6985039	9,9132336	0,99999998			
prosinec	0,0987	401791000	133,6985039	9,9132336	1			



	PEI (MJ/rok)	GWP (kg CO2 ekv./rok)	AP (g SO2 ekv./rok)	EP (g (PO4) <sup>3-</sup> ekv./rok)	ODP (g R-11 ekv./rok)	POCP (g C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv./rok)	
Základové konstrukce	100	100	100	100	100	100	
Svislé nosné konstrukce	812,9	657,4	677,6	697,3	887,4	891,8	
Vodorovné nosné konstrukce stropů, schodišť	353,0	451,1	398,9	441,4	298,1	485,3	
Nenosné obvodové konstrukce	19,0	20,2	15,3	17,6	21,4	18,0	
Tepelné izolace	112,4	37,8	62,1	35,3	22,4	524,2	
Příčky	718,0	561,5	595,2	629,6	777,9	753,7	%
Střešní plášť	65,9	37,6	52,2	54,5	70,9	58,6	
Konstrukce podlahy	244,4	127,5	208,4	276,6	214,6	211,6	
Konstrukce stropu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Výplně vnějších otvorů	463,5	217,7	648,5	567,4	280,5	514,8	

energie	energonositel	dodaná energie		FEP	PEI	CO2,ekv.	GWP	SO2,ekv.	AP	kg phosphate	EP	kg R11- Equiv.	ODP	ethen	POCP
		kWh/rok	MJ/rok	MJ/MJ	MJ/rok	kg/MJ	kg/rok	g/MJ	g/rok	g/MJ	g/rok	g/MJ	g/rok	g/MJ	g/rok
vytápění	plyn	275605	992178	1,2	1190614	0,0716	71039,94	0,0569	56454,93	0,011059	10972,5	7,46E-07	0,740264	0,006302	6252,706
vytápění pomocná	elektřina	14,17	51,012	3	153,036	0,211	10,76353	0,5961	30,40825	1,08086	55,13683	4,94E-06	0,000252	0,020738	1,057887
příprava teplé vody	elektřina	80306	289101	3	867303	0,211	61000,31	0,5961	172333,1	1,08086	312477,7	4,94E-06	1,427754	0,020738	5995,377
umělé osvětlení	elektřina	5045	18162	3	54486	0,211	3832,182	0,5961	10826,37	1,08086	19630,58	4,94E-06	0,089695	0,020738	376,6436
CELKEM					2112556		135883,2		239644,8		343135,9		2,257965		12625,78

kategorie dopadu	M.J.	výstavba	provoz	celkem
		v	p	v+p
PEI	MJ/(rok*m <sup>2</sup> )	93,67522686	1322,29766	<b>1415,97289</b>
GWP	kg/(rok*m <sup>2</sup> )	8,541038366	85,0524532	<b>93,59349</b>
AP	g/(rok*m <sup>2</sup> )	22,97605551	149,999256	<b>172,97531</b>
EP	g/(rok*m <sup>2</sup> )	7,073739057	214,776745	<b>221,85048</b>
ODP	g/(rok*m <sup>2</sup> )	0,000547148	0,00141331	<b>0,00196</b>
POCP	g/(rok*m <sup>2</sup> )	1,590589061	7,90277142	<b>9,49336</b>







	PEI (MJ/rok)	GWP (kg CO2 ekv./rok)	AP (g SO2 ekv./rok)	EP (g (PO4) <sup>3-</sup> ekv./rok)	ODP (g R-11 ekv./rok)	POCP (g C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv./rok)	
Základové konstrukce	100	100	100	100	100	100	
Svislé nosné konstrukce	893,5	716,0	759,7	870,2	901,3	1161,4	
Vodorovné nosné konstrukce stropů, schodišť	509,6	529,3	544,9	763,2	323,6	1054,3	
Nenosné obvodové konstrukce	54,8	42,0	108,5	62,2	60,0	75,9	
Tepelné izolace	486,1	168,2	311,8	187,7	106,7	2103,7	
Příčky	653,1	509,8	540,0	569,4	710,2	678,6	%
Střešní plášť	131,9	61,2	99,5	104,9	144,6	110,4	
Konstrukce podlahy	361,1	165,7	252,3	300,4	226,7	252,5	
Konstrukce stropu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Výplně vnějších otvorů	780,4	384,3	1139,2	1094,0	544,5	911,0	

energie	energonositel	dodaná energie		FEP	PEI	CO2,ekv.	GWP	SO2,ekv.	AP	kg phosphate	EP	kg R11-Equiv.	ODP	ethen	POCP
		kWh/rok	MJ/rok												
vytápění	plyn	82069	295448	1,2	354537,6	0,0716	21154,08	0,0569	16810,99	0,011059	3267,359	7,461E-07	0,220434	0,006302	1861,913
pomocná	elektřina	876	3154	3	9462	0,211	665,494	0,5961	1880,099	1,08086	3409,032	4,9386E-06	0,015576	0,020738	65,40765
příprava teplé vody	elektřina	66920	240912	3	722736	0,211	50832,43	0,5961	143607,6	1,08086	260392,1	4,9386E-06	1,189768	0,020738	4996,033
větrání	elektřina	4102	14767	3	44301	0,211	3115,837	0,5961	8802,609	1,08086	15961,06	4,9386E-06	0,072928	0,020738	306,238
příprava teplé vody	fve	13386	48190	0,2	9638	0,0238	1146,922	0,1143	5508,117	0,0718	3460,042	0,000004688	0,225915	0,007034	338,9685
umělé osvětlení	elektřina	5045	18162	3	54486	0,211	3832,182	0,5961	10826,37	1,08086	19630,58	4,9386E-06	0,089695	0,020738	376,6436
CELKEM					1195161		80746,94		187435,8		306120,2		1,814316		7945,204

kategorie dopadu	M.J.	výstavba	provoz	celkem
		v	p	v+p
PEI	MJ/(rok*m <sup>2</sup> )	130,0516679	681,003191	<b>811,05486</b>
GWP	kg/(rok*m <sup>2</sup> )	10,50470789	46,0096546	<b>56,51436</b>
AP	g/(rok*m <sup>2</sup> )	32,54012193	106,801041	<b>139,34116</b>
EP	g/(rok*m <sup>2</sup> )	10,32930196	174,427474	<b>184,75678</b>
ODP	g/(rok*m <sup>2</sup> )	0,000642281	0,0010338	<b>0,00168</b>
POCP	g/(rok*m <sup>2</sup> )	2,937800516	4,5271818	<b>7,46498</b>