

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

DIPLOMOVÁ PRÁCE



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Ašenbrener Jméno: Vojtěch Osobní číslo: 468401
Zadávací katedra: k126 - Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Projektový management a inženýring

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Návrh energeticky úsporných opatření bytového domu
Název diplomové práce anglicky: Design of Energy Saving Measures for Apartment Building

Pokyny pro vypracování:
Student bude vycházet z dostupné literatury.
Bude provedena důsledná analýza projektové dokumentace,
návrh energeticky úsporných opatření a
ekonomické vyhodnocení.

Seznam doporučené literatury:
Zákon č. 406/2000 Sb.
Tywoniak J. a kol.: Nízkoenergetické domy
Hazuj J.: Konstrukční detaily pro pasivní a nulové domy
Národní akční plán energetické účinnosti 2017
Svoboda L. a kol.: Stavební hmoty

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Jiří Karásek, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 12.10.2017 Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

12.10.2017
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

.....
Podpis

V Praze dne 6.1.2018

Bc. Vojtěch Ašenbrener

**Návrh energeticky úsporných opatření
bytového domu**

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Jiřímu Karáskovi, Ph.D., za strávený čas při konzultacích, za věcné připomínky, za odborné vedení a za předané cenné zkušenosti pro mou budoucí profesní kariéru.

Abstrakt

Diplomová práce na téma Návrh energeticky úsporných opatření bytového domu se zaměřuje na stavební opatření vedoucí ke snížení potřeby dodávané energie vyrobené z fosilních paliv a na možnost uplatnění technologie využívající obnovitelné zdroje energie. Teoretická část práce se zabývá energetikou EU a ČR z níž vyplývají legislativní nařízení a dotační programy určené pro zvyšování energetické účinnosti budov. Současně se teoretická část zaměřuje na analýzu bytového fondu České republiky, spotřebu paliv spojenou s jeho užíváním a specifikaci tepelně izolačních materiálů vylepšujících vlastnosti skladeb obálky budovy. Praktická část se zabývá zhodnocením stávajícího stavu vybraného bytového domu pomocí programu NKN určeného pro modelování energetického chování budov, návrhu variant vedoucích ke snížení energetické náročnosti, sestavení směrných cen stavebních úprav v rozpočtovém programu KROS 4 včetně ekonomického vyhodnocení vybrané varianty opatření.

Klíčová slova

Obnovitelné zdroje energie, izolace, dodaná energie, směrná cena, ekonomické vyhodnocení

Abstract

The diploma thesis on the Design of Energy-Saving Measures of the Residential House is focused on building measures leading to the reduction in the supply of energy produced from fossil fuels and the possibility of using renewable energy technology.

The theoretical part of the thesis deals with energy policies of the EU and of the Czech Republic, from which legislative regulations and subsidy programmes designed to increase the energy efficiency of buildings result. Furthermore, the theoretical part is focused on the analysis of the Czech housing stock, including the fuels, which ensure its use as well as this part of the diploma thesis is concerned with the presentation of the basic materials improving the thermal-technical properties of the building envelopes structure.

The practical part itself deals with the evaluation of the current condition of the selected apartment building using the Energy Calculation Software designed for modelling energetic behaviour of the buildings. Additionally, the practical part is also focused on draft measures of options leading to the reduction in energy intensity, the composition of the guide prices for the construction modifications in KROS 4 budget program, including the economic evaluation of the selected variant.

Key words

Renewable energy sources, insulation, supplied energy, guide price, economic evaluation

Obsah

OBSAH	5
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	7
1 ÚVOD	8
1.1 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	10
1.2 METODY POUŽITÉ V DIPLOMOVÉ PRÁCI	10
2 ENERGETIKA V EU A ČR	11
2.1 ENERGETIKA.....	11
2.2 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY ČR.....	11
2.2.1 Elektroenergetika.....	12
2.2.2 Plynárenství	12
2.3 ENERGETICKÁ POLITIKA EVROPSKÉ UNIE	13
2.3.1 Rok 2007	13
2.3.2 Rok 2012	13
2.4 ENERGETICKÁ POLITIKA ČESKÉ REPUBLIKY	14
2.4.1 Národní akční plán energetické účinnosti.....	15
2.4.2 Legislativa zabývající se energetickou náročností staveb.....	19
3 ANALÝZA BYTOVÉHO FONDU A SPOTŘEBY ENERGIÍ	21
3.1 VÝVOJ A STAV BYTOVÉHO FONDU V ČESKÉ REPUBLICE.....	21
3.2 SPOTŘEBA ENERGIE V ČESKÉ REPUBLICE	23
3.2.1 Konečná spotřeba paliv v českých domácnostech.....	24
3.3 ZDROJE ENERGIE.....	25
3.3.1 Rozdělení zdrojů energie.....	25
3.3.2 Zásoby fosilních paliv na Zemi	25
3.3.3 Obnovitelné zdroje energie	27
4 MOŽNOSTI ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ	28
4.1 FINANČNĚ NENÁROČNÁ OPATŘENÍ:	28
4.2 STAVEBNÍ OPATŘENÍ VEDOUcí KE ZLEPŠENÍ ENERGETICKÉ BILANCE DOMU:	28
4.2.1 Obvodové stěny.....	29
4.2.2 Střešní plášť	31
4.2.3 Stavební otvory.....	32
4.2.4 Základy a podlaha spojená s rostlým terénem	32
4.2.5 Tepelné mosty.....	32
4.2.6 Ztráty infiltračí.....	33
4.2.7 Tepelně izolační materiály.....	33
4.3 ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ	36
4.3.1 Fotovoltaika	36
4.3.2 Fototermické solární kolektory	38
4.3.3 Tepelná čerpadla	39
4.3.4 Využití odpadního tepla vzduchu	39
5 PRAKTICKÁ ČÁST	42
5.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O BD ZE ZJEDNODUŠENÉ DOKUMENTACE (PASPORT STAVBY)	42
5.2 VYHODNOCENÍ ENERGETICKÉ BILANCE STÁVAJÍCÍHO STAVU	43
5.2.1 Základní pojmy.....	43
5.2.2 Národní kalkulační nástroj	44
5.2.3 Postup výpočtu ENB stávajícího stavu v NKN	45
5.2.4 Vyhodnocení stávající stavu BD.....	49
5.3 NÁVRH ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ.....	51

5.3.1	Návrh zlepšení obálky budovy.....	52
5.3.2	Sestavení cen za stavební úpravy.....	57
5.3.3	Výběr varianty.....	64
5.3.4	Energetická bilance navrženého stavu.....	67
5.3.5	Ekonomické vyhodnocení.....	69
5.3.6	Návrh fotovoltaiky.....	72
5.3.7	Posouzení využití rekuperační jednotky.....	76
6	ZÁVĚR.....	78
	SEZNAM GRAFŮ:.....	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ:.....	86
	SEZNAM TABULEK:.....	87
	SEZNAM PŘÍLOH:.....	88

Seznam symbolů a zkratk

BD – Bytový dům

OZE – Obnovitelné zdroje energie

NKN – Národní kalkulační nástroj

NAPEE – Národní akční plán energetické účinnosti

PENB – průkaz energetické náročnosti budovy

MAR – Měření a regulace

BF – Bytový fond

ERÚ – Energetický regulační úřad

ENB – energetická náročnost budov

OB – Obálka budovy

FČ – Fotovoltaický článek

FV – Fotovoltaika

TI – Tepelná izolace

RJ – Rekuperační jednotka

1 Úvod

Energie a její spotřeba je v posledních desetiletích hojně diskutovaným pojmem na všech politických úrovních světa. Především je spojována s nadměrnou spotřebou fosilních paliv, vyvolávajících klimatickou hrozbu v podobě oteplování planety, které je přisuzované skleníkovému efektu vznikajícího při nadměrné produkci plynů spojených s transformací primární neobnovitelné energie.

Důvodem k vypracování diplomové práce na dané téma byla jeho aktuálnost, jak v České republice, tak v celé Evropě, neboť jsme se zavázali, jako člen unie, k snižování spotřeby energie a k jejímu efektivnějšímu využívání, které je se stavebním průmyslem neodmyslitelně spojeno, neboť zahrnuje 40 % koncové spotřeby energie. Dalším motivem pro mě byl fakt, že jsem ve vybraném domě od dětství vyrůstal a chtěl jsem využít získaných vědomostí během studia ke zlepšení stávajícího stavu objektu.

Diplomová práce se skládá ze dvou hlavních částí, kdy první teoretická část obsahuje tři podkapitoly. V počátku teoretické části se diplomová práce zaměřuje na energetickou politiku Evropské unie, z které následně vychází nařízení vlády České republiky dotýkající se všech odvětví spojených se spotřebou energie. Tím pádem i energetickou náročností staveb, promítající se do samotných návrhů, realizací a rekonstrukcí objektů. V další teoretické části se práce zaměřuje na vývoj, velikost, stav a stáří bytového fondu, kterým Česká republika disponuje, na kterou navazuje spotřeba energie spojená s jeho užíváním se zaměřením na druhy primárních zdrojů energie a jejich konkrétní využití v domácnostech. V třetí teoretické části se práce orientuje na možnosti opatření vedoucích ke zlepšení energetické bilance objektu. Dále představí základní tepelně izolační materiály vylepšující fyzikální vlastnosti obálky budov a obnovitelné zdroje energie vhodné pro instalaci na bytové domy.

Poslední, čtvrtá praktická část se zaměřuje na konkrétní bytový dům postavený kolem roku 1952 Chomutově. V této části je objekt digitalizován dle Vyhlášky č. 499/2006 o stavební dokumentaci pomocí zjednodušené dokumentace (pasport stavby) a využitím výpočtového nástroje sloužícího k hodnocení energetické náročnosti budov. Národní Kalkulační Nástroj je vyčíslen stávající stav energetické náročnosti bytového domu včetně spotřeby energie na vytápění, ohřev teplé vody a osvětlení. Následně jsou navrženy nové skladby obálky budovy zhotovené pomocí přidané tepelně izolační vrstvy v různých dimenzích tak, aby plnily normou stanovené hodnoty ve všech třech úrovních. Pro navržené konstrukce jsou sestaveny ceny stavebních opatření z programu KROS 4 sloužícího

k oceňování stavebních prací. Navržené skladby jsou vzájemně prokombinovány a posouzeny s určením nejvhodnější varianty. Na vybrané stavební opatření je navržen obnovitelný zdroj energie a rekuperační jednotka s posouzením návratnosti a vyčíslením úspory energie z fosilních paliv. Závěry práce budou předloženy majitelům objektu.

1.1 Cíle diplomové práce

Hlavním cílem diplomové práce je navrhnout konkrétní stavební opatření pro bytový dům, která povedou ke snížení energetické náročnosti budovy, určit opatření pro hospodárnější využívání objektu a ekonomické vyhodnocení vybraného návrhu.

Dílčími cíli práce jsou analýza stavu bytového fondu České republiky. Zjištění, z jakých zdrojů čerpáme energii pro užívání bytových budov. Vyčíslení třídy energetické náročnosti stávajícího objektu a vyčíslení konečné spotřeby dodávané energie. Vyhodnocení vhodnosti využití generátoru využívajících obnovitelné zdroje energie. Stanovení nákladů s využitím směrných cen pro navrhované stavební opatření vybraného bytového domu.

1.2 Metody použité v diplomové práci

Pro splnění vytyčených cílů mé diplomové práce jsem použil metody analýzy dostupných informačních zdrojů zabývajících se energetickou náročností budov, modelování energetického chování budovy v programu NKN, srovnání namodelovaných návrhů pro výběr vhodné varianty stavebních opatření, rozpočtování pro sestavení směrných cen za stavební opatření a ekonomické vyhodnocení investice spojené s realizací stavebních prací.

- sběr dat,
- analýza dostupné literatury,
- vyhodnocení dostupné projektové dokumentace,
- pasportizace stavby,
- modelování energetického chování budovy,
- srovnávání výsledků z programu NKN.

2 Energetika v EU a ČR

V prvním oddílu teoretické části práce je seznámení s energetikou obecně a s pohledem na rozdělení území ČR mezi hlavní distributory elektrické energie a zemního plynu. Dále se v této části zaměříme na vývoj energetické politiky Evropské unie a jejího dopadu na energetickou politiku ČR. Součástí druhé kapitoly je představení dotačních programů sloužící ke zvýšení energetické účinnosti budov a legislativy spojené s energetickou náročností staveb.

2.1 Energetika

„Energetika je průmyslové odvětví, které se zabývá získáváním, přeměnou a distribucí všech forem energie. Jedná se zejména o výrobu elektrické energie v elektrárnách a její distribuci prostřednictvím přenosové soustavy, ale také o těžbu, distribuci a využití uhlí, ropy, zemního plynu, jaderného paliva či dřeva. Dále se může jednat o výrobu a zpracování propan-butanu, nebo využití energie slunce, vody, větru, odlivu či energie geotermální. V širším slova smyslu zahrnuje též výstavbu a výstavbu energetických zařízení.“ [1]

Vyspělé země se vyznačují vyšší produkcí a spotřebou energie, která je spojena s dnešní industriální společností a životní úrovní obyvatel, kteří jsou závislí na spolehlivých dodávkách energie [2]. Energetika je v současnosti celosvětově diskutovaným pojmem, neboť je úzce spojena se vším kolem nás. Největšími problémy jsou hrozba vyčerpání fosilních paliv, které zatím z velké části pokrývají dnešní energetickou spotřebu, a dále produkce skleníkových plynů vznikajících při transformaci neobnovitelných zdrojů energie, jejichž důsledkem je globální oteplování planety.

Hlavním cílem energetiky je bezpečně zajistit dodávku energie koncovému spotřebiteli za konkurence schopné a přijatelné ceny s co nejmenším dopadem na životní prostředí. Tento proces počíná těžbou surovin, pokračuje dopravou do místa transformace energie na její jinou formu a končí distribucí energie ke koncovému odběrateli. Zajistit spolehlivost dodávek energie vyžaduje strategické plánování na mnoho let dopředu.

2.2 Distribuční soustavy ČR

Distribuční soustavy se v ČR dělí na tři základní odvětví:

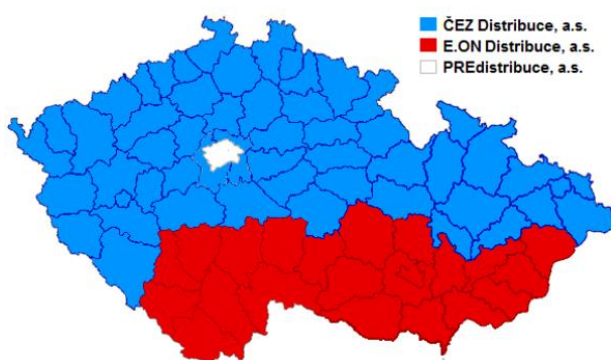
- elektroenergetika,
- plynárenství,

- teplotnosti.

2.2.1 Elektroenergetika

Distribuční soustava v elektroenergetice zajišťuje pomocí vedení vysokého a nízkého napětí přenos elektrické energie z přenosových soustav či zdrojů do ní zapojených ke koncovým uživatelům. Její výstavba se řídí Energetickým zákonem č. 458/2000 Sb. ČR je rozdělena na tři distribuční území, která spravují správci mající licenci od Energetického regulačního úřadu. Jedná se o PREdistribuce, a.s., zajišťující distribuci v hlavním městě Praze a pro město Roztoky u Prahy, E.ON Distribuce, a.s. pro Budějovický, Jihlavský, Brněnský a Zlínský kraj a ČEZ Distribution, a.s. pro všechny ostatní kraje republiky. Toto rozdělení území je patrné na Obrázku č. 1. [3]

Obrázek č. 1. Rozdělení území v ČR mezi distributory elektřiny

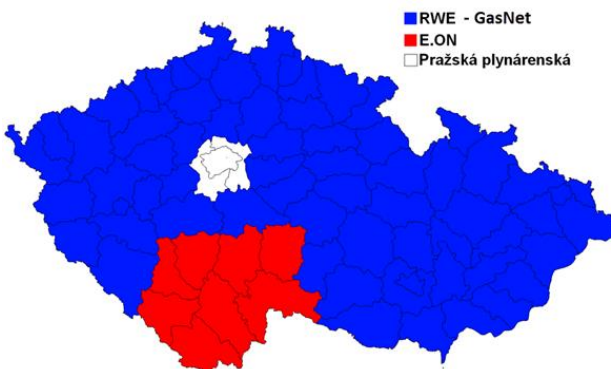


Zdroj [3]

2.2.2 Plynárenství

ČR má vybudovanou jednu soustavu plynovodního potrubí, která se dělí na tři distribuční území. Z Obrázku č. 2, jsou zřejmé hlavní vlastníci licencí od ERU. [4] Největší část území provozuje firma RWE – GasNet, území kolem hlavního města Prahy spravuje Pražská plynárenská a jižní Čechy E.ON.

Obrázek č. 2. Rozdělení území v ČR mezi distributory plynu



Zdroj [4]

2.3 Energetická politika Evropské unie

Energetická politika Evropské unie má v plánu docílit větší energetickou soběstačnost, konkurenceschopnost a zapojení se do boje proti změně klimatu. Na základě těchto priorit si stanovila pět základních bodů směřující k naplnění těchto cílů:

- bezpečnost, solidarita a důvěra,
- plně integrovaný vnitřní trh s energií,
- energetická účinnost,
- boj proti změně klimatu,
- výzkum, inovace a konkurenceschopnost. [5]

2.3.1 Rok 2007

V Akčním plánu ze summitu Evropské rady v roce 2007 byl přijat Klimaticko-energetický balíček 3 x 20, ve kterém se stanovují konkrétní cíle, které mají být splněny do roku 2020. Jedná se o:

- snížení emisí skleníkových plynů o 20 % oproti roku 1990,
- zvýšení produkce energie z OZE na 20 % průměru spotřeby v EU,
- dosažení úspor energie 20 %,
- dosažení podílu 10 % v prodeji biopaliv,
- dosažení růstu ekonomik bez růstu spotřeby energie,
- zlepšení efektivity výroby elektrické energie,
- úspory energie v budovách,
- větší energetickou účinnost dopravy. [6]

2.3.2 Rok 2012

Dne 25. října 2012 vydává EU nový dokument s názvem Směrnice Evropského parlamentu a rady 2012/27/EU, o energetické účinnosti, o změně směrnic 2009/125/ES a 2010/30/EU a o zrušení směrnic 2004/8/ES a 2006/32/ES, (dále jen směrnice EU). Nové nařízení vyžaduje od členských států unie vytvoření konkrétních vnitrostátních cílů, které povedou k zavedení potřebných opatření vedoucích k naplnění vytyčených cílů, neboť se podle výzkumů EU státy nepřibližují k vytyčeným cílům z roku 2007.

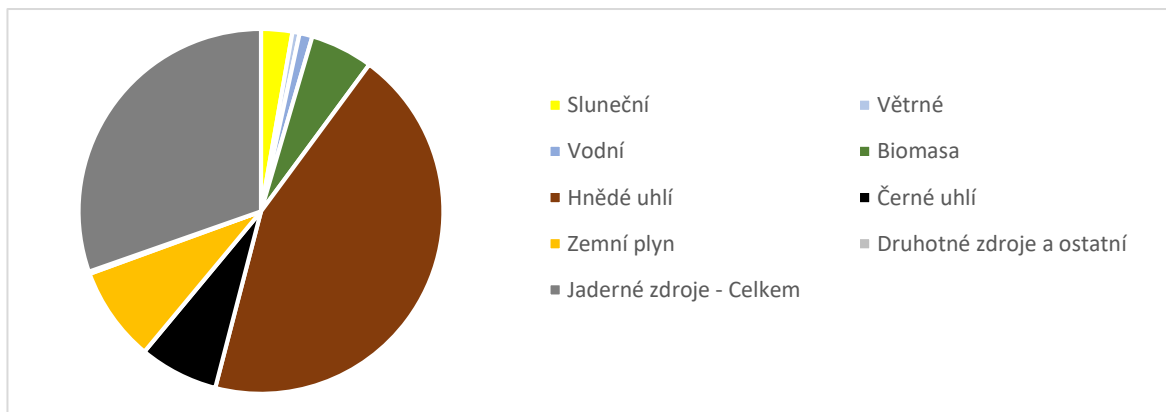
Z tohoto důvodu mobilizuje členské státy a vyzývá především k rychlejšímu dosahování úspor energií. V dokumentu se dále zaměřuje na:

- přechod na nízko uhlíkové hospodářství do roku 2050,
- zrychlení renovace bytového fondu,
- nákup výrobků, služeb a budov vládními institucemi by měl vycházet z energetické účinnosti,
- realizaci daných opatření vycházející z nákladově efektivního způsobu,
- podporu kombinované výroby elektřiny a tepla,
- zavádění energetických auditů pro střední a malé firmy,
- zavádění inteligentních měřicích systémů s možností regulace spotřeby energií,
- termostatické hlavice u radiátor. [7]

2.4 Energetická politika České republiky

Na Obrázku č. 3 je zobrazen energetický mix ČR pro rok 2016, který je z velké části dotován fosilními palivy, kde největší podíl zastupuje hnědé uhlí, jaderné zdroje a zemní plyn a černé uhlí, které pokrývá necelých 90 % spotřeby. A z obnovitelných zdrojů energie má největší zastoupení biomasa 5,5 % a sluneční energie 2,77 %. Fotovoltaika zaznamenala největší nárůst při fotovoltaickém boomu v roce 2006, kdy vstoupil v platnost Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře využívání OZE a stanovení výkupní ceny po dobu dvaceti let na 15Kč/kWh. V září 2013 byla podpora OZE zcela zastavena kvůli nekontrolovatelnému nárůstu FV a následnému zdražení energie u koncových spotřebitelů vyvolaných špatně nastavenou výkupní cenou. [8] [9]

Obrázek č. 3. Národní energetický mix ČR 2016



Vlastní zpracování: Zdroj [8]

Implementace evropských předpisů do státní energetické koncepce bylo provedeno zpracováním šesti základních Akčních plánů. Každý z nich se zaměřuje na důležité odvětví, ve kterém má dojít k inovacím vedoucím ke snížení spotřeby energie a snížením produkce CO₂. Dohromady tvoří komplexní plán směřující ke splnění vytyčených cílů EU.

- Národní akční plán implementace inteligentních sítí,
- Národní akční plán ČR pro energii z obnovitelných zdrojů,
- Národní akční plán čisté mobility,
- Akční plán pro biomasu,
- Národní akční plán energetické účinnosti (NAPPE),
- Akční plán rozvoje jaderné energetiky v ČR. [10]

2.4.1 Národní akční plán energetické účinnosti

Z výše uvedených akčních plánů se na stavební průmysl nejvíce vztahuje NAPPE, který vláda České republiky vydala poprvé v roce 2007. V posledním aktualizovaném vydání NAPPE 2017 se uvádí: „*Výše vnitrostátního orientačního cíle energetické účinnosti ČR je stanovena na úrovni 1060 PJ, tj. 25,315 Mtoe konečné spotřeby energie. Odhad vnitrostátního cíle vyjádřený ve spotřebě primární energie byl určen ve výši 1855 PJ, tj. 44,305 Mtoe na základě koeficientu primární energie 1,75.*“ [11] Z výše uvedeného důvodu vyplývá, že bez snížení energetické náročnosti budov, které představují v ČR jednu čtvrtinu celkové primární spotřeby energie, nebude možné cíl splnit.

Dílčí stanovené cíle v úsporách vyplývající z energetické účinnosti zahrnuje vláda do následujících národních dokumentů:

- Státní energetická koncepce ČR,
- Národní program reforem,
- Dohoda o partnerství pro programové období 2014–2020,
- Státní politika životního prostředí,
- Politika ochrany klimatu ČR,
- Strategický rámec udržitelného rozvoje ČR,
- Strategie regionálního rozvoje ČR na období 2014–2020,

- Dopravní politika ČR pro období 2014–2020 s výhledem do roku 2050,
- Národní iniciativa průmyslu 4.0,
- Národní program snižování emisí.

Pro snižování energetické náročnosti budov v jednotlivých odvětvích, a to v domácnostech, službách a průmyslu, byly státem vyhlášeny dotační programy, které mají za cíl v podobě finanční podpory motivovat jednotlivá odvětví k energeticky úsporným opatřením. V první řadě se jedná o snížení prostupu tepla obálkami budov, výměnu zastaralých neúčinných technologií za nové, instalaci obnovitelných zdrojů energie, podporu pro využití tepla z odpadních vod, výstavbu zelených střech a mnoho dalších opatření vedoucích k významným úsporám energií. Přehled dotačních programů vypsanych ČR:

- Domácnosti:

Nová zelená úsporám 2014–2020,

IROP,

Operační program životního prostředí 2014–2020,

Integrovaný regionální operační program,

Program JESSICA,

Program Panel,

Společný program pro výměnu kotlů,

Program Úspory energie s rozumem.

- Služby:

Operační program Podnikání a inovace,

Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost,

Program EFEKT,

Operační program Životního prostředí 2014–2020,

Operační program Doprava,

Program úspory energie s rozumem,

Alternativní opatření pro zvyšování EE na úrovni obcí a krajů.

- Průmysl:

Operační program Podnikání a inovace,

Operační program Podnikání pro konkurenceschopnost,

Program ENERGA,

Alternativní opatření pro zvyšování EE v průmyslu ČR,

Strategický rámec udržitelného rozvoje. [11]

Dotační program Nová zelená úsporám spravovaný Ministerstvem životního prostředí podporuje výstavbu nových RD a BD s velmi nízkou energetickou náročností, dále také rekonstrukce zaměřující se na snížení energetické náročnosti a efektivní využití zdrojů energie stávajících rodinných domů po celé republice a bytových domů v Praze. Pro bytové domy se oblasti podpory řadí do tří bodů:

- A Snížení energetické náročnosti stávajících bytových domů,

první oblast dotace se zaměřuje na snížení ztrát obálkou budovy pomocí TI výměnou nevyhovujících oken a dveří,

- B Výstavba BD s velmi nízkou energetickou náročností,

druhá oblast se zaměřuje na výstavbu novostaveb s velmi nízkou energetickou náročností, výstavbu zelených střech a zpětného využití tepla z odpadních vod,

- C Efektivní využití zdrojů energie,

poslední pole působnosti podporuje výměnu původních zdrojů tepla za efektivnější a ekologičtější s využitím OZE.

Podpora na jednu žádost v oblasti A popřípadě využití kombinací oblastí A, C je ohraničena 30 % z řádně doložených způsobilých výdajů. Pro samotnou oblast C je maximální výše dotace 25 % řádně doložených způsobilých výdajů. [12]

Dotační program Integrovaný regionální operační program (IROP) spadá pod ministerstvo místního rozvoje a zahrnuje ostatní BD v ČR kromě hlavního města Prahy. Stejně jako dotační program Nová zelená úsporám se zaměřuje v rámci bydlení na snížení energetické náročnosti a využívání OZE. Požadavky hladin podpory:

- „1a) Projekty zaměřené na zateplení obvodových konstrukcí či výměnu výplní

otvorů u budov, které nejsou kulturní památkou ani se nenachází v památkové rezervaci nebo památkové zóně,

úspora celkové dodané energie v minimální výši 40 %,

dosažení klasifikační třídy celkové dodané energie B nebo lepší,

splnění požadavků nákladově optimální úrovně podle písm. a), nebo b) odst. 2, §6 vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.

- *1b) Projekty zaměřené na zateplení obvodových konstrukcí či výměnu výplní otvorů u budov, které nejsou kulturní památkou ani se nenachází v památkové rezervaci nebo památkové zóně,*

úspora celkové dodané energie v minimální výši 30 %,

dosažení klasifikační třídy celkové dodané energie C nebo lepší,

splnění požadavků nákladově optimální úrovně podle písm. a), nebo b) odst. 2, §6 vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.

- *1c) Projekty zaměřené na zateplení obvodových konstrukcí či výměnu výplní otvorů u budov, které nejsou kulturní památkou ani se nenachází v památkové rezervaci nebo památkové zóně,*

úspora celkové dodané energie v minimální výši 30 %,

u jednotlivých zateplováných konstrukcí nebo měněných výplní otvorů dosažení hodnoty 0,95 násobku doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540 – 2 nebo lepší hodnoty.

- *2/ Projekty zaměřené na zateplení obvodových konstrukcí či výměnu výplní otvorů u budov, které jsou kulturní památkou anebo nejsou kulturní památkou, ale nacházejí se v památkové rezervaci nebo památkové zóně,*

jednotlivé zateplované konstrukce nebo měněné výplně otvorů musí splňovat požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ podle ČSN 73 0540 – 2.

3/ Projekty týkající se instalace technologických systémů bez současného zateplení obvodových konstrukcí a výměny otvorů. “ [13]

Výše podpory pro zateplení OB při splnění minimálních požadavků v hladině 1b) a 1c) činí 30 % a při splnění přísnějších požadavků v hladině 1a) představuje výše dotace 40 %. Podpora na instalaci technologických systémů je ve výši 30 %. Maximální výše celkových způsobilých výdajů na jeden projekt činí 90 mil. Kč a minimální výše celkových způsobilých výdajů na jeden projekt je stanovena na 300 tisíc Kč. [13]

Způsobilými výdaji se rozumí vynaložení prostředků v souladu s cíli IROP, které souvisejí se zhotovením projektu a jsou vynaloženy v období od 1.1.2014 do stanoveného data uvedeného v rozhodnutí. Každý výdaj musí být řádně doložen a nesmí přesahovat výši uvedenou ve smlouvě s dodavateli, ani v jejich dodatcích. Způsobilé výdaje se dle užití dělí do dvou částí, kdy na hlavní činnost díla musí připadat minimálně 85 % celkových způsobilých výdajů a na vedlejší maximálně 15 %. [13]

2.4.2 Legislativa zabývající se energetickou náročností staveb

Energetickou náročnost budov upravuje Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, který byl v průběhu let a se vstupem do EU několikrát novelizován. První novelou byl Zákon č. 61/2008 Sb., další pak Zákon č. 318/2012 Sb., následně Zákon č. 310/2013 Sb. a poslední změna byla provedena v roce 2015 Zákonem č. 103/2015 Sb. S uvedeným zákonem dále souvisí níže uvedené vyhlášky:

- Vyhláška 237/2014 Sb., ve které se stanovují pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby pro vytápění a přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům,
- Vyhláška 194/2013 Sb., o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie,
- Vyhláška 193/2013 Sb., o kontrole klimatizačních systémů,
- Vyhláška 118/2013 Sb., o energetických specialistech,
- Vyhláška 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov,
- Vyhláška 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku,
- Vyhláška 441/2012Sb., o minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepla,
- Vyhláška 337/2011 Sb., o energetickém štítkování a ekodesignu výrobků spojených se spotřebou energie,

- Vyhláška 195/2007 Sb., kterou se stanoví rozsah stanovisek k politice území rozvoje a územně plánovací dokumentaci, závazných stanovisek při ochraně zájmů chráněných zákonem č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů, a podmínky pro určení energetických zařízení,
- Vyhláška 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu. [14]

Stavební průmysl nejvíce ovlivňuje Vyhláška 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov, která stanovuje minimální součinitele prostupu tepla pro dílčí konstrukce a provedení návrhu v nákladově optimální úrovni, jak pro nově stavěné budovy, tak pro změny u již dokončených staveb. Také uvádí metodu výpočtu energetické náročnosti budovy, vzory pro technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie, stanovení doporučených opatření pro snížení EN, obsah průkazu EN a metodiku jeho zpracování a umístění v budově. [15]

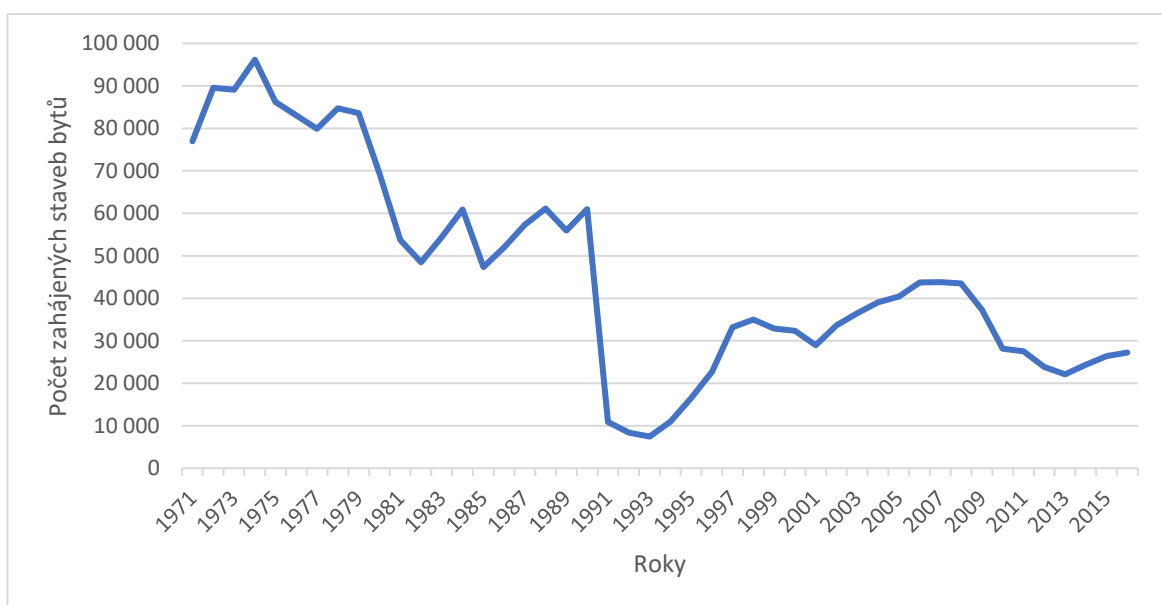
3 ANALÝZA BYTOVÉHO FONDU A SPOTŘEBY ENERGIÍ

Druhá kapitola je rozdělena na dvě hlavní části, v první je zpracována analýza bytového fondu České republiky z pohledu počtu nově stavěných bytů v jednotlivých letech, počínaje rokem 1970. Dále je uvedeno rozdělení budov dle stáří bytového fondu, počet bytových jednotek k počtu obyvatel ČR a řešení tepelně technických vlastností obálek budov. V druhé části kapitoly je zpracován rozbor spotřeby paliv a energií v ČR vyplývající ze správy ENERGO 2015, kterou vydal ČSÚ. Je přihlédnuto k základním kategoriím paliv spotřebovávaných hlavními odvětvími a k vývoji spotřeby paliv v domácnostech. Závěrem druhé části jsou rozdělení hlavní energo nositelé a stanovení zásob fosilních paliv na Zemi při jejich současné spotřebě.

3.1 Vývoj a stav bytového fondu v České republice

Rozvoj bytového fondu České republiky má nestálý průběh, velmi citlivě reaguje na politicko-ekonomický cyklus v našem státě a také na globální události odehrávající se ve světě. Propad počtu zahájených staveb je patrný z grafu č. 1 v roce 1989, kdy došlo k pádu komunistické vlády Československé socialistické republiky, který trval až do roku 1993, kdy došlo k rozdělení České a Slovenské Federativní Republiky na dva samostatné státy Českou republiku a Slovenskou republiku. Další propad ovlivnila celosvětová ekonomická krize v roce 2008. Znovuprobuzení bytové výstavby začíná od roku 2013, kdy se křivka pozvolna zvedá k třiceti tisícové hranici počtu zahájených staveb bytů za rok. [16]

Graf č. 1 Počet zahájených staveb bytů v letech 1971–2016



Vlastní zpracování: zdroj [16], [17], [18]

Na území České republiky došlo k prvnímu celoplošnému komplexnímu sčítání domů a bytů v roce 1950. Pro svou práci využiji poslední zpracované celoplošné sčítání, které proběhlo v roce 2011. Zjištěné údaje vyhodnotil Český statistický úřad a zveřejnil je v dokumentu s názvem Sčítání lidu, domů a bytů 2011. Sborník prezentuje data, ze kterých je zřejmá skladba a intenzita výstavby uvedená po desetiletích počínaje rokem 1970. Bytový fond České republiky poprvé v roce 2011 překonal hranici dvou milionů domů. Z tohoto počtu připadá na tisíc obyvatel 456 bytů, což představuje jeden byt na dvě osoby. S rostoucím počtem nově postavených bytů a domů přibývá ale také počet neobydlených objektů. Největší vliv na tento stav má výstavba rodinných domů s vyšším uživatelským standardem, než má stará zástavba, využívání objektů pouze k rekreaci, stěhování obyvatel z vesnic do větších měst, za vzděláním, prací nebo možnostmi dalšího využití, které menší obce postrádají. V roce 2011 bylo z celkového počtu domů a bytů 16,6 % neobydlených, což představuje 358 044 domů a 651 937 bytů. [16]

Tabulka č. 1. Vývoj domovního a bytového fondu v letech 1970–2011

Rok sčítání	Domy			Byty		
	celkem	obydlené	neobydlené	celkem	obydlené	neobydlené
Domy celkem						
1970	1 765 088	1 627 663	137 425	3 216 631	3 088 841	127 790
1980	1 830 891	1 634 304	196 587	3 781 411	3 494 846	286 565
1991	1 868 541	1 597 076	271 465	4 077 193	3 705 681	371 512
2001	1 969 018	1 630 705	338 313	4 366 293	3 827 678	538 615
2011	2 158 119	1 800 075	358 044	4 756 572	4 104 635	651 937
Rodinné domy						
1970	1 494 604	1 408 079	86 525	1 740 945	1 652 786	88 159
1980	1 567 863	1 384 080	183 783	1 813 288	1 604 843	208 445
1991	1 605 227	1 352 221	253 006	1 795 462	1 525 389	270 073
2001	1 732 077	1 406 806	325 271	2 005 122	1 632 131	372 991
2011	1 901 126	1 554 794	346 332	2 256 072	1 795 065	461 007
Bytové domy						
1970	172 824	171 396	1 428	1 406 332	1 376 080	30 252
1980	220 542	218 063	2 479	1 913 556	1 847 659	65 897
1991	228 566	223 640	4 926	2 244 947	2 149 963	94 984
2001	196 874	195 270	1 604	2 310 641	2 160 730	149 911
2011	214 760	211 252	3 508	2 434 619	2 257 978	176 641

Vlastní zpracování: zdroj [16]

Průměrné stáří bytového fondu vzrostlo za posledních deset let o tři roky na 49,8 let. Tato hodnota dosahuje kategorie návrhové životnosti staveb čtyři, což je 50 let, a to je délka životnosti, na kterou se projektují v současné době nové stavby. V porovnání

se zeměmi Evropské unie máme spíše starší bytový fond, tuto situaci způsobuje pomalá výstavba nových domů a bytů. Počet zrekonstruovaných obydlených domů s byty je za poslední desetiletí necelých 220 tisíc. Tento počet je sice největší za posledních třicet let, přesto však zůstává více jak polovina BF bez zateplených stěn a dvě třetiny BF bez zateplených střech. Lepší situace je u náhrady starých okenních výplní, které jsou již ze dvou třetin vyměněny. V praktické části se zaměřuji na BD v Ústeckém kraji, ve kterém je stav BF podobný. [16]

Tabulka č. 2. Počet domů podle způsobu zateplení

ČR, kraj	Počet bytů								
	Obydlené byty celkem	způsob zateplení domu							
		zateplení stěn		zateplení střechy		tepelně – izolační okna		nezatepleno vůbec	
		celkem	podíl	celkem	podíl	celkem	podíl	celkem	podíl
počet	počet	[%]	počet	[%]	počet	[%]	počet	[%]	
ČR celkem v tom:	4 304 173	2 024 443	47,0	1 447 098	33,6	3 245 828	75,4	810 967	18,8
Ústecký kraj	343 077	172 261	50,2	111 530	32,5	275 115	80,2	49 671	14,5

Vlastní zpracování: zdroj [16]

Z Tabulky č. 2 je zřejmé, kolik obydlených bytů v ČR je nezateplených, a tedy energeticky nevhodných. Tyto objekty nesplňují požadavky Vyhlášky 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov. Neopravené domy, tudíž představují značnou možnost získání dalších úspor, kterou se ČR zavázala do roku 2020 splnit v Národním akčním plánu energetické účinnosti vydaného v roce 2017 (NAPEE 2017) ve výši kumulovaných úspor energie 272,52 PJ. Česká republika využila úlevy v plné výši, z nichž vyplývá závazný cíl nových úspor energie v objemu 204,39 PJ kumulovaných úspor energie v roce 2020.

3.2 Spotřeba energie v České republice

V České republice je konečná spotřeba paliv a energií v domácnostech, dle šetření Českého statistického úřadu pod názvem ENERGO 2015, v celkové výši 237,3 PJ. [19] V Tabulce č. 4 je uvedena konečná spotřeba základních kategorií paliv pro průmysl, domácnosti a ostatní odvětví. Z uvedených hodnot je patrné, že domácnosti nejvíce využívají obnovitelné zdroje energie, nakupované teplo a tuhá paliva, kdežto průmysl využívá pro svou výrobu nejvíce zemní plyn, tuhá paliva a elektřinu.

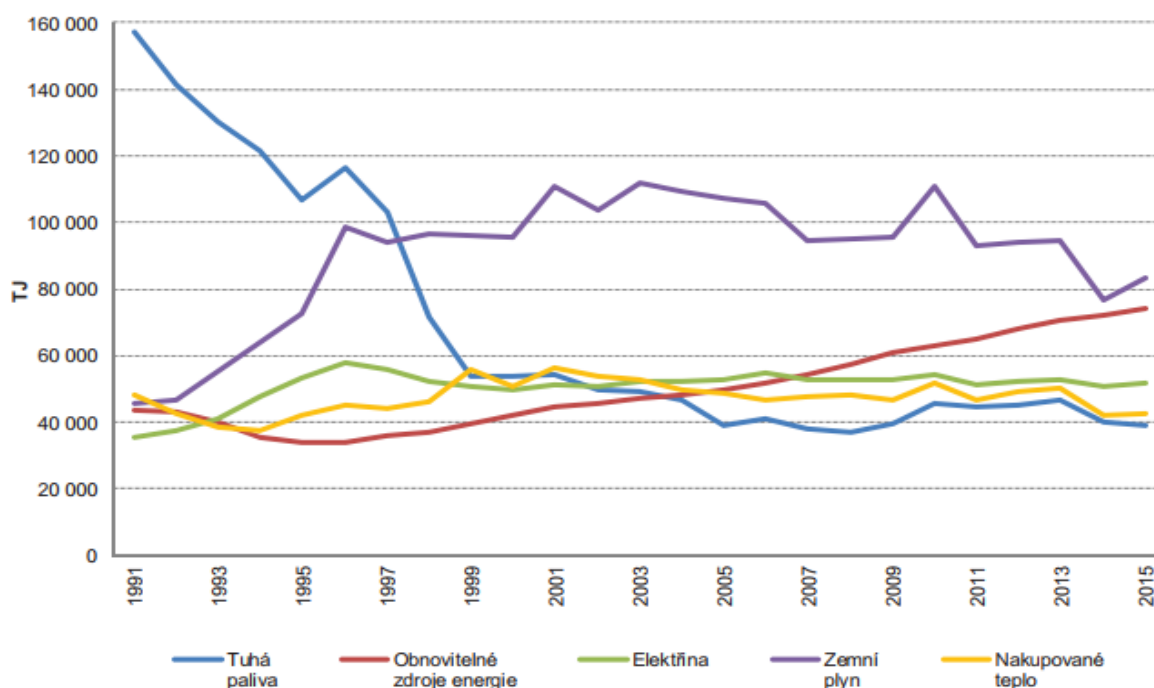
Tabulka č. 3. Konečná spotřeba základních kategorií paliv v České republice

Palivo/energie	Konečná spotřeba celkem [%]	v tom		
		průmysl	ostatní odvětví	domácnosti
Elektrina	100,0	40,5	34,1	25,4
Nakupované teplo	100,0	28,5	25,6	45,9
Zemní plyn	100,0	42,1	21,5	36,4
Tuhá paliva	100,0	42,0	19,4	38,6
Kapalná paliva	100,0	4,6	94,8	0,6
Obnovitelné zdroje energie	100,0	25,2	8,3	66,5

Vlastní zpracování: zdroj [19]

3.2.1 Konečná spotřeba paliv v českých domácnostech

Graf č. 2 Vývoj konečné spotřeby paliv a energií v domácnostech



zdroj: [19]

Množství spotřeby různých druhů paliv a energií v tuzemských domácnostech je uvedeno ve zprávě ENERGO 2015. Trendy vývoje spotřeby prošly od roku 1991 velkými změnami a z grafu č. 3 je v letech 1991 – 1996 zřejmý přechod domácností od využívání tuhých paliv k zemnímu plynu a elektrické energii. Od roku 1995 zaznamenává pozitivní růst využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE) a nepřetržitým konstantním stoupáním se OZE dostávají na druhé místo. Z tohoto vývoje se dá předpokládat, že využívání OZE

v domácnostech bude s jejich zdokonalováním a snižováním nákladů na jejich pořízení i nadále růst a v blízké budoucnosti by mohly pokrývat velkou část spotřeby energií v domácnostech.

3.3 Zdroje energie

Následující podkapitola se zabývá základním rozdělením zdrojů energie a predikci doby, po kterou vydrží fosilní neobnovitelné zásoby energie, při současném stavu těžby a jejich spotřeby. Dále bude zmíněno určení energetického obsahu pro konečnou spotřebu vybraných nejpoužívanějších tuzemských paliv a vhodnost našeho území pro využití solární a geotermální energie.

3.3.1 Rozdělení zdrojů energie

- Neobnovitelné zdroje energie:

- černé uhlí,
- hnědé uhlí,
- ropa,
- zemní plyn,
- rašelina,
- jaderná energie.

- Obnovitelné zdroje energie:

- sluneční,
- větrná,
- vodní,
- geotermální,
- biomasa,
- energie přílivu/odlivu.

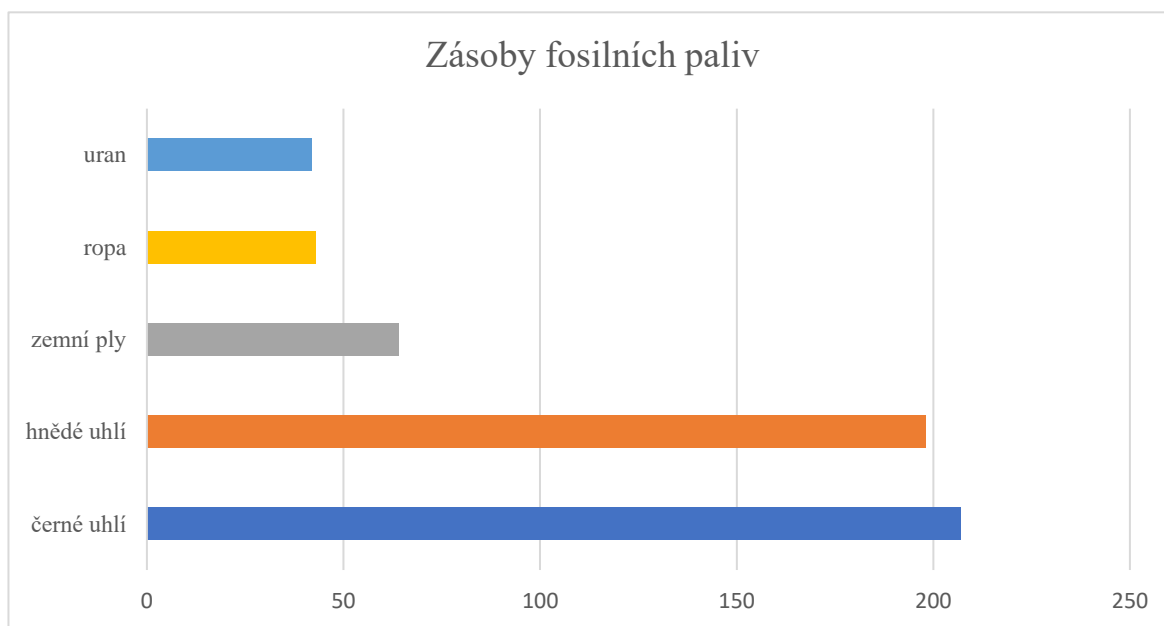
3.3.2 Zásoby fosilních paliv na Zemi

„Fosilní paliva jsou koncentrovanou zásobou energie, která vznikla ze zbytků živočišných a rostlinných těl. Výchozím materiálem fosilních nosičů energie je přeměněná sluneční energie, která vznikala a ukládala se po miliony let.“ [20]

Zásoby neobnovitelných zdrojů energie jsou patrný v Grafu č. 2, který predikuje dobu, po kterou zásoby fosilních paliv vydrží při současném tempu spotřeby. Největší podíl fosilních zásob v zemi představuje černé a hnědé uhlí, které se drží hranice okolo 200 let. Naopak nejnižší zásobu představuje uran, ropa a zemní plyn, tyto nevydrží

déle než půl století, což se neshoduje s ideou trvale udržitelného rozvoje zakotveného v České legislativě.

Graf č. 3 Doba, na kterou vystačí známé energetické zásoby při současném tempu těžby



Vlastní zpracování: zdroj [20]

„Trvale udržitelný rozvoj jako rozvoj, který současným i budoucím generacím zachová možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby, a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce přírody“. [21]

Zásady trvale udržitelného rozvoje nebude možné splnit, pokud se z větší části neodkloníme od používání omezených zásob fosilních paliv, při jejichž těžbě se zásadně mění charakter přírody a během jejichž transformace, na námi požadovanou energii v podobě elektřiny, tepla, světla atd. vzniká celá řada emisí a znečišťujících látek přispívajících ke globálnímu oteplování země a z toho plynoucích zhoršení podmínek pro život dalších generací.

3.3.2.1 Převodní tabulka vybraných neobnovitelných zdrojů energie

V ČR je počet domácností využívající hnědé uhlí je stanoven na 377 480 s celkovou spotřebou 1 409 188 tun a počet domácností využívajících černé uhlí je 115 837 s celkovou spotřebou 333 558 tun. [19] V Tabulce č. 5 je uvedený převod z kJ na kWh pro jednotlivé energetické komodity. Z výše uvedených čísel vyplývá, kolik energie využívají domácnosti z černého a hnědé uhlí a kolik při tomto procesu vzniká kysličníku uhličitého, jehož průměrné množství na MWh uvádí Vyhláška 406/2004 Sb., (hnědé uhlí 0,36 t CO₂/MWh výhřevnosti a černé uhlí 0,33 t CO₂/MWh).

Tabulka č. 4. Energetický obsah vybraných paliv pro konečnou spotřebu

Energetická komodita	kJ (NCV)	kWh (NCV)
1 kg koksu	28 500	7,917
1 kg černého uhlí	17 200 - 30 700	4,778 - 8,528
1 kg hnědouhelných briket	20 000	5,556
1 kg hnědého uhlí	5 600 - 10 500	1,556 - 2,917
1 kg lehkého topného oleje	42 300	11,75
1 kg zemního plynu	47 200	13,1
1 kg dřeva (25 % vlhkost)	13 800	3,833
1 kg pelet / dřevěných briket	16 800	4,667
1 kg odpadu	7 400 - 10 700	2,056 - 2,972
1 kWh elektřiny	3 600	1

Vlastní zpracován: zdroj [7]

3.3.3 Obnovitelné zdroje energie

Zdokonalování výroby energie z fosilních paliv povede v budoucnu k výraznému snížení produkce skleníkových plynů, ale jejich produkce nebude nulová. Tato situace se nedá s výrobou energie z obnovitelných zdrojů energie srovnávat, neboť se při samotné produkci energie neprodukuje žádné skleníkové plyny, ale pouze při výrobě technologie a následné recyklaci vzniká uhlíková stopa. Volker Quachning uvádí ve své knize Obnovitelné zdroje energie, že Slunce každoročně poskytne Zemi asi 1,5 triliardy kWh ze slunečního záření. Roční spotřeba energie obyvatel Země činí přibližně 125 bilionů kWh, což je 8 000krát méně. Z těchto čísel vyplývá, že za jednu hodinu dopadne na Zemi více energie, než spotřebuje lidstvo za celý rok. [20]

Průměrný roční úhrn globálního slunečního záření dopadajícího na jeden m² plochy v ČR určuje nejvhodnější podmínky pro instalaci FV a FT v oblasti Jižní Moravy a ve střední části České republiky. Na toto území dopadá celkové sluneční záření v intervalu od 1054 do 1337 W/m². V severní části republiky se hodnoty ročního úhrnu pohybují v intervalu od 940 do 1026 W/m². Stejně důležitou veličinou ovlivňující výpočet je doba trvání slunečního svitu v ČR. Výše uvedené hodnoty jsou pro návrh a výpočet produkce energie FV a FT panelů výchozí. [22]

4 Možnosti energeticky úsporných opatření

V této části práce, která se dělí na tři podkapitoly, se zaměřujeme na možná opatření vedoucí k úspoře energie. Nejprve uvádíme finančně nenáročná opatření, která povedou k vhodnějšímu a efektivnějšímu užívání objektu a spotřebičů, které jsou v objektu běžně používány. Dále uvádíme finančně nákladnější opatření, a to stavební úpravy dílčích částí objektu, snižující prostup tepla obálky budovy. V této části jsou uvedeny nejčastěji využívané tepelně izolační materiály v ČR. Na konci této kapitoly jsou uvedeny generátory energie využívající OZE vhodné k aplikaci na bytové domy.

4.1 Finančně nenáročná opatření:

- vypínat nepoužívané spotřebiče,
- elektroniku s režimem Standby odpojit ze sítě,
- vhodně rozmístit spotřebiče, aby se lednice nenacházela vedle zdroje tepla,
- nesvítil v prázdných místnostech a využívat moderní úsporná světla, která při stejné svítivosti dosahují úspor i 80 %,
- zbytečně nepřetápět místnosti nad doporučené teploty, které jsou pro obývací pokoj 21–22 °C, ložnici 18–20 °C, koupelnu 22–24 °C a chodbu 17–19 °C, protože každý stupeň představuje 6 % tepelné energie navíc,
- přirozené větrání místností zajistit efektivně, nejlépe krátkodobým průvanem, aby nedocházelo k zbytečnému úniku tepla a ochlazování vnitřních konstrukcí, a přes to se odvedl zkažený a vlhký vzduch,
- využití termostatických hlavice pro možnost regulace teploty otopného tělesa,
- otopná tělesa v případě nutnosti odvzdušnit, pravidelně čistit a nezakrývat závěsy, aby nedocházelo k zamezení proudění vzduchu,
- zamezit ztrátám na rozvodu teplé vody.

4.2 Stavební opatření vedoucí ke zlepšení energetické bilance domu:

Energetická bilance domu představuje celkový pohled na ztráty a zisky energie v objektu. Ztráty jsou spojeny s kvalitou návrhu a provedení konstrukce budovy a jejich částí. K hlavním ztrátám energie dochází právě obálkou budovy, nedostatky v otopné soustavě a větráním. Naopak zisky, jako druhá strana energetické bilance,

představuje energie dodaná solárním zářením, od osob a elektrospotřebičů instalovaných v domácnostech a energie nakoupená od externích dodavatelů.

Obálka budovy představuje plochu různých stavebních konstrukcí oddělující vnitřní prostředí stavby od exteriéru. Jedná se o podlahu uloženou na rostlém terénu, obvodové stěny, výplně otvorů a střešní plášť. Čím mají konstrukce vyšší tepelný odpor, tím hůře dochází k úniku tepla, a proto je hlavním cílem u všech konstrukcí navrhnout dostatečná opatření vedoucí ke snížení ztrát tepla prostupem OB, a tím ke snížení nákladů na vytápění. Níže jsou uvedeny procentuální úniky energie z jednotlivých částí konstrukce budovy, kde k největším ztrátám dochází přes obvodové stěny a střešní plášť objektu. Další významné ztráty tepla jsou přes výplně otvorů a podlahu ve styku s rostlým terénem. Nejmenší únik tepla představuje vstup do budovy.

Procentuální vyjádření úniků tepla z jednotlivých částí OB:

- podlaha ve styku se zeminou 10 – 15 %,
- vstupní dveře 1 – 2 %,
- stěny 25 – 40 %,
- okna 12 – 25 %,
- střešní plášť 25 – 30 %,
- střešní okna 5 – 10 %. [23]

4.2.1 Obvodové stěny

Pro obvodové stěny, jakožto představitele největších tepelných ztrát OB, je nutné dosáhnout co největšího tepelného odporu konstrukce, který sníží výsledný součinitel prostupu tepla na minimum. Dosáhnutí tohoto požadavku se zajišťuje při rekonstrukcích domů úpravou skladby konstrukce obvodové stěny. Nejběžnějším postupem je přidání dodatečně tepelné izolace v podobě fasádního EPS polystyrenu, desky z kamenné vlny, desky minerální či skelné vaty, u kterých se součinitel tepelné vodivosti λ_D pohybuje v rozmezí od 0,033 do 0,041. Norma ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov část č. 2 Požadavky vydaná v roce 2011 stanovuje maximální hodnoty součinitele prostupu tepla, které dělí do tří základních kategorií: požadované hodnoty $U_{N,20}$, doporučené hodnoty $U_{rec,20}$ a doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ (číselné hodnoty jsou uvedeny v Tabulce č. 5).

Tabulka č. 5. Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{pas, 20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 – 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 – 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 – 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 – 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 – 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 – 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 – 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,40	0,30 – 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 – 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 – 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 – 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 – 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² .K)]		
	Požadované hodnoty U _{N,20}	Doporučené hodnoty U _{rec,20}	Doporučené hodnoty pro pasivní domy U _{pas, 20}
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = \frac{A_w}{A} \text{ [m}^2/\text{m}^2\text{]}$ A je celková plocha (LOP) v m ² A _w je plocha průsvitné výplně otvoru sloužícího k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v m ²	$f_w \leq 0,5$ $f_w > 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$ $0,7 + 0,6 \cdot f_w$	$0,2 + f_w$ $0,15 + 0,85 \cdot f_w$
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	-	1,3	0,9 – 0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2
POZNÁMKY 1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31. 12. 2012 připouští hodnota 0,38 W/(m ² .K), 2) Nejpozději do 31. 12. 2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m ² .K), 3) Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni, 4) V případě podlahového a stěnového vtápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru, 5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy, 6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370, 7) Nejpozději do 31. 12. 2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m ² .K).			

Vlastní zpracování: zdroj [24]

4.2.2 Střešní plášť

Střešní konstrukce se dělí na tři základní typy. Jedná se o plochou střechu se sklonem do 5°, střechu šikmou se sklonem do 45° a střechu strmou se sklonem nad 45°. Pro ploché střechy jsou důležitými vlastnostmi izolace její difúzní odpor, únosnost a stálost. Při jejím použití je potřeba, aby nedocházelo ke kondenzaci vodních par a k deformaci hydroizolační vrstvy. Pro střechy šikmé a strmé je důležitý takový návrh izolace, který zamezí vzniku lineárních tepelných mostů. V případě zaizolování střešního pláště pouze mezi krokve se musí volit další vrstva izolace, buď pod krokevní soustavu, což snižuje objem místností v podkroví, nebo nad střešní krokve, kde je důležité dbát na ochranu izolantu před zafoukanou vodou, která snižuje jeho tepelně izolační vlastnosti. V tabulce č.5 jsou uvedeny normou stanovené hodnoty součinitele prostupu tepla střešní konstrukcí.

4.2.3 Stavební otvory

Výplně stavebních otvorů zajišťují přístup do objektu, osvětlení místností přirozeným světlem, přímé větrání místností, únik před požárem a spojení uživatele s vnějším okolím. Dveře a okna musí plnit mnoho požadavků, mezi nejdůležitější patří nízký součinitel prostupu tepla. V zimním období představují výplně stavebních otvorů při správné orientaci tepelné zisky od sluneční radiace, čímž vylepšují celkovou energetickou bilanci objektu v topné sezóně. Naopak v letním období představují problém v podobě přehřívání objektu, a tedy potřebu vnitřní prostory budovy chladit. Okna lze proti slunečnímu záření chránit pomocí slunolamů, vnějších rolet, speciálními protislunečními foliemi, popřípadě žaluziemi či závěsy. Zmiňovaná opatření jsou však dvousečná, neboť brání v zimní období využití teplotních zisků. Tabulka č.5 zahrnuje požadované prostupy tepla pro výplně otvorů.

4.2.4 Základy a podlaha spojená s rostlým terénem

Opatření u nepodsklepených objektů vedoucí ke zlepšení tepelných vlastností OB představuje zateplení základových pasů včetně soklu, kde dochází k únikům tepla přes patu zdiva a odizolováním podlahy na rostlém terénu. Zateplením dojde ke snížení ztrát tepla do zeminy a zvýší se dotyková teplota podlahy. U podsklepených objektů se dá místo podlahy na terénu zateplit strop dělicí vytápěné prostory od nevytápěných. Požadavky jsou uvedeny v Tabulce č.5.

4.2.5 Tepelné mosty

Tepelné mosty jsou místa v konstrukci, kde dochází vlivem menšího tepelného odporu části konstrukce k většímu průniku tepla. Jedná se buď o liniové, nebo bodové tepelné mosty na OB způsobeny jinými fyzikálními vlastnostmi materiálů. Tímto místem dochází k několikanásobnému úniku tepla a změně povrchových teplot, to může vést ke kondenzaci vodní páry a následnému výskytu plísní. Například ztužující věnec stropní desky, betonový překlad nad okny, kovové prvky vykonzolované z obvodového zdiva do exteriéru, kotvy zateplovacího systému, osazení oken do stavebních otvorů, či roh zdiva, který vzniká vlivem větší ochlazované plochy než ohřívané. [25] Norma ČSN 73 0540-4 stanovuje dva způsoby zohledňující vliv tepelných mostů do výpočtu celkových ztrát objektu. Prvním způsobem je přímý výpočet tepelného mostu, nebo stanovení přírážky z předem určených hodnot $\Sigma U_{\text{tbk,j}}$.

4.2.6 Ztráty infiltrací

Infiltrace neboli pronikání či prosakování tepla mezi spárami je závislá na směru a intenzitě větrů, velikosti a délce spár. Jedná se například o napojení mezi deskami izolace, mezi jednotlivými panely, nebo napojením oken na ostění. Vždy závisí na propracovanosti stavebních detailů a morálce stavebních firem provádějící realizaci stavby. Všechny spáry je důležité utěsnit, a tím předejít nežádoucím tepelným ztrátám. Při dokonalém utěsnění OB je zapotřebí z hygienických důvodů zajistit pravidelnou výměnu vzduchu, aby nedocházelo ke kondenzaci vodních par a vzniku plísní. Větrání je možné zajistit přirozeným dostatečným větráním okny, nebo nuceným mechanickým větráním pomocí rekuperace s výměníkem vyžívajícím teplo odpadního vzduchu k predehřátí čerstvého vzduchu. [25]

4.2.7 Tepelně izolační materiály

Mezi nejdůležitější vlastnosti tepelných izolací patří součinitel tepelné vodivosti λ udávaný v jednotkách $[W/m \cdot K]$, který udává rychlost šíření tepla látkou z jedné strany na druhou. Čím je součinitel nižší tím hůře skrz něj teplo proudí. Další důležitou vlastností TI je difúzní odpor μ [-], který je bezrozměrnou jednotkou. Udává schopnost materiálu propouštět vodní páru. Ze stavebního hlediska jsou dále významné další vlastnosti TI materiálu, mezi které patří objemová hmotnost, pevnost, hořlavost, cena, zpracovatelnost, toxicita a tepelná stabilita. Veškeré vlastnosti uvádějí výrobci v certifikačních listech výrobku. [26]

Nejužívanější druhy tepelných izolací:

- Pěnový polyuretan,
- Extrudovaný polystyren,
- Pěnový polyuretan,
- Minerální vlna,
- Celulóza,
- Pěnový polyethylen,
- Pěnové sklo,
- Perlit,
- Desky z dřevité vlny a cementu,
- Keramzit,
- Ovčí vlna. [26]

4.2.7.1 Pěnový polyuretan

Izolace se vyrábí v několika formách, mezi které patří desky z měkké a tvrdé polyuretanové pěny, nebo jako jednosložková či dvousložková hmota v tubách využívaná přímo na stavbě. Nejčastěji se využívá právě v tvrdém stavu. Objemová hmotnost se pohybuje mezi 35 až 120 kg/m³. Izolace odolává teplotám od -50 °C do + 130 °C a působení většině negativních vlivů podnebí kromě UV záření, před kterým se musí chránit, jinak by docházelo k její degradaci. [26]

4.2.7.2 Extrudovaný polystyrén

Extrudovaný polystyren označovaný zkratkou XPS se dodává v deskách v různých tloušťkách. Mezi hlavní přednosti kromě tepelně izolačních patří nenasákavost, díky uzavřené buněčné struktuře, vysoká pevnost v tlaku, odolnost vůči zemině a plísním, což ale zvyšuje jeho cenu oproti klasickému pěnovému polystyrenu. [26]

4.2.7.3 Pěnový polystyrén

Patří s minerální vlnou mezi nejvíce zastoupené TI materiály díky nízkým pořizovacím nákladům. Pro výrobu se používají dva technologické postupy, které ovlivňují jeho výsledné vlastnosti. Prvním postupem je vypěňování do forem. Vyznačuje se menší nasákavostí díky většímu podílu uzavřené buněčné struktury a vyšší pevností, což zvyšuje jeho pořizovací cenu. Druhým postupem je řezání vypěněných kvádrů na desky s objemovou hmotností kolem 20 kg/m³. Tento postup výroby doprovází následné smršťování, které se zastaví po několika týdnech. Tento typ TI má několik nevhodných vlastností, mezi které patří nízká odolnost vůči vysokým teplotám, výrobci udávají teploty do 85 °C, a jeho rozpustnost organickými rozpouštědly, před kterými se musí chránit. [26]

4.2.7.4 Minerální vlna

Jedná se o druhý nejrozšířenější TI materiál dodávaný především v rolích, deskách a v podobě foukané izolace. Výroba se uskutečňuje tavením hornin na velmi tenká vlákna s navršováním na sebe a následným lisováním do požadovaných tvarů. Dělí se na skelnou a kamennou vlnu, kterou určuje hlavní podíl vstupních surovin. Pro kamennou vlnu jde především o čedič, diabas a vysokopecní strusku. Pro skelnou vlnu pak písek a sklo, které pochází z větší části z recyklátu. Mezi hlavní dobré vlastnosti patří difúzní odpor, odolnost proti vysokým teplotám, dobré akustické vlastnosti, tvarovatelnost, odolnost proti plísním, hmyzu a hlodavcům. [26]

4.2.7.5 Celulóza

TI vyráběná z recyklovaného, rozemletého, rozvlákněného papíru, který se následně impregnuje proti hoření a biologickým škůdcům. Dodává se ve čtyřech variantách, a to jako sypaná, foukaná, stříkaná izolace nebo v deskách. Objemová hmotnost se pohybuje od 30–65 kg/m³. Odolnost proti teplotám se pohybuje od -50 °C do +105 °C. Mezi hlavní výhody patří cena a využití recyklovaného materiálu. [26]

4.2.7.6 Pěnový polyetylén

Pro stavební průmysl se kvůli vyšším finančním nákladům na pořízení používá především pod podlahové krytiny, kde zvyšuje kročejovou neprůzvučnost a jako izolace potrubních rozvodů. Odolnost vůči teplotám je od -40 °C do + 80 °C. Další vlastnosti je ohebnost, nenasákavost, mechanická odolnost proti otřesům, ekologická nezávadnost a dlouhá životnost. [26]

4.2.7.7 Pěnové sklo

Pěnové sklo se vyrábí napěněním sklovin pomocí práškového uhlí. Výhodou výroby je možnost využití recyklovaného skla. Dodává se v blocích nebo drcené v podobě šterku. Vyznačuje se vlastnostmi podobnými sklu, mezi které patří vodotěsnost, parotěsnost, pevnost v tlaku, nehořlavost a odolnost vůči teplotám od -260 °C do +430 °C. Dále je odolné vůči biologickým vlivům a většině chemických vlivů. Používá se pro náročné provozy jako izolace saun, bazénů, pochozích teras a náročných střeš. [26]

4.2.7.8 Perlit

Jedná se o přírodní materiál vznikající pražením perlitových rud za vysokých teplot. Následkem zahřátí je uvolněna vázaná voda a vzniká expandovaný perlit, který odolává velmi vysokým teplotám. Dalšími vlastnostmi, kterými disponuje, je dobrá zvuková pohltivost, nehořlavost a odolnost vůči hmyzu. Nevýhodou je jeho nasákavost, proto se nesmí používat v prostředí zatíženém vodou či kondenzátem. Objemová hmotnost se pohybuje od 100-250 kg/m³. Je vhodný pro výrobu lehčeného betonu a malty pro zdění, nebo omítání. [26]

4.2.7.9 Desky z dřevité vlny a cementu

Pro výrobu se používá dřevitá vlna z jemných podélných pásků nejčastěji smrkového dřeva s přidáním cementu. Připravená směs se vkládá do forem a lisuje. Na českém trhu jsou prodávány pod názvy Heraklit a Lignát. Vynikají hrubostí finálního povrchu,

což umožňuje dobrou přilnavostí malty a finálních omítek. Díky pevnosti se kombinují s méně pevnými TI. Objemová hmotnost se pohybuje okolo 350-550 kg/m³. [26]

4.2.7.10 Keramzit

Výroba keramzitu je podobná jako u perlitu expandací naturální horniny jílu. Hlavní výhodou je schopnost odolávat velmi vysokým teplotám až + 1050 °C, dále pak má vysokou pevnost, mechanickou odolnost a je ekologický. Využívá se na zelené střechy, odlehčení stropů při rekonstrukcích, nebo se přidává do betonu. [26]

4.2.7.11 Ovčí vlna

Patří mezi relativně nové TI, které se vyrábějí z naimpregnované ovčí vlny vsíváním do nosné tkaniny. Objemová hmotnost se pohybuje od 13 do 30 kg/m³. Hořlavostí je řazena do třídy B2 nehořlavý. Schopnost udržovat a následně vypouštět vlhkost do ovzduší jí dává přednost využití v dřevostavbách. [26]

4.3 Energie z obnovitelných zdrojů

Fotovoltaický jev poprvé pozoroval v roce 1839 při svých pokusech francouzský fyzik Antoine César Becquerel, ten ale nedokázal vysvětlit jeho podstatu. To se povedlo až Albertu Einsteinovi v roce 1905, kdy zformuloval základní principy kvantové fyziky. Za objasnění fotoelektrického jevu mu byla v roce 1921 udělena Nobelova cena za fyziku. „Při fotoelektrickém jevu odevzdá dopadající foton celou svou energii jedinému elektronu v kovu. Elektron část této energie spotřebuje na uvolnění se z kovu a zbytek energie mu zbude jako jeho kinetická energie“ [27]

Sestrojení prvního FV článku v roce 1877 s účinností kolem 1 % je přisuzováno Williamu Adamsovi a Richardu Dayemu. K většímu rozvoji FV článků došlo až po objevení metody výroby monokrystalického křemíku polským chemikem Janem Czochralskim v roce 1916. [28]

4.3.1 Fotovoltaika

Základním prvkem generujícím elektrickou energii ze slunečního záření je solární článek. V případě krystalických článků se jedná o dvě různě obohacované křemíkové vrstvy. Strana vystavovaná slunečnímu záření je záporně dotovaná fosforem a vrstva pod ní kladně bórem. Pro odebrání proudu jsou obě strany opatřeny kovovými elektrodami. Z přední strany jde o tenkou mřížku zakrývající pouze nezbytnou část plochy a z druhé strany celoplošné vrstvy na materiálůvé bázi z hliníku či stříbra v podobě pasty. Pro nejvyšší

účinnost je zapotřebí, aby přední vrstvou procházelo největší množství fotonů a tyto se zbytečně neodrážely zpět. To se zajišťuje antireflexní vrstvou. Ke ztrátám na solárním článku dochází rekombinací, odrazem a zakrytím přední plochy kontakty. K největším ztrátám však dochází v neschopnosti článku využít celé spektrum záření. [29]

4.3.1.1 Vývoj FČ:

- články první generace,

Složení článků první generace je z desek tvořených z monokrystalického křemíku vytvářející PN přechod. Vyznačují se tmavě modrou až černou barvou s dlouhou životností se stálou účinností, která se průměrně pohybuje okolo 14-17 % v sériové výrobě. V laboratorních podmínkách dosahuje účinnosti až 25 %. Na jejich výrobu je zapotřebí velké množství čistého křemíku, který zvedá jeho cenu.

- články druhé generace,

Články druhé generace se vyznačují velkou úsporou křemíku díky tenkovrstvé technologii a nahrazováním původního monokrystalického křemíku za polykrystalický a amorfni křemík. Mezi druhou generaci patří také články typů CdTe, CIS a CIGS. Účinnost těchto článků se uvádí okolo 10 %. Mezi hlavní výhody druhé generace patří snížení hmotnosti a zlepšení mechanických vlastností.

- články třetí generace,

Třetí generace článků se nachází stále ve vývoji, kdy se zkouší pomocí několikanásobných přechodů tenkých vrstev docílit maximálního využití energie ze slunečního záření. Výzkum se rozvíjí do několika směrů. Fotoelektrické články, které využívají nanostruktury ve formě uhlíkových tyčinek a trubiček či kvantových teček nanosených na vhodné podložky.

- články čtvrté generace.

Vize výroby FČ je najít materiály schopné využít celé spektrum slunečního záření a pomocí jejich tenkých vrstev využít různých vlnových délek elektromagnetických vln. Účinnost různých materiálů fotovoltaických článků je uvedena v Tabulce č. 6. [28], [29]

Tabulka č. 6. Účinnost různých materiálů fotovoltaických článků

Materiál článku	Maximální laboratorní účinnost	Maximální provozní účinnost sériového článku	Typická modulární účinnost článku	Plocha potřebná na 1 kW
Monokrystalický křemík	24,7 %	21,5 %	15,0 %	6,7 %
Polykrystalický křemík	18,5 %	15,0 %	14,0 %	7,2 %
Amorfni křemík	12,7 %	8,0 %	6,0 %	16,7 %
CIS /n CIGS	19,5 %	11,0 %	10,0 %	10,0 %
CdTe	16,5 %	10,0 %	7,0 %	14,3 %
Koncentratorové články	40,7 %	35,0 %	28,0 %	3,6 %

Vlastní zpracování: Zdroj [20]

4.3.2 Fototermické solární kolektory

Využívá absorbery uložené v kolektorech pro transformaci sluneční energie na energii tepelnou, která se pomocí teplotně vodivých látek dále využívá na ohřev vody či vzduchu. Solární kolektor se skládá z rámu, izolace absorberu a čelního bezpečnostního skla. Základní požadavky na kolektory jsou maximální pohlcování slunečního záření a minimální tepelné ztráty. Ke ztrátám dochází odrazem elektromagnetického záření od bezpečnostního skla panelu a také sáláním tepla z absorberu. [20]

Druhy fototermických kolektorů:

- vzduchové,
- kapalinové,
 - plochý nekrytý,
 - plochý neselektivní,
 - plochý selektivní,
 - plochý vakuový,
 - trubkový jednostěnný,
 - trubkový dvojitěnný,
 - koncentrační. [20]

4.3.3 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla odebírají energii z okolního prostředí pomocí teplotnosného media, které se vypařuje při nízkých teplotách a odvádí se do výparníku, kde se kompresorem ještě studená pára prudce stlačí a z nízko potenciálního tepla se získá horký plyn ohřívající vodu. Po předání energie teplotnosná látka znovu zkapalní a odebírá teplo z okolního prostředí. Základní charakteristikou TČ je topný faktor, který se počítá podílem výkonu a spotřeby. Čím je topný faktor vyšší, tím je levnější provoz TČ. Mezi základní typy tepelných čerpadel patří:

- vzduch / voda,
- vzduch / vzduch,
- země / voda,
- voda / voda. [20]

4.3.4 Využití odpadního tepla vzduchu

Pro zajištění kvalitního prostředí v budovách je zapotřebí splnění základních hygienických požadavků, mezi které patří čistota, teplota a relativní vlhkost vnitřního vzduchu. Čistotu vzduchu zajistíme dostatečným přívodem čerstvého vzduchu do místností a odvodem znehodnoceného vzduchu mimo budovu. V zimním období větrání okny zvyšuje energetickou náročnost objektu vyvolanou ztrátou tepla ohřátého vnitřního vzduchu a přívodem čerstvého studeného vzduchu z exteriéru, který se musí ohřát na požadovanou teplotu pomocí otopné soustavy.

U starší zástavby byla dostatečná intenzita výměny vzduchu zajištěna infiltrací a netěsnostmi kolem výplní otvorů. V současné době se snižuje energetická náročnost staveb pomocí zateplení OB včetně výměny výplní otvorů s velmi nízkým součinitelem prostupu tepla, který vede k neprůvzdušnosti OB a tím zamezuje přirozené výměně vnitřního vzduchu, což vede ke zhoršení vnitřního mikroklimatu. Nedostatečné větrání budov je spojováno se syndromem nemocných budov označovaném zkratkou SBS (Sick Building Syndrome), jehož vliv na lidské zdraví popsala Světová zdravotnická organizace v roce 1984. [30] Faktory ovlivňující čistotu vnitřního vzduchu:

- CO_2 ,
- *těkavé organické látky VOC,*
- *tuhé částice,*

- radon,
- domácí prach,
- vodní pára,
- pachy. [30]

„Koncentrace znečišťující látky, škodliviny v ovzduší určuje buď hmotnostní, nebo objemové množství v 1 m³ vzduchu – hmotnostní koncentrace [$\mu\text{g}/\text{m}^3$, mg/m^3], objemová koncentrace [cm^3/m^3], ppm = 1 cm^3/m^3 = 10 % obj. – parts per milion – miliontina z celku.“ [30]

Větší koncentrace CO₂ v prostorech budov má negativní účinky na lidský organizmus. Tabulka č. 7 zobrazuje doporučené maximální hodnoty koncentrace CO₂ v budovách a příznaky spojené s jeho narůstáním, kdy maximální doporučenou hodnotou pro budovy je koncentrace do 1 500 ppm.

Tabulka č. 7. Vliv CO₂ na lidský organismus

CO ₂	Jednotka	Účinky na lidský organismus
cca 350	ppm	úroveň venkovního prostředí
do 1 000	ppm	doporučená úroveň ve vnitřních prostorech
1 200–1 500	ppm	doporučená maximální úroveň ve vnitřních prostorech
1 000–2 000	ppm	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2 000–5 000	ppm	nastávají možné bolesti hlavy
5 000	ppm	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5 000	ppm	nevolnost a zvýšený tep
> 15 000	ppm	dýchací potíže
> 40 000	ppm	možná ztráta vědomí

Vlastní zpracování: Zdroj [31]

Vyhláška 20/2012, kterou se mění Vyhláška 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, uvádí, že pro obytné místnosti musí být zajištěno dostatečné větrání venkovním vzduchem a vytápění v souladu s normovými hodnotami s možností regulace vnitřní teploty.

Požadavky na větrání obytných budov stanovuje norma ČSN EN 15665/Z1. Minimální hodnota přívodu čerstvého vzduchu pro obytné budovy je stanovena minimální intenzitou větrání 0,3 [h⁻¹] a doporučenou hodnotou 0,5 [h⁻¹]. Dávka čerstvého vzduchu na osobu

je minimálně 15 [m³/ (h os)] a doporučena 25 [m³/ (h os)]. Norma dále uvádí průtoky odsávaného vzduchu pro nárazové větrání kuchyně, koupelny a WC. Pro kuchyně jsou minimální hodnoty odsávaného vzduchu 100 [m³/h], doporučené 150 [m³/h]. Pro koupelny minimálně 50 [m³/h], doporučené 90 [m³/h] a WC minimálně 25 [m³/h], doporučené 50 [m³/h]. [30]

Větrání objektu lze zajistit buď přirozeným způsobem pomocí infiltrace a provětráváním okny, nebo nuceným mechanickým větráním pomocí ventilátorů. Nucené větrání lze dále dle tlakových poměrů rozdělit na podtlakové, přetlakové a rovnotlaké:

- podtlakové $V_o > V_p$,
 - přívod vzduchu je zajištěn nasávacími otvory instalovanými v OB se zajištěným nuceným odvodem vzduchu z interiéru pomocí odsávacích ventilátorů,
- přetlakové $V_o < V_p$,
 - přívod vzduchu je zajištěn ventilátory pouze do obytných místností s možností filtrace a předehřevu s tím, že přebytečný vzduch z místností uniká netěsnostmi OB,
- rovnotlaké $V_o = V_p$.
 - větrání objektu je zajištěno nuceným přívodem i odvodem vzduchu pomocí ventilátorů, které umožňují zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu, jednotky jsou vybaveny filtry případně ohřivači vzduchu,

kde: V_o odváděný vzduch

V_p přiváděný vzduch [30]

Nejpříznivějším zajištěním výměny vzduchu v objektech z hlediska energetických ztrát je rovnotlaké větrání s rekuperační jednotkou, která umožňuje až 90 % účinnosti při získávání tepla z odpadního vzduchu. Rekuperační jednotky dle potřeby mohou být centrální a decentrální. Decentrální jednotky se instalují do obvodového zdiva zvlášť pro jednotlivé obytné místnosti. Centrální jednotky jsou nejčastěji umístěny v technických místnostech, popřípadě v půdních prostorách budov a přívod s odvodem vzduchu zajišťuje rozvod vzduchotechnického potrubí.

5 Praktická část

V praktické části se zaměřujeme na vybraný zděný bytový dům postavený v Chomutově. Pomocí zjednodušené dokumentace (pasport stavby) aktualizujeme stávající stav, neboť se neslučuje s původní dokumentací z roku 1950, která se zachovala. V Příloze č.1 jsou přiloženy technické zprávy a výkresy jednotlivých podlaží aktuálního stavu. V této části zhodnotíme stávající energetickou náročnost budovy pomocí výpočetního programu Národní Kalkulační Nástroj. Zlepšení současného stavu provedeme kombinací různých tloušťek izolačních materiálů a technologií využívající OZE v podobě FV. Závěrem posoudím finanční návratnost investice spojenou s navrženým opatřením.

5.1 Základní informace o BD ze zjednodušené dokumentace (Pasport stavby)

Vybraný bytový dům postavený kolem roku 1952 se nachází v Chomutově v ulici Václavská. Jedná se o dvou podlažní zděný bytový dům s obytným podkrovím, které bylo během rekonstrukce předěláno z neobytné půdy. Dům je v celé ploše podsklepen. Objekt disponuje čtyřmi bytovými jednotkami o rozloze 3+1, 5+2, 5+2, 4+1 s energeticky vztažnou plochou 737 m². Objekt je přístupný jedním hlavním vchodem směřovaným k ulici Václavská. Celková délka objektu činí 22 metrů a šířka 10,5 metru. Výška objektu je 11,6 m od terénu k hřebeni střechy a 1,62 k podlaze sklepů. Objekt je založen na základových pasech v hloubce 1,8 m pod terénem. Svislý nosný systém stavby je dvouraktový podélný zděný z cihel plných pálených. Dimenze stěn v suterénu je 540 mm podélné strany objektu a 450 mm stěn kolmých k nim. Nosné stěny nad terénem jsou v dimenzi 450 mm. Příčky dělicí vnitřní prostor na jednotlivé místnosti jsou z cihel plných pálených v tl. 100 mm, 150 mm a 250 mm. V nástavbové části jsou použity pro rozdělení prostoru pórobovové cihly firmy Ytong tl. 100 mm a akustická stěna tl. 250 mm pro oddělení bytů půdní vestavby. Vodorovné nosné konstrukce nadzemní části objektu jsou dřevěné polospalné trámové stropy se škvárovým zásypem v tloušťkách 1.NP 450 mm a 2.NP 390 mm. Strop nad sklepem je pravděpodobně železobetonová deska tl. 200 mm s dřevěnou podlahou o celkové tloušťce 340 mm. Typ střechy je valbový a je řešen dřevěným krovem s plechovou krytinou. Nosnými prvky krovu jsou krokve, vaznice a sloupky s pásky. Vertikální komunikaci do mezi 1.NP – 3.NP zajišťují dvouramenné deskové schodiště a do sklepní části jednoramenné schodiště. Objekt byl vybaven pěti dvou průduchovými a dvěma tří průduchovými komínovými tělesy. Dva dvou průduchové komíny byly během rekonstrukce v půdní části zbourány, viz aktuální půdorys objektu v Příloze č.1.

5.2 Vyhodnocení energetické bilance stávajícího stavu

V dílčí podkapitole se zaměříme na vyhodnocení stávajícího stavu BD pomocí výpočtu v programu NKN. V kapitole jsem stručně popsali základní princip výpočtu a řazení jednotlivých dílčích listů programu v excelovém prostředí. Dále jsou v kapitole uvedené skladby stávajících konstrukcí a je proveden výpočet součinitelů prostupu tepla dle ČSN 75 0540–4.

5.2.1 Základní pojmy

„**Primární energie** – Energie, v původním nepřeměněném stavu, kdy celková primární energie je součtem obnovitelné a neobnovitelné primární energie.

Celková primární energie – je součtem obnovitelné a neobnovitelné primární energie

Energonositel – hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě mechanické práce, tepla, ovládání chemických nebo fyzikálních jevů.

Dodaná energie – Energie dodaná do budovy přes systémovou hranici, potřebná k zajištění typického užívání.

Pomocná energie – Energie potřebná pro provoz technických systémů.

Potřebná energie – Energie, kterou je potřeba dodat technickým systémům budovy pro zajištění požadované kvality vnitřního prostředí budovy bez zahrnutí účinnosti technických systémů.

Celková energeticky vztažná plocha – vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově, vymezena vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy.

Obálka budovy – Soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy, nebo zóny, které jsou vystaveny prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budovy, nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu.

Systémová hranice – plocha tvořená vnějším povrchem konstrukcí ohraničujících zónu.

Zóna – celá budova nebo její ucelená část s podobnými vlastnostmi vnitřního prostředí, režimem užívání a skladbou technických systémů

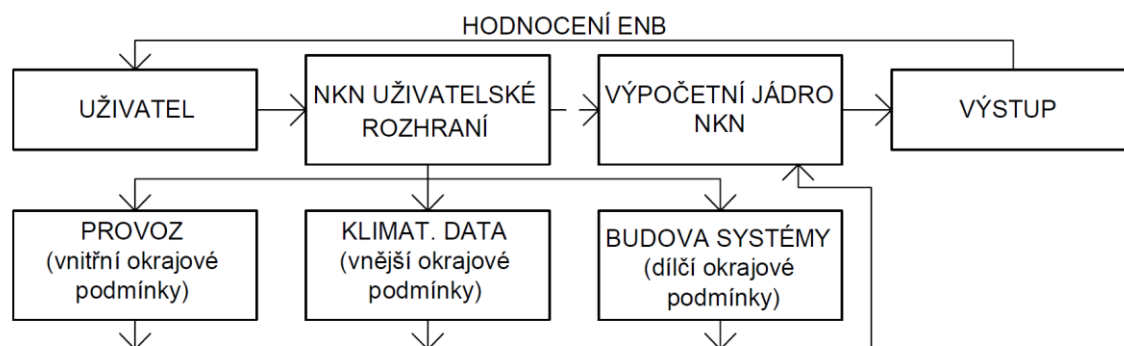
Venkovní prostředí – venkovní vzduch, vzduch z přilehlých nevytápěných prostor, přilehlá zemina, sousedící budova a jiná sousední zóna.

Vnitřní prostředí – prostředí uvnitř budovy nebo zóny, které je definováno návrhovými hodnotami teploty, relativní vlhkosti vzduchu a objemového toku výměny vzduchu, případně rychlost proudění vnitřního vzduchu a požadované intenzity osvětlení uvnitř budovy nebo zóny.“ [15] [32]

5.2.2 Národní kalkulační nástroj

NKN je výpočetní nástroj pro stanovení energetické bilance budovy včetně potřeby dodávané energie pro vytápění, chlazení, nucené větrání, přípravu teple vody a osvětlení za využití okrajových podmínek stanovených v TNI 730331 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet vydaných Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Slouží pro výpočet energetické náročnosti budov dle Zákona č. 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a Vyhlášky 78/2013 Sb. Výpočet je prováděn na základě bilančního hodnocení řešeného objektu a porovnáním hodnot s hodnotami referenčními stanovenými vyhláškou o energetické náročnosti budovy.

Obrázek č. 4. Základní princip výpočetního nástroje NKN

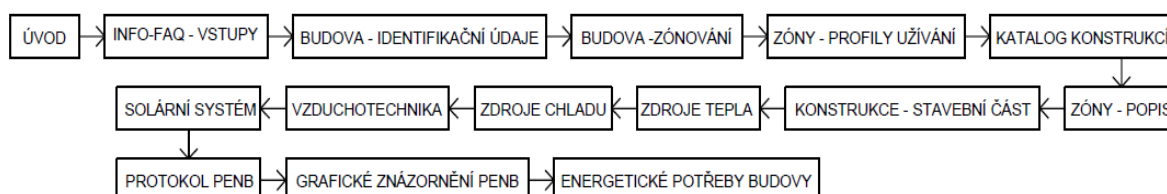


Vlastní zpracování: zdroj [33]

Princip výpočetního nástroje je patrný z Obrázku č. 4. Uživatel se pohybuje v tabulkovém prostředí programu Excel. Postup zadávání dat je rozdělen do deseti chronologicky za sebou řazených kroků patrných z Obrázku č. 5. První list elektronické aplikace je úvodní a seznamuje uživatele se základními informacemi o programu. Druhý list uvádí údaje pro zadávání dílčích hodnot. Následujících šest listů se týká informací o samotném objektu, mezi které patří: základní údaje o řešeném objektu, rozdělení budovy na zóny, přiřazení profilu užívání každé zóně, přiřazení součinitele prostupu tepla konstrukcím dělicím zóny, základní charakteristiky zón, přiřazením konstrukcí k daným

zónám a určení prostředí za nimi. Dalších pět listů se týká zdrojů měnících vnitřní klima v objektu a zajišťujících hygienické podmínky. Jedná se o zdroje tepla, chlazení, vzduchotechniku, přípravu teplé vody a solární systémy. Poslední tři listy jsou samotným výstupem programu v podobě protokolu PENB, jeho grafického znázornění a určení energetické potřeby budovy.

Obrázek č. 5. Řazení listů ve výpočtovém programu NKN



Vlastní zpracování

5.2.3 Postup výpočtu ENB stávajícího stavu v NKN

Bytový dům byl rozdělen na dvě základní zóny s rozdílným způsobem užívání. První zóna je obytná s vnitřní výpočtovou teplotou 20 °C, druhá zóna je společný prostor schodiště s vnitřní výpočtovou teplotou 16 °C. Prostor nevytápěných sklepů a půdy nebyl do výpočtového modelu zahrnut, neboť v nich nedochází k žádné úpravě vnitřního prostředí. Výpočet prostupu tepla do nevytápěných prostor je redukován teplotním redukčním součinitelem b_u zohledňujícím rozdíl mezi teplotou v obytném interiéru, nevytápěném prostoru a exteriéru. Jeho hodnota se stanoví z rovnice (1).

$$b_u = \frac{\theta_i - \theta_a}{\theta_i - \theta_e} \quad (1)$$

θ_i vnitřní návrhová teplota interiéru vytápěné zóny [°C]

θ_a teplota nevytápěné zóny [°C]

θ_e návrhová teplota v exteriéru [°C]

Profily užívání zón jsou vybrány z předem nastavených profilů typického užívání zóny, které jsou popsány v programu NKN. Typické užívání se řídí technickými normalizačními informacemi uvedenými v dokumentu TNI 730331 pro bytové domy pod názvy obytné prostory pro první zónu a společné prostory, komunikace pro druhou zónu. V další části diplomové práce jsou spočítány prostupy tepla konstrukcí dělící dvě rozdílná prostředí. Výpočet je proveden v programu Excel za využití vzorců (2) a (4).

$$U = \frac{1}{R_{Si} + R_N + R_{Se}} \quad (2)$$

U součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]

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

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

R_N tepelný odpor vrstev konstrukce [$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$]

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (4)$$

R_i tepelný odpor i -té vrstvy v konstrukci [$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$]

d_s tloušťka i -té vrstvy materiálu [m]

λ_i návrhový součinitel tepelné vodivosti materiálu i -té vrstvy [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]

Pro průsvitné konstrukce jsou spočítány dle metodiky ČSN 73 0548 a ČSN 73 0542 propustnost slunečního záření přes průsvitné konstrukce a korekční činitel rámu průsvitného prvku, vzorce (5) a (6).

$$F_{gU} = \frac{\text{plocha rámu}}{\text{celková plocha zaskleného prvku}} \quad (5)$$

$$g_{gU} = T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 \quad (6)$$

T_1 je propustnost pro čiré sklo

T_2 znečištění zasklení

T_3 činitel stínění zasklení

V popisu zón jsou zadány vnější objem, energeticky vztažná plocha, užitná plocha a podíl vnitřních a obvodových konstrukcí obou zón. Hodnota navýšení součinitele prostupu tepla při působení tepelných mostů v konstrukci $\Delta U_{tbk,j}$ je stanovena dle údajů uvedených v ČSN 73 0540-4 (viz Tabulka č. 8) na hodnotu $0,10 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ pro konstrukce s běžnými tepelnými mosty. Prostup tepla konstrukcí zohledňující vliv tepelných mostů vychází z rovnice (3).

$$U = U_{id} + \Delta U_{tbk,j} \quad (3)$$

U_{id} prostup tepla ideálním výsekem konstrukce bez vlivů tep. mostů [$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$]

$\Delta U_{tbk,j}$ celkové zvýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů [$\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$]

Pro určení potřebné energie na osvětlení všech prostor objektu byl spočítán počet žárovek a jejich příkon v jednom bytě. Vydělením příkonu plochou je stanoven příkon

na m² užité plochy a následným vynásobením celkové užité plochy obytné zóny jsem stanovil hodnotu celkového příkonu osvětlovací soustavy na 5600 W.

Zdrojem tepla a ohřevu teplé vody jsou v budově čtyři kondenzační kotle umístěné v každém bytě o výkonech 15 kW pro byty dispozice 5+2 a 8 kW pro byty v 1.NP, kdy každý vytápí a ohřívá vodu v zóně jiným podílem vyjádřeným v procentech dle velikosti bytu. Účinnost kondenzačních kotlů byla odhadnuta na 91 %, protože se nedochovala žádná původní dokumentace obsahující technické informace o výrobcích. Potřeba teplé vody je stanovena dle dokumentu TNI 73 0331 pro bytové domy v rozmezí 35–45 l na osobu za den. Výpočtový model je dimenzován pro 16 osob. Základní rozměry objektu jsou patrné z Tabulky č. 8. V Tabulce č. 9 jsou přibližné hodnoty navýšení součinitele prostupu tepla vlivem účinků tepelných mostů.

Tabulka č. 8. Vnitřní rozměry objektu

Označení	Plocha [m ²]	Objem [m ³]
Byt 1	81,1	218,8
Byt 2	94,2	254,3
Byt 3	171,5	424
Byt 4	157,4	386,8
Chodba	38,2	103,14
Celkem	542,4	1387,04

Vlastní zpracování

Tabulka č. 9. Hodnoty navýšení součinitele prostupu tepla vlivem tepelných mostů $U_{tbk,j}$

Způsob řešení kece	Navýšení součinitele prostupu tepla $\Delta U_{tbk,j}$
Konstrukce téměř bez tepelných mostů (úspěšné optimalizované řešení)	0,02 [W/m ² .K]
Konstrukce s mírnými tepelnými mosty (typové či opakované řešení)	0,05 [W/m ² .K]
Konstrukce s běžnými tepelnými mosty (dříve standartní řešení)	0,10 [W/m ² .K]
Konstrukce s výraznými tepelnými mosty (zanedbaný řešení)	0,15 [W/m ² .K]

Vlastní zpracování: Zdroj: [24]

Skladby všech stávajících konstrukcí bytového domu – obvodové stěny, vnitřní schodišťové stěny, podlahy v 1. NP, stropu v podkroví a střešního pláště s vypočtenými

součiniteli prostupu tepla U jsou sestaveny do Tabulek č. 10–14. Uvedené hodnoty slouží jako podklad pro zadávání vstupních údajů konstrukcí do výpočetního programu NKN.

Tabulka č. 10. Skladba obvodové stěny

Stěny	Tl. [m]	λ [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
Omítka VC	0,025	1,00	0,03
Zdivo	0,45	0,90	0,50
Omítka VC	0,025	1,00	0,03
R_{si}	0,13	R_{se}	0,04
U		1,39	W/m ² .K

Vlastní zpracování

Tabulka č. 11. Skladba vnitřní schodišťové stěny

Vnitřní stěna	Tl. [m]	λ [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
Omítka VC	0,025	1,00	0,03
Zdivo vnitřní	0,30	0,90	0,33
Omítka VC	0,025	1,00	0,03
R_{si}	0,13	R_{se}	0,04
U		1,81	W/m ² .K

Vlastní zpracování

Tabulka č. 12. Skladba podlahy v 1.NP

Podlaha 1.NP	Tl. [m]	λ [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
Linoleum	0,01	0,19	0,03
Tlumicí podložka	0,001	-	-
Roznášecí vrstva	0,02	0,18	0,13
Železobeton	0,20	1,42	0,14
Omítka	0,03	1,00	0,03
R_{si}	0,17	R_{se}	0,17
U		1,50	W/m ² .K

Vlastní zpracování

Tabulka č. 13. Skladba stropu v podkroví

Strop v podkroví	Tl. [m]	λ [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
Dřevěná prkna	0,02	0,18	0,13
Tepelná izolace	0,16	0,09	1,78
Dřevěné podbití z prken	0,02	0,18	0,10
SDK deska	0,01	0,21	0,06
R_{si}	0,10	R_{se}	0,10
U		0,44	W/m ² .K

Vlastní zpracování

Tabulka č. 14. Skladba střešního pláště

Střecha podkroví	Tl. [m]	λ [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
Plech krytina	0,003	73	0,00
Pojistná hydroizolace	0,00	0,3	0,01
Tep izolace	0,18	0,09	2
Parozábrana	0,00	0,3	0,01
Sdk deska	0,012	0,21	0,01
R_{si}	0,10	R_{se}	0,1
U		0,44	W/m ² .K

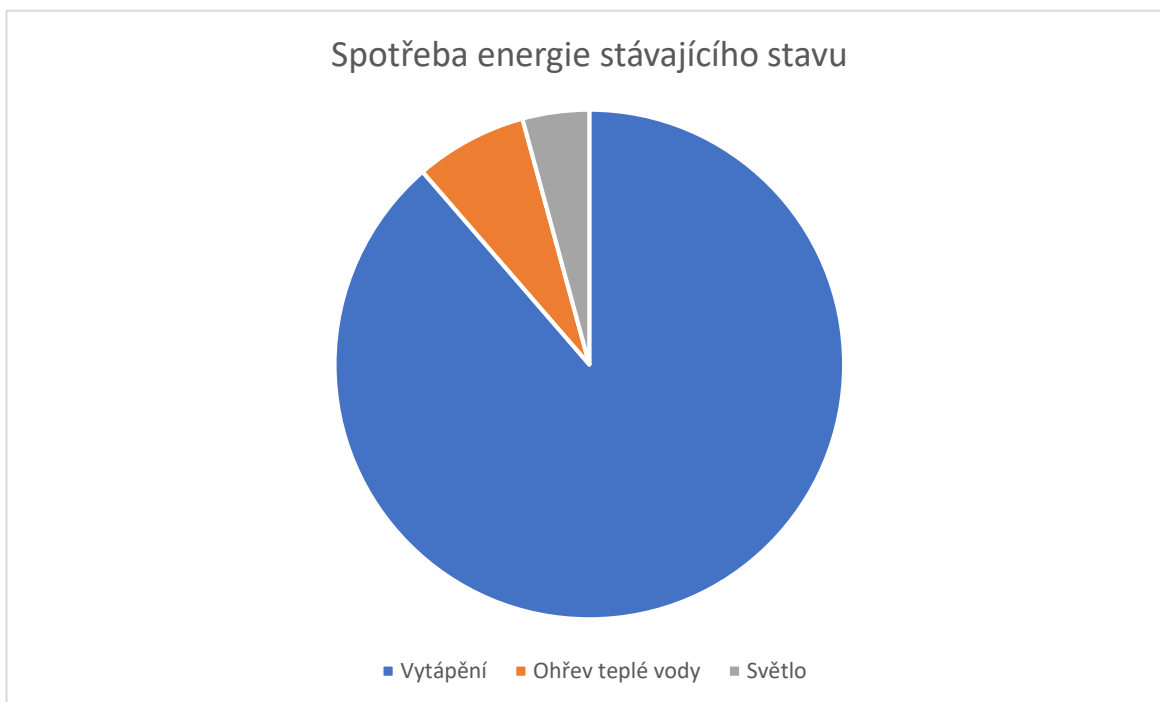
Vlastní zpracování

5.2.4 Vyhodnocení stávající stavu BD

Podle výsledků z NKN stávající stav energetické náročnosti bytového domu spadá do třídy E energetické náročnosti budov, nevhodná. Celková dodaná energie do objektu za jeden rok je 190,99 MWh, z tohoto množství činí neobnovitelná primární energie 225,80 MWh. Přepočtená spotřeba energie na jeden m² objektu představuje potřebu celkové dodané energie do budovy 259,3 kWh/(m²rok) a neobnovitelná primární energie 306,6 kWh/(m²rok). Rozdělení dílčí dodané energie na vytápění, ohřev vody a svícení

je patrné z Grafu č. 5, kdy největší část 89 % energie je spotřebována na vytápění objektu. Celý PENB je v Příloze č. 2.

Graf č. 4 Rozdělení dodané energie dle využití



Vlastní zpracování

Průměrný součinitel prostupu tepla stávajícího stavu bytového domu je patrný z Obrázku č.6. $U_{em} = 1,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ a spadá do třídy energetické náročnosti G mimořádně nevhodná, a proto se v další části diplomové práce zaměříme právě na zlepšení vlastností obálky budovy.

Dílčí dodaná energie na vytápění budovy je 169,31 MWh/rok. Rozložení spotřeby dílčích energií v jednotlivých měsících v roce zobrazuje Graf č. 5. Dílčí dodaná energie potřebná pro ohřev vody je 13,6 MWh/rok a spadá do třídy energetické náročnosti C, úsporná, a energie potřebná na osvětlení 8,1 MWh/rok spadající do třídy energetické náročnosti B, velmi úsporná. Celková potřeba dodávané energie z neobnovitelných zdrojů představuje 182,72 MWh/rok zemního plynu a 8,27 MWh/rok elektrické energie.

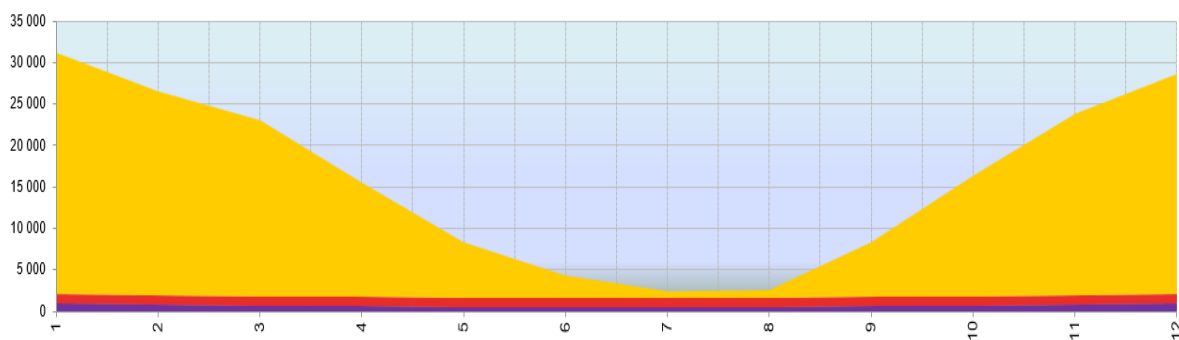
Náklady na provoz bytového domu jsou při současném stavu za zemní plyn ve výši 261 290 Kč/rok pokrývající vytápění a ohřev teplé vody a el. energii 37 260 Kč/rok. Cena za 1MWh zemního plynu a el. energie byla zjištěna od majitelů BD. Cena zemního plynu vychází na 1 430 Kč/MWh a el. energie na 4 600 Kč/MWh.

Obrázek č. 6. Ukazatel ENB stávajícího stavu

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Dílčí dodaná energie			Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)		
Mimořádně úsporná							
A							
B							11,0
C						18,5	
D							
E							
F							
G	1,17	229,9					
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		169,3	0,0	0,0	0,0	13,6	8,1

Zdroj: vlastní výpočet v program NKN

Graf č. 5. Dílčí dodané energie



Zdroj: vlastní výpočet v programu NKN

5.3 Návrh energeticky úsporných opatření

V následující podkapitole praktické části DP jsou uvedeny návrhy nových skladeb konstrukcí OB tak, aby součinitel prostupu tepla odpovídal normou stanoveným hodnotám. Dále jsou provedeny výpočty kombinací s různými varianty tlouštěk TI navzájem se doplňujících částí konstrukce. Výpočet byl proveden v programu NKN. Dále byly sestaveny ceny stavebních prací spojených s prováděnými variantami. Ceny jsou sestaveny pomocí rozpočtového programu KROS 4 s databází ÚRS, od společnosti ÚRS PRAHA, a.s. Z výsledků jednotlivých variant a cen za stavební opatření byla pomocí vícekritériálního rozhodování vybrána nejvhodnější varianta. K vybrané variantě stavebních

úprav byl navržen FV a rekuperační jednotka. Výpočtem byla stanovena nejvhodnější alternativa dle kritéria finanční návratnosti.

5.3.1 Návrh zlepšení obálky budovy

Návrh nových skladeb konstrukcí byl proveden ve čtyřech variantách s různou tloušťkou dodávaného izolantu tak, aby výsledný součinitel prostupu tepla splňoval hodnoty součinitele prostupu tepla dílčích konstrukcí, které jsou stanoveny ČSN 73 0540-2. Norma udává tři úrovně. První jsou požadované hodnoty, dále doporučené hodnoty a poslední sloupec představuje doporučené hodnoty pro pasivní dům. Hodnoty pro pasivní dům se skládají z měkkých a tvrdých hodnot součinitele prostupu tepla. Normou stanovené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce č. 5.

Tabulka č. 15. Návrh nové skladby obvodové stěny

Obvodová stěna			
Materiál	Tl. [m]	λ [W/m.K]	R_i
Omítka VC	0,03	1,00	0,03
Zdivo CPP	0,45	0,90	0,50
Tepelná izolace	0,10	0,032	3,13
Weber tmel 700	0,01	-	-
Weber pas uni	-	-	-
Weber pas silikát	0,005	0,80	0,006
R_{si}	0,13	R_{se}	0,04
Isover EPS Grey Wall	Tl. [m]	U [W/m ² .K]	Kč/m ²
Tl. izolace	0,10	0,26	249,0
Tl. izolace	0,12	0,22	298,8
Tl. izolace	0,16	0,18	398,4
Tl. izolace	0,24	0,12	597,6

Vlastní zpracování

Pro obvodovou stěnu byl zvolen zateplovací systém ETICS (External thermal insulation composite system), který patří k nejrozšířenějšímu systému zateplení obvodových stěn u nás. Jedná se o kontaktní zateplovací systém složený z několika částí, mezi které patří lepicí hmota, izolační desky, kotvicí prvky, stěrková hmota a finální povrchová úprava.

V návrhu je uvažováno s využitím TI Isover EPS Grey Wall se součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,032$ [W/m.K] ve čtyřech tloušťkách viz Tabulka č.15.

Tabulka č. 17 představuje navýšení zateplení stropu obytného podkroví ve 3.NP výměnou původní minerální tepelné izolace za novou do stávajícího skladby stropu volně pokládanou z vrchu.

Nově navrhované skladby střešního pláště v podkrovní části jsou uvedeny v Tabulce č. 18, kdy uvažujeme s výměnou stávajícího zateplení vloženého pouze mezi krokve a přidáním další tepelně izolační vrstvy do SDK podhledu pod krokve tak, aby součinitel prostupu tepla odpovídal normou stanoveným hodnotám.

Tabulka č. 16. Návrh nové skladby podlahy v 1.NP

Podlaha 1.NP			
Materiál	Tl. [m]	λ [W/m.K]	R_i
Linoleum	0,005	0,19	0,03
Tlumičí vrstva	0,001	-	-
Prkna	0,024	0,18	0,13
Škvára	0,1	0,27	0,37
Žb beton	0,2	1,42	0,14
Tepelná izolace	0,06	0,038	1,67
SDK deska	0,0125	0,21	0,06
R_{si}	0,17	R_{se}	0,17
Isover Domo Plus	Tl. [m]	U [W/m².K]	Kč/m²
Tl. Izolace	0,05	0,42	260
Tl. Izolace	0,10	0,38	470
Tl. Izolace	0,14	0,27	658
Tl. Izolace	0,16	0,19	752

Vlastní zpracování

Tabulka č. 17. Skladba stropu 3.NP

Strop 3.NP			
Materiál	Tl. [m]	λ [W/m.K]	R_i
Hrubá podlaha z prken	0,024	0,18	0,13
Tepelná izolace	0,04	0,038	1,00
Podbití	0,018	0,18	0,10
SDK deska	0,0125	0,21	0,059
Omítka	0,025	1	0,025
Rsi	0,1	Rsi	0,1
Isover Domo Plus	Tl. [m]	U [W/m².K]	Kč/m²
Stávající skladba	-	0,44	-
Izolace	0,08	0,38	85
Izolace	0,12	0,27	127
Izolace	0,18	0,19	191

Vlastní zpracování

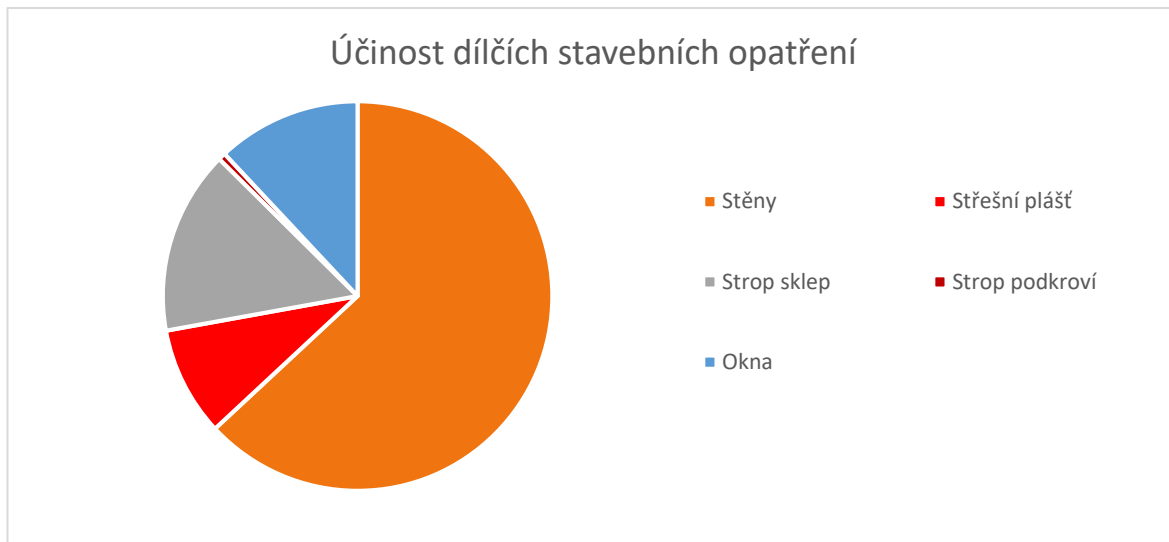
Tabulka č. 18. Skladba střešního pláště

Střecha 3.NP – podkroví			
Materiál	Tl. [m]	λ [W/m.K]	R_i
Plech krytina	0,00	73,00	0,00
Kontra latě	-	-	-
Pojistná hydroizolace	0,00	0,30	0,01
Tepelná izolace	0,12	0,038	3,16
Tepelná izolace	0,18	0,038	4,74
Parozábrana	0,00	0,30	0,01
SDK deska	0,0125	0,21	0,06
Rsi	0,10	Rse	0,04
Isover Domo Plus	Tl. [m]	U [W/m².K]	Kč/m²
Izolace	0,05	0,21	53
Izolace	0,12	0,15	127,00
Izolace	0,12	0,15	127
Izolace	0,24	0,10	254

Vlastní zpracování

Účinnost dílčích zateplení konstrukcí na normou stanovené hodnoty prostupu tepla zobrazuje Graf č. 6. kdy zrekonstruované části vychází s nejmenším podílem ztrát díky dodávané izolaci a tím pádem zlepšení jejich tepelně izolačních vlastností.

Graf č. 6 Účinnost dílčími zatepleními jednotlivých konstrukcí OB



Vlastní zpracování

Největší podíl na ztrátách energie při vytápění bytového domu mají obvodové nosné stěny, které tvoří největší část OB. Dále podlaha v 1.NP a výplně otvorů. Naopak nejmenší podíl na ztrátách má strop v podkroví, který byl při rekonstrukci dodatečně zateplen.

Pro určení nejvhodnější varianty zateplení objektu jsem provedl simulaci 121 kombinací zateplení různých částí obálky budovy. Kombinace využívají dílčí výsledky součinitelů prostupu tepla konstrukcí a jejich vzájemné použití pro zjištění nejefektivnějšího způsobu zateplení. Číselné označení dílčích variant je patrné v Tabulce č. 19, kde jsou barevně označeny jednotlivé oddíly.

Tabulka č. 19. Označení variant

Stěny	1	2	3	4
Střecha	5	6	7	8
Podlaha 1.NP	9	10	11	12
Strop 3.NP	13	14	15	16
Okna	17	18		

Vlastní zpracování

První čtyři hodnoty reprezentují zateplení obvodové nosné stěny. Druhá čtyři čísla představují zateplení střechy v podkrovní části. Další hodnoty jsou pro zateplení podlahy

v 1.NP. Předposlední čtyři čísla zastupují zateplení stropu nad obytným podkroví ve 3.NP a poslední dvě čísla výměnu oken, kdy 17 představuje izolační dvojsklo a 18 izolační trojsklo.

Výčet provedených kombinací je zřejmý z Tabulky č.20, u všech variant jsou sledovány čtyři ukazatele:

- průměrný součinitel prostupu tepla OB,
- spotřeba energie na vytápění v MWh/rok,
- spotřeba energie na vytápění v kWh/m².rok,
- cena realizace.

Tabulka č. 20. Tabulka provedených kombinací

Kombinace						
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	1,17	2,17	3,17
4,17	1,18	2,18	3,18	4,18	1,5,17	2,5,17
3,5,17	4,5,17	1,6,17	1,7,17	1,8,17	2,7,17	2,8,17
3,7,17	3,8,17	4,7,17	4,8,17	1,5	1,6	1,8
2,5	2,6	2,8	3,5	3,6	3,8	4,5
4,6	4,8	1,9	1,10	1,11	1,12	2,9
2,10	2,11	2,12	3,9	3,10	3,11	3,12
4,9	4,10	4,11	4,12	1,5,9,17	2,5,9,17	3,5,9,17
4,5,9,17	1,6,9,17	2,6,9,17	2,8,9,17	3,5,10,17	3,6,10,17	3,7,11,17
4,8,12,17	4,8,12,18	3,7,11,18	2,6,10,18	3,7,12,17	4,7,10,17	2,6,10,17
3,6,10,14,17	1,7,10,14,17	2,7,10,14,17	3,7,10,14,17	4,7,10,14,17	1,8,10,14,17	2,8,10,14,17
3,8,10,14,17	4,8,10,14,17	1,5,9,18	2,5,9,18	3,5,9,18	4,5,9,18	1,6,9,18
2,6,9,18	2,8,9,18	3,5,10,18	3,6,10,18	3,7,12,18	4,7,10,18	3,8,12,17
1,7,10,14,18	2,7,10,14,18	3,7,10,14,18	4,7,10,14,18	1,8,10,14,18	2,8,10,14,18	3,8,10,14,18
4,8,10,14,18	1,5,9,13,17	2,6,10,14,17	3,7,11,15,17	4,8,12,16,17	1,5,9,13,8	2,6,10,14,18
3,7,11,15,18	4,8,12,16,18					

Vlastní zpracování

Nejprve jsou provedeny výpočty samostatných variant zateplení, které jsou pro lepší orientaci v tabulce rozlišeny barevně, poté byly voleny kombinace navzájem se doplňujících variant. Posledních osm kombinací je sestaveno dle požadavků ČSN 75 0540-2 na součinitele požadované, doporučené a doporučené pro pasivní budovy s izolačními dvojskly a poté s izolačními trojskly. Celá tabulka i s dílčími výsledky jednotlivých variant je v Příloze č. 3.

Výsledný počet kombinací je zredukován stanovením dílčí doplňkové podmínky určením mezní hodnoty pro dodávanou energii na vytápění ve výši 92,01 kWh/m².rok. Podmínka představuje snížení nákladů na vytápění oproti původnímu stavu o 60 %, která umožňuje dosáhnout na dotaci z dotačního programu IROP.

Po aplikaci výše uvedené podmínky zůstalo z původního počtu 61 variant, které jsou uvedeny v Tabulce č. 21. Z tohoto sníženého počtu byla pomocí nákladů spojených se stavebními pracemi a spotřebou energie na vytápění po realizaci opatření vybrána nejvhodnější varianta, která představuje nejnižší náklady během celé životnosti opatření.

Tabulka č. 21. Počet variant po aplikaci podmínky na dílčí dodanou energii

Kombinace						
2,7,17	2,8,17	3,5,17	3,7,17	3,8,17	1,5,9,17	1,6,9,17
2,5,9,17	4,5,17	1,7,10,14,17	2,6,9,17	2,6,10,17	4,7,17	2,7,10,14,17
1,8,10,14,17	2,8,9,17	4,8,17	3,5,9,17	2,8,10,14,17	3,6,10,17	4,18
3,7,10,14,17	3,7,12,17	3,8,10,14,17	3,8,12,17	4,5,9,17	4,7,10,17	4,7,10,14,17
4,8,10,14,17	4,8,12,17	1,5,9,18	1,6,9,18	2,5,9,18	1,7,10,14,18	2,6,9,18
2,6,10,18	2,7,10,14,18	1,8,10,14,18	2,8,9,18	3,5,9,18	2,8,10,14,18	3,5,10,18
3,6,10,18	3,7,11,18	3,7,10,14,18	3,7,12,18	3,8,10,14,18	4,5,9,18	4,7,10,18
3,7,11,17	4,7,10,14,18	4,8,10,14,18	4,8,12,18	1,5,9,13,17	2,6,10,14,17	3,7,11,15,17
4,8,12,16,17	1,5,9,13,8	2,6,10,14,18	3,7,11,15,18	4,8,12,16,18		

Vlastní zpracování

5.3.2 Sestavení cen za stavební úpravy

K sestavení cen za provedené práce a materiály byl využit software KROS 4 od společnosti ÚRS PRAHA, a.s, který slouží pro rozpočtování a oceňování prací ve stavitelství. Program je vybavený cenovou soustavou ÚRS s verzí 2017/I obsahující

směrné ceny prací ve stavitelství. Výška řešené budovy je do 12 m. Skládka odpadů je vzdálena 5 km od řešeného objektu

5.3.2.1 Zateplení obvodového pláště

Směrná cena dodávky a montáže za jeden m² zateplení fasády pomocí EPS Isover Grey Wall z izolačních desek pro jednotlivé tloušťky navrhovaných izolantů je uvedena v Tabulce č. 22. Předpokládaná doba prací na zateplování objektu je 30 dní, což ovlivňuje položku pronájem lešení a je nutné kalkulovat u rozsáhlejších stavebních objektů s navýšením stanovené ceny za m² z důvodu delšího pronájmu lešení. Do ceny zateplení obvodových stěn jsou zahrnuty následující položky:

- montáž KZ z vnějších stěn z polystyrénových desek tloušťky do:

100 mm	498,00 Kč /m ² ,
--------	-----------------------------
- deska fasádní EPS Isover Grey Wall:

100 mm	259,00 Kč/m ² ,
--------	----------------------------
- montáž zakládacích soklových lišt 88,20 Kč /m,
- lišta soklová Al s okapničkou, zakládací U 10 97,60 Kč /m,
- montáž ostatních lišt KZ 51,00 Kč /m,
- lišta rohová Al 10/10 mm s tkaninou 18,20 Kč /m,
- profil okenní začišť'ovací s tkaninou 29,40 Kč /m,
- profil parapetní 38,90 Kč /m,
- tenkovrstvá silikátová zrnitá omítka 2,0 mm 272,00 Kč /m²,
- zakrytí výplní otvorů folií 30,40 Kč /m²,
- montáž lešení řadového rámového 39,50 Kč /m²,
- příplatek za pronájem lešení 1,75 Kč/m².den,
- demontáž lešení řadového rámového 24,50 Kč /m²
- přesun hmot pro budovy zděné v do 12 252,00 Kč/t,
- demontáž podokapního žlabu do suti 52,40 Kč /m,
- demontáž svodu do suti 40,80 Kč /m,
- Montáž žlabu podokapního 112,00 Kč /m,
- žlab půlkruhový podokapní 56,30 Kč /m,
- montáž rohu podokapního žlabu 57,00 Kč /kus,
- roh žlabový lisovaný 90° 106,00 Kč /kus,
- montáž kotlíku oválného 182,00 Kč /kus,

- kotlík oválný lisovaný 408,00 Kč /kus,
- montáž kruhového svodu 98,00 Kč /m,
- svod kruhový 150 pozink 122,00 Kč /m,
- montáž objímky kruhového svodu 36,50 Kč /kus,
- objímka svodu 76,20 Kč /kus,
- montáž horního dvojitého kolena 70,20 Kč /kus,
- koleno 150 pozink 494,00 Kč /kus,
- přesun hmot tonážní pro klempířské konstrukce 1 550,00 Kč/t.

Tabulka č. 22. Cena zateplení za jeden m²

Tloušťka izolantu	[mm]	TI. 100	TI. 120	TI. 160	TI. 240
Směrná cena zateplení 1 m ²	[Kč]	1 441	1 495	1 665	1 927

Vlastní zpracování

V Tabulce č. 23 jsou uvedeny celkové náklady zateplení obvodových stěn vybraného BD. Rozpočet vybrané varianty opatření je v Příloze č.4.

Tabulka č. 23. Cena zateplení obvodových stěn BD

Tloušťka izolantu	[mm]	TI. 100	TI. 120	TI. 160	TI. 240
Cena za zateplení BD	[Kč]	572 105,25	593 570,64	661 071,36	765 192,86

Vlastní zpracování

5.3.2.2 Zateplení stropu 1.PP

Zateplení stropu v prvním podzemním podlaží je navrženo vložení tepelné izolace do SDK podhledu. Plocha pomocného lešení je uvažována na jednu třetinu podlahové plochy. Do ceny zateplení stropu v 1.PP jsou zahrnuty následující položky:

- pomocné lešení 40,80 Kč/m²,
- SDK podhled z desek 1xA tl. 12,5 bez TI CD, CU 568,00 Kč/m²,
- SDK podhled napojení na obvodové kce 107,00 Kč/m,
- SDK podhled základní penetrační nátěr 24,50 Kč/m²,
- Montáž jedné vrstvy TI do SDK 32,10 Kč/m²,
- pás TI Isover DOMO PLUS tloušťky do:
50 mm 58,50 Kč/m²,

- přesun hmot tonážní pro budovy zděné 7771,00 Kč/t,
- příplatek k přesunu hmot bez použití mechanizace 386,00 Kč/t,
- dvojnásobné bílé malby 62,3 Kč/m²,

Tabulka č. 24. Cena zateplení za jeden m² stropu v 1.PP

Tloušťka izolantu	[mm]	TI. 50	TI. 100	TI. 140	TI. 160
Směrná cena zateplení 1 m ²	[Kč]	886	947	996	1 021

Vlastní zpracování

Tabulka č. 25. Cena zateplení stropu v 1.PP BD

Tloušťka izolantu	[mm]	TI. 50	TI. 100	TI. 140	TI. 160
Cena za zateplení BD	[Kč]	162 088,98	173 311,72	182 326,55	186 926,72

Vlastní zpracování

Směrné ceny zateplení 1 m² stropu skelnou vlnou v různých dimenzích do SDK podhledu jsou uvedeny v Tabulce č. 24. Celkové náklady variant zateplení stropu v 1.PP do SDK podhledu vybraného BD jsou uvedeny v Tabulce č. 25. Rozpočet vybrané varianty opatření je v Příloze č.4.

5.3.2.3 Zateplení stropu ve 3.NP

Zateplení stropu ve 3.NP bude provedeno z půdního prostoru volně loženými pásy TI. Postup práce spočívá v rozebrání hrubé dřevěné podlahy z prken a odstranění stávající TI. Položení nové vrstvy izolace a zhotovení nové pochozí vrstvy z hrubých prken. Do ceny je započítán odvoz demontovaného materiálu na skládku včetně poplatků za jeho uložení a příplatek k přesunu hmot bez stavební mechanizace. Skládku je vzdálena 5 km od místa stavby. Do ceny zateplení stropu v 3.NP jsou zahrnuty následující položky:

- vnitro staveništní doprava suti a vybouraných hmot 1 160,00 Kč/t,
- odvoz suti a vybouraných hmot na skládku 210,00 Kč/t,
- příplatek k odvozu suti na skládku ZKD 1 km přes 1 km 9,12 Kč/t,
- poplatek za uložení dřevěného odpadu (skládkovné) 500,00 Kč/t,
- poplatek za uložení izolačních hmot (skládkovné) 1 740,00 Kč/t,
- montáž TI vrchem stropů volně ložená 26,30 Kč/m²,
- pás TI Isover DOMO PLUS tl.:

80 mm	93,70 Kč/m ² ,
• odstranění TI podlah volně ložené	19,20 Kč/m ² ,
• přesun hmot pro izolace tepelné	824,00 Kč/t,
• příplatek k přesunu hmot bez použití mechanizace	424,00 Kč/t,
• impregnace řeziva	715,00 Kč/m ³ ,
• položení podlahy z hrubých prken	73,60 Kč/m ² ,
• řezivo jehličnaté boční prkno	2 930,00 Kč/m ³ ,
• demontáž podlah s polštáři z prken	57,00 Kč/m ² ,
• položení polštáře pod podlahy	54,90 Kč/m ² ,
• řezivo jehličnaté hranol	4 680,00 Kč/m ³ ,
• spojovací prostředky	26,70 Kč/m ² ,
• přesun hmot pro tesařské kce	1 290,00 Kč/t,
• příplatek k přesunu hmot bez použití mechanizace	459,00 Kč/t,

Tabulka č. 26. Cena zateplení za jeden m² stropu ve 3.NP z volně ložených pásů vrchem

Tloušťka izolantu	[mm]	Tl. 80	Tl. 120	Tl. 180
Směrná cena zateplení 1 m ²	[Kč]	601	651	738

Vlastní zpracování

Tabulka č. 27. Cena zateplení stropu ve 3.NP vrchem z volně ložených pásů

Tloušťka izolantu	[mm]	Tl. 80	Tl. 120	Tl. 180
Cena za zateplení BD	[Kč]	37 350,36	40 492,38	45 884,27

Vlastní zpracování

Směrné ceny zateplení 1 m² stropu skelnou vlnou volně loženou mezi trámy se zhotovením nové hrubé podlahy kotvené do polštářů v různých dimenzích TI jsou uvedeny v Tabulce č. 26. Celkové náklady jednotlivých variant zateplení stropu ve 3.NP vybraného BD jsou uvedeny v Tabulce č. 27. Rozpočet pro tepelnou izolaci tloušťky 80 mm je v Příloze č.4.

5.3.2.4 Zateplení střešního pláště podkroví

Zateplení střešního pláště v podkroví bude provedeno po demontáži SDK podhledu a náhradou stávající tepelné izolace mezi krokviemi za novou Isover Domo Plus v tl. 180 mm. Následně navrhujeme přidání další vrstvy izolace do nově zhotoveného SDK podhledu. Přidaná TI částečně eliminuje tepelné mosty způsobené krokviemi.

Do ceny zateplení střešního pláště jsou zahrnuty následující položky:

- vnitro staveništní doprava suti a vybouraných hmot 1 160,00 Kč/t,
- odvoz suti a vybouraných hmot na skládku 210,00 Kč/t,
- příplatek k odvozu suti na skládku ZKD 1 km přes 1 km 9,12 Kč/t,
- poplatek za uložení SDK odpadu (skládkovné) 935,00 Kč/t,
- poplatek za uložení izolačních hmot (skládkovné) 1 740,00 Kč/t,
- montáž TI střech šikmých mezi krokve 29,20 Kč/m²,
- pás TI Isover DOMO PLUS v tl.:
 - 180 mm 209,00 Kč/m²,
- odstranění TI střech šikmých mezi krokviemi 24,00 Kč/m²,
- přesun hmot tonážní 824,00 Kč/t,
- příplatek k přesunu hmot bez použití mechanizace 424,00 Kč/t,
- SDK podhled napojení na jiný druh podhledu 88,90 Kč/m,
- montáž parotěsné zábrany do podhledu 21,80 Kč/m²,
- zábrana parotěsná PK-BAR SPECIAL 13,30 Kč/m²,
- Montáž jedné vrstvy TI do SDK 32,10 Kč/m²,
- pás TI Isover DOMO PLUS tl.:
 - 50 mm 58,50 Kč/m²,
- SDK podkrovní deska 1xA tl. 12,5 bez TI CD, CU 647,00 Kč/m²,
- demontáž SDK podkroví 86,20 Kč/m²,
- přesun hmot tonážní pro SDK kce 847,00 Kč/t,
- příplatek k přesunu hmot bez použití mechanizace 386,00 Kč/t,

- dvojnásobné bílé barvy 62,30 Kč/m².

Tabulka č. 28. Cena zateplení za jeden m² střešního pláště

Tloušťka izolantu	[mm]	Tl. 50	Tl. 120	Tl. 240
Směrná cena zateplení 1 m ²	[Kč]	1 254	1 340	1 487

Vlastní zpracování

Tabulka č. 29. Cena zateplení střešního pláště BD

Tloušťka izolantu	[mm]	Tl. 50	Tl. 120	Tl. 240
Cena za zateplení BD	[Kč]	304 782,57	325 664,06	361 529,96

Vlastní zpracování

Směrné ceny zateplení 1 m² šikmé střechy skelnou vlnou vkládanou mezi krokve a dodatečnou TI vkládanou pod krokve do SDK konstrukce včetně demontáže a odvozu stávajícího SDK podhledu a staré TI na skládku vzdálenou 5 km jsou uvedeny v Tabulce č. 28. Celkové náklady jednotlivých variant zateplení střešního pláště vybraného BD jsou uvedeny v Tabulce č. 29. Rozpočet vybrané varianty opatření je v Příloze č.4.

5.3.2.5 Výměna střešních oken

Výměna střešních oken bude probíhat z vnitřní části objektu. Do ceny výměny střešního okna jsou zahrnuty následující položky:

- vnitro staveništní doprava suti a vybouraných hmot 1 160,00 Kč/t,
- odvoz suti a vybouraných hmot na skládku 210,00 Kč/t,
- příplatek k odvozu suti na skládku ZKD 1 km přes 1 km 9,12 Kč/t,
- poplatek za uložení směsného odpadu (skládkovné) 1 140,00 Kč/t,
- montáž střešního okna 78x140 do krytiny ploché 1 350,00 Kč/ks,
- střešní okno Velux 78x140 s izolačním trojsklem 12 630,00 Kč/ks,
- demontáž střešního okna v hladké krytině do 45° 177,00 Kč/ks,
- přesun hmot pro kce truhlářské 844,00 Kč/t,
- příplatek k přesunu hmot bez použití mechanizace 424,00 Kč/t,

Směrná cena výměny 1 m² střešního okna v šikmých střeších je uvedena v Tabulce č. 30. V ceně je započítána demontáž oken, přesuny hmot včetně příplatku

za přesun bez použití mechanizace, odvoz vzniklé suti na skládku a skládkovné. Celkové náklady jednotlivých variant zateplení střešního pláště vybraného BD jsou uvedeny v Tabulce č. 31. Rozpočet vybrané varianty opatření je v Příloze č.4.

Tabulka č. 30. Cena za jeden m² výměny střešního okna bez střešního okna

Směrná cena výměny 1 m² střešního okna	[Kč]	1 501
--	-------------	-------

Vlastní zpracování

Tabulka č. 31. Cena výměny střešních oken v BD

Střešní okno Velux Premium	[U]	1,2	0,83
Cena výměny střešních oken na BD	[Kč]	256 845,48	333 885,48

Vlastní zpracování

5.3.2.6 Výměna oken plastových

Cenu za dodávku a montáž plastových oken je převzata z aktualizace nákladového optima budov v ČR zpracovaného společností SEVEN. V ceně práce je započítána montáž okna, vnitřního a venkovního parapetu, zednické začistění a demontáž stávající výplně. Není započítán odvoz a likvidace. Do ceny za materiál se uvádí samotné okno, vnitřní a vnější parapet. [34] Ceny za m² okna od firmy Oknotherm jsou uvedeny pro dva součinitele prostupu tepla následovně:

- *Plast Oknotherm U = 1,2* 2 525,2 m²
- *Plast Oknotherm U = 0,73* 6 275,5 m²
- *Cena montáže* 2 622 m² [34]

5.3.3 Výběr varianty

Výběr nejvhodnější varianty je zobrazen v Tabulce č. 32, která zobrazuje náklady spojené s provedením stavebních prací umístěných ve třetím sloupci pro jednotlivé varianty. Čtvrtý sloupec reprezentuje náklady za energie spojené s vytápěním po dobu životnosti opatření 30 let. Pátý sloupec tabulky zobrazuje sumu, kterou budou muset majitelé zaplatit za samotnou realizaci a vytápění během třiceti let po jeho realizaci. Varianta s nejnižší hodnotou prezentuje nejlepší možnost, kterou je 4,8,12,17. Představuje zateplení obvodové konstrukce TI tl. 240 mm, střešního pláště mezi krokve tl. 180 mm TI a přidanou TI o tl. 240 mm pod krokve, zateplení stropu 1.PP izolací tl. 240 mm do SDK podhledu a výměnu stávajících okenních výplní za nová plastová okna s izolačním dvojsklem.

Cena potřebná k provedení stavebních prací a náklady na vytápění po dobu třiceti let jsou 3 675 422,44 Kč. Vybraná varianta je tučně vyznačena v Tabulce č. 32.

Tabulka č. 32. Výběr varianty

Kombinace	Potřeba kWh/m ² -rok	Cena stavebních prací	Cena energie za vytápění po dobu 30 let	Cena staveb. prací a energie na vytápění
4,8,12,18	47,66	2 288 111,82	1 506 812,26	3 794 924,08
4,8,10,14,18	50,92	2 311 846,82	1 609 842,16	3 921 688,98
4,7,10,14,18	53,36	2 292 556,82	1 687 114,58	3 979 671,40
3,7,11,17	53,77	2 255 206,82	1 699 993,32	3 955 200,14
4,7,10,18	59,61	2 255 206,82	1 884 588,55	4 139 795,37
4,5,9,18	57,43	2 206 526,82	1 815 901,96	4 022 428,78
3,8,10,14,18	55,80	2 207 725,32	1 764 387,01	3 972 112,33
3,7,12,18	54,85	2 164 700,32	1 734 336,62	3 899 036,94
3,7,10,14,18	58,25	2 188 435,32	1 841 659,43	4 030 094,75
3,7,11,18	56,35	2 160 100,32	1 781 558,66	3 941 658,98
3,6,10,18	58,52	2 134 509,32	1 850 245,25	3 984 754,57
3,5,10,18	61,51	2 113 628,32	1 944 689,33	4 058 317,65
2,8,10,14,18	58,93	2 140 224,60	1 863 123,99	4 003 348,59
3,5,9,18	62,19	2 102 405,32	1 966 153,89	4 068 559,21
2,8,9,18	60,15	2 091 651,60	1 901 760,20	3 993 411,80
1,8,10,14,18	62,19	2 118 759,21	1 966 153,89	4 084 913,10
2,7,10,14,18	61,37	2 120 934,60	1 940 396,42	4 061 331,02
2,6,10,18	61,78	2 067 008,60	1 953 316,79	4 020 325,39
2,6,9,18	62,59	2 055 785,60	1 979 032,63	4 034 818,23
1,7,10,14,18	64,63	2 099 469,21	2 043 426,31	4 142 895,52
2,5,9,18	65,44	2 034 904,60	2 069 183,79	4 104 088,39
1,6,9,18	65,72	2 034 320,21	2 077 769,61	4 112 089,82
1,5,9,18	68,97	2 013 439,21	2 180 799,51	4 194 238,72
4,8,12,17	54,85	1 941 085,82	1 734 336,62	3 675 422,44
4,8,10,14,17	58,25	1 964 820,82	1 841 659,43	3 806 480,25
4,7,10,14,17	60,69	1 945 530,82	1 918 931,85	3 864 462,67
4,7,10,17	60,96	1 908 180,82	1 927 517,68	3 835 698,50
4,5,9,17	64,77	1 859 500,82	2 047 719,23	3 907 220,05
3,8,12,17	59,61	1 836 964,32	1 884 588,55	3 721 552,87
3,8,10,14,17	63,00	1 860 699,32	1 991 911,36	3 852 610,68
3,7,12,17	62,05	1 817 674,32	1 961 860,98	3 779 535,30
3,7,10,14,17	65,44	1 841 409,32	2 069 183,79	3 910 593,11
4,18	90,56	1 739 654,82	2 863 372,59	4 603 027,41
3,6,10,17	65,85	1 787 483,32	2 082 062,53	3 869 545,85
2,8,10,14,17	66,26	1 793 198,60	2 094 941,26	3 888 139,86
3,5,9,17	69,79	1 755 379,32	2 206 556,99	3 961 936,31

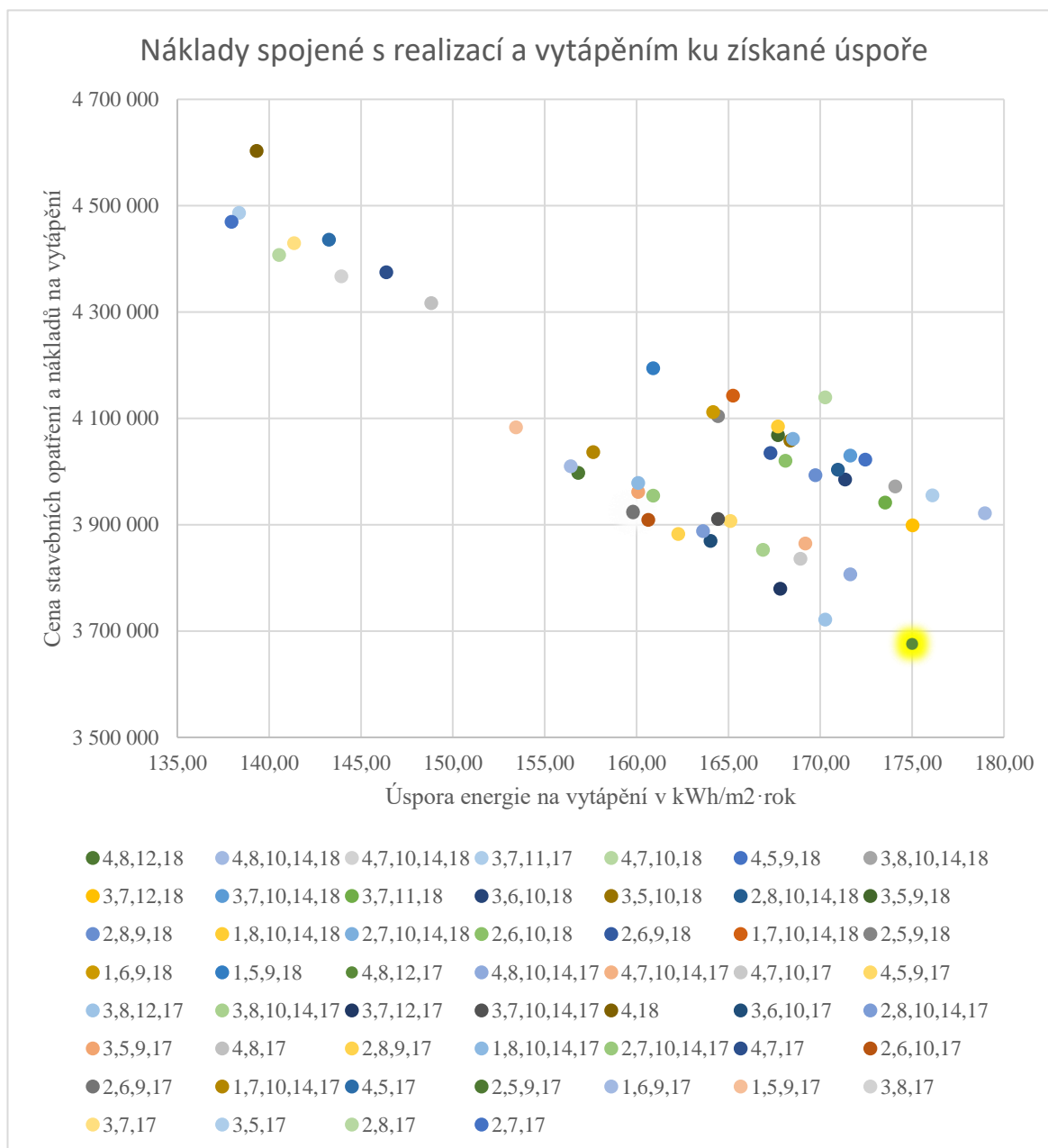
Kombinace	Potřeba kWh/m ² rok	Cena stavebních prací	Cena energie za vytápění po dobu 30 let	Cena staveb. prací a energie na vytápění
4,8,17	81,06	1 754 158,82	2 562 868,72	4 317 027,54
2,8,9,17	67,62	1 744 625,60	2 137 870,39	3 882 495,99
1,8,10,14,17	69,79	1 771 733,21	2 206 556,99	3 978 290,20
2,7,10,14,17	68,97	1 773 908,60	2 180 799,51	3 954 708,11
4,7,17	83,50	1 734 868,82	2 640 141,14	4 375 009,96
2,6,10,17	69,25	1 719 982,60	2 189 385,34	3 909 367,94
2,6,9,17	70,06	1 708 759,60	2 215 142,81	3 923 902,41
1,7,10,14,17	72,23	1 752 443,21	2 283 829,41	4 036 272,62
4,5,17	86,63	1 697 411,82	2 738 878,13	4 436 289,95
2,5,9,17	73,05	1 687 878,60	2 309 586,88	3 997 465,48
1,6,9,17	73,46	1 687 294,21	2 322 465,62	4 009 759,83
1,5,9,17	76,44	1 666 413,21	2 416 909,69	4 083 322,90
3,8,17	85,95	1 650 037,32	2 717 413,56	4 367 450,88
3,7,17	88,53	1 630 747,32	2 798 978,90	4 429 726,22
3,5,17	91,51	1 593 290,32	2 893 422,97	4 486 713,29
2,8,17	89,34	1 582 536,60	2 824 736,37	4 407 272,97
2,7,17	91,92	1 563 246,60	2 906 301,71	4 469 548,31
1,5,9,13,17	76,31	1 666 413,00	2 412 716,16	4 079 129,16
2,6,10,14,17	68,97	1 757 333,00	2 180 645,18	3 937 978,18
3,7,11,15,17	62,73	1 853 566,00	1 983 353,23	3 836 919,23
4,8,12,16,17	53,50	1 986 970,00	1 691 525,55	3 678 495,55
1,5,9,13,18	68,97	2 013 439,00	2 180 645,18	4 194 084,18
2,6,10,14,18	61,37	2 104 359,00	1 940 353,70	4 044 712,70
3,7,11,15,18	55,40	2 200 592,00	1 751 598,42	3 952 190,42
4,8,12,16,18	46,30	2 333 996,00	1 463 880,99	3 797 876,99

Vlastní zpracování

V Grafu č. 7 je zobrazený vliv ceny spojený s náklady za provedení stavebních prací a energie na vytápění ku výši dosažených úspor energie za vytápění v kWh/m²rok. Zobrazené hodnoty v grafu představují pouze varianty, které plní stanovenou podmínku dosažení úspor ve výši 60 % oproti stávajícímu stavu. Současně jsou v grafu patrné varianty, které mají izolační dvojsklo a trojsklo. Varianty s izolačním dvojsklem představují dolní pás variant, díky nižší pořizovací ceně, varianty s izolačními trojskly představují body nad tímto pásem. Z grafu je také patrná vhodnost použití silnější vrstvy izolantu na neprůsvitné části konstrukce, které mají díky většímu podílu plochy a menším pořizovacím nákladům mnohem významnější vliv na získání úspor energie za vytápění. Využití dražších okenních výplní s lepšími vlastnostmi díky malé ploše oken nemá takový dopad na celkový zisk úspor.

Tento jev nastává v případě menší plochy průsvitných konstrukcí a větší plochy neprůsvitných konstrukcí, kterou se bytové domy z minulého století vyznačují.

Graf č. 7 Vliv ceny na dosažené úspory energie



Vlastní zpracování

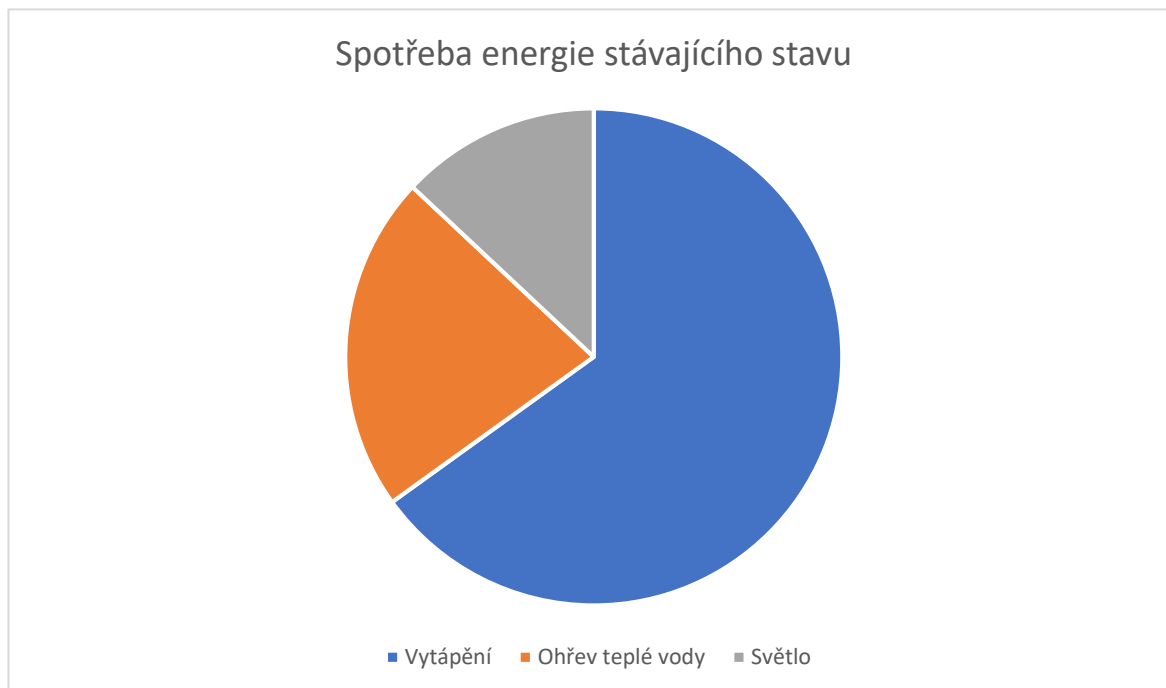
5.3.4 Energetická bilance navrženého stavu

Vybraná varianta stavebních opatření pro zlepšení obálky budovy BD se dle výpočtu řadí do třídy energetické náročnosti budov B, velmi úsporná, oproti současnému stavu ENB, kdy je zařazen do třídy E, nevhodná. Celková dodávaná energie do budovy za jeden rok činí 62,07 MWh/rok, což představuje snížení o 128,92 MWh/rok. Z toho neobnovitelná primární energie činí 83,99 MWh. Přepočtená spotřeba na jeden m² objektu představuje

potřebu celkové dodané energie do budovy 84,3 kWh/(m².rok) a neobnovitelná primární energie 114,0 kWh/(m².rok).

Změna v rozdělení podílu dílčích dodávaných energií na vytápění, ohřev vody a osvětlení je zjevná z Grafu č. 8, kde je patrný výrazný rozdíl v rozložení mezi stávajícím a navrženým stavem v konečné spotřebě dodávané energie. Vytápění nyní zastává 65 % potřeby veškeré energie oproti stávajícímu stavu, který byl 89 %.

Graf č. 8 Rozdělení dílčí dodané energie dle využití navrženého stavu BD



Vlastní zpracování: zdroj model NKN

Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy DB je patrný z Obrázku č.7, který udává ukazatele energetické náročnosti budovy. Obálka budovy má průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = 0,41 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, který se řadí do třídy energetické náročnosti budovy C, méně úsporná.

Energii potřebnou na vytápění objektu představuje hodnota 40,4 MWh/rok. Rozložení spotřeby dílčích energií na vytápění, ohřev vody a osvětlení v jednotlivých měsících zobrazuje Graf č. 9. Potřeba celkové dodané energie z neobnovitelných zdrojů představuje 53,8 MWh/rok zemního plynu. Vzhledem k ponechání stávající osvětlovací soustavy vychází potřeba elektrické energie shodně s původním stavem na 8,27 MWh/rok.

Náklady na provoz bytového domu by po realizaci vybrané varianty vycházely za zemní plyn 76 937 Kč/rok pokrývající vytápění i ohřev teplé vody a na elektrickou energii 37 260 Kč/rok. Cena za 1MWh zemního plynu a elektrické energie je získána

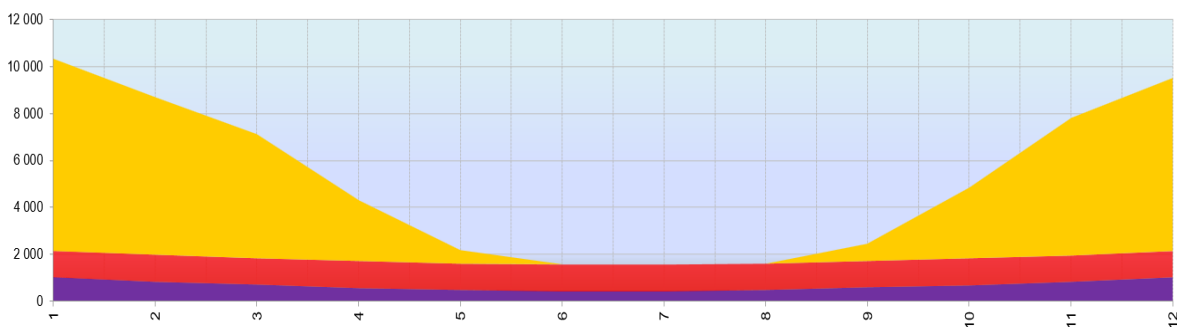
od majitelů BD. Cena zemního plynu vychází na 1 430 Kč/MWh a elektrické energie na 4 600 Kč/MWh.

Obrázek č. 7. Ukazatel ENB navrhovaného stavu

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Dílní dodaná energie			Měrné hodnoty $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$		
Mimořádně úsporná							
A							
B		54,8					11,0
C	0,41					18,5	
D							
E							
F							
G							
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		40,4	0,0	0,0	0,0	13,6	8,1

Zdroj: vlastní výpočet v program NKN

Graf č. 9 Dílní dodané energie podle požadavků Vyhlášky 78/2013 Sb. navrhovaný stav



Zdroj: vlastní výpočet v programu NKN

5.3.5 Ekonomické vyhodnocení

Ekonomické vyhodnocení projektu bylo provedeno metodami uváděnými ve Vyhlášce č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. Provádí se pomocí tří kritérií. Hlavním rozhodovacím kritériem je uvedena čistá současná hodnota (NPV), která patří mezi dynamické metody posuzování investičních projektů, neboť pomocí diskontního výpočtu bere v úvahu faktor času. Při posuzování více variant je nejefektivnější investice s nejvyšší čistou současnou hodnotou. Dílčími doplňujícími ukazateli jsou vnitřní výnosové procento (IRR) a reálná doba návratnosti (T_{sd}). Vyhláška dále stanovuje hodnotu

diskontní sazby pro energetické posudky ve výši 4 %. [35] Nárůst cen energie přebíráme z aktualizace nákladového optima, kde je stanoven meziroční nárůst cen energie o 2 %. [34] Životnost stavebních opatření předpokládáme na dobu 30 let, kdy se na případné lokální opravy bude střídat ročně 10 000 Kč do fondu oprav, které zajistí stanovenou dobu životnosti. Výpočet je proveden bez získání dotace a se získáním dotace z dotačního programu IROP ve výši 40 %, neboť návrh splňuje podmínky pro udělení dotace v hladině 1a). Výpočet výše uvedených ukazatelů byl proveden ve výpočtovém programu Excel dle vzorců (7), (8), (9).

Čistá současná hodnota (NPV):

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{\dot{z}}} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IN \quad (7)$$

kde:

IN investiční výdaje projektu,

$T_{\dot{z}}$ doba životnosti projektu (roky),

r diskontní sazba,

CF_t roční přínosy projektu.

Vnitřní výnosové procento (IRR):

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{\dot{z}}} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - IN = 0 \quad (8)$$

Reálná doba návratnosti:

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0 \quad (9) [35]$$

Tabulka č. 33 zobrazuje reálnou dobu návratnosti investice vybrané varianty s finančními toky po dobu 30 let, na kterou je uvažována. Cena za stavební práce je stanovena pomocí softwaru pro rozpočtování stavebních prací KROS 4 a vyčíslena na 1 941 093 Kč. V předposledním sloupci tabulky je zobrazena reálná doba návratnosti investice financované z vlastních zdrojů. Čistá současná hodnota vychází na 1 955 979 Kč a k reálné době návratnosti dochází po 13,9 letech. Vnitřní výnosové procento je 11 %, což je vyšší než stanovená diskontní sazba u energetických projektů. Výše investice s dotací je uvedena v posledním sloupci ve výši 1 164 656 Kč, kdy čistá současná hodnota vychází

2 732 416 Kč. Reálná doba návratnosti se snížila na 8,35 let a vnitřní výnosové procento vzrostlo na 18 %.

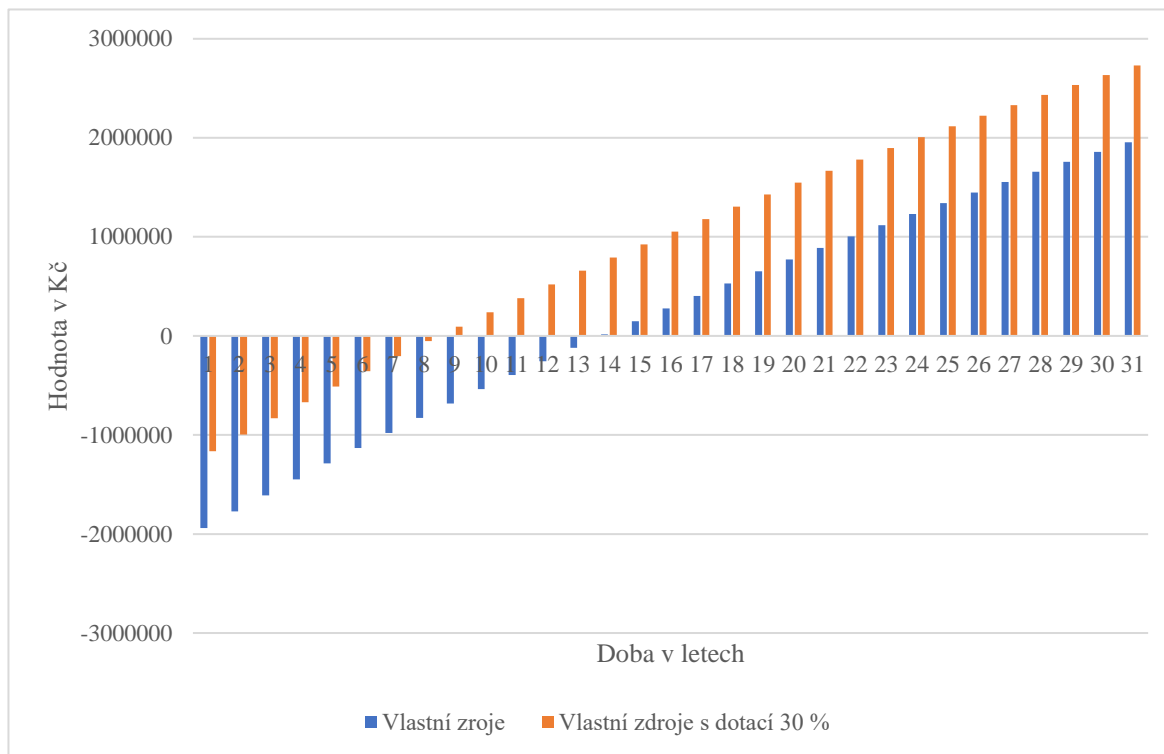
Tabulka č. 33. Ekonomické vyhodnocení

Životnost investice	Náklady na údržbu	Roční úspora s nárůstem cen en. o 2 %	Cash flow	Současná hodn. budoucích výnosů	Vlastní kapitál	
					Vlastní kapitál	Vlastní kapitál s dotací 40 %
					-1 941 093,0	-1 164 655,8
1	10 000	184 361	174 361	167 655,1	-1 773 437,9	-997 000,7
2	10 000	188 049	178 049	164 615,9	-1 608 822,0	-832 384,8
3	10 000	191 810	181 810	161 628,0	-1 447 194,0	-670 756,8
4	10 000	195 646	185 646	158 690,7	-1 288 503,3	-512 066,1
5	10 000	199 559	189 559	155 803,4	-1 132 699,9	-356 262,7
6	10 000	203 550	193 550	152 965,2	-979 734,7	-203 297,5
7	10 000	207 621	197 621	150 175,6	-829 559,1	-53 121,9
8	10 000	211 773	201 773	147 433,7	-682 125,4	94 311,8
9	10 000	216 009	206 009	144 739,0	-537 386,5	239 050,7
10	10 000	220 329	210 329	142 090,6	-395 295,8	381 141,4
11	10 000	224 735	214 735	139 488,0	-255 807,8	520 629,4
12	10 000	229 230	219 230	136 930,5	-118 877,3	657 559,9
13	10 000	233 815	223 815	134 417,3	15 540,0	791 977,2
14	10 000	238 491	228 491	131 947,9	147 487,9	923 925,1
15	10 000	243 261	233 261	129 521,5	277 009,4	1 053 446,6
16	10 000	248 126	238 126	127 137,5	404 146,8	1 180 584,0
17	10 000	253 089	243 089	124 795,2	528 942,0	1 305 379,2
18	10 000	258 150	248 150	122 494,0	651 436,0	1 427 873,2
19	10 000	263 313	253 313	120 233,3	771 669,3	1 548 106,5
20	10 000	268 580	258 580	118 012,4	889 681,6	1 666 118,8
21	10 000	273 951	263 951	115 830,7	1 005 512,3	1 781 949,5
22	10 000	279 430	269 430	113 687,5	1 119 199,8	1 895 637,0
23	10 000	285 019	275 019	111 582,4	1 230 782,2	2 007 219,4
24	10 000	290 719	280 719	109 514,6	1 340 296,8	2 116 734,0
25	10 000	296 534	286 534	107 483,6	1 447 780,4	2 224 217,6
26	10 000	302 464	292 464	105 488,7	1 553 269,1	2 329 706,3
27	10 000	308 514	298 514	103 529,5	1 656 798,6	2 433 235,8
28	10 000	314 684	304 684	101 605,2	1 758 403,8	2 534 841,0
29	10 000	320 978	310 978	99 715,4	1 858 119,2	2 634 556,4
30	10 000	327 397	317 397	97 859,4	1 955 978,6	2 732 415,8

Vlastní zpracování

Graf č. 10 zobrazuje průběh reálné doby návratnosti investice, kde modré sloupce představují financování čistě z vlastních zdrojů a oranžové s dotací ve výši 30 %. Výnosy v podobě úspor za energie představují částku 1 843 611 Kč s meziročním nárůstem o 2 %.

Graf č. 10 Reálná doba návratnosti investice



Vlastní zpracování

5.3.6 Návrh fotovoltaiky

Výpočet pro dva fotovoltaické systémy byl proveden v aplikaci PVGIS 5 [36], která byla vyvinuta ve výzkumném středisku Evropské komise sloužící pro odhad výroby solární elektřiny z fotovoltaických systémů. Aplikace je v podobě webového prohlížeče. Pro zjištění přesné polohy bytového domu je možno vyhledat cílovou polohu přímo v mapě pomocí přiblížení, zadáním adresy nebo zeměpisné šířky objektu. Výpočet je proveden pro jednotlivé měsíce. Základní parametry zadávané do aplikace jsou:

- výběr databáze solárního záření,
- technologie FV článků,
- instalovaný maximální výkon FV,
- ztráta systému,
- umístění panelů,
- sklon panelů,
- azimut panelů.

Pro vhodnost využití FV elektrárny jsou zvoleny dvě varianty FV systémů dodávaných firmou innogy s produktovým názvem celé sestavy innogy Solar Max a innogy Solar Plus na klíč. Ceny jednotlivých variant jsou uvedeny v Tabulce č. 34, kde je uvažováno získání dotace z dotačního programu IROP ve výši 30 %. Firma nabízí dodávku a montáž, která se skládá z jednotlivých prvků:

- FV panel Amerisolar 275 Wp (13 ks / 19 ks),
- Střídač Omniksol-4k / 5k-TL2,
- Wattrouter nebo Baterii innogy LiFePO4 (4,8 kWh / 9,6 kWh),
- Elektromateriál,
- Nosnou kci,
- PD a revizi,
- posudek specialisty NZÚ,
- montáž a dopravu. [36]

Tabulka č. 34. Cena FV instalací

Typ	Cena dodávka, montáž	Dotace 30 %
FV innodi Solar Max s wattrouter	251 495,00 Kč	176 046,50 Kč
FV innodi Solar Max s baterie innogy	512 494,00 Kč	358 745,80 Kč
Typ	Cena dodávka, montáž	Dotace 30 %
FV innogi Solar Plus wattrouter	187 591,00 Kč	131 313,70 Kč
FV innogi Solar Plus baterie innogy	369 590,00 Kč	258 713,00 Kč

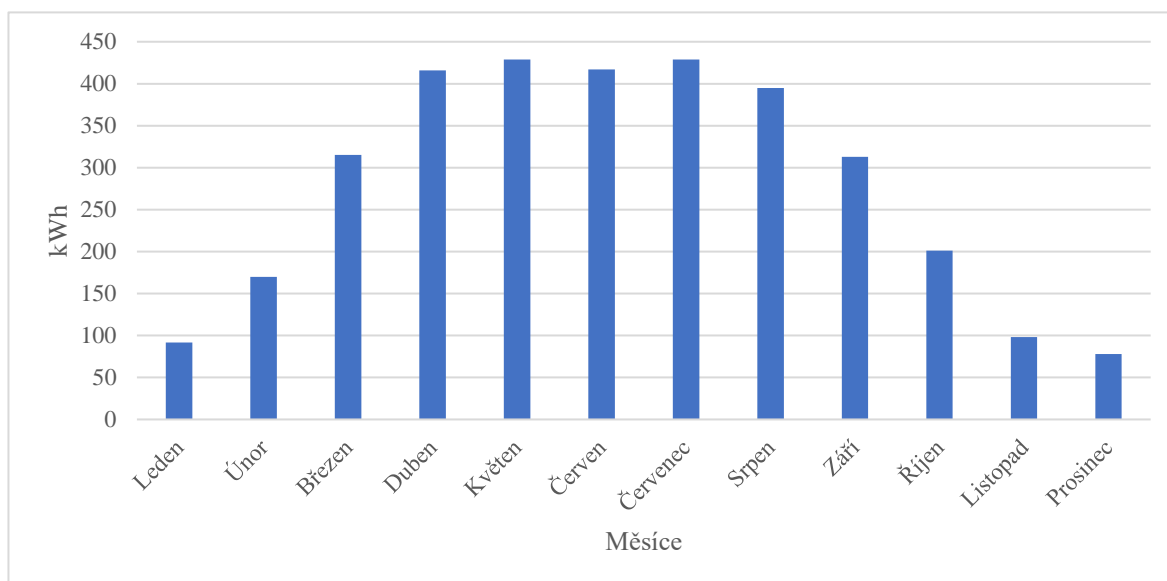
Vlastní zpracování: zdroj dat [37]

Graf č. 11 a 13 udává množství energie dodané z fotovoltaických panelů umístěných pevně na konstrukci umístěné na střeše. Střecha je orientována na jiho-východní světovou stranu se sklonem 45° a azimutem 35°. K největší produkci energie dochází v letních měsících, kdy je nejvíce slunečních dní a nejdelší doba oslunění. Naopak v zimních měsících produkce FV strmě klesá. Dochází ke snížení o tři čtvrtiny produkce, které sestava vykazuje v letních měsících. Rozměry jednoho panelu jsou 1,64 m x 0,992 m x 0,04 m. Polykrystalické panely Amerisolar jsou FV moduly s účinností 16,29 % a hmotností 18,5 kg. Plocha celé sestavy FV Solar Plus mající 13 kusů panelů je 19,65 m² a 28,73 m² pro instalaci FV Solar Max s 19 kusy panelů.

Pro výpočet reálné doby návratnosti uvažujeme u variant s baterií se 100 % spotřebou vyrobené energie v jednotlivých domácnostech BD. A u variant bez baterie s využitím 35 % energie v domácnostech a 65 % energie prodáním do distribuční sítě za výkupní cenu,

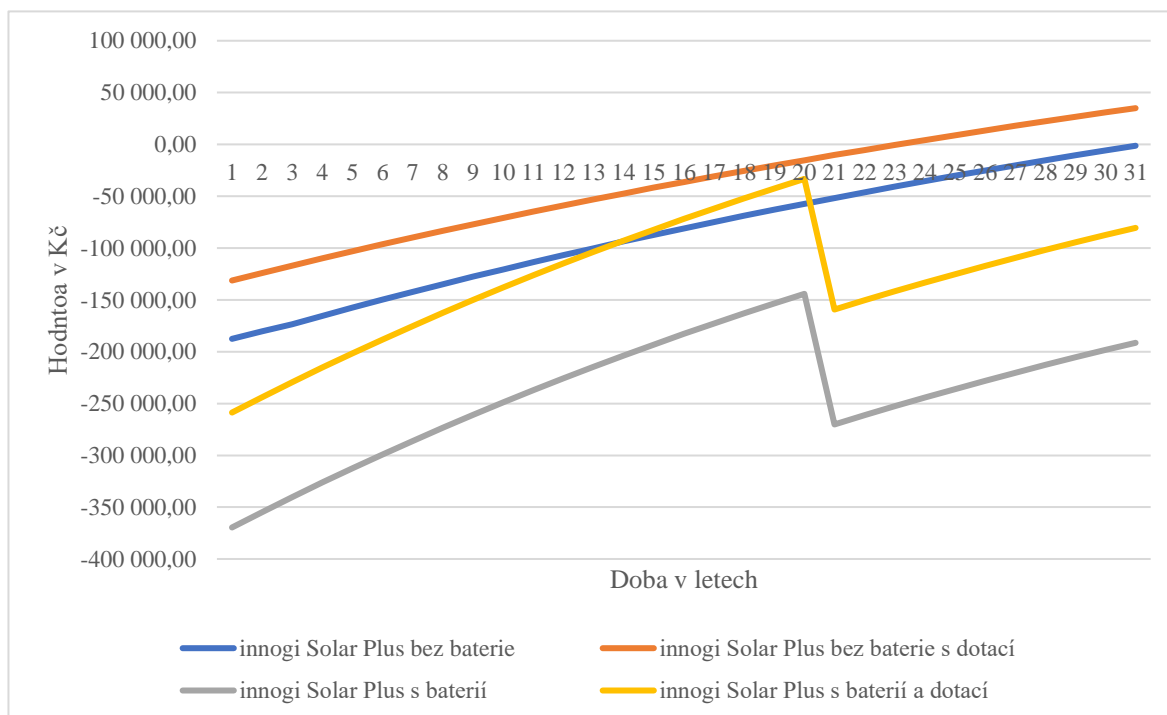
kteřá se průměrně pohybuje ve výši 0,9 Kč/kWh. Produkce energie FV panelů se každoročně snižuje o 0,65 %, které garantuje dodavatel.

Graf č. 11 Produkce FV elektrárny innogy Solar Plus v jednotlivých měsících



Vlastní zpracování: výpočet v programu PVGIS 5

Graf č. 12 Reálná doba návratnosti FV Solar Plus

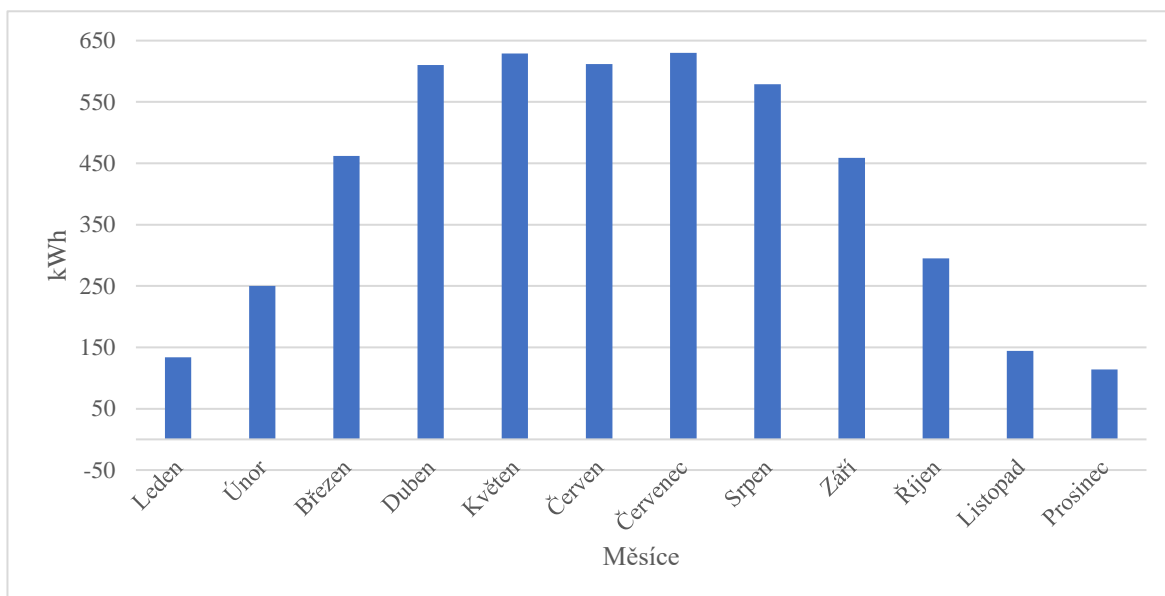


Vlastní zpracování

Graf č. 12 a 14 zobrazuje reálnou dobu návratnosti FV systémů. Z grafu je patrný zlom u variant s bateriemi, které mají kratší životnost než samotné panely, tudíž se po 20 letech musí baterie vyměnit. Vzhledem k vysokým pořizovacím nákladům se investice nevrátí, ani s využitím dotace. Reálná doba návratnosti variant bez baterií přesahuje životnost u obou

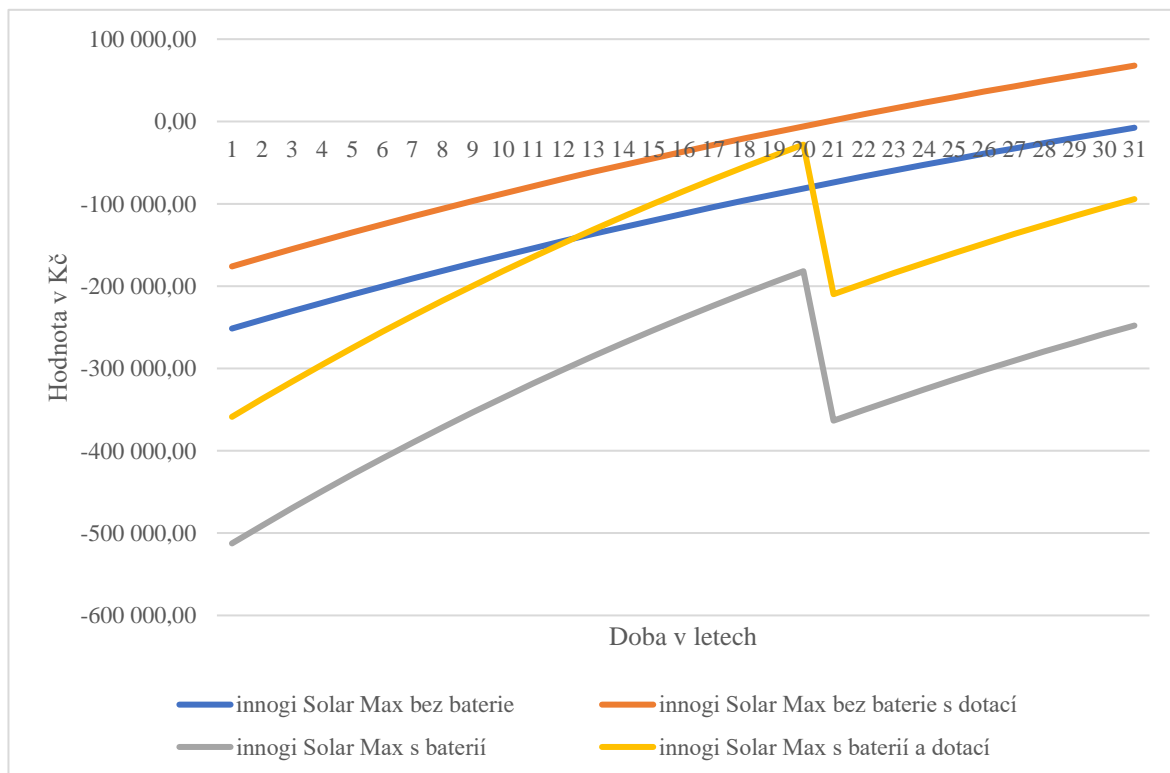
variant FV panelů. Výsledek je způsobený malým využitím energie v domácnosti a nízkými výkupními cenami vyprodukované elektrické energie. S využitím dotace se návratnost pohybuje kolem dvacátého roku životnosti.

Graf č. 13 Produkce FV innogy Solar Max v jednotlivých měsících



Vlastní zpracování: výpočet v programu PVGIS 5

Graf č. 14 Reálná doba návratnosti FV Solar Max



Vlastní zpracování

5.3.7 Posouzení využití rekuperační jednotky

Pro stanovení nákladů spojených s instalací nuceného větrání pro celý BD, jsem kontaktoval firmu MACHT-CV vzduchotechnika, která se zabývá dodávkou, montáží a servisem VZT jednotek. Po zadání vstupních parametrů, mezi které patřil požadavek na zpětné využití tepla, výměnu vzduchu v místnosti 2krát za hodinu, uložení jednotky v suterénu stavby a rozvod potrubí v nevyužívaných komínových tělesech s rozvodem po místnostech v SDK záklopech cenová nabídka obsahuje:

• rekuperační jednotka DUPLEX	178 000 Kč
• kondenzační jednotka	83 000 Kč
• Cu potrubí včetně izolace	18 000 Kč
• VZT potrubí + tvarovky	51 000 Kč
• měření a regulace včetně čidel	74 000 Kč
• koncové elementy – talířové ventily	15 000 Kč
• montáž a regulace	60 000 Kč
• spojovací, těsnící a kotvicí materiál	20 000 Kč
• doprava osob a materiálu	15 000 Kč
• Cena celkem	514 000 Kč bez DPH

Ztráta tepla větráním při intenzitě výměny vzduchu $0,3 \text{ hod}^{-1}$ je $Q_{H,v} = 10,3 \text{ MWh/rok}$. Účinnost rekuperační jednotky je 90 % s příkonem jednoho ventilátoru 125 W. Počet ventilátorů v jednotce dva. Nutnost větrání zajistí čidla koncentrace vodní páry a CO_2 ve větraných prostorech, kdy je předpokládaná doba chodu rekuperační jednotky 14 h/den, což představuje obývání bytových jednotek vlastníky. Roční náklady na výměnu filtru a seřízení jednotky jsou 1 250 Kč. Roční úspora energie z využití odpadního tepla je 9,27 MWh/rok, což činí úsporu 13 256 Kč/rok. Pomocná energie jednotky je 1,27 MWh/rok, což při současných sazbách představuje náklad 5 860 Kč/rok. Při stanovených hodnotách je prostá doba návratnosti investice vypočtena dle vzorce (10) 87 let a se získáním dotace z dotačního programu IROP ve výši 30 % 61 let. Návratnost investice kvůli vysokým pořizovacím nákladům rekuperační jednotky a vysokým nákladům na provoz způsobený potřebou pomocné elektrické energie na pohon ventilátorů posouvá prostou dobu návratnosti za mez životnosti jednotky tudíž se její instalace z ekonomik.

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad (10)$$

kde:

- T_s prostá doba návratnosti,
 IN investiční jednorázové náklady,
 CF roční peněžní tok.

6 Závěr

Cílem světového společenství, Evropské unie i České republiky je snižování energetické náročnosti obyvatelstva. Opatření vedoucí ke snižování spotřeby šetří především životní prostředí, ale také finanční prostředky každého jednotlivce. Energetickou náročnost budov ovlivňují nejvíce tepelné ztráty. Průkaz energetické náročnosti budovy hodnotí veškeré energie a jejich používání při provozu objektu. Celková potřeba je poměrně rozdělena mezi vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti, ohřev teplé vody a osvětlení. Budova je podle nároků na energie zařazena do příslušné kategorie označené A – G.

Z analýzy bytového fondu České republiky vyplývá, že disponujeme počtem přes dva miliony domů. Průměrné stáří BF je bezmála 50 let. Stáří fondu je spojené s pomalou výstavou nových domů, která od roku 2013 pomalu narůstá k třiceti tisícové hranici zahájených staveb bytů za rok. Zateplení obvodových stěn je u 47 % objektů, střech u 33,6 % a výměna za nová tepelně izolační okna je provedena u 75,4 %. Vůbec nezateplených objektů je 18,8 %. Nejvyužívanější paliva v domácnostech jsou zemní plyn, který z velké části nahradil používání tuhých paliv, obnovitelné zdroje energie a elektřina.

V této diplomové práci jsem se zaměřil na bytový dům postavený v polovině dvacátého století. Bytový dům je podsklepený, se dvěma nadzemními podlažními a obytným podkrovím. Obvodové zdivo je z cihel plných pálených o součiniteli prostupu tepla $U_{em} = 1,39 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, přičemž normou požadovaná hodnota je $U_{N20} = 0,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Původní dřevěné výplně otvorů byly před dvaceti lety nahrazeny plastovými okny s izolačními dvojskly, která již dnes neodpovídají současným požadavkům platné normy. Podlaha tvořená železobetonovou deskou nad trvale větraným podzemním podlažím není tepelně odizolována a snižuje tepelnou pohodu v přízemních bytech. Střešní plášť je izolován minerální vatou vkládanou mezi krokve, které tvoří v současné skladbě nežádoucí tepelné mosty.

Při hodnocení celé obálky budovy bylo zjištěno, že hodnoty prostupu tepla nesplňují požadavky normy ČSN 73 0540–2, tepelná ochrana budov, které jsou uvedeny v Tabulce č. 5. Stávající stav bytového domu spadá do kategorie E, nevhodná, celková dodaná energie do objektu je $259,3 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{rok}$. Pro průměrný součinitel prostupu tepla $U_M = 1,17 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ je objekt zařazen do kategorie G, mimořádně nevhodná, díky tomu je potřeba energie na vytápění $169,3 \text{ MWh/rok}$.

Pro zlepšení hodnot součinitele prostupu tepla obvodového zdiva byl proveden návrh a výpočet pro různé tloušťky izolačních desek z materiálu Isover EPS Grey Wall tak, aby splňovaly hodnoty U_N , požadované, doporučené a doporučené pro pasivní dům. Pro zateplení podlahy, stropu a střešního pláště byly zvoleny různé tloušťky izolačních rolovaných pásů ze skelné plsti Isover Domo Plus. Pro výběr nejlepší varianty bylo navrženo 121 kombinací různých tlouštěk izolací dílčích konstrukcí a byl vypočten průměrný součinitel prostupu tepla, potřeba energie na vytápění v MWh ve výpočtovém programu NKN. Výsledný počet kombinací jsem zredukoval stanovením podmínky určením mezní hodnoty pro dodávanou energii na vytápění ve výši 92,01 kWh/m².rok. Podmínka představuje snížení nákladů na vytápění o 60 %, která umožňuje získat dotaci z dotačního programu IROP. Po aplikaci výše uvedené podmínky zůstalo z původního počtu 61 variant.

K sestavení cen za provedené práce a materiály byl využit software KROS 4 od společnosti ÚRS PRAHA, a.s. obsahující směrné ceny, které slouží pro rozpočtování a oceňování prací ve stavitelství. Cena dodávky a montáže za jeden m² zateplení fasády pomocí izolačních desek EPS Isover Grey Wall v tloušťce 100 mm vychází na 1 441 Kč, 120 mm – 1 495 Kč, 160 mm – 1 665 Kč a 240 mm – 1 927 Kč. Ceny jsou určeny pro zděnou budovu do výšky 12 m, pro vzdálenost skládky 5 km a pro předpokládanou dobu realizace 30 dní. Při změně zmíněných vstupních parametrů je třeba kalkulovat se snížením nebo zvýšením uvedené ceny. Zateplení stropu v prvním podzemním podlaží bylo navrženo vložení tepelné izolace do SDK podhledu. Cena dodávky a montáže za jeden m² zateplení pomocí izolačních pásů Isover Domo Plus v tloušťce 50 mm vychází na 886 Kč, 100 mm – 947 Kč, 140 mm – 996 Kč a 160 mm – 1 021 Kč. Zateplení stropu ve 3.NP bylo navrženo volně loženými pásy tepelné izolace mezi trámy, které nahradí stávající a nad nimi bude zhotovena nová pochozí vrstva z hrubých prken. Cena dodávky a montáže za jeden m² zateplení pomocí izolačních pásů Isover Domo Plus v tloušťce 80 mm vychází na 601 Kč, 120 mm – 651 Kč a 180 mm – 738 Kč. Do ceny jsou zahrnuty poplatky za uložení demontovaného materiálu na skládku a příplatek za přesun hmot bez stavební mechanizace. Zateplení střešního pláště v podkroví bude provedeno demontáží SDK podhledu a náhradou stávající tepelné izolace mezi krokviemi za novou Isover Domo Plus v tloušťce 180 mm. Následně je navržena další vrstva do nově zhotoveného SDK podhledu. Přidaná izolace částečně eliminuje tepelné mosty způsobené krokviemi. Cena dodávky a montáže za jeden m² zateplení střešního pláště v podkroví pomocí izolačních pásů Isover Domo Plus v tloušťce 50 mm vychází na 1 254Kč, 120 mm – 1 340 Kč

a 240 mm – 1 487 Kč. Do ceny jsou zahrnuty poplatky za uložení demontovaného materiálu na skládku a příplatek za přesun hmot bez stavební mechanizace. Výměna střešních oken v šikmých střeších bude probíhat z vnitřní části objektu a do směrné ceny výměny za jeden m² jsou započítány demontáž oken, přesuny hmot, včetně příplatku za přesun bez použití mechanizace, odvoz vzniklé suti na skládku a skládkovné. Směrná cena výměny oken za jeden m² je 1 501 Kč.

Pro určení nejvhodnější varianty byla sestavena cena stavebního opatření a náklady potřebné na vytápění pro jednotlivé varianty během životnosti návrhu. Vybraná varianta představuje nejmenší vynaložené náklady po dobu 30 let. Nejlepší výsledek z řešených kombinací má varianta označená 4,8,12,17, která představuje zateplení obvodové konstrukce tepelnou izolací tloušťky 240 mm, střešního pláště mezi krokve tloušťkou 180 mm s přidanou tepelnou izolací tloušťky 240 mm pod krokve, zateplení stropu prvního podzemního podlaží izolací tloušťky 160 mm do sádkartonového podhledu a výměnu stávajících okenních výplní za nová plastová okna s izolačním dvojsklem.

Po realizaci vybrané varianty opatření bude bytový dům spadat do kategorie B, velmi úsporná, celková dodaná energie do objektu je 62,07 MWh/rok. Pro průměrný součinitel prostupu tepla $U_M = 0,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ bude objekt zařazen do kategorie C, úsporná, díky tomu je potřeba energie na vytápění 40,4 MWh/rok, což představuje roční úsporu za vytápění objektu 184 361 Kč. Čistá současná hodnota investice NPV = 1 955 979 Kč a reálná doba návratnosti vychází na 13,87 let bez využití dotace. V případě získání dotace z dotačního programu IROP ve výši 40 % vychází čistá současná hodnota investice NPV = 2 732 416 Kč a reálná doba návratnosti se sníží na 8,35 let.

Pro snížení závislosti na dodávkách elektrické energie vyráběné z fosilních paliv jsou provedeny návrhy a finanční posouzení využití sluneční energie pomocí dvou fotovoltaických systémů s roční výrobou 3,5 MWh a 5,1 MWh. U první varianty obou systémů uvažujeme s částečným využitím elektrické energie v BD a s částečným prodejem do distribuční sítě. V druhé variantě uvažujeme baterii pro akumulaci elektrické energie pro pozdější spotřebu v bytovém domě. V obou navrhovaných variantách se investice vyplatí pouze bez využití baterií a se získáním dotace ve výši 30 %, kdy reálná doba návratnosti vyplývá z Grafů č. 12 a 14 a pohybuje se kolem dvaceti let. Nevýhodnost baterií spočívá v jejich kratší životnosti a vysoké pořizovací ceně. Další nevýhodou spojenou s instalací FV jsou výkupní ceny energie

nespotřebované během dne, kdy jsou domácnosti prázdné, které se pohybují kolem necelé 1 Kč/kWh.

Využití rekuperační jednotky s účinností 90 % představuje úsporu získanou z odpadního tepla vzduchu ve výši 9,27 MWh/rok, ale při vysokých cenách elektrické energie, která je zapotřebí pro činnost RJ je prostá doba návratnosti 87 let, ani se získáním dotace se finančně návratnost investice do jednotky nevyplatí.

K naplnění vytyčeného cíle bylo zapotřebí sestavení směrných cen za dílčí stavební práce, které mohou sloužit k finančním odhadům pro podobné typy zděných dvoupodlažních bytových domů, které se v padesátých letech hojně stavěly. Dále byl uveden postup výpočtu energetické bilance v programu NKN, který je volně k dispozici po zaregistrování na webových stránkách a může být vodítkem pro odbornou veřejnost při vlastních návrzích. Hlavním cíl diplomové práce zpracování návrhu energeticky úsporných opatření vedoucích ke snížení spotřeby energie s ekonomickou efektivností byl naplněn.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *Energetika* [online]. © 2017 [cit. 2017-11-01]. Dostupné z: <http://www.synapsis.cz/dotaceu/dotace-dle-odvetvi/energetika/https://cs.wikipedia.org/wiki/Energetika>
- [2] DOSTÁL, Jakub. *Energetika* [online prezentace]. 2013 [cit. 2017-11-1]. Dostupný z: <http://slideplayer.cz/slide/5691320/>
- [3] *Distributoři elektřiny* [online]. © 2000–2017 [cit. 2017-11-1] Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/elektrina/distributori>
- [4] *Distribuční soustava zemního plynu ČR* [online]. © 2015 [cit. 2017-11-2]. Dostupné z: <http://dodavatelektřiny.cz/energeticky-trh/distribuce-zemniho-plynu>
- [5] *Energetická unie a opatření v oblasti změny klimatu* [online]. © Evropská unie, 1995-2017 [cit. 2017-11-2]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_cs#documents
- [6] *Sdělení Komise Evropské radě a Evropskému parlamentu – Energetická politika pro Evropu*, KOM (2007) 1 v konečném znění [online]. 2007 [cit. 2017-11-2]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0001:FIN:CS:PDF>
- [7] *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2012/27/EU* [online]. 2012, [cit. 2017-11-2]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/463070/27_2012_konsolidovane/25d2290d-08e5-48f3-8b01-25ff752b5916
- [8] *Národní energetický mix* [online]. © 2010, [cit. 2017-19-11] Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/statistika/narodni-energeticky-mix/narodni-energeticky-mix>
- [9] *Příčiny solárního boomu v České republice* [online]. 2015, [cit. 2017-19-11] Dostupné z: <http://oenergetice.cz/energeticka-legislativa-cr/priciny-solarniho-boomu/>
- [10] *Aktualizace státní energetické koncepce České republiky* [online]. 2017, [cit. 2017-11-2] Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52041/59168/618616/priloha001.pdf>
- [11] *Aktualizace Národního akčního plánu energetické účinnosti ČR* [online]. 2017, [cit. 2017-11-3] Dostupné z: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/cz_neeap_2017_cz.pdf
- [12] *Nová zelená úsporám* [online]. 2017, [cit. 2017-24-11] Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/>
- [13] *Ministerstvo pro místní rozvoj* [online]. © 2012 [cit. 2017-11-24] Dostupné z: <http://www.dotaceu.cz/cs/Microsites/IROP/Uvodni-strana>
- [14] *Přehled vyhlášek k zákonu č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií* [online]. 2015, [cit. 2017-11-4] Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument151391.html>
- [15] Vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov
- [16] *Domovní a bytový fond podle výsledků sčítání lidu* [online]. 2011, [cit. 2017-10-25]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20551777/17021614.pdf/6bf03ae5-3196-464e-9200-611c97ba8484?version=1.0>

- [17] *Dlouhodobý vývoj bytové výstavby v České republice*. Praha: Český statistický úřad, c2013. ISBN 978-80-250-2461-4.
- [18] *Vybrané údaje o bydlení 2013*. Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj, c2014. ISBN 978-80-87147-55-9
- [19] *Spotřeba paliv a energií v domácnostech*. Praha: Český statistický úřad, 2017. Průmysl, energetika. ISBN 978-80-250-2751-6.
- [20] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 9788024732503.
- [21] Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí ve znění zákona č. 123/1998 Sb. a zákona č. 100/2001 Sb.: o životním prostředí. In: *Sbírka zákonů*
- [22] *Fotovoltaika – sluneční záření v České republice* [online]. 2009, [cit. 2017-7-11] Dostupné z: <http://www.elektrozestrechy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>
- [23] *Úspory energie a alternativy k běžným palivům* [online]. © 2014 Arnika, [cit. 2017-8-11] Dostupné z: <http://arnika.org/uspory-energie-a-alternativy-k-beznym-palivum>
- [24] ČSN 73 0540-2, Tepelná ochrana budov, Část 2: Požadavky. 2011
- [25] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace domů a bytů*. 2. rozš. vyd. Praha: Grada, 1999. Profi & hobby. ISBN 80-7169-851-2.
- [26] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. 2., dopl. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2008. Stavitelství. ISBN 978-80-7300-234-3.
- [27] TARÁBEK, Pavol; Petra ČERVINKOVÁ. *Odmaturuj! z fyziky*. Vyd. 2. Brno: Didaktis, c2006. Odmaturuj!. ISBN 8073580586.
- [28] MASTNÝ, Petr. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 9788001049372.
- [29] HASELHUHN, Ralf. *Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu*. Ostrava: HEL, 2011. ISBN 9788086167336.
- [30] ZMRHAL, Vladimír; František DRKAL; aj. *Koncept větrání*. ČVUT Praha, 2016. Dostupné také z: <http://www.ckait.cz/content/koncept-vetrani>
- [31] *Kvalita vnitřního prostředí ve školách* [oline]. 2016.12.20, [cit. 2017-11-24] Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/15141-kvalita-vnitriho-prostredi-ve-skolach>
- [32] *Energetická náročnost budov – definice pojmů* [oline]. © Copyright 2001-2017, [cit. 2017-11-24] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/239-energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>
- [33] URBAN, Miroslav. *Manuál pro využití výpočetního nástroje NKN*. 1. Praha, 2010. Dostupné také z: https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/EABI/MUR_skripta_IB.pdf

- [34] KARÁSEK, Jiří; Jaroslav MATOUŠEK; aj. *Aktualizace vstupů nákladového optima budov v ČR podle článku 5 směrnice EPBD II*. 1. Praha, 2016. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/aktualizace-nakladoveho-optima-v10.pdf>
- [35] Vyhláška č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku
- [36] *PVGIS* [oline]. © Evropská unie, 1995-2017, [cit. 2017-11-26] Dostupné z: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- [37] *innogy Solar Systém*, [online]. © Innogy 2017, [cit. 2017-11-26] Dostupné z: <https://www.elektrinazeslunce.cz/>

Seznam grafů:

GRAF Č. 1	POČET ZAHÁJENÝCH STAVEB BYTŮ V LETECH 1971–2016	21
GRAF Č. 2	VÝVOJ KONEČNÉ SPOTŘEBY PALIV A ENERGIÍ V DOMÁCNOSTECH.....	24
GRAF Č. 3	DOBA, NA KTEROU VYSTAČÍ ZNÁMÉ ENERGETICKÉ ZÁSOBY PŘI SOUČASNÉM TEMPUS TĚŽBY	26
GRAF Č. 4	ROZDĚLENÍ DODANÉ ENERGIE DLE VYUŽITÍ	50
GRAF Č. 5	DÍLČÍ DODANÉ ENERGIE	51
GRAF Č. 6	ÚČINNOST DÍLČÍMI ZATEPLENÍMI JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ OB	55
GRAF Č. 7	VLIV CENY NA DOSAŽENÉ ÚSPORY ENERGIE.....	67
GRAF Č. 8	ROZDĚLENÍ DÍLČÍ DODANÉ ENERGIE DLE VYUŽITÍ NAVRŽENÉHO STAVU BD.....	68
GRAF Č. 9	DÍLČÍ DODANÉ ENERGIE PODLE POŽADAVKŮ VYHLÁŠKY 78/2013 SB. NAVRHOVANÝ STAV	69
GRAF Č. 10	REÁLNÁ DOBA NÁVRATNOSTI INVESTICE	72
GRAF Č. 11	PRODUKCE FV ELEKTRÁRNY INNOGY SOLAR PLUS V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH.....	74
GRAF Č. 12	REÁLNÁ DOBA NÁVRATNOSTI FV SOLAR PLUS	74
GRAF Č. 13	PRODUKCE FV INNOGY SOLAR MAX V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH.....	75
GRAF Č. 14	REÁLNÁ DOBA NÁVRATNOSTI FV SOLAR MAX	75

Seznam obrázků:

OBRÁZEK Č. 1.	ROZDĚLENÍ ÚZEMÍ V ČR MEZI DISTRIBUTORY ELEKTRINY	12
OBRÁZEK Č. 2.	ROZDĚLENÍ ÚZEMÍ V ČR MEZI DISTRIBUTORY PLYNU	12
OBRÁZEK Č. 3.	NÁRODNÍ ENERGETICKÝ MIX ČR 2016	14
OBRÁZEK Č. 4.	ZÁKLADNÍ PRINCIP VÝPOČETNÍHO NÁSTROJE NKN	44
OBRÁZEK Č. 5.	ŘAZENÍ LISTŮ VE VÝPOČTOVÉM PROGRAMU NKN	45
OBRÁZEK Č. 6.	UKAZATEL ENB STÁVAJÍCÍHO STAVU	51
OBRÁZEK Č. 7.	UKAZATEL ENB NAVRHOVANÉHO STAVU	69

Seznam tabulek:

TABULKA Č. 1.	VÝVOJ DOMOVNÍHO A BYTOVÉHO FONDU V LETECH 1970–2011	22
TABULKA Č. 2.	POČET DOMŮ PODLE ZPŮSOBU ZATEPLENÍ.....	23
TABULKA Č. 3.	KONEČNÁ SPOTŘEBA ZÁKLADNÍCH KATEGORIÍ PALIV V ČESKÉ REPUBLICE	24
TABULKA Č. 4.	ENERGETICKÝ OBSAH VYBRANÝCH PALIV PRO KONEČNOU SPOTŘEBU	27
TABULKA Č. 5.	POŽADOVANÉ A DOPORUČENÉ HODNOTY SOUČiniteLE PROSTUPU.....	30
TABULKA Č. 6.	ÚČINNOST RŮZNÝCH MATERIÁLŮ FOTOVOLTAICKÝCH ČLÁNKŮ.....	38
TABULKA Č. 7.	VLIV CO ₂ NA LIDSKÝ ORGANISMUS.....	40
TABULKA Č. 8.	VNITŘNÍ ROZMĚRY OBJEKTU	47
TABULKA Č. 9.	HODNOTY NAVÝŠENÍ SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA VlivEM TEPELNÝCH MOSTŮ $U_{TBK,j}$	47
TABULKA Č. 10.	SKLADBA OBVODOVÉ STĚNY	48
TABULKA Č. 11.	SKLADBA VNITŘNÍ SCHODIŠŤOVÉ STĚNY	48
TABULKA Č. 12.	SKLADBA PODLAHY V 1.NP	48
TABULKA Č. 13.	SKLADBA STROPU V PODKROVÍ	49
TABULKA Č. 14.	SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ	49
TABULKA Č. 15.	NÁVRH NOVÉ SKLADBY OBVODOVÉ STĚNY	52
TABULKA Č. 16.	NÁVRH NOVÉ SKLADBY PODLAHY V 1.NP.....	53
TABULKA Č. 17.	SKLADBA STROPU 3.NP.....	54
TABULKA Č. 18.	SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ	54
TABULKA Č. 19.	OZNAČENÍ VARIANT	55
TABULKA Č. 20.	TABULKA PROVEDENÝCH KOMBINACÍ.....	56
TABULKA Č. 21.	POČET VARIANT PO APLIKACI PODMÍNKY NA DÍLČÍ DODANOU ENERGII	57
TABULKA Č. 22.	CENA ZATEPLENÍ ZA JEDEN M ²	59
TABULKA Č. 23.	CENA ZATEPLENÍ OBVODOVÝCH STĚN BD.....	59
TABULKA Č. 24.	CENA ZATEPLENÍ ZA JEDEN M ² STROPU V 1.PP	60
TABULKA Č. 25.	CENA ZATEPLENÍ STROPU V 1.PP BD	60
TABULKA Č. 26.	CENA ZATEPLENÍ ZA JEDEN M ² STROPU VE 3.NP Z VOLNĚ LOŽENÝCH PÁSŮ VRCHEM	61
TABULKA Č. 27.	CENA ZATEPLENÍ STROPU VE 3.NP VRCHEM Z VOLNĚ LOŽENÝCH PÁSŮ	61
TABULKA Č. 28.	CENA ZATEPLENÍ ZA JEDEN M ² STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ	63
TABULKA Č. 29.	CENA ZATEPLENÍ STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ BD	63
TABULKA Č. 30.	CENA ZA JEDEN M ² VÝMĚNY STŘEŠNÍHO OKNA BEZ STŘEŠNÍHO OKNA	64
TABULKA Č. 31.	CENA VÝMĚNY STŘEŠNÍCH OKEN V BD	64
TABULKA Č. 32.	VÝBĚR VARIANTY	65
TABULKA Č. 33.	EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ.....	71
TABULKA Č. 34.	CENA FV INSTALACÍ	73

Seznam příloh:

Příloha č. 1.	Pasport stavby	89
Příloha č. 2.	Průkaz energetické náročnosti budovy	98
Příloha č. 3.	Tabulka provedených kombinací návrhů	102
Příloha č. 4.	Rozpočty dílčích konstrukcí	106

Příloha č. 1.

Pasport stavby

Obsah dokumentace se řídí Vyhláškou č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb:

- A. Průvodní zpráva
- B. Souhrnná technická zpráva
- C. Zjednodušený situační výkres
- D. Zjednodušená výkresová dokumentace.

A. Průvodní zpráva

A1. Identifikační údaje

A.1.1. Údaje o stavbě

- a) Bytový dům Václavská,
- b) Václavská 3544 Chomutov, KÚ Chomutov II, parcelní číslo 898/1

A.1.2. Údaje o vlastníkově

- a) Společenství vlastníků

A.1.3. Údaje o zpracovateli dokumentace

- a) Bc. Vojtěch Ašenbrener

A2. Seznam vstupních podkladů

- a) PD vyhotovena v roce 1950 pravděpodobný rok dokončení stavby 1952
- b) PD z archivu stavebního úřadu Chomutov z roku 1950, součástí dokumentace jsou jednotlivá podlaží a řez

A3. Údaje o území

Stavba se nenachází v památkové zóně, ani není vedena v záplavovém, či zvláště chráněném území. Radonový index je střední.

A4. Údaje o stavbě

- a) Účel užívání stavby

Stavba slouží pro bydlení osob.

- b) Trvalá nebo dočasná stavba

Jedná se o trvalou stavbu.

- c) Údaje o ochraně stavby

Stavba nespadá mezi kulturní ani jiné památky.

- d) Kapacity stavby

Zastavená plocha 231 m²

Obestavěný prostor 2305 m²

Užitná plocha 668 m²

Čtyři bytové jednotky o rozloze 3+1, 5+2, 5+2, 4+1

Počet osob v BD 16

- e) Základní bilance stavby

Bilance potřeby vody:

Celková průměrná denní potřeba vody: $Q_p = 1200 \text{ l/den} = 1,2 \text{ m}^3/\text{den}$

Maximální denní potřeba vody: $Q_d = 1,2 * 1,25 = 1,5 \text{ m}^3/\text{den}$

Maximální hodinová potřeba vody: $Q_h = 1,5 * 1,8 = 2,7 \text{ l/s}$

Celková roční potřeba vody 436,8 m³

Třída energetické náročnosti: E – nehospodárná

Komunální odpad za rok: 1,56 t

B. Souhrnná technická zpráva

- a) Celkový popis stavby

Bytový dům postavený kolem roku 1952 se skládá ze čtyř bytových jednotek nacházejících se v 1. a 2. nadzemní podlaží, podsklepení v celé ploše objektu a půdního prostoru ve 3.NP pod valbovou střechou. Objekt je přístupný jedním hlavním vchodem směřovaným k ulici Václavská. Celková délka objektu činí 22 metrů a šířka 10,5 metru. Výška objektu je 11,6 m od terénu k hřebeni střechy a 1,62 k podlaze sklepů. Bytové jednotky byly řešeny v každém podlaží jednou 3+1 a druhou 4+1 dispozicí. Byty ve 2.NP

jsou vybaveny balkónem. Po částečné rekonstrukci, která proběhla v roce 1998, bylo k bytům ve 2.NP přidáno podkroví měnící původní dispoziční řešení na 5+2.

Objekt je založen na základových pasech v hloubce 1,8 m pod terénem. Svislý nosný systém stavby je dvoutraktový podélný zděný z cihel plných pálených. Dimenze stěn v suterénu je 540 mm podélné strany objektu a 450 mm stěn kolmých k nim. Nosné stěny nad terénem jsou v dimenzi 450 mm. Příčky dělicí vnitřní prostor na jednotlivé místnosti jsou z cihel plných pálených v tl. 100 mm, 150 mm a 250 mm. V nástavbové části jsou použity pro rozdělení prostoru pórobetonové cihly firmy Ytong tl. 100 mm a akustická stěna tl. 250 mm pro oddělení bytů půdní vestavby. Vodorovné nosné konstrukce nadzemní části objektu jsou dřevěné polospalné trémové stropy se škvárovým zásypem v tloušťkách 1.NP 450 mm a 2.NP 390 mm. Strop nad sklepem je pravděpodobně železobetonová deska tl. 200 mm s dřevěnou podlahou o celkové tloušťce 340 mm. Typ střechy je valbový a je řešen dřevěným krovem s plechovou krytinou. Nosnými prvky krovu jsou krokve, vaznice a sloupky s pásky. Vertikální komunikaci do mezi 1.NP – 3.NP zajišťují dvouramenné deskové schodiště a do sklepní části jednoramenné schodiště.

Objekt byl vybaven pěti dvou průduchovými a dvěma tři průduchovými komínovými tělesy. Dva dvou průduchové komíny byly během rekonstrukce v půdní části zbourány, viz aktuální výkresová dokumentace. Dnes je využívána pouze část průduchů, které byly vyvložkovány pro odvod spalin ze čtyř plynových kondenzačních kotlů zajišťujících vytápění a ohřev teplé vody, tyto jsou umístěny v každé bytové jednotce.

Původní dřevěné výplně okenních otvorů byly v roce 1996 nahrazeny za plastová okna s izolačními dvojskly. Vstup do objektu byl ve stejném roce zvětšen a původní vchodové dveře byly vyměněny za nové velkoformátové s hliníkovým rámem.

b) Zhodnocení stávající stavu

Základové konstrukce nebyly kvůli nutnosti odkrytí zeminy prohlédnuty, ale vzhledem k celistvosti fasády bez zjevných prasklin lze odhadovat jejich dobrý stav. Hydroizolace obvodových stěn pod terénem jsou na mnoha místech porušené a neplní svou funkci, neboť dochází k opadávání vnitřní omítky a vzniku vlhkých map na vnitřní straně zdiva. Vnější fasáda není schopna v lokálních místech odolávat povětrnostním vlivům a dochází ke vzniku vlásečnicových trhlin a míst s odfouklou omítkou. Nosné stěny nevykazují žádné porušení. Stropy vzhledem k nutnosti provádění sond nebyly vnitřně kontrolovány, ale při vizuální kontrole jednotlivých nosných prvků nedochází k nadměrným

průhybům, které by predikovaly narušení statiky trámů. Balkony v druhém patře mají ze spodní strany odpadanou omítku kvůli netěsnosti okapů, ze kterých ve spojích prolínají kapky vody a dopadají na balkon. Výplně otvorů na fasádě nasvědčují technologické nekázní během jejich instalace způsobující netěsnosti mezi rámem okna a ostěním okna. Prvky dřevěného krovu dostupné z půdního prostoru nenesou žádnou známku porušení. Pro zhodnocení celého krovu by bylo nutné zajistit několik sond. Střešní plášť je tvořený hladkou plechovou krytinou.

c) Napojení na dopravní a technickou infrastrukturu

Objekt je napojen na zpevněnou komunikaci spravovanou městem Chomutov s možností parkování před objektem, kde se nachází slepé parkoviště. Technická infrastruktura je zajištěna inženýrskými sítěmi: pitná voda MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ a.s., kanalizační řád provozovaný MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ a.s., plynovou přípojkou, elektrickým vedením NN ČEZ Distribuce a telekomunikační sítě O2 Czech Republic, a.s.

d) Ochranná a bezpečnostní pásma

V blízkosti objektu se nenachází žádná ochranná a bezpečnostní pásma.

e) Vliv stavby na životní prostředí a ochrana zvláštních zájmů

Užívání a provoz stavby nijak negativně neovlivňuje životní prostředí v okolí.

C. Zjednodušený situační náčrt

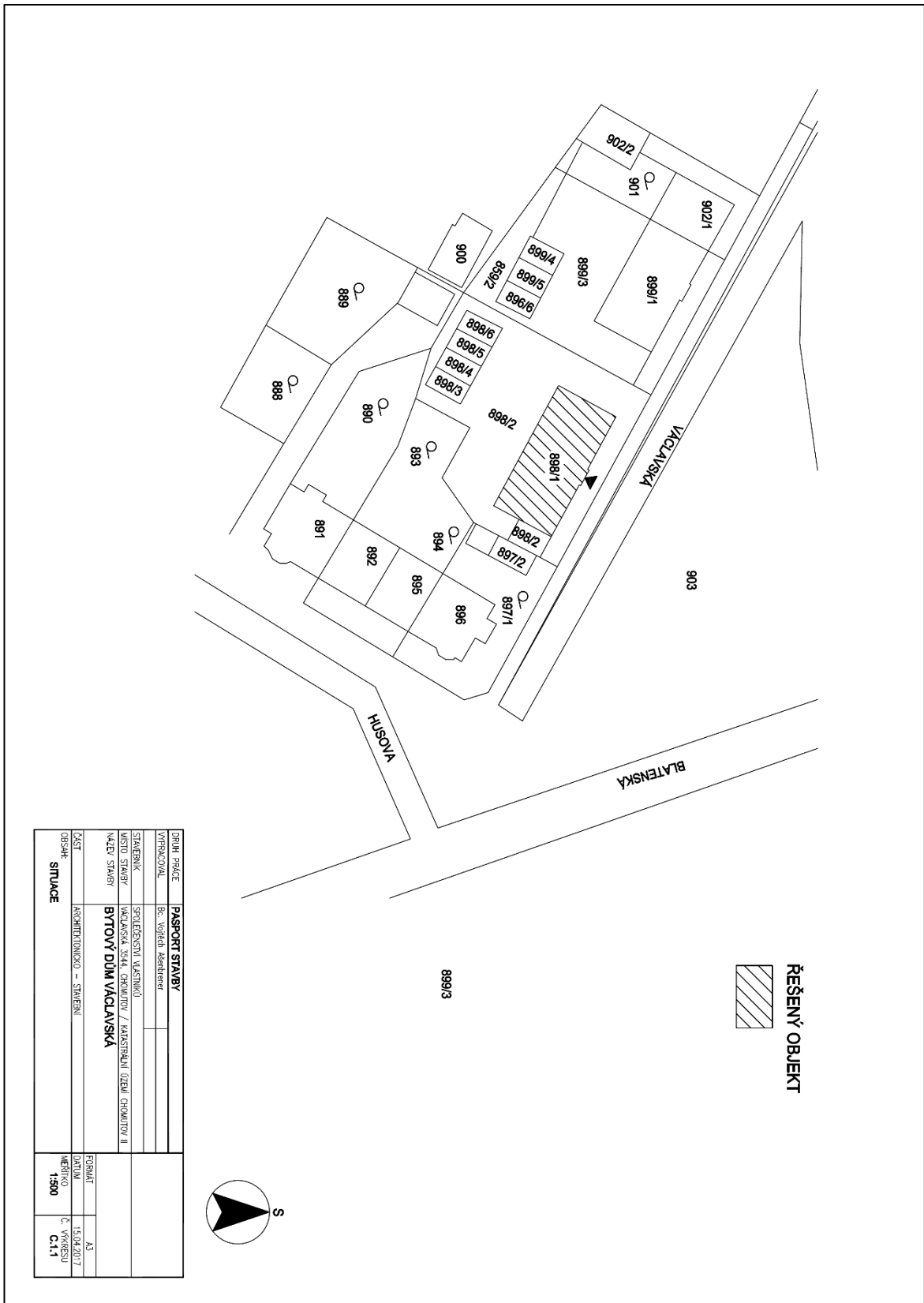
C.1.1 Situace

D. Zjednodušená výkresová dokumentace

Seznam výkresové dokumentace

- D.1.1 Půdorys prvního podzemního podlaží
- D.1.2 Půdorys prvního nadzemního podlaží
- D.1.3 Půdorys druhého nadzemního podlaží
- D.1.4 Půdorys podkroví

C.1.1 SITUACE

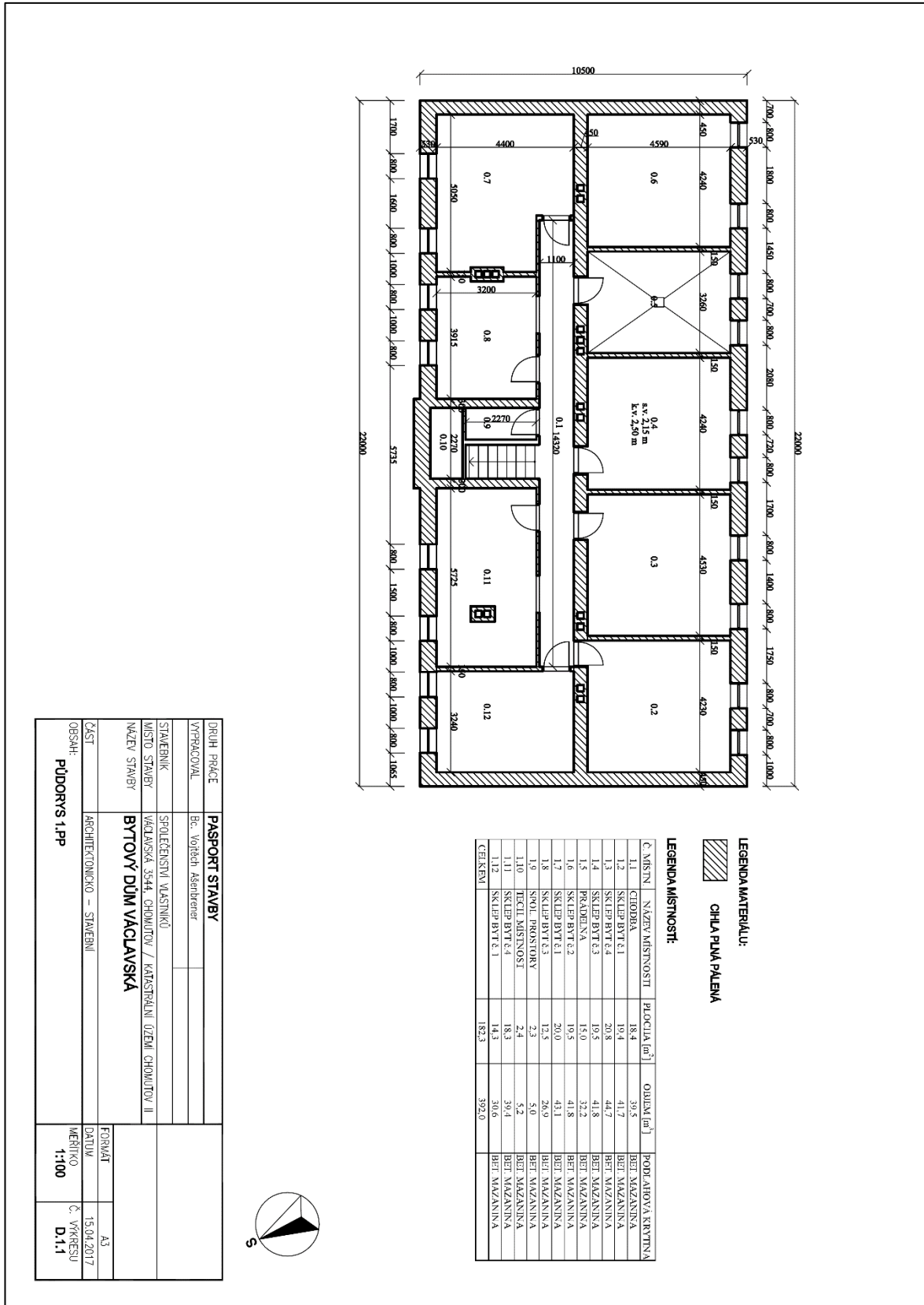


DRUH PRÁCE	PASPORT STAVBY
VYPRACOVAN	Bc. Vojtěch Ašenbrener
STAVBY	ENERGETICKÁ VĚSTNÍČKA
NOVÝ STAVBY	NAKUPČEK, ŠTĚPĀN, KERNIČEK / KAPITULACE / OBR. CHODNÍKŮ II.
NAZEV STAVBY	BYTOVÝ DŮM VACLAVSKA
ČÁST	ARCHITECTONICKO - STAVBNÍ
OBSAH	SITUACE
FORMÁT	A3
DATA	15.04.2017
VERZÍ	2. VYKRESU
ČÍSLO	C.1.1
ŠKALA	1:500

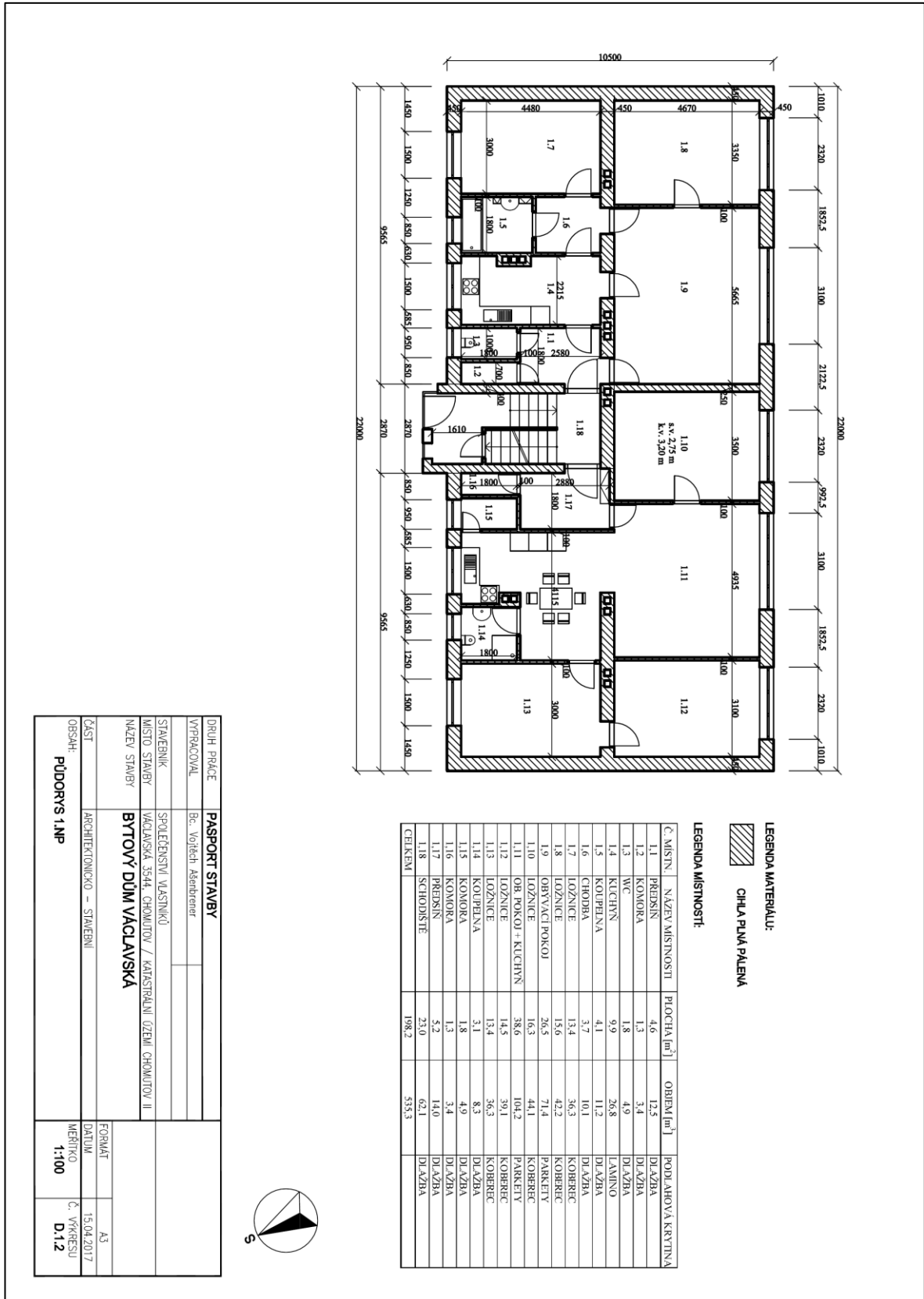


RESENY OBJEKT

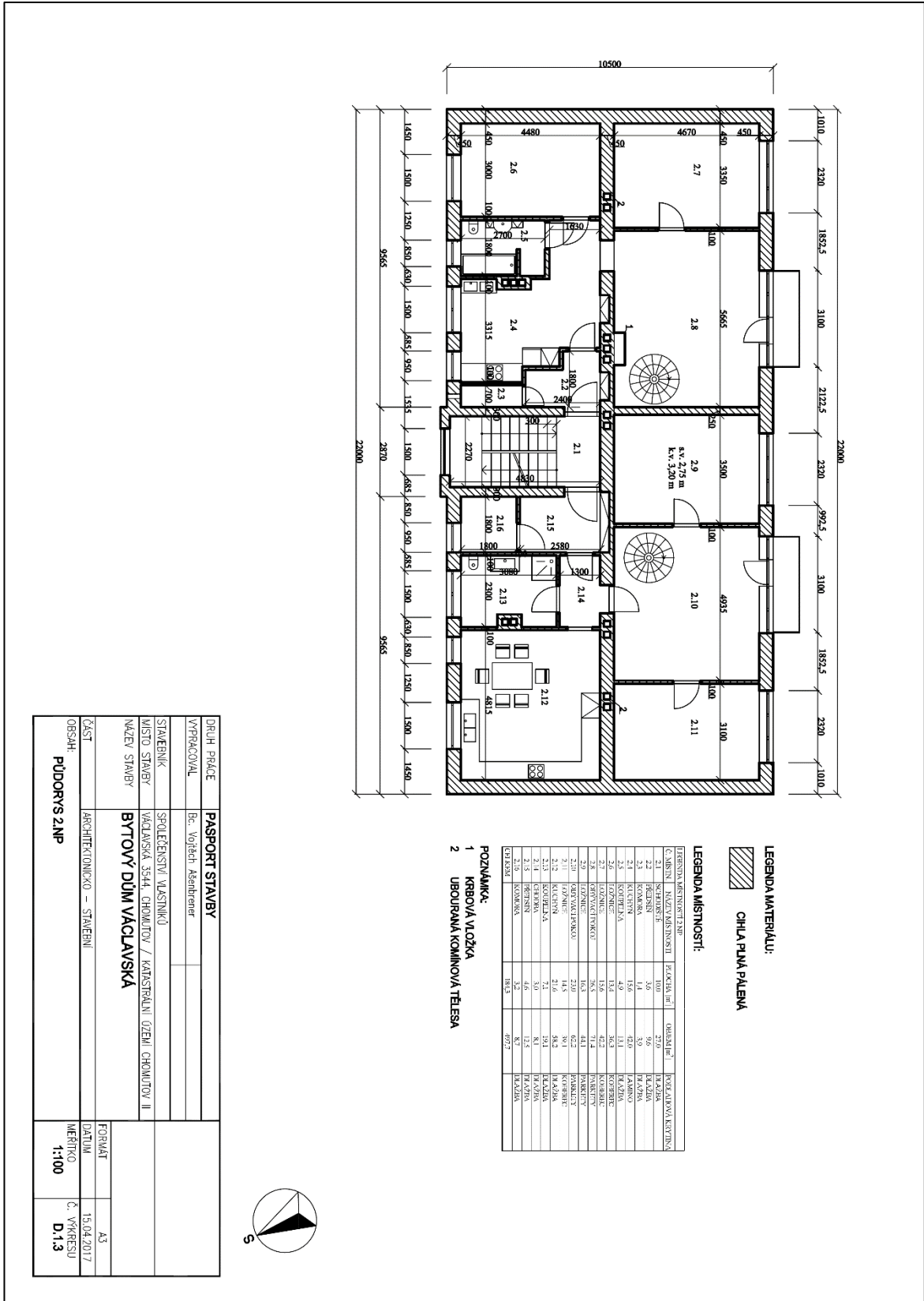
D.1.1 Půdorys prvního podzemního podlaží



D.1.2 Půdorys prvního nadzemního podlaží



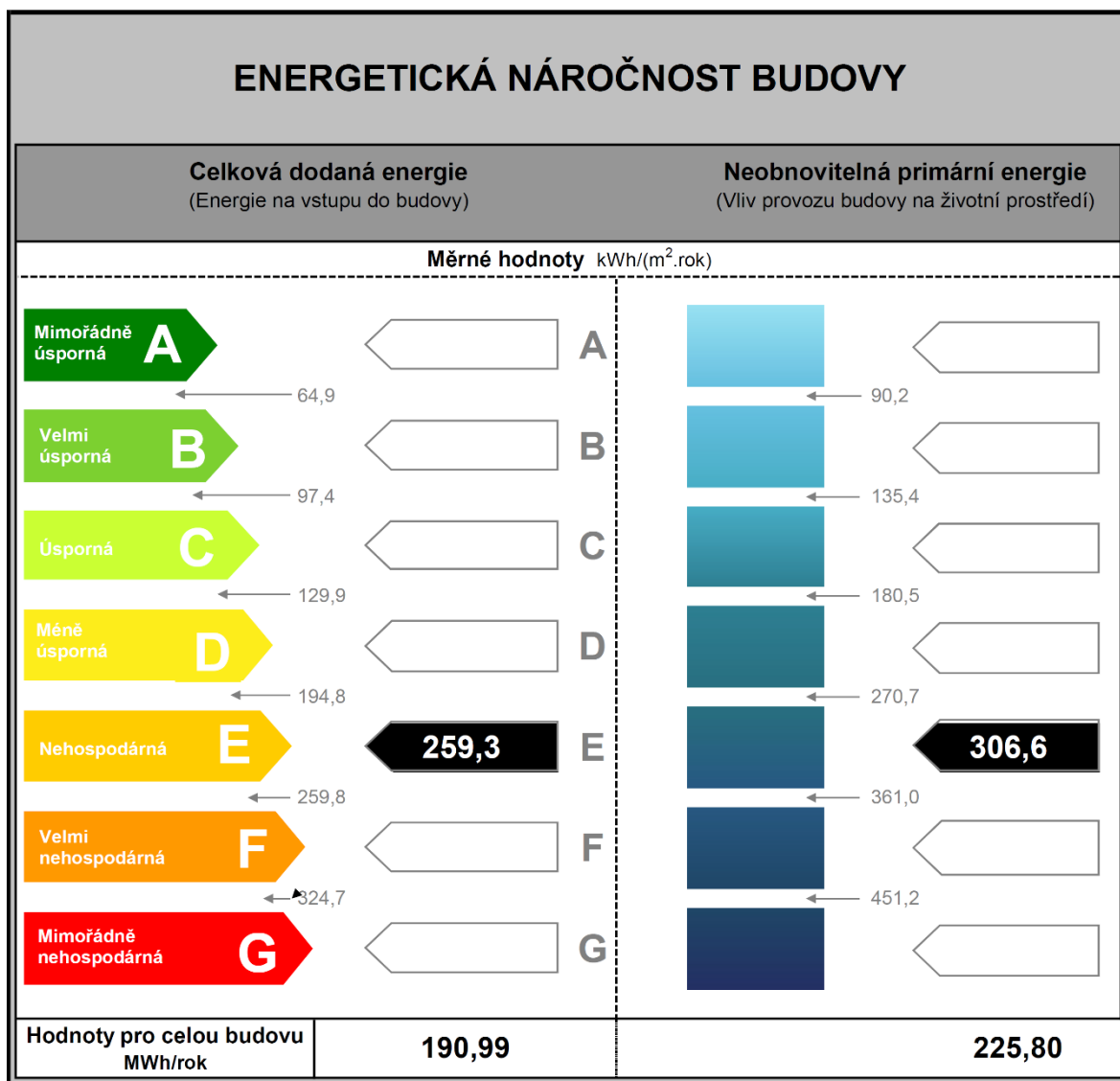
D.1.3 Půdorys druhého nadzemního podlaží



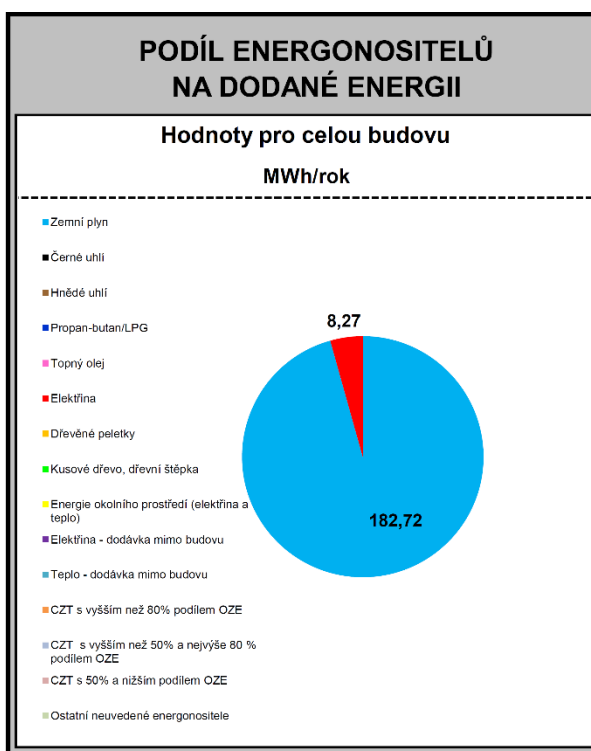
Příloha č. 2

PENB stávajícího stavu

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY		
Evidenční číslo PENB:	-	
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov		
Ulice, číslo:	Václavská 3544 Chomutov	
PSČ, místo:		
Typ budovy:	Bytový dům	
Plocha obálky budovy:	1117	m ²
Objemový faktor tvaru A/V:	0,80	m ² /m ³
Celková energeticky vztažná plocha:	737	m ²



DOPORUČENÁ OPATŘENÍ		Doporučení Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu ma energetickou náročnost je znázorněn šipkou
Opatření pro	Stanovena	
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>	
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>	
Střechu:	<input type="checkbox"/>	
Podlahu:	<input type="checkbox"/>	
Vytápění:	<input type="checkbox"/>	
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>	
Větrání:	<input type="checkbox"/>	
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>	
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>	
Jiné:	<input type="checkbox"/>	



UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Dílčí dodaná energie			Měrné hodnoty kWh/(m ² ·rok)		
Mimořádně úsporná	A						
	B						11,0
	C					18,5	
	D						
	E						
	F						
Mimořádně nevhodná	G	229,9					
	1,17	169,3	0,0	0,0	0,0	13,6	8,1
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok							

Zpracovatel:	Bc. Vojtěch Ašenbrener	Osvědčení č.:	-
Kontakt:	vojtechasenbrener@seznam.cz	Vyhotoveno dne:	21,11,2017
		Podpis:	

PENB navržené varianty 4,8,12,17

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Evidenční číslo PENB: nevyplněno

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

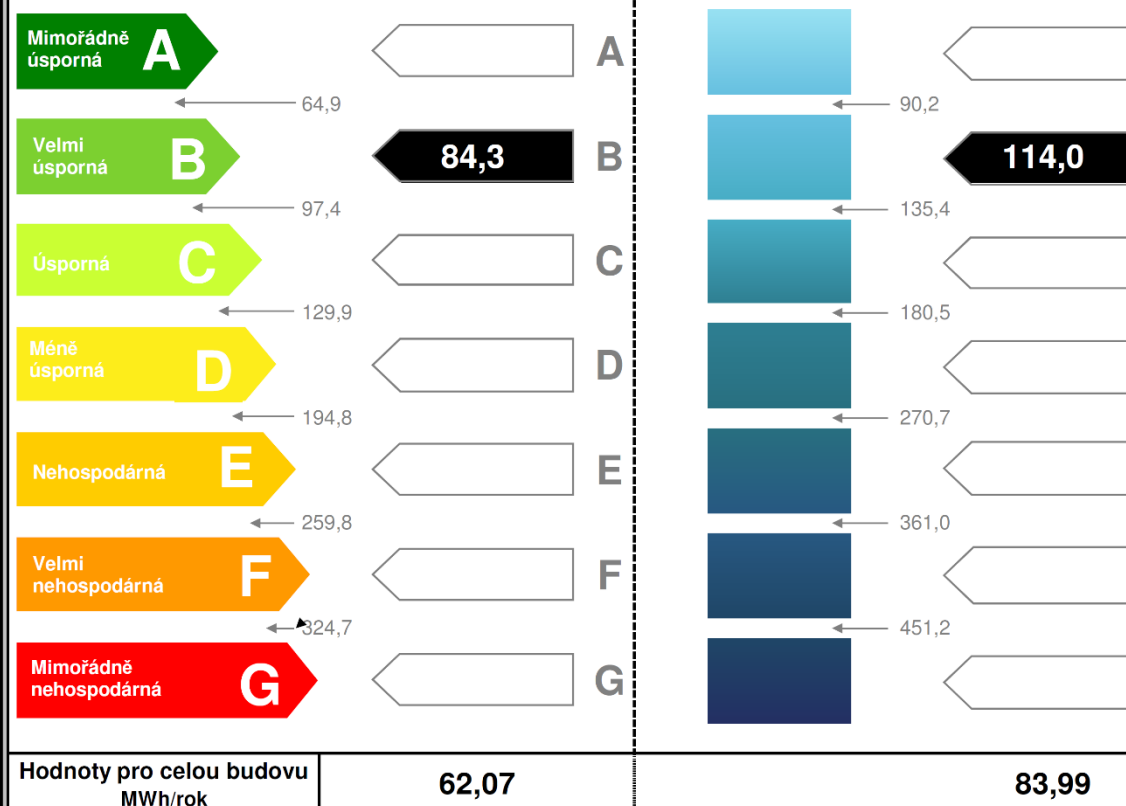
Ulice, číslo: **Václavská 3544 Chomutov**
 PSC, místo:
 Typ budovy: **Bytový dům**
 Plocha obálky budovy: **1117** m²
 Objemový faktor tvaru A/V: **0,80** m²/m³
 Celková energeticky vztažná plocha: **737** m²

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie
(Energie na vstupu do budovy)

Neobnovitelná primární energie
(Vliv provozu budovy na životní prostředí)

Měrné hodnoty kWh/(m².rok)



DOPORUČENÁ OPATŘENÍ		Doporučení
Opatření pro	Stanovena	
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>	Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu ma energetickou náročnost je znázorněn šipkou
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>	
Střechu:	<input type="checkbox"/>	
Podlahu:	<input type="checkbox"/>	
Vytápění:	<input type="checkbox"/>	
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>	
Větrání:	<input type="checkbox"/>	
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>	
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>	
Jiné:	<input type="checkbox"/>	

PODÍL ENERGOZITELŮ NA DODANÉ ENERGII	
Hodnoty pro celou budovu	
MWh/rok	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Zemní plyn ■ Černé uhlí ■ Hnědé uhlí ■ Propan butan/LPG ■ Topný olej ■ Elektřina ■ Dřevěné peletky ■ Kusové dřevo, dřevní štěpka ■ Energie okolního prostředí (elektřina a teplo) ■ Elektřina - dodávka mimo budovu ■ Teplo - dodávka mimo budovu ■ CZT s vyšším než 80% podílem OZE ■ CZT s vyšším než 50% a nejvýše 80 % podílem OZE ■ CZT s 50% a nižším podílem OZE ■ Ostatní neuvedené energozitele 	

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em} W/(m^2.K)$	Díleč dodaná energie			Měrné hodnoty kWh/(m ² .rok)		
Mimořádně úsporná							
A							
B		54,8					11,0
C	0,41					18,5	
D							
E							
F							
G							
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu	MWh/rok	40,4	0,0	0,0	0,0	13,6	8,1

Zpracovatel:	Bc. Votěch Ašenbrener	Osvědčení č.:	-
Kontakt:	vojtechasenbrener@seznam.cz	Vyhotoveno dne:	7,12,2017
		Podpis:	

Příloha č. 3

Kombinace	U_{em}	Spotřeba en. na vytápění v MWh/rok	Potřeba en.na vytápění v kWh/m ² .rok	Cena varianty
1	0,76	97,10	131,84	572 105
2	0,75	94,60	128,45	593 571
3	0,73	91,80	124,64	661 071
4	0,71	88,10	119,62	765 193
5	1,12	161,10	218,74	304 783
6	1,10	158,00	214,53	325 664
7	1,10	158,00	214,53	342 240
8	1,09	156,10	211,95	361 530
9	1,07	152,40	206,92	162 089
10	1,07	151,80	206,11	173 312
11	1,06	150,10	203,80	182,327
12	1,05	148,90	202,17	186,927
13	1,17	169,30	229,87	-
14	1,17	169,00	229,46	37 350
15	1,16	168,15	228,78	40 492
16	1,16	168,20	228,38	45 884
17	1,06	153,00	207,74	627 436
18	1,02	146,80	199,32	974 462
1,17	0,65	81,10	110,12	1 199 541
2,17	0,64	78,60	106,72	771 544
3,17	0,62	76,10	103,33	1 546 567
4,17	0,60	72,40	98,30	1 392 629
1,18	0,61	75,50	102,51	1 546 567
2,18	0,60	72,90	98,98	1 568 033
3,18	0,58	70,40	95,59	1 635 533
4,18	0,56	66,70	90,56	1 739 655
1,5,17	0,60	72,50	98,44	1 504 324
2,5,17	0,59	69,90	94,91	1 525 790

Kombinace	U_{em}	Spotřeba en. na vytápění v MWh/rok	Potřeba en.na vytápění v kWh/m ² .rok	Cena varianty
3,5,17	0,57	67,40	91,51	1 593 290
4,5,17	0,56	63,08	86,63	1 697 412
1,6,17	0,59	70,10	95,18	1 525 205
1,7,17	0,59	70,10	95,18	1 541 781
1,8,17	0,58	68,30	92,74	1 561 071
2,7,17	0,57	67,70	91,92	1 563 247
2,8,17	0,56	65,80	89,34	1 582 537
3,7,17	0,56	65,20	88,53	1 630 747
3,8,17	0,55	63,30	85,95	1 650 037
4,7,17	0,54	61,50	83,50	1 734 869
4,8,17	0,53	59,70	81,06	1 754 159
1,5	0,71	88,10	119,62	876 888
1,6	0,70	85,90	116,63	897 769
1,8	0,69	84,00	114,05	933 635
2,5	0,70	85,60	116,23	898 354
2,6	0,68	83,40	113,24	919 235
2,8	0,67	81,50	110,66	955 101
3,5	0,68	83,10	112,83	965 854
3,6	0,67	80,90	109,84	986 735
3,8	0,66	79,00	107,26	1 022 601
4,5	0,66	79,40	107,81	1 069 976
4,6	0,65	77,10	104,68	1 090 857
4,8	0,64	75,20	102,10	1 126 723
1,9	0,67	80,40	109,16	734 194
1,10	0,66	79,80	108,35	745 417
1,11	0,65	78,20	106,18	754 432
1,12	0,64	76,90	104,41	759 032
2,9	0,65	77,90	105,77	755 660
2,10	0,65	77,30	104,96	766 883
2,11	0,64	75,70	102,78	775 898

Kombinace	U_{em}	Spotřeba en. na vytápění v MWh/rok	Potřeba en.na vytápění v kWh/m ² .rok	Cena varianty
2,12	0,63	74,50	101,15	780 498
3,9	0,64	75,40	102,38	823 160
3,10	0,63	74,80	101,56	834 383
3,11	0,62	73,20	99,39	843 398
3,12	0,62	72,00	97,76	847 998
4,9	0,61	71,70	97,35	927 282
4,10	0,61	71,10	96,54	938 505
4,11	0,60	69,50	94,37	947 520
4,12	0,59	68,30	92,74	952 120
1,5,9,17	0,51	56,30	76,44	1 666 413
2,5,9,17	0,49	53,80	73,05	1 687 879
3,5,9,17	0,48	51,40	69,79	1 755 379
4,5,9,17	0,46	47,70	64,77	1 859 501
1,6,9,17	0,49	54,10	73,46	1 687 294
2,6,9,17	0,48	51,60	70,06	1 708 760
2,8,9,17	0,47	49,80	67,62	1 744 626
3,5,10,17	0,47	69,00	93,69	1 766 602
3,6,10,17	0,46	48,50	65,85	1 787 483
3,7,11,17	0,45	46,90	63,68	1 813 074
4,8,12,17	0,41	40,40	54,85	1 941 086
4,8,12,18	0,37	35,10	47,66	2 288 112
3,7,11,18	0,41	41,50	56,35	2 160 100
2,6,10,18	0,44	45,50	61,78	2 067 009
3,7,12,17	0,44	45,70	62,05	1 817 674
4,7,10,17	0,44	44,90	60,96	1 908 181
2,6,10,17	0,48	51,00	69,25	1 719 983
3,6,10,14,17	0,46	48,20	65,44	1 824 833
1,7,10,14,17	0,49	53,20	72,23	1 752 443
2,7,10,14,17	0,47	50,80	68,97	1 773 909
3,7,10,14,17	0,46	48,20	65,44	1 841 409

Kombinace	U_{em}	Spotřeba en. na vytápění v MWh/rok	Potřeba en.na vytápění v kWh/m ² .rok	Cena varianty
4,7,10,14,17	0,44	44,70	60,69	1 945 531
1,8,10,14,17	0,48	51,40	69,79	1 771 733
2,8,10,14,17	0,46	48,80	66,26	1 793 199
3,8,10,14,17	0,45	46,40	63,00	1 860 699
4,8,10,14,17	0,43	42,90	58,25	1 964 821
1,5,9,18	0,47	50,80	68,97	2 013 439
2,5,9,18	0,45	48,20	65,44	2 034 905
3,5,9,18	0,44	45,80	62,19	2 102 405
4,5,9,18	0,42	42,30	57,43	2 206 527
1,6,9,18	0,45	48,40	65,72	2 034 320
2,6,9,18	0,44	46,10	62,59	2 055 786
2,8,9,18	0,43	44,30	60,15	2 091 652
3,5,10,18	0,44	45,30	61,51	2 113 628
3,6,10,18	0,42	43,10	58,52	2 134 509
3,7,12,18	0,41	40,40	54,85	2 164 700
4,7,10,18	0,40	39,60	53,77	2 255 207
3,8,12,17	0,43	43,90	59,61	1 836 964
1,7,10,14,18	0,45	47,60	64,63	2 099 469
2,7,10,14,18	0,42	42,90	58,25	2 188 435
4,7,10,14,18	0,40	39,30	53,36	2 292 557
1,8,10,14,18	0,44	45,80	62,19	2 118 759
2,8,10,14,18	0,42	43,40	58,93	2 140 225
3,8,10,14,18	0,41	41,10	55,80	2 207 725
4,8,10,14,18	0,39	37,50	50,92	2 311 847

Příloha č. 4

ROZPOČET

Stavba: Bytový dům Václavská

Objekt: Zateplení fasády TI 240 mm

Místo: Chomutov

Datum: 18. 12. 2017

Objednatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
----	-----	-----	-------	----	----------	--------------	-------------------

Náklady z rozpočtu

765 192,86

HSV - Práce a dodávky HSV

735 622,76

6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní

642 999,52

1	K	622211051	Montáž kontaktního zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 240 mm	m2	397,000	601,00	238 597,00
2	M	283760520	deska fasádní polystyrénová Isover EPS GreyWall 1000 x 500 x 240 mm	m2	404,940	616,00	249 443,04
3	K	622252001	Montáž zakládacích soklových lišt kontaktního zateplení	m	60,000	88,20	5 292,00
4	M	590516610	lišta soklová Al s okapničkou, zakládací U 24 cm, 0,95/200 cm	m	63,000	202,00	12 726,00
5	K	622252002	Montáž ostatních lišt kontaktního zateplení	m	206,850	51,00	10 549,35
6	M	590514800	lišta rohová Al 10/10 cm s tkaninou bal. 2,5 m	m	31,500	18,20	573,30
7	M	590514750	profil okenní začíšťovací s tkaninou - Thermospoj 6 mm/2,4 m	m	129,150	29,40	3 797,01
8	M	590515120	profil parapetní - Thermospoj LPE plast 2 m	m	46,200	38,90	1 797,18
9	K	622521021	Tenkovrstvá silikátová zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m2	434,000	272,00	118 048,00
10	K	629991011	Zakrytí výplní otvorů a svislých ploch fólií přilepenou lepicí páskou	m2	71,600	30,40	2 176,64

9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání

90 986,50

11	K	941211112	Montáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m2 š do 0,9 m v do 25 m	m2	781,000	39,50	30 849,50
12	K	941211211	Příplatek k lešení řadovému rámovému lehkému š 0,9 m v do 25 m za první a ZKD den použití	m2	23 430,000	1,75	41 002,50

13	K	941211812	Demontáž lešení řadového rámového lehkého zatížení do 200 kg/m ² š do 0,9 m v do 25 m	m ²	781,000	24,50	19 134,50
----	---	-----------	--	----------------	---------	-------	-----------

998 - Přesun hmot

1 636,74

14	K	998011002	Přesun hmot pro budovy zděné v do 12 m	t	6,495	252,00	1 636,74
----	---	-----------	--	---	-------	--------	----------

PSV - Práce a dodávky PSV

29 570,10

764 - Konstrukce klempířské

29 570,10

15	K	764004801	Demontáž podokapního žlabu do suti	m	65,000	52,40	3 406,00
16	K	764004861	Demontáž svodu do suti	m	30,000	40,80	1 224,00
17	K	764501103	Montáž žlabu podokapního půlkulatého	m	65,000	112,00	7 280,00
18	M	553441880	žlab půlkruhový podokapní 333 pozink	m	65,000	56,30	3 659,50
19	K	764501107	Montáž rohu nebo koutu pro podokapní půlkulatý žlab	kus	4,000	57,00	228,00
20	M	553445270	roh žlabový lisovaný 90° 330 mm pozink	kus	4,000	106,00	424,00
21	K	764501108	Montáž kotlíku oválného (trychtýřového) pro podokapní žlab	kus	4,000	182,00	728,00
22	M	553442760	kotlík oválný lisovaný 400/150 Cu	kus	4,000	408,00	1 632,00
23	K	764508131	Montáž kruhového svodu	m	30,000	98,00	2 940,00
24	M	553442120	svod kruhový 150 pozink	m	30,000	122,00	3 660,00
25	K	764508132	Montáž objímky kruhového svodu	kus	16,000	36,50	584,00
26	M	553443350	objímka svodu trn 200 mm 150 pozink	kus	16,000	76,20	1 219,20
27	K	764508134	Montáž horního dvojitého kolena kruhového svodu	kus	4,000	70,20	280,80
28	M	553443560	koleno 72° dle DIN 18461 150 pozink	kus	4,000	494,00	1 976,00
29	K	998764102	Přesun hmot tonážní pro konstrukce klempířské v objektech v do 12 m	t	0,212	1 550,00	328,60

ROZPOČET

Stavba: Bytový dům Václavská

Objekt: Zateplení stropu v 1.PP TI 160 mm

Místo: Chomutov

Datum: 18. 12. 2017

Objednatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
----	-----	-----	-------	----	----------	--------------	-------------------

Náklady z rozpočtu**186 926,72**

HSV - Práce a dodávky HSV

2 488,80

9 - Ostatní konstrukce a práce, bourání

2 488,80

1	K	949101111	Lešení pomocné pro objekty pozemních staveb s lešeňovou podlahou v do 1,9 m zatížení do 150 kg/m2	m2	61,000	40,80	2 488,80
---	---	-----------	---	----	--------	-------	----------

PSV - Práce a dodávky PSV

184 437,92

763 - Konstrukce suché výstavby

173 037,02

2	K	763131411	SDK podhled desky 1xA 12,5 bez TI dvouvrstvá spodní kce profil CD+UD	m2	183,000	568,00	103 944,00
3	K	763131713	SDK podhled napojení na obvodové konstrukce profilem	m	187,000	107,00	20 009,00
4	K	763131714	SDK podhled základní penetrační nátěr	m2	183,000	24,50	4 483,50
5	K	763131752	Montáž jedné vrstvy tepelné izolace do SDK podhledu	m2	183,000	32,10	5 874,30
6	M	631508520	pás tepelně izolační ISOVER DOMO 16 160 mm 5000x1200 mm	m2	186,660	188,00	35 092,08
7	K	998763301	Přesun hmot tonážní pro sádkartonové konstrukce v objektech v do 6 m	t	3,141	771,00	2 421,71
8	K	998763381	Příplatek k přesunu hmot tonážní 763 SDK prováděný bez použití mechanizace	t	3,141	386,00	1 212,43

784 - Dokončovací práce - malby a tapety

11 400,90

9	K	784211101	Dvojnásobné bílé malby ze směsi za mokra výborně ošetřuvzdorných v místnostech výšky do 3,80 m	m2	183,000	62,30	11 400,90
---	---	-----------	--	----	---------	-------	-----------

ROZPOČET

Stavba: Bytový dům Václavská

Objekt: Zateplení stropu nad 3.NP TI 180 mm

Místo: Chomutov

Datum: 18. 12. 2017

Objednatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
----	-----	-----	-------	----	----------	--------------	-------------------

Náklady z rozpočtu**45 766,53****HSV - Práce a dodávky HSV****2 119,09**

997 - Přesun sutě

2 119,09

1	K	997013213	Vnitro stavební doprava suti a vybouraných hmot pro budovy v do 12 m ručně	t	1,023	1 160,00	1 186,68
2	K	997013501	Odvoz suti a vybouraných hmot na skládku nebo meziskládku do 1 km se složením	t	1,023	210,00	214,83
3	K	997013509	Příplatek k odvozu suti a vybouraných hmot na skládku ZKD 1 km přes 1 km	t	4,472	9,12	40,78
4	K	997013811	Poplatek za uložení stavebního dřevěného odpadu na skládce (skládkovné)	t	1,023	500,00	511,50
5	K	997013814	Poplatek za uložení stavebního odpadu z izolačních hmot na skládce (skládkovné)	t	0,095	1 740,00	165,30

PSV - Práce a dodávky PSV**43 647,44**

713 - Izolace tepelné

16 403,82

6	K	713111111	Montáž izolace tepelné vrchem stropů volně kladenými rohožemi, pásy, dílci, deskami	m2	62,000	26,30	1 630,60
7	M	631507920	pás tepelné izolační ISOVER DOMO 18 180 mm 4000x1200 mm	m2	63,240	209,00	13 217,16
8	K	713120813	Odstranění tepelné izolace podlah volně kladené z vláknitých materiálů tl přes 100 mm	m2	62,000	19,20	1 190,40
9	K	998713102	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 12 m	t	0,293	824,00	241,43
10	K	998713181	Příplatek k přesunu hmot tonážní 713 prováděný bez použití mechanizace	t	0,293	424,00	124,23

762 - Konstrukce tesařské

27 243,62

11	K	762083121	Impregnace řeziva proti dřevokaznému hmyzu, houbám a plísním máčením třída ohrožení 1 a 2	m3	2,724	715,00	1 947,66
12	K	762521104	Položení podlahy z hrubých prken na sraz	m2	62,000	73,60	4 563,20
13	M	605151120	řezivo jehličnaté boční prkno jakost III. 2 - 3 cm	m3	1,860	2 930,00	5 449,80
14	K	762522811	Demontáž podlah s polštáři z prken tloušťky do 32 mm	m2	62,000	57,00	3 534,00
15	K	762526130	Položení polštáře pod podlahy při osové vzdálenosti 100 cm	m2	62,000	54,90	3 403,80
16	M	605120010	řezivo jehličnaté hranol jakost I do 120 cm2	m3	0,864	4 680,00	4 043,52
17	K	762595001	Spojovací prostředky pro položení dřevěných podlah a zakrytí kanálů	m2	62,000	26,70	1 655,40
18	K	998762102	Přesun hmot tonážní pro kce tesařské v objektech v do 12 m	t	1,513	1 290,00	1 951,77
19	K	998762181	Příplatek k přesunu hmot tonážní 762 prováděný bez použití mechanizace	t	1,513	459,00	694,47

ROZPOČET

Stavba: Bytový dům Václavská

Objekt: Zateplení střešního pláště podkroví TI 240 mm

Místo: Chomutov

Datum: 18. 12. 2017

Objednatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
----	-----	-----	-------	----	----------	--------------	-------------------

Náklady z rozpočtu**361 380,00****HSV - Práce a dodávky HSV****7 688,51**

997 - Přesun sutě

7 688,51

1	K	997013213	Vnitro stavební doprava sutí a vybouraných hmot pro budovy v do 12 m ručně	t	3,165	1 160,00	3 671,40
2	K	997013501	Odvoz sutí a vybouraných hmot na skládku nebo meziskládku do 1 km se složením	t	3,165	210,00	664,65
3	K	997013509	Příplatek k odvozu sutí a vybouraných hmot na skládku ZKD 1 km přes 1 km	t	12,660	9,12	115,46
4	K	997013812	Poplatek za uložení stavebního odpadu z materiálu na bázi sádry na skládce (skládkovné)	t	2,820	935,00	2 636,70
5	K	997013814	Poplatek za uložení stavebního odpadu z izolačních hmot na skládce (skládkovné)	t	0,345	1 740,00	600,30

PSV - Práce a dodávky PSV**353 691,49**

713 - Izolace tepelné

60 487,25

6	K	713151111	Montáž izolace tepelné střeš šikmých kladené volně mezi krokve rohoží, pásů, desek	m2	225,500	29,20	6 584,60
7	M	631507920	<i>pás tepelně izolační ISOVER DOMO 18 180 mm 4000x1200 mm</i>	m2	230,010	209,00	48 072,09
8	K	713151813	Odstranění tepelné izolace střeš šikmých volně kladené mezi krokve vláknité tl přes 100 mm	m2	225,000	24,00	5 400,00
9	K	998713102	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 12 m	t	0,345	824,00	284,28
10	K	998713181	Příplatek k přesunu hmot tonážní 713 prováděný bez použití mechanizace	t	0,345	424,00	146,28

763 - Konstrukce suché výstavby

274 152,90

11	K	763131712	SDK podhled napojení na jiný druh podhledu	m	39,000	88,90	3 467,10
12	K	763131751	Montáž parotěsné zábrany do SDK podhledu	m2	243,800	21,80	5 314,84
13	M	283292100	<i>zábrana parotěsná PK-BAR SPECIÁL role 1,5 x 50 m</i>	m2	267,300	13,30	3 555,09
14	K	763131752	Montáž jedné vrstvy tepelné izolace do SDK podhledu	m2	243,800	32,10	7 825,98
15	M	6315085R	<i>pás tepelně izolační ISOVER DOMO 12 2x120 mm 6000x1200 mm</i>	m2	248,676	280,00	69 629,28
16	K	763161710	SDK podkroví deska 1xA 12,5 bez TI dvouvrstvá spodní kce profil CD+UD REI 15	m2	243,800	647,00	157 738,60
17	K	763161821	Demontáž SDK podkroví s dvouvrstvou nosnou kci z ocelových profilů opláštění jednoduché	m2	243,800	86,20	21 015,56
18	K	998763302	Přesun hmot tonážní pro sádkartonové konstrukce v objektech v do 12 m	t	4,547	847,00	3 851,31
19	K	998763381	Příplatek k přesunu hmot tonážní 763 SDK prováděný bez použití mechanizace	t	4,547	386,00	1 755,14

784 - Dokončovací práce - malby a tapety

19 051,34

20	K	784211101	Dvojnásobné bílé malby ze směsí za mokra výborně oteruvzdorných v místnostech výšky do 3,80 m	m2	305,800	62,30	19 051,34
----	---	-----------	---	----	---------	-------	-----------

ROZPOČET

Stavba: Bytový dům Václavská

Objekt: Výměna střešních oken U=1,2

Místo: Chomutov

Datum: 18. 12. 2017

Objednatel:

Projektant:

Zhotovitel:

Zpracovatel:

PČ	Typ	Kód	Popis	MJ	Množství	J.cena [CZK]	Cena celkem [CZK]
----	-----	-----	-------	----	----------	--------------	-------------------

Náklady z rozpočtu**256 837,96****HSV - Práce a dodávky HSV****1 145,92**

997 - Přesun sutě

1 145,92

1	K	997013213	Vnitro staveništní doprava suti a vybouraných hmot pro budovy v do 12 m ručně	t	0,450	1 160,00	522,00
2	K	997013501	Odvoz suti a vybouraných hmot na skládku nebo meziskládku do 1 km se složením	t	0,450	210,00	94,50
3	K	997013509	Příplatek k odvozu suti a vybouraných hmot na skládku ZKD 1 km přes 1 km	t	1,800	9,12	16,42
4	K	997013831	Poplatek za uložení stavebního směsného odpadu na skládce (skládkovné)	t	0,450	1 140,00	513,00

PSV - Práce a dodávky PSV**255 692,04**

766 - Konstrukce truhlářské

255 692,04

5	K	766671005	Montáž střešního okna do krytiny ploché 78 x 140 cm	kus	18,000	1 350,00	24 300,00
6	M	6112400R	okno střešní Velux GGL 3066 MK08 78 x 140 cm, izolační trojsklo - 68	kus	18,000	12 630,00	227 340,00
7	K	766674811	Demontáž střešního okna hladká krytina do 45°	kus	18,000	177,00	3 186,00
8	K	998766102	Přesun hmot tonážní pro konstrukce truhlářské v objektech v do 12 m	t	0,683	844,00	576,45
9	K	998766181	Příplatek k přesunu hmot tonážní 766 prováděný bez použití mechanizace	t	0,683	424,00	289,59