

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2015

Martin Škopek



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

studijní program: Stavební inženýrství

studijní obor: P - Projektový management a inženýring

akademický rok: 2014/2015

Jméno a příjmení diplomanta: Martin Škopek

Zadávací katedra: Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví

Vedoucí diplomové práce: Ing. Martin Čásenský, CSc.

Název diplomové práce: Porovnání nákladů na inteligentní a běžné budovy pro projekt SMART Prague

Název diplomové práce
v anglickém jazyce: Comparing the cost of a conventional vs. intelligent buildings
for the project SMART Prague

Rámcový obsah diplomové práce: Teoretický popis

Popis projektu SMART Prague

Porovnání nákladů na klasické a inteligentní budovy

Vyhodnocení

Datum zadání diplomové práce: 22. září 2014 Termín odevzdání: 19. prosince 2014

Diplomovou práci lze zapsat, kromě oboru A, v letním i zimním semestru.

Pokud student neodevzdal diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat diplomovou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu diplomovou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998 (SZŘ ČVUT čl 21, odst. 4).

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

.....
vedoucí diplomové práce

.....
vedoucí katedry

Zadání diplomové práce převzal dne: 23.9.2014

.....
diplomant

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x student, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání DP na studijní oddělení a provede zápis údajů do informačního systému fakulty KOS. (zadání v elektronické podobě zašlete na adresu zita.prostejovska@fsv.cvut.cz)

DP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student DP zapsanou.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v seznamu použitých zdrojů.

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

V Praze dne 5. 1. 2015

podpis

**Porovnání nákladů na inteligentní a běžné budovy
pro projekt SMART Prague**

**Comparing the cost of a conventional vs. intelligent buildings
for the project SMART Prague**

Anotace

Předmětem diplomové práce je ekonomické posouzení provedení běžného zateplení stávajících objektů a transformace objektů na inteligentní budovy. Ekonomické posouzení je provedeno na 20-ti objektech veřejných budov na území hlavního města Prahy. Varianta transformace objektů na inteligentní budovy byla převzata z dokumentu, na který tato diplomová práce navazuje. Varianta inteligentních budov je dále rozvinuta a je porovnávána s nově navrženou variantou, kterou je provedení běžného zateplení. Pro objekty je vypočítána spotřeba energie ve všech třech variantách. V ekonomickém vyhodnocení jsou vypočítány investiční náklady a provozní náklady včetně určení návratnosti investice.

Klíčová slova

spotřeba energie, ekonomické vyhodnocení, inteligentní budovy, návratnost investice, investiční náklady, provozní náklady

Annotation

The subject of the diploma project is the economic assessment of the implementation of the current thermal insulation of existing buildings and transforming objects into intelligent building. Economic assessment is carried out on 20 objects of public buildings in the capital city of Prague. Option transform objects into intelligent building was taken from a document to which this diploma project follows. Variant of intelligent buildings is further developed and is compared with a newly proposed variant, which is to perform conventional insulation. For objects is calculated energy consumption in all three variants. The economic evaluation are calculated investment costs and operating costs, including the determination of return on investment.

Keywords

power consumption, economic evaluation, intelligent buildings, return on investment, capital costs, operating costs

Použité zkratky:

CF	cashflow
ČR	Česká republika
DPH	daň z přidané hodnoty
IRR	vnitřní výnosové procento
NPV	čistá současná hodnota
BMS	Building Management Systém
IT	informační technologie
TUV	teplá užitková voda
VZT	vzduchotechnika
CZT	centrální zásobování teplem
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
EGN	energonositel
TP	technické požadavky
ETICS	External Thermal Insulation Composite Systém
EPS	expandovaný polystyren
ZKD	za každý další den
MV	malta vápenná
MVC	malta vápenocementová
OZE	obnovitelné zdroje energie
COP	Coefficient Of Performance
BIM	Building Information Modeling
LCA	Life Cycle Assessment
LCC	Life cycle Costing

1.	Úvod.....	9
1.1.	Cíle.....	9
2.	Dotační programy pro období 2014-2020.....	10
2.1.	Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (OP PIK).....	12
2.2.	Operační program Životní prostředí (OPŽP).....	13
2.3.	Operační program Praha – pól růstu ČR.....	14
2.3.1.	Prioritní osa 2, „Udržitelná mobilita a energetické úspory“.....	14
3.	SMART City koncept.....	17
3.1.	Navrhované osy SMART Prague 2014-2020.....	17
3.2.1.	SMART Infrastructure.....	18
3.3.	Inteligentní budovy v rámci konceptu SMART Prague.....	19
3.4.	Energeticky úsporné inteligentní budovy.....	20
3.5.	Výběr pilotních projektů (budov).....	21
4.	Varianta 1 – ponechání stávajícího stavu.....	24
4.1.	Základní analýza objektů.....	24
4.2.	Výpočet energetické náročnosti objektů.....	33
4.3.	Provozní náklady objektů.....	38
5.	Varianta 2 – běžné zateplení.....	40
5.1.	Popis navržených opatření.....	40
5.1.1.	Zateplení obvodových stěn.....	40
5.1.2.	Přídavná izolace obvodových stěn.....	43
5.1.3.	Zateplení ploché střechy.....	45
5.1.4.	Zateplení šikmé střechy.....	47
5.1.5.	Výměna výplní otvorů.....	47
5.1.6.	Projektová dokumentace.....	47
5.2.	Stanovení investičních nákladů.....	48
5.3.	Výpočet energetické náročnosti objektů.....	51
5.4.	Provozní náklady objektů.....	53
6.	Varianta 3 – inteligentní budovy.....	55
6.1.	Popis navržených opatření.....	55
6.1.1.	Zateplení obálky budovy.....	55
6.1.2.	Výměna výplní otvorů.....	55
6.1.3.	Instalace nuceného větrání – rekuperace.....	55

6.1.4. Obnovitelné zdroje energií	56
6.1.5. Energeticky úsporné osvětlení	57
6.1.6. Stínění objektů	58
6.1.7. Využití dešťové vody	58
6.1.8. Úsporné baterie a nakládání s pitnou vodou.....	58
6.1.9. Nakládání s odpady	58
6.1.10. Integrace Building Management System.....	58
6.1.11. Bezpečnost.....	60
6.1.12. Projektová příprava	60
6.1.13. Certifikace budov	61
6.2. Stanovení investičních nákladů	62
6.3. Výpočet energetické náročnosti objektů.....	66
6.4. Provozní náklady objektů.....	68
7. Ekonomické vyhodnocení.....	70
7.1. Vstupní parametry výpočtu	70
7.2. Výpočet	72
7.3. Vyhodnocení.....	80
8. Závěr	81
Seznam použité literatury.....	82
Seznam grafů, tabulek, obrázků a vzorců	83
Seznam grafů.....	83
Seznam tabulek	83
Seznam obrázků	84
Seznam vzorců	84

1. Úvod

V současné době je energetická náročnost budov a úspory energie často diskutovaným tématem. Každým rokem dochází k nárůstu cen za energie, spotřebovávání neobnovitelných přírodních zdrojů energie a emisi škodlivých plynů do atmosféry. Proto se snižování energetické náročnosti budov stalo běžnou praxí. Nejčastější způsob, jak dosáhnout snížení spotřeby energie, je ošetření obálky budovy. Jedná se však pouze o první krok, po kterém by měl v budoucnu následovat přechod z neobnovitelných zdrojů energie na obnovitelné zdroje energie. To se však v současné době děje pouze výjimečně, a po provedení ošetření obálky budovy je proces snižování energetické náročnosti budovy považován za ukončený. Proto se v této diplomové práci budu zabývat, zda je ekonomicky výhodnější provedení běžného zateplení nebo transformace objektů na inteligentní budovy.

1.1. Cíle

Cílem diplomové práce je porovnání provedení běžného zateplení a transformace objektů na inteligentní budovy z pohledu investičních nákladů a provozních nákladů. Diplomová práce navazuje na dokument *„Analýza potenciálu transformace vybraných objektů v majetku hlavního města Prahy na inteligentní budovy v rámci konceptu Smart Prague.“* V tomto dokumentu bylo vybráno 20 veřejných budov na území hlavního města Prahy, které jsou doporučeny jako pilotní projekty pro transformaci na inteligentní budovy. V diplomové práci je tento záměr, transformace objektů na inteligentní budovy, dále rozvíjen a porovnáván s variantou provedení pouze ošetření obálky budovy u sledovaných 20 objektů.

2. Dotační programy pro období 2014-2020

V souladu s rozpočtovým rámcem Evropské unie pro období 2014-2020 je příprava nadcházejícího programového období pro toto sedmileté období. Výsledná výše finanční alokace pro Českou republiku není v této době ještě definitivně určena. Předpokládaná alokace bude cca 20,5 miliardy Euro, avšak přesná suma bude ještě mírně upřesněna.

„Fondy zaměřené na podporu politiky soudržnosti, politiky rozvoje venkova a Společné námořní a rybářské politiky budou v nadcházejícím období jedněmi z nejvýznamnějších kapitol evropského rozpočtu.“ (10)

Fondy a jejich náplň se oproti současnému zaměření příliš nemění:

- Evropský fond pro regionální rozvoj (EFRR) – zaměřen je hlavně na podporu produktivních investic zejména pro malé a střední podniky, budování infrastruktur pro základní služby občanům a podnikatelům, investice do výzkumu a vývoje, do zajištění vnitřního potenciálu regionů a pro vytváření sítí, spolupráce a výměnu zkušeností
- Evropský sociální fond (ESF) – zacílen je na podporu vysoké úrovně zaměstnanosti a kvalitních zaměstnání, mobilitu pracovních sil, povzbuzení k vyšší úrovni vzdělávání a výcviku, podporu rovnosti pohlaví, rovné příležitosti a nediskriminaci a podporu sociálního začleňování a boj s chudobou
- Fond soudržnosti (FS) – zaměřen na investice do infrastruktury v oblastech životního prostředí, dopravní infrastruktury evropského významu a efektivní využívání energie
- Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova (EZFRV) – cílem je podpora konkurenceschopnosti zemědělství, udržitelné nakládání s přírodními zdroji a vyvážený rozvoj venkovských území
- Evropský námořní a rybářský fond (ENRF) – zaměřen na podporu akvakultury, která bude konkurenceschopná, životaschopná a sociálně i environmentálně udržitelná, a podpoří rozvoj území

Z výše uvedených Evropských strukturálních a investičních fondů (ESIF) budou v následujícím programovém období 2014-2020 spolufinancovány tyto operační programy:

- 1) Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (OP PIK)**
- 2) Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání (OP VVV)
- 3) Operační program Zaměstnanost (OPZ)
- 4) Operační program Doprava (OPD)
- 5) Operační program Životní prostředí (OPŽP)**
- 6) Integrovaný regionální operační program (IROP)
- 7) Operační program Praha – pól růstu ČR (OP Praha)**
- 8) Operační program Technická pomoc (OPTH)
- 9) Operační program Rybářství 2014-2020 (OP Rybářství)
- 10) Program rozvoje venkova (PRV)
- 11) Operační program přeshraniční spolupráce mezi Českou republikou a Polskou republikou
- 12) Operační program přeshraniční spolupráce mezi Slovenskou republikou a Českou republikou
- 13) Operační program přeshraniční spolupráce mezi Rakouskou republikou a Českou republikou
- 14) Operační program přeshraniční spolupráce mezi Svobodným státem Bavorsko a Českou republikou
- 15) Operační program přeshraniční spolupráce mezi Svobodným státem Sasko a Českou republikou
- 16) Program nadnárodní spolupráce Central Europe 2020
- 17) Operační program nadnárodní spolupráce Danube, koordinovaný na území České republiky Ministerstvem pro místní rozvoj

18) Operační programy meziregionální spolupráce

19) ESPON 2020

20) Operační program INTERACT III

2.1. Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost (OP PIK)

Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost je řízený Ministerstvem průmyslu a obchodu. Cílem tohoto operačního programu je dosažení konkurenceschopné a udržitelné ekonomiky založené na znalostech a inovacích. Konkurenceschopná ekonomika zahrnuje schopnost místních podniků uplatňovat se na světových trzích a vytvářet dostatek pracovních míst. *„Udržitelnost zdůrazňuje dlouhodobý horizont konkurenční schopnosti, což zahrnuje hospodářský rozvoj šetrný k životnímu prostředí.“ (10)*

Zaměření operačního je zejména na:

- 1) Zvýšení počtu firem schopných posunovat či alespoň dosahovat technologickou hranici ve svém oboru – soustředí se na rozvoj podnikových výzkumných, vývojových a inovačních kapacit a jejich propojení s okolním prostředím
- 2) Rozvoj podnikání a inovací v oborech s nižší znalostní intenzitou – zaměřuje se hlavně na podporu realizace nových podnikatelských záměrů, včetně rozvoje služeb vedoucích ke zvýšení konkurenční výhody podniků v mezinárodním prostředí
- 3) Posun k energeticky účinnému, nízkouhlíkovému hospodářství – důraz bude kladen na zvyšování energetické účinnosti podnikatelského sektoru, využívání obnovitelných zdrojů energie, modernizaci energetické infrastruktury a zavádění nových technologií v oblasti nakládání s energií a druhotných surovin
- 4) Usnadnění rozvoje podnikání, služeb a přístupu ke službám státu prostřednictvím vysokorychlostního přístupu k internetu a širší nabídkou služeb informačních a komunikačních technologií

Tento operační program je financován z Evropského fondu pro regionální rozvoj. Pro období 2014-2020 byly pro OP PIK navrženy čtyři věcně zaměřené prioritní osy a jedna prioritní osa pro technickou pomoc (10):

- Prioritní osa 1 „Rozvoj výzkumu a vývoje pro inovace“
- Prioritní osa 2 „Rozvoj podnikání a konkurenceschopnosti malých a středních firem“
- Prioritní osa 3 „Účinné nakládání energií, rozvoj energetické infrastruktury a obnovitelných zdrojů energie, podpora zavádění nových technologií v oblasti nakládání energií a druhotných surovin“
- Prioritní osa 4 „Rozvoj vysokorychlostních přístupových sítí k internetu a informačních a komunikačních technologií“
- Prioritní osa 5 „Technická pomoc“

2.2. Operační program Životní prostředí (OPŽP)

Operační program Životní prostředí je řízený Ministerstvem životního prostředí. Cílem tohoto operačního programu je ochrana a zajištění kvalitního a zdravého životního prostředí pro život obyvatel České republiky, dále také podpora efektivního využívání zdrojů a potlačení negativních dopadů lidské činnosti na životní prostředí a zmírňování dopadů změn klimatu.

Pro období 2014-2020 bylo pro OPŽP navrženo pět věcně zaměřených prioritních os a jedna prioritní osa pro technickou pomoc:

- Prioritní osa 1 „Zlepšování kvality vod a snižování rizika povodní“
- Prioritní osa 2 „Zlepšování kvality ovzduší v lidských sídlech“
- Prioritní osa 3 „Odpady a materiálové toky, ekologické zátěže a rizika“
- Prioritní osa 4 „Ochrana a péče o přírodu a krajinu“
- Prioritní osa 5 „Energetické úspory“
- Prioritní osa 6 „Technická pomoc“

Operační program využívá získaných zkušeností z předchozího období 2007-2013, směřuje tak k nastavení efektivního a kvalitního systému podpory ochrany životního prostředí. *„Zároveň podporuje směřování k inteligentnímu a udržitelnému růstu a ke zvýšení ekonomické, sociální a územní spolupráce. Oproti předchozímu období klade větší důraz na identifikované prioritní problémy.“*(10)

2.3. Operační program Praha – pól růstu ČR

- Prioritní osa 1 „Posílení výzkumu, technologického rozvoje a inovací“
- Prioritní osa 2 „Udržitelná mobilita a energetické úspory“
- Prioritní osa 3 „Podpora sociálního začleňování a boj proti chudobě“
- Prioritní osa 4 „Vzdělání a vzdělanost a podpora zaměstnanosti“

2.3.1. Prioritní osa 2, „Udržitelná mobilita a energetické úspory“

Tato prioritní osa je financována z Evropského fondu pro regionální rozvoj (EFRR).

Investiční priorita 1

Investiční prioritou 1 této prioritní osy je podle Nařízení o EFRR čl. 5 bod 4 (c): *„Podpora energetické účinnosti, inteligentních systémů hospodaření s energií a využívání energie z obnovitelných zdrojů ve veřejných infrastrukturách, mimo jiné ve veřejných budovách a v oblasti bydlení.“*(11)

Jedním ze specifických cílů této prioritní osy je specifický cíl 2.1, který zní takto: *„Energetické úspory v městských objektech dosažené také s využitím vhodných obnovitelných zdrojů energie, energeticky efektivních zařízení a inteligentních systémů řízení.“*(11)

Specifický cíl byl stanoven zejména na základě cíle „20-20-20“, kterým je 1) snížit emise skleníkových plynů o 20% ve srovnání se stavem v roce 1990; 2) zvýšit podíl energie z obnovitelných zdrojů na 20%; 3) zvýšit energetickou účinnost o 20%. Specifický cíl vychází ale také z cílů Státní energetické koncepce ČR, Územní energetické koncepce hl. m. Prahy a Národního akčního plánu ČR pro energii z obnovitelných zdrojů.

V rámci investiční priority 1 pro naplnění specifického cíle 2.1 mají být podporovány následující aktivity (11):

- Zvyšování energetické efektivity v rámci objektů a technických zařízení pro zajištění provozu městské veřejné dopravy (zejména zefektivnění využití rekuperované elektrické energie z kolejových vozidel, renovace osvětlovacích soustav s využitím pokročilejších úsporných zdrojů včetně inteligentní regulace osvětlení, instalace systému nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla, instalace vhodných a energeticky efektivních zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie)
- Zvyšování energetické efektivity v rámci objektů a technických zařízení pro zajištění provozu městské silniční dopravy (zejména snížení energetické náročnosti technických zařízení městských silničních tunelů-úsporná ventilace a osvětlení, úsporné osvětlení parkovišť P+R, svislého dopravního značení a přechodů pro chodce, snížení energetické náročnosti světelných signalizačních zařízení)
- Realizace pilotních projektů přeměny energeticky náročných veřejných budov na budovy s téměř nulovou spotřebou energie (nebo na budovy v pasivním energetickém standardu) s integrovanými inteligentními systémy, které umožní centralizaci plnohodnotného sledování, ovládání a plánování funkcí zařízení budov.

Indikátory výstupů jsou uvedeny v následující tabulce:

Indikátor	Měrná jednotka	Cílová hodnota (2023)
Snížení roční spotřeby primární energie ve veřejných budovách	kWh/rok	16 269 000
Počet podpořených objektů využívajících OZE	objekty	25
Energeticky vztažná plocha zrenovovaných budov	m ²	49 800

Tab.1 - Indikátory výstupů [2]

Předpoklad typických atributů projektu přeměny energeticky náročných veřejných budov na budovy s téměř nulovou spotřebou energie, který se bude ucházet o podporu v programovém období 2014-2020 (4):

- Disponibilní alokace – 1 872 mil. Kč
- Intenzita podpory OP Praha – pól růstu ČR – 50 %
- Spolufinancování – 50 %
- Doba návratnosti investice – 30 let
- Požadovaný úrok veřejných zdrojů – 1 %
- Požadovaný úrok spolufinancujícího subjektu – 4 %
- Konečná výše úroku z úvěru konečného příjemce – 2,5 %
- Management fee – 2 %

3. SMART City koncept

Definice konceptu SMART City není v literatuře jasně ustálena. Avšak většina odborných dokumentů na toto téma má určité společné znaky. Jsou to tyto atributy:

- Kvalitní síťová infrastruktura ve městě a její efektivní využívání pro uspokojování ekonomických, sociálních i dalších potřeb obyvatel města
- Urbánní rozvoj města vstřícný k podnikání a inovacím
- Města mají efektivní aparát veřejných služeb, který umožňuje ekonomický růst při zajištění sociální inkluze
- Důraz na rozvoj kreativních, inovativních a high-tech odvětví, včetně rozvoje kvalifikované pracovní a vhodné infrastruktury
- Důraz na environmentální a energetickou udržitelnost městského rozvoje

Koncept SMART City lze tedy shrnout jako moderní urbanistický koncept, který má základní vizi dosáhnout propojení vysoce rozvinuté městské infrastruktury (energetické, telekomunikační, dopravní, environmentální) a podnikání i vzdělanosti a vzdělávacích institucí na území města do jednoho maximálně funkčního a efektivního celku. (9)

3.1. Navrhované osy SMART Prague 2014-2020

Koncept SMART Prague 2014-2020 tvoří tři základní osy.

- 1) SMART Infrastructure
- 2) SMART Specialization
- 3) SMART Creativity

Výše uvedené osy jsou vzájemně propojené a jsou zaměřené na maximální posílení silných stránek Prahy a potlačení nebo odstranění jejich slabých stránek a rizik pro další rozvoj. (9)

3.2.1. SMART Infrastructure

Tato osa je zaměřená na rozvoj infrastruktury v Praze. Rozvoj infrastruktury je nutná podmínka pro dlouhodobý udržitelný rozvoj města i pro zvyšování kvality života obyvatel města. Propojení jednotlivých částí města dopravní, ale i energetickou, environmentální a telekomunikační infrastrukturou je základem pro formování určitého města jako mezinárodní metropole a je klíčovým prvkem konceptu SMART City udávaného například v rámci evropské iniciativy European SMART Cities and Communities. Dobrá infrastruktura odlišuje nejlepší města od průměru. Koncept SMART Infrastructure má následující okruhy:

- 1) Doprava, dopravní infrastruktura a mobilita, doprava v klidu
- 2) Energetická a environmentální infrastruktura, zdroje energie a energetická účinnost
- 3) ICT infrastruktura
- 4) Bezpečnostní infrastruktura

Energetická a environmentální infrastruktura, zdroje energie a energetická účinnost

Z pohledu energetické a environmentální infrastruktury je situace v Praze výrazně horší než ve vyspělých zemích EU 15. Dle hodnocení European Green City Index 2009 (3) obstála Praha, v porovnání s dalšími evropskými metropolemi, následovně:

- Emise CO₂ – 25. místo z 30
- Energetika – 24. místo z 30
- Energetická účinnost budov – 26. místo z 30
- Doprava – 26. místo z 30
- Nakládání s vodou – 10. místo z 30
- Odpady a využívání území – 14. místo z 30
- Ovzduší – 20. místo z 30
- Environmentální řízení města – 27. místo z 30
- **Celkově - 24. místo z 30**

Ve vztahu energetiky a životního prostředí nabízí významný prostor pro zlepšení zejména oblast energetické účinnosti. V posledních letech se na území Prahy již uskutečnily významné investice do zlepšení energetické účinnosti nemovitostí i infrastruktury, jako zateplování panelových domů, úsporné režimy osvětlení, investice do snížení ztrát v přenosových soustavách a podobně. Tato opatření však stále nejsou dostatečná, na území Prahy stále není plně využít potenciál úsporného a efektivního využívání energií. Spojením energetických úspor v budovách se zaváděním konceptu inteligentních budov se otevírá prostor pro budovy, které budou efektivní ekonomicky, energeticky i z hlediska vlivu na vnější prostředí a umožní víceúčelové použití a změnu konfigurace.(9)

3.3. Inteligentní budovy v rámci konceptu SMART Prague

Vizi konceptu SMART Prague a jeho osy SMART Infrastructure je možné naplnit realizací revitalizace budov ve vlastnictví Prahy. Opatření prováděná v rámci revitalizace mají vysokou efektivitu dopadů a dají se v obecných principech replikovat. Tato revitalizace nespočívá pouze v zateplení obálky budovy a ošetření technických systémů, respektive minimalizaci dopadů na životní prostředí, ale také:

- management spotřeb a využití vody, půdy, zeleně funkčně spojených s budovou,
- užití ekologicky certifikovaných materiálů ovlivňujících mimo jiné kvalitu vnitřního prostředí,
- zlepšení komfortu uživatelů a bezpečnosti
- pozitivní stimulace vnitřním prostředím
- management nákladů životního cyklu, především provozních nákladů a odpadů,
- řešení a management vazeb na bezprostřední okolí

Sledování a optimalizace těchto kritérií vedou k naplnění vize SMART Prague, která nespočívá jen ve zvýšení energetické bezpečnosti a snížení emise skleníkových plynů, ale má i socio-ekonomické přínosy jako je lepší kvalita života, lokální zaměstnanost, obchodní příležitost a posílení občanské společnosti.(2)

3.4. Energeticky úsporné inteligentní budovy

Koncept inteligentní budovy nepředstavuje pouze zelenou budovu, či pouze automatizovanou budovu. Úkolem inteligentní budovy je zajistit optimální vnitřní prostředí pro komfort osob, toho se zajišťuje prostřednictvím stavební konstrukce, techniky prostředí, řídicích systémů, služeb a managementu. Inteligentní budova je efektivní ekonomicky, energeticky i z pohledu působení na vnější prostředí, také umožňuje víceúčelové použití a změnu nastavení.(2)

Při návrhu transformace byla posouzena vhodnost realizace těchto opatření:

- koncept inteligentní budovy - vstupní analýza potřeb uživatelů budovy, projektová dokumentace
- zateplení obálky budov (fasády, střechy, podlahy, stropní konstrukce)
- výměna nebo renovace výplní stavebních otvorů (oken, dveří)
- instalace systému nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla a další modernizace technických systémů budovy
- instalace vhodných a energeticky efektivních zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie (např. tepelná čerpadla, kotle na biomasu, solárně-termické kolektory, fotovoltaické panely na střechách a jiných pevných konstrukcích objektů)
- Integrace inteligentních BMS systémů na bázi IT řešení
- Instalace systémů aktivního stínění budov
- Instalace systémů využití šedé a dešťové vody
- Instalace bezpečnostních systémů
- Instalace energeticky efektivního systému osvětlení
- Zastřešení všech technických systémů inteligentním řízením a regulací, např. s využitím prediktivního řízení
- Stavební úpravy prostoru (space management)

- Opatření aplikovaného výzkumu spojené s konceptem inteligentních budov (smart materiály)
- Instalace vizualizace chodu systémů vč. změřených hodnot pro potřeby prezentace použitých prvků a systémů pro vzdělávání a popularizaci.

3.5. Výběr pilotních projektů (budov)

V konceptu SMART Prague již byly vybrány pilotní projekty. Realizace těchto pilotních projektů by měla ukázat směr rozvoje veřejných budov na území Prahy a demonstrovat možnosti úspor energií a přínosy instalace inteligentních systémů včetně vlivů na kvalitu prostředí a spokojenost uživatelů. Dokument „*Inteligentní budovy v konceptu Smart Prague*“ z listopadu 2013 stanovil následující kritéria výběru pilotních projektů (2):

- 1) Budova ve vlastnictví hl. m. Prahy
- 2) Zajištěná spolupráce s akademickým prostředím
- 3) Vysoký podíl fluktuace osob (značné výkyvy ve využití budovy)
- 4) Skupiny budov v bezprostředním sousedství
- 5) Vysoký potenciál úspor
- 6) Vysoký potenciál přenosu zkušeností do dalších budov („referenční budova“)
- 7) Logická návaznost na další opatření Smart Prague (a rozšířená až na 6 kritérií dle Vídeňské technické univerzity)

V dokumentu „*Inteligentní budovy v konceptu Smart Prague*“ z listopadu 2013 byl proveden výběr typů budov pro pilotní projekty dle výše uvedených kritérií. Bylo vybráno celkem 53 objektů, tento seznam byl posléze zúžen na 20 objektů z důvodu vhodnosti a naplnění sledovaných indikátorů.

Školy (primární a sekundární vzdělávání)

Název	Ulice, č. p./evid. č.	PSČ	Místo
Střední průmyslová škola, Na Třebešíně	Na Třebešíně 2299/69	108 00	Praha 10
Domov mládeže a školní jídelna Lovosická 42	Lovosická 439/42	190 00	Praha 9
Gymnázium Českolipská 373	Českolipská 373/27	190 00	Praha 9
Gymnázium Na Vítězné pláni	Na Vítězné pláni 1160/1	140 87	Praha 4
SŠ, ZŠ a MŠ pro sluchově postižené Výmolova 169	Výmolova 169/2	150 00	Praha 5
ZŠ Vokovice Praha 6	Vokovická 32/3	160 00	Praha 6
ZUŠ Taussigova, Praha 8	Taussigova 1150/2	182 00	Praha 8
SOU potravinářské Písnice	Libušská 320/111	142 00	Praha 4

Budovy se službami sociální péče (Domovy pro seniory, ústavy)

Název	Ulice, č. p./evid. č.	PSČ	Místo
Domov seniorů Elišky Purkyňové	Šolínova 344/1, 513/3, 514/5	169 00	Praha 6
Domov seniorů Elišky Purkyňové	Thákurova 533/8, 534/10, 535/12	169 00	Praha 6
Domov pro seniory Malešice	Rektorská 577/5	108 00	Praha 10
Domov pro seniory Kobylisy	Mirovická 1027/19	182 00	Praha 8
Domov pro seniory Chodov	Donovalská 2222/31	149 00	Praha 4

Domov pro seniory Zahradní Město	Sněženková 2973/8	106 00	Praha 10
Domov pro seniory Háje	K Milíčovu 734/1	149 00	Praha 4
Jedličkův ústav	V Pevnosti 13/4	128 41	Praha 2
Jedličkův ústav	Na Pankráci 479/13 - domov mládeže	140 00	Praha 4
Jedličkův ústav	Na Topolce 1350/1 - domov mládeže	140 00	Praha 4
Jedličkův ústav	U Jedličkova ústavu 1349/2 - Školy a rehab. Bazén	140 00	Praha 4

Administrativní budovy

Název	Ulice, č. p./evid. č.	PSČ	Místo
Útvar rozvoje hlavního města Prahy	Vyšehradská 2075/51, 2076/55, 2077/57	128 00	Praha 2

4. Varianta 1 – ponechání stávajícího stavu

4.1. Základní analýza objektů

U budov, které byly vybrány pro přeměnu na inteligentní budovy, byl již dříve analyzován současný stav. Byly určeny zásadní parametry pro výpočet energetické náročnosti budov, jejich technický stav a odchylky od energetických auditů, které byly ve většině případů zpracovány v letech 2003 až 2004. (2)

1. Gymnázium Na Vítězné pláni



Gymnázium se nachází na adrese Na Vítězné pláni 1160/1, Praha 4. Budova gymnázia je zděná a v provozu je od roku 1962. Gymnázium navštěvuje okolo 650 žáků, kterým je k dispozici 24 tříd, školní kuchyně a 2 tělocvičny.

V budově je také služební byt. Na budově proběhly již dvě větší rekonstrukce, a to rekonstrukce plynové kotelny a zateplení střechy. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie C – Vyhovující.

2. Domov pro seniory Praha 4 – Háje



Objekt občanské vybavenosti - domov pro seniory je na adrese K Milíčovu 734/1, Praha 4 – Háje. Výstavba objektu probíhala v letech 1988-1992. Objekt je tvořen budovami s uspořádáním do tvaru trojúhelníku a jednou samostatně stojící

budovou. Budovy jsou zděné a panelového systému VVÚ ETA. Objekt má vlastní zdroj tepla, kterým je plynová kotelna na zemní plyn se třemi kotli. Plynová kotelna zajišťuje dodávku tepla pro vytápění objektu, přípravu TUV a VZT zařízení. Provedený Průkaz

energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie E – Nehospodárná.

3. Domov pro seniory Praha 4 – Chodov



Objekt občanské vybavenosti - domov pro seniory je na adrese Donovalská 2222/31, Praha 4 – Chodov. Byl vystavěn v roce 1990 technologií skeletu MS-OB s pórobetonovým obvodovým pláštěm a z panelů systému VVÚ ETA. Objekt tvoří tři budovy s uspořádáním do tvaru obdélníku s atriem. Uvnitř objektu se nachází vlastní zdroj tepla. Plynová kotelna na zemní plyn má tři kotle, které zajišťují dodávku tepla pro vytápění objektu, přípravu TUV a VZT zařízení.

4. Střední odborné učiliště potravinářské



SOU potravinářské se nachází na adrese Libušská 320/111, Praha 4 - Písnice. Sestává ze dvou budov, které mají zděný a panelový konstrukční systém. Rok výstavby je 1974. Budovy nemají vlastní zdroj tepla. Vytápění a příprava TUV je centrální, zajišťováno je dodávkou ze sítě CZT. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie D – Nevyhovující.

5. Zvláštní škola Vokovická



Tato Zvláštní škola a Praktická škola je na adrese Vokovická 32/3, Praha 6. Jedná se o areál 3 budov. Budova školy a tělocvična byly postaveny v roce 1882, budova Pedagogicko-psychologické poradny v polovině 70. let 20. století. Dříve byl areál zásobovaný teplem ze sítě CZT, ovšem v roce 2005 byla v suterénu budovy vybudována nová plynová kotelna. Budovy, kromě budovy poradny, nevyhovují současným tepelně technickým požadavkům. Provedený

Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie F – Velmi nevhodná.

6. Speciální škola Výmolová



Na adrese Výmolova 169/2, Praha 5 – Radlice je Speciální škola pro sluchově postižené. Výstavba proběhla v roce 1926, půdní vestavba byla provedena v roce 2002. Pětipodlažní objekt má všechny obvodové konstrukce a okna původní. Pro vytápění je zdrojem tepla teplovodní kotelna na zemní plyn, kde jsou celkem 4 kotle. Půdní vestavba je vytápěna samostatně, a to dvěma plynovými kotly. Ohřev TUV je ve dvou zásobníkových ohříváčích, každý o obsahu 1600 litrů. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie E – Nevhodná.

7. Jedličkův ústav – Stará budova



Objekt na adrese V Pevnosti 13/4, Praha 2 je využíván pro poskytování sociálních služeb. Tento zděný objekt má vlastní plynovou kotelnu pro zásobování teplem pro vytápění a přípravu TUV. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie G – Mimořádně nevhodná.

8. Jedličkův ústav – Nová škola a bazén



Jedná se o budovu spadající pod Jedličkův ústav na adrese U Jedličkova ústavu 1349/2, Praha 4. Budova je provedena klasickou zděnou technologií. Dodávka tepla a TUV je zajišťována plynovou kotelnou, která je umístěna v budově.

Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie D – Nevyhovující.

9. Útvar rozvoje hlavního města Prahy



Administrativní objekt na adrese Vyšehradská 2075/51, 2076/55, 2077/57 je sídlem Institutu plánování a rozvoje hlavního města Prahy. Areál se skládá ze tří konstrukčně shodných budov. Hlavní nosnou konstrukci tvoří ocelový plnostěnný skelet, který je doplněn železobetonovými stěnami. Obvodový plášť je

tvořen převážně roštovým lehkým obvodovým pláštěm s hliníkovými sloupky a příčníky. Zasklení obvodového pláště je provedeno izolačním dvojsklem. Areál má vlastní kotelnu na zemní plyn, která je umístěna v suterénu jedné z budov. Kotelna slouží pro vytápění, ohřev TUV i VZT všech tří budov. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie D – Nevyhovující. (6)

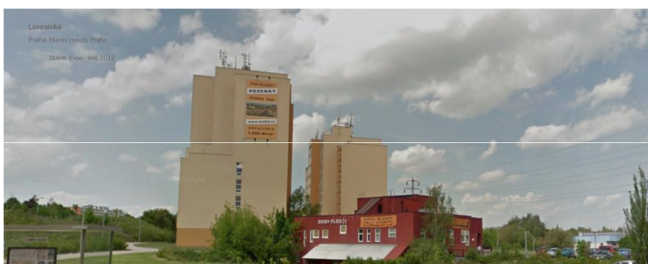
10. Domov pro seniory Sněženková



Na adrese Sněženková 2973/8, Praha 10 je předmětný objekt občanské vybavenosti – domov pro seniory. Tento objekt je umístěn ve svahu, půdorysně má tvar písmene T. Zděný objekt je zásobován teplem ze sítě

CZT. Dodávka tepla slouží pro vytápění objektu, přípravu TUV a VZT zařízení.

11. Domov mládeže Lovosická



Tento objekt sociálních služeb na adrese Lovosická 439/42, Praha 9, byl postaven roku 1980. Technologicky je postaven z panelového systému VVÚ ETA. Jedná se o soubor 3 budov.

Budova 1 slouží k provozu celodenního stravování s navazující jídelnou. Budova 2 a 3 jsou určeny k ubytování s ubytovací kapacitou 322 lůžek. Energie je dodávána ve formě elektrické energie, zemního plynu a tepla z CZT. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie C – Vyhovující.

12. Gymnázium Českolipská



Výstavba gymnázia Českolipská 373/27, Praha 9 proběhla v letech 1968-1969. Jedná se o komplex 11 zděných budov, které jsou navzájem propojené systémem spojovacích

krčků, chodeb a pavilonů. V minulých letech byla provedena výměna části oken. Teplo pro komplex budov je dodáváno ze soustavy CZT.

13. Základní umělecká škola Taussigova



Základní umělecká škola se nachází na adrese Taussigova 1150/2, Praha 8. Jedná se o komplex, který je tvořen šesti pavilony s 2 nebo 1 NP. Dva z objektů jsou částečně podsklepeny. Nosný

systém je řešen jako železobetonový skelet s obvodovým pláštěm z keramických panelů a plynosilikátových tvárnic. Jednotlivé budovy byly vystavěny v letech 1971-1980. V minulých letech budovy prošly rozsáhlou rekonstrukcí a adaptací. V současnosti je obvodový plášť zateplen polystyrénem tloušťky 80 a 100 mm. Okna jsou plastová a hliníková s izolačním dvojsklem. Objekt ZUŠ je napojen na soustavu CZT. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie C – Vyhovující.

14. Domov pro seniory Rektorská



Výstavba tohoto domova pro seniory Rektorská 577/5, Praha 10 proběhla v roce 1982. Areál je tvořen celkem šesti budovami postavenými panelovou technologií VVÚ-ETA. Pro zásobování teplem má areál vlastní centrální plynovou kotelnu. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov

zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie D – Nevyhovující.

15. Domov pro seniory Kobylisy



Domov pro seniory na adrese Mírovická 1027/19, Praha 8 byl postaven v roce 1956. Soubor budov tvaru T je postavený klasickou zděnou technologií. Objekt má tři nadzemní podlaží, podkroví je nevyužívané. Dále se zde nachází samostatná vrátnice a zimní zahrada. Kapacita

domova pro seniory je 221 lůžek a 101 zaměstnanců. Pro dodávku tepla je objekt napojen na CZT. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie C – Vyhovující.

16. Jedličkův ústav, TOP



Objekt na adrese Na Topolce 1350/1, Praha 4 slouží jako domov mládeže v rámci Jedličkova ústavu. Celková kapacita domova mládeže je 56 lůžek ve 2 až 3 lůžkových pokojích. Objekt je vytápěn plynovou kotelnou. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve

stávajícím stavu do kategorie D – Nevyhovující.

17. Jedličkův ústav, TAP



Další z objektů Jedličkova ústavu je na adrese Na Pankráci 479/13, Praha 4. Objekt slouží jako domov mládeže a nabízí kapacitu 34 lůžek ve 2 lůžkových pokojích. Objekt je vytápěn plynovou kotelnou. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve

stávajícím stavu do kategorie E – Nehospodárná.

18. Domov důchodců Šolínova



Na adrese Šolínova 344/1, 513/3, 514/5, Praha 6 se nachází tři z šesti budov Domova pro seniory Elišky Purkyňové. Komplex zděných budov je zásobováno teplem ze systému CZT, které je využíváno pro vytápění a nucené větrání. Pro ohřev TUV slouží plynový zásobník. Ubytovací

kapacita celého Domova pro seniory Elišky Purkyňové je 260 lůžek a 105 zaměstnanců. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie E – Nehospodárná.

19. Domov důchodců Thákurova



Další tři budovy Domova pro seniory Elišky Purkyňové jsou na adrese Thákurova 533/8, 534/10, 535/12, Praha 6. Tento druhý komplex zděných budov je rovněž zásobován teplem ze systému CZT, které je využíváno pro vytápění a nucené větrání. Pro ohřev TUV slouží plynový zásobník. Provedený Průkaz energetické náročnosti budov zařadil objekt ve stávajícím stavu do kategorie D – Nevyhovující.

20. Střední průmyslová škola Na Třebešíně



Střední průmyslová škola s vlastním internátem, dílnami, tělocvičnou a jídelnou je na adrese Na Třebešíně 2299/69, Praha 10. Areál, který byl postaven v 70. letech 20. století, je zásobován teplem ze soustavy CZT. Zdrojem tepla pro celý areál je výměňková stanice, která je umístěná v podzemním podlaží jedné z budov. Tato výměňková stanice zajišťuje vytápění všech objektů v areálu, centrální ohřev TUV, ohřev sekundárního média pro ohříváče VZT a ohřev vody v bazénu.(7)

V následující tabulce *Tab.2* jsou uvedeny veškeré technické parametry objektů, které vstupují do výpočtu energetické náročnosti. Důležitým parametrem je energeticky vztažná plocha objektů, s hodnotou 134 013 m² bezmála trojnásobně převyšuje požadavek na indikátor uvedený v tabulce *Tab.1*.

PČ	Objekt	Adresa	Obestavěný prostor [m3]	Vnitřní objem [m3]	Vztažná plocha [m2]	Plocha stěn [m2]	Plocha oken [m2]	Šikmá střecha [m2]	Plochá střecha [m2]	Plocha podlah [m2]
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	Na Vítězné pláni 1160, P4	27 970,0	22 376,0	7 077,0	2 679,0	1 049,0	-	1 554,0	6 240,0
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	K Milíčovu 734/1, P4	39 117,0	36 987,0	10 741,0	5 575,0	1 748,0	3 218,0	-	-
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	Donovalská 2222, P4	37 153,0	33 852,0	5 579,0	7 649,2	2 280,9	3 250,6	-	-
4	Střední odborné učiliště potravinářské	Libušská 320/111, P4	7 333,0	6 458,0	2 246,0	1 907,0	679,8	-	1 123,0	-
5	ZŠ Vokovická	Vokovická 32/3, P6	16 445,0	10 855,0	3 403,0	2 679,0	550,0	-	1 802,0	1 802,0
6	Speciální škola Výmolová	Výmolová 169/2, P5	20 948,0	13 616,0	4 645,0	3 980,0	717,0	1 026,0	-	979,0
7	Jedličkův ústav, Stará budova	V pevnosti 4, P4	11 956,0	7 771,0	3 060,0	2 473,0	373,0	909,0	-	942,0
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	U Jedličkova ústavu 2, P4	19 853,0	13 473,0	5 225,0	2 580,0	701,0	-	1 508,0	1 548,0
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	Vyšehradská 51, 55, 57, P2	34 400,4	27 520,3	8 200,0	13 002,5		-	2 779,0	-
10	DS Sněženkova	Sněženkova 8, P10	21 879,0	16 409,3	10 375,0	2 584,0	1 343,3	-	2 075,0	2 075,0
11	DM Lovosická	Lovosická 42, P9	18 678,0	14 008,5	7 154,0	4 159,4	2 038,1	-	1 148,0	1 148,0
12	Gymnázium Českolipská	Českolipská 373, P9	38 754,0	29 065,5	7 896,0	6 252,0	1 728,0	-	3 948,0	3 948,0
13	ZUŠ Taussigova	Taussigova 1150, P8	11 767,0	8 825,3	3 412,0	2 466,0	988,0	-	914,1	914,1
14	DS Rektorská	Rektorská 577/5, P10	36 396,0	27 297,0	9 138,0	9 082,0	522,6	-	540,0	540,0
15	DS Kobylisy	Mirovická 1027/19, P8	32 299,7	24 224,8	9 787,9	3 732,1	837,8	2 524,0	-	2 524,0
16	Jedličkův ústav, TOP	Na Topolce 1, P4	15 377,0	10 948,0	4 139,0	2 390,0	422,0	1 177,0	-	1 077,0
17	Jedličkův ústav, TAP	Na Pankráci 13, P4	5 387,0	3 771,0	1 688,0	844,0	123,0	298,0	-	280,0
18	Domov důchodců Šolínova	Šolínova 1,3,5, P6	18 872,0	12 267,0	5 774,0	3 347,0	625,0	1 133,0	-	1 054,0
19	Domov důchodců Thákurova	Thákurova 8,10,12, P6	14 600,0	9 490,0	3 520,0	2 451,0	427,0	954,0	-	879,0
20	SPŠ Na Třebešíně	Na Třebešíně 2299, P10	123 995,0	92 996,3	2 0953,0	14 204,3	3 981,9	-	9 093,0	9 093,0
		Celkem	553 180	422 211	134 013	94 037	21 135	14 490	26 484	35 043

Tab.2 - Technické parametry objektů [2]

4.2. Výpočet energetické náročnosti objektů

Ve výpočtu energetické náročnosti objektů byly použity hodnoty vycházející z původních energetických auditů zpracovaných v letech 2003 až 2004. Tyto energetické audity se, v některých případech, rozcházejí se současným stavem. To je dáno tím, že některé objekty byly v průběhu let částečně zatepleny nebo došlo k výměně výplní otvorů za nové apod. Níže v tabulce *Tab.4* jsou vypsané jednotlivé spotřeby energií potřebné pro vytápění objektů, větrání, přípravu TUV a osvětlení. Spotřeba energie na osvětlení nebyla zahrnuta ve výpočtu energetické náročnosti objektů uvedené v dokumentu „*Analýza potenciálu transformace vybraných objektů v majetku hlavního města Prahy na inteligentní budovy v rámci konceptu Smart Prague.*“(2), z kterého tabulka *Tab.4* vychází. Pro komplexnost výpočtu energetické náročnosti objektů, byla spotřeba energie na osvětlení zahrnuta do této diplomové práce. Spotřeba energie na osvětlení, u jednotlivých objektů, je počítána ve výši 3% z celkové spotřeby energie, jedná se o odhad, který vyplývá z energetické náročnosti obdobných objektů.

Jedním z výstupů tabulky *Tab.4* je tzv. Celková primární energie. Jedná se o energii užitou k výrobě energie dodané do budovy, která se vypočítá z dodaného a vydaného množství energie energonostitele užitím tzv. faktorů primární energie (konverzní faktory přeměny).
(5)

Jelikož analyzované objekty nevydávají žádnou energii do sítě, je výpočet primární energie objektů následující:

Vzorec 1: Výpočet celkové primární energie (5)

$$PE = \sum_i E_{\text{dod}} * F_{\text{dod},i}$$

kde: PE – celková primární energie
E_{dod} – jednotlivá spotřeba energie
F_{dod,i} – faktor primární energie

Pro jednotlivé energonositele jsou použity následující hodnoty faktoru primární energie, které vycházejí z Přílohy č. 3 k vyhlášce č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov (8):

- Zemní plyn – 1,1 [-]
- Elektřina ze sítě – 3,2 [-]
- Soustava CZT – 1,1 [-]
- Energie okolního prostředí (elektřina a teplo) – 1,0 [-]

Výpočtem byly určeny energetické náročnosti jednotlivých objektů ve stávajícím technickém stavu. Spotřeba primární energie je největší u objektu číslo 9 Útvar rozvoje hlavního města Prahy s hodnotou 5 229 MWh. Celková spotřeba primární energie všech 20 objektů je na hodnotě 27 470 MWh.

Dále byly výpočtem určeny emise CO₂, které u všech 20 objektů dosahují hodnoty 5,77 tisíc tun CO₂.

Pro výpočet emise CO₂ byly použity následující emisní faktory uvedené v tabulce *Tab.3*. Emise CO₂ byly násobeny koeficientem 1,1, jedná se o bezpečnostní koeficient, jelikož některé spotřeby energií jsou odhadovány.

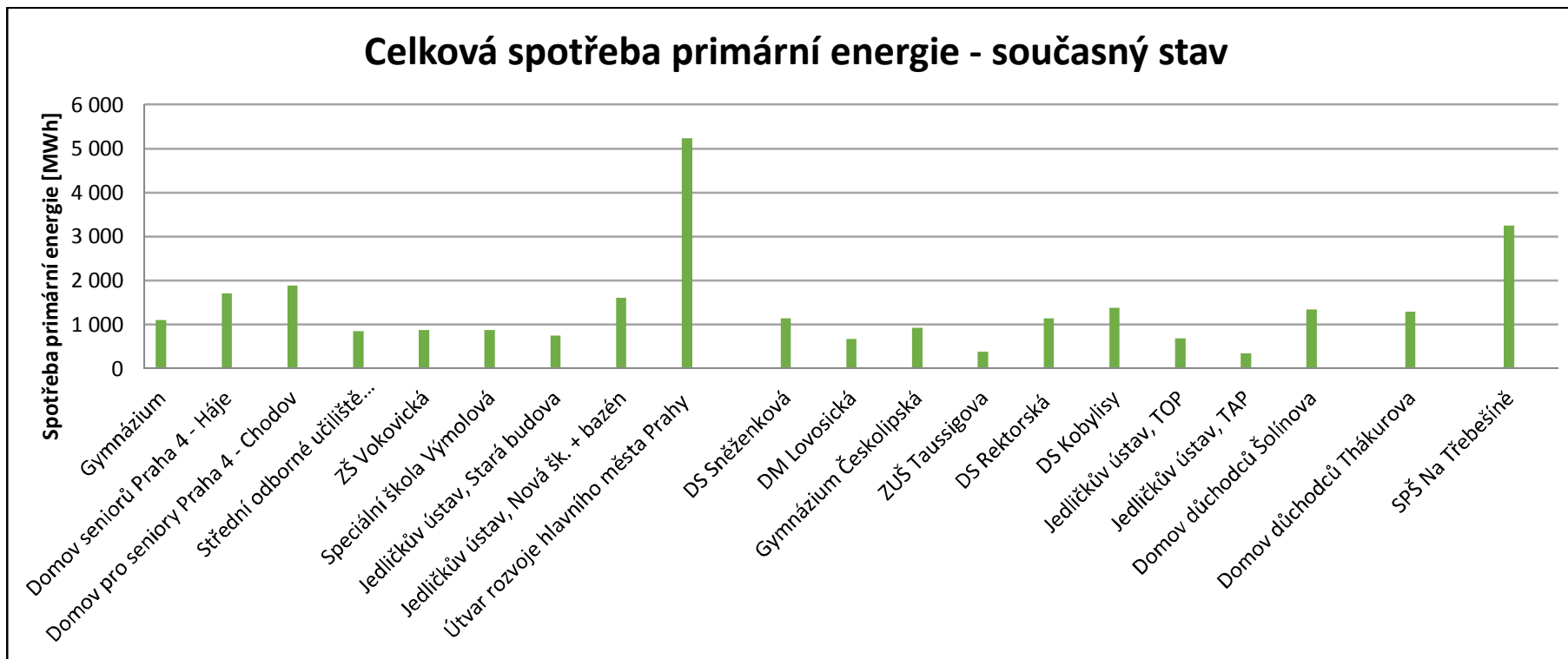
	Emisní faktor	Jednotky
Zemní plyn	0,202	t/MWh
Elektrická energie	0,95	t/MWh
Obnovitelné zdroje energií	0	t/GJ

Tab.3 - Použité emisní faktory CO₂ podle IPCC [2]

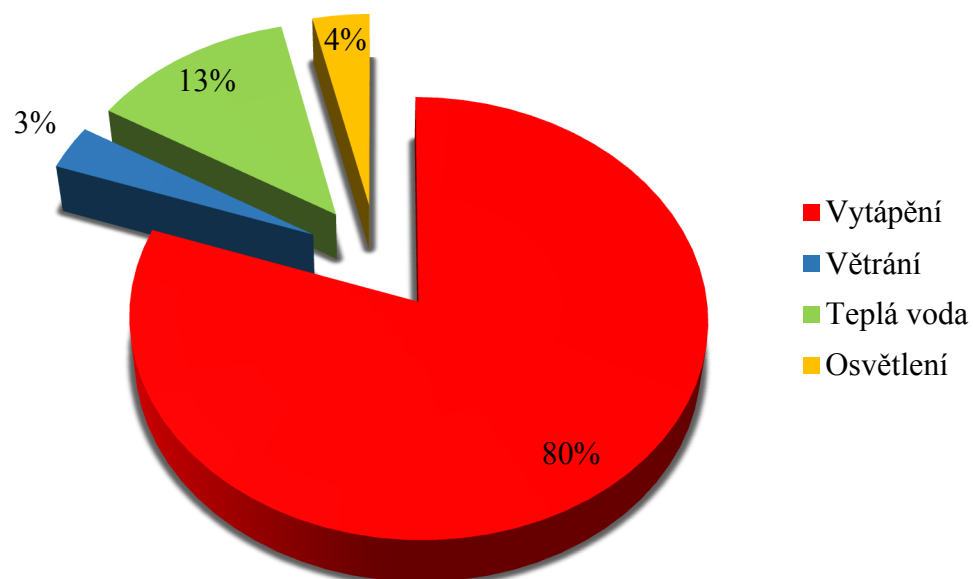
PČ	Objekt	Potřeba vytápění [GJ]	Spotřeba vytápění [GJ]	EGN	Spotřeba větrání [GJ]	EGN	Spotřeba TUV [GJ]	EGN	Spotřeba osvětlení [GJ]	EGN	Emise CO ₂ [t/rok]	Celková primární energie [GJ]	Celková primární energie [MWh]
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	2 432,48	2 644,00	1,10	31,06	3,20	579,00	1,10	109,34	3,20	217,90	3 994,58	1 110
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	3 760,22	4 087,20	1,10	59,80	3,20	847,50	1,10	168,59	3,20	337,16	6 159,02	1 711
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	4 486,47	4 876,60	1,10	71,34	3,20	557,05	1,10	186,16	3,20	372,84	6 801,02	1 889
4	Střední odborné učiliště potravinářské	2 094,13	2 276,23	1,10	22,29	3,20	185,47	1,10	83,38	3,20	166,01	3 046,01	846
5	ZŠ Vokovická	1 603,48	2 511,35	1,10	-	-	112,65	1,10	86,59	3,20	170,09	3 163,49	879
6	Speciální škola Výmolová	1 649,38	2 525,83	1,10	-	-	77,41	1,10	85,91	3,20	168,74	3 138,48	872
7	Jedličkův ústav, Stará budova	1 366,74	2 140,56	1,10	-	-	118,29	1,10	74,54	3,20	146,42	2 723,26	756
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	2 664,46	4 195,68	1,10	179,35	3,20	95,95	1,10	158,84	3,20	330,05	5 803,00	1 612
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	7 268,74	7 900,80	1,10	2 034,69	3,20	1 795,64	1,10	515,31	3,20	1 217,00	18 826,08	5 229
10	DS Sněženská	2 141,17	2 951,06	1,10	-	-	461,63	1,10	112,62	3,20	221,21	4 114,35	1 143
11	DM Lovosická	1 114,67	1 536,29	1,10	-	-	461,63	1,10	65,93	3,20	129,50	2 408,69	669
12	Gymnázium Českolipská	1 834,42	2 528,29	1,10	-	-	230,63	1,10	91,04	3,20	178,83	3 326,14	924
13	ZUŠ Taussigova	639,96	882,02	1,10	69,72	3,20	48,87	1,10	37,41	3,20	80,50	1 366,80	380
14	DS Rektorská	1 478,66	2 045,15	1,10	59,16	3,20	1 210,34	1,10	113,11	3,20	228,13	4 132,30	1 148
15	DS Kobylisy	1 912,24	2 691,03	1,10	-	-	491,73	3,20	136,01	3,20	316,65	4 968,90	1 380
16	Jedličkův ústav, TOP	1 133,04	1 679,15	1,10	-	-	128,74	3,20	67,77	3,20	146,08	2 475,90	688
17	Jedličkův ústav, TAP	574,35	879,55	1,10	-	-	54,90	3,20	34,30	3,20	72,89	1 252,95	348
18	Domov důchodců Šolínova	2 247,88	3 098,12	1,10	-	-	922,29	1,10	132,67	3,20	260,60	4 847,00	1 346
19	Domov důchodců Thákurova	1 489,21	2 025,50	1,10	-	-	626,49	3,20	126,98	3,20	312,49	4 639,15	1 289
20	SPŠ Na Třebešíně	5 613,00	7 736,00	1,10	-	-	678,00	3,20	320,38	3,20	697,54	11 704,42	3 251
		47 504,71	61 210,41		2 527,41		9 684,21		2 706,88		5 770,62	98 891,52	27 470

Tab.4 - Energetické náročnosti objektů – stávající stav [2]

Graf 1: Spotřeba primární energie jednotlivých objektů –současný stav [2]



Graf 2: Podíl spotřeby energie – stávající stav [vlastní]



Graf č.2 znázorňuje procentní podíl jednotlivých spotřeb energií pro všech 20 objektů. Výrazně nejvyšší je spotřeba na vytápění s 80%.

Jednotlivé spotřeby energií všech 20 objektů, bez ohledu na daný energonositel, jsou následující:

- Spotřeba na vytápění – 61 210,41 GJ (17 002,89 MWh)
- Spotřeba na větrání – 2 527,41 GJ (702,06 MWh)
- Spotřeba na TUV – 9 684,21 GJ (2 690,06 MWh)
- Spotřeba na osvětlení – 2 706,88 GJ (751,91 MWh)
- **Celková spotřeba energie – 76 128,91 GJ (21 146,92 MWh)**

4.3. Provozní náklady objektů

V dřívější kapitole jsme již stanovili spotřebu dodané energie do objektů, kterou spotřebují jednotlivé energetické systémy. Nyní tedy můžeme přejít k výpočtu provozních nákladů jednotlivých objektů.

Ve výpočtu provozních nákladů budeme vycházet z jednotkových cen, které již byly stanoveny v dokumentu „*Analýza potenciálu transformace vybraných objektů v majetku hlavního města Prahy na inteligentní budovy v rámci konceptu Smart Prague.*“ (2)

Jednotkové ceny použité ve výpočtu provozních nákladů jsou bez sazby DPH a jsou následující:

Faktor primární energie	Energonositel	[Kč/MWh]	[Kč/GJ]
3,20	Elektřina ze sítě	4 000,00	1 111,11
1,10	Zemní plyn	1 300,00	361,11
1,10	CZT	-	600,00

Tab.5 - Jednotkové ceny energií [2]

Ve stávajícím stavu jsou do objektů dodávány tři druhy energií. Je to elektřina ze sítě, která slouží pro osvětlení, vzduchotechniku a u některých objektů také pro ohřev TUV. Pro vytápění a v některých případech ohřev TUV je do objektů dodáván zemní plyn nebo je daný objekt napojen na systém CZT. Objekty, které jsou napojeny na systém CZT jsou v tabulce *Tab.6* barevně zvýrazněny. Jak je patrné z tabulky *Tab.6* uvedené dále, nejvyšších nákladů na provoz dosahuje objekt s číslem 9 Útvar rozvoje hlavního města Prahy s provozními náklady ve výši 6 334 826 Kč/rok. Celkové náklady na provoz všech 20 objektů jsou stanoveny hodnotou 38 894 678 Kč/rok, při celkové spotřebě energie 76 129GJ.

PČ	Objekt	Spotřeba energie [GJ]	Energonositel	Náklady [Kč]	Náklady celkem [Kč]
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	3 223,00	1,10	1 163 861	1 319 861
		140,40	3,20	156 000	
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	4 934,70	1,10	1 781 975	2 035 742
		228,39	3,20	253 767	
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	5 433,65	1,10	1 962 151	2 248 263
		257,50	3,20	286 111	
4	Střední odborné učiliště potravinářské	2 461,70	1,10	1 477 020	1 594 431
		105,67	3,20	117 411	
5	ZŠ Vokovická	2 624,00	1,10	947 556	1 043 767
		86,59	3,20	96 211	
6	Speciální škola Výmolová	2 603,24	1,10	940 059	1 035 514
		85,91	3,20	95 456	
7	Jedličkův ústav, Stará budova	2 258,85	1,10	815 696	898 518
		74,54	3,20	82 822	
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	4 291,63	1,10	1 549 755	1 925 522
		338,19	3,20	375 767	
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	9 696,44	1,10	3 501 492	6 334 826
		2 550,00	3,20	2 833 333	
10	DS Sněženská	3 412,69	1,10	2 047 615	2 172 749
		112,62	3,20	125 133	
11	DM Lovosická	1 997,92	1,10	1 198 752	1 272 008
		65,93	3,20	73 256	
12	Gymnázium Českolipská	2 758,92	1,10	1 655 352	1 756 508
		91,04	3,20	101 156	
13	ZUŠ Taussigova	930,89	1,10	558 534	677 567
		107,13	3,20	119 033	
14	DS Rektorská	3 255,49	1,10	1 175 594	1 367 005
		172,27	3,20	191 411	
15	DS Kobylisy	2 691,03	1,10	1 614 616	2 312 105
		627,74	3,20	697 489	
16	Jedličkův ústav, TOP	1 679,15	1,10	606 360	824 704
		196,51	3,20	218 344	
17	Jedličkův ústav, TAP	879,55	1,10	317 615	416 726
		89,20	3,20	99 111	
18	Domov důchodců Šolínova	922,29	1,10	333 049	2 339 332
		3 098,12	1,10	1 858 872	
19	Domov důchodců Thákurova	132,67	3,20	147 411	1 568 619
		2 025,50	1,10	731 431	
20	SPŠ Na Třebešíně	753,47	3,20	837 189	5 750 911
		7 736,00	1,10	4 641 600	
		998,38	3,20	1 109 311	
		76 129		38 894 678	38 894 678

Tab.6 - Provozní náklady objektů – stávající stav[vlastní]

5. Varianta 2 – běžné zateplení

Jednou z porovnávaných variant této diplomové práce je nedělat transformaci zkoumaných objektů na inteligentní budovy, ale provedení pouze ošetření obálky budovy. To zahrnuje zateplení obvodových stěn, výměnu okenních a dveřních výplní otvorů a zateplení ploché nebo šikmé střechy.

5.1. Popis navržených opatření

Návrh jednotlivých energeticky úsporných opatření vychází z předpokladu, že financování těchto projektů by bylo zajišťováno s pomocí dotace z Operačního programu Životní prostředí (OPŽP) nebo programu Nová zelená úsporám. Program Nová zelená úsporám byl doposud zaměřen pouze na rodinné domy, ovšem v příštím období je plánované také poskytování dotací na energetické úspory v bytových domech a ve veřejných budovách.

5.1.1. Zateplení obvodových stěn

Pro návrh nové skladby zateplovacího systému je mimo jiné nutné znát souvrství stávajících obvodových stěn a provoz dané budovy. Kvůli zjednodušení je v této diplomové práci navržena jedna skladba zateplovacího systému pro všechny objekty. Návrh skladby vychází z minulého programového období Operačního programu Životní prostředí. Navrženo je zateplení extrudovaným polystyrenem tloušťky 160 mm. Jedná se o zateplení, s kterým se v praxi setkáváme nejčastěji při projektech financovaných z OPŽP.

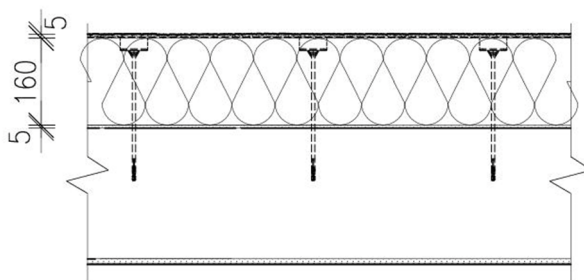
Navržená skladba ETICS:

- Podklad splňující požadavky ČSN 73 2901 a požadavky TP výrobce ETICS (pevný, suchý, max. hodnota odchylky rovinnosti 20 mm/m, aj.)
- Cementová lepicí hmota, plocha slepu min. 40%
- Tepelná izolace EPS 100F, TR150, tl. 160 mm (maximální $\lambda_D = 0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), kotvení mechanickými talířovými hmoždinkami s kovovým šroubovacím trnem, zapuštěná montáž v souladu s ETA, hmoždinky + krytka EPS
- Cementová stěrková hmota, tl. 3 mm + sklotextilní síťovina odolná alkáliím (lubrikace vláken)
- Základní nátěr s plnivem
- Vysoce paropropustná pastózní minerální omítka, struktura K2

V tabulce *Tab.7*, uvedené dále, je položkový rozpočet pro výpočet ceny za 1 m² této skladby zateplení obvodových stěn. Cena stanovená tímto položkovým rozpočtem je 1 549,46 Kč bez DPH za 1 m².

Jedná se ovšem o 1 m² v běžné ploše, tudíž zde nejsou zohledněny náklady za použité systémové lišty (zakládací, rohové, parapetní apod.). Dále je nutné započítat do nákladů také provedení nového oplechování parapetů, nových hromosvodů apod. Náklady za tyto činnosti, které jsou nedílnou součástí nového zateplení, nelze stanovit paušální a bylo by nutné mít k dispozici projektovou dokumentaci pro řádné ocenění nákladů. Pro stanovení nákladů realizace zateplení obvodových stěn bude jednotková cena násobena nejen plochou stěn, ale i plochou výplní otvorů. Tím dojde k přiblížení ke skutečným reálným nákladům.

Položkový rozpočet je zpracovaný v programu KROS plus v cenové soustavě ÚRS PRAHA 2014 02.



Obrázek 1 – Navržená skladba ETICS [vlastní]

PČ	Kód	Popis	MJ	Množ.	Jednotková cena [Kč]	Cena celkem [Kč]
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní						1 314,50
1	622131101	Cementový posítek vnějších stěn nanášený celoplošně ručně (10% plochy)	m ²	0,100	54,00	5,40
2	622211031	Montáž zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 160 mm	m ²	1,000	498,00	498,00
3	283759850	<i>deska fasádní polystyrénová EPS 100 F tl. 160 mm</i>	m ²	1,050	408,00	428,40
4	622251101	Příplatek k cenám zateplení vnějších stěn za použití tepelněizolačních zátek z polystyrenu	m ²	1,000	10,70	10,70
5	622325101	Oprava vápenocementové hladké omítky vnějších stěn v rozsahu do 10%	m ²	1,000	31,00	31,00
6	622532021	Tenkovrstvá silikonová hydrofilní zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m ²	1,000	298,00	298,00
7	629995101	Očištění vnějších ploch tlakovou vodou	m ²	1,000	43,00	43,00
9 - Ostatní konstrukce a práce-bourání						148,52
8	941111122	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 1,2 m v do 25 m	m ²	1,000	46,90	46,90
9	941111222	Příplatek k lešení řadovému trubkovému lehkému s podlahami š 1,2 m v 25 m za první a ZKD den použití	m ²	30,000	1,10	33,00
10	941111822	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 1,2 m v do 25 m	m ²	1,000	28,10	28,10
11	944511111	Montáž ochranné sítě z textilie z umělých vláken	m ²	1,000	11,50	11,50
12	944511211	Příplatek k ochranné síti za první a ZKD den použití	m ²	30,000	0,50	15,00
13	944511811	Demontáž ochranné sítě z textilie z umělých vláken	m ²	1,000	7,74	7,74
14	978013121	Otlučení vnitřních omítek stěn MV nebo MVC stěn v rozsahu do 10 %	m ²	1,000	6,28	6,28
997 - Přesun sutě						7,98
15	997013113	Vnitrostaveništní doprava sutí a vybouraných hmot pro budovy v do 12 m s použitím mechanizace	t	0,004	473,00	1,89
16	997013501	Odvoz sutí a vybouraných hmot na skládku nebo meziskládku do 1 km se složením	t	0,004	226,00	0,90
17	997013509	Příplatek k odvozu sutí a vybouraných hmot na skládku ZKD 1 km přes 1 km	t	0,040	9,78	0,39
18	997013831	Poplatek za uložení stavebního směsného odpadu na skládce (skládkovné)	t	0,004	1200,00	4,80
998 - Přesun hmot						4,68
19	998011002	Přesun hmot pro budovy zděné v do 12 m	t	0,020	234,00	4,68
ZRN celkem						1 475,68
VRN (5%)						73,78
Cena celkem za 1 m² bez DPH						1549,46

Tab.7 – Rozpočet zateplení obvodových stěn [vlastní]

5.1.2. Přídavná izolace obvodových stěn

U některých objektů bylo již dříve provedeno zateplení obvodových stěn, buď všech, nebo jen některých. Z dnešního pohledu je ovšem toto zateplení nedostatečné a nesplňuje požadavek normové hodnoty součinitele prostupu tepla stěn dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov. Je navrženo ponechání stávajícího zateplovacího systému a na něj bude realizována nová vrstva tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu tloušťky 100 mm.

Navržená skladba ETICS:

- Podklad splňující požadavky ČSN 73 2901 a požadavky TP výrobce ETICS (pevný, suchý, max. hodnota odchylky rovinnosti 20 mm/m, aj.)
- Cementová lepicí hmota, plocha slepu min. 40%
- Tepelná izolace EPS 100F, TR150, tl. 100 mm (maximální $\lambda_D = 0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), kotvení mechanickými talířovými hmoždinkami s kovovým šroubovacím trnem, zapuštěná montáž v souladu s ETA, hmoždinky + krytka EPS
- Cementová stěrkovací hmota, tl. 3 mm + sklotextilní síťovina odolná alkáliím (lubrikace vláken)
- Základní nátěr s plnivem
- Vysoce paropropustná pastózní minerální omítka, struktura K2

V tabulce *Tab.8*, uvedené dále, je položkový rozpočet pro výpočet ceny za 1 m² této skladby doplnění zateplení obvodových stěn. Cena stanovená tímto položkovým rozpočtem je 1 265,22 Kč bez DPH za 1 m².

Pro stanovení nákladů realizace doplnění izolace obvodových stěn bude jednotková cena násobena nejen plochou stěn, ale i plochou výplní otvorů. Tím budou reflektovány náklady na přidružené činnosti jako výměna oplechování parapetů apod.

Položkový rozpočet je zpracovaný v programu KROS plus v cenové soustavě ÚRS PRAHA 2014 02.

PČ	Kód	Popis	MJ	Množ.	Jednotková cena [Kč]	Cena celkem [Kč]
6 - Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní						1 059,45
1	622211021	Montáž zateplení vnějších stěn z polystyrénových desek tl do 120 mm	m ²	1,000	440,00	440,00
2	283759500	<i>deska fasádní polystyrénová EPS 100 F 1000 x 500 x 100 mm</i>	m ²	1,050	255,00	267,75
3	622251101	Příplatek k cenám zateplení vnějších stěn za použití tepelněizolačních zátek z polystyrenu	m ²	1,000	10,70	10,70
4	622532021	Tenkovrstvá silikonová hydrofilní zrnitá omítka tl. 2,0 mm včetně penetrace vnějších stěn	m ²	1,000	298,00	298,00
5	629995101	Očištění vnějších ploch tlakovou vodou	m ²	1,000	43,00	43,00
9 - Ostatní konstrukce a práce-bourání						142,24
6	941111122	Montáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 1,2 m v do 25 m	m ²	1,000	46,90	46,90
7	941111222	Příplatek k lešení řadovému trubkovému lehkému s podlahami š 1,2 m v 25 m za první a ZKD den použití	m ²	30,000	1,10	33,00
8	941111822	Demontáž lešení řadového trubkového lehkého s podlahami zatížení do 200 kg/m ² š do 1,2 m v do 25 m	m ²	1,000	28,10	28,10
9	944511111	Montáž ochranné sítě z textilie z umělých vláken	m ²	1,000	11,50	11,50
10	944511211	Příplatek k ochranné síti za první a ZKD den použití	m ²	30,000	0,50	15,00
11	944511811	Demontáž ochranné sítě z textilie z umělých vláken	m ²	1,000	7,74	7,74
998 - Přesun hmot						4,68
12	998011002	Přesun hmot pro budovy zděné v do 12 m	t	0,014	234,00	3,28
ZRN celkem						1 204,97
VRN (5%)						60,25
Cena celkem za 1 m² bez DPH						1 265,22

Tab.8 – Rozpočet přídatné izolace obvodových stěn [vlastní]

5.1.3. Zateplení ploché střechy

Pro návrh nové skladby zateplení ploché střechy je mimo jiné nutné znát souvrství stávajících vrstev střechy a provoz dané budovy. Kvůli zjednodušení je v této diplomové práci navržena jedna skladba zateplení ploché střechy pro všechny objekty. Navrženo je zateplení extrudovaným polystyrenem celkové tloušťky 220 mm. Jedná se o zateplení ploché střechy, s kterým se v praxi setkáváme nejčastěji při projektech financovaných z OPŽP.

Skladba izolačního souvrství na plochých střechách:

- parotěsná zábrana - modifikovaný asfaltový pás o plošné hmotnosti $4,54 \text{ kg/m}^2$
- tepelná izolace ze stabilizovaného polystyrenu EPS 100S (maximální $\lambda_D = 0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, $\rho = 18 - 23 \text{ kg/m}^3$) tloušťky 120 mm
- tepelná izolace ze stabilizovaného polystyrenu EPS 100S (maximální $\lambda_D = 0,037 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, $\rho = 18 - 23 \text{ kg/m}^3$) tloušťky 100 mm
- geotextilie ze syntetických vláken o plošné hmotnosti minimálně 300 g/m^2
- hydroizolační fólie na bázi PVC-P vyztužená polyesterovou mřížkou tloušťky 1,5 mm, odolná proti UV záření

V tabulce *Tab.9*, uvedené dále, je položkový rozpočet pro výpočet ceny za 1 m^2 této skladby zateplení ploché střechy. Cena stanovená tímto položkovým rozpočtem je 2 008,31 Kč bez DPH za 1 m^2 .

Jedná se ovšem o 1 m^2 v běžné ploše, tudíž zde nejsou zohledněny náklady za použité systémové lišty (rohové, koutové, okapové apod.). Dále je nutné započítat do nákladů také provedení nových hromosvodů apod. Náklady za tyto činnosti, které jsou nedílnou součástí nového zateplení ploché střechy, nelze stanovit paušální a bylo by nutné mít k dispozici projektovou dokumentaci pro řádné ocenění nákladů. Pro stanovení nákladů realizace zateplení ploché střechy bude jednotková cena násobena koeficientem 1,4, tudíž výsledná jednotková cena za 1 m^2 zateplení ploché střechy je po zaokrouhlení $2 810 \text{ Kč/m}^2$.

Položkový rozpočet je zpracovaný v programu KROS plus v cenové soustavě ÚRS PRAHA 2014 02.

PČ	Kód	Popis	MJ	Množ.	Jednotková cena [Kč]	Cena celkem [Kč]
712 - Povlakové krytiny						894,61
1	712363001	Provedení povlakové krytiny střeš do 10° termoplast. fólií PVC rozvinutím a natažením v ploše	m ²	1,000	34,20	34,20
2	283220120	<i>fólie hydroizolační střešní FATRAFOL 810 tl 1,5 mm š 1300 mm šedá</i>	m ²	1,150	230,00	264,50
3	712363003	Provedení povlakové krytiny střeš do 10° spoj 2 pásů fólií PVC horkovzdušným navařením	m	0,769	9,36	7,20
4	712363103	Provedení povlakové krytiny střeš do 10° ukotvení fólie taliřovou hmoždinkou do betonu nebo ŽB	ku s	5,000	16,90	84,50
5	2830000R1	<i>kotva Teleskop 255 mm + EFHD 130 mm</i>	ku	5,250	15,00	78,75
6	712391171	Provedení povlakové krytiny střeš do 10° podkladní textilní vrstvy	m ²	1,000	28,60	28,60
7	693110050	<i>geotextilie tkaná (polypropylen) PK-TEX PP 80 314 g/m2</i>	m ²	1,150	49,90	57,39
8	998712102	Přesun hmot tonážní tonážní pro krytiny povlakové v objektech v do 12 m	t	0,381	891,00	339,47
713 - Izolace tepelné						1 018,07
9	713141151	Montáž izolace tepelné střeš plochých kladené volně 1 vrstva rohoží, pásů, dílců, desek	m ²	1,000	22,70	22,70
10	283723120	<i>deska z pěnového polystyrenu EPS 100 S 1000 x 1000 x 120 mm</i>	m ²	1,020	306,00	312,12
11	713141181	Montáž izolace tepelné střeš plochých tl přes 170 mm šrouby vnitřní pole, budova v do 20 m	m ²	1,000	109,00	109,00
12	283723090	<i>deska z pěnového polystyrenu EPS 100 S 1000 x 1000 x 100 mm</i>	m ²	1,020	255,00	260,10
13	713191116	Montáž izolace tepelné podlah, stropů vrchem nebo střeš pásem asfaltovým se svařovaným spojem	m ²	1,000	113,00	113,00
14	628521230	<i>pás asfaltovaný modifikovaný směsnými polymery BITUMELIT 4 mm</i>	m ²	1,020	189,00	192,78
15	998713102	Přesun hmot tonážní pro izolace tepelné v objektech v do 12 m	t	0,011	761,00	8,37
ZRN celkem						1 912,68
VRN (5%)						95,63
Cena celkem za 1 m2 bez DPH						2 008,31

Tab.9 – Rozpočet zateplení ploché střešy [vlastní]

5.1.4. Zateplení šikmé střechy

Obecně zateplení šikmé střechy je komplikovanější než zateplení ploché střechy. Není tedy možné navrhnout jednu skladbu pro všechny objekty, když neznáme konkrétní skladbu stávající střechy. Možností jak zateplit šikmou střechu je celá řada. Asi nejjednodušší variantou je doplnění izolace z minerální vaty mezi krokve. To by však ve většině případů nebylo dostačující, a tak je například nutné vytvořit v podkroví nový podhled s vloženou izolací z minerální vaty. Další variantou je přidání nadkroevní izolace z polystyrenu, pro tuto variantu je však nutné vyměnit stávající střešní krytinu za novou. Obecně se dá říci, že zateplení šikmé střechy je finančně náročnější než zateplení ploché střechy.

Návrhem je zateplení šikmé střechy izolací z minerální vaty tloušťky 220 mm. Z praxe vyplývá, že zateplení šikmé střechy je ve výsledku o 20-25% nákladnější než zateplení ploché střechy při stejné tloušťce izolace. Ve výpočtu investičních nákladů na zateplení šikmé střechy budeme počítat s náklady ve výši 3 450 Kč bez DPH za 1 m².

5.1.5. Výměna výplní otvorů

U některých objektů již byla část výplní otvorů vyměněna dříve za plastová s izolačním dvojsklem a není tak nutné je znovu měnit. Ve většině objektů jsou však výplně otvorů staré a netěsné. Návrhem je výměna okenních výplní za nové plastové s izolačním dvojsklem s minimálním $U_w=1,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Náklady na tuto výměnu jsou stanoveny ve výši 5 000 Kč bez DPH za 1 m².

5.1.6. Projektová dokumentace

Pro výpočet nákladů na projektovou dokumentaci bylo využito „*Program pro výpočet honoráře architekta / inženýra.*“⁽¹²⁾ Byla použita Honorářová zóna III. a podle započitatelných nákladů byla určena minimální a maximální výše honoráře architekta / inženýra u každého z 20 objektů. V tabulce investičních nákladů je použit průměr z minimální a maximální výše honoráře.

5.2. Stanovení investičních nákladů

Investiční náklady byly vypočítány vynásobením jednotlivých výměr uvedených v tabulce *Tab.2* danou jednotkovou cenou. Ve výpočtu nákladů na zateplení fasády je jednotková cena vynásobena plochou stěn i plochou oken, tím jsou zohledněny vícenáklady za provedení zateplení ostění, parapetů atd.

Použité jednotkové ceny ve výpočtu investičních nákladů jsou následující:

Činnost	Jednotky	Jednotková cena
Zateplení obvodových stěn	m ²	1 550 Kč
Přídavná izolace obvodových stěn	m ²	1 265 Kč
Zateplení ploché střechy	m ²	2 810 Kč
Zateplení šikmé střechy	m ²	3 450 Kč
Výměna výplní otvorů	m ²	5 000 Kč

Tab.10 - Použité jednotkové ceny – běžné zateplení [vlastní]

Jelikož mezi objekty jsou některé, u kterých již proběhlo například částečné zateplení obvodových stěn, tak i tyto již provedená energeticky úsporná opatření se promítla do výpočtu investičních nákladů.

Výjimky, které se promítají do výpočtu investičních nákladů, jsou tyto:

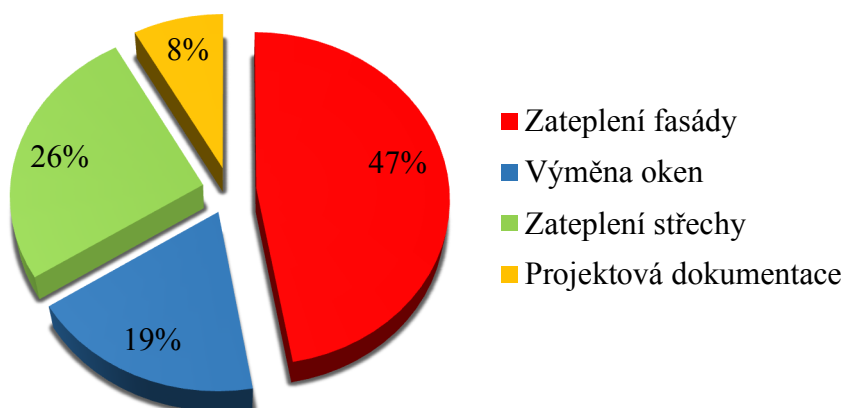
- Objekt č. 3 - Domov pro seniory Praha 4 - Chodov
 - výměna pouze 1/3 výplní otvorů
 - 1/3 nové zateplení stěn a 1/3 doplnění zateplení stěn
- Objekt č. 4 - Střední odborné učiliště potravinářské
 - výměna pouze 1/3 výplní otvorů
 - 1/3 nové zateplení stěn a 1/3 doplnění zateplení stěn
- Objekt č. 9 - Útvar rozvoje hlavního města Prahy
 - náklady vycházejí z dokumentu „*Analýza potenciálu transformace vybraných objektů v majetku hlavního města Prahy na inteligentní budovy v rámci konceptu Smart Prague.*“(2)

- Objekt č. 15 - DS Kobyliisy
 - kompletní doplnění zateplení stěn
- Objekt č. 20 - SPŠ Na Třebešíně
 - výměna pouze 3/4 výplní otvorů

Z tabulky *Tab.11* vyplývá, že nejvyšší náklady na provedení energeticky úsporných opatření jsou u objektu číslo 9 – Útvar rozvoje hlavního města Prahy ve výši 117 667 838 Kč. Celkové investiční náklady všech objektů jsou 501 234 319 Kč, z čehož téměř polovina připadá na provedení zateplení stěn.

V tabulce *Tab.11* je také uvedena vztažná podlahová plocha u všech objektů. Vydělením investičních nákladů vztažnou podlahovou plochou dostaneme náklady na provedení energeticky úsporných opatření na 1 m² vztažné podlahové plochy. Tyto náklady se nejčastěji pohybují mezi 2000 Kč / m² a 4000 Kč / m².

Graf 3: Podíly investičních nákladů – běžné zateplení [vlastní]



PČ	Objekt	Zateplení fasády	Výměna oken	Zateplení střechy	Projektová dokumentace	Investiční náklady celkem	Vztažná plocha [m2]	Investiční náklady [Kč/m2]
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	5 778 400 Kč	5 245 000 Kč	4 366 740 Kč	1 462 833 Kč	16 852 973 Kč	7 077,0	2 381 Kč
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	11 350 650 Kč	8 740 000 Kč	11 102 100 Kč	2 710 650 Kč	33 903 400 Kč	10 741,0	3 156 Kč
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	9 317 716 Kč	3 801 433 Kč	11 214 639 Kč	2 181 524 Kč	26 515 312 Kč	5 579,0	4 753 Kč
4	Střední odborné učiliště potravinářské	2 427 281 Kč	1 133 000 Kč	3 155 630 Kč	698 791 Kč	7 414 701 Kč	2 246,0	3 301 Kč
5	ZŠ Vokovická	5 004 950 Kč	2 750 000 Kč	5 063 620 Kč	1 244 043 Kč	14 062 613 Kč	3 403,0	4 132 Kč
6	Speciální škola Výmolová	7 280 350 Kč	3 585 000 Kč	3 539 700 Kč	1 380 724 Kč	15 785 774 Kč	4 645,0	3 398 Kč
7	Jedličkův ústav, Stará budova	4 411 300 Kč	1 865 000 Kč	3 136 050 Kč	941 235 Kč	10 353 585 Kč	3 060,0	3 384 Kč
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	5 085 550 Kč	3 505 000 Kč	4 237 480 Kč	1 244 960 Kč	14 072 990 Kč	5 225,0	2 693 Kč
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	86 594 521 Kč		10 648 280 Kč	7 395 315 Kč	117 667 838 Kč	8 200,0	14 350 Kč
10	DS Sněženková	6 087 315 Kč	6 716 500 Kč	5 830 750 Kč	1 725 561 Kč	20 360 126 Kč	10 375,0	1 962 Kč
11	DM Lovosická	9 606 125 Kč	10 190 500 Kč	3 225 880 Kč	2 076 630 Kč	25 099 135 Kč	7 154,0	3 508 Kč
12	Gymnázium Českolipská	12 369 000 Kč	8 640 000 Kč	11 093 880 Kč	2 781 715 Kč	34 884 595 Kč	7 896,0	4 418 Kč
13	ZUŠ Taussigova	5 353 700 Kč	4 940 000 Kč	2 568 621 Kč	1 248 288 Kč	14 110 609 Kč	3 412,0	4 136 Kč
14	DS Rektorská	14 887 130 Kč	2 613 000 Kč	1 517 400 Kč	1 754 367 Kč	20 771 897 Kč	9 138,0	2 273 Kč
15	DS Kobylisy	5 780 924 Kč	4 189 000 Kč	8 707 800 Kč	1 727 690 Kč	20 405 413 Kč	9 787,9	2 085 Kč
16	Jedličkův ústav, TOP	4 358 600 Kč	2 110 000 Kč	4 060 650 Kč	1 040 817 Kč	11 570 067 Kč	4 139,0	2 795 Kč
17	Jedličkův ústav, TAP	1 498 850 Kč	615 000 Kč	1 028 100 Kč	359 125 Kč	3 501 075 Kč	1 688,0	2 074 Kč
18	Domov důchodců Šolínova	6 156 600 Kč	3 125 000 Kč	3 908 850 Kč	1 276 836 Kč	14 467 286 Kč	5 774,0	2 506 Kč
19	Domov důchodců Thákurova	4 460 900 Kč	2 135 000 Kč	3 291 300 Kč	982 788 Kč	10 869 988 Kč	3 520,0	3 088 Kč
20	SPŠ Na Třebešíně	23 005 543 Kč	14 932 125 Kč	25 551 330 Kč	5 075 946 Kč	68 564 944 Kč	20 953,0	3 272 Kč
		230 815 404 Kč	90 830 558 Kč	127 248 800 Kč	39 309 835 Kč	501 234 319 Kč	134 013	

Tab.11 - Stanovení investičních nákladů – běžné zateplení [vlastní]

5.3. Výpočet energetické náročnosti objektů

Ve výpočtu energetické náročnosti objektů po realizaci varianty 2 – běžné zateplení bylo vycházeno z energetické náročnosti stávajícího stavu objektů a výpočtu energetické náročnosti varianty 3 – inteligentní budovy. Níže v tabulce *Tab.12* jsou vypsány jednotlivé spotřeby energií potřebné pro vytápění objektů, větrání, přípravu TUV a osvětlení. Spotřeby energií na větrání, přípravu TUV a osvětlení zůstávají stejné jako ve variantě 1 – stávající stav. Podkladem pro výpočet spotřeby energie na vytápění byla hodnota spotřeby energie na vytápění pro variantu 3 – inteligentní budovy. Tato hodnota byla převzata z dokumentu „*Analýza potenciálu transformace vybraných objektů v majetku hlavního města Prahy na inteligentní budovy v rámci konceptu Smart Prague.*“(2). Hodnota byla zhoršena o 40%.

Pro výpočet primární energie objektů byl použit vzorec č. 1 uvedený výše.

Pro jednotlivé energonositele jsou použity stejné hodnoty faktoru primární energie jako ve variantě 1 – stávající stav.

Výpočtem byly určeny energetické náročnosti jednotlivých objektů po provedení běžného zateplení. Spotřeba primární energie je největší u objektu číslo 9 Útvar rozvoje hlavního města Prahy s hodnotou 3 266 MWh. Celková spotřeba primární energie všech 20 objektů je na hodnotě 13 097 MWh, což představuje úsporu 14 373 MWh oproti stávajícímu stavu, tedy úspora přes 50%.

Dále byly výpočtem určeny emise CO₂, které u všech 20 objektů dosahují hodnoty 3,44 tisíc tun CO₂, což představuje snížení emisí o 2,33 tisíc tun CO₂.

Pro výpočet emise CO₂ byly použity emisní faktory uvedené dříve v tabulce *Tab.3*. Emise CO₂ byly násobeny koeficientem 1,1, jedná se o bezpečnostní koeficient, jelikož některé spotřeby energií jsou odhadovány.

PČ	Objekt	Potřeba vytápění [GJ]	Spotřeba vytápění [GJ]	EGN	Spotřeba větrání [GJ]	EGN	Spotřeba TUV [GJ]	EGN	Spotřeba osvětlení [GJ]	EGN	Emise CO ₂ [t/rok]	Celková primární energie [GJ]	Celková primární energie [MWh]
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	700,87	761,82	1,10	31,06	3,20	579,00	1,10	109,34	3,20	123,51	1 924,19	534
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	829,75	901,91	1,10	59,80	3,20	847,50	1,10	168,59	3,20	174,27	2 655,20	738
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	1 654,86	1 798,76	1,10	71,34	3,20	557,05	1,10	186,16	3,20	220,15	3 415,39	949
4	Střední odborné učiliště potravinářské	250,36	275,39	1,10	22,29	3,20	185,47	1,10	83,38	3,20	59,12	845,09	235
5	ZŠ Vokovická	298,54	340,59	1,10	-	-	112,65	1,10	86,59	3,20	53,11	775,65	215
6	Speciální škola Výmolová	179,89	206,12	1,10	-	-	77,41	1,10	85,91	3,20	42,44	586,80	163
7	Jedličkův ústav, Stará budova	143,85	162,71	1,10	-	-	118,29	1,10	74,54	3,20	38,98	547,63	152
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	1 358,98	1 537,20	1,10	179,35	3,20	95,95	1,10	158,84	3,20	198,97	2 878,67	800
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	1 342,25	1 476,48	1,10	2 034,69	3,20	1 795,64	1,10	515,31	3,20	942,17	11 759,33	3 266
10	DS Sněženková	233,81	276,01	1,10	-	-	461,63	1,10	112,62	3,20	78,22	1 171,79	325
11	DM Lovosická	325,14	383,82	1,10	-	-	461,63	1,10	65,93	3,20	71,32	1 140,98	317
12	Gymnázium Českolipská	438,12	481,92	1,10	-	-	230,63	1,10	91,04	3,20	70,41	1 075,14	299
13	ZUŠ Taussigova	188,54	222,33	1,10	69,72	3,20	48,87	1,10	37,41	3,20	47,84	641,14	178
14	DS Rektorská	827,72	977,12	1,10	59,16	3,20	1 210,34	1,10	113,11	3,20	185,02	2 957,47	822
15	DS Kobylisy	536,20	617,40	1,10	-	-	491,73	3,20	136,01	3,20	220,33	2 687,91	747
16	Jedličkův ústav, TOP	318,89	359,21	1,10	-	-	128,74	3,20	67,77	3,20	79,21	1 023,97	284
17	Jedličkův ústav, TAP	215,88	237,47	1,10	-	-	54,90	3,20	34,30	3,20	40,55	546,65	152
18	Domov důchodců Šolínova	475,23	537,56	1,10	-	-	922,29	1,10	132,67	3,20	128,62	2 030,38	564
19	Domov důchodců Thákurova	201,40	227,82	1,10	-	-	626,49	3,20	126,98	3,20	232,78	2 661,71	739
20	SPŠ Na Třebešíně	1 982,40	2 391,20	1,10	-	-	678,00	3,20	320,38	3,20	437,40	5 825,14	1 618
		12 502,67	14 172,86		2 527,41		9 684,21		2 706,88		3 444,42	47 150,21	13 097

Tab.12 - Energetické náročnosti objektů – běžné zateplení [vlastní]

5.4. Provozní náklady objektů

V dřívější kapitole jsme již stanovili spotřebu dodané energie do objektů po provedení energeticky úsporných opatření, kterou spotřebují jednotlivé energetické systémy. Nyní tedy můžeme přejít k výpočtu provozních nákladů jednotlivých objektů.

Ve výpočtu provozních nákladů budeme vycházet z jednotkových cen, které již byly uvedeny dříve v tabulce *Tab.5* ve výpočtu provozních nákladů objektů ve stávajícím stavu.

Použity jsou tyto jednotkové ceny:

- Elektřina ze sítě (energonositel 3,2) – 1 111,11 Kč/GJ
- Zemní plyn (energonositel 1,1) – 361,11 Kč/GJ
- Soustava CZT (energonositel 1,1) – 600,00 Kč/GJ

Stejně jako ve stávajícím stavu jsou po provedení energeticky úsporných opatření do objektů dodávány tři druhy energií. Je to elektřina ze sítě, která slouží pro osvětlení, vzduchotechniku a u některých objektů také pro ohřev TUV. Pro vytápění a v některých případech ohřev TUV je do objektů dodáván zemní plyn nebo je daný objekt napojen na systém CZT. Objekty, které jsou napojeny na systém CZT jsou v tabulce *Tab.13* barevně zvýrazněny. Jak je patrné z tabulky *Tab.13* uvedené níže, nejvyšších nákladů na provoz dosahuje objekt s číslem 9 Útvar rozvoje hlavního města Prahy s provozními náklady ve výši 4 014 933 Kč/rok. Celkové náklady na provoz všech 20 objektů jsou stanoveny hodnotou 17 486 250 Kč/rok, při celkové spotřebě energie 29 091 GJ. Úspora oproti stávajícímu stavu tedy činí 21 408 428 Kč/rok, což představuje snížení provozních nákladů o 55%.

PČ	Objekt	Spotřeba energie [GJ]	Energonositel	Náklady [Kč]	Náklady celkem [Kč]
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	1 340,82	1,10	484 186	640 186
		140,40	3,20	156 000	
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	1 749,41	1,10	631 731	885 497
		228,39	3,20	253 767	
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	2 355,81	1,10	850 710	1 136 821
		257,50	3,20	286 111	
4	Střední odborné učiliště potravinářské	460,86	1,10	276 518	393 930
		105,67	3,20	117 411	
5	ZŠ Vokovická	453,24	1,10	163 671	259 882
		86,59	3,20	96 211	
6	Speciální škola Výmolová	283,53	1,10	102 387	197 842
		85,91	3,20	95 456	
7	Jedličkův ústav, Stará budova	281,00	1,10	101 472	184 294
		74,54	3,20	82 822	
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	1 633,15	1,10	589 749	965 515
		338,19	3,20	375 767	
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	3 272,12	1,10	1 181 600	4 014 933
		2 550,00	3,20	2 833 333	
10	DS Sněženská	737,64	1,10	442 584	567 717
		112,62	3,20	125 133	
11	DM Lovosická	845,45	1,10	507 272	580 528
		65,93	3,20	73 256	
12	Gymnázium Českolipská	712,55	1,10	427 531	528 687
		91,04	3,20	101 156	
13	ZUŠ Taussigova	271,20	1,10	162 722	281 756
		107,13	3,20	119 033	
14	DS Rektorská	2 187,46	1,10	789 915	981 326
		172,27	3,20	191 411	
15	DS Kobylisy	617,40	1,10	370 440	1 067 929
		627,74	3,20	697 489	
16	Jedličkův ústav, TOP	359,21	1,10	129 715	348 060
		196,51	3,20	218 344	
17	Jedličkův ústav, TAP	237,47	1,10	85 752	184 863
		89,20	3,20	99 111	
18	Domov důchodců Šolínova	922,29	1,10	333 049	802 995
		537,56	1,10	322 535	
		132,67	3,20	147 411	
19	Domov důchodců Thákurova	227,82	1,10	82 269	919 458
		753,47	3,20	837 189	
20	SPŠ Na Třebešíně	2 391,20	1,10	1 434 720	2 544 031
		998,38	3,20	1 109 311	
		29 091		17 486 250	17 486 250

Tab.13 - Provozní náklady objektů – běžné zateplení [vlastní]

6. Varianta 3 – inteligentní budovy

Další z porovnávaných variant této diplomové práce je transformace zkoumaných objektů na inteligentní budovy. Tato varianta vychází z dokumentu „*Analýza potenciálu transformace vybraných objektů v majetku hlavního města Prahy na inteligentní budovy v rámci konceptu Smart Prague.*“⁽²⁾

6.1. Popis navržených opatření

Ve variantě transformace budov na inteligentní budovy byla navržena následující energeticky úsporná opatření, která vedou zejména ke snížení spotřeby energie a emisí CO₂. Jedná se o reprezentativní opatření, která mají motivovat a stimulovat uživatele a další osoby k šetrnému zacházení s energií, vodou a odpady.

6.1.1 Zateplení obálky budovy

U objektů, které jsou již zatepleny, bylo zjištěno nedostatečné zateplení. Pro minimalizaci tepelných ztrát objektů bylo navrženo dodatečné kompletní zateplení.

U většiny objektů je návrhem kompletní zateplení budovy polystyrenem EPS 70 NEO (Grey Wall) celkové tloušťky 250 mm. Objekty, které již jsou zatepleny, je navrženo dodatečně zateplit. Celková tloušťka stávajícího a nového zateplení by měla být minimálně 250 mm. Objekty, kde to předepisuje požární ochrana, je možné zateplit minerální vatou místo EPS.

6.1.2. Výměna výplní otvorů

Výplně otvorů budou instalovány s co nejnižší hodnotou součinitele prostupu tepla U_w . Výplně otvorů musí dosahovat pasivního standardu. Zasklení oken bude provedeno se skly vhodnými pro daný účel užívání budovy, zejména je důležité správně určit solární faktor skel označovaný g. Otvíravá okna musí být opatřena čidlem opatření, v případě otevřeného okna se zastaví přívod vzduchu z rekuperační jednotky a uzavře topení.

6.1.3. Instalace nuceného větrání – rekuperace

Systém nuceného větrání s rekuperací je navržen u všech objektů pro zajištění příznivého vnitřního prostředí. Uvnitř vzduchotechnické jednotky je rekuperační výměník, přes který

prochází přiváděny čerstvý vzduch a z druhé strany vstupuje teplý odpadní vzduch. Čerstvý a odpadní vzduch jsou od sebe dokonale odděleny systémem kanálků. Teplo z odpadního vzduchu přechází přes stěny kanálků do čerstvého vzduchu, který je tím předehříván. Rekuperační jednotky dosahují běžně účinností kolem 90%. Rekuperační jednotka snižuje podstatně množství energie potřebné na dohřátí čerstvého vzduchu na pokojovou teplotu. Například odpadní vzduch s teplotou 22°C je schopen předehřát čerstvý vzduch z teploty -5°C až na 20°C.

6.1.4. Obnovitelné zdroje energií

Objekty mají navrženo využití obnovitelných zdrojů energií (OZE). Jsou to solárně-termické systémy pro ohřev TUV a tepelná čerpadla. Topný faktor (COP) tepelných čerpadel je navržen 3,1.

Tepelná čerpadla

Navržená tepelná čerpadla slouží k vytápění a ohřevu TUV.

Možné typy tepelných čerpadel:

- vzduch-voda – jednotkou umístěnou ve venkovním prostoru je nasáván vzduch do vnitřní jednotky tepelného čerpadla, ze vzduchu je odebrána tepelná energie a ochlazený vzduch je vyháněn opět ven, vnitřní jednotka vyrábí a rozvádí topnou vodu a TUV
- země-vzduch – v zemním kolektoru se pohybuje nemrzoucí směs, čímž se průchodem ohřívá a proudí do výměníku tepelného čerpadla, kde se odebere tepelný přívlastek a směs se vrací zpět do zemního kolektoru, teplo se akumuluje v nádobě a je rozváděno do objektu
- voda-voda – spočívá v odebrání vody a pohlcování tepla, voda prochází výměníkem tepelného čerpadla a je vracena do země vsakovací studnou, v akumulární nádrži se teplo nahromadí a je rozváděno po objektu

Podle konkrétních podmínek a finanční rozvahy bude zvolen pro každý objekt typ tepelného čerpadla.

Solárně-termické panely

Slunečního záření je použito na ohřev nebo předehřev TUV, popřípadě přitápění. Solárně-termické panely jsou navrženy pro některé domovy pro seniory. Pro školy a administrativní objekty není tento systém ohřevu TUV vhodný, jelikož zde je spotřeba velice kolísavá. Návrh u jednotlivých objektů je dán spotřebou a možností instalované kapacity.

Solárně-termické panely jsou navrženy u těchto objektů:

- Objekt č. 2 - 54 kusů solárně-termických panelů
- Objekt č. 3 - 42 kusů solárně-termických panelů
- Objekt č. 10 - 41 kusů solárně-termických panelů
- Objekt č. 11 - 70 kusů solárně-termických panelů
- Objekt č. 14 - 41 kusů solárně-termických panelů
- Objekt č. 16 - 40 kusů solárně-termických panelů
- Objekt č. 18 - 40 kusů solárně-termických panelů
- Objekt č. 19 - 20 kusů solárně-termických panelů

6.1.5. Energeticky úsporné osvětlení

Energeticky úsporného osvětlení, které splňuje přísné podmínky na osvětlení pracovního prostoru a je tedy vhodné pro školy, je možné dosáhnout na základě digitálně ovládaných světel s jasovým čidlem, které upravuje světelný tok ze stropních svítidel s ohledem na přirozené venkovní světlo.

Ovládání světel řeší digitální signál, každé svítidlo lze řídit samostatně. Osvětlovací soustavu lze rozdělit do skupin a naprogramovat scény pro běžné situace v učebně. Například jedním stisknutím tlačítka lze 1. řadu svítidel rozsvítit na 10%, prostřední řadu na 40% a 3. řadu na 90% maximální svítivosti.

Při zachování kvality osvětlení lze nejvyšší úspory elektrické energie dosáhnout použitím digitálně stmívatelných předřadníků v kombinaci se světelnými senzory, které zajišťují

požadovanou úroveň osvětlení. Tyto senzory jsou většinou zabudovány přímo do svítidla. Sledují osvětlenost konkrétní školní lavice a podle úrovně denního osvětlení regulují svítivost svítidla tak, aby na pracovní ploše byla požadovaná osvětlenost. V případě nepřítomnosti osoby v daném prostoru zajistí vypnutí svítidla.

V objektech, které slouží jako domovy pro seniory, nejsou tak vysoké požadavky na osvětlení a je tedy vhodné osadit LED světly s manuálním ovládáním. Tak bude zajištěno požadované umělé osvětlení a minimalizují se náklady na spotřebu elektrické energie.

6.1.6. Stínění objektů

Objekty mají navrženou instalaci vnějšího stínění oken, to má omezit přehřívání interiéru a zvyšující spotřebu energie na nucené chlazení. Podle konkrétního typu objektu budou instalovány vnější elektrické žaluzie nebo vnější slunolamy. Stínění bude umístěno pouze na oknech směřujících k jižní světové straně.

6.1.7. Využití dešťové vody

Budou instalovány nádrže na zachytávání a následné využívání dešťové vody. Retenční nádrž zachytává dešťovou vodu ze střech, která je následně využívána jako závlahová voda nebo zásoba vody pro protipožární účely. Dešťová voda je případně postupně odpouštěna do kanalizace, čímž ulehčuje okolnímu prostředí a kanalizační síti.

6.1.8. Úsporné baterie a nakládání s pitnou vodou

V objektech budou instalovány baterie nebo perlátory a spotřebiče omezující spotřebu pitné vody.

6.1.9. Nakládání s odpady

V objektech budou umístěny koše na tříděný odpad a před budovami budou kontejnery na tříděný odpad.

6.1.10. Integrace Building Management System

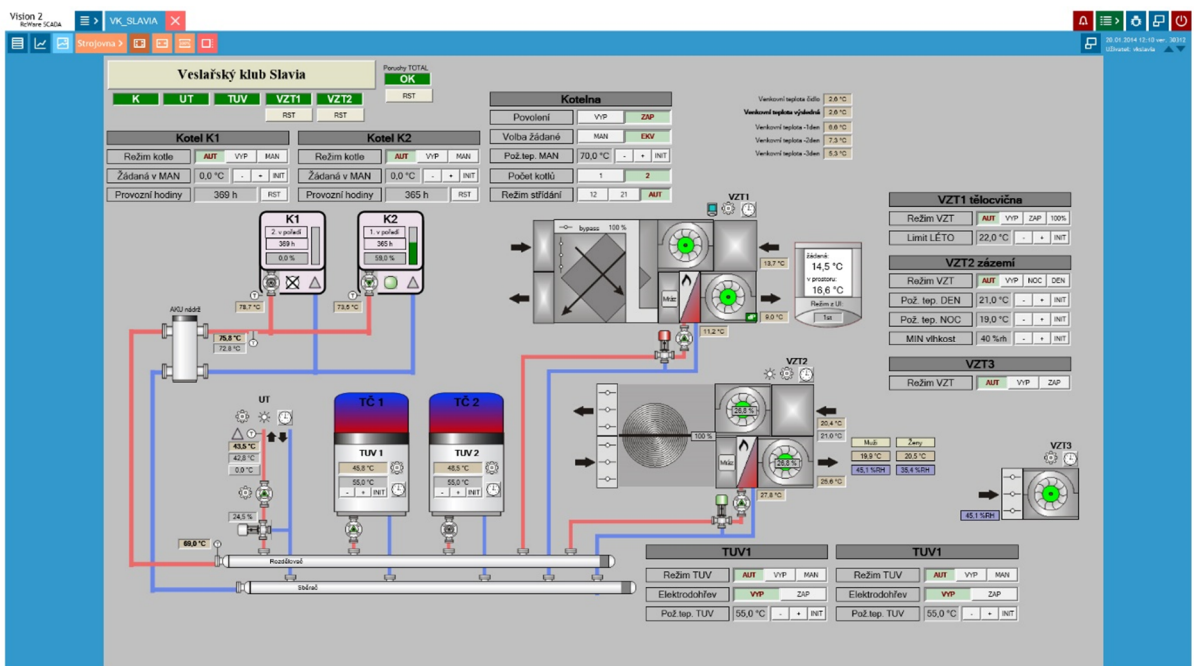
V procesu BMS (Building Management System) se monitorují a řídí systémy v rámci budovy (systém vytápění, klimatizace či ventilace, osvětlení, bezpečnost, požární ochrana apod.). Tento řídicí proces působí na řízenou soustavu a ovládá ji pro optimální zajištění

energetických potřeb s minimální zátěží na životní prostředí. Management hospodaření s energiemi je vhodný ve velkých provozních budovách, jako jsou školy, domovy pro seniory a administrativní budovy.

Systém BMS bude v objektech řídit automatizovaně procesy nakládání s energií a ukládat údaje na centrální úložiště dat. Tato data budou dálkově přístupná pro správce budovy, vlastníka Magistrát hlavního města Prahy a další zainteresované organizace. Webová aplikace, na které lze sledovat procesy řízení energií a průběžné vyhodnocování úspor energií a dopad na životní prostředí, bude přístupná pro veřejnost.

Centrální dispečink řízení bude reagovat na aktuální provoz budovy s ohledem na vnější i vnitřní prostředí. To bude garantovat kvalitní vnitřní prostředí a nejnižší spotřebu energií, jelikož nebude docházet k plýtvání v aktuálně nepoužívaných prostorech.

Data pro automatické řízení procesů budou získávána z vnitřních čidel (teplota, vlhkost, obsah CO₂, osvětlenost, čidla otevření oken apod.). V případě změny aktuálního využití prostoru, lze do automatického řízení kdykoliv manuálně zasáhnout.



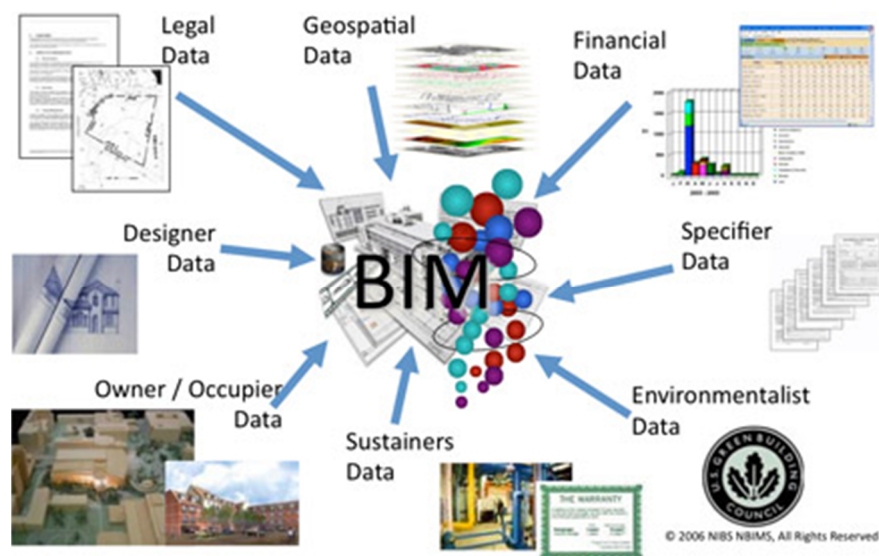
Obrázek 2 – Ukázka vzdáleného řízení energetických toků v budově [2]

6.1.11. Bezpečnost

Systémy automatizace procesu budou napojeny na systémy zajišťující bezpečnost. Je to kamerový systém, čidla otevření oken a prvky požární ochrany. Minimalizovat škody v případě nenadálých událostí by měl systém včasného varování.

6.1.12. Projektová příprava

Nedílnou součástí přípravy energeticky úsporných opatření je projektová příprava. Projekty včetně implementace BIM (Building Information Modeling) budou připraveny ve spolupráci s odborníky z Odborné rady pro BIM. BIM vytváří kromě digitálního modelu projektu také velké množství parametrů. Jsou to parametry jako čas, cena, prostor apod. BIM je takzvaně vícerozměrné modelování. Významným přínosem vícerozměrného modelování je kategorie 5D (práce s prvky a jejich cenami). Kategorie 5D má velký význam v celém životním cyklu stavby. V předinvestiční a investiční fázi je kladen velký důraz na tvorbu kvalitních stavebních rozpočtů a kalkulací, které následně ovlivňují realizaci projektu. Také je nutné klást důraz na náklady v provozní fázi. Snížení provozních nákladů lze dosáhnout kvalitou stavebních prací a dodržením technologických postupů při výstavbě, dále také zavedením systému BIM, který přináší vyšší nároky na zpracování projektu.(2)



Obrázek 3 – Ukázka propojení dat v BIM [13]

6.1.13. Certifikace budov

Objekty budou hodnoceny před a po realizaci úsporných opatření a budou certifikovány lokalizovanou metodikou komplexní certifikace budov, která odráží specifika České republiky. Certifikace by měla garantovat kvalitní provedení realizovaných opatření, které přinese úsporu spotřeby energie, sníží dopad budov na životní prostředí, zlepší kvalitu vnitřního prostředí budov a budou použity certifikované materiály.(2)

Certifikace objektů bude na základě tří kritérií:

- Environmentální kritéria

Tato kritéria hodnotí spotřebu energie a produkované emise, jsou posuzována v souladu s principy LCA (Life Cycle Assessment, tedy hodnocení životního cyklu). Hodnocení tedy zahrnuje nejen provozní dopad objektu (spotřeba provozní energie), ale i spotřebu energie při výrobě použitých materiálů, ze kterých je budova postavena.

- Sociální kritéria

Hodnotí kvalitu vnitřního prostředí z pohledu uživatelů. Jsou to kritéria jako tepelná pohoda, akustický komfort, bezpečnost, bezbariérový přístup, využití zdravotně nezávadných certifikovaných materiálů apod.

- Ekonomika a management

Tato kritéria zahrnují hodnocení nákladů životního cyklu stavby (LCC-Life Cycle Costing), zajištění Facility Managementu, zpracování projektové dokumentace dle BIM a dostupnosti projektové dokumentace a dalších údajů včetně provozních údajů z centrálního úložiště.

6.2. Stanovení investičních nákladů

Výpočet investičních nákladů na realizaci úsporných opatření a transformaci objektů na inteligentní budovy vychází z dokumentu „*Analýza potenciálu transformace vybraných objektů v majetku hlavního města Prahy na inteligentní budovy v rámci konceptu Smart Prague.*“⁽²⁾

Investiční náklady byly vypočítány vynásobením jednotlivých výměr uvedených v tabulce *Tab.2* danou jednotkovou cenou a přičtením případné fixní částky. Ve výpočtu nákladů na zateplení fasády je jednotková cena vynásobena plochou stěn i plochou oken, tím jsou zohledněny vícenáklady za provedení zateplení ostění, parapetů atd.

Použité jednotkové ceny ve výpočtu investičních nákladů jsou následující:

Činnost	Jednotky	Jednotková cena	Fixní cena
Zateplení obvodových stěn	m ²	2 280 Kč	
Přídavná izolace obvodových stěn	m ²	1 850 Kč	
Zateplení ploché střechy	m ²	3 604 Kč	
Zateplení šikmé střechy	m ²	4 223 Kč	
Výměna výplní otvorů	m ²	6 620 Kč	
Inteligentní řízení budov	m ²	270 Kč	150 000 Kč
Rekuperace vzduchu	m ²	636 Kč	250 000 Kč
Solární energie	kus	20 000 Kč	
Tepelné čerpadlo	m ²	47 Kč	380 000 Kč
Implementace BIM	koeficient	1,5	
Certifikace budov	%	1,5	
Venkovní žaluzie	m ²	3 672 Kč	
Vnitřní osvětlení škol	m ²	650 Kč	
Vnitřní osvětlení DS	m ²	250 Kč	
Úsporné baterie	kus	1 800 Kč	

Tab.14 - Použité jednotkové ceny - inteligentní budovy [2]

Jelikož mezi objekty jsou některé, u kterých již proběhlo například částečné zateplení obvodových stěn, tak i tyto již provedená energeticky úsporná opatření se promítla do výpočtu investičních nákladů.

Výjimky, které se promítají do výpočtu investičních nákladů, jsou tyto:

- Objekt č. 3 - Domov pro seniory Praha 4 - Chodov
 - výměna pouze 1/3 výplní otvorů
 - 1/3 nové zateplení stěn a 1/3 doplnění zateplení stěn
- Objekt č. 4 - Střední odborné učiliště potravinářské
 - výměna pouze 1/3 výplní otvorů
 - 1/3 nové zateplení stěn a 1/3 doplnění zateplení stěn
- Objekt č. 9 - Útvar rozvoje hlavního města Prahy
 - náklady byly spočítány samostatně propočtem nákladů a vycházejí z dokumentu *„Analýza potenciálu transformace vybraných objektů v majetku hlavního města Prahy na inteligentní budovy v rámci konceptu Smart Prague.“*(2)
- Objekt č. 15 - DS Kobylisy
 - kompletní doplnění zateplení stěn
- Objekt č. 20 - SPŠ Na Třebešíně
 - výměna pouze 3/4 výplní otvorů

Z tabulky *Tab.16* vyplývá, že nejvyšší náklady na provedení všech úsporných opatření jsou u objektu číslo 9 – Útvar rozvoje hlavního města Prahy ve výši 277 706 588 Kč. Celkové investiční náklady všech objektů jsou 1 074 625 477 Kč.

V tabulce *Tab.16* je také uvedena vztažná podlahová plocha u všech objektů. Vydělením investičních nákladů vztažnou podlahovou plochou dostaneme náklady na provedení všech úsporných opatření na 1 m² vztažné podlahové plochy. Tyto náklady se nejčastěji pohybují mezi 5000 Kč / m² a 9000 Kč / m².

PČ	Objekt	Zateplení fasády	Výměna oken	Zateplení střechy	Inteligentní řízení budov	Rekuperace vzduchu	Solární energie	Tepelné čerpadlo	Vnitřní osvětlení
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	8 499 840 Kč	6 944 380 Kč	5 600 616 Kč	2 060 790 Kč	4 748 023 Kč		711 976 Kč	4 600 050 Kč
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	16 696 440 Kč	11 571 760 Kč	13 588 970 Kč	3 050 070 Kč	6 826 800 Kč	1 080 000 Kč	883 851 Kč	2 685 250 Kč
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	13 670 396 Kč	5 033 098 Kč	13 726 718 Kč	1 656 330 Kč	3 925 919 Kč	840 000 Kč	641 706 Kč	1 394 750 Kč
4	Střední odborné učiliště potravinářské	3 561 161 Kč	1 500 092 Kč	4 047 292 Kč	756 420 Kč	1 677 520 Kč		485 358 Kč	1 459 900 Kč
5	ZŠ Vokovická	7 362 120 Kč	3 641 000 Kč	6 494 408 Kč	1 068 810 Kč	2 412 890 Kč		539 632 Kč	2 211 950 Kč
6	Speciální škola Výmolová	10 709 160 Kč	4 746 540 Kč	4 332 593 Kč	1 404 150 Kč	3 202 284 Kč		597 893 Kč	3 019 250 Kč
7	Jedličkův ústav, Stará budova	6 488 880 Kč	2 469 260 Kč	3 838 525 Kč	976 200 Kč	2 194 885 Kč		523 542 Kč	1 989 000 Kč
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	7 480 680 Kč	4 640 620 Kč	5 434 832 Kč	1 560 750 Kč	3 570 923 Kč		625 100 Kč	3 396 250 Kč
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	131 602 615 Kč		13 564 688 Kč	6 570 000 Kč	50 252 000 Kč			18 105 500 Kč
10	DS Sněženská	8 954 244 Kč	8 892 646 Kč	7 478 300 Kč	2 951 250 Kč	6 844 176 Kč	820 000 Kč	3 866 683 Kč	2 593 750 Kč
11	DM Lovosická	14 130 300 Kč	13 492 222 Kč	4 137 392 Kč	2 081 580 Kč	4 796 963 Kč	1 400 000 Kč	715 588 Kč	1 788 500 Kč
12	Gymnázium Českolipská	18 194 400 Kč	11 439 360 Kč	14 228 592 Kč	2 281 920 Kč	5 268 565 Kč		750 395 Kč	5 132 400 Kč
13	ZUŠ Taussigova	7 875 120 Kč	6 540 560 Kč	3 294 416 Kč	1 071 240 Kč	2 418 610 Kč		540 054 Kč	2 217 800 Kč
14	DS Rektorská	21 898 488 Kč	3 459 612 Kč	1 946 160 Kč	2 617 260 Kč	6 057 960 Kč	820 000 Kč	808 656 Kč	2 284 500 Kč
15	DS Kobylisy	8 454 315 Kč	5 546 236 Kč	10 658 347 Kč	2 792 733 Kč	6 471 025 Kč		839 142 Kč	2 446 975 Kč
16	Jedličkův ústav, TOP	6 411 360 Kč	2 793 640 Kč	4 970 236 Kč	1 267 530 Kč	2 880 679 Kč	800 000 Kč	574 157 Kč	2 690 350 Kč
17	Jedličkův ústav, TAP	2 204 760 Kč	814 260 Kč	1 258 394 Kč	605 760 Kč	1 322 865 Kč		459 183 Kč	1 097 200 Kč
18	Domov důchodců Šolínova	9 056 160 Kč	4 137 500 Kč	4 784 432 Kč	1 708 980 Kč	3 919 858 Kč	800 000 Kč	650 854 Kč	1 443 500 Kč
19	Domov důchodců Thákurova	6 561 840 Kč	2 826 740 Kč	4 028 551 Kč	1 100 400 Kč	2 487 253 Kč	400 000 Kč	545 120 Kč	880 000 Kč
20	SPŠ Na Třebešíně	33 644 470 Kč	19 770 134 Kč	32 771 172 Kč	5 807 310 Kč	13 567 376 Kč		1 362 888 Kč	6 285 900 Kč
		343 456 750 Kč	120 259 659 Kč	160 184 635 Kč	43 389 483 Kč	134 846 573 Kč	6 960 000 Kč	16 121 779 Kč	67 722 775 Kč

Tab.15 - Stanovení investičních nákladů – inteligentní budovy 1/2 [2]

PČ	Objekt	Stínění oken	Úsporné baterie	Využití dešťové vody	PD s implementací BIM	Certifikace budov	Investiční náklady celkem	Vztažná plocha [m2]	Investiční náklady [Kč/m2]
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	1 283 932 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	3 891 015 Kč	523 494 Kč	39 314 116 Kč	7 077,0	5 555 Kč
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	2 139 479 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	6 944 489 Kč	884 589 Kč	66 801 699 Kč	10 741,0	6 219 Kč
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	2 791 678 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	5 261 110 Kč	661 959 Kč	50 053 664 Kč	5 579,0	8 972 Kč
4	Střední odborné učiliště potravinářské	832 047 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	1 927 830 Kč	221 547 Kč	16 919 167 Kč	2 246,0	7 533 Kč
5	ZŠ Vokovická	673 177 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	3 062 193 Kč	372 810 Kč	28 288 989 Kč	3 403,0	8 313 Kč
6	Speciální škola Výmolová	877 578 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	3 450 103 Kč	440 092 Kč	33 229 643 Kč	4 645,0	7 154 Kč
7	Jedličkův ústav, Stará budova	456 536 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	2 433 212 Kč	290 802 Kč	22 110 843 Kč	3 060,0	7 226 Kč
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	857 995 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	3 260 869 Kč	420 257 Kč	31 698 276 Kč	5 225,0	6 067 Kč
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	10 500 000 Kč		6 835 750 Kč	36 248 432 Kč	4 027 604 Kč	277 706 588 Kč	8 200,0	33 867 Kč
10	DS Sněženská	1 644 143 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	4 980 890 Kč	667 428 Kč	50 143 510 Kč	10 375,0	4 833 Kč
11	DM Lovosická	2 494 549 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	5 540 791 Kč	682 306 Kč	51 710 192 Kč	7 154,0	7 228 Kč
12	Gymnázium Českolipská	2 115 000 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	6 813 459 Kč	897 909 Kč	67 572 000 Kč	7 896,0	8 558 Kč
13	ZUŠ Taussigova	1 209 271 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	3 090 745 Kč	384 256 Kč	29 092 073 Kč	3 412,0	8 526 Kč
14	DS Rektorská	639 641 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	4 916 748 Kč	614 734 Kč	46 513 759 Kč	9 138,0	5 090 Kč
15	DS Kobylisy	1 025 432 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	4 233 600 Kč	580 263 Kč	43 498 069 Kč	9 787,9	4 444 Kč
16	Jedličkův ústav, TOP	516 510 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	2 505 000 Kč	350 317 Kč	26 209 779 Kč	4 139,0	6 332 Kč
17	Jedličkův ústav, TAP	150 547 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	983 850 Kč	125 445 Kč	9 472 263 Kč	1 688,0	5 612 Kč
18	Domov důchodců Šolínova	764 974 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	3 063 750 Kč	415 744 Kč	31 195 752 Kč	5 774,0	5 403 Kč
19	Domov důchodců Thákurova	522 630 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	2 289 600 Kč	297 038 Kč	22 389 173 Kč	3 520,0	6 361 Kč
20	SPŠ Na Třebešíně	4 873 680 Kč	200 000 Kč	250 000 Kč	10 395 000 Kč	1 777 994 Kč	130 705 923 Kč	20 953,0	6 238 Kč
		36 368 800 Kč	3 800 000 Kč	11 585 750 Kč	115 292 685 Kč	14 636 588 Kč	1 074 625 477 Kč	134 013	

Tab.16 - Stanovení investičních nákladů – inteligentní budovy 2/2 [2]

6.3. Výpočet energetické náročnosti objektů

Ve výpočtu energetické náročnosti objektů po realizaci varianty 3 – inteligentní budovy bylo vycházeno z dokumentu „*Analýza potenciálu transformace vybraných objektů v majetku hlavního města Prahy na inteligentní budovy v rámci konceptu Smart Prague.*“ (2). Oproti tomuto dokumentu byla doplněna spotřeba energie na osvětlení. V objektech, kde je navrženo inteligentní osvětlení (školy a administrativní budovy), je počítáno s úsporou 85% spotřeby energie na osvětlení oproti stávajícímu stavu. V objektech, kde je navrženo LED osvětlení s manuálním ovládáním (domovy pro seniory), je počítáno s úsporou 80%.

Pro výpočet primární energie objektů byl použit vzorec č. 1 uvedený výše.

Ve výpočtu spotřeby na vytápění a spotřeby na ohřev TUV došlo u většiny objektů ke změně energonositele. Hodnoty faktoru primární energie 1,71 představuje kombinaci elektřiny ze sítě (3,2) a energie okolního prostředí (1,0). Při uvažování topného faktoru tepelného čerpadla (COP) 3,1, je výpočet $EGN = 3,2/3,1 + (1,0 - 1,0/3,1) = 1,71$.

Výpočtem byly určeny energetické náročnosti jednotlivých objektů po transformaci na inteligentní budovy. Spotřeba primární energie je největší u objektu číslo 20 SPŠ Na Třebešíně s hodnotou 3 412 MWh. Celková spotřeba primární energie všech 20 objektů je na hodnotě 13 431 MWh, což představuje úsporu 14 039 MWh oproti stávajícímu stavu, tedy úspora přes 50%.

Dále byly výpočtem určeny emise CO₂, které u všech 20 objektů dosahují hodnoty 3,29 tisíc tun CO₂, což představuje snížení emisí o 2,48 tisíc tun CO₂.

Pro výpočet emise CO₂ byly použity emisní faktory uvedené dříve v tabulce Tab. 3. Emise CO₂ byly násobeny koeficientem 1,1, jedná se o bezpečnostní koeficient, jelikož některé spotřeby energií jsou odhadovány.

PČ	Objekt	Potřeba vytápění [GJ]	Spotřeba vytápění [GJ]	EGN	Spotřeba větrání [GJ]	EGN	Spotřeba TUV [GJ]	EGN	Spotřeba osvětlení [GJ]	EGN	Emise CO ₂ [t/rok]	Celková primární energie [GJ]	Celková primární energie [MWh]
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	500,62	544,16	1,71	39,60	3,20	463,20	1,71	16,40	3,20	110,58	1 901,46	528
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	592,68	644,22	1,71	64,80	3,20	642,30	1,00	33,72	3,20	88,92	2 058,97	572
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	1 182,04	1 284,83	1,71	57,60	3,20	407,65	1,00	37,23	3,20	186,01	3 197,06	888
4	Střední odborné učiliště potravinářské	178,83	196,71	1,71	12,50	3,20	41,22	1,71	12,51	3,20	29,54	486,80	135
5	ZŠ Vokovická	213,24	243,28	1,71	63,58	3,20	88,08	1,71	12,99	3,20	53,25	811,54	225
6	Speciální škola Výmolová	128,49	147,23	1,71	39,26	3,20	64,52	1,71	12,89	3,20	34,96	528,89	147
7	Jedličkův ústav, Stará budova	102,75	116,22	1,71	22,61	3,20	106,75	1,71	11,18	3,20	30,69	489,34	136
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	970,70	1 098,00	1,71	128,93	3,20	86,43	1,71	23,83	3,20	155,25	2 513,81	698
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	958,75	1 054,63	1,10	1 543,13	3,20	118,36	1,10	77,30	3,20	542,77	6 475,65	1 799
10	DS Sněženková	167,01	197,15	1,71	241,81	3,20	369,30	1,00	22,52	3,20	95,19	1 552,23	431
11	DM Lovosická	232,24	274,16	1,71	166,74	3,20	369,30	1,00	13,19	3,20	77,90	1 413,79	393
12	Gymnázium Českolipská	312,94	344,23	1,71	604,40	3,20	101,20	1,71	13,66	3,20	221,12	2 739,32	761
13	ZUŠ Taussigova	134,67	158,81	1,71	261,17	3,20	39,10	1,71	5,61	3,20	95,97	1 192,06	331
14	DS Rektorská	591,23	697,94	1,71	212,98	3,20	1 056,46	1,00	22,62	3,20	133,74	3 003,64	834
15	DS Kobylisy	383,00	441,00	1,71	605,00	3,20	393,40	1,71	27,20	3,20	261,65	3 449,60	958
16	Jedličkův ústav, TOP	227,78	256,58	1,71	77,76	3,20	112,06	1,00	10,17	3,20	49,55	832,09	231
17	Jedličkův ústav, TAP	154,20	169,62	1,71	45,03	3,20	26,69	1,71	5,15	3,20	32,95	496,19	138
18	Domov důchodců Šolínova	339,45	383,97	1,71	93,02	3,20	722,92	1,00	19,90	3,20	68,73	1 740,73	484
19	Domov důchodců Thákurova	143,86	162,73	1,71	87,51	3,20	546,13	1,00	25,40	3,20	48,01	1 185,65	329
20	SPŠ Na Třebešíně	1 416,00	1 708,00	1,71	2 572,00	3,20	542,40	1,71	64,08	3,20	975,92	12 282,90	3 412
		8 930,48	10 123,47		6 939,43		6 297,47		467,52		3 292,71	48 351,72	13 431

Tab.17 - Energetické náročnosti objektů – inteligentní budovy [2]

6.4. Provozní náklady objektů

V dřívější kapitole jsme již stanovili spotřebu dodané energie do objektů po provedení energeticky úsporných opatření a transformaci na inteligentní budovy, kterou spotřebují jednotlivé energetické systémy. Nyní tedy můžeme přejít k výpočtu provozních nákladů jednotlivých objektů.

Ve výpočtu provozních nákladů budeme vycházet z jednotkových cen, které již byly uvedeny dříve v tabulce *Tab.5* ve výpočtu provozních nákladů objektů ve stávajícím stavu.

Použity jsou tyto jednotkové ceny:

- Elektřina ze sítě (energonositel 3,2) – 1 111,11 Kč/GJ
- Zemní plyn (energonositel 1,1) – 361,11 Kč/GJ
- Energie okolního prostředí (energonositel 1,0) – 0 Kč/GJ

Po provedení energeticky úsporných opatření a transformaci na inteligentní budovy jsou do objektů dodávány tři druhy energií. Je to elektřina ze sítě, která slouží pro osvětlení, vzduchotechniku, vytápění a ohřev TUV tepelným čerpadlem. Pouze v objektu číslo 9 zůstává zdroj vytápění a ohřevu TUV stejný, tedy zemním plynem. Objekty, které jsou ve stávajícím stavu napojeny na systém CZT, budou odpojeny. Jak je patrné z tabulky *Tab.18* uvedené níže, nejvyšších nákladů na provoz dosahuje objekt s číslem 20 SPŠ Na Třebešíně s provozními náklady ve výši 3 735 568 Kč/rok. Celkové náklady na provoz všech 20 objektů jsou stanoveny hodnotou 12 750 111 Kč/rok, při celkové spotřebě energie 23 828 GJ. Úspora oproti stávajícímu stavu tedy činí 26 144 566 Kč/rok, což představuje snížení provozních nákladů o 67%.

PČ	Objekt	Spotřeba energie [GJ]	Energonositel	Náklady [Kč]	Náklady celkem [Kč]
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	380,96	3,20	423 284	423 284
		682,41	1,00	0	
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	306,33	3,20	340 368	340 368
		1 078,71	1,00	0	
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	640,79	3,20	711 993	711 993
		1 146,52	1,00	0	
4	Střední odborné učiliště potravinářské	101,76	3,20	113 064	113 064
		161,18	1,00	0	
5	ZŠ Vokovická	183,46	3,20	203 843	203 843
		224,47	1,00	0	
6	Speciální škola Výmolová	120,45	3,20	133 837	133 837
		143,44	1,00	0	
7	Jedličkův ústav, Stará budova	105,72	3,20	117 463	117 463
		151,04	1,00	0	
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	534,83	3,20	594 256	594 256
		802,36	1,00	0	
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	1 620,43	3,20	1 800 474	2 224 054
		1 172,99	1,10	423 580	
10	DS Sněženková	327,93	3,20	364 368	364 368
		502,85	1,00	0	
11	DM Lovosická	268,36	3,20	298 183	298 183
		555,02	1,00	0	
12	Gymnázium Českolipská	761,74	3,20	846 381	846 381
		301,74	1,00	0	
13	ZUŠ Taussigova	330,62	3,20	367 359	367 359
		134,07	1,00	0	
14	DS Rektorská	460,74	3,20	511 938	511 938
		1 529,26	1,00	0	
15	DS Kobyliisy	901,36	3,20	1 001 515	1 001 515
		565,24	1,00	0	
16	Jedličkův ústav, TOP	170,69	3,20	189 659	189 659
		285,87	1,00	0	
17	Jedličkův ústav, TAP	113,50	3,20	126 112	126 112
		132,98	1,00	0	
18	Domov důchodců Šolínova	236,78	3,20	263 091	263 091
		983,03	1,00	0	
19	Domov důchodců Thákurova	165,40	3,20	183 777	183 777
		656,37	1,00	0	
20	SPŠ Na Třebešíně	3 362,01	3,20	3 735 568	3 735 568
		1 524,46	1,00	0	
		23 828		12 750 111	12 750 111

Tab.18 - Provozní náklady objektů – inteligentní budovy[vlastní]

7. Ekonomické vyhodnocení

V této kapitole se zaměříme na posouzení investičních a provozních nákladů po provedení běžného zateplení a po transformaci objektů na inteligentní budovy. Cílem kapitoly je prokázat finanční výhodnost a časovou návratnost obou variant a porovnání těchto variant. Každým rokem dochází k nárůstu cen za energii, spotřebovávání neobnovitelných přírodních zdrojů energie a emisi škodlivých plynů do atmosféry. Proto se snižování energetické náročnosti budov stalo běžnou praxí. Způsob jak dosáhnout snížení spotřeby energie je ošetření obálky budovy. Tento způsob je v praxi nejčastější. Jedná se však pouze o první krok, po kterém by měl obvykle následovat přechod z neobnovitelných zdrojů energie na obnovitelné zdroje energie. To se však běžně neděje, a po provedení ošetření obálky budovy je proces snižování energetické náročnosti považován za ukončený. Proto v této kapitole budu porovnávat, zda je ekonomicky výhodnější provedení běžného zateplení nebo transformace objektů na inteligentní budovy.

7.1. Vstupní parametry výpočtu

Ekonomické vyhodnocení posuzovaných variant provedeme dvojitým způsobem. Vyhodnocení bude vycházet z investičních a provozních nákladů, které jsme si spočítali dříve. Nejprve budeme zjišťovat, za jak dlouho se nám vrátí investice na ušetřených provozních nákladech bez uvažování poskytnuté dotace. V druhé části provedeme stejné posouzení, ale s uvažováním dotace ve výši 50% z investičních nákladů. Pro hodnocení efektivnosti realizovaných variant použijeme čtyři metody hodnocení (doba návratnosti, diskontovaná doba návratnosti, čistá současná hodnota a vnitřní výnosové procento). Projekty jsou hodnoceny pro dobu 50 let se započítáním ročního růstu cen energií 3% a uvažovanou diskontní sazbou 5%.

V dřívějších kapitolách jsme výpočty stanovili náklady, které je potřeba vynaložit na provedení energeticky úsporných opatření varianty 2 – běžné zateplení a varianty 3 - inteligentní budovy. V tabulce *Tab.19* je uveden souhrn investičních nákladů, které jsou jedním ze vstupních parametrů výpočtu ekonomické efektivity opatření.

PČ	Objekt	Investiční náklady celkem [Kč]		
		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	0	16 852 973	39 314 116
2	Domov pro seniory Praha 4 -	0	33 903 400	66 801 699
3	Domov pro seniory Praha 4 -	0	26 515 312	50 053 664
4	Střední odborné učiliště	0	7 414 701	16 919 167
5	ZŠ Vokovická	0	14 062 613	28 288 989
6	Speciální škola Výmolová	0	15 785 774	33 229 643
7	Jedličkův ústav, Stará budova	0	10 353 585	22 110 843
8	Jedličkův ústav, Nová škola +	0	14 072 990	31 698 276
9	Útvar rozvoje hlavního města	0	117 667 838	277 706 588
10	DS Sněženská	0	20 360 126	50 143 510
11	DM Lovosická	0	25 099 135	51 710 192
12	Gymnázium Českolipská	0	34 884 595	67 572 000
13	ZUŠ Taussigova	0	14 110 609	29 092 073
14	DS Rektorská	0	20 771 897	46 513 759
15	DS Kobylisy	0	20 405 413	43 498 069
16	Jedličkův ústav, TOP	0	11 570 067	26 209 779
17	Jedličkův ústav, TAP	0	3 501 075	9 472 263
18	Domov důchodců Šolínova	0	14 467 286	31 195 752
19	Domov důchodců Thákurova	0	10 869 988	22 389 173
20	SPŠ Na Třebešíně	0	68 564 944	130 705 923
		0	501 234 319	1 074 625 477

Tab.19 - Souhrn investičních nákladů [vlastní]

V předchozích kapitolách jsme výpočty rovněž stanovili náklady, které je potřeba každoročně vynakládat na provoz po provedení varianty 2 – běžné zateplení a varianty 3 - inteligentní budovy. V tabulce *Tab.20* je uveden souhrn provozních nákladů, které jsou dalším ze vstupních parametrů výpočtu ekonomické efektivity opatření.

PČ	Objekt	Provozní náklady celkem [Kč]		
		Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
1	Gymnázium Na Vítězné pláni	1 319 861	640 186	423 284
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	2 035 742	885 497	340 368
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	2 248 263	1 136 821	711 993
4	Střední odborné učiliště	1 594 431	393 930	113 064
5	ZŠ Vokovická	1 043 767	259 882	203 843
6	Speciální škola Výmolová	1 035 514	197 842	133 837
7	Jedličkův ústav, Stará budova	898 518	184 294	117 463
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	1 925 522	965 515	594 256
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	6 334 826	4 014 933	2 224 054
10	DS Sněžňenkova	2 172 749	567 717	364 368
11	DM Lovosická	1 272 008	580 528	298 183
12	Gymnázium Českolipská	1 756 508	528 687	846 381
13	ZUŠ Taussigova	677 567	281 756	367 359
14	DS Rektorská	1 367 005	981 326	511 938
15	DS Kobylisy	2 312 105	1 067 929	1 001 515
16	Jedličkův ústav, TOP	824 704	348 060	189 659
17	Jedličkův ústav, TAP	416 726	184 863	126 112
18	Domov důchodců Šolínova	2 339 332	802 995	263 091
19	Domov důchodců Thákurova	1 568 619	919 458	183 777
20	SPŠ Na Třebešíně	5 750 911	2 544 031	3 735 568
		38 894 678	17 486 250	12 750 111

Tab.20 - Souhrn provozních nákladů [vlastní]

7.2. Výpočet

Finanční výhodnost a časovou návratnost obou variant budeme počítat na základě výše uvedených investičních nákladů a provozních nákladů. Nejprve budeme projekty hodnotit bez započítání dotace a následně se započítáním dotace ve výši 50% z investičních nákladů. Projekty jsou hodnoceny pro dobu 50 let se započítáním ročního růstu cen energií 3% a uvažovanou diskontní sazbou 5%.

1 - Gymnázium	Investiční náklady	1	2	3	4	5
Náklady stávající	0	1 319 861	1 359 457	1 400 241	1 442 248	1 485 515
Náklady po realizaci	16 852 973	640 186	659 392	679 174	699 549	720 535
Úspora (CF)		679 675	700 065	721 067	742 699	764 980
CCF bez dotace		-16 173 298	-15 473 233	-14 752 167	-14 009 468	-13 244 488
CCF s dotací		-7 746 812	-7 046 747	-6 325 680	-5 582 981	-4 818 001
DCCF bez dotace		-15 403 141	-14 768 162	-14 145 277	-13 534 257	-12 934 875
DCCF s dotací		-7 377 916	-6 742 937	-6 120 052	-5 509 032	-4 909 650

6	7	8	9	10	11	12	13
1 530 081	1 575 983	1 623 263	1 671 961	1 722 119	1 773 783	1 826 996	1 881 806
742 152	764 416	787 349	810 969	835 298	860 357	886 168	912 753
787 929	811 567	835 914	860 992	886 821	913 426	940 829	969 054
-12 456 559	-11 644 992	-10 809 077	-9 948 086	-9 061 265	-8 147 839	-7 207 010	-6 237 956
-4 030 072	-3 218 505	-2 382 591	-1 521 599	-634 778	278 648	1 219 476	2 188 530
-12 346 910	-11 770 145	-11 204 365	-10 649 362	-10 104 931	-9 570 870	-9 046 981	-8 533 071
-4 321 685	-3 744 919	-3 179 140	-2 624 137	-2 079 706	-1 545 645	-1 021 756	-507 846

14	15	16	17	18	19	20	21
1 938 261	1 996 408	2 056 301	2 117 990	2 181 529	2 246 975	2 314 384	2 383 816
940 135	968 339	997 390	1 027 311	1 058 131	1 089 875	1 122 571	1 156 248
998 125	1 028 069	1 058 911	1 090 678	1 123 399	1 157 101	1 191 814	1 227 568
-5 239 831	-4 211 762	-3 152 851	-2 062 173	-938 774	218 326	1 410 140	2 637 708
3 186 655	4 214 724	5 273 635	6 364 313	7 487 712	8 644 813	9 836 626	11 064 194
-8 028 950	-7 534 432	-7 049 332	-6 573 473	-6 106 678	-5 648 774	-5 199 592	-4 758 965
-3 725	490 794	975 893	1 451 752	1 918 548	2 376 452	2 825 634	3 266 260

22	23	24	25	26	27	28	29
2 455 330	2 528 990	2 604 860	2 683 006	2 763 496	2 846 401	2 931 793	3 019 747
1 190 935	1 226 663	1 263 463	1 301 367	1 340 408	1 380 620	1 422 039	1 464 700
1 264 395	1 302 327	1 341 397	1 381 639	1 423 088	1 465 780	1 509 754	1 555 046
3 902 103	5 204 430	6 545 827	7 927 465	9 350 553	10 816 334	12 326 087	13 881 134
12 328 589	13 630 916	14 972 313	16 353 952	17 777 040	19 242 820	20 752 574	22 307 620
-4 326 732	-3 902 732	-3 486 808	-3 078 806	-2 678 576	-2 285 969	-1 900 840	-1 523 047
3 698 493	4 122 493	4 538 418	4 946 419	5 346 650	5 739 256	6 124 385	6 502 178

30	31	32	33	34
3 110 339	3 203 649	3 299 759	3 398 752	3 500 714
1 508 641	1 553 901	1 600 518	1 648 533	1 697 989
1 601 698	1 649 749	1 699 241	1 750 219	1 802 725
15 482 832	17 132 581	18 831 822	20 582 040	22 384 765
23 909 318	25 559 067	27 258 308	29 008 527	30 811 252
-1 152 451	-788 913	-432 300	-82 479	260 678
6 872 775	7 236 312	7 592 926	7 942 746	8 285 904

Tab.21 - Cashflow objektu č.1 – běžné zateplení [vlastní]

I - Gymnázium	Investiční náklady	1	2	3	4	5
Náklady stávající	0	1 319 861	1 359 457	1 400 241	1 442 248	1 485 515
Náklady po realizaci	39 314 116	423 284	435 983	449 062	462 534	476 410
Úspora (CF)		896 577	923 474	951 178	979 714	1 009 105
CCF bez dotace		-38 417 540	-37 494 065	-36 542 887	-35 563 173	-34 554 068
CCF s dotací		-18 760 481	-17 837 007	-16 885 829	-15 906 115	-14 897 010
DCCF bez dotace		-36 588 133	-35 750 515	-34 928 851	-34 122 838	-33 332 178
DCCF s dotací		-17 867 125	-17 029 507	-16 207 843	-15 401 830	-14 611 170

6	7	8	9	10	11	12	13
1 530 081	1 575 983	1 623 263	1 671 961	1 722 119	1 773 783	1 826 996	1 881 806
490 702	505 424	520 586	536 204	552 290	568 859	585 924	603 502
1 039 378	1 070 560	1 102 676	1 135 757	1 169 829	1 204 924	1 241 072	1 278 304
-33 514 690	-32 444 130	-31 341 454	-30 205 697	-29 035 868	-27 830 943	-26 589 871	-25 311 567
-13 857 632	-12 787 072	-11 684 396	-10 548 639	-9 378 809	-8 173 885	-6 932 813	-5 654 509
-32 556 578	-31 795 751	-31 049 416	-30 317 297	-29 599 123	-28 894 629	-28 203 554	-27 525 642
-13 835 570	-13 074 743	-12 328 408	-11 596 289	-10 878 116	-10 173 621	-9 482 546	-8 804 634

14	15	16	17	18	19	20	21
1 938 261	1 996 408	2 056 301	2 117 990	2 181 529	2 246 975	2 314 384	2 383 816
621 607	640 255	659 463	679 247	699 624	720 613	742 232	764 498
1 316 653	1 356 153	1 396 838	1 438 743	1 481 905	1 526 362	1 572 153	1 619 318
-23 994 914	-22 638 761	-21 241 923	-19 803 181	-18 321 276	-16 794 914	-15 222 761	-13 603 443
-4 337 856	-2 981 703	-1 584 865	-146 123	1 335 782	2 862 144	4 434 297	6 053 615
-26 860 642	-26 208 310	-25 568 402	-24 940 684	-24 324 922	-23 720 888	-23 128 360	-22 547 119
-8 139 635	-7 487 302	-6 847 395	-6 219 676	-5 603 914	-4 999 880	-4 407 353	-3 826 111

22	23	24	25	26	27	28	29
2 455 330	2 528 990	2 604 860	2 683 006	2 763 496	2 846 401	2 931 793	3 019 747
787 433	811 056	835 388	860 450	886 263	912 851	940 237	968 444
1 667 897	1 717 934	1 769 472	1 822 556	1 877 233	1 933 550	1 991 556	2 051 303
-11 935 546	-10 217 612	-8 448 140	-6 625 584	-4 748 351	-2 814 802	-823 245	1 228 058
7 721 512	9 439 446	11 208 918	13 031 474	14 908 707	16 842 257	18 833 813	20 885 116
-21 976 948	-21 417 638	-20 868 982	-20 330 776	-19 802 822	-19 284 924	-18 776 890	-18 278 534
-3 255 941	-2 696 631	-2 147 974	-1 609 768	-1 081 814	-563 916	-55 882	442 474

30	31	32	33	34	35	36	50
3 110 339	3 203 649	3 299 759	3 398 752	3 500 714	3 605 736	3 713 908	5 617 619
997 497	1 027 422	1 058 245	1 089 992	1 122 692	1 156 373	1 191 064	1 801 591
2 112 842	2 176 227	2 241 514	2 308 760	2 378 022	2 449 363	2 522 844	3 816 028
3 340 900	5 517 127	7 758 641	10 067 401	12 445 423	14 894 786	17 417 630	61 816 943
22 997 958	25 174 185	27 415 699	29 724 459	32 102 481	34 551 844	37 074 688	81 474 001
-17 789 670	-17 310 117	-16 839 699	-16 378 242	-15 925 574	-15 481 528	-15 045 940	-9 750 923
931 338	1 410 890	1 881 308	2 342 766	2 795 434	3 239 480	3 675 067	8 970 084

Tab.22 - Cashflow objektu č.1 – inteligentní budovy [vlastní]

Výše jsou uvedeny dvě tabulky cashflow. Jedná se o cashflow pro objekt číslo 1 – Gymnázium Na Vítězné pláni. Z tabulky lze vyčíst čtyři druhy cash flow. První dvě jsou tzv. cashflow pro efektivnost a to ve dvou variantách. Kumulované cashflow bez dotace (CCF bez dotace) a kumulované cashflow s dotací ve výši 50% z investičních nákladů (CCF s dotací). Další dvě jsou diskontovaná cashflow s použitím diskontní sazby 5%. Obdobně bylo zpracováno cashflow pro všech 20 objektů. Projekty jsou hodnoceny pro dobu 50 let se započítáním ročního růstu cen energií 3% a uvažovanou diskontní sazbou 5%.

Pro hodnocení projektů použijeme čtyři běžné metody hodnocení efektivnosti investičních projektů.

Doba návratnosti (Payback Period)

Vzorec 2: Doba návratnosti PP (1)

$$0 = \sum_{i=1}^a P_n - K$$

kde: P_n – peněžní příjmy v jednotlivých letech
 K – kapitálový výdaj
 N – jednotlivá léta životnosti
 a – doba návratnosti

Diskontovaná doba návratnosti (Discounted Payback Period)

Vzorec 3: Diskontovaná doba návratnosti DPP (1)

$$0 = \sum_{i=1}^a DP_n - K$$

kde: DP_n – diskontované příjmy v jednotlivých letech
 K – kapitálový výdaj
 N – jednotlivá léta životnosti
 a – doba návratnosti

Čistá současná hodnota (Net Present Value)

Vzorec 4: Čistá současná hodnota NPV (1)

$$NPV = \sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+i)^n} - K$$

kde: NPV – čistá současná hodnota
P_n – peněžní příjmy v jednotlivých letech
i – požadovaná výnosnost
K – kapitálový výdaj
N – doba životnosti projektu
n – jednotlivá léta životnosti projektu

Vnitřní výnosové procento (Internal Rate of Return)

Vzorec 5: Vnitřní výnosové procento IRR (1)

$$0 = \sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+IRR)^n} - K$$

kde: IRR – vnitřní výnosové procento
P_n – peněžní příjmy v jednotlivých letech
K – kapitálový výdaj
N – doba životnosti projektu
n – jednotlivá léta životnosti projektu

Podle výše uvedených vzorců jsme vypočítali pro každý objekt ve dvou variantách čtyři parametry pro hodnocení efektivnosti projektů. Jsou to doba návratnosti (PP), diskontovaná doba návratnosti (DPP), čistá současná hodnota (NPV) a vnitřní výnosové procento (IRR). Tabulka *Tab.23* ukazuje ekonomické parametry bez započítání dotace ve výši 50% z investičních nákladů.

PČ	Objekt	Varianta 2				Varianta 3			
		PP	DPP	NPV	IRR	PP	DPP	NPV	IRR
1	Gymnázium	19	34	3 941 923 Kč	6,1%	29	>50	-11 069 547 Kč	3,4%
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	22	43	1 545 050 Kč	5,2%	27	>50	-13 751 881 Kč	3,9%
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	19	32	7 439 953 Kč	6,3%	24	>50	-2 481 357 Kč	4,7%
4	Střední odborné učiliště potravinářské	6	7	28 250 680 Kč	19,2%	10	13	27 460 374 Kč	11,6%
5	ZŠ Vokovická	15	22	9 664 712 Kč	8,1%	24	>50	-2 235 862 Kč	4,6%
6	Speciální škola Výmolová	16	24	9 605 744 Kč	7,7%	26	>50	-5 124 766 Kč	4,2%
7	Jedličkův ústav, Stará budova	13	17	11 148 081 Kč	9,6%	21	41	1 916 490 Kč	5,4%
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	13	18	14 835 385 Kč	9,5%	19	32	8 969 857 Kč	6,4%
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	32	>50	-43 825 844 Kč	2,8%	38	>50	-143 565 663 Kč	1,7%
10	DS Sněženková	11	15	27 820 789 Kč	10,7%	21	40	5 437 120 Kč	5,5%
11	DM Lovosická	25	>50	-3 564 327 Kč	4,2%	33	>50	-20 603 121 Kč	2,6%
12	Gymnázium Českolipská	21	41	2 892 461 Kč	5,4%	40	>50	-37 583 264 Kč	1,4%
13	ZUŠ Taussigova	25	>50	-1 796 027 Kč	4,3%	46	>50	-18 582 086 Kč	0,6%
14	DS Rektorská	33	>50	-8 438 148 Kč	2,6%	33	>50	-19 147 334 Kč	2,5%
15	DS Kobylice	14	20	17 163 246 Kč	8,7%	24	>50	-2 876 214 Kč	4,7%
16	Jedličkův ústav, TOP	19	33	3 001 200 Kč	6,2%	28	>50	-6 282 086 Kč	3,7%
17	Jedličkův ústav, TAP	13	18	3 485 804 Kč	9,3%	24	>50	-472 891 Kč	4,7%
18	Domov důchodců Šolínova	9	11	31 412 410 Kč	13,5%	13	18	31 361 616 Kč	9,3%
19	Domov důchodců Thákurova	14	20	8 742 470 Kč	8,5%	14	20	19 411 587 Kč	8,8%
20	SPŠ Na Třebešíně	17	28	29 029 216 Kč	7,0%	37	>50	-65 201 285 Kč	1,9%
	Celkem	18	31	152 354 779 Kč	6,4%	28	>50	-254 420 313 Kč	3,7%

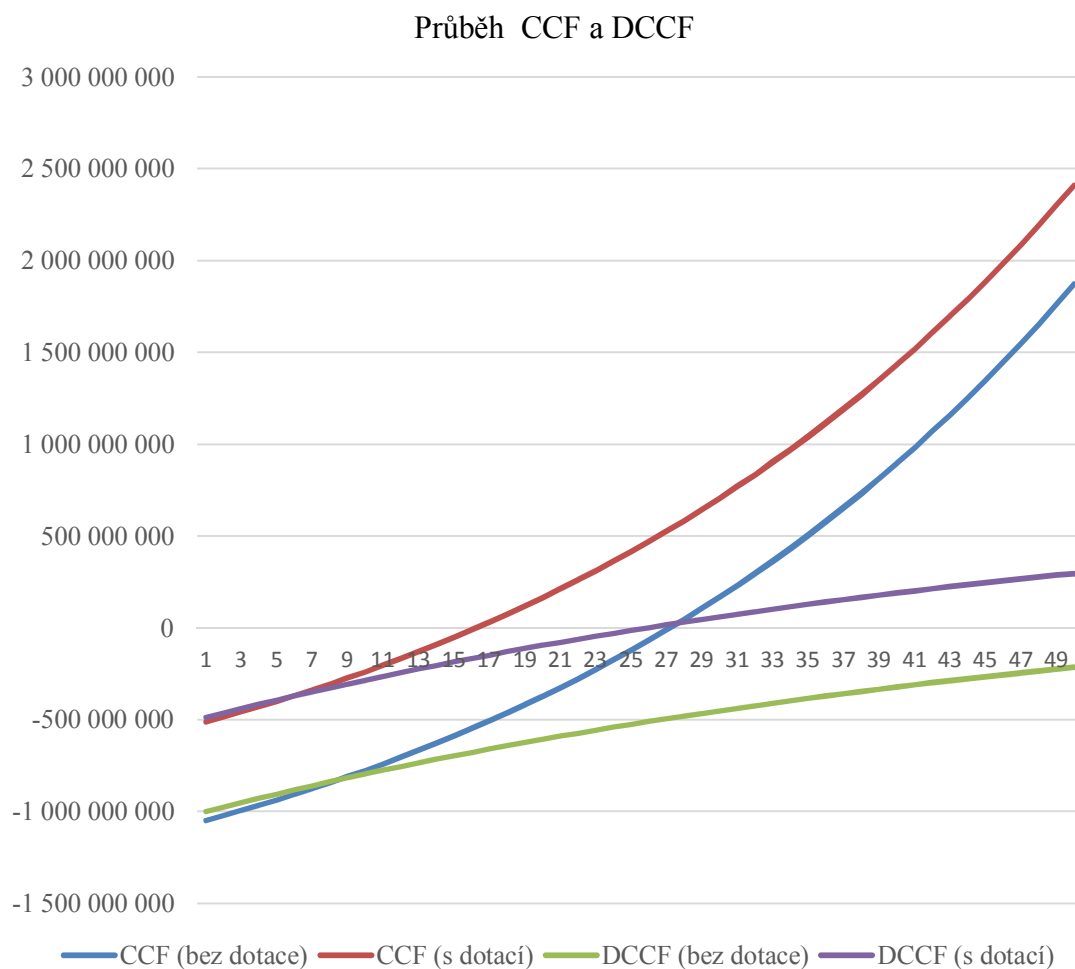
Tab.23 - Výsledky ekonomického vyhodnocení (bez dotace)[vlastní]

Tabulka *Tab.24* ukazuje vypočítané parametry pro hodnocení ekonomické efektivity projektů se započítáním dotace ve výši 50% z investičních nákladů. Zobrazeny jsou doba návratnosti (PP), diskontovaná doba návratnosti (DPP), čistá současná hodnota (NPV) a vnitřní výnosové procento (IRR).

PČ	Objekt	Varianta 2				Varianta 3			
		PP	DPP	NPV	IRR	PP	DPP	NPV	IRR
1	Gymnázium	11	15	11 967 148 Kč	10,9%	18	29	7 651 461 Kč	6,8%
2	Domov pro seniory Praha 4 - Háje	13	18	17 689 526 Kč	9,5%	16	25	18 058 452 Kč	7,5%
3	Domov pro seniory Praha 4 - Chodov	11	14	20 066 292 Kč	11,2%	14	20	21 353 721 Kč	8,7%
4	Střední odborné učiliště potravinářské	3	4	31 781 490 Kč	35,4%	6	6	35 517 121 Kč	20,5%
5	ZŠ Vokovická	9	10	16 361 194 Kč	14,1%	14	21	11 235 086 Kč	8,5%
6	Speciální škola Výmolová	9	11	17 122 780 Kč	13,5%	15	23	10 698 873 Kč	7,9%
7	Jedličkův ústav, Stará budova	7	8	16 078 360 Kč	16,8%	12	17	12 445 463 Kč	9,8%
8	Jedličkův ústav, Nová škola + bazén	7	8	21 536 809 Kč	16,6%	11	14	24 064 274 Kč	11,2%
9	Útvar rozvoje hlavního města Prahy	20	35	12 206 460 Kč	6,0%	24	>50	-11 324 431 Kč	4,6%
10	DS Sněženská	6	7	37 516 088 Kč	18,8%	12	16	29 314 981 Kč	9,9%
11	DM Lovosická	15	23	8 387 642 Kč	8,0%	20	37	4 020 780 Kč	5,8%
12	Gymnázium Českolipská	13	17	19 504 173 Kč	9,7%	26	>50	-5 406 121 Kč	4,1%
13	ZUŠ Taussigova	15	22	4 923 311 Kč	8,1%	30	>50	-4 728 718 Kč	3,1%
14	DS Rektorská	21	38	1 453 231 Kč	5,7%	21	38	3 002 075 Kč	5,6%
15	DS Kobylisy	8	9	26 880 109 Kč	15,1%	14	20	17 837 152 Kč	8,6%
16	Jedličkův ústav, TOP	11	14	8 510 756 Kč	11,0%	17	26	6 198 762 Kč	7,2%
17	Jedličkův ústav, TAP	7	9	5 152 982 Kč	16,2%	14	20	4 037 711 Kč	8,7%
18	Domov důchodců Šolínova	5	5	38 301 594 Kč	24,2%	7	9	46 216 736 Kč	16,3%
19	Domov důchodců Thákurova	8	10	13 918 655 Kč	14,9%	8	9	30 073 098 Kč	15,3%
20	SPŠ Na Třebešíně	10	12	61 679 189 Kč	12,2%	23	50	-2 960 370 Kč	4,8%
	Celkem	11	14	391 037 788 Kč	11,4%	17	26	257 306 104 Kč	7,2%

Tab.24 - Výsledky ekonomického vyhodnocení (s dotací)[vlastní]

Graf 4: Průběh CCF a DCCF – inteligentní budovy [vlastní]



7.3. Vyhodnocení

Cílem této závěrečné kapitoly bylo zjistit finanční výhodnost a časovou návratnost dvou variant a porovnání těchto variant. Variantou číslo 1 je provedení pouze běžného zateplení na sledovaných 20 objektech. Variantou číslo 2 je provedení transformace na inteligentní budovy. Každá z variant byla navíc hodnocena bez započítání dotace a se započítáním dotace ve výši 50% z investičních nákladů. K porovnání jsme použili čtyři běžně užívané metody pro hodnocení efektivnosti investičních projektů.

Z tabulek a grafů lze vyvodit tyto závěry:

Jednoznačně ekonomicky výhodnější je provedení variant 2, tedy běžného zateplení. Tato skutečnost je podpořena všemi čtyřmi metodami pro hodnocení efektivnosti investičních projektů.

Ve výpočtech jsme uvažovali diskontní sazbu 5%, což představuje náš požadovaný výnos.

Ve variantě číslo 2 (běžné zateplení) bez započítání dotace tuto hodnotu nesplnily celkem čtyři objekty, průměrné IRR vychází 6,4%. Když započítáme dotaci 50%, tak hodnotu splní všechny objekty a průměrné IRR vzroste na 11,4%. Průměrná diskontovaná doba návratnosti je 31 let bez dotace a 14 let se započítáním dotace.

Výrazně odlišná je situace u varianty číslo 3 (inteligentní budovy). Zde, bez započítání dotace, nesplní požadovaný výnos 5% celkem 14 objektů, průměrné IRR je 3,7%. Když započítáme dotaci 50%, tak požadovaný výnos stále nesplňují čtyři objekty, průměrné IRR je s dotací 7,2%. Průměrná diskontovaná doba návratnosti je vyšší než sledovaných 50 let bez dotace a 26 let se započítáním dotace.

U většiny objektů vychází jednoznačně ekonomicky výhodnější provedení varianty číslo 2 (běžné zateplení), pouze u objektu číslo 14 (DS Rektorská) vychází varianta 3 (inteligentní budovy) jen nepatrně hůře a u objektu číslo 19 (Domov důchodců Šolínova) vychází provedení varianty číslo 3 dokonce lépe.

Nejlépe ve všech variantách dopadl objekt číslo 4 (Střední odborné učiliště potravinářské). Naopak nejhůře dopadly objekty číslo 9 (Útvar rozvoje hlavního města Prahy) a objekt číslo 14 (DS Rektorská).

8. Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo z ekonomického hlediska porovnat provedení běžného zateplení a transformace objektů na inteligentní budovy. Pro porovnání byly vypočteny investiční náklady a provozní náklady 20-ti pozorovaných objektů. Investiční náklady souboru 20 objektů jsme vypočítali u varianty 2 (běžné zateplení) 501 234 319 Kč a u varianty 3 (inteligentní budovy) 1 074 625 477 Kč bez DPH. Rozdíl v investičních nákladech je zhruba 53%. Provozní náklady všech objektů jsme spočetli takto: varianta 1 (stávající stav) 38 894 678 Kč/rok, varianta 2 (běžné zateplení) 17 486 250 Kč/rok a varianta 3 (inteligentní budovy) 12 750 111 Kč/rok bez DPH. Jedná se o úsporu zhruba 55% pro variantu 2 a 67% oproti stávajícímu stavu pro variantu 3.

Důležitým měřítkem energetické náročnosti budov je celková spotřeba primární energie. Pro variantu 1 jsme stanovili celkovou spotřebu primární energie 27 470 MWh. Po provedení varianty 2 dojde ke snížení na hodnotu 13 097 MWh, což je úspora zhruba 52% oproti stávajícímu stavu. Po provedení varianty 3 je hodnota na úrovni 13 431 MWh, což představuje úsporu 51%. Celková spotřeba primární energie je nepatrně vyšší po provedení transformace na inteligentní budovy, než po provedení běžného zateplení. To je dáno zejména změnou způsobu vytápění. U objektů, kde dojde k navýšení celkové spotřeby primární energie po změně způsobu vytápění, navrhuji zvážit možnost ponechání stávajícího způsobu vytápění.

Jednoznačně ekonomicky výhodnější je provedení variant 2, tedy běžného zateplení. Tato skutečnost byla podpořena všemi čtyřmi použitými metodami pro hodnocení efektivnosti investičních projektů.

Kromě finanční úspory nám inteligentní budovy přináší i jiné benefity, které není možné finančně vyjádřit. Jsou to výhody jako kvalita vnitřního prostředí při užívání a poskytnutí hygienicky nezávadného bydlení, což zajišťuje neustálá výměna vzduchu. Pokud se rozhodujeme mezi provedením běžného zateplení a transformací na inteligentní budovy, měli bychom zohlednit všechny aspekty a nemělo by být jediným kritériem ekonomická výhodnost.

Seznam použité literatury

- (1) Hrdý, M.: *Strategické finanční řízení a investiční rozhodování*, Plzeň, ZČU, 2008, ISBN 80-86371-50-6
- (2) Tencar J., Rohlena M.: *Analýza potenciálu transformace vybraných objektů v majetku hlavního města Prahy na inteligentní budovy v rámci konceptu Smart Prague*, leden 2014
- (3) Siemens AG: *European Green City Index*, Order no.: A19100-F-P152-X-7600
- (4) Deloitte: *Předběžné posouzení využití finančních nástrojů v Operačním programu Praha – pól růstu ČR v rámci politiky soudržnosti pro období 2014 – 2020*, 31.10.2014
- (5) Matuška T.: *Hodnocení energetické náročnosti z pohledu primární energie* (prezentace), Praha, ČVUT
- (6) Doležal M.: Průkaz energetické náročnosti budovy, Publikace č.: 2009/065/23c
- (7) Pasportizace budov PO HMP, 2003-2004
- (8) Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov
- (9) Webová prezentace:
http://www.prahafondy.eu/userfiles/File/budoucnost2014plus/Smart_Prague/SMART_Prague_2014-01-27.pdf, SMART Prague 2014 – 202, Praha 31.12.2013
- (10) Webová stránka: <http://www.strukturalni-fondy.cz>, 2.12.2014
- (11) Webová stránka: <http://www.prahafondy.eu>, 2.12.2014
- (12) Webová stránka: <http://www.stavebnistandardy.cz>, 15.12.2014
- (13) Webová stránka: <http://www.lordaecksargent.com/expertise/bim/>, 2.1.2015

Seznam grafů, tabulek, obrázků a vzorců

Seznam grafů

Graf 1: Spotřeba primární energie jednotlivých objektů –současný stav [2]	36
Graf 2: Podíl spotřeby energie – stávající stav [vlastní]	37
Graf 3: Podíly investičních nákladů – běžné zateplení [vlastní]	49
Graf 4: Průběh CCF a DCCF – inteligentní budovy [vlastní]	79

Seznam tabulek

Tab.1 - Indikátory výstupů [2].....	15
Tab.2 - Technické parametry objektů [2].....	32
Tab.3 - Použité emisní faktory CO ₂ podle IPCC [2].....	34
Tab.4 - Energetické náročnosti objektů – stávající stav [2]	35
Tab.5 - Jednotkové ceny energií [2]	38
Tab.6 - Provozní náklady objektů – stávající stav[vlastní]	39
Tab.7 – Rozpočet zateplení obvodových stěn [vlastní]	42
Tab.8 – Rozpočet přídatné izolace obvodových stěn [vlastní]	44
Tab.9 – Rozpočet zateplení ploché střechy [vlastní]	46
Tab.10 - Použité jednotkové ceny – běžné zateplení [vlastní]	48
Tab.11 - Stanovení investičních nákladů – běžné zateplení [vlastní]	50
Tab.12 - Energetické náročnosti objektů – běžné zateplení [vlastní]	52
Tab.13 - Provozní náklady objektů – běžné zateplení [vlastní]	54
Tab.14 - Použité jednotkové ceny - inteligentní budovy [2].....	62
Tab.15 - Stanovení investičních nákladů – inteligentní budovy 1/2 [2]	64
Tab.16 - Stanovení investičních nákladů – inteligentní budovy 2/2 [2]	65
Tab.17 - Energetické náročnosti objektů – inteligentní budovy [2]	67
Tab.18 - Provozní náklady objektů – inteligentní budovy[vlastní]	69
Tab.19 - Souhrn investičních nákladů [vlastní]	71
Tab.20 - Souhrn provozních nákladů [vlastní]	72
Tab.21 - Cashflow objektu č.1 – běžné zateplení [vlastní]	73

Tab.22 - Cashflow objektu č.1 – inteligentní budovy [vlastní]	74
Tab.23 - Výsledky ekonomického vyhodnocení (bez dotace)[vlastní]	77
Tab.24 - Výsledky ekonomického vyhodnocení (s dotací)[vlastní]	78

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Navržená skladba ETICS [vlastní].....	41
Obrázek 2 – Ukázka vzdáleného řízení energetických toků v budově [2].....	59
Obrázek 3 – Ukázka propojení dat v BIM [13].....	60

Seznam vzorců

Vzorec 1: Výpočet celkové primární energie (5)	33
Vzorec 2: Doba návratnosti PP (1)	75
Vzorec 3: Diskontovaná doba návratnosti DPP (1).....	75
Vzorec 4: Čistá současná hodnota NPV (1).....	76
Vzorec 5: Vnitřní výnosové procento IRR (1).....	76