

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Praktické využití modelů vícekriteriální analýzy variant

Zuzana Zapletalová

© 2016 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zuzana Zapletalová

Podnikání a administrativa

Název práce

Praktické využití modelů vícekriteriální analýzy variant

Název anglicky

Practical application of the multiple attribute methods

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je použití metod vícekriteriální analýzy variant při výběrovém řízení na firmu poskytující služby renovace fasád panelových domů.

Metodika

Metodika bakalářské práce zahrnuje rešeršní zpracování získaných informací z odborné literatury a jejich následné použití. Při analýze procesu výběrového řízení bude použita metoda váženého součtu. Analýza bude realizována za pomoci výpočetní techniky a standartního softwaru (tabulkový procesor).

Doporučený rozsah práce

30 až 40 stran

Klíčová slova

vícekriteriální analýza variant, metoda váženého součtu, bodovací metoda, výběrové řízení

Doporučené zdroje informací

BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T. Modely pro vícekriteriální rozhodování. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2003. ISBN 80-213-1019-7

BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M. Základní metody operační analýzy. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1998. ISBN 80-213-0951-2

DRÁPALOVÁ, J. Regenerace panelových domů. Brno: Vydavatelství ERA, 2006. ISBN 80-7366-054-7

ŠUBRT, T. a kolektiv. Ekonomicko – matematické metody. Praha: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2

ŠUBRT, T., BROŽOVÁ, H., DÖMEOVÁ, L., KUČERA, P. Ekonomicko matematické metody II Aplikace a cvičení. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN 80-213-0721-8

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Ludmila Dömeová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 20. 10. 2014

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 11. 2014

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Praktické využití modelů vícekriteriální analýzy variant" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.3.2016



Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Ludmile Dömeové, CSc., za velmi přínosné konzultace, poznámky a rady při psaní této bakalářské práce a Ing. Pavlovi Volkovi za poskytnutí podkladů, které byly pro tuto práci nepostradatelné.

Praktické využití modelů vícekriteriální analýzy variant

Practical application of the multiple attribute methods

Souhrn

Bakalářská práce je vytvořena na základě projektu, při kterém se plánovala a skutečně realizovala revitalizace panelového domu v Proutěné ulici v Praze 4. Byla využita poskytnutá data Stavebního bytového družstva SBD Kateřinky 875, která byla důležitá pro vytvoření modelu vícekriteriální analýzy variant. Bakalářskou práci tvoří dvě hlavní části, teoretická a praktická.

V první části je zpracována teorie vícekriteriální analýzy variant. V teorii jsou vysvětleny základní pojmy z této oblasti jako varianta, kritéria, kriteriální matice a kompromisní varianta. V teoretické části jsou popsány důvody, proč je nutné panelové bytové domy rekonstruovat.

Druhá část je zaměřena na určení vhodné firmy, která by se měla podílet na revitalizaci panelového bytového domu v Proutěné ulici. Výsledná společnost byla určena pomocí vícekriteriální analýzy variant, konkrétně metodou váženého součtu. V závěru práce je porovnán výsledek vícekriteriální analýzy variant s hodnocením znalce a s reálnou situací zvolenou představiteli SBD.

Klíčová slova: vícekriteriální analýza variant, bodovací metoda, varianta, kritérium, metoda váženého součtu, výběrové řízení.

Summary

This bachelor thesis deals with the project of the block of flats frontage reconstruction in Proutena Street in Prague. Data for this thesis were collected from the housing association SBD Katerinky 875. The thesis uses this essential source to create the model of multi-criteria analysis. The whole text consists of two main parts.

Firstly, it goes through the fundamental theoretical basis and the second part concentrates on the practical application of the multiple multi-criteria analysis method.

Particularly, the first part describes the theory of multi attribute analysis. There are not only explained the theoretical basics but reader is provided with the explanation of most important terms as well. Moreover, the first part also summarizes general information about block houses, which are built from large prefabricated concrete slabs (so called large-panel system buildings) and describes main reasons for their reconstruction.

The second part is focused on identifying the suitable company, which should take part in the project of revitalization of the given building. The company is determined by using a multi attribute method of variants, specifically through the weighted sum approach. The conclusion compares the result of multiple attribute method with the assessment of the expert and with the final selection, which was done by the official representatives of SBD Katerinky 875.

Keywords: Multi Attribute Method, Criterium, Weighted Sum Approach, Alternative, Criterium, Tender, Point Method

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíl práce a metodika.....	11
2.1. Cíl práce	11
2.2. Metodika.....	11
3. Přehled řešené problematiky – Modely vícekriteriálního rozhodování	12
3.1. Modely vícekriteriální analýzy variant a základní pojmy	13
3.1.1. Definice základních pojmů.....	13
3.1.2. Klasifikace úloh vícekriteriální analýzy variant.....	17
3.2. Metody stanovení vah kritérií.....	19
3.2.1. Metody vyžadující ordinální informaci o preferencích	19
3.2.2. Metody vyžadující kardinální informaci o preferencích kritéria.....	21
3.3. Metody výběru kompromisních variant	24
3.3.1. Metody nevyžadující informaci o preferencích kritérií.....	24
3.3.2. Metody vyžadující aspirační úrovně kritérií.....	24
3.3.3. Metody vyžadující ordinální informace.....	25
3.3.4. Metody vyžadující kardinální informaci.....	25
3.3.5. Metody založené na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty	27
3.4. Panelové bytové domy a jejich problémy	28
3.4.1. Panelové bytové domy	28
3.4.2. Problémy panelových domů	29
3.4.3. Způsoby zlepšení tepelněizolačních vlastností domů.....	30
4. Vlastní práce.....	33
4.1. Panelový bytový dům Proutěná 418-421.....	33
4.1.1. Popis domu a jeho umístění.....	33
4.1.2. Původní technické řešení domu	34
4.2. Výběrové řízení na společnost pro revitalizaci panelového domu	35
4.3. Vícekriteriální analýza variant společností vhodných pro revitalizaci domu	37
4.3.1. Výběr kritérií.....	37
4.3.2. Váhy kritérií.....	39
4.3.3. Varianty	40

4.3.4. Aplikace metody váženého součtu	44
5. Výsledky a diskuse.....	49
5.1. Nejlépe hodnocené varianty	49
5.1.1. Nejlepší varianta dle metody váženého součtu.....	49
5.1.2. Nejlepší varianta dle znaleckého posudku.....	50
5.2. Výsledný zhotovitel	50
6. Závěr.....	52
7. Seznam použitých zdrojů	53
8. Přílohy	56

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled kritérií.....	39
Tabulka 2: HUTNÍK STAVtrade s.r.o.....	40
Tabulka 3: MIRAS stavitelství a sanace s.r.o.....	40
Tabulka 4: Česká všeobecná stavební, spol s r.o.....	41
Tabulka 5: FASPRO s.r.o.....	41
Tabulka 6: BOBISTAV s.r.o.....	42
Tabulka 7: HERAIN (ing. Ilja Herain).....	42
Tabulka 8: KASTEN spol. s r.o.....	43
Tabulka 9: KP - Keramika, s.r.o.....	43
Tabulka 10: KORSYS s.r.o.....	44
Tabulka 11: Výchozí kritériální matice.....	44
Tabulka 12: Kritériální matice se sjednocenými povahami kritérií.....	45
Tabulka 13: Ideální a bazální varianta.....	45
Tabulka 14: Standardizovaná kritériální matice.....	46
Tabulka 15: Matice dílčích užiteků variant pro jednotlivá kritéria.....	46
Tabulka 16: Pořadí variant podle hodnoty užitku.....	47
Tabulka 17: Zvýraznění tří nejlepších hodnot u každé varianty.....	49

1. Úvod

Jedna třetina všech obyvatel České republiky žije v panelových bytových domech. V domech, které se hojně stavěly v druhé polovině minulého století. Již v době výstavby těchto domů nebyla jejich řešení stoprocentní a postupem času se stále častěji objevovaly nové problémy. Jako jeden z největších se ukázal problém s jejich tepelnou izolací.

K postupnému odstraňování tohoto problému a i dalších problémů panelových domů začalo docházet na konci minulého století. Objevila se celá řada společností, která zákazníkům z řad obcí, bytových družstev nebo společenství vlastníků nabízí řešení, jak tyto problémy odstranit a tím prodloužit životnost venkovních částí domů o další desítky let.

Podobné problémy se objevily i u domu v Proutěné ulici s popisnými čísly 418 - 421. Dům prošel, od jeho výstavby na začátku 90. let, již několika rekonstrukcemi, při kterých byla vyměněna okna nebo položena nová střecha, ale na kompletní rekonstrukci fasády domu přišel čas až před dvěma lety. V této práci je řešena vícekriteriální analýza variant, která porovnává nabídky na rekonstrukci fasády domu od jednotlivých oslovených společností.

Na začátku práce jsou popsány základní teorie vícekriteriální analýzy variant. Práce obsahuje definice základních pojmů a popis nejpoužívanějších metod pro stanovení vah kritérií a metod vícekriteriální analýzy. V práci jsou také shrnuta fakta o panelových domech a jejich problémech.

V praktické části se pak práce zaměřuje na konkrétní panelový dům v Proutěné ulici a je zde řešena vícekriteriální analýza variant, která si klade za úkol zhodnotit a vybrat nejlepší společnost vhodnou pro realizaci rekonstrukce fasády domu.

Jelikož práce byla psána až po dokončení rekonstrukce, v závěrečné fázi je porovnán výsledek vícekriteriální analýzy variant s rozhodnutím zadavatele práce, Stavebního bytového družstva Kateřinky 875 a s navrhovaným řešením najatého odborníka, který provedl vlastní analýzu nabídek jednotlivých společností.

2. Cíl práce a metodika

2.1. Cíl práce

Cílem bakalářské práce je na reálném projektu, aplikovat metodu vícekriteriální analýzy variant. Pomocí metody váženého součtu by mělo být rozhodnuto o vhodné volbě společnosti provádějící revitalizaci panelového bytového domu v Proutěné ulici.

Je určována společnost, která by nejlépe, podle stanovených kritérií, vyhověla podmínkách, které zadavatel projektu stavební bytové družstvo vyžaduje.

2.2. Metodika

Literární rešerše, ve které je řešena problematika vícekriteriální analýzy variant a problematika panelových bytových domů, je získána z odborné literatury.

V praktické části byla, mimo odborné literatury, užita dokumentace získaná od stavebního bytového družstva. Detailní poznatky, týkající se výběrového řízení, jsou získané na základě osobních konzultací s odborníkem. K získání dalších důležitých dat jsou užity internetové zdroje. Výpočty jsou provedeny v tabulkovém editoru.

V závěrečné části práce je diskuse mezi výsledkem použité metodiky a konečným výběrem odborníka, zabývajícím se výběrem vhodné firmy, a skutečnou vítěznou firmou, která projekt uskutečnila.

3. Přehled řešené problematiky – Modely vícekriteriálního rozhodování

Rozhodování je složitý proces. Pokaždé, když je třeba učinit rozhodnutí, je nutno posoudit více možností a vybrat tu nejvhodnější. Ať už se jedná o malá rozhodnutí, jako je například výběr restaurace, kam se půjdeme najíst, nebo ta velká, kdy rozhodujeme o svém budoucím životě, plánech společnosti nebo osudu celého státu. Vždy je třeba situaci posoudit a vybrat řešení, které je ideální pro danou situaci. Při řešení složitých situací může do rozhodovacího procesu vstupovat až několik desítek kritérií, podle kterých hledáme to nejlepší řešení. Pokud se snažíme v rozhodovacím procesu zohlednit veškerá kritéria a zkusíme zjistit výsledek na základě každého z nich samostatně, je skoro nepravděpodobné, že bychom se dostali ke stejnému výsledku. Pokaždé jiný výsledek je způsobený různou povahou jednotlivých kritérií, pokud by však všechna kritéria ukazovala na stejný výsledek, stačilo by vždy k posouzení celého problému jediné z nich.

Právě pro řešení problémů, při kterých je nutné posuzovat mnoho vstupních kritérií, byly vytvořeny metody vícekriteriální analýzy. Modely přinášejí způsoby, jak efektivně posoudit jednotlivá kritéria, jak najít a vyloučit neefektivní varianty a jak určit ta nejlepší řešení. Modely vícekriteriálního rozhodování mohou řešit problémy, ve kterých je známo konečné množství variant a jednotlivé varianty jsou posuzovány na základě kritérií, která jsou ohodnocená. Modely však mohou řešit i rozhodovací procesy, při kterých existuje nekonečné množství variant pouze omezených podmínkami. Varianty jsou v těchto případech hodnoceny pomocí kriteriálních funkcí. [1]

Každodenní rozhodovací procesy jsou součástí našich životů a nebylo tomu jinak ani v minulosti. Potřeba rozhodnout různé situace je tu od samého počátku, ale až nové objevy v oblasti matematiky a ekonomie z 18. století poskytly nástroje, které umožnily rozhodovací procesy kvantifikovat. Základy v této oblasti položil Daniel Bernoulli se svou Teorií užitku. Myšlenku, že je nutné při rozhodování respektovat různá kritéria, ve své práci zmiňuje i italský ekonom Vilfred Paret, který později publikoval tzv. Paretovskou optimalitu. V druhé polovině minulého století začíná být o uplatnění vícekriteriální analýzy zájem a tím roste i počet odborných publikací. Významnou publikací v tomto oboru,

zveřejněnou v roce 1980, je i tzv. AHP (The Analytic Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation) od Thomase L. Saatyho. V 70. letech dvacátého století vznikla Mezinárodní společnost pro vícekriteriální rozhodování. Organizace pravidelně pořádá konference a sdružuje 1470 expertů z 87 zemí světa. [2]

Vícekriteriální analýza se za posledních padesát let stala významným vědeckým oborem. Na přínosy tohoto oboru v dnešní době spoléhá při svém rozhodování stále více subjektů v mnoha různých oblastech, jako je podnikání, sociální segment nebo politika. [2]

3.1. Modely vícekriteriální analýzy variant a základní pojmy

Modely vícekriteriální analýzy přinášejí postupy, které umožňují řešit složité situace pomocí matematických postupů na základě zhodnocení jednotlivých variant podle předem určených kritérií. Jejich hlavním úkolem je vybrat jednu nebo více variant z množiny přípustných variant, tzv. optimální variantu a tu navrhnout k realizaci. Hodnocení variant by mělo probíhat co nejvíce objektivně. Rozhodovatel si určí kritéria, na základě kterých bude jednotlivé varianty posuzovat a pomocí některé z metod vícekriteriální analýzy zjistí optimální variantu. Občas k tomu, aby byla zachována objektivnost, dojde k rozdělení role rozhodovatele. Projekt je zadavatelem analýzy předán zhotoviteli projektu, který provede analýzu zcela objektivně, jelikož nemá na výsledku žádný osobní zájem. Nevýhodou této cesty je, že analytik nemusí být obeznámen se všemi detaily. Je to způsobené tím, že některé skutečnosti se při zadávání nedaly popsat pomocí modelových metod. Proto varianta, kterou doporučí analytik je sice ta, která vyšla z matematických modelů nejlépe, ale je možné, že pro reálnou situaci by v některých případech bylo výhodnější použít například druhou nejlépe umístěnou variantu. [3]

3.1.1. Definice základních pojmů

Zcela základními pojmy při řešení metod rozhodování pomocí vícekriteriální analýzy jsou rozhodovatel a objekt rozhodování.

Rozhodovatel – jedná se o osobu nebo skupinu osob, která má za úkol vybrat optimální variantu, tedy učinit rozhodnutí. [4]

Objektem rozhodování – je oblast, ve které dochází ke stanovení cílů rozhodování a na kterou lze poté uplatnit výsledné rozhodnutí. [2]

Cílem modelů vícekritériální analýzy variant je z celkové konečné množiny variant m najít tu variantu, která je podle kritérií n nejlépe hodnocena, tedy variantu optimální neboli kompromisní. Další cíle mohou být vyloučit neefektivní varianty nebo jednotlivé varianty seřadit podle jejich efektivity. **Varianty** jsou konkrétní rozhodovací možnosti, předměty vlastního rozhodování, jsou realizovatelné a nejsou logickým nesmyslem. [4]

K vybrání vhodného řešení je nutné varianty posoudit na základě předem stanovených kritérií. Kritéria by měla pokrývat veškeré aspekty výběru. Pomocí nich by mělo dojít k výstižnému popisu problému. Mohou být volena jak z kvalitativní, tak z kvantitativní strany pohledu. Dále by kritéria měla být nezávislá a neměl by jich být vysoký počet, aby nedošlo k nezpřehlednění projektu. **Kritérium** je hledisko hodnocení variant. Je nutné rozlišovat kritéria maximalizační (výnosová) a minimalizační (nákladová). U výnosových kritérií analytik hodnotí lépe vyšší hodnoty, naopak u kritérií nákladových jsou lépe posuzovány hodnoty nižší. [4]

Dalším důležitým pojmem, který se ve vícekritériální analýze vždy objeví, je kritériální matice. V kritériální matici jsou uspořádané hodnoty jednotlivých variant pro jednotlivá kritéria. Každý prvek y_{ij} v matici vyjadřuje hodnocení i -té varianty j -tého kritéria.

$$Y = \begin{matrix} & k_1 & k_2 & \cdots & k_n \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_m \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccc} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{array} \right) \end{matrix}$$

Vzorec č. 1: Kritériální matice [3]

V matici jsou v řádcích zapsány hodnocené varianty a ve sloupcích k nim odpovídající hodnoty kritérií. **Kritériální matice** je matice $Y = (y_{ij})$, jejíž prvky tvoří hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria. V matici je vždy výhodné mít kritéria stejné povahy, proto je třeba nutné umět převést kritéria maximalizační na kritéria minimalizační a obráceně. [4] To lze provést následujícími způsoby. Buď vynásobením celého sloupce kritériální matice hodnotou -1 , transformace $y'_{ij} = -y_{ij}$, nebo pomocí transformace $y'_{ij} = y_{ij} - \max_i(y_{ij})$. V případě, že jednotlivá kritéria jsou plně kvantifikována, matice obsahuje pouze číselné

hodnoty. V tomto případě se kritéria nazývají objektivní. V druhém případě u kritérií kvalitativních jsou některé hodnoty odhadnuté uživatelem, na základě jeho subjektivních pocitů. Pro určení hodnoty těchto kritérií se používají různé bodovací stupnice nebo relativní hodnocení variant, při kterém je zvolena základní varianta a uživatelem jsou procentuálně odhadnuta hodnocení ostatních variant. [3]

U jednotlivých kritérií je také nezbytné posuzovat jejich váhu, tedy zda je některé preferováno před jiným. **Preference kritérií** určuje důležitost kritéria oproti ostatním.

Preference kritérií lze vyjádřit několika různými způsoby:

- *Aspirační úrovní kritéria*, kdy však není stanovena přímo důležitost kritéria, ale je určena úroveň, které má kritérium dosáhnout. Čím více je na kritérium kladen přísnější požadavek, tím více roste jeho důležitost. V opačném případě čím menší je požadavek na kritérium daný aspirační úrovní, tím naopak jeho důležitost klesá. Pro maximalizační kritérium se jedná o hodnotu, které musí být minimálně dosáhnuta, u minimalizačního kritéria se pak jedná o maximální přípustnou hodnotu.
- *Preferenci kritérií* vyjádřenou jejich pořadím udává posloupnost kritérií od nejdůležitějšího po nejméně důležité.
- *Váhou kritéria*, která vyjadřuje, kolikrát je dané kritérium důležitější než ta ostatní. Váha kritéria musí vždy být v intervalu od $<0;1>$ a celkový součet vah všech kritérií musí vždy být roven 1.
- *Kompenzační hodnot kritérií*, která vyjadřuje míru substituce mezi kritériálními hodnotami. Ta je prováděna vyrovnáváním špatných kritériálních hodnot jedné varianty lepšími hodnotami ostatních kritérií. [4]

Dalším důležitým termínem v oblasti vícekritériální analýzy je **dominovaná varianta**. Jedná se o variantu, kdy kritéria jedné varianty jsou lepší nebo rovna kritériím ostatních variant a při tom existuje alespoň jedno kritérium, ve kterém je daná varianta nejlepší.

S dominovanou variantou pak úzce souvisí **Paretovska varianta**. Varianta, která není dominovaná žádnou jinou variantou, je nedominovaná a nazývá se také jako paretovska nebo efektivní varianta. Jejich množinu pak označíme A_N . Tyto varianty mohou dosáhnout

lepšího hodnocení některého z kritérií jen za cenu zhoršení v jiném kritériu. Bývají důležité při hledání nejlepšího řešení, kde záleží na počtu a váze kritérií, ve kterých tyto varianty dosahují nejlepších výsledků. [5]

Další významné varianty, které poskytují lepší představu o kvalitě variant, jsou ty, které dosahují nejlepších možných hodnot ve všech kritériích, tedy potenciálně nejlepší, a ty které dosahují nejhorsích možných hodnot ve všech kritériích, tedy potenciálně nejhorší variantu. První zmíněná varianta může být jak hypotetická, tak reálná. Nazývá se **ideální variantou** a ve všech kritériích dosahuje současně té nejlepší hodnoty. Oproti tomu druhá zmíněná, opět reálná nebo hypotetická **bazální varianta**, dosahuje ve všech kritériích té nejhorší hodnoty.

Pokud by existovala reálná ideální varianta, stala by se jedinou nedominovanou variantou a tedy by byla i variantou optimální. Jelikož tento případ nastává jen ve velmi vyjimečných případech obvykle se řešením stává kompromisní varianta. [3]

Kompromisní variantou je každá varianta, která je variantou nedominovanou. Je doporučena jako řešení problému. Pro různé postupy řešení budou vycházet i různé kompromisní varianty a pokud není úkolem nalezení jediného řešení, kompromisní variantou se mohou stát všechny varianty, které jsou posouzeny jako efektivní. V jiném případě, kdy je určen konečný počet q kompromisních variant, jsou jednotlivé varianty seřazeny na základě jejich vzdálenosti od varianty ideální. Kompromisní variantu je tedy možné určit pomocí následujících způsobů:

- jako součet hodnot ukazatelů kritérií, které jsou normalizovány podle zvolené metody
- jako variantu, která má nejmenší vzdálenost od varianty ideální. Vzdálenost od ideální varianty v tomto případě ukazuje míru splnění požadavků rozhodovatele dle jeho ohodnocení. I zde je možné použít několik různých metod, jak kompromisní variantu získat
- párovým porovnáním všech hodnot každé dvojice variant pro všechna kritéria.

Existují další možnosti určení kompromisní varianty. O jejich použití je rozhodováno ve chvíli, kdy je určeno zadání rozhodovací úlohy nebo cíle, kterého je třeba dosáhnout. Základní podmínkou však vždy zůstává, že kompromisní varianta musí být variantou nedominovanou. [3]

3.1.2. Klasifikace úloh vícekriteriální analýzy variant

Dva hlavní způsoby, pomocí kterých lze provádět klasifikaci úloh vícekriteriální analýzy, je pohlížení na analýzu variant podle cíle řešené úlohy, nebo podle vstupních informací, se kterými úloha pracuje.

Pokud jsou úlohy posuzovány podle jejich cílů řešení, je možné tyto úlohy rozdělit na tři kategorie. První kategorií jsou úlohy, při kterých je hledána pouze jedna varianta. Ze zadané množiny variant se vždy hledá ta nejlepší varianta, která má nejbližší k hodnotě ideální. Nejlepší variantu pak nazveme jako variantu kompromisní. Metody vhodné pro hledání jedné nejlepší varianty jsou například metoda váženého součtu, ORESTE nebo metoda TOPSIS. [4]

Druhou kategorií tvoří varianty uspořádané podle jejich pořadí. Postup určení pořadí může probíhat stejně jako u první kategorie a i pomocí stejných metod. Nejlepší varianta je vždy zapsána do pořadí a odebrána z posuzovaných variant. V jednotlivých krocích je vždy zapsána do výsledného pořadí nejlepší varianta a tento postup je opakován tak dlouho, dokud nejsou v pořadí zapsány všechny varianty.

Úlohy, které jsou zařazeny do třetí kategorie, rozdělují varianty na efektivní a neefektivní. Efektivní varianty splňují rozhodovatelem zadaná kritéria, ty neefektivní nikoli. Způsobů, jak tyto varianty určit, existuje několik. I v tomto případě je možné použít metody vhodné pro získání nejlepší varianty. Nejprve je vytvořena fiktivní varianta, která má stejné kriteriální hodnoty, jaké jsou hraniční hodnoty mezi efektivními a neefektivními variantami. Následně se provede seřazení variant podle jejich pořadí. Všechny varianty, které splňují rozhodovatelem zadaná kritéria, se umístila nad fiktivní variantou a všechny varianty, které je nesplňují, se umístila pod ní. [3]

Úlohy můžeme kromě posuzování podle jejich cílů také posuzovat na základě informací týkajících se preferencí mezi kritérii a variantami. Dělíme je podle dostupnosti těchto informací.

Prvním případem je situace, kdy žádné informace o preferencích nejsou k dispozici. Jedná se zde však pouze o preference kritérií, pokud by nebyly dostupné ani informace o preferencích mezi variantami, tak by úloha neměla řešení.

V druhém případě jsou známé informace o preferencích mezi kritérii. Preference jsou vyjádřeny hodnotou aspiračních úrovní, tedy jsou zde popsány nejhorší možné hodnoty, při kterých může být varianta akceptována. V tomto typu úloh pracujeme s tzv. nominální informací, která umožňuje určit kritéria, která dělí varianty na akceptovatelné a neakceptovatelné.

Třetím typem úloh jsou úlohy, které pracují s informacemi ordinálními. Tyto informace jednak udávají, jak jsou kritéria uspořádána na základě jejich důležitosti, nebo určují uspořádání variant na základě toho, jak jsou kritéria hodnocena.

Posledním typem úloh pro tento způsob dělení jsou úlohy, které mají k dispozici kardinální informace. Informace u těchto typů úlohy vyjadřují, jak moc je hodnocení jednoho kritéria lepší nebo horší než u kritéria jiného. Informace zde mohou být vyjádřeny jak kvalitativně, tak kvantitativně. Jestliže jsou známé kardinální informace o kritériích, známe jejich váhy v případě, že máme kardinální informaci o variantách. To znamená, že známe vyjádření nejčastěji kvantitativně ohodnocené varianty.

I přes to, že při úlohách na sebe stanovení preferencí kritérií a stanovení preferencí variant navazuje, je třeba řešit je odděleně. Neexistuje žádná univerzálně použitelná kombinace metod, díky které by bylo možné stanovit preference pro obě možnosti tak, aby byla použitelná na jakoukoli úlohu. Je třeba pro každou úlohu vytvářet jiný postup řešení, který bude pro danou úlohu ideální. [4]

3.2. Metody stanovení vah kritérií

Váhy kritérií jsou přiřazovány z jednoduchého důvodu. Vícekriteriální analýzy variant se provádějí pro hledání optimálního řešení. Proto při hodnocení variant musí být posouzena všechna kritéria, která toto rozhodnutí mohou ovlivnit. V reálném světě se však často nestává, že by všechna kritéria měla pro rozhodovatele stejnou důležitost. Důležitost kritérií je vyjádřena při analýze vahou, která je přiřazena pomocí některého z následujících modelů. Při jejím určování je nutné vycházet z toho, jaké výstupy chceme z analýzy získat. Proto určení cílů analýzy bývá prvotním krokem řešení celého problému a určení vah kritérií následuje hned poté. Právě váhy určené podle cílů analýzy nám pomohou posoudit preferenční vztahy mezi variantami. K určování vah kritérií existuje mnoho metod. Metody lze používat zároveň nebo různě kombinovat a pomocí nich je možné převést hodnoty kritérií, která jsou vyjádřena slovně na hodnoty číselné, ty jsou pak lépe zpracovatelné při posuzování variant. O použití modelů je vždy nutné rozhodovat tak, aby byl dosažen úspěšný cíl analýzy. Metody pro stanovení vah kritérií můžeme rozdělit podle typu vstupní informace, kterou metody vyžadují. Rozdělení je tedy následující:

- metody pro stanovení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií
- metody, které na vstupu vyžadují kardinální informaci o preferencích kritérií.

3.2.1. Metody vyžadující ordinální informaci o preferencích

Existují dva základní postupy při použití metod, které vyžadují ordinální informaci. U prvního jsou kritéria srovnána podle pořadí a pořadí určuje jejich důležitost. Druhým způsobem je vzájemné porovnání všech dvojic kritérií a pro každé srovnání je třeba posoudit, která varianta je lepší a která horší. U obou postupů je možné, aby existovalo více kritérií, která budou mít stejná pořadí. Nejčastějšími metodami, které vyžadují ordinální informaci, jsou metoda pořadí a metoda Fullerova trojúhelníku. [3]

Metoda pořadí

Při metodě pořadí jsou jednotlivá kritéria seřazena od toho nejméně důležitého po to nejdůležitější. Bývá hojně využívána při řešení analýz, které hodnotí několik na sobě

nezávislých odborně způsobilých řešitelů. Jednotlivá kritéria jsou při řešení ohodnocena body. Nejdůležitější kritérium je hodnoceno n body (n je rovno počtu kritérií) a nejhorší bodem jedním. Pokud jsou kritéria řešitelem vyhodnocena jako stejně důležitá, je jim udělen počet bodů odpovídající průměru z jejich pořadí. Výsledné hodnocení kritéria je získáno sečtením bodů, které mu byly uděleny jednotlivými řešiteli a následným vydělením sečtené hodnoty součtem všech bodů, které experti rozdělili mezi všechna kritéria. Vydělením počtu bodů kritéria celkovým součtem bodů všech kritérií je zaručeno, že součet vah všech kritérií bude roven jedné.

Obecně lze postup výpočtu váhy kritérií vyjádřit vzorcem č. 2, kde platí, že každé j -té kritérium je ohodnoceno b_j body (bodová hodnota kritéria nebo součet bodových hodnot v případě více řešitelů). Pomocí vzorce lze získat normalizované informace o preferenci kritériích, a proto bývá nazýván vzorec normalizace vah kritérií. [3]

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, \dots, n$$

Vzorec č. 2: Normalizace vah kritérií [3]

Metoda Fullerova trojúhelníku

Základní částí metody Fullerova trojúhelníku je vyjádření vztahů mezi všemi dvojicemi kritérií, která jsou hodnocena. Vztahy jsou určeny metodou párového porovnávání. To vychází z předpokladu, že pokud je řešitelem kritérium j ohodnoceno jako důležitější než kritérium l , tak platí, že kritérium l je považováno za méně důležité jak kritérium j . Počet srovnání je určen vzorcem č. 3, kde n je počet porovnávaných kritérií. [1]

$$N = \frac{n(n-1)}{2}$$

Vzorec č. 3: Párové porovnávání [4]

Poté co je stanoven počet srovnání přistoupí se k samotnému procesu porovnávání. To je provedeno právě metodou Fullerova trojúhelníku. Všechny dvojice hodnot kritérií jsou porovnány a vždy je označena ta důležitější. Výslednou váhu kritéria získáme, když počet zakroužkovaných hodnot daného kritéria v_j prvku n_j dosadíme do vzorce č. 4. [1]

$$v_j = \frac{n_j}{N}, j = 1, \dots, n$$

Vzorec č. 4: Fullerova metoda [4]

3.2.2. Metody vyžadující kardinální informaci o preferencích kritéria

Při aplikaci metod, které vyžadují pro stanovení vah kritérií kardinální informaci, je nutné na začátku kromě pořadí důležitosti také určit vzájemné poměry důležitosti mezi dvojicemi kritérií. Nejčastější z těchto metod je metoda bodovací, kde bodové hodnocení důležitosti kritérií je transformováno do váhového vektoru a Satyho metoda, která váhový vektor zjišťuje pomocí odhadu poměrů vah, které stanoví uživatel. [3]

Bodovací metoda

Při bodovací metodě je důležitost kritérií určena pomocí určitého počtu bodů z bodové stupnice. Bodovou stupnici lze určit dvěma způsoby. Při prvním, při kterém není o rozsahu stupnice rozhodnuto už na začátku, je bodové hodnocení kritériím přiřazováno po indexech. Je určen řád bodů hodnocení prvního kritéria a ostatní jsou hodnocena podle počtu bodů, které byly přiděleny ostatním kritériím. Celkový rozsah stupnice je tedy znám až ve chvíli, kdy je určeno poslední kritérium z množiny všech kritérií. [1]

U druhého způsobu je už na začátku nutné mít představu o důležitosti jednotlivých variant. Metoda se v tomto případě provádí tak, že na začátku je stanoven pevný rozsah bodovací stupnice. Nejdůležitějšímu kritériu je přiřazeno nejvyšší bodové hodnocení a naopak tomu nejhoršímu je přiřazen ten nejmenší možný počet bodů. Bodové hodnocení ostatních kritérií je umístěno na stupnici mezi těmito dvěma body s ohledem i na ostatní již umístěné hodnocení kritérií.

I u této metody je možné, že kritéria hodnotí více řešitelů. Všem řešitelům je stanovena jednotná bodová stupnice. Řešitelé následně ohodnotí jednotlivá kritéria bodovým hodnocením ze zadané stupnice. Výsledné hodnoty jednotlivých uživatelů jsou následně normalizovány podle vzorce č. 2, kde b_j je součet všech bodů, které j -tému kritériu jednotliví řešitelé přiřadili.

Tuto metodu je možné zobrazit graficky, kde bodovací stupnice je znázorněna jako úsečka a na ní jsou v závislosti na koncích úsečky vyneseny pozice kritérií. [4]

Saatyho metoda

Metoda je kromě určení preferencí mezi kritériemi využitelná i pro určování preferencí mezi variantami. Metodu nelze použít v případě, že by analýzu mělo provádět více řešitelů. Je určena pouze pro případ, že existuje jediný řešitel. Metoda využívá kvantového párového porovnávání. Jednotlivá párová porovnání jsou při této metodě ohodnocena pomocí devíti stupňové škály. Ve většině případů jsou na stupnici vyneseny pouze liché hodnoty, ale lze použít i sudé mezistupně. Základní ohodnocení jsou:

- 1) Rovnocenná kritéria i a j
- 3) Slabě preferované kritérium i před j
- 5) Silně preferované kritérium i před j
- 7) Velmi silně preferované kritérium i před j
- 9) Absolutně preferované kritérium i před j

Hodnoty preferencí jsou následně zapsány do Saatyho matice zobrazené ve vzorci č. 5. Pokud vznikne varianta, kdy j -té kritérium je preferované před i -tým, zapíše se do matice jeho převrácená hodnota s tím, že na diagonále matice jsou vždy hodnoty 1. Kritérium je vždy rovnocenné samo sobě. Vzniklá matice musí být vždy čtvercová a představuje odhad podílů i -tého a j -tého kritéria. [5]

$$S = \begin{pmatrix} 1 & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ 1/S_{21} & 1 & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/S_{k1} & 1/S_{k2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Vzorec č. 5: Saatyho matice [5]

Dále je nutné posoudit konzistenci matice. Konzistenci matice představuje následná rovnost $s_{hj} = s_{hi} \times s_{ij}$. Tato podmínka však ve většině případů není splněna, proto je nutné posoudit míru konzistence matice. Konzistence matice se určí podle vzorce č. 6, kdy l_{max} je největší vlastní číslo Saatyho matice a n je počet kritérií. Saatyho matice je považována za dostatečně konzistentní v případě, že hodnota $I_s < 0,1$.

$$I_s = \frac{l_{max} - n}{n - 1}$$

Vzorec č. 6: Index konzistence [4]

Samotný proces určení vah kritérií lze určit pomocí pokročilých matematických metod nekonvexního kvadratického programování, ale Saaty našel způsoby, kterými lze váhy kritérií také odhadnout, a to za použití pouze jednoduchých matematických postupů. Ke zjištění vah kritérií se nejčastěji používá metoda logaritmických nejmenších čtverců, která vychází z normalizovaných geometrických průměrů řádků v Saatyho matici, které se vypočítají podle vzorce č. 7.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}$$

Vzorec č. 7: Metoda logaritmických nejmenších čtverců [4]

Dalším krokem je výpočet vah kritérií pomocí normalizace hodnoty b_i podle vzorce č. 8. [4]

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Vzorec č. 8: Normalizace hodnot [4]

3.3. Metody výběru kompromisních variant

K nalezení kompromisních variant lze opět použít nepřehledné množství metod. Při volbě, které z nich jsou vhodné k užití pro danou vícekritériální analýzu, je třeba vycházet ze způsobu, jak jsou definována preference kritérií. Na základě tohoto údaje lze nejlépe určit, kterou metodu z následujících skupin vybrat.

3.3.1. Metody nevyžadující informaci o preferencích kritérií

Jedná se o základní variantu, kdy model bývá nejčastěji zadán pouze pomocí preferencí variant podle jednotlivých kritérií. Preference kritérií u těchto úloh známé nejsou. K nalezení kompromisních variant lze u těchto modelů použít bodovací metodu nebo metodu pořadí. [3]

3.3.2. Metody vyžadující aspirační úrovně kritérií

Důležitost kritérií je v těchto metodách stanovena aspirační úrovní kritérií. Metody se snaží informovat o vhodných a nevhodných variantách tak, že na základě předem nastavených aspiračních úrovní kritérií (limitních hodnot pro kritéria) dělí množinu všech variant na efektivní a neefektivní varianty. Efektivními variantami jsou všechny varianty, které mají hodnoty kritérií lepší než jsou určené limitní hodnoty. Varianty neefektivní mají naopak hodnoty kritérií horší a proto jsou neakceptovatelné. Pokud jsou aspirační kritéria nastavena dostatečně přísně, může nastat situace, kdy z množiny variant tyto kritéria splňuje pouze jediná, ta nejlepší varianta. Může však nastat i případ, kdy jsou limitní hodnoty nastaveny přespříliš přísně a nesplní je žádná varianta. V tomto případě, pokud chceme nalézt alespoň nějaké řešení analýzy, je třeba některé aspirační úrovně kritérií uvolnit. Mezi metody, které vyžadují aspirační úrovně kritérií, patří například metoda PRIAM, která vyžaduje pro své řešení heuristické prohledání množin variant tak, aby bylo nalezeno jediné nedominované řešení. [4]

3.3.3. Metody vyžadující ordinální informace

Metody pracující s ordinálními informacemi vyžadují počáteční určení pořadí důležitosti kritérií a pořadí variant v závislosti na jednotlivých kritériích. Metody, které vyžadují ordinální informaci, mohou být jak komplexní, které poskytují kvalitní a obsáhlý pohled na celou situaci, nebo i velmi jednoduché, jejichž výsledky mají spíše orientační charakter. Nejčastěji používaná metoda vyžadující ordinální informaci je lexikografická metoda, která varianty hodnotí podle nejdůležitějšího kritéria. Pokud více variant má stejnou důležitost u nejdůležitějšího kritéria, přistupuje se ke druhému nejdůležitějšímu případně ke třetímu nejdůležitějšímu kritériu. Druhou často používanou metodou tohoto typu je metoda ORESTE, u které je nutné, aby na počátku proběhlo úplné kvaziuspořádání kritérií i variant. [4]

3.3.4. Metody vyžadující kardinální informaci

Opět existuje mnoho metod, které vyžadují kardinální informaci o kritériích v podobě vah a o variantách v podobě kriteriální matice. Jednou ze skupin metod, které vyžadují kardinální informaci jsou i metody, které jsou založené na výpočtu hodnot funkce užitku. U těchto metod bývá funkce maximalizace účinku vyjádřena pomocí škály hodnot mezi 0 a 1, které vyjadřují, jak velký užitek by varianta při realizaci přinesla.

Mezi metody pracující s kardinální informací patří také metoda váženého součtu, která je následně použita v práci při analýze společností vhodných pro renovaci panelového domu, proto je dále popsán postup, jak pomocí metody váženého součtu najít optimální variantu. [3]

Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu je jedna z mála, o které by se dalo říci, že je univerzální. Pomocí ní je možné určit jak nejlepší variantu, tak uspořádání variant od nejhorší po tu nejlepší, a to díky tomu, že metodou je možné určit celkové hodnocení pro každou variantu. Metoda vychází z principu maximalizace účinku, tudíž se jedná o speciální případ metod určujících funkci užitku. Pro použití metody váženého součtu je nutné, aby na vstupu byly známy kardinální informace, kriteriální matice Y a vektor vah kritérií. [4]

U metody váženého součtu je celkový užitek varianty vyjádřen váženým součtem dílčích funkcí užitku. Vztah lze popsat tak, že pokud variant a_i podle kritéria j dosáhne určité hodnoty y_{ij} , tak přináší účinek, který lze vyjádřit pomocí funkce užitku. Matematický zápis funkce užitku je popsán ve vzorci č. 9, kde u_j jsou dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií. [3]

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m v_j u_j(y_{ij})$$

Vzorec č. 9: Funkce užitku [3]

Postup metody váženého součtu:

- 1) Sestavení kritériální matice
- 2) Sjednocení všech povah kritérií na maximalizační tak, aby bylo možné sestavit výchozí kritériální matice. Převedení lze provést např. podle vzorce č.10

$$y_{ij} = \max_{i=1, \dots, m} (y_{ij} - y_{ij})$$

Vzorec č.10: Sjednocení povah kritérií [3]

- 3) Určení ideální varianty H s ohodnocením (h_1, \dots, h_n) a bazální variantu D s ohodnocením (d_1, \dots, d_n)
- 4) Vytvoření standardizované kritériální matice R , jejíž prvky jsou získány podle vzorce č. 11. Hodnoty v matici R jsou hodnotami funkce užitku z i -té varianty podle j -tého kritéria. Prvky v této matici jsou lineárně transformované kritériální hodnoty v intervalu $r_{ij} \in \langle 0, 1 \rangle$, kde bazální variantě odpovídá hodnota 0 a ideální variantě hodnota 1.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}$$

Vzorec č. 11: Prvky standardizované kritériální matice [3]

- 5) Následně je vypočtena pro jednotlivé varianty agregovaná funkce užitku podle vzorce č. 12.

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij}$$

Vzorec č. 12: Agregovaná funkce užitku [3]

- 6) Posledním krokem je seřazení variant sestupně podle hodnoty $u(a_i)$. Varianty, které dosáhly nejvyšších hodnot užitku jsou považovány za výsledky analýzy. [3]

3.3.5. Metody založené na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty

U těchto metod je nutné vždy najít ideální variantu, od které se bude odvíjet další určování efektivních variant. Nejužívanější metodou je zde metoda TOPSIS. Pro použití této metody je nutné znát váhy kritérií a kardinální hodnocení variant podle jednotlivých kritérií. Jednotlivé varianty jsou zde posuzovány na základě vzdálenosti od ideální varianty. [3]

3.4. Panelové bytové domy a jejich problémy

3.4.1. Panelové bytové domy

Panelový bytový dům je stavba, která je vybudována z prefabrikovaných betonových panelů. Právě díky této konstrukci a z toho plynoucí možnosti být rychle vybudován se stal velmi oblíbený především po druhé světové válce, kdy bylo třeba pro obyvatelstvo, které ve válce o své domovy přišlo, najít nové bydlení. První panelové domy se však začaly objevovat již v meziválečném období. Za počátek panelové výstavby se v České republice považuje rok 1940, kdy s konceptem domu z litého betonu přišla firma Baťa. Největší rozmach zaznamenaly po roce 1960, kdy docházelo v Československu a v dalších zemích východního bloku k odlivu lidí z venkova do měst, kam je vedla především možnost pracovního uplatnění v rychle rostoucích industriálních závodech. [6]

Panelákové bydlení se stalo symbolem socialistického režimu. Proto se po roce 1989 začaly objevovat názory, že lidé z tohoto symbolu odejdou a budou hledat nové bydlení ve vlastních rodinných domech nebo novostavbách. Čas však ukázal, že panelové domy si svou pozici na trhu s byty udržely a stále je o bydlení v nich velký zájem. Panelových domů je v České republice téměř 200 tisíc. Nejvíce se jich nachází na severní Moravě, dále v severních Čechách a v Praze. Představují přibližně 30 % bytového fondu České republiky. Jedná se o 1,2 milionu bytových jednotek. V současné době žije v panelových domech skoro tři miliony Čechů. [7] Staly se dostupnou možností bydlení pro značnou skupinu lidí, především pro mladé rodiny nebo seniory. Dalším ukazatelem zájmu obyvatel o bydlení v panelových domech je i snaha vlastníků o udržování a provádění rekonstrukcí bytových jednotek. Díky dnešní široké nabídce materiálů určených k rekonstrukcím, lze i z bytu v panelovém domě udělat hezké bydlení. Majitel se sice neduhů života v panelovém domě, jako je špatná zvuková izolace stěn z panelů, nezbaví, ale rekonstrukcí může svému bytu alespoň poskytnout vzhled obytného prostoru nového tisíciletí. Investice do komplexní rekonstrukce bytu je několikanásobně menší než pořízení nové nemovitosti. Cena komplexní rekonstrukce, kdy z bytu zůstane jen původní betonový skelet, většinou nepřesáhne 10 tisíc Kč na metr čtvereční obytné plochy, u nové výstavby je cena za metr čtvereční mezi 15 – 40 tis. Kč.

Na panelových sídlištích také byla postupně doplněna občanská vybavenost. Vyrůstla zde nová nákupní centra, polikliniky, školy a prostory mezi jednotlivými panelovými domy byly osázeny zelení. Všechny tyto faktory přispěly k tomu, že si lidé bydlení na panelových sídlištích postupně oblíbili. [8]

3.4.2. Problémy panelových domů

S budováním panelových sídlišť v České republice se většinou začínalo na zelených loukách. Výstavba, aby plnila tehdejší časové harmonogramy, musela probíhat rychle a proto kvalita odvedené práce na jednotlivých panelových domech leckdy nebyla stoprocentní.

Na panelových sídlištích ze začátku chyběla občanská vybavenost jako byly obchody, školy, školky a zdravotní střediska i prosté věci jako chodníky, které by spojovaly jednotlivé domy. [8]



Obr. č.1 Stav sídliště během budování [9]

Rychlost výstavby způsobovala další problémy, které se začaly objevovat až postupem času. Například tehdejší vodovodní síť nedisponovala takovým tlakem vody a často

se stávalo, že vrchní patra bytových domů neměly tlak vody skoro žádný. Největším problémem panelových domů byla jejich špatná tepelněizolační řešení.

Během výstavby panelových sídlišť nikdo na problémy s tepelnou izolací příliš nehleděl. Teplo unikalo z nově vybudovaných panelových domů skrze zdi, střechy i kolem oken. Na stavbách docházelo k používání nekvalitních materiálů a proto ani v té době nové stavby nedosahovaly hodnot tepelné ochrany, která byla pro domy navržena výpočtem v konstrukčních kancelářích. Špatné spoje betonových panelů vytvářely výrazné tepelné mosty a u oken bylo již při jejich montáži počítáno s netěsností pro výměnu vzduchu. Množství vzduchu, které okna propouštěla, výrazně převyšovalo hygienickou potřebu. Tepelné úniky z panelových domů byly značné, ale v době, kdy byla cena energií určována státem, se tomuto problému nevěnovala pozornost. V 90. letech minulého století se začaly postupně zvedat ceny energií. S rostoucími náklady na provoz panelových domů se začaly hledat způsoby, jak lépe tepelně izolovat domy a tím snížit i v té době nekontrolovatelně rostoucí náklady. [8]

3.4.3. Způsoby zlepšení tepelněizolačních vlastností domů

Ke zlepšení tepelněizolačních vlastností domů je třeba pohlížet na panelový dům jako na celek. Oprava jednoho z nedostatků nikdy nemůže přinést stejné výsledky jako oprava všech nedostatků najednou. Komplexní rekonstrukce panelových domů je však značně nákladná a pokud se nájemníci nebo vlastník bytového domu nechce zadlužit, je třeba, aby byla provedena postupně. Tepelněizolační vlastnosti domu lze zlepšit zateplením obvodového pláště domu, zateplením střechy a výměnou oken. Technické parametry, které jsou kladeny na jednotlivé prvky, jsou upraveny normou ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov.

Zateplení venkovního pláště budovy je asi tím nejzásadnějším krokem. Panely, které se používaly ke konstrukci panelových domů, nesplňují současné normy tepelné ochrany budov. Dochází přes ně ke 40 % - 60 % veškerých tepelných ztrát domu. Aby zateplení domu splňovalo požadované parametry, je nezbytné splnit následující požadavky:

- spolehlivé zakotvení k podkladu
- dostatečná spolehlivost při působení vnějších vlivů

- potřebné technické vlastnosti dle vyhlášky MMR ČR č. 137/1998 Sb.
- nepropustnost vzduchu a srážek a odolnost proti dalším korozním vlivům
- stálost statických a tepelně technických parametrů po celou dobu životnosti
- estetické požadavky, možnost čištění a další.

K zateplení panelových domů se nejčastěji používají kontaktní zateplovací systémy. Kontaktní systémy nemají vlastní nosnou konstrukci a jsou přikotveny k ploše podkladu. Váha vnějších vrstev je přenesena přes vrstvu tepelného izolantu do podkladu pomocí speciální kotev. Zateplovací systémy jsou prováděny jako spojitě a po dokončení neobsahují žádné spáry. Při řešení technického návrhu je třeba řešit i atypické znaky staveb a samotné provedení zateplení se musí řídit předpisem výrobce nebo dodavatele systému a musí s ním být obeznámen projektant, dodavatel zateplení i stavební dozor. [10]

Okna jsou další problematickou částí bytových panelových domů. Způsobují 20 % - 25 % z veškerých tepelných ztrát. Pokud byla už u domu provedena rekonstrukce obvodového pláště tak mohou způsobovat až 40 % tepelných ztrát panelového domu. Proto je doporučena i jejich výměna.

Při výstavbě se do panelových domů používala zdvojená okna s masivním dřevěným rámem. Nekvalitní materiály a špatné provedení způsobovaly, že do bytů zatékalo a ve vnitřních částech oken se srážela voda, která stékala a narušovala okenní rám z vnitřní strany.

Zdvojená dřevěná okna jsou v panelových domech v současné době nahrazována okny plastovými. Plastová okna se skládají z plastových profilů, které jsou zpevněny kovovými výztuhami. Používá se v nich kombinace obyčejných skel se skly selektivními, která mají o 20 % nižší tepelnou propustnost než obyčejná skla. Skla v kombinaci s lépe těsnícími plastovými rámy propustí až o čtvrtinu méně tepla. Technické požadavky na okna jsou upraveny v zákoně č.13/1998 Sb. [10]

Další částí panelového domu, která vyžaduje opravy a zateplení, je jeho střecha. Střechy u panelových domů bývají ploché jednoplášťové. Kvůli špatným zkušenostem s tímto typem střechy se občas při rekonstrukci volí možnost nahrazení ploché střechy střechou

šíkmou. Toto stavební řešení je náročnější, vyžaduje i vyřízení stavebního povolení a v dnešní době, kdy existují i ploché střechy se stejnými vlastnostmi, by si měl majitel řádně rozmyslet jakou variantu zvolí. [8]

Společně s rekonstrukcí těchto hlavních částí panelového domu je nutné řešit modernizaci i vnitřních systémů domu. Jedná se například o větrací systém domu. Systémy použité při budování panelových domů v dnešní době už nespĺňují celou řadu norem, proto by měly být vyměněny, nebo alespoň opraveny. Zateplením panelového domu se změní jeho vnitřní podmínky a bez dobře fungujícího systému odvětrávání je možné, že začne docházet ke tvoření plísni. Proto je nutné modernizovat i větrací systémy tak, aby umožňovaly řízené větrání a těmto problémům předcházely. Domy, které byly zatepleny mají mnohem nižší tepelné ztráty a proto je nutné, aby byla vyregulována i tepelná soustava domu. Pokud k tomuto kroku nedojde, jsou byty přetápěny a jejich obyvatelé častěji větrají a k úspoře tepla opět nedochází. Nejjednodušším způsobem regulace tepelné soustavy je snížení teploty přírodní vody. To se provádí změnou nastavení topných křivek, které vyjadřují závislost teploty vody v systému na venkovní teplotě. [8]

Pokud jsou provedeny všechny kroky ke správnému zateplení domu, je možné dosáhnout snížení nákladů za vytápění o 30 % – 50 %. Z tohoto důvodu v uplynulých letech docházelo k rekonstrukcím panelových domů v tak velkém měřítku. Majitele domů motivovala možnost znatelného snížení nákladů, protože stát v rámci programu “Dotace na odstraňování vad panelové výstavby” na tyto rekonstrukce významně přispíval. Podle současných statistik prošly alespoň částečnou rekonstrukcí dvě třetiny z celkového počtu panelových domů. Rekonstrukce kromě lepšího tepelného managementu domů přinášejí i změnu celkové podoby panelových sídlišť. Díky barevným provedením fasád bytových domů začíná mizet jednotná šedivá podoba panelových sídlišť a i sídliště se stávají místy, na které je hezké pohledět. Svoji zásluhu zde mají i obce, které se snaží kultivací prostorů mezi jednotlivými domy přispívat k tomu, aby bydlení na panelových sídlištích bylo co nejpříjemnější. [11]

4. Vlastní práce

4.1. Panelový bytový dům Proutěná 418-421

4.1.1. Popis domu a jeho umístění

Dům je součástí sídliště Kateřinky nacházejícího se v městské části Praha 4 - Újezd, která je na jihovýchodním konci Prahy na okraji jednoho z největších panelových sídlišť Jižního Města. Dům je umístěn v ulici Proutěná a skládá se ze čtyř sekcí, které si mezi sebe rozdělují čísla popisná 418 - 421. Dům sídliště Kateřinky uzavírá. Na jeho východní straně se nachází Milíčovské kopce a přírodní park Botič - Milíčov. Dům leží v oblasti s poměrně dobrou občanskou vybaveností. V docházkové vzdálenosti 10 minut od domu lze nalézt 2 základní školy, 2 školky, obchod s potravinami, 2 zastávky povrchové dopravy a do 15 minut je možné dojít ke stanici metra Háje.

Byty v domě jsou orientované směrem východ - západ. Bytový dům je tvořen čtyřmi sekcemi, kde tři jsou čtyř podlažní a poslední pod číslem 421 je pouze tří podlažní. V domě je celkem 60 bytových jednotek. Třicet z nich je v konfiguraci 3+1, dvacet šest má konfiguraci 2 + kk a čtyři byty, které jsou vždy umístěné v přízemí, mají konfiguraci 2+1, a to z důvodu nutnosti vyčlenění prostoru pro vstup do jednotlivých sekcí bytového domu. Z východní strany domu jsou umístěny garáže, kterých je 24, s celkovým počtem stání pro 27 automobilů. Z téže strany je situováno venkovní nekryté stání pro dalších 20 automobilů. Na každý byt připadá jedna sklepní kóje umístěna v suterénu na západní straně domu. V suterénu domu se nachází společné prostory jako kočárkárny, prádelny nebo sklady pro uložení materiálů a nástrojů nutných k údržbě domu. V místnosti v suterénu domu 418 byla vybudována dětská herna, které v současné době slouží i jako učebna jazyků pro děti z domu a okolí.

V domě v současné době probíhají převody bytových jednotek do osobního vlastnictví. Aktuálně je převedeno třicet osm ze šedesáti bytových jednotek. Z garážových stání je převedeno jedenáct z dvaceti čtyř. V domě vzniklo společenství vlastníků v roce 2012, do obchodního rejstříku bylo zapsáno v 07/2013. Do této doby byl dům ve správě

Stavebního bytového družstva Kateřinky 875, od roku 2012 je dům spravován společností K. O. Správní, spol. s r.o.

4.1.2. Původní technické řešení domu

S výstavbou domu se začalo na začátku 90. let. Jeho kolaudace proběhla v roce 1994. Za návrhem a výstavbou domu stály Továrny strojírenské techniky, koncernová účelová organizace INPRO, která měla na starosti návrh většiny panelových domů na sídlišti Kateřinky. Jedná se o stavební soustavu montovanou z panelů VVÚ ETA. Na obvodový plášť těchto staveb se v Praze používaly panely tloušťky 240 mm, které už byly díky jejich revizi v roce 1979 pokročilejší a skládaly ze dvou vrstev železobetonu o tloušťkách 100 mm a 60 mm proložených 80 mm silnou vrstvou polystyrenu. Východní a západní fasády domu jsou složeny právě z těchto panelů a střídá se na nich kombinace okenních pásů a lodžii. Na severní straně jsou umístěny okenní pásy s okny do kuchyňského koutu a koupelny. Na jižní straně dům sousedí s kotelnou, proto zde byly okenní pásy vypuštěny. V těchto částech byly použity tzv. štítové panely o celkové tloušťce 290 mm složené z dvou vrstev železobetonu o tloušťkách 150 mm a 60 mm a z 80 mm silné mezivrstvy polystyrenu. Původní barevné řešení domu bylo červeno - šedo - oranžové.

Mimo tepelné izolace obsažené v panelech byly samostatně tepelně izolované stropy v garážích, vstupní prostory, podlahy a střecha. K izolaci byly použity polystyrenové desky o tloušťkách 100, 70 nebo 50 mm a k izolaci stěn garáží byla použita minerální plst'.

K výplni okenních otvorů byla použita dřevěná zdvojená okna s normálními skly. Na domě bylo celkem použito 268 oken a 49 balkónových dveří. Vstupní dveře byly použity kovové prosklené s nadsvětlíkem v celkovém počtu čtyř kusů.

Střecha byla řešena jako jednoplášťová. Její konstrukce však byla zesílena. Při stavbě domu byly do střechy použity izolační prvky. Jednu z vrstev střechy tvoří polystyrénové desky o šířce až 100 mm, ale izolace, kterou poskytovaly, nebyla dostatečná. Střecha byla nejslabší článkem celé konstrukce, byla to první část z celého domu, která si vyžádala významnou a nákladnou rekonstrukci. Původní řešení střechy bylo založené na nové, ne příliš odzkoušené technologii, kde svrchní krycí vrstvu tvořil materiál složený

z vulkanizované gumové drti z pneumatik. Tento materiál po čase popraskal a do domu začalo zatékat. Rekonstrukce střechy byla nutná už čtyři roky po kolaudaci domu. Byla rozdělena na dvě fáze. V první fázi byla zrekonstruována část střechy nad vchody s popisnými čísly 418 - 420. Celková cena této fáze vzrostla na částku 781 816 Kč. Druhá fáze, při které byla zrekonstruována zbylá část střechy a byly provedeny mírné úpravy původní rekonstrukce, proběhla v roce 2005. Její cena činila 382 531 Kč.

Další rekonstrukcí, která se na domě provedla, byla v roce 2008 kompletní výměna oken. Původní zdvojená okna s obyčejnými skly byla nahrazena okny novými, plastovými se selektivním sklem od společnosti Vekra. Celková cena uhrazená za rekonstrukci byla 2 086 950 Kč. Poslední rekonstrukcí domu byla oprava a zateplení fasády domu, kde problematika výběru společnosti na její opravení je řešena v následujících kapitolách. Došlo k celkovému zateplení domu a k revitalizaci jeho vzhledu. Tato rekonstrukce probíhala v období březen - červen 2014 a SBD za ní zaplatilo 6 009 395,00 Kč včetně služeb stavebního dozoru.

Do budoucna jsou plánovány rekonstrukce vnitřních prostor a také provedení termoregulace topného systému domu. Regulace topného systému domu je důležitá k tomu, aby se dalo finálně stanovit, jak vysoké úspory přinesla celková rekonstrukce. [12]

4.2. Výběrové řízení na společnost pro revitalizaci panelového domu

Na základě vnitřního výběru představitelů SBD byla vybrána skupina společností zabývající se renovacemi domu. Byla jim předána poptávka, která mimo jiné obsahovala následující požadavky na provedení rekonstrukce fasády domu a zateplení.

U rekonstrukce fasády včetně lodžii:

- Opravy spár mezi panely v místech, kde je evidováno zatékání do domu
- Opravy spár lodžii, tak aby nemohlo docházet k průsaku vody do nižších pater
- Opravy podlah lodžii
- Výměna okenních parapetů

- Opravy pláště v okolí okenních parapetů
- Výměně nebo renovaci zábradlí lodžii
- Doplnění držáků věšáků na lodžích
- Oprava a úprava soklů domu
- Životnost a barevná stálost krycích materiálů použitých na konečné nátěry

U zateplení domu:

- Celistvost zateplení s ohledem na zamezení vzniku tepelných mostů
- Návrh barevného řešení fasády tak, aby nevznikly plochy s rozdílným ohřevem s vnitřním pnutím jako potencionálním vznikem trhlin, vzniklých rozdílnou teplotou

Na poptávku odpovědělo celkem devět z jedenácti oslovených společností. Nabídky následně byly předány Ing. Josefovi Machekovi, projektovému manažerovi společnosti DECOEN, která se specializuje na vypracovávání odborných znaleckých posudků v oblasti energetického hodnocení domů.

Na základě nabídek a vlastní analýzy realizovaných projektů provedl celkové zhodnocení společností a následně doporučil nejvhodnější firmu pro provedení revitalizace bytového komplexu Proutěná 418 - 421.

Jeho posudek jednotlivých společností byl použit po konzultaci s představiteli SBD k sestavení kritérií, pro použití vícekritériální analýzy variant. Výsledek je následně v závěrečné kapitole porovnáván s jeho doporučením a rozhodnutím SBD.

4.3. Vícekriteriální analýza variant společností vhodných pro revitalizaci domu

4.3.1. Výběr kritérií

Varianty jsou posuzovány na základě kritérií, která byla zvolena tak, aby splňovala požadavky, které na provedení prací kladl jejich zadavatel, tedy stavební bytové družstvo. Kromě zhodnocení konkrétní nabídky společnosti, kritéria hodnotí situaci společnosti na trhu. Kritéria směřující na konkrétní nabídku hodnotí cenu projektu nebo naceněnou výměru zateplení domu.

Cena za nabídku (K1)

Hlavní kritérium, ve kterém je posuzována cena, kterou společnosti nabídly za provedení rekonstrukce fasády domu. Cena je zaznamenávána v českých korunách.

Reference (K2)

Hodnocení společností na základě souhrnů informací o realizovaných projektech a s nimi spojenými recenzemi, či o současné situaci ve společnosti. V nabídkách je posuzována jejich úplnost, jednoznačně udaná cena, materiály plánované na použití při stavbě a přístup k vedlejším požadavkům od SBD, jako je například úprava fasády tak, aby rorýsové, kteří zde pravidelně hnízdí, měli možnost se na svá hnízdiště vrátit. Nejlepším referencím je udána hodnota pět, těm nejhorším jedna. Kritéria stanovená na základě ekonomických výsledků nebo referencí mají za úkol určit, jak jsou společnosti spolehlivé. Zaměřují se na kvalitu práce na jiných projektech, na době, kterou se společnosti pohybují na trhu nebo na počtu zaměstnanců.

Dodržení nabídky (K3)

Poptávka obsahovala celkem 30 různých požadavků, které si SBD zvolilo. Kritérium dodržení nabídky hodnotí, kolik z nich firmy ve svých nabídkách uvádějí, že jsou schopné provést. V kritériální tabulce číslo u tohoto kritéria značí, kolika položkám je firma schopná vyhovět.

Výměra (K4)

Kritérium hodnotí společnosti na základě naceněného množství (m²) plochy plánované k zateplení. Naceněná plocha by měla reálně odpovídat ploše, na kterou bude použito zateplení. V případě, že tato výměra je malá, může dojít ke zvýšení nákladů způsobených nutností použití většího množství materiálu než bylo plánováno.

Vzdálenost společnosti od bytového domu (K5)

Společnosti, které mají své sídlo vzdálenější od místa provádění prací, by v případě technických problémů nebo nedostatku materiálu měly větší problém zajistit rychlou nápravu daného problému. Vzdálenost je zaznamenána v kilometrech.

Doba působení na trhu (K6)

Kritérium, které je hodnoceno počtem let, vychází z předpokladu, že firmy s dlouholetou tradicí mají více zkušeností v daném oboru a je více pravděpodobné, že odvedou lepší práci.

Počet stálých zaměstnanců (K7)

Předpokladem pro toto kritérium je, že stálí zaměstnanci firem mají i sbírají své pracovní zkušenosti déle a odvádí lepší práci, než zaměstnanci, kteří jsou najímáni externě. Externisté nemusí mít tolik zkušeností přímo v oboru rekonstrukce a zateplení bytových domů. V tomto kritériu bylo použito dělení do tří skupin podle Evropské komise. Kategorie č. 1 mikropodniky s 10 a méně zaměstnanci, kategorie č. 2 na malé podniky do 50 zaměstnanců a 3. kategorie na střední podniky do 250 zaměstnanců.

Obrat (K8)

Firmy s velkými obraty mají hodně zakázek. Tím pádem i hodně zkušeností a hodně spokojených klientů. U obrátů podniků byly zvoleny čtyři kategorie. První kategorie s ročním obratem do 50 tis. Kč, druhá kategorie s ročním obratem do 50 mil. Kč, třetí do 100 mil. Kč a poslední čtvrtá kategorie 100 mil. Kč. a více.

Záruka společnosti (K9)

V poslední kategorii je hodnoceno, jakou délku záruky, tedy množství měsíců, dané společnosti poskytují. Zákonem daná doba záruky na tyto služby je 18 měsíců, ale v nabídkách firem se vyskytovaly i firmy, které nabízely více jak 60-ti měsíční záruku.

Kritérií pro volbu společnosti, které provedou zateplení, lze samozřejmě určit více, ale ne všechna jsou vyhovující k použití metody váženého součtu. Proto budou nabídky společností na provedení zateplení domu posuzovány podle kritérií v následující tabulce č. 1.

4.3.2. Váhy kritérií

Váha kritérií je určena pomocí bodovací metody. Body jsou přiřazeny podle priorit, které si stanovilo bytové družstvo. Bytové družstvo si jako hlavní, tedy nejdůležitější kritérium, zvolilo cenu. Přálo si, aby cena odpovídala jejich plánu, že rekonstrukce bude financována pouze z jejich zdrojů a nebude třeba úvěru od banky. Druhé nejdůležitější bylo posouzení, zda společnosti dokáží provést všechny požadavky na rekonstrukci, včetně těch speciálních. Například zda jsou schopné provést stavební úpravy, tak aby byla zachována hnízda rořýsů umístěná na fasádě. Jako další kritérium byly zvoleny reference. Představitelé věřili, že spokojení zákazníci jsou jasným ukazatelem kvality práce firmy. Ostatní kritéria nedosáhly takové důležitosti a při konečném posuzování zástupci družstva bylo přihlíženo jen na některé z nich. V práci je však počítáno se všemi.

Tabulka 1: Přehled kritérií

Zkratka	Popis	Body	Váha kritéria
K1	Cena za nabídku (Kč)	20	0,2
K2	Reference (body)	15	0,15
K3	Dodržení položek nabídky (počet položek)	20	0,2
K4	Nacenění výměry v (m ²)	5	0,05
K5	Vzdálenost firmy (km)	5	0,05
K6	Působení na trhu (počet let)	6	0,06
K7	Počet stálých zaměstnanců (kategorie)	9	0,09
K8	Obrat firmy (kategorie)	8	0,08
K9	Záruční doba (měsíce)	12	0,12

Zdroj: *Vlastní zpracování*

4.3.3. Varianty

1) HUTNÍK STAVtrade s.r.o.

HUTNÍK STAVtrade s.r.o. je malá rodinná společnost založená v roce 2005, která se zaměřuje na výstavbu a rekonstrukci rodinných domů, zateplení fasád a střech.

Tabulka 2: HUTNIK STAVtrade s.r.o.

Kritérium	Hodnota
Cena	4 704 349
Reference	1
Dodržení položek nabídky	16
Nacenění výměry	1520
Vzdálenost firmy od Proutěné	9,3
Doba na trhu	11
Počet zaměstnanců	2
Obrat	1
Záruční doba	18

Zdroj: Vlastní zpracování

2) MIRAS - stavitelství a sanace s.r.o.

Společnost MIRAS vznikla také v roce 2005. Předmětem podnikání je provádění a odstraňování staveb, elektrofyzikální vysoušení zdiva, rekonstrukce bytových jader, výstavba obchodních center, zámečnictví, nástrojářství, klempířství a oprava karoserií.

Tabulka 3: MIRAS stavitelství a sanace s.r.o

Kritérium	Hodnota
Cena	5 436 835
Reference	2
Dodržení položek nabídky	23
Nacenění výměry	1068
Vzdálenost firmy od Proutěné	6,2
Doba na trhu	11
Počet zaměstnanců	2
Obrat	4
Záruční doba	18

Zdroj: Vlastní zpracování

3) Česká všeobecná stavební, spol. s r.o.

Tato stavební společnost vznikla již v roce 1993. Jedna z nejdůležitějších činností firmy je výstavba novostaveb na klíč pro individuální stavebníky i developerské společnosti. Dále se zabývá rekonstrukcemi historických budov, zateplením domů. Nabízí individuální přístup, široké zaměření služeb, dlouholeté zkušenosti a kvalitu používaných technologií.

Tabulka 4: Česká všeobecná stavební, spol. s r.o.

Kritérium	Hodnota
Cena	5 917 974
Reference	4
Dodržení položek nabídky	30
Nacenění výměry	1953
Vzdálenost firmy od Proutěné	13,3
Doba na trhu	23
Počet zaměstnanců	2
Obrat	3
Záruční doba	63

Zdroj: Vlastní zpracování

4) FASPRO s.r.o.

Hlavní náplní této společnosti, založené v roce 2006 se sídlem v Českých Budějovicích, je kompletní revitalizace panelových domů. Poradí si také s rekonstrukcí střech, s rekonstrukcí historických fasád a se sanací panelových domů.

Tabulka 5: FASPRO s.r.o.

Kritérium	Hodnota
Cena	5 927 053
Reference	2
Dodržení položek nabídky	30
Nacenění výměry	1966
Vzdálenost firmy od Proutěné	141
Doba na trhu	10
Počet zaměstnanců	2
Obrat	3
Záruční doba	120

Zdroj: Vlastní zpracování

5) BOBISTAV s.r.o.

Společnost BOBISTAV s.r.o. se na trhu pohybuje už více jak 15 let. Produkty, které tato firma nabízí, jsou především výstavba bytových jednotek, stavba řadových domů, realizace projektů novostaveb, zpracování projektové dokumentace, regenerace a zateplování budov.

Tabulka 6: BOBISTAV s.r.o.

Kritérium	Hodnota
Cena	5 992 121
Reference	3
Dodržení položek nabídky	25
Nacenění výměry	1725
Vzdálenost firmy od Proutěné	8
Doba na trhu	15
Počet zaměstnanců	2
Obrat	3
Záruční doba	18

Zdroj: Vlastní zpracování

6) HERAIN (ing. Ilja Herain)

Česká soukromá stavební firma se úzce specializuje na rekonstrukce panelových domů. Ing. Ilja Herain tuto společnost založil v roce 1994 a osobně ji řídí a organizuje. Pracovníci, kteří v této firmě pracují, jsou kvalifikovaní a pravidelně proškolení.

Tabulka 7: HERAIN (ing. Ilja Herain)

Kritérium	Hodnota
Cena	6 108 000
Reference	2,5
Dodržení položek nabídky	25
Nacenění výměry	1797
Vzdálenost firmy od Proutěné	19,9
Doba na trhu	22
Počet zaměstnanců	1
Obrat	2
Záruční doba	84

Zdroj: Vlastní zpracování

7) KASTEN spol s r.o.

Společnost, založená v roce 1995, nabízí komplexní činnost v oboru pozemní stavby. Staví i rekonstruuje stavby průmyslové, bytové i občanské. Zaměřují se především na revitalizaci panelových domů, a to především na opravy obvodových pláštů.

Tabulka 8: KASTEN spol. s r.o.

Kritérium	Hodnota
Cena	6 368 634
Reference	3
Dodržení položek nabídky	28
Nacenění výměry	1812
Vzdálenost firmy od Proutěné	36,7
Doba na trhu	21
Počet zaměstnanců	3
Obrat	4
Záruční doba	60

Zdroj: Vlastní zpracování

8) KP - Keramika, s.r.o.

Společnost KP - Keramika, s.r.o. vznikla osamostatněním stavební divize společnosti Keramika-Poker s.r.o. v roce 2010. Stavební firma nabízí statické posouzení, realizaci objektů občanské vybavenosti, průkazy energetické náročnosti budov a vyřizování dotačních programů zaměřených na úspory.

Tabulka 9: KP - Keramika, s.r.o.

Kritérium	Hodnota
Cena	6 478 263
Reference	4
Dodržení položek nabídky	25
Nacenění výměry	2269
Vzdálenost firmy od Proutěné	3,8
Doba na trhu	6
Počet zaměstnanců	1
Obrat	1
Záruční doba	72

Zdroj: Vlastní zpracování

9) KORSYS s.r.o.

V roce 2003 vznikla společnost KORSYS s.r.o., která se zaměřuje na provádění staveb, jejich změn a odstraňování, na truhlářství a podlahářství.

Tabulka 10: KORSYS s.r.o.

Kritérium	Hodnota
Cena	6 684 547
Reference	3
Dodržení položek nabídky	26
Nacenění výměry	2083
Vzdálenost firmy od Proutěné	6,8
Doba na trhu	13
Počet zaměstnanců	1
Obrat	2
Záruční doba	60

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3.4. Aplikace metody váženého součtu

Po zpracování tabulek variant je možné přistoupit ke zpracování metody váženého součtu. Dalším krokem je sestavení tabulky, která v řádcích obsahuje jednotlivé varianty a ve sloupcích jsou uvedena kritéria s jejich povahou, zda se jedná o kritéria maximalizační nebo minimalizační. Takto sestavená tabulka č. 11 se nazývá výchozí kriteriální matice.

Tabulka 11: Výchozí kriteriální matice

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
	MIN	MAX	MAX	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX
V1	4 704 349	1	16	1520	9,3	11	2	1	18
V2	5 436 835	2	23	1068	6,2	11	2	4	18
V3	5 917 974	4	30	1953	13,3	23	2	3	63
V4	5 927 053	2	30	1966	141	10	2	3	120
V5	5 992 121	3	25	1725	8	15	2	3	18
V6	6 108 000	2,5	25	1797	19,9	22	1	2	84
V7	6 368 634	3	28	1812	36,7	21	3	4	60
V8	6 478 263	4	25	2269	3,8	6	1	1	72
V9	6 684 547	3	26	2083	6,8	13	1	2	60

Zdroj: Vlastní zpracování

Po sestavení výchozí vícekriteriální matice, jsou porovnány jednotlivé varianty tak, aby se zjistilo, zda některá z nich není dominovaná. Z tabulky je patrné, že žádnou dominovanou variantu neobsahuje a proto je možné přistoupit k dalšímu kroku, k převedení všech kritérií na maximalizační. Metodu váženého součtu lze použít jak pro maximalizační, tak i minimalizační kritéria. V tomto případě hledáme variantu, která přinese maximální užitek, proto se veškerá kritéria převedou na maximalizační.

Tabulka 12: Kriteriaální matice se sjednocenými povahami kritérií

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
V1	1 980 198	1	16	1520	131,7	11	2	1	18
V2	1 247 712	2	23	1068	134,8	11	2	4	18
V3	766 573	4	30	1953	127,7	23	2	3	63
V4	757 494	2	30	1966	0	10	2	3	120
V5	692 426	3	25	1725	133	15	2	3	18
V6	576 547	2,5	25	1797	121,1	22	1	2	84
V7	315 913	3	28	1812	104,3	21	3	4	60
V8	206 284	4	25	2269	137,2	6	1	1	72
V9	0	3	26	2083	134,2	13	1	2	60

Zdroj: Vlastní zpracování

Z takto vytvořené matice je možné určit ideální a bazální variantu. Tyto varianty popisují extrémní hodnoty. Ideální (H_j) popisuje hypotetickou variantu, která ve všech kritériích dosahuje nejlepších hodnot. Oproti tomu bazální varianta (D_j) určuje tu možnost, která veškerá kritéria splňuje nejhůře.

Tabulka 13: Ideální a bazální varianta

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
H_j	1 980 198	5	30	2269	137,2	23	3	4	120
D_j	0	1	16	1068	0	6	1	1	18

Zdroj: Vlastní zpracování

Použitím vzorce č. 11 uvedeného v kapitole 3.3.4 se hodnoty výchozí vícekriteriální matice převedou na hodnoty standartizované a může být vytvořena standartizovaná kriteriaální matice. Hodnoty ve standartizované matici se musí nacházet v intervalu mezi $\langle 0,1 \rangle$.

Tabulka 14: Standardizovaná kritériální matice

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
V1	1,0000	0,0000	0,0000	0,3764	0,9599	0,2941	0,5000	0,0000	0,0000
V2	0,6301	0,2500	0,5000	0,0000	0,9825	0,2941	0,5000	1,0000	0,0000
V3	0,3871	0,7500	1,0000	0,7369	0,9308	1,0000	0,5000	0,6667	0,4412
V4	0,3825	0,2500	1,0000	0,7477	0,0000	0,2353	0,5000	0,6667	1,0000
V5	0,3497	0,5000	0,6429	0,5470	0,9694	0,5294	0,5000	0,6667	0,0000
V6	0,2912	0,3750	0,6429	0,6070	0,8827	0,9412	0,0000	0,3333	0,6471
V7	0,1595	0,5000	0,8571	0,6195	0,7602	0,8824	1,0000	1,0000	0,4118
V8	0,1042	0,7500	0,6429	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5294
V9	0,0000	0,5000	0,7143	0,8451	0,9781	0,4118	0,0000	0,3333	0,4118

Zdroj: Vlastní zpracování

Pronásobením hodnot standartizované matice s váhami kritérií je získána dílčí hodnota užítku variant pro jednotlivá kritéria. Vznikne matice dílčích užítků variant za jednotlivá kritéria.

Tabulka 15: Matice dílčích užítků variant pro jednotlivá kritéria

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
V1	0,2000	0,0000	0,0000	0,0188	0,0480	0,0176	0,0450	0,0000	0,0000
V2	0,1260	0,0375	0,1000	0,0000	0,0491	0,0176	0,0450	0,0800	0,0000
V3	0,0774	0,1125	0,2000	0,0368	0,0465	0,0600	0,0450	0,0533	0,0529
V4	0,0765	0,0375	0,2000	0,0374	0,0000	0,0141	0,0450	0,0533	0,1200
V5	0,0699	0,0750	0,1286	0,0274	0,0485	0,0318	0,0450	0,0533	0,0000
V6	0,0582	0,0563	0,1286	0,0303	0,0441	0,0565	0,0000	0,0267	0,0776
V6	0,0319	0,0750	0,1714	0,0310	0,0380	0,0529	0,0900	0,0800	0,0494
V8	0,0208	0,1125	0,1286	0,0500	0,0500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0635
V9	0,0000	0,0750	0,1429	0,0423	0,0489	0,0247	0,0000	0,0267	0,0494

Zdroj: Vlastní zpracování

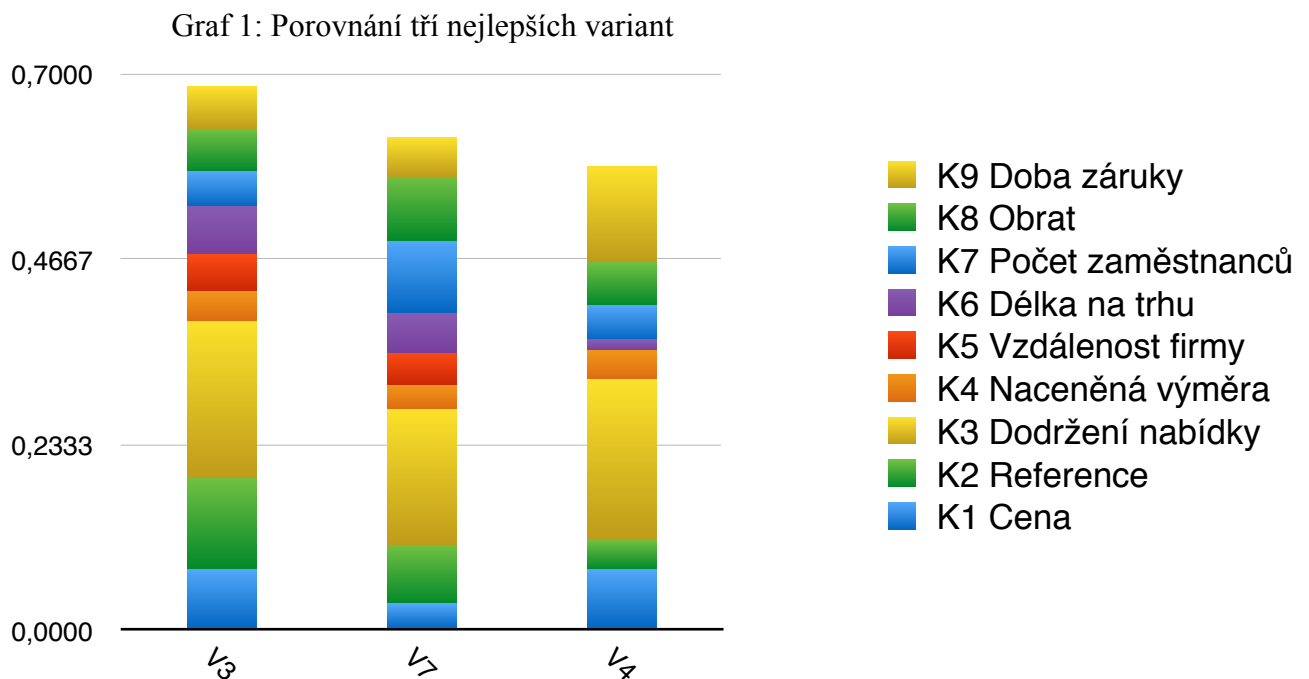
Výsledná matice ukazuje, jaké jsou dílčí užítky z jednotlivých variant. Matice dílčích užítků pro jednotlivé varianty musí obsahovat vždy hodnoty z intervalu $<0;1>$. Jestliže se hodnota blíží k nule, hodnota užítku se blíží bazální variantě a jestliže 1, hodnota

se blíží k variantě ideální. Součtem hodnot kritérií jednotlivých variant se stanoví celkový užitek dané varianty. Jednotlivé varianty jsou srovnány podle velikosti celkových hodnot užítka a tím je určeno pořadí variant a je možné postoupit k závěrečnému zhodnocení všech variant. Konečné pořadí je zobrazeno v následující tabulce č. 16. Graf č. 1 ukazuje nejhodnější tři varianty s porovnanými hodnotami všech kritérií.

Tabulka 16: Pořadí variant podle hodnoty užítka

Varianta		Hodnota užítka	Pořadí variant
V3	Česká všeobecná stavební, spol s.r.o.	0,6846	1
V7	KASTEN spol. s.r.o.	0,6197	2
V4	FASPRO s.r.o.	0,5838	3
V5	BOBISTAV s.r.o.	0,4794	4
V2	MIRAS stavitelství a sanace s.r.o.	0,4553	5
V6	HERAIN (ing. Ilja Herain)	0,4783	6
V8	KP - Keramika, s.r.o.	0,4254	7
V9	KORSYS s.r.o.	0,4098	8
V1	HUTNÍK STAVtrade s.r.o.	0,3295	9

Zdroj: Vlastní zpracování



Zdroj: Vlastní zpracování

Nejvhodnější variantou byla ohodnocena společnost Česká všeobecná stavební spol. s r.o., která dosáhla hodnoty užítku 0,6846 a stala se variantou kompromisní. Splňuje nejlépe kritéria, která byla na začátku testování stanovena. Tuto společnost i znalec zařadil mezi doporučené varianty. Společnost Česká všeobecná stavební, spol. s r.o. byla nakonec vyhodnocena jako nejlepší řešení i SBD a v roce 2014 provedla rekonstrukci fasády panelového bytového domu Proutěná 418 - 421.

5. Výsledky a diskuse

5.1. Nejlépe hodnocené varianty

5.1.1. Nejlepší varianta dle metody váženého součtu

V závěrečné tabulce je u každého kritéria **zeleně** vyznačena nejlepší hodnota, **modře** druhá nejlepší hodnota a **žlutě** třetí nejlepší je vyznačena **žlutě**.

Tabulka 17: Zvýraznění tří nejlepších hodnot u každé varianty

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX
V1	0,2000	0,0000	0,0000	0,0188	0,0480	0,0176	0,0450	0,0000	0,0000
V2	0,1260	0,0375	0,1000	0,0000	0,0491	0,0176	0,0450	0,0800	0,0000
V3	0,0774	0,1125	0,2000	0,0368	0,0465	0,0600	0,0450	0,0533	0,0529
V4	0,0765	0,0375	0,2000	0,0374	0,0000	0,0141	0,0450	0,0533	0,1200
V5	0,0699	0,0750	0,1286	0,0274	0,0485	0,0318	0,0450	0,0533	0,0000
V6	0,0582	0,0563	0,1286	0,0303	0,0441	0,0565	0,0000	0,0267	0,0776
V7	0,0319	0,0750	0,1714	0,0310	0,0380	0,0529	0,0900	0,0800	0,0494
V8	0,0208	0,1125	0,1286	0,0500	0,0500	0,0000	0,0000	0,0000	0,0635
V9	0,0000	0,0750	0,1429	0,0423	0,0489	0,0247	0,0000	0,0267	0,0494

Zdroj: Vlastní zpracování

Společnost Česká všeobecná stavební spol. s r.o. je nejlepší variantou na základě výše provedené vícekritériální analýzy variant pomocí metody váženého součtu. Jak je vidět v tabulce č. 17, z celkového počtu devíti kritérií byla Česká všeobecná stavební společnost hodnocena nejlépe ve třech kritériích, a to v počtu splněných požadavků, které mělo SBD Kateřinky 875 a které ve své nabídce zohledňovala, dále v referencích a v době na trhu. První dvě zmiňované byly posuzovány jako kritéria s vysokými váhami. U kritéria počet zaměstnanců a obrat měla společnost druhé nejlepší hodnocení. V celkově nejdůležitějším faktoru, kterým je cena, společnost podala 3. nejlepší nabídku.

Společnost FASPRO s.r.o., která byla doporučena znalcem se ve vícekritériální analýze projevila až jako třetí nejlepší možnost. Nejvíce ztratila na referencích. Je třeba však podotknout, že v době, kdy společnosti posuzoval znalec nebyly známy skutečnosti, které byly použity při hodnocení kritérií při zpracovávání této práce.

5.1.2. Nejlepší varianta dle znaleckého posudku

Znalec ve svém posudku jako nejlepší variantu vybral společnost FASPRO s.r.o. Společnost podle něj ve své nabídce splnila všechny požadavky na předepsané technologie a zateplovací systémy. Doporučil ji na základě osobních prohlídek firmou realizovaných staveb. Zkoumal i její reference na internetu, její zkušenosti a zázemí. Pro realizování dané zakázky zhodnotil FASPRO s.r.o. jako adekvátní. Dle znalce posudku se cenová nabídka jeví jako odpovídající k množství poptávané práce.

Znalec na druhé místo zařadil společnost Česká všeobecná stavební spol. s r.o., která vyšla nejlépe z metody váženého součtu. Znalec u společnosti kladně hodnotil, že společnost také dodržuje veškeré předepsané technologie a zateplovací systémy. I reference, které na firmu získal, byly kladné. Znalec negativně u této společnosti hodnotil, že jejich cena by nemusela být konečná, jelikož v cenové nabídce měli několik položek, u kterých udávali, že jejich cena je předběžná.

5.2. Výsledný zhotovitel

Výběrové řízení na provedení renovace domu vyhrála společnost Česká všeobecná stavební, spol. s r.o. Stejná společnost, která vyšla z vícekritériální analýzy variant jako nejlepší možnost. Představitelům SBD Kateřinky 875 ukázala ochotu vyjít vstříc s plánováním celé realizace. Byla ochotná řešit i nejmenší detaily jako bylo barevné sladění větracích průduchů s okolní omítkou a zaručila se, že na stavbě budou pracovat jen skupiny zaměstnanců, které mají již vyzkoušené. Společnost byla ochotná poskytnout slevu ze své cenové nabídky, tak aby vyrovnala lepší ceny ostatních společností.

Společnost FASPRO s.r.o., která byla doporučena znalcem, byla i zprvu vybrána, aby realizovala renovaci domu. Těsně před popisem smlouvy se objevily nové recenze

společnosti, které byly negativní. Po bližším zkoumání bylo zjištěno, že firmu opustila osoba zodpovědná za kontrolu kvality a tím klesla i kvalita prováděných prací společnosti. Proto byl podpis smlouvy odvolán a začalo jednání právě se společností Česká všeobecná stavební, spol. s r.o.

Společnost Česká všeobecná stavební, spol. s r.o. zahájila stavbu na začátku března 2014. Celý proces zateplení trval tři měsíce a rekonstrukce domu byla dokončena v polovině června roku 2014. Po celou dobu byla stavba pravidelně 3x týdně kontrolována stavebním dozorem. Díky správně zvolené firmě a pravidelnému doзору se rekonstrukce vydařila. Fasáda domu byla řádně zateplena. Díky promyšlenému návrhu revitalizace dům získal zcela nový vzhled (viz. příloha č. 1). Pomohla tomu výměna zábradlí na lodžích nebo zarovnání původních betonových bloků, tvořící zábradlí lodžii v přízemí, do úrovně fasády. Celková rekonstrukce se podařila, byly odstraněny veškeré problémy a očekávaná životnost nové zateplené fasády je dalších 30 - 40 let.

6. Závěr

Panelová sídliště jsou nedílnou součástí českých měst. Za poslední roky prochází proměnou a z původně šedých nevýrazných uskupení domů se stávají místa, ve kterých je hezké žít. Tato změna je způsobena postupnou revitalizací jak samotných domů, tak i veřejných prostranství a pomáhá ukazovat přívětivější tvář panelových sídlišť. Revitalizace panelových domů se neprovádí jen z estetických důvodů, ale především proto, aby byly odstraněny nedostatky, se kterými panelové bytové domy byly postaveny a které se na domech vyskytly postupem času. Na trhu působí celá řada společností, které nabízejí řešení revitalizací panelových domů a vybrat si mezi nimi není snadné.

Má práce se zaměřuje na vyhledání nejlepší varianty pro bytový dům Proutěná 418 - 421. V práci je řešena vícekriteriální analýza variant (metoda váženého součtu), která určuje Českou všeobecnou stavební, spol. s r.o. jako nejvhodnější pro provedení rekonstrukce na základě zvolených kritérií.

Výsledek vícekriteriální analýzy variant se shoduje i s výsledky, které určil odborník. O úspěšnosti provedení analýzy vypovídá i to, že Česká všeobecná stavební spol. s r.o., která byla kompromisním řešením analýzy, se stala i výsledným zhotovitelem projektu.

7. Seznam použitých zdrojů

- [1] JABLONSKÝ, Josef, 2007. *Operační analýza*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing. 324s. ISBN 80-8694-644-3
- [2] DOUBRAVOVÁ, Hana. *Vícekritériální analýza variant a její aplikace v praxi*. České Budějovice, 2008. Diplomová práce (Ing.). Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, Ekonomická fakulta, Katedra aplikované matematiky a informatiky, 2008-02-28.
- [3] ŠUBRT, Tomáš a kolektiv, 2011. *Ekonomicko - matematické metody*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství nakladatelství Aleš Čeněk. 351s. ISBN 978-80-7380-345-2
- [4] BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan, ŠUBRT, Tomáš, 2014. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. 1. vyd., 2. dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita. 178s. ISBN 80-213-1019-3
- [5] BROŽOVÁ, Helena, HOUŠKA, Milan, 2008. *Základní metody operační analýzy*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita. 250s. ISBN 80-213-0951-7
- [6] iDnes.cz. *Bydlení* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z: http://bydleni.idnes.cz/bydleni-v-panelaku-0n2-/panelakovy-byt.aspx?c=A150705_144411_stavba_web
- [7] Česká Televize. *ČT 24* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/ekonomika/1042299-bydleni-v-panelaku-levny-trend-ktery-neztraci-na-oblibe>
- [8] DRÁPALOVÁ, Jana, 2006. *Regenerace panelových domů*. 1. vyd. Brno: Vydavatelství ERA. 142s. ISBN 80-7366-054-7

- [9] iDnes.cz. *Zprávy* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/pred-35-lety-se-na-prazske-jizni-mesto-pristehovali-prvni-lide-ptw-/domaci.aspx?c=A110913_1650969_praha-zpravy_ab
- [10] ŘEHOŘ, Ivan a kolektiv, 2001. *Sanace obvodových plášťů panelových bytových domů*. 1. vyd. Prah: SČMBD. 144s. ISBN 80-86426-04-1
- [11] Dotace, Financování. *Výhody zateplení panelového domu* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z: http://www.dotace-domy.cz/vyhody_zatepleni_domu.html
- [12] ING. MATĚJČKOVÁ, ING. ROKOSOVÁ a ING. SOKOLÍK. *Prováděcí projekt - stavba 2: Objekt 202 - architektonicko - stavební řešení Technická zpráva*. Továrny strojírenské techniky koncernová účelová organizace INPRO, Rostovská 25, Praha 10, 1990

Další použité zdroje:

BOBISTAV, s.r.o. *Regenerace a zateplování budov* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z: <http://www.bobistav.cz>

CVS. *Kvalitní zateplování budov a pozemní stavby* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z: <http://www.cvs.cz>

ČERVENKA, Leoš, 2008. *Obvodové konstrukce panelových budov*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s. 144s. ISBN 80-247-1762-3

Evropská Databanka. *Katalog firem* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z: <http://www.edb.cz/katalog-firem/>

Faspro. *Fasády - dodávky staveb* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z: <http://www.faspro.cz>

HERAIN.cz. *Revitalizace panelových domů* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z:
<http://www.herain.cz>

Justice.cz. *Veřejný rejstřík a Sběrka listin* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z:
[https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-\\$firma](https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-$firma)

KASTEN. *Nejen stavební společnost* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z:
<http://www.kasten.cz>

KORSYS S.R.O. *Kompletní realizace staveb* [online] [2016-02-26]. Dostupné z:
<http://www.korsys.cz>

KP Keramika spol s r.o. *Stavební společnost* [online]. [2016-02-26]. Dostupné z:
<http://kpkeramika.cz>

ŠUBRT, Tomáš, BROŽOVÁ, Helena, DÖMEOVÁ, Ludmila, KUČERA, Petr, 2005.
Ekonomicko matematické metody II Aplikace a cvičení. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská
univerzita. 148. ISBN 80-213-0721-8

Technické zařízení budov. *Zateplování panelových domů* [online]. [2016-02-26]. Dostupné
z: [http://stavba.tzb-info.cz/regenerace-domu/6801-zateplovani-panelovych-domu-
technologicke-limity](http://stavba.tzb-info.cz/regenerace-domu/6801-zateplovani-panelovych-domu-technologicke-limity)

8. Přílohy

Příloha č.1

Fotografická dokumentace před a po rekonstrukci.



Obr. č. 2: Pohled západní - z ulice Proutěná před rekonstrukcí

(Zdroj: SBD Kateřinky 875)



Obr. č. 3: Pohled západní - z ulice Proutěná po rekonstrukci

(Zdroj: Vlastní zpracování)



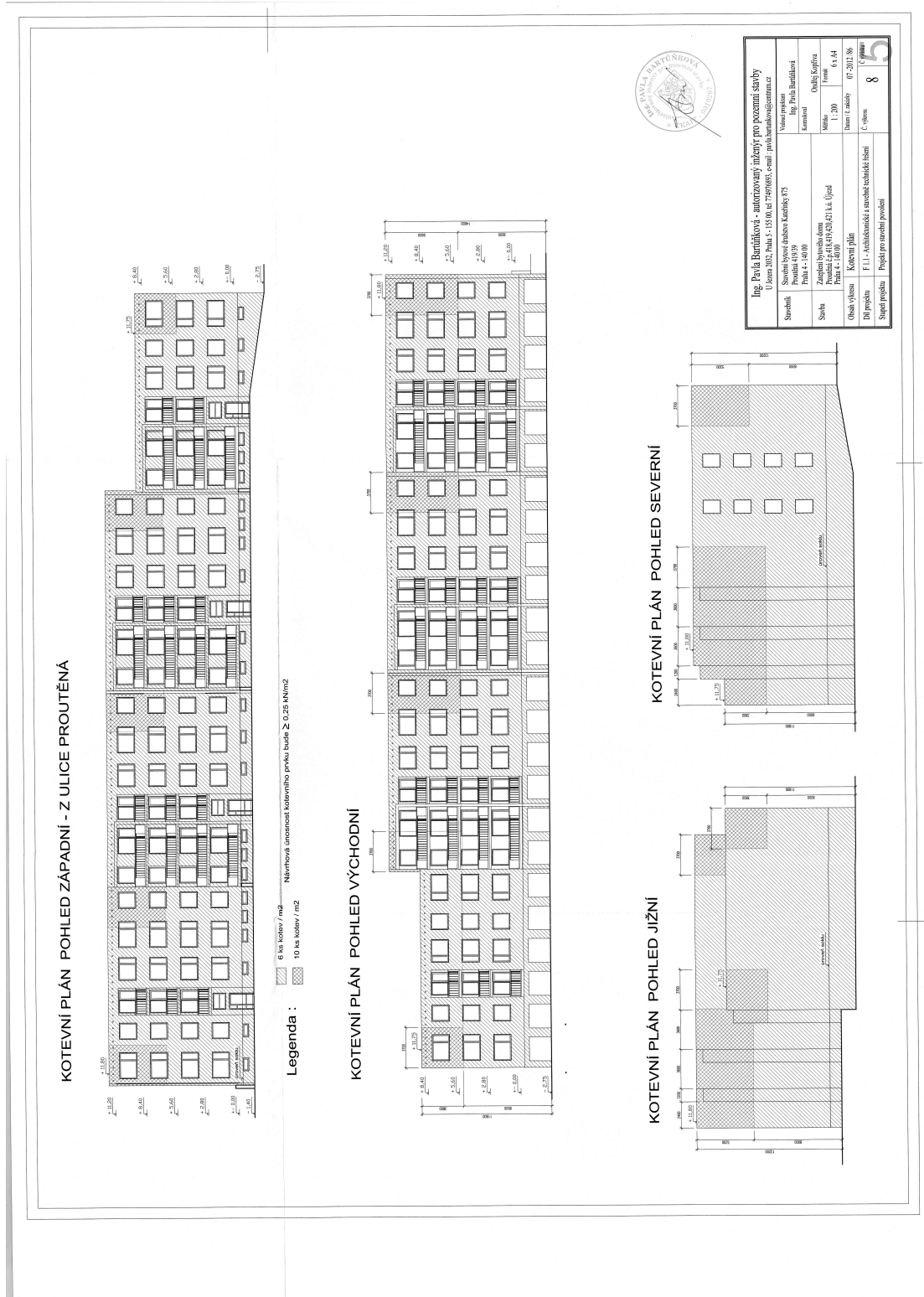
Obr. č. 4: Pohled východní před rekonstrukcí
(Zdroj: SBD Kateřinky 875)



Obr. č. 5: Pohled východní po rekonstrukci
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Příloha č. 2

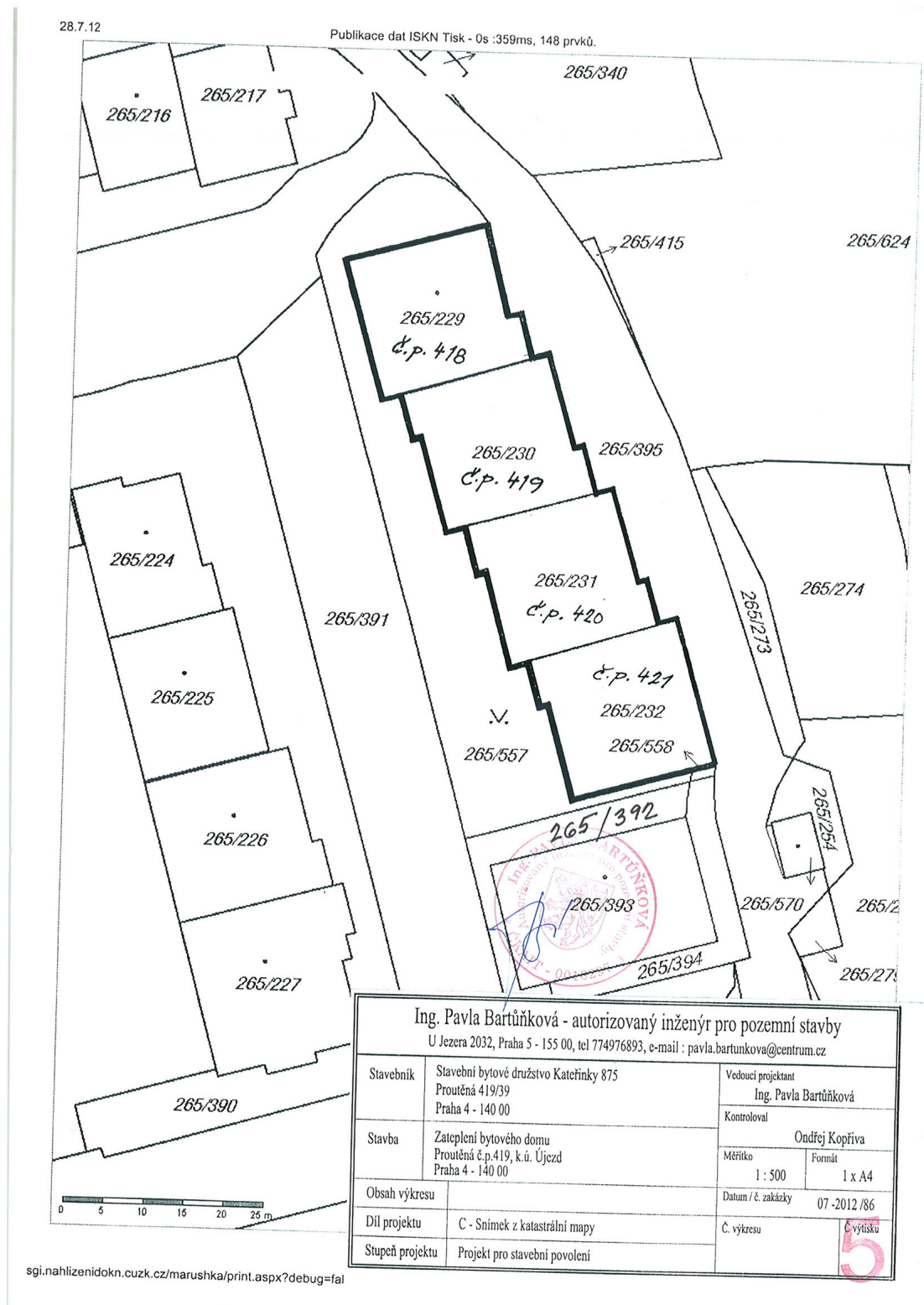
Kotevní plán panelového bytového domu Proutěná 418 - 421.



Zdroj: SBD Kateřinky 875

Příloha č. 3

Mapa katastru nemovitostí.



Zdroj: SBD Kateřinky 875