

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Vícekritériální rozhodování při výběru LED osvětlení

Filip Karlík

© 2015 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Filip Karlík

Provoz a ekonomika

Název práce

Vícekriteriální rozhodování při výběru LED osvětlení

Název anglicky

Multiple criteria decision making in choice of LED lightening

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je aplikace vybraných základních metod vícekriteriální analýzy variant. Praktický příklad představuje sestavení návrhu modernizace osvětlení v prostoru haly logistické společnosti na území České republiky. Spolu s oslovenou společností bude cílem i zahrnutí možných alternativ z portálu www.heureka.cz.

Metodika

První část je zpracována z poznatků studia odborné literatury. Následuje utřídění a seskupení informací do kapitol podle jejich návaznosti.

V praktické části bude řešen požadavek na sestavení nabídky oslovenou společností tak, aby vyhověla požadavkům norem a zároveň byla aplikovatelná do prostředí svými technickými parametry. Výběr kritérií bude konzultován s expertem, který následně stanoví preference požadavků metodou Fullerova trojúhelníku. Rozšíření variant proběhne vyhledáním všech dostupných výrobků na portálu www.heureka.cz splňující předem stanovené aspirační úrovně stanovené zmíněným expertem. Volba kompromisní varianty bude vycházet z postupu aplikace metod uvedených v literární rešerši.

Doporučený rozsah práce

30-40 stran

Klíčová slova

Vícekriteriální rozhodování, Metody rozhodování, Kritérium, Varianta, LED panely

Doporučené zdroje informací

DĚDINA, J. – FOTR, J. – HRŮZOVÁ, H. *Manažerské rozhodování*. Praha: Ekopress, 2003. ISBN 80-86119-69-6.

FOTR, J. *Manažerské rozhodování : postupy, metody a nástroje*. Praha: Ekopress, 2006. ISBN 80-86929-15-9.

GROS, I. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0421-8.

HRŮZOVÁ, H. – DĚDINA, J. *Manažerské rozhodování*. Praha: Ekopress, 2000. ISBN 80-86119-20-3.

JABLONSKÝ, J. – MAŇAS, M. – FIALA, P. *Vícekriteriální rozhodování : Určeno pro stud. všech fakult VŠE Praha*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-748-7.

ŠUBRT, T. – HOUŠKA, M. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2009. ISBN 978-80-213-1019-3.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 ZS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Ludmila Dömeová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2015

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2015

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vícekritériální rozhodování při výběru LED osvětlení" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 18.11.2015

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Ludmile Dömeové, CSc., za odborné vedení a nastínění vize jak zpracovat bakalářskou práci.

Další poděkování adresuji provoznímu řediteli ISC Communication Czech, a. s. Ing. Zdeňku Kopalovi za ochotné poskytnutí podkladů pro zpracování praktické části a za zájem projevený při aplikaci modelů vícekriteriální analýzy do praxe.

Vícekriteriální rozhodování při výběru LED osvětlení

Multiple criteria decision making in choose of LED lighting

Souhrn

Bakalářská práce je skládá ze dvou částí. Teoretické část je založena na literární rešerši. Jsou zde popsány základní pojmy z vícekriteriální analýzy variant. Dále je popsána problematika určování vah kritérií a metod výběru kompromisní varianty. V praktické části se řeší reálný problém, na kterém je demonstrována aplikace metod.

Sestavení návrhu modelu osvětlení pro kompletní výměnu v hale je předmětem řešení, jsou proto stanovena kritéria a nalezeny alternativy. Popis základních parametrů rozsáhlého souboru vede k aplikaci vhodných metod. Za pomoci metod vícekriteriální analýzy variant je v závěru řešení vybrána kompromisní varianta, která je prezentována zpracovateli návrhu výměny osvětlení.

Klíčová slova: Vícekriteriální rozhodování, Metody rozhodování, Kritérium, Varianta, LED panely

Vícekriteriální rozhodování při výběru LED osvětlení

Multiple criteria decision making in choose of LED lighting

Summary

This bachelor thesis consists of two parts. In the theoretical part a literary research is included. There are described ideas of the multiple criteria analysis of variations. There are outlined the basic problems to specify validity of the criteria and methods of the solution to create a model of multiple criterial decision.

In the practical part there is specific problems solved, when applications of methods are demonstrated. The main task of solution is to accomplish a project of a modulus lightning for complete exchange an illumination in the hall. Therefore there are determined and found out alternatives. A description of the basic parameters of this vast set leads to an application of the effective and proper (convenient) methods.

Finally, with the help of multiple criterial analysis of variationsis, a compromise vartiation, which is presented by compilers of the project for an exchange of the lightning, is chosen.

Keywords: Multiple criteria decision making, Decision method, Criteria, Variation, Led panels

Obsah

Seznam obrázků.....	10
Seznam tabulek.....	10
1 Úvod.....	11
2 Cíl a metodika.....	12
2.1 Cíl.....	12
2.2 Metodika.....	12
3 Přehled řešené problematiky.....	13
3.1 Rozhodování a rozhodovací proces.....	13
3.1.1 Rozhodování.....	13
3.1.2 Manažerské rozhodování.....	13
3.1.3 Rozhodovací proces.....	13
3.1.4 Rozdělení procesů rozhodování.....	14
3.2 Možnosti řešení rozhodovacích modelů.....	15
3.2.1 Volba dominantní alternativy.....	15
3.2.2 Volba nejvýhodnější alternativy:.....	15
3.2.3 Volba alternativy rozhodnutí podle nejvyššího užitku:.....	15
3.2.4 Paretovská varianta.....	16
3.2.5 Ideální a bazální varianta.....	16
3.2.6 Kompromisní varianta.....	16
3.2.7 Grafické znázornění variant.....	16
3.2.8 Klasifikace úloh vícekriteriální analýzy variant.....	17
3.3 Metody odhadu vah kritérií.....	18
3.3.1 Metoda pořadí.....	18
3.3.2 Bodovací metoda.....	18
3.3.3 Metoda párového srovnání.....	18
3.3.4 Saatyho metoda.....	19
3.4 Metody výběru kompromisních variant.....	19
3.4.1 Metody bez přiřazených kritérií.....	19
3.5 Metody s aspiračními úrovněmi.....	19
3.5.1 Konjunktivní a disjunktivní metoda.....	19
3.5.2 PRIAM metoda.....	20
3.6 Metody s ordinální informací.....	20
3.6.1 Lexikografická metoda.....	20

3.6.2	Permutační metoda	20
3.6.3	Metoda ORESTE	20
3.7	Metody s kardinální informací	20
3.7.1	Metoda funkce užitku	20
3.7.2	Metoda váženého součtu- WSA	21
3.7.3	Metoda AHP	21
3.7.4	Metoda TOPSIS	21
4	Vlastní zpracování	23
4.1	Cíl rozhodování	23
4.1.1	Představení firmy ISC	23
4.1.2	Popis produktu	25
4.1.3	Logistická firma	26
4.2	Definice kritérií	26
4.2.1	Normy	27
4.2.2	Dispozice prvků a zařízení	28
4.2.3	Popis kritérií	30
4.3	Rozbor variant	31
4.3.1	Popis variant včetně kritériální matice	32
4.4	Volba metody	34
4.5	Váhy kritérií	35
4.5.1	Vypočet vah kritérií	35
4.6	Předvýběr	36
4.6.1	Eliminace	36
4.7	Výběr varianty	37
4.8	Rozbor výsledku	38
5	Závěr	40
6	Seznam použitých literárních zdrojů	41
7	Seznam použitých elektronických zdrojů	42
8	Přílohy	43

Seznam obrázků

Obrázek 1 schéma vybraných faktorů	28
Obrázek 2 rozvržení a počet modulů	28
Obrázek 3 Izoluxy.....	28
Obrázek 4 Osvětlovací těleso	29
Obrázek 5 Intenzita osvětlení	29

Seznam tabulek

Tabulka 1 Seznam variant z heureka.cz.....	33
Tabulka 2 Výběr firemního experta.....	34
Tabulka 3 Označení pomocí párového srovnání	35
Tabulka 4 Hodnoty vah.....	36
Tabulka 5 Aspirační úrovně.....	36
Tabulka 6 Doplnkové parametry.....	37
Tabulka 7 Kriteriaální matice 1.....	38
Tabulka 8 Kriteriaální matice 2.....	38

1 Úvod

Každý z nás se dostává do situace, kdy je ve fázi rozhodování a to tak často, že si to ani neuvědomíme. Jde i o ty nejméně závažné okamžiky, v nichž je možné modelovat problém s rozdílným řešením. Vážnější problémy vyžadují nejen čas pro rozbor, nejen zamyšlení se nad situací ale i důkladnější analýzu. Příklad rozhodování se liší dle toho, komu o řešení jde a toho, kdo do něj zasahuje. Nelze-li vhodnější řešení užít, i tak lze říct, jestli je řešení přípustné. Protože druhá varianta může být velmi dobrá, i když stále nebude nejlepší.

Simulace situace je vhodná pouze jako zjednodušení reality a pro zpřehlednění rozboru. Přes všechny snahy o maximální zachování všech faktorů se nevyhneme v rámci modelace omezení počtu proměnných. Nevýhoda překvapivě je usnadněním pro řešitele, neboť rostoucí množství variant a kritérií vytváří obtížně řešitelné úlohy. Pro výsledek obtížných úloh je zapotřebí specializovaných programů a výpočetní techniky. V krajních případech jde i o rostoucí čas potřebný pro vyhodnocení optimálního řešení.

Kromě triviálních situací řešených lidmi v jejich běžných denních činnostech se setkáváme i s náročnějšími situacemi, při kterých jde o rozhodnutí ovlivňující cenné prostředky, mezi které řadíme v našem životě zdraví a čas. V podnikové sféře jsou ceněny finanční prostředky. Úspora anebo přínos díky efektivní investici je velmi kladně hodnocen. Firmy se proto přiklání k vypracování analýz, které využívají metod vícekritériálního rozhodování.

Nutnost umělého osvětlení patří k základním potřebám civilizace. V současné době pro průmyslové použití je nastolen trend LED svítidel. Jejich účinnost je řádově vyšší v porovnání s žárovkou.

2 Cíl a metodika

2.1 Cíl

Cílem bakalářské práce je aplikace vybraných základních metod vícekritériální analýzy variant. Účelem teoretické části je shromáždění poznatků autorů spjatých s řešeným tématem. Vlastní zpracování představuje sestavení návrhu modernizace osvětlení v prostoru haly logistické společnosti na území České republiky. Spolu s oslovenou společností je cílem i zahrnutí možných alternativ z portálu www.heureka.cz do řešení. Úkolem je stanovit výsledný návrh s doporučenou variantou ze všech zahrnutých, podle vybraných kritérií.

2.2 Metodika

První část bakalářské práce je zpracována z poznatků studia odborné literatury. Následuje utřídění a seskupení získaných informací do kapitol podle jejich návaznosti.

V praktické části bude řešen požadavek na sestavení nabídky oslovenou společností tak, aby vyhověla požadavkům norem a zároveň byla aplikovatelná do prostředí svými technickými parametry. Výběr kritérií bude konzultován s expertem, který následně stanoví preference kritérií metodou Fullerova trojúhelníku. Bude jím vybrán i základní soubor LED panelů z nabízeného sortimentu ISC Communication Czech, a. s.. Rozšíření variant proběhne vyhledáním všech dostupných výrobků ze shodné kategorie na portálu vyhledávající produkty www.heureka.cz, které splňují předem definované aspirační úrovně stanovené zmíněným expertem. Volba kompromisní varianty bude vycházet z postupu aplikace metod uvedených v literární rešerši.

3 Přehled řešené problematiky

3.1 Rozhodování a rozhodovací proces

3.1.1 Rozhodování

Pojem charakterizující výběr mezi možnostmi v určité situaci jednání, volbu cílů a prostředků k jejich dosažení. Je momentem chování jedinců, společenských skupin, řízení organizací, institucí, společnosti. Rozhodování bývá vědomé, prosazuje se v něm hodnotová orientace subjektu rozhodování, může být živelné, tradiční, zvykové, stereotypní, ale též uvědomělé a plánovité, může preferovat prospěch jedince nebo zájem celku, být důsledkem objektivního poznání nebo pod vlivem emocionálních tlaků, předsudků ap. Rozhodování je předmětem teorie řízení, sociologie a psychologie. [1]

3.1.2 Manažerské rozhodování

Rozhodování je jednou z aktivit, kterou manažeři v roli vedení podniku konají. Při rozložení do samostatných manažerských funkcí je třeba rozlišit ty se změnou v časovém sledu neboli sekvencemi, do kterých spadají plánování, organizování, výběr pracovníků a jejich rozmístění, vedení těchto pracovníků a následná kontrola. Funkce průběžně prostupují těmi sekvenčními a jde o analýzu činností, komunikaci a právě rozhodování. Z teorie rozhodování vyplývá, že rozhodování je neoddělitelnou částí sekvenčních funkcí manažera a je uplatněno v plánování, protože jádro plánovacích procesů tvoří procesy rozhodovací.

Význam rozhodování užšího vedení se projeví v budoucnosti a je spjat s kvalitou a pojetím při realizaci jednotlivých kroků. Patřičné změny ovlivní zásadně efektivnost fungování a významně působí na prosperitu podniku. [2]

3.1.3 Rozhodovací proces

Rozhodovací proces je definován jako postup řešení rozhodovacího problému, ve kterém je nutné zvolit (vybrat) pouze jedno rozhodnutí z více akceptovatelných variant řešení a to v případě, že není explicitně zřejmé, která z možných variant je nejlepší, protože není zcela přesně známo, jaké důsledky daná volba bude pro rozhodovatele mít. [3]

3.1.4 Rozdělení procesů rozhodování

Věcná a obsahová neboli meritorní stránka bere v potaz odlišnosti rozhodovacích procesů. Obsahová náplň se jednoznačně liší, pokud se zabývá výrobním programem či rozhodováním o kapitálových investicích nebo o rozhodnutí jak uvést výrobek na trh a jakou marketingovou strategii při tom použít.

Formálně-logická procedurální stránka rozhodování využívá nalezené shodnosti a to i přes obsahově věcnou odlišnost. Shoda panuje v zobecněném postupu – proceduře řešení tedy samotné identifikaci problému.

Zmíněné spojující rysy rozhodovacích procesů jsou zaměřením studia vědecké teorie rozhodování. V průběhu historie se dospělo k navýšení počtu teoretických východisek lišících se pouze při rozdílném pohledu na rozhodovací procesy, ještě přesněji na konkrétní aspekty těchto procesů. Příkladem může být teorie utility a její cílení na celkové ohodnocení variant v situaci vyššího počtu kritérií hodnocení. Zaměření sociálně-psychologické teorie je založeno na subjektu a jeho chování jakožto část základních prvků rozhodovacích procesů, oproti tomu se kvantitativně orientovaná teorie zakládá na aplikaci matematických metod a modelů při řešení rozhodovacích problémů. Reakcí na teorie vycházející ze značné idealizace předmětu rozhodování z pohledu jeho znalostí a schopností je rozvoj teorie rozhodování v organizacích, jenž respektuje omezené schopnosti skutečného subjektu rozhodování i limitování racionality v organizačních jednotkách.

Uvedené teorie vyplývají z jejich normativního respektive deskriptivního charakteru. Teorie normativní se zaměřují na poskytnutí návodů, pro řešení rozhodovacích problémů, jaké modely kterým způsobem používat. Jde tedy o tvoření určité normy řešení rozhodovacích problémů, jejíž aplikace umožní dosažení žádoucí kvality rozhodování. Střed zájmu deskriptivní teorie tvoří již proběhlé rozhodovací procesy a tím se odlišuje od teorie normativní. [2]

Pro samotnou aplikaci kvantitativních metod a exaktních postupů při řešení problémů při využití matematických modelů jsou důležité prvky procesu rozhodování:

- Objekt rozhodování, tedy o čem se při řešení rozhoduje,

- Subjekt rozhodování, kdo má právo učinit rozhodnutí,
- Cíle rozhodování, čeho se má výpočtem dosáhnout,
- Kritéria rozhodování, podle kterého z hledisek je vyhodnoceno následně resumé,
- Alternativy rozhodnutí, pokud je více jak jedna varianta,
- Stavy okolností, jaká situace vede k realizaci alternativy,
- Jistota, riziko, nejistota, faktory známé o modelu. [4]

3.2 Možnosti řešení rozhodovacích modelů

Stanovení takové alternativy rozhodnutí, která nabídne rozhodovateli nejlepší výsledek, nejlepší hodnoty výplatní matice. Ztížení této volby nastává při přiblížení zjednodušeného modelu ke skutečnosti reflektováním prvků nejistoty a rizika. Stochastický charakter faktorů ovlivní realizaci alternativ.

Existují základní skupiny metod pro analýzu a následné řešení rozhodovacího problému, respektive pro výběr oné vhodné alternativy rozhodnutí:

3.2.1 Volba dominantní alternativy

Za dominantní alternativu je považována ta, která vykazuje podle určitých kritérií lepší výsledky nežli dominovaná varianta. Pokud by však existovala taková alternativa dominující všechny ostatní, byla by automaticky nejlepší volbou.

3.2.2 Volba nejvýhodnější alternativy:

Nejvýhodnější alternativa je brána jako alternativa slibující nejvýhodnější výplatu, respektive očekávanou výplatu. Pravidel pro volbu takto branné nejvýhodnější alternativy je velký počet a závisí na charakteru rozhodovací situace a na rozhodovatelově přístupu.

3.2.3 Volba alternativy rozhodnutí podle nejvyššího užitku:

Výsledky každé z alternativ rozhodnutí jsou za pomoci vhodné funkce užitku konvertovány do intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Užitek představující jednotlivé výplaty odpovídá nejen skutečné hodnotě výplaty, ale i hodnocení této velikosti rozhodovatelem. Nejvyšší užitek definuje alternativu nejvhodnější pro vyřešení problému. [3]

3.2.4 Paretovská varianta

Varianta, která není dominovaná žádnou z ostatních variant, je nedominovaná varianta, často taktéž nazývána efektivní nebo paretovská. Množinu všech nedominovaných variant značíme A_N .

Každá z paretovských variant dosahuje ohodnocení lepšího podle nějakého kritéria pouze za cenu zhoršení kritéria jiného.

3.2.5 Ideální a bazální varianta

Ideální varianta je reálná nebo hypotetická varianta, která dosáhne ve všech kritériích současně nejlepších možných hodnot. Bazální varianta je reálná nebo hypotetická varianta, jejíž hodnocení je podle všech kritérií nejhorší.

3.2.6 Kompromisní varianta

Kompromisní varianta je jedinou nedominovanou variantou doporučenou k výsledku řešení problému. Výběr kompromisní varianty vždy záleží na použitém postupu řešení, tudíž použitá metrika je předem definována. Na stanovení kompromisní varianty je několik způsobů:

- Kompromisní variantou se může stát varianta, která má největší součet normalizovaných hodnot ukazatelů. Nepopíratelně záleží na zvoleném způsobu standardizace a normalizace hodnot, užití různých metod určuje různé postupy.
- Kompromisní varianta může být definována jako varianta s nejmenší vzdáleností od varianty ideální. Vzdálenost od varianty ideální je chápána jako míra splnění zadaných požadavků rozhodovatele na ohodnocení.
- Kompromisní variantu je možné stanovit pomocí párového porovnávání hodnot všech dvojic variant všemi kritérii. [4]

3.2.7 Grafické znázornění variant.

Vícekritériální hodnocení variant je možné graficky vyobrazit, nicméně je nutné dbát na použitou metodiku, aby byla všem, jejichž zájmu se rozhodování dotýká, zcela dostatečně srozumitelná. Vhodným prostředkem k vysvětlení principů vícekritériálního rozhodování je použití grafického znázornění základních pojmů a podstaty rozhodovacích postupů. [5]

Nejpoužívanější je zobrazení v hvězdicové nazývané též paprskové soustavě, ve které jednotlivé poloosy začínají v počátku a svírají mezi sebou shodný úhel $\frac{2\pi}{n}$, kde n značí počet kritérií. Na osách je poté vyznačen koncový bod značící průsečík os a vhodně sestrojené kružnice se středem v jejich počátku. Na poloosách zkonstruuje stupnici, která má v bodě S hodnotu danou hodnotou bazální varianty. Variantu a_i s ohodnocením (y_{i1}, \dots, y_{ik}) v této soustavě znázorníme jako k -tici bodů, jež jsou spojeny úsečkami, tak aby vzniknul polygon. [4]

3.2.8 Klasifikace úloh vícekritériální analýzy variant

Klasifikovat problémy za použití vícekritériální analýzy variant je možné podle dvou hledisek:

Podle cíle řešení se úlohy dělí:

1. Úlohy s cílem výběru jedné varianty označované jako kompromisní. Z možných východisek se vybere takové, které podle kritérií určitým způsobem nejlépe vyhovuje.
2. Úlohy s cílem úplného uspořádání množiny variant. Obvykle se řadí od nejlepší k nejhorší. Vyloučením nejlepší varianty se získá skupina, z níž nejlepší je klasifikována druhým nejlepším pořadím a takto se postupuje, dokud nejsou všechny členy ohodnoceny.
3. Úlohy s cílem rozdělení množiny variant na dobré a špatné. Zde záleží na postupu, který se k vyhodnocení zvolí. Je možné před řešením zvolit aspirační úroveň, tedy takovou úroveň, která bude sloužit pro jednodušší rozřazení na skupinu „dobrých“ a „špatných“ variant. Lze si také nejdříve hodnoty seřadit a aspirační hodnotu stanovit až poté.

Podle typu informace, kterou o preferencích mezi kritérii máme:

1. Žádná informace- informace o preferenci nejsou, tato situace je akceptovatelná pouze pro preference kritérií.
2. Nominální informace- Také pouze pro preference kritérií mezi sebou. Je vyjádřena aspirační úrovní, to je nejhorších možných hodnot, při kterých může být varianta akceptována. Rozlišujeme tedy na akceptovatelné a neakceptovatelné.
3. Ordinální informace- uspořádání kritérií dle důležitosti respektive uspořádání variant podle kritéria hodnocení
4. Kardinální informace- je kvalitativního i kvantitativního charakteru. Vyjadřuje o kolik je jedno hodnocení lepší než druhé. Velký význam mají metody umožňující slovní vyjádření hodnot kvantifikovat. [6]

3.3 Metody odhadu vah kritérií

Jsou to nástroje s jednoduchými postupy, které konstruují odhady vah na základě subjektivních informací od rozhodovatele.

3.3.1 Metoda pořadí

Rozhodovatel uspořádá kritéria v pořadí od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Nejdůležitějšímu kritériu je přiřazena hodnota k , druhému v pořadí $k-1$, atd. až poslednímu číslo 1.

3.3.2 Bodovací metoda

Tato metoda předpokládá schopnost rozhodovatele stanovit důležitost kritérií v bodovací stupnici například od 1 do 10. Čím je kritérium důležitější, tím je jeho bodové označení vyšší. [7]

3.3.3 Metoda párového srovnání

Fullerův trojúhelník- V tomto postupu se předloží rozhodovateli trojúhelníkové schéma, kde jsou vyobrazeny dvojice jednotlivých kritérií tak, že se každá z dvojice vyskytne ve schématu právě pouze jednou. Rozhodovatel musí vybrat z každé dvojice vybrat důležitější kritérium a označit ho. V případě shodné důležitosti se označí obě dvě. Bude-li počet

označení i -tého kritéria roven p_i , lze potom odhad vah kritérií stanovit agregací podle vztahu

$$z \text{ rovnice (vzorec č. 1) } v_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^k p_i}.$$

3.3.4 Saatyho metoda

Jedná se o jednu z nejpoužívanějších metod odhadu vah kritérií. Při aplikaci jsou porovnávány všechny dvojice kritérií. Výsledné informace jsou sestaveny do Saatyho matice, ve které jsou obsaženy preference rozhodovatele, které musí být konzistentní. Dostatečně konzistentní se považují matice, mající konzistenční index menší než (0,1). [8]

3.4 Metody výběru kompromisních variant.

Pro výběr kompromisních variant je široká škála metod pracujících s nejrůznějšími principy. Nejčastější metody jsou AHP, TOPSIS, PROMETHE, ELEKTRE a další.

3.4.1 Metody bez přiřazených kritérií

Při absenci preferencí kritérií je možno použít metodu pořadí nebo bodovací metodu. U metody pořadí jsou varianty ohodnoceny čísly od 1 do n (počtu variant). U metody bodovací se užije vhodná stupnice například od 1 do 10 a nejlepší je 10. Dále se body nebo pořadí sečte a zvolí se nejlepší, kompromisní varianta. Postupy lze rozšířit o váhy kritérií. [4]

3.5 Metody s aspiračními úrovněmi

3.5.1 Konjunktivní a disjunktivní metoda

Aspirační úrovně- Metody jsou založeny na porovnávání kritériálních hodnot všech variant s aspiračními úrovněmi všech kritérií. Zpřísnění aspiračních úrovní může v množině dobrých variant zůstat jediná, označená v tomto případě jako kompromisní varianta. Zpřísnění úrovní hodnocení může eliminovat veškeré varianty v souboru, následně je třeba některé aspirační úrovně uvolnit tak, aby zbyla ve výběrovém souboru minimálně jedna varianta. Množinu akceptovatelných variant určíme podle aspiračních úrovní tak, aby

v případě konjunktivní metody byly splněny všechny požadované aspirační úrovně, v případě disjunktivní

3.5.2 PRIAM metoda

Metoda prohledává množinu variant. Postup prohledávání heuristicky vybírá rozhodovatel. Jsou využívány přístupy umělé inteligence.

Počet variant se v každém kroku redukuje a u posledního kritéria by množina přístupných variant měla být tvořena jen variantami splňující stanovené aspirační úrovně. [9]

3.6 Metody s ordinální informací

3.6.1 Lexikografická metoda

Nejdůležitější kritérium má největší vliv na výběr kompromisní varianty. Při existenci více variant se stejnou hodnotou je použito druhé nejdůležitější kritérium. Algoritmus končí při výběru jediné varianty respektive po vyčerpání kritérií. Kompromisní varianty jsou i po zařazení posledního kritéria hodnoceny shodně.

3.6.2 Permutační metoda

Optimálně uspořádává varianty a vychází z kritérií dle jejich důležitosti. Metoda je vhodná při neznalosti vah kritérií i při odhadu vah kritérií z ordinální informace. [9]

3.6.3 Metoda ORESTE

Vstupy jsou ordinální informace o kritériích a variantách. Metoda se dělí na dvě části. V první je určena vzdálenost každé varianty od 0. Ve druhé části je obsažena preferenční analýza. [4]

3.7 Metody s kardinální informací

3.7.1 Metoda funkce užitku

Předpokládá možnost vyčíslení užitku od 0 do 1 při použití variant. Kardinální hodnocení variant je nahrazeno hodnotami dílčí funkce užitku, které se dělí na lineární, progresivní a

degresivní funkce. Hodnota dílčí funkce užítku pro ideální variantu je rovna jedné, pro variantu bazální rovna nule.

3.7.2 Metoda váženého součtu- WSA

Vážený součet- Metoda je založena na lineární funkci užítku od 0 do 1. Nejhorší varianta má užitek 0 a nejlepší 1, ostatní se pohybují mezi krajními hodnotami. Hodnota užítku varianty se získá aritmetickým součtem jednotlivých dosažených ohodnocení vypočtených z poměru mezi nejlepší a nejhorší variantou pro dané kritérium.

Vzorec pro maximalizační hodnotící hledisko (vzorec č. 2)

$$y'_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}$$

Vzorec pro minimalizační hodnotící hledisko (vzorec č. 3)

$$y'_{ij} = \frac{H_j - y_{ij}}{H_j - D_j}$$

3.7.3 Metoda AHP

Analyticko-hierarchický proces je metodou rozkladu nestrukturované situace na jednodušší komponenty. Na každé úrovni je použita Saatyho metoda párového kvantitativního porovnání. Metoda přiřazuje komponentům kvantitativní charakteristiky dle důležitosti. S cílem řešení rozhodovacího problému se stanoví komponenta s nejvyšší prioritou. Kroky metody AHP jsou následující:

1. Konstrukce hierarchické struktury ve třech úrovních.
2. Porovnání párových prvků v hierarchických úrovních.
3. Syntéza preferenčních informací včetně pořadí variant. Kompromisní varianta je ta, jejíž syntetická váha je nejvyšší. [6]

3.7.4 Metoda TOPSIS

Metoda je založena na minimalizaci vzdálenosti od ideální varianty podle jednotlivých kritérií a dle jejich váhy je zpracováno kardinální hodnocení variant. Metoda spočívá v převodu minimalizačních kritérií na maximalizační, v konstrukci normalizované kriteriální matice a výpočtu normalizované vážené kriteriální matice. Dále jsou určeny

ideální varianty a je vypočtena vzdálenost variant od ideální varianty. Následně jsou vypočteny relativní ukazatele vzdáleností variant od bazální varianty a varianty se seřadí sestupně. Potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami jsou řešením problému. [4]

4 Vlastní zpracování

4.1 Cíl rozhodování

Předmětem rozhodování je výběr nejvhodnějšího produktu, jeho množství a dispozičního umístění pro modernizaci osvětlení ve skladové hale logistické firmy na území České republiky.

4.1.1 Představení firmy ISC

Firma ISC je velkoobchod s telekomunikační a kancelářskou technikou, v České republice je oficiálním distributorem produktů podniku TESLA. ISC byla založena v USA roku 1986 a o 4 roky později také její česká pobočka. Transformace podniku na akciovou společnost proběhla na přelomu tisíciletí, zaměstnává 70 osob, roční obrat přesahuje 350 mil Kč.

Mezi realizované zakázky v roce 2015 patří i návrh pro řešení modernizace osvětlení skladové haly logistické firmy. Na vytvoření návrhu se za účasti zástupce z managementu logistické firmy podílí také specialista z dodavatelské firmy.

TESLA, akciová společnost je nástupcem jednoho z prvních elektrotechnických podniků na území tehdejšího Československa, který byl pod názvem Elektra založen 18. 1. 1921 výhradně s českým kapitálem. Od roku 1932 se stal majetkem koncernu Philips, kterému patřil až do roku 1945. Výrobní program sahal od výroby žárovek, elektronek, radiopřijímačů a vojenské výroby až po rozhlasové a televizní vysílače. Pod obchodním jménem TESLA společnost podniká od 7. 3. 1946.

První středovlnný rozhlasový vysílač byl uveden do provozu v roce 1923 o několik let později i první krátkovlnný vysílač na vlně 59 m. První televizní vysílač o výkonu 5 kW byl dodán v roce 1953 a instalován v Praze včetně anténního systému. První měřicí přístroje pro rozhlasové vysílače byly vyrobeny v roce 1948, pro televizní vysílače v roce 1954. První dodávka směrového spoje je datována rokem 1953 pro trasu mezi televizním studiem a vysílačem.

TESLA postupně vybudovala síť rozhlasových a televizních vysílacích středisek na území bývalého Československa a významným způsobem se podílela na výstavbě vysílacích

středisek v zemích bývalé RVHP. Současně s vysílači byly dodávány a instalovány anténní systémy vyprojektované podle požadavků zákazníků. Jen na území bývalého SSSR zajišťovala TESLA na konci dvacátého století více než 1 500 vysílačů TESLA přes 60% rozhlasového a televizního vysílání. Řada rozhlasových vysílačů byla prodána do Egypta, Alžíru, Jemenu, Sýrie a to i přes konkurenci jiných světových výrobců.

TESLA, akciová společnost je renomovaným výrobcem i v oblasti vojenské techniky. Vojenská produkce začala již v době 2. světové války a její rozvoj nastal ve druhé polovině šedesátých let vývojem a dodávkami radioreléových spojů zejména pro armádu bývalé Československé republiky. Po útlumu na začátku devadesátých let nastalo oživení vývojem zcela nové generace radioreléových spojů a dnes je akciová společnost TESLA generálním dodavatelem stacionární sítě pro Armádu České republiky.

- 1921 vznik společnosti ELEKTRA
- 1932 společnost zakoupila firma Philips - výroba rozhlasových přijímačů, žárovek a elektronek.
- 1946 národní podnik TESLA. Kompletní elektrotechnický sortiment - součástky, žárovky, audio, TV, telekomunikace, vojenská technika.
- 1991 privatizace, akciová společnost. Několikrát změněna vlastnická struktura, včetně zahraničních investičních skupin
- 2012 TESLA se vrací do českých rukou. Výroba speciálních radiokomunikací a spojovací techniky pro armádu ČR.
- 2013 obnovena produkce světelných zdrojů pod značkou TESLA LIGHTING v samostatné organizaci sídlící v prostorách bývalé společnosti TESLA Holešovice
- 2015 TESLA LIGHTING otevírá novou fotometrickou laboratoř v areálu ÚJV Řež a stěhuje se do nových prostor v Praze 9

Tesla disponuje pobočkami v Praze, Hong Kongu, Vídni a USA, vývojové a zkušební středisko v Řeži u Prahy je laboratoř pro měření parametrů svítidel.

4.1.2 Popis produktu

Navržený produkt v podobě LED panelu se skládá z diod. LED dioda z anglické zkratky Light Emitting Diode, tedy dioda emitující světlo. Polovodičový světelný zdroj, při průchodu elektrického proudu vyzařuje světlo. Barva diody je dána chemickým složením polovodiče a proto ty první měly červenou barvu. V roce 1962 ji sestrojil Henry Joseph Round. Další barvy byly přidány až po deseti letech vývoje.

Osvětlení led kategorizujeme na:

- SMD LED
 - SMD LED zdroj světla je velmi malý a lehký čip zalitý epoxidovou pryskyřicí
 - Bodové či rozptylné provedení
 - Nejrozšířenější SMD diody jsou typu SMD 5050, 3528 a 2835
 - Nově čip 5730 (5630) až 110lm/W
- Chip On Board (COB):
 - Koncentrace jednotlivých LED čipů na malé ploše
 - Rovnoměrný odvod tepla
 - Vyšší světelný výkon, vyšší teplota
 - Rovnoměrná emise světla z celé plochy čipu
- Multi Chips On Board MCOB
 - Velkoplošný světelný zdroj
 - Světelný tok 90-100lm/W
 - Vysoký index podání barev
 - Rovnoměrná emise světla z celé plochy čipu
 - Střední doba životnosti 40 000hod
- Chip On Metal COM
 - Velkoplošný světelný zdroj
 - Nízká hmotnost
 - Světelný tok 90-100 lm/W
 - Vysoký index podání barev
 - rovnoměrná emise světla z celé plochy čipu
 - střední doba životnosti 40 000hod
- CRYSTAL RETRO
 - Design klasické žárovky
 - Úzké proužky s LED chipy COG
 - Vyzařování světla 360°
 - Vysoký světelný výkon 100 lm/W
 - Dostupné s patičkami E27, E14

4.1.3 Logistická firma

Mezinárodní logistická společnost se s blížícím koncem roku seznamuje s předběžným koncovým účtem rozvažným. Výsledek dosavadního hospodaření poskytuje příznivou situaci k uvolnění milionu korun pro potřeby investice do kompletní modernizace osvětlení ve své hale. Ekonomická přínosnost investice spočívá snížení provozní energetické náročnosti při zlepšení hygienických podmínek na pracovišti.

4.2 Definice kritérií

Ekonomická přínosnost investice spočívá snížení provozní energetické náročnosti při zlepšení hygienických podmínek na pracovišti. Při realizaci investičního plánu je třeba splnit všechna platná hygienická nařízení. V souladu s těmito nařízeními je třeba dostatečně osvětlit halu expedičního skladu pro potřeby zde pracujících zaměstnanců. Osvětlení obsahuje nutné parametry požadované pro práci a musí se definovat kritéria a jejich váhy pro dosažení těchto norem. Teplota světla je v prostorech bez přístupu denního světla potřebnou součástí. Musí vyhovovat jak pracovníkům denní směny, tak i těm z odpolední neboť jde o dvousměnný provoz, proto musí být vhodně zvolena. Intenzita osvětlení a úhel dopadajícího světla jsou stejně podstatné jako výška zavěšení světla, jeho rozptýlení a svítivost v úrovni sledované pracovníkem. V tomto případě je deklarovaná výška stropu 3 m dostačující pro nainstalování a pro optimální rozptýlení jsou vyžadovány světelné panely. S tímto souhrnem požadavků byla oslovena zmíněná společnost ISC pro vytvoření návrhu osvětlení. Mezi hlavní podmínky bylo stanovení požadavku na efektivnější a na provoz méně nákladné led panely.

Výchozí situace spočívá v používání klasických výbojkových zářivkových trubíc. Rozložení v hale je nerovnoměrné a vytváří tak proluky mezi světly. K návrhu byly poskytnuty technické nákresy haly, elektrické rozvody. Důležitým faktorem pro modelování návrhu řešení osvětlení je výška stropu, neboť hraje roli v intenzitě osvětlení dopadajícího na podlahu a v úhlu, ve kterém světlo dopadá na oči zaměstnanců. Snížení náročnosti intenzity osvětlení je v uzavřeném prostoru pomocí stěn, které odráží určité procento světla zpět do prostoru. Stejně je na tom s odrazy i podlaha. Procento odrazu je určeno tabulkovou

hodnotou podle barvy povrchu a materiálu, ze kterého je vyrobena. Reálnou hodnotu intenzity odrazu lze změřit za pomoci přístroje luxmetr. Luxmetr se přiloží na měřenou stěnu, postavením osoby vykonávající měření, tak aby nestínila příchodu světla, se získá hodnota. V druhém kroku se luxmetr naopak namíří na měřenou stěnu a změří se hodnota odrážejícího se světla od stěny při zachování totožného zdroje světla a podmínky nenarušení přítoku osvětlení. Program DiaLux vezme v potaz všechny uvedené hodnoty a za stanovení podmínky pro intenzitu osvětlení 500 lm v pracovní výšce 0,8 m vychází výsledek s optimálním rozvržením umístění panelů o velikosti 600 x 600 mm. Výška 8/10 m metodicky simuluje úroveň pracovního stolu, proto je při výpočtech podstatná. Všechna modelová znázornění jsou vykreslena ve zmíněné rozhodné úrovni.

„Jednotka světelného toku je uváděna v soustavě SI. Lumen (lm) je světelný tok, který vyzařuje do prostorového úhlu 1 steradiánu (sr) bodový zdroj, jehož svítivost se ve všech směrech rovná 1 kandeles (cd).“

Vztah mezi lumenem a kandelou popisuje následující rovnice $lm = cd * 2\pi * (1 - \cos(\frac{\beta}{2}))$ (β je vyzařovací úhel) [10]

4.2.1 Normy

Seznam použitých norem a nařízení:

- ČSN 73 0580 - 1 "Denní osvětlení budov. Základní požadavky." – 2007
- ČSN 73 0580 - 4 "Denní osvětlení budov. Denní osvětlení průmyslových budov." – 1994
- ČSN EN 124 64 –1 "Světlo a osvětlení. Osvětlení pracovních prostorů. Část 1: Vnitřní prac. prostory." – 2004

Faktory ovlivňující definovaná kritéria ve velké míře zachycuje schéma v obrázku 1 .

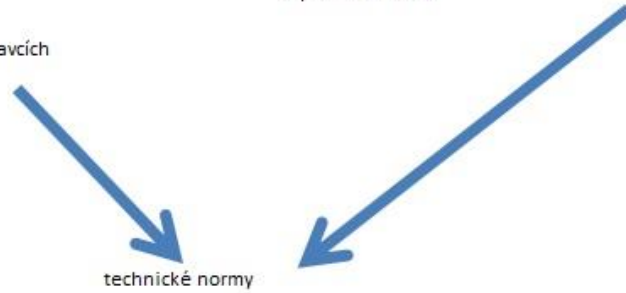
Stavební zákon
183/2006 Sb.
v platném znění

Vyhláška MR č. 268/2009 Sb.
technickým požadavcích na stavby
v platném znění

Vyhláška MHP č. 26/199 Sb.
Obecných technických požadavcích
na výstupu v hl. m. Praze
v platném znění

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.
"Kterým se stanoví podmínky pro ochranu zdraví při
práci" v platném znění

Vyhláška č. 410/2005 Sb.
"O hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení..."
v platném znění

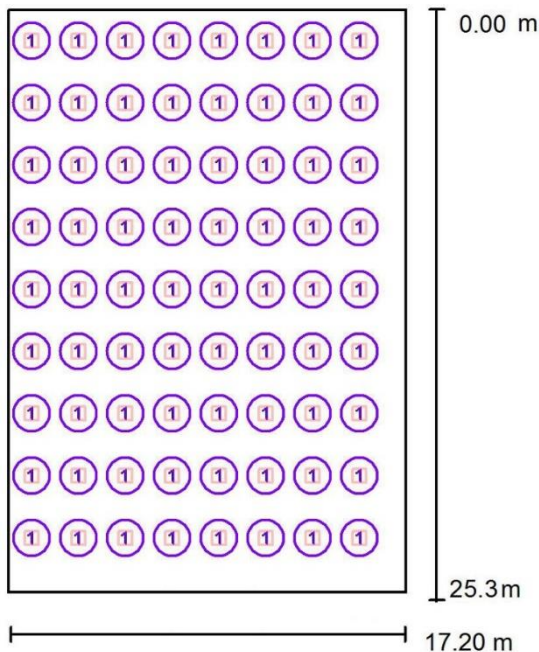


Obrázek 1- schéma vybraných faktorů (vlastní zpracování)

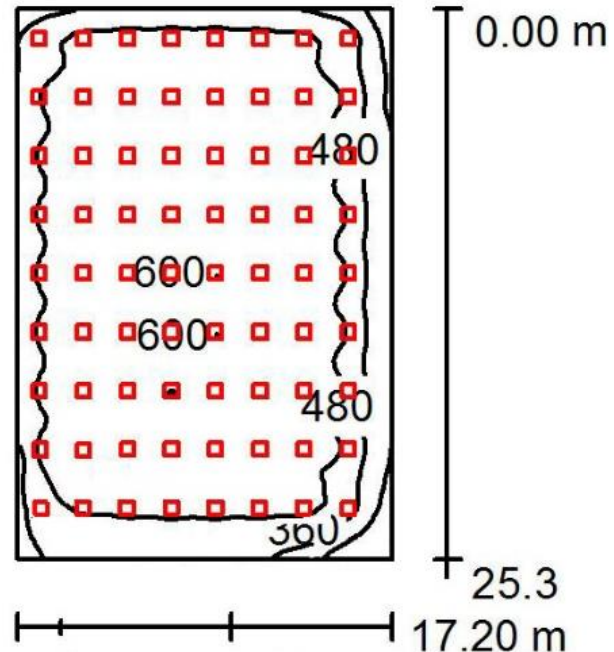
4.2.2 Dispozice prvků a zařízení

Dispozice haly a rozmístění prvků zařízení je uvedena na obrázku č. 2 včetně počtu osvětlení na každém umístění.

Obrázek č. 3S znázorňuje intenzitu osvětlení, izoluxy značí její průběh.



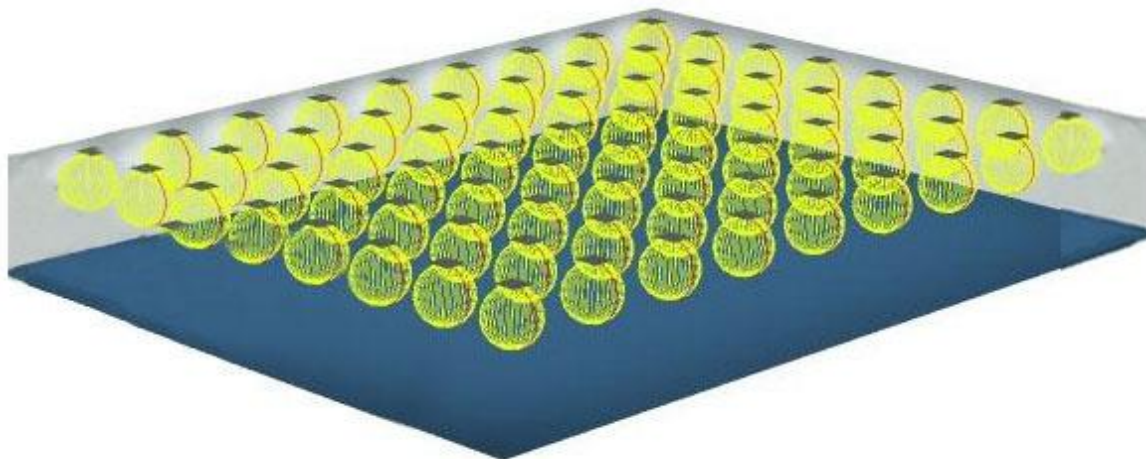
Obrázek 2 rozvržení a počet modulů (zdroj interní materiál)



Obrázek 3 Izoluxy (zdroj interní materiál)

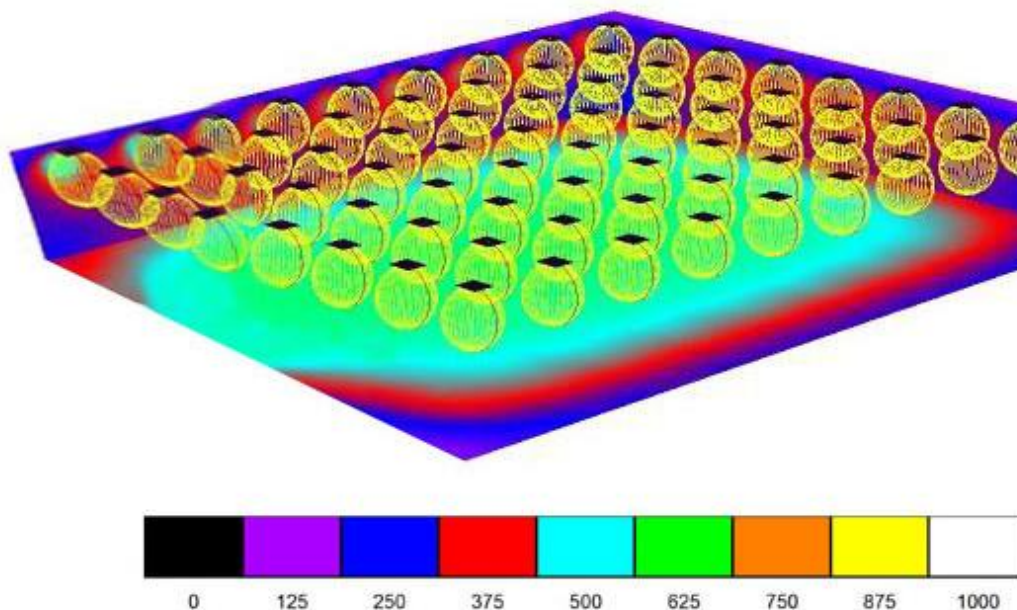
Specifikace použitého prvku

Schéma modulu osvětlovacího tělesa v obrázku č. 4.



Obrázek 4 Osvětlovací těleso (zdroj interní materiál)

Schéma v obrázku č. 5 modelu intenzity osvětlení v nereálných barvách pro grafické znázornění hodnot celkového světelného modulu (lx).



Obrázek 5 intenzita osvětlení (zdroj interní materiál)

4.2.3 Popis kritérií

K1 Příkon – Rozdíl mezi příkonem a výkonem je u osvětlení minimální (v řádu jednotek procent) bude nás proto více zajímat příkon, deklarovaná hodnota se uvádí ve Watech [W]. Hodnota se vezme pro výpočet finálních nákladů podniku za běžného provozu.

K2 Světelný tok – jde o vyjádření množství produkované světelné energie. Jednotkou fotometrické veličiny je 1 lumen. Hodnota je měřena v laboratořích a je posléze deklarována ve výrobové specifikaci.

K3 Výkon – Charakteristika svítidla na jednotku příkonu. K vypočtení této hodnoty poslouží další již dříve získané údaje. LED svítidla se vyznačují nejvyšší účinností. [W]

K4 Životnost – V závislosti na provozních podmínkách, počtu sepnutí, teplotě okolního prostředí a dalších vlivech jako kolísání napájecího napětí se mění životnost panelu. Hodnoty uváděné jsou dosaženy v laboratorním prostředí v definovaných podmínkách [hod.].

K5 Teplota světla – Barva světla LED je shodná s barvou černého tělesa zahřátého na odpovídající teplotu. Měření opět probíhá v laboratorních podmínkách. Správné barvy vyzařovaného světla jsou důležitá pro hygienu pracovního prostředí. Chromatičnost barvy je srovnávána s denním slunečním zářením. Hodnoty jsou uvedeny ve [°K]

K6 Vyzařovací úhel – Pod vyzařovacím úhlem se šíří světlo do prostoru z osvětlovacího tělesa. Konstrukce panelu LED určuje jeho vyzařovací úhel. [°]

K7 Cena produktu – Podstatný parametr při rozhodovacím procesu. Při použití metod vícekritériální analýzy lineárního programování může být změněna její standartní funkce. Při aplikaci výpočtu matematického modelu může být funkce primárního rozhodovacího kritéria nahrazena dalšími kritérii. Ceny budou ve výpočtech obsahovat složku DPH, kterou si ovšem účetní jednotka podniku zaeviduje do účetnictví. [Kč]

K8 Montáž – Služby spojené s demontáží, likvidací následnou montáží, instalací produktu, kabeláže, nezbytné elektroinstalace a následné revize zařízení jsou souhrnně zastoupeny jediným kritériem. Cena za montáž v nabídce od ISC je platná pouze pro tuto zakázku. Cena montáže ostatních produktů je stanovena technickým odhadem provozního ředitele ISC pro zakázky shodného rozsahu.

Kritéria samotná jsou zároveň parametrem výrobku a charakterizují jeho vlastnosti. Na základě dostupnosti uvedených kritérií u všech variant byly aplikovány do výpočtů uvedených v praktické části této práce. Hodnoty variant jsou kvantitativně vyjádřeny, proto lze aplikovat specifické metody výpočtů včetně užití agregace pomocí vah. Zároveň jsou kritéria hodnotitelná expertem a lze stanovit jejich preference. Vlastností uvedených kritérií je výpovědní hodnotou o produktech a vzájemné srovnatelnosti variant.

Ve výpočtech je v záhlaví tabulek pro přehlednost značení kritérií použito následující značení.

K1 = Příkon [W]

K2 = Světelný tok [lm]

K3 = Výkon [lm/W]

K4 = Životnost [hod.]

K5 = Teplota světla [°K]

K6 = Vyzařovací úhel [°]

K7 = Cena produktu [Kč/ks]

K8 = Montáž [Kč]

4.3 Rozbor variant

Soubor variant byl získán ke dni 11. 10. 2015 zadáním parametrů do vyhledavače www.heureka.cz. Vyhledávaná kategorie se řadí pod Dům a zahrada » Bydlení a doplňky » Osvětlení » LED osvětlení. Doplňkovým filtrem bylo hledání upřesněno. Prvním filtrem bylo „umístění“ nastaveno na „stropní“ a druhý filtr „druh svítidla“ nastaven na „panely“. Vyfiltrováním bylo nalezeno 69 variant. U každé varianty v souboru byly sledovány základní parametry.

Expert z dodavatelské firmy byl taktéž pověřen sestavením souboru variant z jejich katalogu produktů. Panely byly vybrány, tak aby odpovídaly vhodnosti použití do návrhu zadání. K expertem vybraným variantám byly taktéž zjištěny základní údaje.

4.3.1 Popis variant včetně kriteriální matice

V tabulce č. 1 je zachyceno 69 výrobků, jejich označení, výkon, světelný tok, cena a rozměry. [10], [11], [12]

Tabulka č. 2 je sestavena expertem a obsahuje navržené produkty z jejich nabízeného výrobního portfolia. [13]

Pro přehlednost jsou kritéria nahrazena následujícím označením.

R1 – Příkon [W]
R2 – Světelný tok [lm]
R3 – Rozměr 600x600 ~“1“, ostatní ~”0“ (+- 5 mm)
R4 – Cena [Kč/ks]

Označení produktu	R1	R2	R3	R4
best led i panel kruhovy 235 mm 240v 20w 1500lm nw	20	1500		0 845
best led i panel cct 600x600_240v 36w	36	x		1 5685
best led i panel rgb 600x600_240v 36w	36	x		1 4354
best led i panel 1200x600_240v 72w 5800lm cw	72	5800		0 7149
best led i panel 1200x600_240v 72w 5800lm cw 5000k	72	5800		0 7149
best led i panel 150x150_240v 9w 600lm cw	9	600		0 482
best led i panel 150x150mm 240v 9w 600lm cw 5500k	9	600		0 482
best led i panel 300x300 295x295 mm 240v 18w 1300lm nw	18	1300		0 1583
best led i panel 300x300mm 240v 18w 1300lm cw 5500k	18	1300		0 1583
best led i panel 300x300mm 240v 18w 1300lm nw 4500k	18	1300		0 1583
best led nouzovy smart i panel 596x596_240v 45w 4000lm 4000k	45	4000		1 3628
inoxled led panel 60x60cm 40w cw 3350lm	40	3350		1 3407
inoxled led panel 60x60cm 40w nw 3200lm	40	3200		1 3407
best led i panel kruhovy 225 mm 240v 18w nw 4500k	18	x		0 797
best led i panel kruhovy 235 mm 240v 20w 1500lm cw	20	1500		0 845
best led i panel rgb 300x300_240v 18w	18	x		0 2297
inoxled led panel 60x60cm 40w ww 3050lm	40	3050		1 3407
tesla led panel 600x600_40w 230v 4000k 3000lm	40	3000		1 3124
best led smart i panel 1196x296_240v 45w 3600lm 5000k	45	3600		0 2902
best led i panel 600x600 595x595 240v 45w 4000lm 3000k	45	4000		1 3055
best led i panel 600x600 595x595 4500k 45w 4000lm 240v	45	4000		1 3055
g21 led panel 1200x300 230v 46w 4200lm tepla bila	46	4200		0 2520
g21 led panel 1200x300 230v 46w 4300lm prirodni bila	46	4300		0 2328
tesla led panel 600x600_43w 230v 4000k 3400lm	43	3400		1 2990
inoxled led panel 60x120cm 50w cw 4250lm	50	4250		0 5324
tesla led panel 600x600mm 43w 230v 4000k 3400lm	43	3400		1 2845
tesla led panel 600x600mm 43w 230v 6000k 3600lm	43	3600		1 2845
t led led panel s6060 48w denni bily stmivatelny	48	3700		1 2550
t led l mini led panel 13w kulaty 230v denni bila	13	900		0 600
t led l mini led panel 13w kulaty 230v studena bila	13	900		0 600
t led l mini led panel 17w kulaty 225mm 230v tepla bila	17	1400		0 750
t led l mini led panel 17w kulaty 230v denni bila	17	1400		0 750
t led l mini led panel 17w kulaty 230v studena bila	17	1400		0 750
t led l mini led panel 8w kulaty 230v studena bila	8	510		0 350
t led led panel s6060 48w teply bily stmivatelny	48	3700		1 2550
best led eco i panel 600x600_240v 36w 3000lm 4500k	36	3000		1 2539
best led eco i panel 600x600_240v 36w nw	36	3000		1 2539
best led smart i panel 595x595_240v 45w 4000lm 4000k	45	4000		1 2249
t led ln led panel 6w kulaty 120mm 230v denni bila 4500k	6	490		0 220
t led ln led panel 6w kulaty 120mm 230v tepla bila 3000k	6	490		0 220
t led pl led panel 18w prisazeny kulaty 220mm 230v denni bila 4000k	18	1400		0 460
t led pl led panel 18w prisazeny kulaty 220mm 230v studena bila 6000k	18	1400		0 460
t led pl led panel 18w prisazeny kulaty 220mm 230v tepla bila 3000k	18	1400		0 460
t led s mini led panel 13w ctverec 230v denni bila	13	850		0 600
t led s mini led panel 13w ctverec 230v studena bila	13	850		0 600
t led s mini led panel 17w ctverec 230v denni bila	17	1300		0 750
t led s mini led panel 17w ctverec 230v tepla bila	17	1300		0 750
t led s mini led panel 8w ctverec 230v denni bila	8	510		0 350
t led s mini led panel 8w ctverec 230v studena bila	8	510		0 350
t led sn led panel 12w ctverec 171x171mm 230v denni bila 4500k	12	920		0 350
t led sn led panel 12w ctverec 171x171mm 230v studena bila 6000k	12	920		0 350
t led sn led panel 12w ctverec 171x171mm 230v tepla bila 3000k	12	920		0 350
t led sn led panel 18w ctverec 225x225mm 230v denni bila 4500k	18	1250		0 450
t led sn led panel 18w ctverec 225x225mm 230v studena bila 6000k	18	1250		0 450
t led sn led panel 18w ctverec 225x225mm 230v tepla bila 3000k	18	1250		0 450
t led sn led panel 6w ctverec 120x120mm 230v denni bila 4500k	6	470		0 220
t led sn led panel 6w ctverec 120x120mm 230v tepla bila 3000k	6	470		0 220
tesla led panel 1200x300mm 43w 230v 4000k 3100lm	43	3100		0 3780
tesla led panel 1200x600mm 60w 230v 4200lm 3000k	60	4200		0 5598
tesla led panel 1200x600mm 60w 230v 4500lm 4000k	60	4500		0 5598
tesla led panel 300x1200mm 43w 230v 4000k stmivatelny	43	3000		0 4928
tesla led panel 300x300mm 20w 230v 3000k 1300lm	20	1300		0 1608
best led smart i panel 596x596_240v 45w 4000lm 5000k	45	4000		1 2249
t led led panel s6060 48w denni bily nestmivatelny	48	3700		1 2100
t led led panel s6060 48w teply bily nestmivatelny 33	48	3700		1 2100
g21 led panel 600x600 230v 39w 3400lm prirodni bila	39	3400		1 1975
tesla led panel 621x621mm 45w 230v 3000k 3500lm	45	3500		0 3938
tesla led panel 621x621mm 45w 230v 4000k 3500lm	45	3500		0 3938
tesla lp314330 2e led panel 300x1200mm 43w 230v 3000k	43	2800		0 3780

Označení	R1	R2	R3	R4
tesla led panel 600x600mm 43w 230v 6000k xxxlm zivotnost 35 000h 120 31677	43	3600	1	2990
tesla led panel 600x600mm 43w 230v 4000k 3400lm zivotnost 35 000h 120 32576	43	3400	1	2990
tesla led panel 600x600mm 43w 230v 4000k 3400lm zivotnost 35 000h 120 32215	43	3400	1	2490
tesla led panel 600x600mm 43w 230v 3000k 3200lm zivotnost 35 000h 29974	43	3200	1	2990
tesla led panel 600x600mm 40w 230v 4000k 3000lm zivotnost 35 000h 30129	40	3000	1	3130
tesla led panel 600x600mm 36w 230v 4000k 2800lm cri 75 32114	36	2800	1	4188
tesla led panel 1200x300mm 43w 230v 3000k 2800lm zivotnost 35 000h 120 cri 80 29973	43	2800	0	3132
tesla led panel 300x300mm 20w 230v 3000k 1300lm 35 000h cri 80 120 29452	20	1300	0	1397

Tabulka 2 výběr firemního experta (zdroj vlastní zpracování)

Panel je vhodný na osvětlení soukromých i komerčních prostor. LED panel v balení již obsahuje potřebný síťový adaptér. Doplnkové montážní sady nejsou součástí obsahu balení. Panely všeobecně poskytují výkon, moderní design a současně nízké náklady na energii. To vše je docíleno díky kvalitnímu provedení a využití špičkové technologie. LED panel je vhodný do podhledu i na zavěšení - dle zvolené instalační sady. Díky velmi kvalitním materiálům a ultratenkému designu disponuje reprezentativním vzhledem. Tyto panely jsou díky svým špičkovým parametrům a designu často využívány při osvětlení nemocnic, kancelářských budov či společenských prostor. Ilustrativní obrázek zachycující matnici s kovovým rámem je přílohou č. 1.

4.4 Volba metody

Pro účely této kapitoly poslouží literární rešerše jako podklad pro tvorbu rozhodnutí o metodě výpočtu. Ze znalostí typu informací o variantách, předmětu rozhodování i o vlastnostech kritérií bude snazší vybrání optimálního způsobu.

Rozsah souboru napovídá, že nebude zcela snadné jednotlivé varianty upřednostnit. Vyšší počet rozhodujících parametrů ve výsledku dokáže říct určitým způsobem, která z variant by měla být nejlepší. Pro zpřesnění výsledku a pro aplikaci metod lineárního programování tyto hlediska jsou přínosná ba žádaná, nicméně pro určení výše důležitosti je jejich počet na obtíž. Dodržování vyžadovaných postupů některých metod neúměrně zvyšuje náročnost pro dosažení řešení.

Z výše popsané volby metody a ze studia odborné literatury byly vybrány následující metody, které jsou pro způsob řešení optimální. Řešení bude dosaženo ve třech oddělených částech.

- Fullerův trojúhelník
- Aspirační úroveň
- WSA- Metoda váženého součtu

4.5 Váhy kritérií

Výchozím krokem analýzy modelu vícekritériální analýzy variant je stanovení vah kritérií. Váhy jsou číselným vyjádřením odrazu jejich významnosti. Čím je kritérium významnější, tím je váha vyšší.

4.5.1 Vypočet vah kritérií

Váhy jsou vypočteny z tabulky č. 3, ve které byly označeny produktovým specialistou z ISC významnější z dvojic kritérií.

Tabulka 3 označení pomocí párového srovnání (zdroj vlastní zpracování)

K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1
K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
	K2	K2	K2	K2	K2	K2
	K3	K4	K5	K6	K7	K8
		K3	K3	K3	K3	K3
		K4	K5	K6	K7	K8
			K4	K4	K4	K4
			K5	K6	K7	K8
				K5	K5	K5
				K6	K7	K8
					K6	K6
					K7	K8
						K7
						K8

Z tabulky vyplývá, že mezi nejdůležitější patří K2 a K5. Jde o světelný tok a teplotu vyzařovaného světla. Důležitost vah se shoduje s podmínkami zadání. Váha je odpovídající počtu všech hodnotících hledisek. Všechny váhy jsou větší než 0 a proto je nutné je zahrnout do dalších operací. Výsledné váhy jsou zaokrouhleny a uvedeny v tabulce č4. Součet vah pro kontrolu správnosti postupu se rovná **1**.

Tabulka 4 hodnoty vah (zdroj vlastní zpracování)

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
0,16129	0,225806	0,032258	0,032258	0,225806	0,064516	0,193548	0,064516

4.6 Předvýběr

Volitelný mezikrok slouží k snížení počtu variant v souboru. Důsledkem aplikace je následné zjednodušení výpočtu, zvýšení přehlednosti tabulky a přesnosti řešení vyřazením neefektivních variant.

4.6.1 Eliminace

Stanovení hodnot aspirace vychází z dispozičního řešení haly a dalších uvedených parametrů v kapitole 4.2.2

Varianty z tabulky č. 2 a č. 3 jsou eliminovány aspiračními úrovněmi. Každá varianta je samostatně zkontrolována, zda nabývá limitujících hodnot. Nesplnění již jednoho parametru vyřazuje variantu ze souboru. Tabulka č. 5 obsahuje hodnoty aspiračních úrovní.

Tabulka č. 5

- R1 Příkon > 40 W
- R2 Teplota barvy > 3000 K
- R3 Teplota barvy < 5000 K
- R3 Rozměr panelu = 600 x 600 {1}
- R4 Cena < 4000 Kč / ks

V následujícím kroku jsou ve výběrovém souboru varianty specifikovány doplňkovými parametry a zobrazeny v tabulce č. 6

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
V1	43	3600	83,72093	35000	6000	120	2990	197000
V2	43	3400	79,06977	35000	4000	120	2990	197000
V3	43	3400	79,06977	35000	4000	120	2490	197000
V4	43	3200	74,4186	35000	3000	120	2990	197000
V5	40	3000	75	35000	4000	180	3130	197000
V6	48	3700	77,08333	50000	4500	150	2100	255000
V7	48	3700	77,08333	50000	3000	150	2100	255000
V8	45	4000	88,88889	50000	4000	100	2249	255000
V9	45	4000	88,88889	50000	5000	100	2249	255000
V10	48	3700	77,08333	50000	4500	150	2550	255000
V11	48	3700	77,08333	50000	3000	150	2550	255000

Tabulka 6 Doplnkové parametry (zdroj vlastní zpracování)

Počet je výrazně redukován z celkového počtu 69 na 11 variant. Výrazná čára přibližně v polovině tabulky odděluje varianty v horní polovině vybrané specialistou a varianty ve spodní části jsou rozšiřujícím výběrem doplněné autorem. Nenastala situace vyřazení všech variant, jejich počet je přiměřený. Hodnoty v tabulce jsou si blízké, není výrazně silná ani slabá varianta. Nyní nelze určit jednoznačné řešení.

4.7 Výběr varianty

Redukovaný soubor ve spojení s váhami vypočtenými metodou párového srovnání tvoří kritériální matici. Vybraná metoda váženého součtu v kritériální matici je cestou k řešení.

První krok bude stanovení typu kritérií (maximalizační / minimalizační).

V druhém kroku jsou nalezeny bazální hodnoty a ideální hodnoty pro každé kritérium. Následuje převod hodnot z kritériální matice (tabulka č. 7) do matice standardizované (tabulka č. 8) za pomoci vzorců č. 2 a č. 3. Standardizovaná kritériální matice představuje matici hodnot funkce užitku.

Další krok spočívá ve výpočtu agregované funkce užitku pro jednotlivé varianty. Definovaná funkce užitku je maximalizační a proto je výsledné pořadí variant seřazeno sestupně. Varianty s nejvyššími hodnotami užitku jsou považovány za řešení problému.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
V1	43	3600	83,72093	35000	6000	120	2990	197000
V2	43	3400	79,06977	35000	4000	120	2990	197000
V3	43	3400	79,06977	35000	4000	120	2490	197000
V4	43	3200	74,4186	35000	3000	120	2990	197000
V5	40	3000	75	35000	4000	180	3130	197000
V6	48	3700	77,08333	50000	4500	150	2100	255000
V7	48	3700	77,08333	50000	3000	150	2100	255000
V8	45	4000	88,88889	50000	4000	100	2249	255000
V9	45	4000	88,88889	50000	5000	100	2249	255000
V10	48	3700	77,08333	50000	4500	150	2550	255000
V11	48	3700	77,08333	50000	3000	150	2550	255000
MIN	40	3000	74,4186	35000	3000	100	2100	197000
MAX	48	4000	88,88889	50000	6000	180	3130	255000

Tabulka 7 Kriteriační matice 1 (zdroj vlastní zpracování)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Σ	U	Pořadí
V1	0,625	0,6	0,642857	0	1	0,25	0,135922	1	4,253779	0,589787	3
V2	0,625	0,4	0,321429	0	0,333333	0,25	0,135922	1	3,065684	0,383719	8
V3	0,625	0,4	0,321429	0	0,333333	0,25	0,621359	1	3,551121	0,477675	5
V4	0,625	0,2	0	0	0	0,25	0,135922	1	2,210922	0,25292	11
V5	1	0	0,040179	0	0,333333	1	0	1	3,373512	0,366887	9
V6	0	0,7	0,184152	1	0,5	0,625	1	0	4,009152	0,543037	4
V7	0	0,7	0,184152	1	0	0,625	1	0	3,509152	0,430134	7
V8	0,375	1	1	1	0,333333	0	0,85534	0	4,563673	0,591625	2
V9	0,375	1	1	1	0,666667	0	0,85534	0	4,897006	0,666894	1
V10	0	0,7	0,184152	1	0,5	0,625	0,563107	0	3,572259	0,458477	6
V11	0	0,7	0,184152	1	0	0,625	0,563107	0	3,072259	0,345574	10

Tabulka 8 Kriteriační matice 2 (zdroj vlastní zpracování)

4.8 Rozbor výsledku

Metoda váženého součtu, rozdělila varianty do jedné vyrovnané skupiny. Rozdíly jsou díky aplikaci vah malé a užitek získaný variantou nepřevyšuje dvě třetiny z nejlepšího možného výsledku. Nejhorší varianta V4 dosáhla pouze čtvrtiny celkem možného užitku. Trojice akceptovatelných řešení je seřazena dle výsledného pořadí od nejlepšího:

1. Best led smart i panel 596x596_240v 45w 4000lm 5000k
2. Best led smart i panel 595x595_240v 45w 4000lm 4000k
3. ISC Tesla led panel 600x600 43w 230v 6000k xxxlm životnost 35000 12031677

První varianta LED panelu svítí teplotou běžného denního světla 5000 [°K]. Životnost 50 000 hod. svícení se řadí k nejlepším na trhu. Světelný tok je 4000 [lm] vyzařovaný pod úhlem 100°. Příkon 45 [W] je oproti výchozí situaci poloviční. Varianta má nejvyšší hodnotu funkce užitku, protože má ve třech hlediscích ideální hodnoty z celkového výběru. V dalších hlediscích nabývají parametry průměrné hodnoty, a to včetně dvou zcela nejhorších. Užitá metoda s váhami kritérií nakonec vyhodnotila světelný LED panel jako nejlepší. V pořadí druhá nejlepší varianta je od stejného výrobce a svými parametry téměř shodná. Panel je v těsném závěsu rozhodování a rozdíl je pouze v teplotě vyzařovaného světla. Preference zadavatele se promítly do kritérií, hledisko teploty světla je důležité i z pohledu vah. Třetí v pořadí je LED panel od výrobce TESLA zastoupený oslovenou společností ISC. Parametry jsou vesměs blízké a rozhodujícím kritériem je K5, tedy opět teplota světla. Produkt ve dvou parametrech disponuje nejlepšími hodnotami.

5 Závěr

Bakalářská práce se zabývá vícekritériální analýzou variant. V teoretické části jsou popsána východiska ovlivňující rozhodování, metody výpočtu a stanovení vah.

V praktické části jsou představeny LED technologie osvětlovacích panelů a firma vyrábějící produkty s touto technologií. Byla vybrána kritéria výběru variant, podle kterých byly ohodnoceny produkty z nabídky firmy ISC a všechny produkty z této kategorie v online vyhledávači zboží www.heureka.cz.

Proběhl výběr metody výpočtu a stanovení vah, jejich volba byla zdůvodněna. Aplikace metody aspiračních úrovní rozsáhlý soubor 69 variant zredukovala a metoda Fullerova trojúhelníku stanovila váhy definovaných kritérií. Sloučením dílčích výsledků vznikla kritériální matice, ve které byla aplikována metoda váženého součtu.

Výsledkem je pořadí variant s nalezeným řešením - osvětlovací LED panel s označením „Best led smart i panel 596x596_240v 45w 4000lm 5000k“. Ze všech zahrnutých modulů je tato varianta kompromisní v podmínkách stanovených kritérií.

Seznámení firmy zastupující TESLA osvětlení a stranu navrhující řešení situace při celkové výměně stávajícího osvětlení s výsledky vícekritériálního rozhodování proběhla formou prezentace. Výsledky byly prezentovány současně s podklady této práce provoznímu řediteli ISC Communication Czech, a. s. Ing. Zdeňku Kopalovi.

Vedení logistické firmy obdrželo výsledky práce, podle které bude rozhodnuto o výběru produktu na konci kalendářního roku 2015.

6 Seznam použitých literárních zdrojů

- [1] *Malá československá encyklopedie*. 1. vyd. Praha: Academia, 1984, 877 s., obr. příl. ISBN 76-0570-21.
- [2] FOTR, Jiří. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. Vyd. 1. Praha: Ekopress, 2006, 409 s. ISBN 80-869-2915-9.
- [3] BROŽOVÁ, Helena. *Rozhodovací modely*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2005, 53 s. ISBN 80-213-1390-0.
- [4] BROŽOVÁ, Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Vyd. 1. Praha: Credit, 2003, 172 s. ISBN 80-213-1019-7.
- [5] FIALA, Petr a Miroslav MAŇAS. *Vícekriteriální rozhodování: Určeno pro stud. všech fak.* 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994, 316 s. ISBN 80-707-9748-7.
- [6] ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. 2. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2.
- [7] JABLONSKÝ, Josef a Martin DLOUHÝ. *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2004, 183 s. ISBN 80-864-1949-5.
- [8] JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2002, 323 s. ISBN 80-864-1942-8.
- [9] FIALA, Petr. *Modely a metody rozhodování*. 2., přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica, 2008, 292 s. ISBN 978-80-245-1345-4.
- [10] KOŠTÁL, Karel. *Sbírka fyzikálních vzorců a pouček: určeno studentům a technikům*. 4. vyd. Praha: SNTL, 1970, 407 s. Polytechnická knihnice (SNTL). ISBN 04-311-70.

7 Seznam použitých elektronických zdrojů

[10] Naspers OCS Czech Republic, s.r.o. [online] citováno [10. 10. 2015] z

<http://led-osvetleni.heureka.cz/f:13556:506184;15521:1078849/?o=2&f=1>

[11] Naspers OCS Czech Republic, s.r.o. [online] citováno [13. 10. 2015] z

<http://led-osvetleni.heureka.cz/f:13556:506184;15521:1078849/?o=2&f=2>

[12] Naspers OCS Czech Republic, s.r.o. [online] citováno [14. 10. 2015] z

<http://led-osvetleni.heureka.cz/f:13556:506184;15521:1078849/?o=2&f=3>

[13] Copyright (c) 2010 ISC Communication Czech, a.s. [online] citováno [10. 10. 2015] z

http://www.isccz.eu/panely/?_superfilter_action=1&only_onstore=1

8 Přílohy



Příloha č. 1 Led panel - zdroj <http://aqualuma.com/wp-content/uploads/2015/09/panel-lights1.jpg>