

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## POROVNÁNÍ VÝROBKŮ PODLE VÍCE KRITÉRIÍ

Autor: Michaela Kučerová

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Ludmila Dömeová, CSc.

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra systémového inženýrství

Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kučerová Michaela

Systemové inženýrství

Název práce

**Porovnání výrobků podle více kritérií**

Anglický název

**Multiple Criteria for Product Comparison**

---

### Cíle práce

Hlavním cílem práce je porovnání hybridních automobilů dostupných na současném evropském trhu.

Pro srovnání bude použito vybraných metod vícekritériální analýzy variant.

Hlavního cíle bude dosaženo splněním následujících dvou dílčích cílů:

1. analýza současného trhu s hybridními automobily,
2. tvorba modelu vícekritériální analýzy variant.

### Metodika

Pro zpracování bakalářské práce bude použita analýza odborné literatury a technicko-ekonomických parametrů jednotlivých automobilů.

První část bakalářské práce se bude zabývat teoretickým výkladem základních pojmů vícekritériální analýzy variant a hybridních automobilů, získaných z odborné literatury. V této části bude splněn první dílčí cíl a budou získány podklady pro plnění druhého.

Ve druhé části budou za pomoci vhodných metod vícekritériální analýzy variant porovnány hybridní vozy.

Výsledkem práce bude srovnání současných hybridních automobilů na evropském trhu pomocí modelu vícekritériální analýzy variant. Závěrem tohoto modelu bude stanovení pořadí hybridních automobilů odpovídající preferencím rozhodovatele. Po vypracování všech těchto postupových kroků bude dosaženo jak dílčích tak hlavního cíle práce.

### Harmonogram zpracování

Volba tématu BP: 12/2010

Volba cíle práce a metod: 02/2011 – 06/2011

Zpracování teoretické části: 05/2011 – 12/2011

Zpracování praktické části: 09/2011 – 02/2012

## Rozsah textové části

30 - 40 stran

## Klíčová slova

Rozhodování, vícekriteriální model, varianta, preference, váhy, hybridní automobil

---

## Doporučené zdroje informací

Brožová, H., Houška, M., Šubrt, T.: Modely pro vícekriteriální rozhodování. ČZU v Praze, 178 s., 2003, ISBN 80-213-1019-7

Fiala, P.: Modely a metody rozhodování. Oeconomica, Praha, 2003, ISBN 80-245-0622-X

Fiala, P., Jablonský, J., Maňas, M.: Vícekriteriální rozhodování. 1. vyd. VŠE Praha, 1997, ISBN 80-7079-743-7

Fotr, J., Dědina, J., Hružová, H.: Manažerské rozhodování. EKOPRESS, Praha, 2003, ISBN 80-86119-20-3

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

Jablonský, J.: Operační výzkum – kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. Professional Publishing, Praha 2002, ISBN 80-86419-23-1.

---

## Vedoucí práce

Dömeová Ludmila, doc. Ing., CSc.

## Termín odevzdání

březen 2012

---



**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Vedoucí katedry



**prof. Ing. Jan Hron, DrSc., dr.h.c.**

Děkan fakulty

V Praze dne 31.10.2011

---

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Porovnání výrobků podle více kritérií“ jsem vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Ludmily Dömeové, CSc. a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13.3.2012

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji doc. Ing. Ludmile Dömeové, CSc., vedoucí mé bakalářské práce, za odborné vedení, ochotu a připomínky během psaní mé práce. Zároveň také děkuji Ing. Romanu Kvasničkovvi za cenné a odborné rady, ochotu a podporu při vypracování této práce.

# **POROVNÁNÍ VÝROBKŮ PODLE VÍCE KRITÉRIÍ**

## **Souhrn**

Práce řeší rozhodovací problém - nákup hybridních vozů pro obchodního zástupce společnosti EkologieA-Z, s.r.o. Použitím metod vícekritériální analýzy, disciplínou operačního výzkumu, je zpracován matematický model. Vytvořením vhodného matematického modelu určí výsledky vícekritériální analýzy nejvíce preferovanou variantu či preferenční pořadí. Rozhodovací proces vychází z přístupu H. Simona. V první fázi dochází k dokonalému vymezení problému, stručné charakteristiky rozhodovatele a identifikaci konfliktní situace. Ve druhé fázi dochází k samotné analýze a řešení problému. Stanovují se kritéria, následně jsou Saatyho metodou dopočteny jejich váhy. Definují se varianty a zváží se modely možného řešení. V poslední třetí fázi se konkrétním modelem, v této práci metodou TOPSIS, hodnotí možné alternativy. Stanoví se konečné preferenční pořadí, které je doporučeno společnosti jako podklad k vyřešení rozhodovacího problému.

## **Klíčová slova**

Rozhodování, vícekritériální model, varianta, preference, váhy, hybridní automobil

# **MULTIPLE CRITERIA FOR PRODUCT COMPARISON**

## **Summary**

This thesis makes the reader familiar with the decision making problem – the hybrid cars purchase. The cars are intended to be purchased for representatives of company EkologieA-Z, Ltd. The multiple-criteria decision analysis is a sub-discipline of the operational research. MCA techniques either identify the single most preferred option or determine the preferential order, by setting an appropriate mathematical model. Decision making processes are sorted by Simon's 3 stages Rational decision making model. Phase 1 (Intelligence) identifies and defines the problem, characterizes the decision maker and describes the causes of the issue. Phase 2 (Design) sets criteria and determinates their weight via Saaty's method. It also generates alternatives and develops models. The last phase 3 (Choice) is a solution model to evaluate alternatives. In this thesis the TOPSIS method is used to determine the outcome of the chosen alternatives, which are finally recommended to the company as a baseline for solving the decision issue.

## **Key words**

Decision making, multiple-criteria model, alternative, preferences, weights, hybrid car

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíl práce a metodika .....	10
3. Teoretická východiska .....	11
3.1. Teorie rozhodování .....	11
3.2. Operační výzkum .....	12
3.3. Vícekriteriální analýza .....	14
3.3.1. Specifické požadavky na soubor kritérií .....	15
3.3.2. Tvorba variant .....	17
3.3.3. Typ informace .....	19
3.3.4. Modelování preferencí rozhodovatele.....	20
3.3.5. Metody vícekriteriálního hodnocení variant .....	23
4. Praktická aplikace .....	26
4.1. Identifikace problému ( <i>Intelligence</i> ).....	26
4.1.1. Charakteristika zkoumaného objektu .....	26
4.1.2. Popis nedostatků současného stavu.....	26
4.1.3. Identifikace problému a cíle jeho řešení .....	26
4.2 Analýza a řešení problému ( <i>Design</i> ).....	27
4.2.1. Stanovení kritérií rozhodování .....	27
4.2.2. Stanovení množiny variant.....	29
4.3. Výběr řešení ( <i>Choice</i> ) .....	35
4.3.1. Modelování výběru kompromisní varianty .....	35
4.3.2. Stanovení preferenčního pořadí .....	38
5. Závěr .....	39
6. Seznam použitých zdrojů .....	40
7. Přílohy.....	43
Příloha č. 7.1- Výchozí tabulka.....	43
Příloha č. 7.2 – Výpočet indexu konzistence C.I. ....	44
Příloha č. 7.3 – Výpočet matice R.....	45
Příloha č. 7.4 – Vzdálenosti od ideální varianty .....	45
Příloha č. 7.5 – Vzdálenosti od bazální varianty .....	45
8. Seznam obrázků .....	46
9. Seznam tabulek .....	47



## 1. Úvod

Rozhodovací problémy jsou problémy s existencí množiny variant řešení. Proces rozhodování vyvstává v různých situacích každý den. Většinou se člověk rozhoduje intuitivně na základě svých vlastních zkušeností. Existují ovšem rozhodnutí, která mají významný dopad, a proto je rozhodnutí podle subjektivních preferencí značně riskantní.

Vychází se z velkého množství teorií a následných metod rozhodování, jak složitější rozhodovací problémy, co nejefektivněji vyřešit. Tato práce se zabývá přístupem kvantitativní analýzy, která je založena na matematickém modelování daného problému.

Problémem řešeným, v předložené práci je nákup hybridního vozu pro obchodní zástupce společnosti EkologieA-Z, s.r.o., kde bude, vzhledem k povaze řešeného problému, využito metod vícekriteriálního rozhodování.

Na základě výsledného pořadí, které je vlastním porovnáním jednotlivých vozů mezi sebou, je pak doporučeno společnosti řešení rozhodovacího problému.

Práce se snaží o objektivní shrnutí problematiky rozhodovacích procesů, řešených pomocí ekonomicko-matematických modelů.

## **2. Cíl práce a metodika**

Hlavním cílem práce je porovnání hybridních automobilů na současném Evropském trhu s finálním zaměřením na vozy, které jsou dostupné v České Republice. Pro srovnání budou aplikovány vybrané metody vícekriteriální analýzy variant.

Hlavního cíle bude dosaženo splněním dvou dílčích cílů. Analýzy současného trhu s hybridními automobily a následné tvorby modelu vícekriteriální analýzy variant.

Pro zpracování bakalářské práce bude použita analýza odborných literárních pramenů a technicko-ekonomických parametrů jednotlivých automobilů.

V první, teoretické, části se práce bude zabývat teoretickými východisky základních pojmů vícekriteriální analýzy. Práce se opírá o prameny manažerského rozhodování a operačního výzkumu, kde představuje vícekriteriální rozhodování jednu ze stěžejních disciplín. Použité tituly jsou především z posledních let, tudíž je práce řešena nejnovějšími poznatky a přístupy v této oblasti. Analýza trhu hybridních vozů vychází z internetových zdrojů.

Ve druhé, praktické, části bude, na základě rozhodovatelových požadavků na vozidlo, Saatyho metodou stanoven odhad váhového vektoru podle preferencí jednotlivých kritérií. Následně budou, metodou TOPSIS, tyto váhy použity ke stanovení preferenčního pořadí.

Závěrem modelu bude stanovení pořadí hybridních automobilů, odpovídající preferencím rozhodovatele. Vypracováním všech těchto postupových kroků bude dosaženo jak dílčích tak hlavního cíle práce.

### 3. Teoretická východiska

#### 3.1. Teorie rozhodování

Rozhodování představuje jednu z nejdůležitějších manažerských aktivit. Význam rozhodování spočívá v kvalitě a výsledcích rozhodovacích procesů, které zásadním způsobem ovlivňují efektivnost fungování a budoucí prosperitu organizací.

Jednotlivé rozhodovací procesy mají určité společné rysy a vlastnosti a to bez ohledu na jejich odlišnou obsahovou náplň. Spojuje je určitý rámcový postup řešení, který se odvíjí od identifikace problému, stanovení cílů řešení, po vyhodnocení variantních řešení až k volbě varianty určené k realizaci. [1]

Problém jako předmět rozhodování je typický především tím, že existuje určité množství variant a výběr nejvhodnější z nich není v okamžiku formulace zcela zřejmý. Kvantitativní analýza rozebírá daný problém pomocí kvantitativních dat. Na základě těchto dat a předpokládaných vazeb mezi nimi je možné sestavit kvantitativní model a jeho řešením získat požadované numerické údaje potřebné pro konečné rozhodnutí. [3]

Jelikož řešení problému – rozhodování probíhá v čase, rozlišují se podle H. Simona<sup>1</sup> tři fáze rozhodovacího procesu [9]:

**1. Identifikace problému** (*Intelligence*), kde se charakterizuje zkoumaný objekt, popíše se nedostatky současného stavu, vymezí se problém a jeho cíle řešení.

**2. Analýza a řešení problému** (*Design*), v této fázi se klade důraz především na stanovení kritérií problému a možných variant. Dále se vypočítají váhy jednotlivých kritérií a stanovují se přípustné varianty.

**3. Výběr řešení** (*Choice*), v poslední fázi dochází k samotnému propočtu modelu pomocí zvolené metody a vybere se varianta, která se následně doporučí k realizaci.

---

<sup>1</sup> SIMON, H.A., *The New Science of Management Decision*. Harper and Row, NY.

### 3.2. Operační výzkum

Operační výzkum (*Operational research*) nachází uplatnění všude tam, kde se jedná o analýzu či koordinaci provádění operací v rámci nějakého systému. Počátky spadají do 30. a 40. let tohoto století. Rozvoj nastal během 2. světové války a potom především v 50. letech, kdy dochází ve světě k bouřlivému ekonomickému rozvoji. Dalším milníkem rozvoje operačního výzkumu byl rozmach výpočetní techniky v 70. letech. [3]

Operační výzkum je možné charakterizovat jako soubor samostatných vědních disciplín zaměřených na analýzu různých typů rozhodovacích problémů. Zabývá se zkoumáním operací v rámci systému a jeho cílem je stanovení takové úrovně těchto operací nebo jejich vzájemného vztahu, aby byla zajištěna co největší efektivita systému jako celku.

Pro posouzení efektivity systému je potřeba stanovení jednoho či více kritérií a provádění operací je omezené příslušnými zdroji, které jsou čerpány, na provádění jiných operací, na vnějších činitelích ovlivňujících systém, apod.

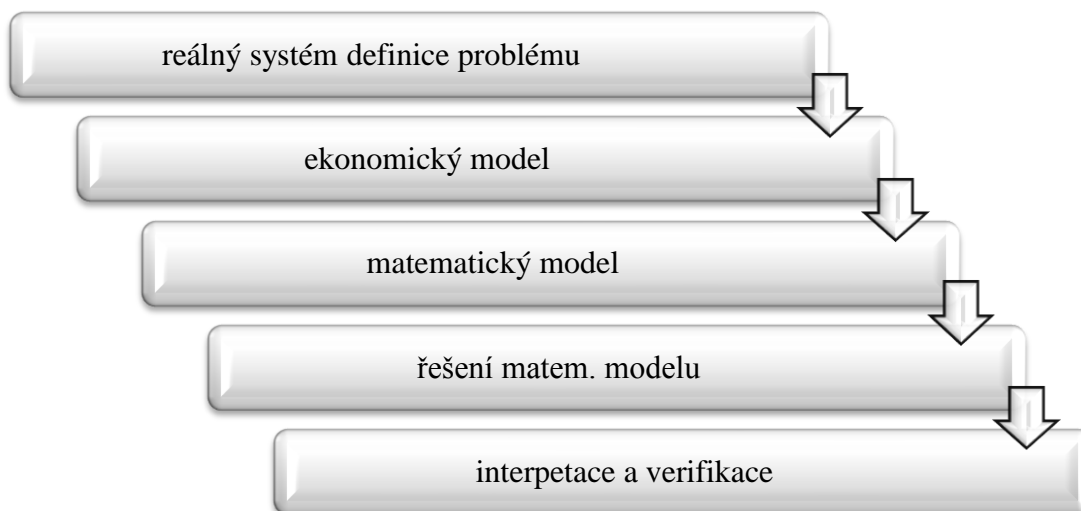
Je tedy možné ho dále charakterizovat i jako prostředek pro nalezení optimálního řešení daného problému při respektování různorodých omezení, které mají vliv na celkový chod systému.

Základním nástrojem operačního výzkumu je matematické modelování. Pokud se analyzuje nějaký systém pomocí operačního výzkumu, potom tato analýza využívá jeho model. Tento model je pouze zjednodušený obraz daného systému. Má však celou řadu výhod [3]:

- umožňuje strukturalizaci systému a specifikaci všech možných variant stavu systému, kterých může často být neomezené množství,
- analyzuje chování systému ve zkráceném čase, samotný výpočet může být simulován na počítači a probíhá tak ve zlomcích sekund,
- pomocí změn parametrů je snadno manipulovatelný a lze provádět četné experimenty,
- náklady jsou podstatně nižší, než při experimentování s reálným systémem.

Pro řešení reálného rozhodovacího problému při aplikaci metod operačního výzkumu se rozlišuje několik základních na sebe navazujících fází, které jsou patrné z obrázku 3.1. [3]

**Obr. 3.1 – Fáze při aplikaci operačního výzkumu**



Modely operačního výzkumu se zabývají rozdílnými oblastmi ekonomického života, a proto se dále vyvinuly v různé samostatné disciplíny. Vzhledem k této skutečnosti je potřeba specifických přístupů k řešení jednotlivých problémů. Nejvýznamnější a nejpoužívanější jsou:

- matematické programování (lineární, nelineární),
- teorie grafů,
- teorie zásob,
- teorie hromadné obsluhy,
- modely obnovy,
- markovské rozhodovací procesy,
- teorie her,
- simulace,
- vícekriteriální rozhodování.

Vzhledem k tématu se tato práce nebude dále věnovat všem uvedeným disciplínám. Podrobněji bude vyloženo pouze vícekriteriální rozhodování, které je obsahem této práce.

### 3.3. Vícekriteriální analýza

Disciplína operačního výzkumu zabývající se analýzou rozhodovacích úloh, v nichž je k řešení více variant. V reálné rozhodovací situaci se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Tato kritéria zpravidla nebývají ve vzájemném souladu. Cílem vícekriteriální analýzy je pak řešit vzniklý konflikt mezi vzájemně protikladnými kritérii. Konkrétním cílem může být výběr jedné tzv. optimální (kompromisní) varianty nebo jejich preferenční uspořádání, doporučené jako podklad ke konečné realizaci rozhodnutí. [3]

Úlohy vícekriteriální analýzy variant se dělí podle způsobu definování množiny variant. Při stanovení konečného počtu variant a jejich ohodnocení podle jednotlivých kritérií mluvíme o úlohách vícekriteriálního hodnocení variant.

*V modelech vícekriteriální analýzy variant je dána konečná množina  $m$  variant, které jsou hodnoceny podle  $n$  kritérií,<sup>2</sup> přičemž varianta je konkrétní rozhodovací možnost, předmět vlastního rozhodování, je realizovatelná a není logickým nesmyslem a kritérium je hledisko hodnocení dané varianty, které může nabývat kvantitativních nebo kvalitativních hodnot. [4]*

*Je-li hodnocení variant podle kritérií kvantifikováno, uspořádají se údaje do kritériální matice  $Y$ , kde prvek  $y_{ij}$  vyjadřuje hodnocení  $i$ -té varianty podle  $j$ -tého kritéria, jako<sup>3</sup>:*

$$Y = \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_m \end{matrix} \begin{bmatrix} f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \vdots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{bmatrix}$$

(3.1)

---

<sup>2</sup> ŠUBRT, T., *Ekonomicko-matematické metody*, s.162

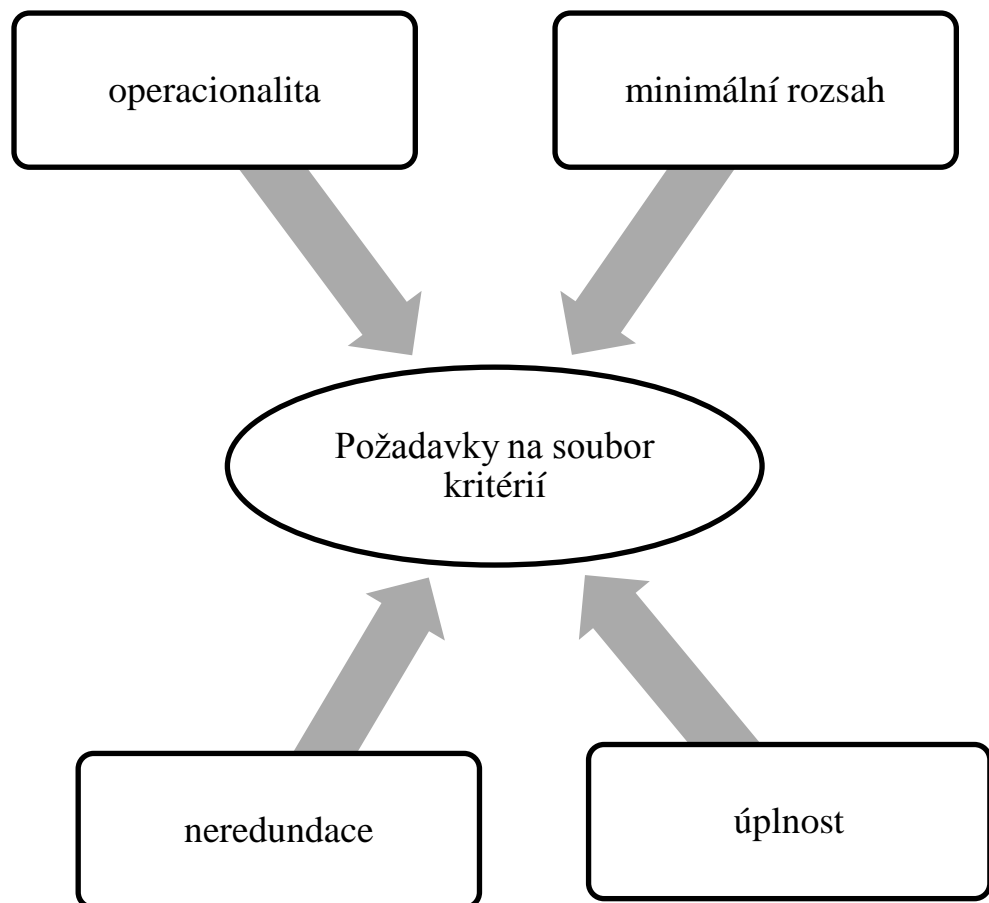
<sup>3</sup> ŠUBRT, T., *Ekonomicko-matematické metody*, s.163

### 3.3.1. Specifické požadavky na soubor kritérií

Výběr a formulace kritérií by měl probíhat před tvorbou variant, protože zvolená kritéria určují aspekty variant, které jsou předmětem hodnocení a zásadně ovlivní volbu optimální varianty či správné stanovení preferencí jednotlivých variant.

Zvolený soubor kritérií by měl plnit požadavky zobrazené na obr. 3.2 [1]

**Obr. 3.2 – Požadavky na soubor kritérií**



Soubor kritérií pro hodnocení variant řešení daného problému by měl umožnit posoudit a zhodnotit všechny přímé i nepřímé důsledky, jak pozitivní tak ty negativní. Takový soubor kritérií, který těmto požadavkům vyhovuje, lze považovat za úplný. [1]

Opercionalitou se rozumí schopnost rozhodovatele pracovat s každým kritériem a jednoznačně stanovit dopady variant vzhledem ke kritériím. Rozhodovatel tak může s kritériem pracovat, bez možnosti mylného výkladu a následné chyby. [1]

Neredundance souboru kritérií je dodržena pouze za předpokladu, že každý aspekt vchází do hodnocení variant řešení daného problému pouze jednou. *Soubor kritérií je považován za redundantní tehdy, když dochází k částečnému nebo úplnému překryvání kritérií.*<sup>4</sup> [1]

Požadavek minimálního rozsahu souboru kritérií apeluje na co nejmenší počet kritérií, jelikož se tím značně zjednodušuje výběr varianty určené k realizaci. V případě, že se důsledky variant vzhledem k určitým kritériím liší pouze málo, lze tato kritéria vyloučit i když se jedná o kritéria významná. [1]

Kritéria, podle nichž je vybrána nejvýhodnější varianta rozešijeme podle různých typů hledisek.

Podle povahy se dělí na maximalizační, nejlepší hodnoty nabývají varianty s největšími hodnotami, a minimalizační, kde naopak nejlepší varianty dosahují nejmenších hodnot ohodnocení. [3]

Podle kvantifikovatelnosti se rozlišují na kvantitativní, ohodnocení jednotlivých variant je ve formě objektivně měřitelných údajů, a kvalitativní, které nelze změřit, jsou většinou subjektivně odhadnuté uživatelem. [3]

---

<sup>4</sup> FOTR, J., *Manažerské rozhodování* s.136

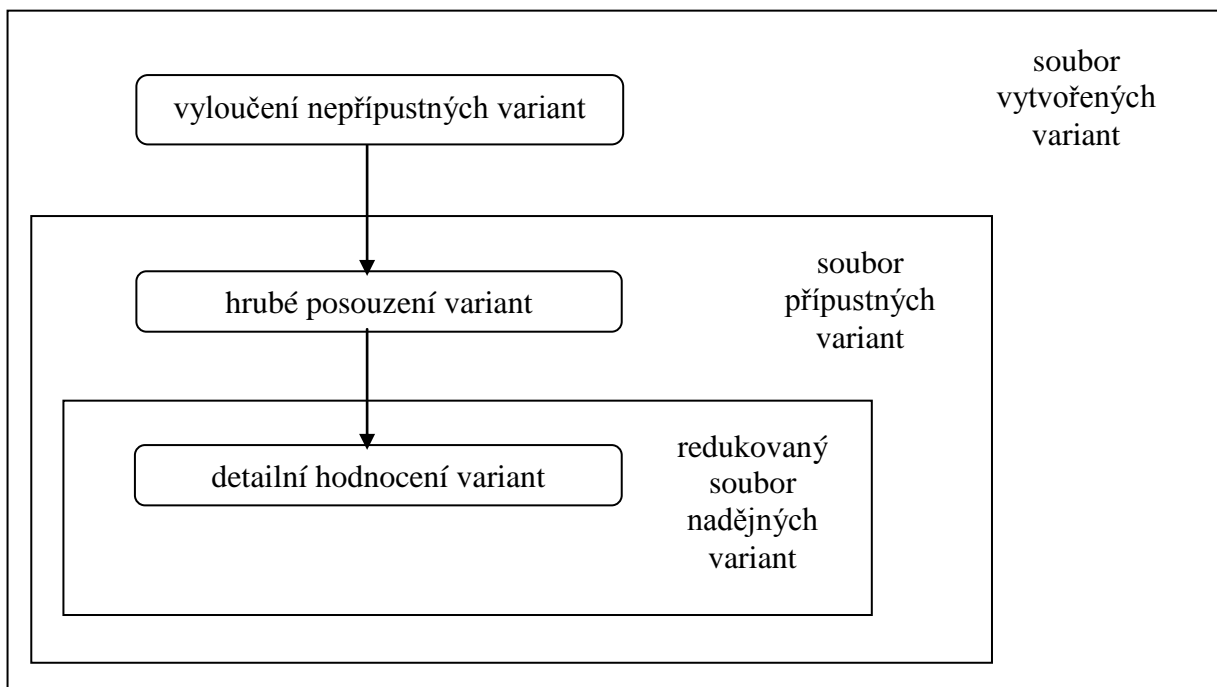


### 3.3.2. Tvorba variant

Racionální postup hodnocení variant vychází z přípustnosti varianty určené k realizaci. Z celkového souboru hodnocených variant je tedy třeba vyloučit nepřipustné a to z důvodu, že nenaplnují některé z cílů řešení rozhodovacího problému anebo překračují určité omezující podmínky. [1]

Při větším počtu přípustných variant je vhodné rozdělit proces jejich hodnocení do dvou fází. (viz obr. 3.3) [1]

**Obr. 1.3 – Proces hodnocení variant**



V první fázi dochází k hrubému posouzení variant s cílem vyloučit ty přípustné varianty, které jsou méně výhodné než ostatní přípustné varianty. Zde se využívá principu dominance, omezení při hodnocení pouze na klíčová kritéria, aspiračních úrovní, atd. Ve druhé fázi pak proběhne detailní hodnocení variant pomocí některých náročnějších metod vícekritériálního rozhodování. [1]

V rámci rozhodovacího procesu při tvorbě matematického modelu, je účelná definice variant se speciálními vlastnostmi [4] :

### **1. Dominovaná varianta**

Je varianta, kde se při maximalizační povaze všech kritérií předpokládá, že *varianta*  $a_i$  *dominuje* variantu  $a_j$ , *jestliže platí*  $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ik}) \geq (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jk})$  *a existuje alespoň jedno kritérium*  $f_l$ , *ž*e  $y_l \geq y_{jl}$ .<sup>5</sup>

### **2. Paretoovská varianta**

Není dominovaná žádnou jinou variantou. Tato varianta osahuje lepšího hodnocení podle nějakého kritéria, za cenu zhoršení hodnocení podle jiného kritéria.

### **3. Ideální varianta**

Hypotetická, nebo reálná varianta, která ve všech kritériích současně dosahuje nejlepšího ohodnocení.

### **4. Bazální varianta**

Hypotetická, nebo reálná varianta, která naopak ve všech svých kritériích současně dosahuje nejhorších hodnot.

Ideální a bazální varianta většinou neexistuje, jelikož by ideální byla jedinou nedominovanou variantou, tedy jednoznačně optimální. Bazální by naopak byla dominovaná ve všech svých ohodnocení podle kritérií současně a neuvažovala by se.

### **5. Kompromisní varianta**

Je jako jediná nedominovaná varianta doporučena k řešení rozhodovacího problému.

---

<sup>5</sup> ŠUBRT, T., *Ekonomicko-matematické metody*, s.165

### 3.3.3. Typ informace

Informace vyjadřující hodnocení jednotlivých variant podle zadaných kritérií, mohou mít různou formu [8] :

#### 1. Kardinální informace

Přesně vyjadřuje míru preference mezi jednotlivými hodnoceními. V případě preferencí kritérií jde o váhy, v případě hodnocení variant podle daného kritéria se jedná o konkrétní vyjádření tohoto hodnocení, nejčastěji v kvantitativní podobě.

#### 2. Ordinální informace

Informace zadaná pořadím kritérií podle důležitosti nebo uspořádáním variant podle ohodnocení daným kritériem.

#### 3. Nominální informace

Informace vyjádřena aspiračními úrovněmi – tj. nejhoršími možnými hodnoceními variant, které jsou stanovena jako akceptovatelná. Tato informace je přípustná pouze pro preference jednotlivých kritérií mezi sebou.

#### 4. Žádná informace

Je přípustná pouze u preferencí kritérií. V případě žádné informace o preferencích mezi variantami, není model matematicky řešitelný, neboť nelze rozhodnout o lepší či horší variantě.

### 3.3.4. Modelování preferencí rozhodovatele

Na základě definované množiny variant a souboru kritérií, podle nichž budou varianty hodnoceny, je důležité modelovat i vyjádření preferencí rozhodovatele, podle jeho představ. Vychází se ze tří přístupů modelování podle požadovaných typů informace od rozhodovatele. [5]

#### Aspirační úrovně

Vyjadřují preference rozhodovatele hodnotami, kterých by alespoň měla daná varianta, hodnocena podle jednotlivých kritérií, dosáhnout. Varianty, které této požadované aspirační úrovni dosáhnou, se nazývají akceptovatelné varianty. Změnou těchto aspiračních úrovní rozhodovatel zpřesňuje svoje preference. [5]

#### Ordinální informace

Udává pořadí jednotlivých kritérií, od nejvíce důležitého po nejméně. [5]

#### Váhy

Se vyjadřují vektorem vah kritérií (viz vzorec č. 1.1) a jsou kardinální informací o relativní důležitosti kritérií. [5]

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k), \quad \sum_{i=1}^k v_i = 1, \quad v_i \geq 0.$$

(3.2)

Čím je kritérium důležitější, tím větší je současně jeho váha. Pro stanovení těchto odhadů vah existují různé metody, které se konstruují na základě subjektivních informací od rozhodovatele.

#### Metody stanovení vah

Stanovení vah se považuje za výchozí krok k analýze modelu vícekritériální analýzy variant. Informace získané dále uvedeným postupem se použijí pro stanovení preferenčních vztahů mezi variantami v závislosti na cílech celé analýzy. Pro srovnatelnost se váhy zpravidla normují tak, aby v celku dávaly součet roven jedné. [1,4,8]

### **Saatyho metoda**

Jedná se o metodu s propracovanějším postupem odhadu vah kritérií, při jejíž aplikaci se vychází z párového porovnání dvojic kritérií. Stupeň důležitosti jednoho kritéria před druhým je vyjádřen pomocí celočíselné bodové stupnice 1 – 9, která má také svou verbální interpretaci a je vyjádřena následovně: [3]

- kritéria  $Y_i$  a  $Y_j$  jsou stejně důležitá ( $s_{ij} = s_{ji} = 1$ ),
- kritérium  $Y_i$  je slabě důležitější než kritérium  $Y_j$  ( $s_{ij} = 3, s_{ji} = 1/3$ ),
- kritérium  $Y_i$  je silně důležitější než kritérium  $Y_j$  ( $s_{ij} = 5, s_{ji} = 1/5$ ),
- kritérium  $Y_i$  je velmi silně důležitější než kritérium  $Y_j$  ( $s_{ij} = 7, s_{ji} = 1/7$ ),
- kritérium  $Y_i$  je absolutně důležitější než kritérium  $Y_j$  ( $s_{ij} = 9, s_{ji} = 1/9$ ).

Informace se pak sestaví do tzv. *Saatyho matice* (viz vzorec č. 1.2), kde prvky této matice  $s_{ij}$  lze interpretovat jako odhady podílu vah  $i$ -tého a  $j$ -tého kritéria.<sup>6</sup>

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/s_{1k} & \cdots & 1/s_{2k} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

V matici párových porovnání  $S$  jsou vyjádřeny preference rozhodovatele. Ty je třeba použít pro odhad vah kritérií. Aby byly informace použitelné, je požadována patřičná kvalita, musí být dostatečně konzistentní. [3]

Pro počet kritérií  $k$  větší než 3 je velice složité zajistit, aby byla matice  $S$  plně konzistentní. Proto se počítá vlastní vektor matice  $S$  příslušející největšímu vlastnímu číslu (viz vzorec č. 3.4). [3]

$$S = \lambda_{max} \quad (3.4)$$

---

<sup>6</sup> BROŽOVÁ H., HOUŠKA, M., ŠUBRT T., *Modely pro vícekritériální rozhodování*, s. 16

U plně konzistentní matice platí, že  $\lambda_{max} = k$ . Při neúplné konzistenci matic je  $\lambda_{max} > k$ . Čím je konzistence více porušena, tím je rozdíl  $\lambda_{max} - k$  vyšší. Pro výpočet dostatečné konzistence je definován index konzistence *C. I.* Jako [3]:

$$C. I. = \frac{\lambda_{max} - k}{k - 1}. \quad (3.5)$$

Za dostatečně konzistentní je považována matice s hodnotou *C. I.* nižší než 0,1.

Odhad váhového vektoru  $v$ , lze pak získat jako geometrický průměr prvků v každém řádku matice  $S$  normalizovaný tak aby součet jeho prvků byl roven jedné, kde [3]:

$$v'_i = \left( \prod_{j=1}^k s_{ij} \right)^{1/k}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (3.6)$$

$$v_i = \frac{v'_i}{\sum_{i=1}^k v'_i}, \quad i = 1, 2, \dots, k. \quad (3.7)$$

### **3.3.5. Metody vícekritériálního hodnocení variant**

Mezi základní přednosti metod vícekritériálního rozhodování patří především možnost posuzovat varianty vzhledem k rozsáhlému souboru kritérií. Rozhodovatel vyjadřuje svoje chápání jednotlivých kritérií hodnocení explicitně a tak činí celý proces rozhodování transparentním, reprodukovatelným a jasným i pro jiné subjekty to zn., že mají obecný charakter, který nezávisí na obsahové náplni jednotlivých variant rozhodování. [1]

#### **Metody vyžadující aspirační úrovně kritérií**

Metody jsou založeny na využití nominální informace a pracující s aspiračními úrovněmi kritérií. Porovnáním kritériálních hodnot všech variant podle všech kritérií se rozdělí jednotlivé varianty na akceptovatelné (splňující danou aspirační úroveň) a neakceptovatelné (nesplňující). [4]

V případě dostatečného zpřísnění aspiračních úrovní může dojít k jediné akceptovatelné variantě, která je následně označena za kompromisní. Nebo může nastat situace, při které, za daných aspiračních úrovní, nevyhovuje žádná z variant. V tom případě je třeba některé aspirační úrovně kritérií uvolnit.

Dále jsou uvedené dvě základní metody jak s aspiračními úrovněmi pracovat.

#### ***Konjunktivní metoda***

Pro každé maximalizační kritérium je dána minimální hodnota, které musí daná varianta dosáhnout a naopak pro minimalizační kritérium je dána maximální hodnota.

Při použití konjunktivní metody je varianta akceptovatelná pouze tehdy, když splňuje zadané aspirační úrovně  $y_j^*$  pro všechna kritéria, tzn. varianta  $a_i$  je vyhovující pokud  $y_{ij} \geq y_j^*$  pro všechna  $j = 1, \dots, k$ . [10]

### ***Disjunktivní metoda***

Pro každé maximalizační kritérium je opět dána minimální hodnota, které musí daná varianta dosáhnout a naopak pro minimalizační kritérium.

Při použití disjunktivní metody je varianta akceptovatelná tehdy, splňuje-li zadané aspirační úrovně  $y_j^*$  alespoň jedno kritérium, tzn. varianta  $a_i$  je vyhovující pokud existuje  $j = 1, \dots, k$  takové, že  $y_{ij} \geq y_j^*$  [10]

Metodu aspiračních úrovní je možné použít pro upravení celkového počtu variant, při aplikaci metod, které využívají kardinální informace.

### **Metody vyžadující kardinální informace**

Metody vyžadují kardinální informace o kritériích v podobě vah a informace o variantách v zadané kriteriální matici s kardinálními hodnotami. Za jeden z přístupů pro hodnocení variant se považuje Minimalizace vzdálenosti od ideální varianty. [4]

### ***TOPSIS***

Metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) posuzuje varianty na základě jejich vzdálenosti od ideální a bazální varianty. Je zapotřebí kardinálního ohodnocení variant podle jednotlivých kritérií a vah těchto kritérií.

Metoda TOPSIS je dále pospána v následujících krocích. [3,4,7]

1. Z původních ohodnocení variant  $y_{ij}$  se vytvoří normalizovaná matice  $R$  s hodnotami  $r_{ij}$ , kde:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{ij})^2}}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, k. \quad (3.8)$$

2. Vypočte se vážená kriteriální matice  $W$  s hodnotami  $w_{ij}$  podle vztahu :

$$w_{ij} = v_j r_{ij}. \quad (3.9)$$



3. Vzhledem k hodnotám matice  $W$  se určí ideální varianta  $H$  s ohodnocením  $(H_1, \dots, H_k)$  a bazální varianta  $D$  s ohodnocením  $(D_1, \dots, D_k)$  kde  $H_j = \max_i (w_{ij})$  a  $D_j = \min (w_{ij}), j = 1, 2, \dots, k$ .
4. Vypočtou se vzdálenosti od ideální a bazální varianty (viz vzorce č. 3.10 a 3.11).

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - h_j)^2} \quad (3.10)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - d_j)^2} \quad (3.11)$$

5. Spočítá se ukazatel  $c_i$  určující relativní vzdálenost od bazální varianty (viz vzorec č.3.12), kde ukazatel  $c_i$  nabývá hodnot z intervalu  $\langle 0,1 \rangle$ , 0 pro bazální a 1 pro ideální variantu.

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.12)$$

6. Varianty se na závěr seřadí sestupně podle hodnot  $c_i$ , pro které platí:

$$0 \leq c_i \leq 1 \quad (3.13)$$

$$c_i = 0 \Leftrightarrow a_i \approx (D_1, D_2, \dots, D_k) \quad (3.14)$$

$$c_i = 1 \Leftrightarrow a_i \approx (H_1, H_2, \dots, H_k) \quad (3.15)$$

## **4. Praktická aplikace**

V následující části práce budou podrobně rozpracované jednotlivé fáze rozhodovacího procesu podle systémového přístupu H. Simona. Vycházet se bude z metod a modelů popsaných v první části práce, v literární rešerši.

### **4.1. Identifikace problému (*Intelligence*)**

#### **4.1.1. Charakteristika zkoumaného objektu**

Společnost EkologieA-Z, s.r.o. působí na trhu více jak 18 let. Zajišťuje komplexní služby v oblasti ochrany a tvorby životního prostředí. Působí zejména v oblastech geologicko-průzkumných prací, ekologických auditů, rizikových analýz, projektování vodohospodářských prací a poradenství v ochraně životního prostředí. Dále se zabývá technickými, sanačními a dekontaminačními pracemi.

Poskytuje služby v oblasti přípravy organizací v procesu zavádění systémů řízení jakosti, environmentálního managementu a hodnocení vlivu staveb na životní prostředí. Dále se zabývá poradenskou a konzultační činností při přípravě projektů podporovaných z finančních zdrojů EU a ČR.

#### **4.1.2. Popis nedostatků současného stavu**

Větší část zakázek se realizovala v kraji Vysočina na Jižní Moravě v okolí svých středisek ve Velkém Meziříčí a Třebíči. Vzhledem k dlouhodobému působení v daném regionu, firma zde v současné době nevidí potenciál růstu. Proto se rozhodla pro expanzi se zaměřením na celou Českou Republiku.

#### **4.1.3. Identifikace problému a cíle jeho řešení**

V návaznosti na expanzivní strategii podniku, vzniká potřeba nákupu nových automobilů pro obchodního zástupce. Společnost se vzhledem ke svému působení v ekologii, rozhodla pro hybridní vůz, vyráběný právě za účelem ochrany a šetrnosti k životnímu prostředí, jehož výběr je cílem této práce.

## **4.2 Analýza a řešení problému (*Design*)**

### **4.2.1. Stanovení kritérií rozhodování**

Rozhodovatel stanovil základní požadavky, který by měl nový vůz splňovat. Jedná se především o úsporný provoz, dostatečně prostorný zavazadlový prostor a co nejmenší dopad na životní prostředí.

Na základě těchto požadavků byla stanovena následující kritéria:

#### **Kombinovaná spotřeba (l/100 km)**

Vyjadřuje, kolik vůz spotřebuje litrů paliva na 100 km. Skládá se z 30% spotřeby ve městě a 70% spotřeby mimo město. Je důležitým kritériem, vzhledem k celkovým nákladům, které z investice do automobilu plynou. Kritérium je minimalizační.

#### **Maximální výkon elektromotoru (kW)**

Výkon motoru vyjadřuje práci vykonanou motorem za určitý čas. Udává se v kilowattech. Čím je maximální výkon elektromotoru vyšší, tím vůz zatěžuje spalovací motor daleko méně a spotřebovává i méně energie. Celkový provoz je tak ekologičtější. Kritérium, jak už sám název říká, je maximalizační.

#### **Maximální rychlost elektromotoru (km/h)**

Toto kritérium udává, schopnost vozu jet pouze na elektrický pohon, tedy bez použití spalovacího motoru. Provoz má pak nulovou spotřebu a nulové emise. Nezáleží pouze na rychlosti, ale také na způsobu jízdy a terénu. Jako standardizovaný údaj je považován pro tento model za relevantní kritérium. Je udáváno v kilometrech za hodinu a má maximalizační povahu.

#### **Objem zavazadlového prostoru (l)**

V modelu se rozumí standardní objem zavazadlového prostoru v litrech, bez sklopených či vyjmutých zadních sedaček. Kritérium má maximalizační povahu.

### **Kombinované emise CO<sub>2</sub> (g/km)**

Vymezuje jaké množství emisí CO<sub>2</sub> je vyprodukováno při ujetí jednoho kilometru. Toto kritérium má významný dopad na životní prostředí. Kritérium má minimalizační povahu.

### **Celkový maximální výkon (kW)**

Výkon, jak již bylo zmíněno dříve, udává energii vykonanou motorem. Udává se v kilowattech. Je významný v souvislosti s mírou opotřebení při provozu. Čím je vyšší, tím je normální jízda pro vůz šetrnější a pomaleji se opotřebovává. Jedná se o maximalizační kritérium.

### **Objem palivové nádrže (l)**

Stanovuje kolik litrů paliva je možné do nádrže jednorázově natankovat. Toto kritérium je uvedené především z hlediska úspory času a flexibility. Je maximalizační povahy.

### **Zrychlení z 0 na 100 km/h**

Udává zrychlení vozu z 0 na 100 km v hodině. Jedná se o další standardizovaný, lehce dostupný údaj, který je rozhodující v otázce bezpečnosti při předjíždění a při krizových situacích. Je minimalizační povahy.

### **Cena**

Je jednorázový investiční výdaj, který rozhodovatel zaplatí za pořízení vozu. Ceny všech uvedených vozů jsou doporučeny výrobcem. Dále cena odpovídá základní výbavě jednotlivých vozů, která se s ohledem na kategorii mění. V modelu je uvedena včetně daně z přidané hodnoty. Jedná se o kritérium minimalizační.

#### 4.2.2. Stanovení množiny variant

Internetovým průzkumem evropského trhu s hybridními automobily, bylo na základě dostupnosti v České Republice, vybráno následujících 16 variant vozů. Podle struktury pohonného systému jsou rozděleny na dvě skupiny a to tzv. *full hybridy a mild hybridy*<sup>7</sup>.

##### **Hybridní vůz**

Hybridní automobil užívá kombinace klasického spalovacího motoru a elektromotoru. Akceleraci vozu zajišťují oba dva motory současně a nadbytečná energie ze spalovacího motoru slouží k nabíjení baterie. Spotřeba je nejnižší při klidné jízdě ve městě.

##### **Full hybrid**

Tento typ pohonného systému je vybaven spalovacím motorem i elektromotorem, které jsou propojeny převodovkou. Elektromotor i spalovací motor jsou tak zapojeny vedle sebe a k pohonu lze využít buďto jeden z nich, nebo oba dva najednou. Obvykle je možné, pomocí přepnutí tlačítka, určit zda vůz pojedí na baterii či spalovací motor.

##### **Mild hybrid**

Typ hybridního pohonu, kdy hybridní auto využívá k pohonu kol po celou dobu jízdy pouze spalovací motor. Elektromotor asistuje ve vybraných situacích, např. při rozjíždění, zrychlování. Není však možné, aby byl vůz poháněn pouze elektřinou. Vozidla mají předimenzovaný startér, který umožňuje vypnout motor kdykoliv, když auto např. brzdí či zastavuje a poté jej opět rychle uvést do provozu. [11]

---

<sup>7</sup> *Hybrid: slovníček* [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovnicek>

V rámci v těchto skupin je dále použito rozdělení na třídy podle kategorií jednotlivých vozů.

### **SUV (Sport Utility Vehicle)**

Sportovní užitkové vozidlo, které kombinuje výhody terénních vozidel (schopnost pohybu mimo silnice, robustnost, větší zavazadlový prostor, atd.) s těmi silničními (komfort, ovladatelnost na silnici, atd.). Typické je pro ně zvětšení světlé výšky a pohon všech čtyř kol.

### **Luxusní třída**

Též označována jako luxusní limuzíny, poskytují komfort, především na zadních sedadlech. Obvykle se jedná o sedany.

### **Vyšší střední třída**

Automobily v této třídě nabízejí velký zavazadlový prostor a za příplatek luxusní výbavu. Zpravidla se vyrábějí v provedení sedan, kombi nebo liftback.

### **Střední třída**

Je kategorie automobilů mezi nižší střední třídou a vyšší střední třídou. Zpravidla se jedná o rodinné vozy typu sedan, kombi a liftback.

### **Nižší střední třída**

V evropských zemích se jedná o neprodávanější kategorii vozů. Typickou karosérií je hatchback, kombi a sedan.

Údaje o vozech jsou podle kritérií uspořádány do výchozí tabulky (viz příloha č. 1), která byla vyplněna na základě technických parametrů z oficiálních internetových stránek jednotlivých výrobců automobilů. [13]

V návaznosti na předcházející rozdělení podle struktury pohonného systému a třídy vozu, jsou v tabulce v příloze č. 1, doplněny sloupce Typ hybridu a Kategorie vozu, které jednotlivá vozidla blíže charakterizují.

Pro přehlednost jsou další tabulky s výpočty, upraveny podle zkratk uvedených v následující tabulce č. 4.1.

**Tabulka 4.1 – Zkratky**

<b>Varianty</b>	<b>Označení</b>	<b>Kritéria</b>	<b>Označení</b>
BMW ActiveHybrid X6	V1	Spotřeba komb. (l/100 km)	K1
BMW ActiveHybrid 7	V2	CO2 kom. (g/km)	K2
BMW ActiveHybrid 5	V3	Objem zav. prostoru (l)	K3
Honda Insight Hybrid	V4	Max. výkon el. motoru (kW)	K4
Honda Civic Hybrid	V5	Max. rychlost el. motoru (km/h)	K5
Honda Jazz Hybrid	V6	Cena (s DPH) (Kč)	K6
Lexus CT 200h	V7	Objem pal. nádrže (l)	K7
Lexus LS 600h	V8	Zrychlení z 0 na 100 km/h (s)	K8
Lexus RX 450h	V9	Max. výkon celkový (kW)	K9
Lexus GS 450h	V10		
Mercedes S 400 Hybrid	V11		
Porsche Cayenne Hybrid	V12		
Porsche Panamera Hybrid	V13		
Toyota Auris Hybrid	V14		
Toyota Prius	V15		
VW Touareg Hybrid	V16		

## Modelování preferencí rozhodovatele

Výchozím krokem celého modelu vícekritériální analýzy variant je stanovení vah. Ty jsou stěžejní pro stanovení preferenčních vztahů mezi variantami v závislosti na cílech celé analýzy.

Váhy vyjádřené vektorem vah, jsou odvozeny *Saatyho metodou* (viz tabulka č.4.2), na základě rozhodovatelových subjektivních preferencí jednotlivých kritérií.

Rozhodovatel na základě Saatyho bodové stupnice porovnává a hodnotí jednotlivá kritéria mezi sebou. Pro méně důležité kritérium se použije převrácená hodnota čísla.

Odhad váhového vektoru se pak získá jako geometrický průměr prvků v každém řádku Saatyho matice podle vzorců:

$$v'_i = \left( \prod_{j=1}^k s_{ij} \right)^{1/k}, \quad i = 1, 2, \dots, k,$$

$$v_i = \frac{v'_i}{\sum_{i=1}^k v'_i}, \quad i = 1, 2, \dots, k.$$

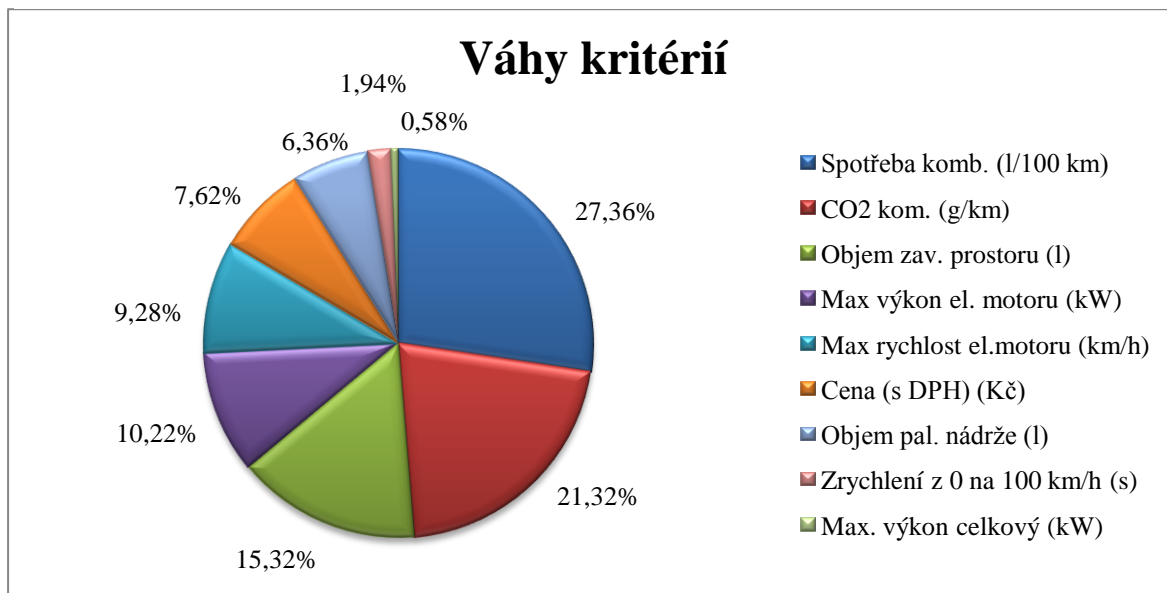
**Tabulka 4.2 - Stanovení vah kritérií**

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	$v'_i$	$v_i$
K1	x	5	7	7	7	7	7	9	9	58,0000	0,2736
K2	1/5	x	3	5	5	7	7	9	9	45,2000	0,2132
K3	1/7	1/3	x	3	3	5	5	7	9	32,4762	0,1532
K4	1/7	1/5	1/3	x	1	3	3	7	7	21,6762	0,1022
K5	1/7	1/5	1/3	1	x	3	3	5	7	19,6762	0,0928
K6	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	x	3	5	7	16,1524	0,0762
K7	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	1/3	x	5	7	13,4857	0,0636
K8	1/9	1/9	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	x	3	4,1079	0,0194
K9	1/9	1/9	1/9	1/7	1/7	1/7	1/7	1/3	x	1,2381	0,0058



Pro představu je procentuální vyjádření vektoru vah kritérií zobrazeno v grafu č.4.1, protože se jedná o normalizovaný postup odvození vektoru vah, dává dohromady součet 100 % (v hodnotách 1).

**Graf č. 1 - Váhy kritérií**



Dále je potřeba dopočítat konzistenci matice. Jedině je-li matice konzistentní jsou dané informace kvalitní a dají se v modelu dále použít. Zde je index konzistence vypočítaný podle vzorce:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - k}{k - 1}.$$

$C.I. = 0,1830$ . I přes to, že přesahuje hranici, 0,1 je index, vzhledem k rozsáhlosti tabulky, dostačující a lze tudíž matici  $S$  považovat za konzistentní.

Tabulka s výpočtem indexu konzistence  $C. I.$  je v příloze (viz příloha č. 2).

## Stanovení přípustných variant

V první fázi je potřeba vyloučit nepřipustné varianty. Nejdříve se ověří nedominovanost všech variant. Vzhledem k protichůdnosti některých souborů kritérií, např. výkon – ekologie, není žádná z variant dominovaná, tudíž se jedná o varianty přípustné.

Rozhodovatel specifikoval požadavek na celkovou kombinovanou spotřebu vozu, která by neměla přesáhnout 8 l na 100 km. Kritérium Spotřeba komb. (l/100km) tak nesmí být větší než 8 l.

Použitím *disjunktivní metody*, vyžadující aspirační úroveň, se varianty roztrídí na akceptovatelné, splňující aspirační úroveň, a neakceptovatelné, které nebudou dále zvažovány jako volba určená k realizaci. (viz tabulka č. 4.3).

**Tabulka č. 4.3 Disjunktivní metoda**

Model	Spotřeba komb. (l/100 km)
<i>BMW ActiveHybrid X6</i>	9,9
<i>BMW ActiveHybrid 7</i>	9,4
<b>BMW ActiveHybrid 5</b>	6,4
<b>Honda Insight Hybrid</b>	4,4
<b>Honda Civic Hybrid</b>	4,6
<b>Honda Jazz Hybrid</b>	4,5
<b>Lexus CT 200h</b>	3,8
<i>Lexus LS 600h</i>	9,3
<b>Lexus RX 450h</b>	6,3
<b>Lexus GS 450h</b>	7,7
<b>Mercedes S 400</b>	7,9
<i>Porsche Cayenne Hybrid</i>	8,2
<b>Porsche Panamera Hybrid</b>	7,1
<b>Toyota Auris Hybrid</b>	3,8
<b>Toyota Prius</b>	3,9
<i>VW Touareg Hybrid</i>	8,2

Neakceptovatelné varianty vozů, které nedostály zadavatelským požadavkům, jsou: BMW ActiveHybrid 7 a BMW ActiveHybrid X6, Lexus LS 600h, Porsche Cayenne Hybrid a VW Touareg Hybrid.

### 4.3. Výběr řešení (*Choice*)

#### 4.3.1. Modelování výběru kompromisní varianty

Jak již bylo zmíněno v literární rešerši, kompromisní varianta bude vybrána metodou **TOPSIS** (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), kde se využívá principu minimalizace vzdálenosti od ideální varianty.

Vychází se z kardinálního ohodnocení jednotlivých variant (viz příloha 1) a z dopočteného odhadu váhového vektoru (viz tab. č. 4.2).

Nejdříve se zkonstruuje normalizovaná kritériální matice  $R = (r_{ij})$ , (tabulka č. 4.4) podle vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{ij})^2}}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, k..$$

**Tabulka č. 4.4 - Matice R**

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>	<b>K9</b>
<b>V3</b>	0,3384	0,3382	0,2905	0,1772	0,4558	0,3448	0,3383	0,1844	0,4246
<b>V4</b>	0,2327	0,2293	0,3161	0,0443	0,0000	0,1136	0,2020	0,3906	0,1227
<b>V5</b>	0,2432	0,2474	0,2712	0,0665	0,0000	0,1311	0,2525	0,3781	0,1321
<b>V6</b>	0,2380	0,2361	0,2324	0,0443	0,0000	0,0939	0,2020	0,3938	0,1227
<b>V7</b>	0,2009	0,1975	0,2673	0,2658	0,3419	0,1530	0,2272	0,3219	0,1378
<b>V9</b>	0,3331	0,3292	0,3843	0,5450	0,3419	0,3216	0,3282	0,2438	0,3453
<b>V10</b>	0,4072	0,4063	0,2169	0,6513	0,3419	0,3205	0,3282	0,1844	0,4114
<b>V11</b>	0,4177	0,4222	0,4339	0,0665	0,0000	0,4857	0,4545	0,2250	0,3868
<b>V13</b>	0,3754	0,3791	0,2611	0,1506	0,4558	0,5829	0,4040	0,1875	0,5265
<b>V14</b>	0,2009	0,2020	0,2162	0,2658	0,3419	0,1291	0,2272	0,3563	0,1378
<b>V15</b>	0,2062	0,2020	0,3448	0,2658	0,3419	0,1423	0,2272	0,3250	0,1378

Pomocné hodnoty pro vypočítání matice  $R$  je uveden v tabulce viz příloha č. 3.

Dále se na základě spočítaného odhadu vektoru vah (viz tabulka č. 4.2) a výše dopočtené matice  $R$  (viz tabulka č. 4.4) vypočte vážená kritériální matice  $W = (w_{ij})$ , tabulka č. 4.5, podle vzorce:

$$w_{ij} = v_j r_{ij}.$$

**Tabulka č. 4.5 - Matice W**

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>	<b>K9</b>
<b>V3</b>	0,0926	0,0721	0,0445	0,0181	0,0423	0,0263	0,0215	0,0036	0,0025
<b>V4</b>	0,0637	0,0489	0,0484	0,0045	0,0000	0,0087	0,0128	0,0076	0,0007
<b>V5</b>	0,0665	0,0528	0,0415	0,0068	0,0000	0,0100	0,0161	0,0073	0,0008
<b>V6</b>	0,0651	0,0503	0,0356	0,0045	0,0000	0,0072	0,0128	0,0076	0,0007
<b>V7</b>	0,0550	0,0421	0,0409	0,0272	0,0317	0,0117	0,0145	0,0062	0,0008
<b>V9</b>	0,0911	0,0702	0,0589	0,0557	0,0317	0,0245	0,0209	0,0047	0,0020
<b>V10</b>	0,1114	0,0866	0,0332	0,0666	0,0317	0,0244	0,0209	0,0036	0,0024
<b>V11</b>	0,1143	0,0900	0,0665	0,0068	0,0000	0,0370	0,0289	0,0044	0,0023
<b>V13</b>	0,1027	0,0808	0,0400	0,0154	0,0423	0,0444	0,0257	0,0036	0,0031
<b>V14</b>	0,0550	0,0431	0,0331	0,0272	0,0317	0,0098	0,0145	0,0069	0,0008
<b>V15</b>	0,0564	0,0431	0,0528	0,0272	0,0317	0,0108	0,0145	0,0063	0,0008

Vzhledem k hodnotám matice  $W$  se určí hypotetická ideální varianta  $H$ , která nabývá nejlepšího ohodnocení podle všech kritérií. A bazální varianta  $D$ , která nabývá nejhoršího ohodnocení podle všech kritérií. (tabulka č. 4.6)

**Tabulka č. 4.6 - Ideální a Bazální varianta**

	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>	<b>K9</b>
<b>H</b>	0,0550	0,0421	0,0665	0,0666	0,0423	0,0072	0,0289	0,0036	0,0031
<b>D</b>	0,1143	0,0900	0,0331	0,0045	0,0000	0,0444	0,0128	0,0076	0,0007

Nyní se vypočítají vzdálenosti od ideální  $d^+$  a bazální  $d^-$  varianty podle vzorců:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - h_j)^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - d_j)^2}$$

Pomocná tabulka s výpočty je přiložena (viz příloha č. 4 a 5).

Nakonec se spočítá ukazatel  $c_{ij}$  určující relevantní vzdálenost od bazální varianty, jako:

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Varianty se seřadí sestupně (viz tabulka č. 4.7) podle hodnot  $c_{ij}$  a varianta s nevyšší hodnotou bude jako výsledek řešeného problému doporučena k realizaci.

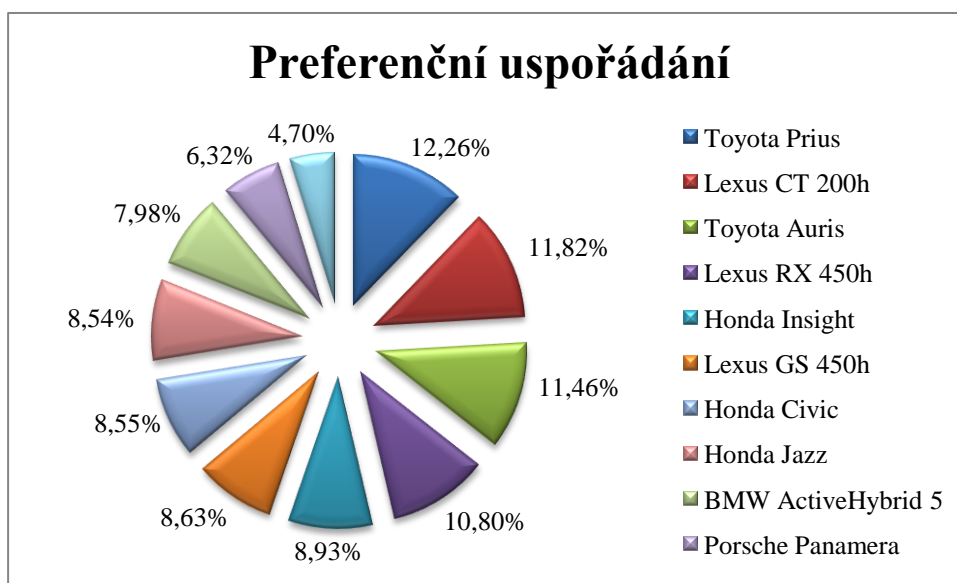
**Tabulka č. 4.7: Pořadí - metoda TOPSIS**

	<b>Model</b>	<b>d+</b>	<b>d-</b>	<b>ci</b>	<b>Pořadí</b>
<b>V15</b>	Toyota Prius	0,0457	0,1527	0,6697	1
<b>V7</b>	Lexus CT 200h	0,0506	0,1546	0,6454	2
<b>V14</b>	Toyota Auris Hybrid	0,0549	0,1549	0,6261	3
<b>V9</b>	Lexus RX 450h	0,0525	0,1562	0,5899	4
<b>V4</b>	Honda Insight Hybrid	0,0798	0,1653	0,4876	5
<b>V10</b>	Lexus GS 450h	0,0821	0,1561	0,4713	6
<b>V5</b>	Honda Civic Hybrid	0,0802	0,1564	0,4672	7
<b>V6</b>	Honda Jazz Hybrid	0,0839	0,1564	0,4666	8
<b>V3</b>	BMW ActiveHybrid 5	0,0746	0,1731	0,4357	9
<b>V13</b>	Porsche Panamera Hybrid	0,0922	0,1563	0,3451	10.
<b>V11</b>	Mercedes S 400 Hybrid	0,1099	0,1561	0,2569	11.

### 4.3.2. Stanovení preferenčního pořadí

Metodou TOPSIS se získalo preferenční uspořádání jednotlivých variant hybridních vozů, které je zobrazené na grafu č. 4.2.

Graf č. 4.2 – Preferenční uspořádání



Na základě výsledků metody TOPSIS budou firmě EkologieA-Z, s.r.o. doporučeny k realizaci nákupu vozů, první tři možnosti, které jsou blíže rozebrány.

Nejlépe se umístil vůz Toyota Prius s hodnotou ukazatele relativní vzdálenosti od bazální varianty 0,6697. Jedná se o první sériově vyráběný hybridní vůz vůbec, se kterým Toyota přišla na trh nejdříve v Japonsku v roce 1997, v Evropě pak v roce 2000.

Druhou největší vzdálenost od bazální varianty má vůz Lexus CT 200h, který také pochází z továrny koncernu vozů Toyota, jedná se ovšem o divizi luxusních vozů. Rozdíl mezi ním a Priusem je necelých 0,5% .

Na třetím místě skončil opět vůz Toyoty, tentokrát Auris Hybrid, s hodnotou ukazatele relativní vzdálenosti  $c = 0,6261$ . Rozdíl mezi prvním a třetím místem je tak menší než 1%

## 5. Závěr

Práce byla vypracována za účelem vyřešení rozhodovacího problému, kdy společnost EkologieA-Z, s.r.o., zvažuje nákup nového hybridního vozu pro svého obchodního zástupce. Tento rozhodovací problém byl řešen pomocí kvantitativních ekonomických metod. Na základě dat a předpokládaných vazeb mezi nimi, byl sestaven kvantitativní model, jehož řešením se získali požadované údaje potřebné pro konečné rozhodnutí.

Vycházelo se z metod operačního výzkumu, který zkoumá operace v rámci celku a jeho cílem je zajištění takové úrovně operací, aby bylo dosaženo co největší efektivity systému jako celku. Základním nástrojem operačního výzkumu je matematické modelování. Práce se konkrétně zabývala modelem vícekriteriálního rozhodování.

Cílem vícekriteriální analýzy variant je řešit vzniklý konflikt mezi vzájemně protichůdnými kritérii. V případě této práce se jednalo o konflikt, mezi ekologickou, výkonovou a finanční stránkou vozů.

Bylo stanoveno 9 kritérií, na základě požadavků rozhodovatele – společnosti EkologieA-Z, s.r.o., který vzhledem ke svému profesnímu zaměření kladl důraz na šetrnost a ochranu životního prostředí. Dále bylo vybráno 16 variant hybridních vozů, které jsou dostupné v České Republice a byli tak zvažovány k potencionálnímu nákupu.

Saatyho metodou byl nejprve vypočítán odhad váhového vektoru, který byl použit v modelu metody TOPSIS, která vychází ze vzdálenosti od ideální a bazální varianty. Bylo stanoveno preferenční pořadí vozů, které slouží jako podklad k volbě varianty určené k realizaci.

Vzhledem k minimálnímu rozdílu na prvních třech místech, budou rozhodovateli doporučeny všechny tři varianty, tedy vůz Toyota Prius, Lexus CT 200h a Toyota Auris Hybrid. Konečné rozhodnutí o nákupu vozu tak bude záležet čistě na subjektivních preferencích a možnostech rozhodovatele.

## 6. Seznam použitých zdrojů

- [1] FOTR, Jiří. *Manažerské rozhodování*. 3. upr. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2003, 250 s. ISBN 80-861-1969-6.
- [2] KOLČAVOVÁ, A. *Kvantitativní metody v rozhodování*. Zlín : UTB, 2006. ISBN 80-7318-037-5
- [3] JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 2. vyd. Praha: Professional Publishing, 2002, 323 s. ISBN 80-864-1942-8.
- [4] ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 351 s. ISBN 978-807-3803-452.
- [5] FIALA, Petr. *Modely a metody rozhodování*. 2. přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica, 2008, 292 s. ISBN 978-80-245-1345-4 (BROŽ.).
- [6] BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: ČZU, 2003. ISBN 80-213-1019-7
- [7] SHIH SHIH, Hsu, Huan JYH SHYUR a E. Stanley LEE. Comparison of Weights in TOPSIS. *Mathematical and Computer Modelling* [online]. 2004[cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mcm.2004.10.003>
- [8] GROS, Ivan. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2003, 432 s. ISBN 80-247-0421-8.
- [9] ZÍSKAL, J., HAVLÍČEK, J. *Ekonomicko matematické metody II: studijní texty pro distanční studium*. Praha: ČZU, 2003. ISBN 80-213-0664-5
- [10] KALCEV, Jana. *Informace o aspiračních úrovních kritérií*. Dostupné z: <http://jana.kalcev.cz/vyuka/kestazeni/EKO422-Aspiracni.pdf>



- [11] *Hybrid: slovníček* [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/slovnicek>
- [12] *Katalog automobilů* [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.katalog-automobilu.cz/>
- [13a] Porsche: Cayenne Hybrid. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://auto.porsche.cz/modely/cayenne/cayenne-s-hybrid/technicka-specifikace>
- [13b] Porsche: Panamera Hybrid. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://auto.porsche.cz/modely/panamera/panamera-s-hybrid/technicka-specifikace>
- [13c] Volkswagen: Touareg Hybrid. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: [http://www.volkswagen.cz/modely/touareg/vybavy/touareg\\_hybrid/](http://www.volkswagen.cz/modely/touareg/vybavy/touareg_hybrid/)
- [13d] Mercedes: S 400 Hybrid. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: [http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc\\_czechia\\_website/czng/home\\_mpc/passengercars/home/new\\_cars/models/s-class/w221/technical\\_data.html](http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/home_mpc/passengercars/home/new_cars/models/s-class/w221/technical_data.html)
- [13e] Toyota: Auris Hybrid. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: [http://www.toyota.cz/cars/new\\_cars/auris/fullspecs.aspx](http://www.toyota.cz/cars/new_cars/auris/fullspecs.aspx)
- [13f] Toyota: Prius. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: [http://www.toyota.cz/cars/new\\_cars/prius/specs.aspx](http://www.toyota.cz/cars/new_cars/prius/specs.aspx)
- [13g] Lexus: GS 450h. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.lexus.cz/range/gs/specifications/technical-data/index.aspx>
- [13h] Lexus: CT 200h. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.lexus.cz/range/ct/ct-200h/details/technical-data.aspx>

- [13i] Lexus: LS 600h. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.lexus.cz/range/ls/specifications/technical-data/index.aspx?model=LS&dealerid=c45b27f4-8bdc-4526-ad5b-f998c4b679f7>
- [13j] Lexus: RX 450h. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.lexus.cz/range/rx/specifications/technical-data/index.aspx?model=RX&submodel=RX 450h>
- [13k] Honda: Civic Hybrid. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://auto.honda.cz/modely/civic-hybrid/predstaveni.html>
- [13l] Honda: Jazz Hybrid. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/honda-jazz-hybrid-prvni-jizdni-dojmy-57635>
- [13m] Honda: Insight Hybrid. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.e-auto.cz/testy/honda-insight-hybrid-s-benzinovym-motorem-a-elektrickym-pomocnikem.htm>
- [13n] BMW: ActiveHybrid 5. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: [http://www.bmw.cz/cz/cs/newvehicles/5series/sedan\\_active\\_hybrid/2011/showroom/technical\\_data/index.html](http://www.bmw.cz/cz/cs/newvehicles/5series/sedan_active_hybrid/2011/showroom/technical_data/index.html)
- [13o] BMW: ActiveHybrid X6. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.autoweb.cz/bmw-x6-activehybrid/>
- [13p] BMW: ActiveHybrid 7. [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bmw-7-active-hybrid-4121>

## 7. Přílohy

### Příloha č. 7.1- Výchozí tabulka

Model	Spotřeba komb. (l/100 km)	CO2 kom. (g/km)	Objem zav. prostoru (l)	Max výkon el. motoru (kW)	Max rychlost el. motoru (km/h)	Cena (s DPH) (Kč)	Objem pal. nádrže (l)	Zrychlení z 0 na 100 km/h (s)	Max. výkon celkový (kW)	Typ hybridu	Kategorie vozu	Povaha kritéria	
												min	max
BMW ActiveHybrid X6	9,9	231	470	130	60	2 693 600	85	5,6	300	full	SUV	min	max
BMW ActiveHybrid 7	9,4	219	460	15	0	2 688 400	80	4,9	330	mild	luxusní třída		
BMW ActiveHybrid 5	6,4	149	375	40	60	1 575 000	67	5,9	225	full	vyšší střední třída		
Honda Insight Hybrid	4,4	101	408	10,3	0	519 000	40	12,5	65	mild	střední třída		
Honda Civic Hybrid	4,6	109	350	15	0	599 000	50	12,1	70	mild	míži střední třída		
Honda Jazz Hybrid	4,5	104	300	10,3	0	429 000	40	12,6	65	mild	míži střední třída		
Lexus CT 200h	3,8	87	345	60	45	699 000	45	10,3	73	full	míži střední třída		
Lexus LS 600h	9,3	218	420	165	45	2 699 000	84	6,3	280	full	střední třída		
Lexus RX 450h	6,3	145	496	123	45	1 469 000	65	7,8	183	full	SUV		
Lexus GS 450h	7,7	179	280	147	45	1 464 000	65	5,9	218	full	vyšší střední třída		
Mercedes S 400 Hybrid	7,9	186	560	15	0	2 219 000	90	7,2	205	mild	luxusní třída		
Porsche Cayenne Hybrid	8,2	193	496	34	60	2 149 000	85	6,5	279	full	SUV		
Porsche Panamera Hybrid	7,1	167	337	34	60	2 663 000	80	6	279	full	vyšší střední třída		
Toyota Auris Hybrid	3,8	89	279	60	45	589 900	45	11,4	73	full	míži střední třída		
Toyota Prius	3,9	89	445	60	45	649 900	45	10,4	73	full	míži střední třída		
VW Touareg Hybrid	8,2	193	493	34,4	45	1 905 500	85	6,5	245	full	SUV		

**Příloha č. 7.2 – Výpočet indexu konzistence C.I.**

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	$v'_i$	$v_i$
K1	-9 1/2	5	7	7	7	7	7	9	9	58,0000	0,2736
K2	1/5	-9 1/2	3	5	5	7	7	9	9	45,2000	0,2132
K3	1/7	1/3	-9 1/2	3	3	5	5	7	9	32,4762	0,1532
K4	1/7	1/5	1/3	-9 1/2	1	3	3	7	7	21,6762	0,1022
K5	1/7	1/5	1/3	1	-9 1/2	3	3	5	7	19,6762	0,0928
K6	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	-9 1/2	3	5	7	16,1524	0,0762
K7	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	1/3	-9 1/2	5	7	13,4857	0,0636
K8	1/9	1/9	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	-9 1/2	3	4,1079	0,0194
K9	1/9	1/9	1/9	1/7	1/7	1/7	1/7	1/3	-9 1/2	1,2381	0,0058
$\lambda_{\max}$	10 1/2										
Determ.	4,7017E-07										
C.I.	0,1830										

**Příloha č. 7.3 – Výpočet matice R, podle vzorce  $\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{ij})^2}$**

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
V3	40,96	22201	140625	1600	3600	2,48063E+12	4489	34,81	50625
V4	19,36	10201	166464	100	0	2,69361E+11	1600	156,25	4225
V5	21,16	11881	122500	225	0	3,58801E+11	2500	146,41	4900
V6	20,25	10816	90000	100	0	1,84041E+11	1600	158,76	4225
V7	14,44	7569	119025	3600	2025	4,88601E+11	2025	106,09	5329
V9	39,69	21025	246016	15129	2025	2,15796E+12	4225	60,84	33489
V10	59,29	32041	78400	21609	2025	2,1433E+12	4225	34,81	47524
V11	62,41	34596	313600	225	0	4,92396E+12	8100	51,84	42025
V13	50,41	27889	113569	1156	3600	7,09157E+12	6400	36,00	77841
V14	14,44	7921	77841	3600	2025	3,47982E+11	2025	129,96	5329
V15	15,21	7921	198025	3600	2025	4,2237E+11	2025	108,16	5329
Σ	357,62	194061	1666065	50944	17325	2,08686E+13	39214	1023,93	280841
√	18,91	440,52	1290,76	225,71	131,62	4568212,78	198,03	32,00	529,94

**Příloha č. 7.4 – Vzdálenosti od ideální varianty**

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	Σ	√
V3	0,00141	0,0009	0,00048201	0,00235	0	0,0003653	5,5E-05	0	3,5E-07	0,0056	0,0746
V4	7,5E-05	4,6E-05	0,00032539	0,00385	0,00179	2,253E-06	0,00026	1,6E-05	5,6E-06	0,0064	0,0798
V5	0,00013	0,00011	0,00062109	0,00358	0,00179	8,038E-06	0,00017	1,4E-05	5,3E-06	0,0064	0,0802
V6	0,0001	6,8E-05	0,00095205	0,00385	0,00179	0	0,00026	1,6E-05	5,6E-06	0,0070	0,0839
V7	0	0	0,00065102	0,00155	0,00011	2,028E-05	0,00021	7,1E-06	5,2E-06	0,0026	0,0506
V9	0,00131	0,00079	5,7687E-05	0,00012	0,00011	0,0003008	6,4E-05	1,3E-06	1,1E-06	0,0028	0,0525
V10	0,00318	0,00198	0,00110416	0	0,00011	0,0002979	6,4E-05	0	4,5E-07	0,0067	0,0821
V11	0,00352	0,0023	0	0,00358	0,00179	0,0008912	0	6,2E-07	6,6E-07	0,0121	0,1099
V13	0,00228	0,0015	0,00070036	0,00262	0	0,0013881	1E-05	3,7E-09	0	0,0085	0,0922
V14	0	9,4E-07	0,00111206	0,00155	0,00011	7,201E-06	0,00021	1,1E-05	5,2E-06	0,0030	0,0549
V15	2,1E-06	9,4E-07	0,00018626	0,00155	0,00011	1,357E-05	0,00021	7,4E-06	5,2E-06	0,0021	0,0457

**Příloha č. 7.5 – Vzdálenosti od bazální varianty**

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	Σ	√
V3	0,00047	0,00032	0,00012979	0,00018	0,00179	0,0003292	7,5E-05	1,6E-05	3,1E-06	0,00332	0,05762
V4	0,00256	0,00169	0,00023437	0	0	0,0012785	0	3,7E-09	0	0,00577	0,07595
V5	0,00228	0,00139	7,0996E-05	5,1E-06	0	0,0011849	1E-05	9,2E-08	3E-09	0,00494	0,07028
V6	0,00242	0,00157	6,2109E-06	0	0	0,0013881	0	0	0	0,00539	0,07341
V7	0,00352	0,0023	6,1348E-05	0,00051	0,00101	0,0010729	2,6E-06	1,9E-06	7,8E-09	0,00847	0,09204
V9	0,00054	0,00039	0,00066318	0,00262	0,00101	0,0003965	6,4E-05	8,4E-06	1,7E-06	0,00569	0,07544
V10	8,4E-06	1,1E-05	1,4084E-08	0,00385	0,00101	0,0003998	6,4E-05	1,6E-05	2,8E-06	0,00536	0,07322
V11	0	0	0,00111206	5,1E-06	0	5,483E-05	0,00026	1,1E-05	2,4E-06	0,00144	0,03799
V13	0,00013	8,5E-05	4,7377E-05	0,00012	0,00179	0	0,00017	1,6E-05	5,6E-06	0,00236	0,04858
V14	0,00352	0,0022	0	0,00051	0,00101	0,0011954	2,6E-06	5,3E-07	7,8E-09	0,00844	0,09187
V15	0,00335	0,0022	0,00038809	0,00051	0,00101	0,0011272	2,6E-06	1,8E-06	7,8E-09	0,00859	0,09269

## **8. Seznam obrázků**

OBRÁZEK č. 3.1 - FÁZE PŘI APLIKACI OPERAČNÍHO VÝZKUMU .....	13
OBRÁZEK č. 3.2 – POŽADAVKY NA SOUBOR KRITÉRIÍ .....	15
OBRÁZEK č. 3.3 – PROCES HODNOCENÍ VARIANT .....	17
GRAF č. 1 – VÁHY KRITÉRIÍ.....	33
GRAF č. 2 – PREFERENČNÍ USPOŘADÁNÍ.....	38

## 9. Seznam tabulek

TABULKA č. 4.1 – ZKRATKY .....	31
TABULKA č. 4.2 – STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ .....	32
TABULKA č. 4.3 – DISJUNKTIVNÍ METODA .....	34
TABULKA č. 4.4 – MATICE R .....	35
TABULKA č. 4.5 – MATICE W .....	36
TABULKA č. 4.6 – IDEÁLNÍ A BAZÁLNÍ VARIANTA .....	36
TABULKA č. 4.7 – POŘADÍ – METODA TOPSIS.....	37