

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra systémového inženýrství**



**Bakalářská práce**

**Využití metod vícekriteriálního rozhodování  
pro výběr nosiče nástaveb**

**Jan Kumpan**

© 2011 ČZU v Praze

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství

Akademický rok 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Jan Kumpan**

obor Veřejná správa a regionální rozvoj - Klatovy

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze  
čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Využití metod vícekriteriálního rozhodování pro  
výběr nosiče nástaveb**

### **Osnova bakalářské práce:**

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Literární rešerše
4. Případová studie
5. Závěr
6. Seznam použitých zdrojů
7. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

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

Stodola, J., Marek, J., Furch, J.: Logistika. MZLU Brno, 2007, ISBN 978-80-7375-071-8.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Houška, Ph.D.**

Termín odevzdání bakalářské práce: březen 2011



.....  
Vedoucí katedry



.....  
Děkan

V Praze dne: 19. 3. 2010

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití metod vícekriteriálního rozhodování pro výběr nosiče nástaveb" 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 31.03.2011

---

## Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Milanu Houškovi, Ph.D. z ČZU Praha za odborné vedení při zpracování této práce. Dále děkuji Ing. Martinu Vaškovi z firmy KOBIT s.r.o. a Ing. Liboru Šedivému z firmy MTM Tech s.r.o. za odbornou konzultaci a poskytnutí podkladů pro sestavení variant řešení.

# Využití metod vícekriteriálního rozhodování pro výběr nosiče nástaveb

---

## Application of multiple-criteria decision-making model for superstructure choice

### Souhrn

Cílem práce je vyřešit problém Správy a údržby silnic Plzeňského kraje a z široké nabídky na trhu vybrat vhodný nosič nástaveb. V literární rešerši jsou představeny metody pro stanovení vah a metody výběru kompromisní varianty. V případové studii je za použití uvedených metod řešen prakticky zadaný problém. Od charakteristiky zadavatele a jeho potřeb, stanovení hodnotících kritérií, aplikace metod vícekriteriálního rozhodování až k vyhodnocení výsledků a finálnímu rozhodnutí managementu. Na závěr jsou zhodnoceny a porovnány výsledky získané použitými metodami a je uvedeno, jak přistupovat k řešení obdobných problémů v budoucnu.

### Summary

The objective of the thesis is to solve a problem of Road administration and maintenance of the Pilsen Region; specifically to choose the best municipal vehicle. The literature review provides the overview of basic terms and methods in multiple-criteria decision-making (MCDM) models. The core of the thesis – the case study – is aimed at a solving procedure of the above-mentioned problem. The procedure starts with the characterization of the demander. Then, the objective of the problem, set of criteria and their weights are determined. Finally, the alternatives are described and based on the MCDM methods, the final decision is accepted. In conclusion, we summarize the obtained results and describe how to solve the same class of problems in future.

### Klíčová slova:

rozhodovací procesy, kritéria, varianty, metody vícekriteriálního rozhodování  
výběrová řízení, veřejné zakázky, nosič nástaveb, údržba komunikací

### Keywords:

decision-making processes, criteria, alternatives, methods of multicriteria decision  
tendering, procurement, medium body, maintenance of roads

## OBSAH

1	ÚVOD.....	- 9 -
2	CÍL PRÁCE A METODIKA.....	- 11 -
2.1	Cíl práce.....	- 11 -
2.2	Metodika.....	- 11 -
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	- 12 -
3.1	Rozhodovací procesy.....	- 12 -
3.2	Modely vícekritériální analýzy.....	- 14 -
3.2.1	Základní pojmy - definice.....	- 14 -
3.3	Metody stanovení vah kritérií.....	- 15 -
3.3.1	Metoda pořadí.....	- 16 -
3.3.2	Bodovací metoda.....	- 17 -
3.3.3	Saatyho metoda kvantitativního párového srovnání.....	- 18 -
3.4	Metody výběru kompromisních variant.....	- 20 -
3.4.1	Prostá bodovací metoda, prostá metoda pořadí.....	- 21 -
3.4.2	Metoda váženého součtu.....	- 22 -
3.4.3	Metoda TOPSIS.....	- 23 -
4	PŘÍPADOVÁ STUDIE.....	- 25 -
4.1	Charakteristika organizace.....	- 25 -
4.2	Nosič výměnných nástaveb – úsporné řešení.....	- 26 -
4.3	Požadavky na nosič nástaveb.....	- 27 -
4.4	Stanovení kritérií výběru.....	- 29 -
4.5	Výběr stroje - v režimu veřejné zakázky.....	- 31 -
4.5.1	Stanovení vah – Saatyho metoda.....	- 32 -
4.5.2	Grafické znázornění variant.....	- 34 -
4.5.3	Metoda váženého součtu.....	- 35 -
4.6	Výběr stroje - další možné způsoby hodnocení v případě soukromoprávního výběru.....	- 37 -
4.6.1	Bodovací metoda.....	- 37 -
4.6.2	Metoda Topsis.....	- 39 -
4.7	Doporučení managementu.....	- 41 -
5	ZÁVĚR.....	- 43 -

6	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	- 44 -
7	PŘÍLOHY .....	- 45 -

### Seznam obrázků

Obrázek 1	Mercedes Benz 1833 Axor s nástavbou sypače a sněhovou radlicí.....	- 29 -
Obrázek 2	IVECO TRAKKER AD 190 T 33W4x4.....	- 49 -
Obrázek 3	MAN TGS 18.360 4x4 BB.....	- 49 -
Obrázek 4	Tatra 815 4x4 Terno 1 .....	- 49 -
Obrázek 5	Mercedes Benz 1836 Actros .....	- 49 -

### Seznam tabulek

Tab. 1	Hodnotící kritéria (K) a hodnoty hodnocených variant (V) .....	- 31 -
Tab. 2	Váhy stanovené Saatyho metodou.....	- 32 -
Tab. 3	Kriteriální matice .....	- 33 -
Tab. 4	Převod hodnot pro potřeby grafického znázornění.....	- 34 -
Tab. 5	Standardizovaná kriteriální matice $R = (r_{ij})$ .....	- 36 -
Tab. 6	Výpočet agregované funkce užitku .....	- 36 -
Tab. 7	Pořadí variant podle metody váženého součtu .....	- 37 -
Tab. 8	Výpočet vah kritérií bodovací metodou .....	- 38 -
Tab. 9	Normalizovaná kriteriální matice $R = (r_{ij})$ .....	- 39 -
Tab. 10	Normalizovaná vážená kriteriální matice $W = (w_{ij})$ .....	- 40 -
Tab. 11	Relativní index vzdálenosti $c_i$ a výsledné pořadí.....	- 40 -
Tab. 12	Porovnání výsledného pořadí dle použitých metod.....	- 41 -



# 1 ÚVOD

Každý živý tvor se musí v průběhu svého života rozhodovat, jak vyřešit situaci, v níž se právě ocitl. Tato rozhodnutí činí na základě pudů, instinktů, intuice či předchozích zkušeností. Někdy ve snaze pouze přežít krizovou situaci, jindy s cílem zlepšit svůj dosavadní život. Člověk není výjimkou. Jako tvor na vrcholu vývojového žebříčku žijící ve společenství, ve kterém je ve svém počínání zavazován tradicemi či kodexy chování a nemůže proto jednat přímočaře (pudově) jako zvířata, musí brát při svém rozhodování v úvahu mnoho kritérií. Jen tak může zvolit z nabízených možností tu nejlepší a učinit rozhodnutí, které mu přinese nejvyšší zisk.

Pokud tedy chce člověk v dnešní složité době činit rozhodnutí vedoucí k růstu a úspěchu, nevystačí si již jen s intuicí či zkušenostmi. Chce-li svým rozhodnutím maximalizovat svůj zisk či užitek, musí ke svému rozhodování použít více - vědecké metody a postupy.

Metody vícekriteriálního rozhodování jsou řešením nabízejícím pomoc, zvláště pak v situacích, kdy vzhledem k jejich složitosti či jen nepatrných rozdílech mezi alternativami intuice ani zkušenost nedokáže dát přesnou odpověď na otázku, které z posuzovaných řešení daného problému či úkolu je to nejlepší možné. Metody a postupy, které budou v této práci představeny a popsány a posléze aplikovány na zvolený případ, řeší definovaný problém jako matematický příklad a výsledek tudíž není ovlivněn osobností posuzovatele či vlivem jeho okolí. To je obzvláště vhodné při přijímání rozhodnutí s kardinálními či dlouhodobými důsledky.

Nákup nového automobilového podvozku takovým případem je. Počáteční investice je pro každý ekonomický subjekt velkou zátěží, s dlouhou dobou návratnosti vložených prostředků. V případě jednorázové platby se ve formě odpisů z pořizovací hodnoty promítá do veškeré činnosti pořízené techniky po celou odpisovou dobu stejně jako pravidelné splátky v případě leasingu. Proto je jistě nanejvýš žádoucí, aby za vynaložené finanční prostředky byl pořízen produkt vysoké užitné hodnoty.

Tato práce si klade zpracováním tohoto modelu - výběru nosiče nástaveb - za cíl poskytnout návod, jak prakticky aplikovat známé metody vícekriteriálního rozhodování

a výběrem nejvhodnější varianty tak naplnit základní cíl každého rozhodování – maximalizovat užitek. Chybné rozhodnutí může mít v určitých případech až fatální důsledky. Zvláště ve veřejné správě, kdy výběrová řízení organizují a realizují lidé ne vždy do podrobností znalí problematiky – tedy metod a postupů a jejich aplikace na konkrétní případy. Nevhodně vybraná kritéria hodnocení a stanovení jejich důležitosti (vah kritérií) mohou celkové hodnocení a jeho závěry zkreslit. Chybným rozhodnutím tak lidé, jimž byly svěřeny správa majetku a zastupování zájmů společnosti, této v konečném důsledku z neznalosti i při dobré vůli uškodí.

Zákon č. 137 / 2006 Sb. o veřejných zakázkách ve znění pozdějších úprav, dle něhož se ve stanovených případech ve veřejné správě výběrová řízení realizují, mj. zapracovává a upravuje postupy při zadávání veřejných zakázek a soutěží o návrh. V § 78 Hodnotící kritéria a § 79 Hodnocení nabídek stanoví hodnotící komisi postup při hodnocení nabídek, ale praktický návod pro stanovení kritérií a jejich vah jim neposkytuje. Seznámí-li se členové těchto komisí a osoby spolupracující na zadání veřejných zakázek s touto prací, budou schopni nastavit na základě svých požadavků a představ kritéria pro správné hodnocení . Minimálně však pochopí obtížnost správné volby...

## **2 CÍL PRÁCE A METODIKA**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je vyřešit zadaný problém - výběr multifunkčního podvozku nákladního automobilu použitelného jako nosič výměnných pracovních nástaveb pro organizace zajišťující správu a údržbu silnic. Dalším cílem je pak poskytnutí praktického návodu na jednoduché a účinné řešení lidem odpovědným za výběr nejvhodnější z konečného počtu variant hodnocených dle předem určených kritérií.

Pro výběr bude aplikován postup metod operačního výzkumu, vícekriteriální analýza variant. Budou zde představeny některé z mnoha metod pro vícekriteriální rozhodování vhodné k řešení zadaného problému.

### **2.2 Metodika**

Pro realizaci cílů práce byl stanoven následující postup :

#### ***Teorie vícekriteriální analýzy variant***

Problematika vícekriteriální analýzy variant obsahuje řadu metod. Principy metod použitých pro řešení cíle stanoveného v této práci jsou popsány v kapitole 3 Literární rešerše. Jedná se o metody pro stanovení vah (metodu pořadí, metodu bodovací a Saatyho metodu) a metody výběru kompromisní varianty ( metodu bodovací, metodu pořadí, metodu váženého součtu a metodu TOPSIS).

#### ***Případová studie***

Obsahem případové studie je modelovat chronologicky postup při výběru vhodného řešení od formulace zadání, přes zajištění nabídek, až po aplikaci metod vícekriteriální analýzy variant na zadaný případ a vyhodnocení získaných výsledků .

#### ***Závěr***

Shrnutí a vyhodnocení výsledků získaných použitím rozdílných metod v případové studii je součástí závěrečné kapitoly.

## 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3.1 Rozhodovací procesy

**Rozhodovací procesy** budeme chápat v tomto textu jako procesy řešení rozhodovacích problémů, tj. problémů s více (alespoň dvěma) variantami řešení (Fotr,2006). Jestliže vycházíme z toho, že základním atributem rozhodování je proces volby, tj. posuzování jednotlivých variant a výběr rozhodnutí (optimální varianty, resp. varianty určené k realizaci), pak problémy s jediným řešením nejsou tedy rozhodovacími problémy a řešení těchto problémů nevede na rozhodovací proces.

Vzájemně závislé a návazné činnosti, jež tvoří náplň rozhodovacích procesů, lze dekomponovat do určitých složek, které se označují jako **etapy (fáze)** těchto procesů.

**Cílem rozhodování** chápeme určitý stav, kterého se má řešením rozhodovacího problému dosáhnout. Z hlediska řešení rozhodovacích problémů je často důležitá forma vyjádření cílů, které mohou být vyjádřeny buď

- **kvantitativně** ( číselně) - kdy hodnoty tvoří objektivně měřitelné údaje
- **kvalitativně** (pomocí slovních popisů) - kdy hodnoty nelze objektivně změřit, velmi často jde o hodnoty subjektivně odhadnuté uživatelem (subjektivní kritéria).

**Kritéria hodnocení** představují hlediska zvolená rozhodovatelem na základě jeho hodnotové soustavy, která slouží k posouzení jednotlivých variant rozhodování z hlediska dosažení, resp. stupně plnění dílčích cílů řešeného rozhodovacího problému. (Fotr, 2006) Kritéria se zpravidla odvozují od stanovených cílů řešení a existuje proto mezi nimi těsný vztah. Cíle se zpravidla vyjadřují jako

- maximalizace, resp. zvýšení
- minimalizace, resp. snížení
- případně dosažení určitých hodnot těchto veličin, aspirace

Mnohdy se stupeň splnění určitého cíle posuzuje pomocí více kritérií. Přitom je třeba rozlišovat kritéria, jejichž hodnoty jsou vyjádřeny číselně, to je kvantitativní kritéria, od kritérií kvalitativních. Kvantitativní kritéria je možné rozčlenit do dvou skupin:

- kritéria **výnosového typu (maximalizační)**, jejichž vyšší hodnoty preferuje rozhodovatel před nižšími
- kritéria **nákladového typu (minimalizační)**, u kterých preferuje rozhodovatel nižší hodnoty před vyššími

**Stupnice používané k měření kritérií** lze dle Fotr (2006) a Fiala (1997) rozdělit na :

- **nominální** – je měřitelné v nominální stupnici jestliže lze varianty podle znalosti důsledku vzhledem k danému kritériu zařadit do určitých tříd tak, že varianty zařazené do třídy se považují za rovnocenné.
- **ordinální** – umožňuje uspořádat varianty od nejvýhodnější po nejméně výhodnou, avšak o žádné dvojici variant nemůže poskytnout informaci ve smyslu o kolik respektive kolikrát je daná varianta lepší či horší než druhá.
- **kardinální** - informace má kvantitativní charakter, v případě preference kritérií se jedná o váhy
  - **intervalová** - umožňující určit o kolik je jedna varianta větší či lepší než druhá
  - **poměrová** - umožňující určit kolikrát je jedna varianta větší či lepší než druhá

**Subjektem rozhodování (rozhodovatelem)** se označuje subjekt, který rozhoduje, tedy volí variantu určenou k realizaci. Subjektem může být jednotlivec nebo skupina lidí. (Fotr,2006)

**Objektem rozhodování** je v podstatě varianta řešení problému (varianta rozhodování) (Fotr, 2006)

Podle počtu kritérií hodnocení se rozhodovací procesy člení na

- **jednokritériální**, čili s jediným kritériem hodnocení
- **vícekritériální**, čili s větším počtem kritérií

Výběr kritérií hodnocení ovlivňují vedle již zmíněných cílů řešeného problému také subjekty, které se na rozhodování podílejí nebo jejichž zájmy jsou zvoleným rozhodnutím dotčeny. Jestliže nebudou tyto zájmy brány v úvahu při hodnocení variant a volbě varianty určené k realizaci, mohou vzniknout ve fázi implementace značné potíže. Každému dílčímu cíli, který je pro řešení problému pro rozhodovatele důležitý by mělo odpovídat určité kritérium hodnocení. Toto kritérium musí mít jasný a jednoznačný smysl a musí být pro rozhodovatele plně srozumitelné, aby nedošlo k jeho mylnému výkladu. Musí též umožňovat měřitelnost dle zvolené stupnice.

## 3.2 Modely vícekritériální analýzy

V modelech vícekritériální analýzy (či hodnocení) variant je dle Brožová (2009) dána konečná množina  $m$  variant, které jsou hodnoceny podle  $n$  kritérií. Cílem je najít variantu, která je podle všech kritérií celkově hodnocena co nejlépe (variantu “optimální” či kompromisní), případně seřadit varianty od nejlepší po nejhorší nebo vyloučit neefektivní varianty. Máme-li hodnocení variant podle kritérií kvantifikováno, můžeme údaje uspořádat do kritériální matice. Její prvky obsahují hodnocení všech variant podle všech kritérií. Někdy je výhodné pracovat s kritériální maticí, v níž jsou všechna kritéria stejné povahy - nejčastěji všechna maximalizační. A proto je možné převést kritéria minimalizační na kritéria maximalizační, a to jako vyčíslení výše úspory oproti nejvyšší hodnotě kritéria.

Pro řešení problému je dále velmi důležité, zda je některé kritérium preferováno před jiným. **Preference kritérií** může být vyjádřena různým způsobem, mohou být stanoveny:

- aspirační úrovně kritérií
- pořadí kritérií (ordinální informace o kritériích)
- váhy jednotlivých kritérií (kardinální informace o kritériích)
- způsob kompenzace kritériálních hodnot

### 3.2.1 Základní pojmy - definice

Základní pojmy lze definovat dle Brožová (2009) a Fiala (1997) takto :

**Varianta** je konkrétní rozhodovací možnost, předmět vlastního rozhodování. Přípustná varianta je varianta, která je realizovatelná a která není logickým nesmyslem.

**Kritérium** je hledisko hodnocení variant.

**Kritériální matice**  $Y = (y_{ij})$ , kde prvek  $y_{ij}$  vyjadřuje hodnocení  $i$ -té varianty podle  $j$ -tého kritéria:

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

V matici  $Y$  sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám.

**Preference** kritéria vyjadřuje důležitost tohoto kritéria v porovnání s kritérii ostatními.

**Aspirační úroveň** kritéria je hodnota kritéria, které má být dosaženo.

**Váha kritéria** je hodnota z intervalu  $\langle 0; 1 \rangle$ , která vyjadřuje relativní důležitost tohoto kritéria v porovnání s kritérii ostatními. Součet všech vah je roven jedné.

**Kompenzace** hodnot kritérií je vyjádřena mírou substituce mezi kritériálními hodnotami.

**Dominovaná varianta** Předpokládejme všechna kritéria maximalizační. 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  $f_l$ , že  $y_{il} > y_{jl}$ . Zjednodušeně lze říci, že dominující varianta je hodnocena lépe podle všech kritérií než varianta dominovaná.

**Paretovska varianta** je varianta, která není dominovaná žádnou jinou variantou, (**nedominovaná** varianta), často se též nazývá efektivní nebo kompromisní. Množinu všech nedominovaných variant označíme  $A_N$ .

**Ideální varianta** je hypotetická nebo reálná varianta, která dosahuje ve všech kritériích současně nejlepší možné hodnoty.

**Bazální varianta** je hypotetická nebo reálná varianta, jejíž ohodnocení je nejhorší podle všech kritérií.

**Kompromisní varianta** je jedna z nedominovaných variant, kterou na základě nějakého postupu doporučíme jako řešení problému

Na základě toho, jakou informaci o preferencích kritérií, resp. o preferencích mezi variantami máme k dispozici, je možno aplikovat různé metody, které jsou představeny v následujících diagramech.

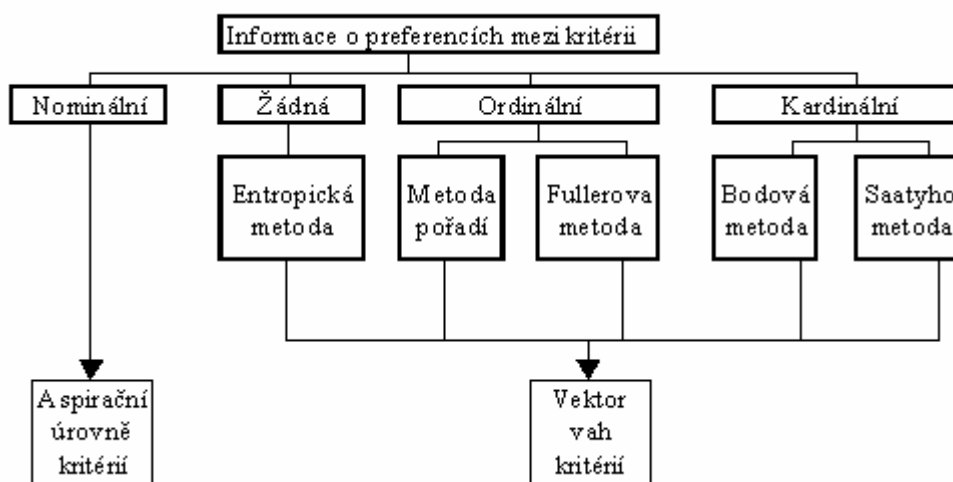
### 3.3 Metody stanovení vah kritérií

Stanovení vah kritérií bývá dle Fiala (1997) a Fotr (2006) výchozím krokem analýzy modelu vícekritériální analýzy variant. Téměř výhradně je informace získaná některým z dále uvedených postupů použita ke stanovení preferenčních vztahů mezi variantami v závislosti na cílech celé analýzy. Nejdůležitější informací, kterou váhový vektor poskytuje většině metod pro stanovování preferencí mezi variantami, nejsou absolutní hodnoty vektoru vah, ale právě výše uvedené poměry hodnot těchto vah.

V následujících podkapitolách uvedeme nejpoužívanější metody stanovení vah mezi kritérii seřazené podle informace, jakou tyto metody požadují na vstupu. Uvedené postupy je možné i kombinovat, resp. používat vedle sebe, ale vše by mělo být podřízeno úspěšnému dosažení cílů analýzy a kritériu účelnosti.

Nejznámější používané metody pro stanovení vah kritérií a případy jejich použití jsou uvedeny v následujícím organigramu, jak uvádí ( Brožová,2009 ).

**Diagram 1 Metody stanovení vah kritérií**



### 3.3.1 Metoda pořadí

Dle Brožová (2009) je tato metoda použitelná při dostupné informaci ordinální, ale i kardinální. K určení vah kritérií se metoda pořadí používá především v případech, že jejich důležitost hodnotí několik expertů. Každý z nich seřadí kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Nejdůležitější kritérium bude ohodnoceno  $n$  body ( $n$  je počet kritérií), druhé nejdůležitější  $n-1$  body, atd., až nejméně důležité kritérium dostane jen 1 bod. V případě stejné důležitosti kritérií dostanou tato kritéria body podle průměrného pořadí. Váhu každého z kritérií určíme tak, že sečteme body, které získalo od všech expertů, a vydělíme je celkovým počtem bodů, které experti rozdělili mezi všechna kritéria. Tím je zaručeno, že suma vah všech kritérií je rovna 1.



Je-li obecně  $j$ -té kritérium ohodnoceno  $b_j$  body (jedinou hodnotou nebo součtem hodnot při hodnocení více experty), vypočítá se jeho váha na základě vztahu

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

Tento vzorec normalizuje informace o preferenci kritérií, postup se proto nazývá normalizace vah kritérií.

### 3.3.2 Bodovací metoda

Metoda vyžaduje, jak uvádí Brožová (2009), na vstupu kardinální informaci. Důležitost každého kritéria vyjádříme určitým počtem bodů v rámci určené bodovací stupnice. Smí se používat i desetinná čísla a více kritériím je možné přiřadit stejnou bodovou hodnotu.

Také tato metoda se pro výpočet vah kritérií používá podobně jako metoda pořadí tehdy, hodnotí-li kritéria více expertů. Každý expert ohodnotí každé kritérium určitým počtem bodů, čím je kritérium důležitější, tím více bodů dostane (při použití stupnice od 0 do 10 může mít kritérium 0 bodů od experta, podle kterého je zcela bezvýznamné, a 10 bodů od experta, který je považuje za absolutně důležité). Stupnice pro bodování může být vyjádřena i graficky pomocí úsečky. Na ní jsou pak zakresleny pozice jednotlivých kritérií vzhledem ke koncům úsečky, které vyjadřují nejvyšší a nejnižší preferenci. Výpočet vah se z bodového hodnocení provede stejně jako u metody pořadí. Hodnoty váhového vektoru se pak normalizují podle vztahu

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_b}, j = 1, 2, \dots, n$$

kde  $b_j$  je součet všech bodů od jednotlivých expertů, které  $j$ -tému kritériu tito experti přidělili.

Je ovšem otázkou, zda je vždy vhodné stanovit natvrdo rozsah stupnice již na začátku hodnocení. Tento postup je možný v případě, že máme hned na počátku poměrně jasnou představu o tom, jak asi jsou ta která kritéria důležitá pro hodnocení variant. Potom je asi nejvhodnější přiřadit nejdůležitějšímu kritériu nejvyšší možný počet bodů, nejméně

důležitému kritériu nejnižší možný počet bodů a všechna ostatní kritéria umístit na danou stupnici s přihlédnutím na hodnocení nejen těchto dvou kritérií, ale i na hodnocení ostatních, již dříve umístěných kritérií. Je možné postupovat i tak, že v prvním kroku provedeme jakýsi odhad bodového hodnocení kritérií, který potom ještě jednou posoudíme a případné nesrovnalosti odstraníme.

Další možností, jak k bodovému hodnocení přistupovat, je postup, kdy přiřazujeme kritériím bodové hodnocení po indexech s tím, že máme stanovený pouze řád bodů pro hodnocení důležitosti prvního kritéria. Každému dalšímu kritériu přiřazujeme bodové hodnocení opět podle hodnot přidělených předchozím kritériím. Skutečný rozsah stupnice bude tedy znám až po hodnocení posledního kritéria v množině všech kritérií.

### 3.3.3 Saatyho metoda kvantitativního párového srovnání

Tato metoda slouží, jak uvádí Fiala (1997) a Brožová (2009), k určení vah kritérií pomocí expertního hodnocení. V níže uvedené formě lze tuto metodu použít, pokud hodnocení provádí jediný expert. Při hodnocení více experty je vhodné využít postup podle metody AHP.

Jde o metodu kvantitativního párového porovnávání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání kritérií se používá 9-ti bodové stupnice a je možné používat i mezistupně (hodnoty 2, 4, 6, 8):

- 1 - rovnocenná kritéria i a j
- 3 - slabě preferované kritérium i před j
- 5 - silně preferované kritérium i před j
- 7 - velmi silně preferované kritérium i před j
- 9 - absolutně preferované kritérium i před j

Expert porovná každou dvojici kritérií a velikosti preferencí i-tého kritéria vzhledem k j-tému kritériu zapíše do Saatyho matice  $S = (s_{ij})$ :

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Jsou-li i-té a j-té kritérium rovnocenná, je  $s_{ij} = 1$ , preferuje-li slabě i-té kritérium před j-tým, je  $s_{ij} = 3$ , preferuje-li silně i-té kritérium před j-tým, je  $s_{ij} = 5$ , při velmi silné preferenci i-tého kritéria je  $s_{ij} = 7$ , při preferenci absolutní dokonce  $s_{ij} = 9$ .

Je-li preferováno j-té kritérium před i-tým, zapíše se do Saatyho matice převrácené hodnoty ( $s_{ij}=1/3$  při slabé preferenci,  $s_{ij}=1/5$  při silné preferenci atd.).

Z toho již vyplývají základní vlastnosti Saatyho matice. Jedná se o matici čtvercovou řádu  $n \times n$  a reciproční, tj. platí, že  $s_{ij} = 1/s_{ji}$ . Prvky matice vlastně vyjadřují odhad podílů vah i-tého a j-tého kritéria. Na diagonále Saatyho matice jsou proto vždy hodnoty jedna (každé kritérium je samo sobě rovnocenné). Saaty proto navrhl několik početně velmi jednoduchých způsobů, pomocí kterých lze odhadnout váhy  $v_j$ . Nejčastěji se používá postup výpočtu vah jako normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice, postup se někdy označuje termínem “metoda logaritmických nejmenších čtverců”. Vypočteme hodnoty  $b_i$  jako geometrický průměr řádků Saatyho matice

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

Váhy se pak vypočtou normalizací hodnot  $b_i$

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

Saatyho metodu je možné využít nejen ke stanovení preferencí mezi kritérii, ale i mezi variantami, a to pomocí analýzy původní úlohy, která je přepsána pomocí hierarchického uspořádání.

### 3.4 Metody výběru kompromisních variant

Metody rozdělujeme podle toho, jakou informaci o preferenci mezi kritérii ke své práci vyžadují. Z tohoto hlediska dělíme metody dle Brožová (2009) na

- metody nevyžadující informaci o preferenci kritérií
- metody vyžadující aspirační úrovně kritérií
- metody vyžadující ordinální informace o kritériích
- metody vyžadující kardinální informace o kritériích

Metody, které nevyžadují informaci o preferenci mezi kritérii, jsou velice jednoduché a ve své prosté formě se téměř nepoužívají. Patří mezi ně

- prostá bodovací metoda
- prostá metoda pořadí

Metod, které vyžadují zadání kardinální informace o kritériích v podobě vah a o variantách v podobě kritériální matice s kardinálními hodnotami, je celá řada. V této oblasti existují tři základní přístupy k vyhodnocování variant, a to podle:

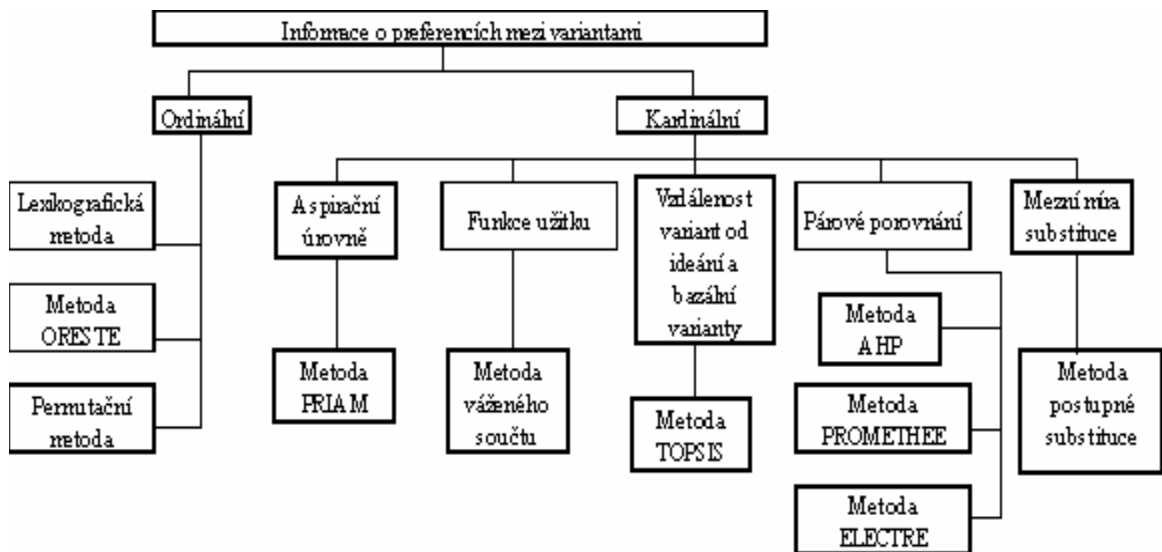
- maximalizace užitku
- minimalizace vzdálenosti od ideální varianty
- preferenční relace

**Maximalizace užitku** předpokládá možnost vyčíslení užitku, který by každá varianta při realizaci přinesla, a to na škále od 0 do 1. Aby bylo možno stanovit celkový užitek, který realizace varianty přinese, je nejprve nutné stanovit pro každé kritérium hodnocení podle dílčí **funkce užitku**, které nahradí původní hodnocení varianty. Celkový užitek je pak získán jako agregace těchto dílčích hodnocení. Nejpoužívanější zástupce této třídy metod je **metoda váženého součtu**. (Gros, 2003)

Další přístup k hodnocení variant je založen na tom, že varianta je tím lepší, čím **blíže je variantě ideální**. K vyjádření vzdálenosti mezi variantami se používají různé metriky. Uvedena je metoda **TOPSIS**, která je založena na klasické euklidovské metrice.

Nejznámější používané metody pro hodnocení variant a případy jejich použití jsou uvedeny v následujícím organigramu, jak uvádí (Brožová, 2009).

Diagram 2 Metody k hodnocení variant



### 3.4.1 Prostá bodovací metoda, prostá metoda pořadí

Pokud je model zadán pouze pomocí preferencí variant podle jednotlivých kritérií a nejsou známy preference kritérií, lze použít bodovací metodu nebo metodu pořadí také pro výběr kompromisní varianty.

Postup je velmi jednoduchý. Nejprve je každá varianta ohodnocena podle každého kritéria číslem  $b_{ij}$ . V případě metody pořadí jsou jednotlivé varianty ohodnoceny čísly mezi 1 a  $m$  tak, aby nejlepší ohodnocení bylo např.  $m$  ( $m$  je počet variant). V případě bodovací metody je nutné použít pro kvantifikaci informací podle jednotlivých kritérií vždy stejnou stupnici, např. 1 až 10 tak, aby nejlepší ohodnocení bylo rovno 10.

Celkové ohodnocení každé varianty se pak vypočítá jako součet dílčích hodnot, tedy

$$b_i = \sum_{j=1}^k b_{ij}$$

Varianty se uspořádají sestupně podle hodnot  $b_i$  a kompromisní (nejlepší) varianta je vybrána podle vztahu

$$a_I : b_I = \max_{i=1, \dots, s} (b_i)$$

Je-li potřeba vybrat více variant, vybere se potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami  $b_i$ .

Pokud je nejlepší ohodnocení varianty dáno číslem jedna, uspořádají se varianty podle čísel  $b_i$  vzestupně a nejlepší varianta má nejnižší ohodnocení. Postup je možno rozšířit i o váhy kritérií, čísla  $b_i$  se pak vypočítají jako vážené součty.

### 3.4.2 Metoda váženého součtu

Metoda váženého součtu vyžaduje kardinální informace, kritériální matici  $Y$  a vektor vah kritérií  $v$ . Konstruuje celkové hodnocení pro každou variantu, a tak ji lze použít jak pro hledání jedné nejvýhodnější varianty, tak pro uspořádání variant od nejlepší po nejhorší. Metoda váženého součtu je speciálním případem metody funkce užitku. Dosáhne-li varianta  $a_i$  podle kritéria  $j$  určité hodnoty  $y_{ij}$ , přináší tak uživateli užitek, který lze vyjádřit pomocí lineární funkce užitku. Celkový užitek varianty je vyjádřen váženým součtem hodnot dílčích funkcí užitku, jak uvádí např. Brožová (2009).

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

kde  $u_j$  jsou dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií a  $v_j$  jsou váhy kritérií

Postup metody váženého součtu je dán následujícími kroky:

1. Určíme ideální variantu  $H$  s ohodnocením  $(h_1, \dots, h_n)$  a bazální variantu  $D$  s ohodnocením  $(d_1, \dots, d_n)$ .
2. Vytvoříme standardizovanou kritériální matici  $R$ , jejíž prvky získáme pomocí vzorce

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

Matice  $R$  již představuje matici hodnot funkce užitku z  $i$ -té varianty podle  $j$ -tého kritéria, protože prvky této matice jsou lineárně transformovanými kritériálními hodnotami tak, že  $r_{ij} \in \langle 0; 1 \rangle$ . Potom bazální variantě odpovídá hodnota nula a ideální variantě hodnota jedna.

3. Pro jednotlivé varianty vypočteme agregovanou funkci užítku

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

Varianty seřadíme sestupně podle hodnot  $u(a_i)$  a potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami užítku považujeme za řešení problému.

### 3.4.3 Metoda TOPSIS

Její postup spočívá dle Brožová (2009) ve vyhodnocení vzdálenosti hodnot posuzovaných variant od hodnot ideální a bazální varianty provedením výpočtů dle následujících kroků:

1. Zkonstruujeme normalizovanou kritériální matici  $R = (r_{ij})$  podle vzorce

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p y_{ij}^2}}$$

Sloupce matice  $R$  jsou vektory jednotkové délky.

2. Vypočteme normalizovanou váženou kritériální matici  $W = (w_{ij})$  dle vztahu

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

3. Určíme ideální variantu  $h$  s ohodnocením  $(h_1, \dots, h_m)$  a bazální variantu  $d$  s ohodnocením  $(d_1, \dots, d_m)$  vzhledem k hodnotám matice  $W$ .
4. Vypočteme vzdálenosti jednotlivých variant od ideální varianty

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

a od bazální varianty

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

5. Spočteme relativní ukazatele vzdáleností jednotlivých variant od bazální varianty podle vzorce

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

Hodnoty těchto ukazatelů se pohybují mezi 0 a 1, přičemž hodnotu 0 nabývá bazální a hodnotu 1 ideální varianta. Varianty seřadíme sestupně podle hodnot  $c_i$  a potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami tohoto ukazatele považujeme za řešení problému.



## 4 PŘÍPADOVÁ STUDIE

V předchozí kapitole představené metody vícekriteriálního rozhodování budou prakticky aplikovány při řešení zadaného úkolu – vybrat vhodný podvozek nákladního automobilu použitelný jako nosič výměnných nástaveb pro organizaci zabývající se správou a údržbou silnic .

### 4.1 Charakteristika organizace

Správa a údržba silnic Plzeňského kraje je příspěvková organizace, která, jak je zřejmé již z jejího názvu, celoročně zajišťuje správu, údržbu a běžné opravy silnic v majetku svého zřizovatele – Plzeňského kraje. Může též, jako je tomu od r. 2007 dosud na silnicích I. třídy v majetku státu, vykonávat na základě smluvního vztahu komplexně stejné činnosti pro jakéhokoli vlastníka pozemní komunikace.

Tato činnost je v základních rysech stanovena v Zákoně č. 13 / 1997 Sb. a ve Vyhlášce č.104 / 1997 Sb. ve znění pozdějších úprav. Výkon majetkové správy a dozoru, kterou lze přirovnat k výkonu státní správy v přenesené působnosti, provádí technicko správní útvar této organizace ve spolupráci se silničními správními úřady místně příslušných obcí s rozšířenou působností a krajského úřadu. Vydává vyjádření a stanoviska pro následná řízení ve věcech povolení připojení sousedních nemovitostí na pozemní komunikaci, povolení uzavírek a nařízení objížděky, zvláštního užívání komunikace, provádění staveb a terénních úprav v silničním ochranném pásmu či zřizování věcných břemen. Taktéž provádí kontrolu plnění a dodržování podmínek těchto povolení či nařízení a podává podněty či samostatně zahajuje řízení v případě jejich porušení.

Hlavní činností jsou však údržbové práce na svěřených silnicích, které zajišťuje provozní útvar organizace převážně vlastními pracovníky a stroji. V případě potřeby specializovaných údržbových prací si na tyto najímá externí pracovníky či firmy. Stejně tomu je i z důvodu nedostatku vlastních sil a prostředků , např. při zimní údržbě silnic.

Tato údržbová činnost se v základu dělí na letní a zimní údržbu.

Letní údržba zahrnuje hrubým výčtem tyto činnosti :

- údržbu a opravy krytu vozovek, tzn. očistu metením a splachováním, výspravy povrchu asfaltovými směsemi
- údržbu a opravy svislého i vodorovného dopravního značení

- údržbu a opravy bezpečnostního zařízení, tzn. zábradlí a svodidel, směrových sloupků a zrcadel
- údržba a opravy odvodnění vozovky, tzn. krajnic, příkopů, propustků a silniční kanalizace
- údržba a opravy mostů a ostatních silničních staveb
- údržba silniční vegetace, tzn. travních porostů, keřů, stromů

Zimní údržba zahrnuje mj. především tyto činnosti :

- odstraňování sněhu plužením
- posyp vozovek zdrsňovacími či rozmrazovacími materiály

Pracovní činnost při údržbě tedy různorodá a vyžadující tomu odpovídající v některých případech i jednoúčelové pracovní stroje a mechanismy.

## **4.2 Nosič výměnných nástaveb – úsporné řešení**

Ze specifík činností organizace vyplývá, že je potřeba sezónních specializovaných strojů a mechanismů. Jejich množství by bylo vysoké a vzhledem k nemalým pořizovacím nákladům a využití strojů pouze po část kalendářního roku je ekonomicky výhodnější pořizovat univerzální nosiče náradí či podvozky, na které jsou osazeny dle potřeb specializované pracovní nástavby či náradí. Pořizovací cena těchto nástaveb či náradí je totiž v porovnání s cenou podvozku či nosiče několikanásobně nižší. V případech nosiče nástaveb je cena tohoto 3x až 4x vyšší než cena specializované výměnné nástavby. Současná praxe je tedy taková, že 1 univerzální stroj nahradí 3 i více specializovaných.

Z uvedeného je zřejmé, že již v okamžiku pořizování pracovního stroje jsou ušetřeny nemalé finanční prostředky tím, že je pořízen 1 multifunkční oproti několika jednoúčelovým mechanismům. K dalším úsporám pak dochází během provozu, např. na povinném ručení, které se takto pojišťovněm platí za nižší počet vozidel s přidělenou registrační značkou. Další úspory se dosáhne na provozních nákladech také tím, že není nutné mechanismus po delší dobu odstavený a nevyužívaný před opětovným nasazením kontrolovat a odstraňovat závady na strojních skupinách zapříčiněné jeho nečinností, např. na brzdové soustavě.

Tuto úsporu lze vyjádřit např. dle (Stodola,2007)

$$\Delta N_{jp} = \left( \frac{N_1}{Q_1} - \frac{N_2}{Q_2} \right) + \left( \frac{N_{1i}}{Q_{1i}} - \frac{N_{2i}}{Q_{2i}} \right)$$

kde  $\Delta N_{jp}$  úspora nákladů na jednotku přepravovaného zboží v Kč

$N_{1,2}$  roční náklady výchozího (1) a navrhovaného (2) stavu v Kč

$Q_{1,2}$  objem přepravy výchozího (1) a navrhovaného (2) stavu v t

$i$  počet jednotek

### 4.3 Požadavky na nosič nástaveb

Vzhledem ke skutečnostem uvedeným v 4.2 je odůvodněné pořídit a provozovat podvozek nákladního automobilu, který by mohl být používán jako multifunkční nosič umožňující jeho využití při letní i zimní údržbě pouze onou výměnou nástaveb. Nejlepším řešením je i z důvodu úspor nákladů na tuto sezónní výměnu nástaveb varianta plně samoobslužného silničního vozidla, tj. taková, kdy vozidlo je schopno výměnu provést bez použití dalších obslužných mechanismů. (Stodola,2007)

Těmto trendům se již přizpůsobili i výrobci nástaveb, kteří nástavby vybavují mechanismem pro rychlou demontáž a montáž, např. čtveřicí odnímatelných podstavců vybavených šroubovými zvedáky. Kompletní záměna je pak provedena během několika desítek minut dvoučlennou osádkou stroje. Ještě rychlejší, avšak v počátečních investicích nákladnější, je systém hákových kontejnerů, který je v posledních letech díky rostoucí oblibě mezi uživateli stále častěji na multifunkční podvozky osazován.

V našem případě je volena varianta s podstavci, neboť kontejnerové provedení by zvyšovalo pohotovostní a snižovalo užitečnou hmotnost vozidla, přičemž operativnost tohoto systému by vzhledem k periodám výměn nástaveb nebyla patřičně využita.

Jelikož nákladní automobily se vyrábějí v ucelených typových řadách a s neustále se zvyšujícím počtem modifikací, bylo nutno v počáteční fázi výběru specifikovat požadované parametry a zúžit tak výběr na určitou řadu v nabízeném sortimentu.

Výběr byl tedy prováděn z řady o celkové hmotnosti 18 000 až 19 000 kg, kde užitečná hmotnost se pohybuje okolo požadovaných 11 000 kg. Tolik totiž činí vlastní hmotnost

nástaveb a přepravovaného množství materiálu potřebného pro směnový výkon stroje během letní údržby či ošetření přidělené údržbové trasy během zimní údržby silnic.

Dále byl požadován systém pohonu 4 x 4 , který nabízí lepší trakční vlastnosti. Bez něho by vozidla zajišťující zimní údržbu silnic své úkoly plnila jen velice obtížně, neboť se častokrát musí pohybovat po vozovce pokryté vrstvou ledu či sněhu .

Dále bylo požadováno kompaktní vozidlo s rozvorem 3 600 – 3 900 mm vhodné i do městského provozu, s nízkou položeným těžištěm a nejlépe odpružené vzduchovými měchy , které částečně vyrovnávají boční náklon v nerovném terénu. Vybavení 2 až 3 místné kabiny řidiče s komfortem odpovídajícím průměrnému průběhu 50 až 100 km denně v příměstském či městském provozu. Přídavná převodovka pro zvýšení rozmezí mezi min. pracovní a max. cestovní rychlostí je u těchto podvozků nutnou samozřejmostí.

Požadován je i zesílený rám podvozku umožňující montáž upínací desky DIN 76 060 pro upínání sněhové radlice při zimní údržbě nebo přídavných zařízení nástavby kropící či zametací při letní údržbě.

Nejdůležitějším požadavkem na univerzální podvozek je okruh komunální hydrauliky poháněný pohonnou jednotkou podvozku, poskytující dostatečný výkon pro pohon výměnných nástaveb. Pokud vozidlo při pracovní činnosti, např. při výpravách vozovky či metení, popojíždí, je motor v činnosti a není třeba používat přídavných pohonů se spalovacím motorem.

Požadováno je i kompletní zařízení pro připojení přívěsu.

Na základě takto formulovaných požadavků byl proveden výběr ze sortimentu nabízených podvozků nákladních vozidel a do hodnocení zařazeny níže uvedené :

- RENAULT KERAX 380.19 4x4
- IVECO TRAKKER AD 190 T 33 W 4x4
- Mercedes Benz Axor 1833 AK 4x4-3900
- Mercedes Benz Actros 1836 AK 4x4-3900
- MAN TGS 18.360 4x4 BB
- TATRA 815 - 221R45 4x4.2/378

Pro porovnání jsou základní parametry uspořádány do tabulky (Příloha 1). Přesná konfigurace a vybavení jednotlivých posuzovaných podvozků je přílohou této BP.



**Obrázek 1 Mercedes Benz 1833 Axor s nástavbou sypače a sněhovou radlicí**

*Zdroj : Autor, Jičín, srpen 2010*

#### **4.4 Stanovení kritérií výběru**

Kritéria výběru a jejich váhy v sestupném pořadí dle důležitosti přiřazené jim posuzovatelem :

**Cena** - má povahu **minima**. Váha tohoto kritéria vysoká, neboť počáteční investice se promítá do veškeré činnosti během provozu vozidla formou odpisů. Cena uváděna v tisících Kč (bez DPH). Nutno přihlídnout ke konfiguraci sestavy, kdy podvozek je vybaven pro použití i jako třístranný sklápěč, tedy v ceně je obsažena sklápěcí hydraulika, uchycení (případně mezirám) a třístranná korba.

**Výkon motoru** - má povahu **maxima**. Přestože jsou nabízeny různé modifikace motorizace automobilových podvozků se stejnou specifikací a konfigurací, je vhodné osadit podvozek motorem s výkonem naddimenzovaným vzhledem k běžným provozním podmínkám, za kterých je výkon motoru využit pouze k pohonu přídatných agregátů a pohybu vozidla. V mezních situacích, např. při odstraňování závějí během zimní údržby silnic, je tato využitelná rezerva faktorem rozhodujícím o úspěchu či neúspěchu. Uváděn v jednotkách kW. Váha tohoto kritéria je vysoká.

**Užitečná hmotnost (nosnost) vozidla** – má povahu **maxima**. Požadujeme co nejvyšší „nosnost“ podvozku při co možná nejmenší celkové hmotnosti. U posuzovaných podvozků je tato hodnota variabilní. Na vozidla je totiž možno na přání za příplatek montovat zesílené nápravy, díky nimž vzroste celková hmotnost na 21 500 – 23 000 kg. Toto je však využito jen při provozu mimo pozemní komunikace, neboť legislativně povolená celková hmotnost daného typu vozidla při provozu na pozemních komunikacích je 18 000 kg. Proto bude při hodnocení použita hodnota odvozená od legislativně povolené celkové hmotnosti, neboť vozidla budou své úkoly plnit na pozemních komunikacích.

**Počet převodových stupňů** – má povahu **maxima**. Je předpokladem širokého rozpětí pracovních rychlostí a tím variability využití, stejně jako optimálního využití výkonu motoru v daných režimech.

**Cena servisu** – má povahu **minima**, neboť se opět jedná o nákladovou položku. Uváděn v jednotkách Kč jako cena za 1 hodinu servisních prací.

**Záruka** – má povahu **maxima**. Dle všeobecných obchodních podmínek je stanovena na 12 měsíců. Přesto ji prodejci poskytují v délce 24 měsíců a více. Zadavatel bude jako reálnou akceptovat nabízenou záruku v délce maximálně 60 měsíců.

V následující tabulce jsou přehledně uvedena stanovená kritéria výběru (K) včetně jejich hodnot dle jednotlivých variant (V).

		Cena podvozku (tis.Kč - bez DPH)	Výkon motoru (kW)	Užitečná hmotnost (kg)	Počet převod. stupňů vpřed	Servis (Kč / hod.)	Záruka (měsíce)
<b>V 1</b>	TATRA 815 - 221R45 4x4.2/378	2697	280	9550	10	500	24
<b>V 2</b>	MAN TGS 18.360 4x4 BB	2 902	265	9800	16	775	12
<b>V 3</b>	Mercedes Benz - 1833 AK Axor (4x4)	2 669	240	10200	9	975	12
<b>V 4</b>	Mercedes Benz -1836 AK Actros (4x4)	2 801	265	9310	16	975	12
<b>V 5</b>	RENAULT KERAX 380.19 4x4	2 706	280	9350	16	700	12
<b>V 6</b>	IVECO TRAKKER AD 190 T 33 W 4x4	2 694	243	9350	16	750	12
		min.	max.	max.	max.	min.	max.
		<b>K 1</b>	<b>K 2</b>	<b>K 3</b>	<b>K 4</b>	<b>K 5</b>	<b>K 6</b>

**Tab. 1 Hodnotící kritéria (K) a hodnoty hodnocených variant (V)**

#### **4.5 Výběr stroje - v režimu veřejné zakázky**

Základním požadavkem na výběrová řízení je jejich transparentnost. Proto je nanejvýše vhodné použít k výběru nejlepší varianty některou z metod VAV, která při důsledném respektování zákonitostí a přístupů VAV vyloučí případné problémy při obhajobě rozhodnutí. Minimálně se tím zúží prostor pro podávání protestů proti nekorektnosti VŘ a vyvrátí se spekulace o korupci.

Zákon o VZ neomezuje metodu stanovení vah kritérií, jen musí být v souladu s cílem zakázky. Je ale nutné mít a používat jen 1 sadu, která bude zveřejněna v zadání zakázky. Jako vhodná byla zvolena Saatyho metoda stanovení vah, která je sice určena pro jednoho rozhodovatele, ale umožňuje i to, aby rozhodovalo více specialistů konsensuálně, byl-li by takový požadavek. Metoda použitá pro výběr kompromisní varianty musí být zveřejněna

hned na začátku a model se propočítá pouze touto jednou metodou. Jako velmi vhodná se jeví metoda váženého součtu, protože

- nevyžaduje složité a obtížné výpočty a přesto poskytuje vypovídající výsledky,
- je transparentní - pracuje se zadanými hodnotami, nevyžaduje žádné dodatečné bodování

#### 4.5.1 Stanovení vah – Saatyho metoda

Tato metoda je vhodná v případě, že váhy bude stanovovat pouze jeden posuzovatel. Je založena na subjektivním hodnocení posuzovatelem, je tedy pravděpodobné, že při posuzování a stanovování vah jiným posuzovatelem mohou být stanovené váhy odlišné. V našem případě hodnocení provedl vedoucí dopravy a váhy byly stanoveny na základě subjektivního preferování kritérií takto :

	<b>K 1</b>	<b>K 2</b>	<b>K 3</b>	<b>K 4</b>	<b>K 5</b>	<b>K 6</b>	<b>R<sub>i</sub></b>	<b>v<sub>i</sub></b>
<b>K 1</b>	1	3	5	7	5	7	3.928344	0.432285
<b>K 2</b>	1/3	1	3	5	5	7	2.365046	0.260256
<b>K 3</b>	1/5	1/3	1	3	5	7	1.383088	0.152199
<b>K 4</b>	1/7	1/5	1/3	1	3	5	0.723020	0.079563
<b>K 5</b>	1/5	1/5	1/5	1/3	1	3	0.447214	0.049213
<b>K 6</b>	1/7	1/7	1/7	1/5	1/3	1	0.240678	0.026485
							9.087390	1.00

**Tab. 2** Váhy stanovené Saatyho metodou

Váhy  $v_i$  byly vypočítány jako geometrický průměr řádků této matice. O správnosti výpočtu svědčí součet vah, který se rovná jedné. Tyto váhy dále využijeme u metody váženého součtu.

Z výsledků hodnocení za použití Saatyho matice jsou preference kritérií následující :

- cena
- výkon motoru
- užitečná hmotnost
- počet převodových stupňů
- servis
- záruka



Pro potřeby dalších hodnocení vybranými metodami sloučíme údaje z Tab. 1 a Tab. 2. Zde již hodnocené varianty označíme pouze jako V 1 až V6. Hodnotící kritéria jako K 1 až K6, vyznačíme jejich povahu (maximalizační či minimalizační) a uvedeme jednotlivé váhy určené Saatyho metodou.

	<b>K 1</b>	<b>K 2</b>	<b>K 3</b>	<b>K 4</b>	<b>K 5</b>	<b>K 6</b>
<b>V 1</b>	2 697	280	9 550	10	500	24
<b>V 2</b>	2 902	265	9 800	16	775	12
<b>V 3</b>	2 669	240	10 200	9	975	12
<b>V 4</b>	2 801	265	9 310	16	975	12
<b>V 5</b>	2 706	280	9 350	16	700	12
<b>V 6</b>	2 694	243	9 350	16	750	12
povaha	min.	max.	max.	max.	min.	max.
váhy	0.432	0.260	0.152	0.080	0.050	0.026

**Tab. 3 Kriteriační matice**

Z hodnot uvedených v Tab. 3 vybereme dle povah kritérií nejlepší nabízené hodnoty, které by takto představovaly hypoteticky ideální variantu řešení. Parametry jsou v pořadí K 1 až K 6.

#### **Ideální varianta**

$$H = [2\ 669; 280; 10\ 200; 16; 500; 24]$$

Stejným způsobem vybereme nejhorší nabízené hodnoty, které představují bazální variantu, a to ve shodném pořadí.

#### **Bazální varianta**

$$D = [2\ 902; 240; 9\ 310; 9; 975; 12]$$

Porovnáním zjistíme, že žádná z hodnocených variant V 1 až V 6 nevykazuje hodnoty varianty ideální. Proto budeme muset pokračovat v hodnocení, abychom našli variantu kompromisní, která poskytne posuzovateli nejvyšší možný užitek.

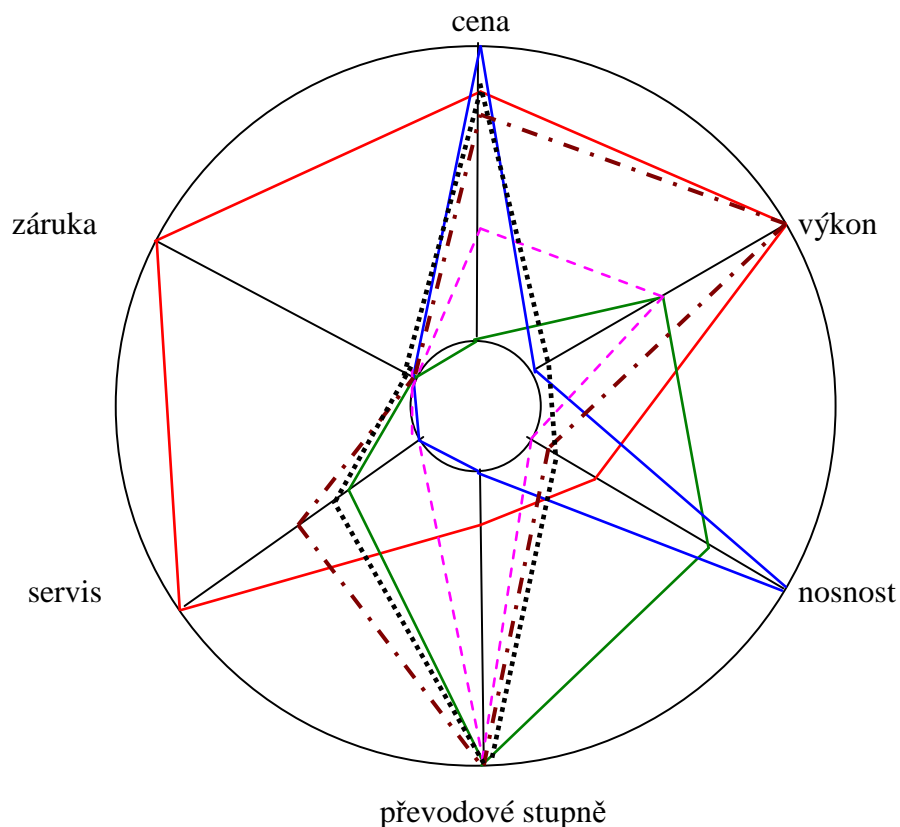
#### 4.5.2 Grafické znázornění variant

Pro počáteční představu znázorníme posuzované varianty do hvězdicového modelu. Stupnice na jednotlivých poloosách jsou v rozmezí hodnot bazální (nejhorší ve všech kritériích) a ideální (nejlepší ve všech kritériích) varianty. Pro potřeby modelu převedeme všechna kritéria na maximalizační, tzn. cenu podvozku a servisu vyčíslíme jako úsporu oproti nejdražší verzi.

		Cena podvozku (úspora)	Výkon motoru	Užitečná hmotnost	Počet převod. stupňů	Servis (úspora)	Záruka
V 1	TATRA 815	205	280	9 550	10	475	24
V 2	MAN TGS 18.360	0	265	9 800	16	200	12
V 3	Mercedes Benz - 1833	233	240	10 200	9	0	12
V 4	Mercedes Benz -1836	101	265	9 310	16	0	12
V 5	RENAULT KERAX	196	280	9 350	16	275	12
V 6	IVECO TRAKKER	208	243	9 350	16	225	12
		max.	max.	max.	max.	max.	max.

Tab. 4 Převod hodnot pro potřeby grafického znázornění

Hodnoty z tabulky přeneseme do hvězdicového modelu .



Z grafického znázornění vyplývá, že v některých posuzovaných parametrech dosahuje velmi dobrých hodnot varianta V 1, ale ani tato není dominantní a proto přistoupíme k dalšímu hodnocení, a to metodou váženého součtu.

### 4.5.3 Metoda váženého součtu

Metodou váženého součtu lze získat celkové hodnocení pro každou variantu. Lze ji použít jak pro hledání jedné nejvýhodnější varianty, tak pro uspořádání variant od nejlepší po nejhorší. Dosáhne-li varianta  $a_i$  podle kritéria  $j$  určité hodnoty  $y_{ij}$ , přináší tak uživateli užitek, který lze vyjádřit pomocí lineární funkce užitku. Celkový užitek varianty je vyjádřen váženým součtem hodnot dílčích funkcí užitku dle vzorce

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

kde  $u_j$  jsou dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií a  $v_j$  jsou váhy kritérií

Vrátíme se k původní kritériální matici v Tab. 3 a použijeme váhy, které jsme získali pomocí Saatyho metody ... (ta nám poslouží jako výchozí pro další výpočty)

	<b>K 1</b>	<b>K 2</b>	<b>K 3</b>	<b>K 4</b>	<b>K 5</b>	<b>K 6</b>
<b>V 1</b>	2 697	280	9 550	10	500	24
<b>V 2</b>	2 902	265	9 800	16	775	12
<b>V 3</b>	2 669	240	10 200	9	975	12
<b>V 4</b>	2 801	265	9 310	16	975	12
<b>V 5</b>	2 706	280	9 350	16	700	12
<b>V 6</b>	2 694	243	9 350	16	750	12
povaha	min.	max.	max.	max.	min.	max.
váhy	0.432	0.260	0.152	0.080	0.050	0.026

... a k hodnotám ideální varianty H s ohodnocením  $(h_1, \dots, h_n)$

$H = [2\ 669; 280; 10\ 200; 16; 500; 24]$

a bazální varianty D s ohodnocením  $(d_1, \dots, d_n)$ .

$D = [2\ 902; 240; 9\ 310; 9; 975; 12]$

Vytvoříme standardizovanou kritériální matici **R**, jejíž prvky získáme řadou výpočtů dle vzorce

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

Matrice **R** již představuje matici hodnot funkce užitku z *i*-té varianty podle *j*-tého kritéria, protože prvky této matice jsou lineárně transformovanými kritériálními hodnotami tak, že  $r_{ij} \in \langle 0; 1 \rangle$ . Potom bazální variantě odpovídá hodnota nula a ideální variantě hodnota jedna.

	<b>K 1</b>	<b>K 2</b>	<b>K 3</b>	<b>K 4</b>	<b>K 5</b>	<b>K 6</b>
<b>V 1</b>	0.8798	1.0000	0.2696	0.1428	1.0000	1.0000
<b>V 2</b>	0.0000	0.6250	0.5505	1.0000	0.4210	0.0000
<b>V 3</b>	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>V 4</b>	0.4334	0.6250	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
<b>V 5</b>	0.8412	1.0000	0.0449	1.0000	0.5789	0.0000
<b>V 6</b>	0.8927	0.0750	0.0449	1.0000	0.4736	0.0000

Tab. 5 Standardizovaná kritériální matice  $R = (r_{ij})$

Pro jednotlivé varianty vypočteme agregovanou funkci užitku dle vzorce

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

	<b>K 1</b>	<b>K 2</b>	<b>K 3</b>	<b>K 4</b>	<b>K 5</b>	<b>K 6</b>	<i>u</i>
<b>V 1</b>	0.3801	0.2600	0.0410	0.0114	0.0500	0.0260	<b>0.768</b>
<b>V 2</b>	0.0000	0.1625	0.0837	0.0800	0.0211	0.0000	<b>0.347</b>
<b>V 3</b>	0.4320	0.0000	0.1520	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.584</b>
<b>V 4</b>	0.1872	0.1625	0.0000	0.0800	0.0000	0.0000	<b>0.430</b>
<b>V 5</b>	0.3634	0.2600	0.0068	0.0800	0.0289	0.0000	<b>0.739</b>
<b>V 6</b>	0.3856	0.0195	0.0068	0.0800	0.0237	0.0000	<b>0.516</b>

Tab. 6 Výpočet agregované funkce užitku

Varianty nyní seřadíme sestupně podle hodnot  $u(a_i)$  a potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami užitku považujeme za řešení problému.

	<b>Užitek</b>	<b>Pořadí</b>
<b>V 1</b>	0,768	1
<b>V 5</b>	0,739	2
<b>V 3</b>	0,584	3
<b>V 6</b>	0,516	4
<b>V 4</b>	0,430	5
<b>V 2</b>	0,347	6

**Tab. 7 Pořadí variant podle metody váženého součtu**

Z tabulky je zřejmé, že nejvyššího užitku dosahuje varianta V 1, tedy podvozek TATRA 815 - 221R45 4x4.2/378 a jako druhá s nejvyšším poskytovaným užitkem je varianta V5, tedy podvozek RENAULT KERAX 380.19 4x4.

## **4.6 Výběr stroje - další možné způsoby hodnocení v případě soukromoprávního výběru**

V kapitole 4.5 byly použity metody výběru, které jsou spolehlivé a transparentní, přesně tak jak vyžaduje hodnocení při výběru veřejných zakázek. Byl-li by tento výběr prováděn v řízení mimo režim výběru dle zákona o veřejných zakázkách, je možné použít i další vhodné metody výběru a hodnocení. Jsou to například metoda bodovací či metoda TOPSIS. Pro názornost provedeme hodnocení modelového případu těmito metodami.

### **4.6.1 Bodovací metoda**

Tato metoda vyžaduje jako vstupní informace kardinální a pro **výpočet vah kritérií** se používá tehdy, hodnotí-li kritéria více expertů. Každý expert ohodnotí každé kritérium určitým počtem bodů, kritérium nejdůležitější nejvyšším počtem bodů, nejméně důležité

nejnižším. Stupnice pro bodování může být vyjádřena i graficky pomocí úsečky. Na ní jsou pak zakresleny pozice jednotlivých kritérií vzhledem ke koncům úsečky, které vyjadřují nejvyšší a nejnižší preferenci. Výpočet vah se z bodového hodnocení provede podle vztahu

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

kde  $b_j$  je součet všech bodů od jednotlivých expertů, které  $j$ -tému kritériu tito experti přidělili.

V našem případě ohodnotili dle svého subjektivního vnímání důležitosti stanovená kritéria tito 3 experti :

- vedoucí dopravy a dílen Expert 1
- ekonom organizace Expert 2
- řidič NA s dlouholetými zkušenostmi Expert 3

Jejich hodnocení zachycuje a vyhodnocuje tabulka níže.

	<b>K 1</b>	<b>K 2</b>	<b>K 3</b>	<b>K 4</b>	<b>K 5</b>	<b>K 6</b>
Expert 1	6	4	2	1	5	3
Expert 2	6	3	2	1	5	4
Expert 3	1	6	5	4	3	2
<b>Σ body</b>	13	13	9	6	13	9
<b>váha</b>	0,206	0,206	0,143	0,095	0,206	0,143

**Tab. 8 Výpočet vah kritérií bodovací metodou**

Tato metoda je jednoduchá, ale nepřináší spolehlivé výsledky. Zvláště v případech, kdy ohodnocení důležitosti kritérií provádějí lidé s diametrálně odlišným vnímáním jejich důležitosti. Na tomto příkladu je slabina metody prakticky demonstrována – Expert 3 vnímá důležitost kritérií zcela odlišně a hodnocení je zkreslené.

#### 4.6.2 Metoda Topsis

Tato metoda posuzuje varianty z hlediska jejich vzdálenosti od ideální a bazální varianty. Opět použijeme naši kritériální matici s váhami dle Tab. 3 .

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6
V 1	2 697	280	9 550	10	500	24
V 2	2 902	265	9 800	16	775	12
V 3	2 669	240	10 200	9	975	12
V 4	2 801	265	9 310	16	975	12
V 5	2 706	280	9 350	16	700	12
V 6	2 694	243	9 350	16	750	12
povaha	min.	max.	max.	max.	min.	max.
váhy	0.432	0.260	0.152	0.080	0.050	0.026

Z těchto hodnot opět vytvoříme normalizovanou matici  $R = (r_{ij})$  výpočtem hodnot dle vzorce

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}}$$

$r_{ij}$	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6
V 1	0,40096	0,43522	0,40618	0,28808	0,25635	0,66667
V 2	0,43143	0,41191	0,41681	0,46092	0,39734	0,33333
V 3	0,39679	0,37305	0,43383	0,25927	0,49988	0,33333
V 4	0,41642	0,41191	0,39597	0,46092	0,49988	0,33333
V 5	0,40229	0,43522	0,39767	0,46092	0,35889	0,33333
V 6	0,40051	0,37771	0,39767	0,46092	0,38452	0,33333

Tab. 9 Normalizovaná kritériální matice  $R = (r_{ij})$

Dále vypočteme hodnoty pro váženou kritériální matici  $W = (w_{ij})$ , kde  $w_{ij} = v_j r_{ij}$  a určíme ideální  $h_j$  a bazální  $d_j$  variantu .

$w_{ij}$	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6
V 1	0,17321	0,11316	0,06174	0,02305	0,01282	0,01733
V 2	0,18638	0,10710	0,06336	0,03687	0,01987	0,00867
V 3	0,17141	0,09699	0,06594	0,02074	0,02499	0,00867
V 4	0,17989	0,10710	0,06019	0,03687	0,02499	0,00867
V 5	0,17379	0,11316	0,06045	0,03687	0,01794	0,00867
V 6	0,17302	0,09820	0,06045	0,03687	0,01923	0,00867
	min.	max.	max.	max.	min.	max.
$v_j$	0,432	0,26	0,152	0,08	0,05	0,026
$h_j$	0,17141	0,11316	0,06594	0,03687	0,01282	0,01733
$d_j$	0,18638	0,09699	0,06019	0,02074	0,02499	0,00867

**Tab. 10** Normalizovaná vážená kritériální matice  $W = (w_{ij})$

Spočteme relativní ukazatele vzdáleností jednotlivých variant od ideální varianty  $d_i^+$  a od bazální varianty  $d_i^-$ , ze kterých odvodíme relativní index vzdálenosti od bazální varianty  $c_i$ , který je přímým podkladem pro stanovení pořadí.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^p (w_{ij} - h_j)^2}, \quad d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^p (w_{ij} - d_j)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

	$d_i^+$	$d_i^-$	$c_i$	Pořadí variant TOPSIS
V 1	0,01456	0,02580	0,63921	2
V 2	0,01980	0,01997	0,50205	5
V 3	0,02729	0,01603	0,37004	6
V 4	0,01911	0,02011	0,51278	4
V 5	0,01171	0,02701	0,69752	1
V 6	0,01930	0,02176	0,52994	3

**Tab. 11** Relativní index vzdálenosti  $c_i$  a výsledné pořadí



Z tabulky je zřejmé, že nejvyššího užítku dosahuje varianta V 5, tedy podvozek RENAULT KERAX 380.19 4x4 a jako druhá s nejvyšším poskytovaným užítkem je varianta V 1, tedy podvozek TATRA 815 - 221R45 4x4.2/378.

Pořadí těchto dvou se sice v porovnání s výsledkem metody váženého součtu obrátilo, avšak potvrzuje preference variant V 1 a V 5 před ostatními hodnocenými.

#### 4.7 Doporučení managementu

Celkové porovnání výsledků dle jednotlivých metod je pro přehlednost uvedeno v následující tabulce .

	Vážený součet	TOPSIS
<b>V 1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
V 2	6	5
V 3	3	6
V 4	5	4
<b>V 5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
V 6	4	3

Tab. 12 Porovnání výsledného pořadí dle použitých metod

Metodou váženého součtu byla vyhodnocena jako nejvýhodnější varianta V1 před variantou V5, která byla v pořadí druhá. Metodou TOPSIS byla naopak vyhodnocena jako vítězná varianta V5 před variantou V1. Z výsledků hodnot obou výběrů je zřejmé, že ačkoliv je pořadí rozdílné, mezi variantami V1 a V5 je rozdíl nevýrazný, zatímco mezi druhou a třetí v pořadí již je odstup významnější. Ten potvrdily obě použité metody. Proto jsou varianty V1 i V5, které jasně převyšují ostatní, označeny jako preferenční a rovnocenné z pohledu metod vícekritériální analýzy variant. Jelikož je ale nutné vybrat pouze jednu variantu, je na rozhodovateli před konečným rozhodnutím porovnat níže uvedená fakta o variantách a provést konečné manažerské rozhodnutí.

V případě výběru **v režimu veřejných zakázek** je výsledek jednoznačně **určen výsledkem** hodnocení **dle použité metody** a toto hodnocení je závazné. Použitá metoda váženého součtu určila variantu V1.

V případě ostatních výběrů lze pro kontrolu výsledků použít další vhodnou metodu a výsledky konfrontovat. V případě rozdílných výsledků dle rozdílných metod musí finální rozhodnutí učinit manažer, do jehož kompetence toto rozhodnutí náleží. V tomto modelovém případě je konečné rozhodnutí po porovnání hodnot variant -

**Varianta V1** – TATRA 815 - 221R45 4x4.2/378

dosahuje lepšího hodnocení nežli V5 v těchto kritériích

- cena
- užitečná hmotnost
- cena servisu
- záruka

**Varianta V5** – RENAULT KERAX 380.19 4x4

dosahuje lepšího hodnocení nežli V1 v těchto kritériích

- počet převodových stupňů

- **učiněno jednoznačně ve prospěch varianty V1.**

## 5 ZÁVĚR

Celý rozhodovací proces byl zahájen formulací požadavků a cílů výběru a vytipováním vhodných produktů z nabídky trhu. Po obdržení nabídek byly hodnoty jednotlivých variant uspořádány do kritériální matice. Výběr pokračoval stanovením vah, a to pro demonstraci postupů metodou bodovací a Saatyho metodou. Metoda bodovací byla zvolena proto, že je vhodná při stanovení vah několika experty stejně jako i k výběru variant. Bohužel v našem případě se prakticky projevila její slabina, když jednotliví experti hodnotili kritéria dle diametrálně rozdílných měřítek - každý totiž kritéria hodnotil z pohledu své profese - a ve výsledku se pak jednotlivé preference navzájem vyrušily. Proto její výsledky nebyly dále brány v úvahu. Váhy kritérií byly stanoveny Saatyho metodou, která je sice určena pro jednoho rozhodovatele, ale je použitelná i pro hodnocení více osobami, dojde-li ke konsensu.

Vlastní aplikace zvolených metod vícekritériálního rozhodování přinesla vyrovnané výsledky s minimálními rozdíly, které jsou zapříčiněny rozdílným hodnotícím mechanismem použitých metod. Obě ale vedly k doporučení dvou perspektivních variant. Metodou váženého součtu byla vybrána vítězná varianta V1 a metodou TOPSIS byla vybrána varianta V5.

Obě perspektivní varianty přinesou výrazně vyšší užitek nežli další hodnocené a rozhodnutí o preferenci některé z nich již bude záležet na managementu nebo na osobě, které bude svěřeno toto konečné rozhodnutí vykonat. Nápomocí pro rozhodnutí mohou být informace o rozdílech mezi doporučenými variantami konfrontované s požadavky rozhodovatele tak, jak bylo učiněno v kapitole 4.7. Doporuční managementu.

Lze konstatovat, že stanovených cílů této práce bylo dosaženo – problém výběru optimální varianty dle formulovaných požadavků byl prakticky proveden a získán výsledek, stejně tak i praktický návod na provádění výběru a hodnocení metodami vícekritériálního hodnocení byl podán.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Brožová, H., Houška, M., Šubrt, T.(2009) . Modely pro vícekriteriální rozhodování.

1. vydání – dotisk, ČZU Praha, 2009, ISBN 978-80-213-1019-3

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

Fotr, J. a kol. (2006) . Manažerské rozhodování – postupy, metody a nástroje. EKOPRESS, Praha, 2006, 80-86929-15-9

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

Lantová, L. Využití vícekriteriální analýzy variant pro obchodování se zemědělskou technikou : bakalářská práce. Praha : Česká zemědělská univerzita, Technická fakulta, 2007-06-01.

Stodola, J., Marek, J., Furch, J. (2007). Logistika. MZLU Brno, 2007, ISBN 978-80-7375-8

Zákon č. 137/2006 Sb. o veřejných zakázkách. Úplné Znění č. 763 – stav k 11.01.2010, Sagit, 2010, ISBN 978-80-7208-789-1

## 7 PŘÍLOHY

Příloha 1	Přehled parametrů posuzovaných podvozků.....	- 46 -
Příloha 2	Stanovení ceny v závislosti na dovybavení podvozku .....	- 48 -
Obrázek 2	IVECO TRAKKER AD 190 T 33W4x4 .....	- 49 -
Obrázek 3	MAN TGS 18.360 4x4 BB.....	- 49 -
Obrázek 4	Tatra 815 4x4 Terno 1 .....	- 49 -
Obrázek 5	Mercedes Benz 1836 Actros .....	- 49 -

**Příloha 1 Přehled parametrů posuzovaných podvozků**

		TATRA 815 - 221R45 19.280.4x4. 2/ 378	MAN TGS 18.360 4x4 BB	Mercedes Benz - 1833 AK Axor (4x4)	Mercedes Benz - 1836 AK Actros (4x4)	RENAULT KERAX 380.19 4x4	IVECO TRAKKE R AD 190 T 33 W 4x4
Pohon		4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4	4 x 4
Pneu přední		315/80 R22,5	385/65 R22,5	12R 22,5	12R 22,5	385/65 R 22,5	385/65 R22,5
Pneu zadní		315/80 R22,5	315/80 R22,5	12R 22,5	12R 22,5	315/80 R 22,5	315/80 R 22,5
Šířka	mm	2 550	2 490	2 483	2 483	2 500	2 250
Výška	mm	3 140	3 344	3 099	3 381	3 277	3 237
Celková délka	mm	6 490	6 895	6 854	6 857	7 328	6 602
Rozvor	mm	3 700	3 900	3 900	3 900	3 895	3 800
Světlá výška	mm	280	305	326	326	335	316
Celková hmotnost (legislat.)	kg	18 000	18 000	18 000	18 000	18 000	18 000
Užitečné zatížení	kg	9 550	9 800	10 200	9 310	9 350	9 350
Objem motoru	cm3	12 667	10 500	7 201	11 946	10 837	7 790
Výkon motoru	kW	280	265	240	265	280	243
EURO		5	5	5	5	5	5
Převodov ka		10 TS 180	ZF 16 S 222 OD	G 131-9	G 210-16	ZF 16 S 1830 TO	ZF 16 S 1620 TD
Počet přev. stupňů		10 + 2Z	16 + 2Z	9 + 1Z	16 + 2Z	16 + 2Z	16 + 2Z
MIN / MAX. rychlost	km / h	3,3 / 85	3,5 / 85	3,1 / 101	3,3 / 101	3,3 / 81	3,3 / 85
Cena podvozku	Kč bez DPH	2 697 000	2 902 000	2 669 000	2 801 000	2 706 000	2 694 000
Servis	Kč / hod.	450 – 550	700 – 850	900 – 1050	900 – 1050	650 – 750	650 – 850
Záruka	měsíc	24	12	12	12	12	12

	TATRA 815 - 221R45 19.280.4x4.2/ 378	MAN TGS 18.360 4x4 BB	Mercedes Benz - 1833 AK Axor (4x4)	Mercedes Benz - 1836 AK Actros (4x4)	RENAULT KERAX 380.19 4x4	IVECO TRAKKER AD 190 T 33 W 4x4
Přídavná převod.	1,6 / 2,6 TRK	---	---	---	---	---
Pomocné pohony	1TP 120 HZ 100R	od setrvačnicku 650 Nm trvale + závislý pohon ZF NH/1C (převod.)	14.2-0.83	14.2-0.83	Pomocný pohon od motoru 800 Nm	pomocný od motoru (nezávislý na spojce); závislý od převodovky ZF N71/1C
Odřazení nezávisl. vývodu	Ano (při stojícím vozidle)	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano (i za jízdy)
Provedení náprav	Nezávislé výkyvné polonápravy	Pevné nápravy	Pevné nápravy	Pevné nápravy	Pevné nápravy	Pevné nápravy
Odpružení	Kombinované pérování (vzduch + pružiny) stálá výška vozidla	Mechanické pérování (pružiny)	Mechanické pérování (pružiny)	Mechanické pérování (pružiny)	Mechanické pérování (pružiny)	Mechanické pérování (pružiny)
Zdroj informací :	<a href="http://www.tatra.cz/web_cz/na_cz.asp?info=NE&amp;rada=TERRN°1&amp;radit=popisprovedeni">http://www.tatra.cz/web_cz/na_cz.asp?info=NE&amp;rada=TERRN°1&amp;radit=popisprovedeni</a>	<a href="http://www.man-mn.cz/cz/Nkladn_automobil/Nkladn_automobil.jsp">http://www.man-mn.cz/cz/Nkladn_automobil/Nkladn_automobil.jsp</a>	<a href="http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/ho/me_mpc/truck_home/home/trucks/axor.flash.html">http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/ho/me_mpc/truck_home/home/trucks/axor.flash.html</a>	<a href="http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/ho/me_mpc/truck_home/home/trucks/actros.flash.html">http://www.mercedes-benz.cz/content/czechia/mpc/mpc_czechia_website/czng/ho/me_mpc/truck_home/home/trucks/actros.flash.html</a>	<a href="http://www.renault-trucks.cz/kerax/hlavni-stranka-kerax.html">http://www.renault-trucks.cz/kerax/hlavni-stranka-kerax.html</a>	<a href="http://www.trakker.iveco.com/">http://www.trakker.iveco.com/</a>

**Příloha 2 Stanovení ceny v závislosti na dovybavení podvozku**

	TATRA 815 - 221R45 19.280.4x4.2/ 378	Mercedes Benz - 1833 AK Axor (4x4)	Mercedes Benz - 1836 AK Actros (4x4)	IVECO TRAKKER AD 190 T 33 W 4x4	RENAULT KERAX 380.19 4x4	MAN TGS 18.360 4x4 BB
Cena podvozku v Kč	2 350 000	1 980 000	2 100 000	2 000 000	2 000 000	2 300 000
Pohonná hydraulika samoregulační	155 000	170 000	170 000	168 000	168 000	186 000
Upínací deska DIN 76060	30 000	48 000	52 000	57 000	57 000	0
Zimní světla (pod okno)	0	18 000	26 000	16 000	28 000	0
Zásuvka radlice	600	900	900	900	900	900
Blatníky + zástěrky	0	8 500	8 500	8 500	8 500	0
Boční podjezdové zábrany	0	11 200	11 200	11 200	11 200	11 200
Zadní výstražné reflexní tabule – 2ks.	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
Držák rezervního kola	0	29 000	29 000	29 000	29 000	0
Výměnný systém nástaveb	0	32 000	32 000	32 000	32 000	32 000
<b>Celkem podvozek + vybavení</b>	<b>2 537 400</b>	<b>2 299 400</b>	<b>2 431 400</b>	<b>2 324 400</b>	<b>2 336 400</b>	<b>2 531 900</b>
Mezirák + hydraulika sklápění cca	0	190 000	190 000	190 000	190 000	190 000
Třístranná sklápěcí korba	160 000	180 000	180 000	180 000	180 000	180 000
<b>Výsledná cena s třístrannou korbou</b>	<b>2 697 400</b>	<b>2 669 400</b>	<b>2 801 400</b>	<b>2 694 400</b>	<b>2 706 400</b>	<b>2 901 900</b>

Zdroj : KOBIT s.r.o. , listopad 2010





**Obrázek 2 IVECO TRAKKER AD 190 T 33W4x4**

*Zdroj : Autor, Jičín, srpen 2010*



**Obrázek 3 MAN TGS 18.360 4x4 BB**

*Zdroj : Autor, Jičín, srpen 2010*



**Obrázek 4 Tatra 815 4x4 Terno 1**

*Zdroj : Autor, Jičín, srpen 2010*



**Obrázek 5 Mercedes Benz 1836 Actros**

*Zdroj : Autor, Jičín, srpen 2010*