

Univerzita Pardubice

Fakulta ekonomicko-správní

**Vícekriteriální rozhodování a možnosti jeho využití v rámci řízení podniku**

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Akademický rok: 2020/2021

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Petra Ryšánková**  
Osobní číslo: **E18327**  
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**  
Studijní obor: **Ekonomika a provoz podniku**  
Téma práce: **Vícekritériální rozhodování a možnosti jeho využití v rámci řízení podniku**  
Zadávající katedra: **Ústav matematiky a kvantitativních metod**

### Zásady pro vypracování

Cílem práce je zvládnout teorii základních metod vícekritériálního rozhodování a hledat možnosti jejich praktické aplikace při řízení podniku.

Osnova:

- Úvod do vícekritériálního rozhodování.
- Metody vícekritériálního rozhodování.
- Konkrétní příklad využití vícekritériálního rozhodování v rámci řízení podniku.

Rozsah pracovní zprávy: **35**  
Rozsah grafických prací: **-**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

FIALA, Petr, MAŇAS Miroslav a JABLONSKÝ Josef. Vícekriteriální rozhodování. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-748-7.  
FIALA, Petr. Modely a metody rozhodování. 3., přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica, 2013. ISBN 978-80-245-1981-4.  
JABLONSKÝ, Josef. Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. Praha: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-86419-23-1.  
ŠUBRT, Tomáš. Ekonomicko-matematické metody. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Hana Boháčová, Ph.D.**  
Ústav matematiky a kvantitativních metod

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2021**

L.S.

---

**prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D.**  
děkan

---

**doc. Ing. Marcela Kožená, Ph.D.**  
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2020

Prohlašuji:

Práci s názvem Vícekriteriální rozhodování a možnosti jeho využití v rámci řízení podniku jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 4. 2021

Petra Ryšánková v. r.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Haně Boháčové, Ph.D. za vstřícnost, odborné vedení, poskytnuté cenné rady a připomínky, které mi pomohly k vypracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat i ředitelce společnosti Antreg, a. s. Ing. Iloně Romanové za poskytnuté údaje, bez nichž by tato práce nemohla vzniknout. Rovněž bych chtěla poděkovat svému příteli, rodině a kamarádům za podporu, toleranci a trpělivost během mých studijních let.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá popisem a vysvětlením disciplíny vícekriteriálního rozhodování a využitím metody AHP se Saatyho postupem při výběru obráběcího CNC centra pro vybranou společnost. První část práce je zaměřena na rozhodování, druhá část na vícekriteriální rozhodování a v poslední části práce je aplikovaná metoda AHP se Saatyho postupem na praktickém příkladu rozhodovacího procesu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

rozhodování, rozhodovací proces, vícekriteriální rozhodování, metoda AHP, Saatyho metoda (postup)

## **TITLE**

Multiple-criteria decision making and its possible use in the context of business management

## **ANNOTATION**

This bachelor's thesis deals with the description and explanation of the discipline of multi-criteria decision making and the use of the AHP method with Saaty's procedure for the selection of a CNC machining center for a selected company. The first part of the work is focused on decision making, the second part on multi-criteria decision making and in the last part of this work the AHP method with Saaty's procedure is applied to a practical example of the decision-making process.

## **KEYWORDS**

decision making, decision making process, multi-criteria decision making, method AHP, Saaty's method (procedure)

# OBSAH

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>10</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>11</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
<b>1 ROZHODOVÁNÍ.....</b>	<b>13</b>
1.1 Rozhodovací proces .....	13
1.1.1 Prvky rozhodovacího procesu.....	14
1.1.2 Dělení rozhodovacího procesu.....	15
1.1.3 Hodnocení problému v rozhodovacím procesu .....	17
1.1.4 Rozhodovací proces za jistoty, rizika a nejistoty .....	17
<b>2 VÍCEKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ.....</b>	<b>18</b>
2.1 Historie vícekriteriálního rozhodování .....	18
2.2 Základ vícekriteriálního rozhodování .....	19
2.3 Základní pojmy .....	20
2.4 Úlohy vícekriteriálního hodnocení variant (VHV).....	20
2.4.1 Dělení kritérií .....	21
2.4.2 Metody odhadu vah kritérií.....	23
2.4.2.1 Metoda pořadí.....	23
2.4.2.2 Bodovací metoda .....	24
2.4.2.3 Fullerův trojúhelník .....	24
2.4.2.4 Saatyho metoda (postup) .....	24
2.4.3 Metody vícekriteriálního hodnocení variant .....	28
2.4.3.1 Metoda váženého součtu .....	28
2.4.3.2 Metoda TOPSIS.....	29
2.4.3.3 Metoda AHP .....	29
2.5 Úlohy vícekriteriálního programování (VP) .....	32
<b>3 VYUŽITÍ VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ V RÁMCI ŘÍZENÍ KONKRÉTNÍHO PODNIKU .....</b>	<b>33</b>
3.1 Charakteristika společnosti Antreg, a. s. ....	33
3.2 Popis rozhodovacího problému .....	34

3.2.1 Volba kritérií při rozhodování .....	34
3.2.2 Technický popis zvolených variant .....	35
3.2.3 Stanovení vah kritérií .....	39
3.2.4 Hodnocení variant v rámci jednotlivých kritérií .....	42
3.2.5 Celkové shrnutí .....	63
3.2.6 Závěrečné vyhodnocení .....	65
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>66</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>68</b>



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vztah reality, modelu a teorie .....	13
Obrázek 2: Fáze rozhodovacího procesu .....	16
Obrázek 3: Kriteriaální matice .....	20
Obrázek 4: Geometrické útvary .....	27
Obrázek 5: Základní hierarchická struktura.....	31
Obrázek 6: Obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630 .....	36
Obrázek 7: Obráběcí centrum ŘADA LAUREL / HMC – 6.....	37
Obrázek 8: Obráběcí centrum H 630 .....	38
Obrázek 9: Obráběcí centrum FH630SX – i.....	39
Obrázek 10: Výpočet $\lambda_{\max}$ a vektoru m u Saatyho matice v programu Matlab .....	41
Obrázek 11: Grafické znázornění vah u jednotlivých kritérií.....	42
Obrázek 12: Výpočty $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice A dle kritéria K1 .....	44
Obrázek 13: Porovnání variant dle kritéria K1 .....	45
Obrázek 14: Výpočty $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice C dle kritéria K2.....	46
Obrázek 15: Porovnání variant dle kritéria K2 .....	47
Obrázek 16: Výpočty $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice D dle kritéria K3 .....	48
Obrázek 17: Porovnání variant dle kritéria K3 .....	49
Obrázek 18: Výpočty $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice E dle kritéria K4.....	50
Obrázek 19: Porovnání variant dle kritéria K4.....	51
Obrázek 20: Výpočty $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice F dle kritéria K5 .....	52
Obrázek 21: Porovnání variant dle kritéria K5.....	53
Obrázek 22: Výpočty $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice G dle kritéria K6 .....	54
Obrázek 23: Porovnání variant dle kritéria K6.....	55
Obrázek 24: Výpočty $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice H dle kritéria K7 .....	56
Obrázek 25: Porovnání variant dle kritéria K7.....	57
Obrázek 26: Výpočty $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice CH dle kritéria K8.....	58
Obrázek 27: Porovnání variant dle kritéria K8.....	59
Obrázek 28: Výpočty $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice R dle kritéria K9.....	60
Obrázek 29: Porovnání variant dle kritéria K9.....	61
Obrázek 30: Výpočty $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice T dle kritéria K10.....	62
Obrázek 31: Porovnání variant dle kritéria K10.....	63
Obrázek 32: Celkové shrnutí dílčích utilit variant u jednotlivých kritérií.....	64
Obrázek 33: Celkové vyhodnocení.....	65

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vzor Fullerova trojúhelníku pro počet kritérií $x = 6$ .....	24
Tabulka 2: Hodnoty RI dle Whartona.....	26
Tabulka 3: Matice párového porovnávání .....	28
Tabulka 4: Saatyho metoda u vzorového příkladu .....	28
Tabulka 5: Stanovená kritéria firmy 1. část .....	34
Tabulka 6: Stanovená kritéria firmy 2. část .....	35
Tabulka 7: Technické parametry obráběcího centra MYCENTER HX500iG/630.....	35
Tabulka 8: Technické parametry obráběcího centra ŘADA LAUREL / HMC – 6 .....	36
Tabulka 9: Technické parametry obráběcího centra H 630 .....	37
Tabulka 10: Technické parametry obráběcího centra FH630SX – i .....	38
Tabulka 11: Kriteriaální matice .....	39
Tabulka 12: Saatyho matice.....	40
Tabulka 13: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K1 .....	42
Tabulka 14: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K2 .....	45
Tabulka 15: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K3 .....	47
Tabulka 16: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K4 .....	49
Tabulka 17: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K5 .....	51
Tabulka 18: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K6 .....	53
Tabulka 19: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K7 .....	55
Tabulka 20: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K8 .....	57
Tabulka 21: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K9 .....	59
Tabulka 22: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K10 .....	61
Tabulka 23: Přehled utilit u jednotlivých variant v závislosti na kritériu.....	63

## **SEZNAM ZKRATEK**

a. s.	Akciová společnost
AHP	Analytic Hierarchy Process
CI	Konzistenční index
CNC	Computer Numerical Control
CR	Konzistenční poměr
ISMCDM	International Society on Multiple Criteria Decision Making
NHP	Nottingham Health Profile
RI	Náhodný index konzistence
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VHV	Úlohy vícekriteriálního hodnocení variant
VP	Úlohy vícekriteriálního programování
VR	Vícekriteriální rozhodování
WSA	Weighted sum approach metoda

## ÚVOD

Součástí života každého člověka, firmy a i celé společnosti jsou rozhodnutí. Na základě toho lze rozhodování rozdělit do tří primárních rozhodovacích úrovní. Na základní úrovni se jedná o rozhodování prováděné jednotlivcem (člověkem), jehož rozhodnutí ovlivňuje hlavně jeho samotného, např. když se rozhoduje o koupi parcely pro stavbu domu nebo o výběru vysoké školy. Do střední úrovně lze zařadit rozhodování v rámci různých podniků, jejichž rozhodnutí má mnohem širší rozsah, jelikož důsledky jejich rozhodnutí mohou mít velký vliv na pozici firmy na trhu, na kterém se nachází, ale také na její samotnou existenci. V nejvyšší úrovni se nachází rozhodnutí, která ovlivňují celou společnost. Zde se může jednat například o rozhodnutí o různých zákonech nebo vyhláškách.

Obecně platí, že čím je rozhodnutí pro člověka, podnik či společnost důležitější, tím by měla být provedena pečlivější a podrobnější analýza daného rozhodovacího procesu. Rovněž platí to, že kvalitní rozhodnutí obvykle nikdy nejsou jednoduchá.

Problematika rozhodovacího procesu spočívá v tom, že ve většině případů známe rozhodovací problém, ale zároveň i mnoho variant řešení. V takových situacích mnoho rozhodovatelů využívá intuici a zkušenosti místo ověřených rozhodovacích metod. Právě různé metody nápomocné při rozhodování nabízí disciplína vícekriteriálního rozhodování (VR).

Cílem této bakalářské práce je objasnění disciplíny vícekriteriálního rozhodování a její praktická aplikace v rámci řízení podniku.

První část práce se pro ujasnění spojitosti mezi rozhodováním a VR věnuje rozhodovacímu procesu. Druhá část následně pojednává o samotném vícekriteriálním rozhodování a ve třetí části je VR aplikované na praktickém příkladu.

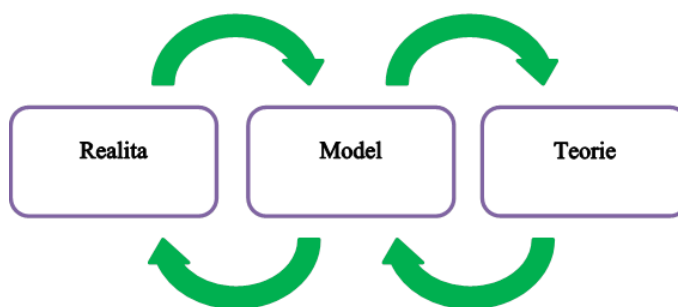
# 1 ROZHODOVÁNÍ

Dle správné terminologie lze rozhodování definovat jako volbu mezi dvěma a více variantami řešení daného problému. [4]

Své kořeny má rozhodování však už v počátcích lidské existence, kdy se člověk musel rozhodovat nad primitivními a úplně základními věcmi, aby přežil. Od té doby se svět dosti podstatně vyvíjí a složitost rozhodování se logicky zvyšuje. Nyní je rozhodování součástí života lidí, firem a celé společnosti.

V rámci firem je dosti podstatné uvědomit si, že každá firma funguje jako jednotný sehraný systém, v němž jsou jednotlivé části navzájem propojené. Rozhodování se tak týká všech oblastí podniku, nejvíce manažerů na řídicích pozicích. Jelikož, čím větší je rozhodovací působnost a s tím spojené větší důsledky, tím jsou rozhodnutí v podniku znatelnější. Proto je důležité, aby tito manažeři rozhodovali objektivně a racionálně s cílem dosáhnout co největšího zisku a užitku při výběru nejvhodnější varianty řešení problému.

V mnoha situacích se ale rozhodnutí stávají velmi komplikovanými. Pro jejich usnadnění jsou různým typům rozhodovacích situací vytvořeny odpovídající modely a metody řešení. Modely zastávají funkci mezičlánku mezi realitou a teorií. Pomáhají ověřovat zkušenosti z reality a vytvářet teorii, která pomáhá při správném rozhodování v realitě. [4]



Obrázek 1: Vztah reality, modelu a teorie

*Zdroj: upraveno podle [4]*

## 1.1 Rozhodovací proces

Rozhodovací proces můžeme charakterizovat jako postup, ve kterém dochází k řešení rozhodovacích problémů, u nichž musíme vybrat jedno adekvátní rozhodnutí z několika možných variant řešení. [8]

Tento proces lze řešit různými metodami, které se odvíjí od jeho věcné a procedurální stránky. Věcná stránka je důležitá pro správnou a přesnou orientaci v oblasti řešeného problému. Procedurální stránka procesu zahrnuje metody a postupy řešení problému. V jednoduchém pojetí lze věcnou stránku nazvat teoretickou, která upřesní, co řešíme. Kdežto procedurální stránku můžeme chápat jako praktickou, jež specifikuje postup řešení. [8]

Postupy a metody pro řešení tohoto procesu dělíme do dvou skupin [8]:

- **Normativní postupy** poukazují na nejlepší řešení a možnou alternativu;
- **Deskriptivní postupy** analyzují veškeré varianty řešení a alternativu nepřímo podporují.

### 1.1.1 Prvky rozhodovacího procesu

Pro zjednodušení rozhodovacího procesu je vhodné určit základní prvky tohoto procesu. Do těchto prvků patří [3,6,8]:

- **Objekt rozhodování** – *o čem se rozhoduje;*
  - Za objekt je považována oblast, ve které se definoval problém a cíl řešení;
- **Subjekt rozhodování** – *kdo provede rozhodnutí;*
  - Subjektem rozhodování je označován rozhodovatel, který má moc rozhodnout a rozhodnutí vykonat;
- **Alternativy rozhodnutí** – *z jakých možností je proveden výběr;*
  - Alternativy jsou možnosti řešení, které se navzájem vylučují, tj. volba jedné alternativy znemožní volbu jiné. Pro přehlednost a ucelenost postupu řešení je efektivní vytvořit si seznam těchto alternativ. Avšak v realitě je nejčastěji volitelnou možností nedělat nic;
- **Stavy okolností** – *v jakých případech je realizovatelná alternativa;*
  - Stavy okolností jsou situace, v nichž dochází k rozhodnutí, a rozhodovatel na ně nemá žádný vliv. Rozhodnutí jsou však těmito okolnostmi velmi ovlivněna. A stejně jako alternativy se musí vzájemně vylučovat;
- **Důsledky alternativ** – *co zvolená alternativa přinese;*
  - Důsledky alternativ vznikají zvolením některé z variant řešení;

- **Cíl rozhodování** – *čeho chceme rozhodnutím dosáhnout;*
  - Cílem rozhodování je výběr nejvýhodnější alternativy, díky níž dosáhneme požadovaného stavu. Stav nemusí být jeden konkrétní, ale může zahrnovat více dílčích stavů, které mohou mít charakter kvalitativní, tak i kvantitativní;
- **Kritéria rozhodování** – *podle kterých parametrů vybíráme;*
  - Kritéria rozhodování musí být přesně specifikována, aby dle nich mohly být přesně posuzovány veškeré jednotlivé varianty. Tato kritéria lze dělit na výnosová a nevýnosová (nákladová). U výnosových kritérií jsou preferovány vysoké hodnoty a u nevýnosových kritérií jsou naopak preferovány nízké hodnoty.

### 1.1.2 Dělení rozhodovacího procesu

Rozhodovací proces se skládá z několika fází, různých kroků, jejichž prostřednictvím je rozhodovatel schopen dobře strukturovat daný problém. Samotné rozhodování nemá přesně definovaný postup, dle kterého by se subjekt mohl řídit. Spíše se jedná o dynamicky sekvenční činnost, jež je ovlivňována mnoha faktory. Těmito faktory jsou například znalosti, zkušenosti a motivace rozhodovatele, ale také třeba organizační prostředí. Avšak není nutné, aby každý rozhodovací proces prošel všemi svými fázemi. [1]

#### Dělení rozhodovacího procesu dle Simona

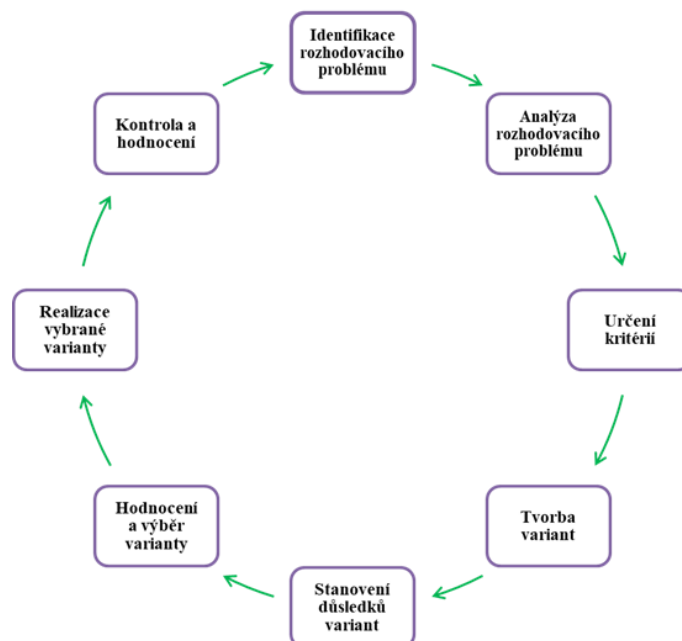
Podle Simona můžeme tento proces rozdělit do čtyř částí [4]:

- 1) **Analýza okolí** – nalezení podmínek, které vedou k povinnosti rozhodovat, zjištění a specifikace problémů, určení příčin;
- 2) **Návrh řešení** – podstatou je vyhledávání, tvorba, vyvíjení a analýza existujících činností;
- 3) **Volba řešení** – pravděpodobnost realizace vyhodnocených řešení z předchozího bodu a volba nejvýhodnější varianty;
- 4) **Kontrola výsledků** – zhodnocení dosažených výsledků a cílů, kterých bylo či mělo být dosaženo.

#### Fáze rozhodovacího procesu

Jak bylo zmíněno výše, rozhodovací proces zahrnuje několik fází. Pro upřesnění jich je osm [1]:

- 1) **Identifikace rozhodovacího procesu** – v rámci průběžného zjišťování, rozboru a vyhodnocování informací souvisejících s podnikem jako takovým a jeho vnějším prostředím se naleznou situace, které se musí řešit;
- 2) **Analýza a formulace rozhodovacího problému** – ke specifikaci rozhodovacího problému lze dojít při prostudování problémové situace, definováním podstaty a příčiny daného problému;
- 3) **Stanovení kritérií hodnocení variant** – určení vhodných kritérií, dle kterých budou varianty hodnoceny. Tato kritéria jsou vytvořena na základě stanovených cílů;
- 4) **Tvorba variant rozhodování** – tvorba obsáhlého souboru variant řešení, ze kterého bude zvolena nejvhodnější varianta;
- 5) **Stanovení důsledků jednotlivých variant** – zjištění budoucích důsledků všech specifikovaných variant rozhodování z pohledu stanovených kritérií hodnocení;
- 6) **Hodnocení důsledků variant a výběr nejlepší varianty** – vyřazení nevhodných alternativ a výběr té neadekvátnější ze zbylých možností;
- 7) **Realizace** – realizace zvolené varianty. To jediné potvrdí, zda byla opravdu nejlepší volbou;
- 8) **Kontrola a vyhodnocení realizované varianty** – porovnání skutečnosti s plánovanými výsledky. V situaci, kdy dojde k velké odchylce, je zapotřebí vykonat vhodná opatření, dále si promyslet změnu varianty řešení, a dokonce i reálnost vytyčených cílů.



**Obrázek 2:** Fáze rozhodovacího procesu

*Zdroj: upraveno dle [1]*



### 1.1.3 Hodnocení problému v rozhodovacím procesu

Tím, že je svět kolem nás čím dál komplikovanější, složitost problémů roste. Proto je většinou velmi obtížné správně a přesně popsat některé problémy, o to horší je následně nalézt jejich vhodné řešení. Složitost problémů můžeme členit na [6]:

- **Dobře strukturovaný problém** – Problém je dobře známý, jeho postupy řešení jsou ověřené z minulosti. Tyto postupy jsou prováděny managementem na operativní úrovni;
- **Špatně strukturovaný problém** – Jedná se o zcela nový problém, který závisí na mnoha faktorech. Na řešitele jsou kladeny velké nároky jak na jeho zkušenosti, znalosti, tak i dovednosti;
- **Částečně strukturovaný problém** – Jde o problém, kterému chybí určité vlastnosti dobře strukturovaného problému, ale nejde o špatně strukturovaný problém.

### 1.1.4 Rozhodovací proces za jistoty, rizika a nejistoty

Při realizaci daného procesu je důležité hodnotit varianty řešení v souvislosti s budoucími situacemi, v nichž bude zvolená varianta provedena. Proto u rozhodovacího procesu záleží na informacích o stavu okolností a o důsledcích alternativ [3,4]:

- **Rozhodování za jistoty** – Rozhodnutí, které s sebou nese žádné rizikové faktory. Je dána pouze jedna situace, která 100 % nastane;
- **Rozhodování za rizika** – Rozhodovateli jsou známy všechny možné situace a s nimi spojená rizika. V rámci těchto situací lze současně stanovit pravděpodobnost jejich vzniku;
- **Rozhodování za nejistoty** – Rozhodovatel opět zná všechny možné situace, ale nemůže stanovit jejich pravděpodobnost vzniku.

S ohledem na výše zmíněné je jasné, že rozhodování za jistoty je nejsnazší a rozhodování za nejistoty je nejtěžší. Důvodem je, že u rozhodování za jistoty známe důsledky zvolené varianty a pravděpodobnost vzniku, ale u rozhodování za nejistoty neznáme pravděpodobnost vzniku situace. [3]

Kompromisem mezi těmito dvěma možnostmi je rozhodování za rizika, kdy známe důsledky v návaznosti na pravděpodobnost vzniku. [3]

## 2 VÍCEKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ

V dnešní době se při rozhodovacích problémech často používají matematické optimalizační metody souběžně s moderní výpočetní technikou. Tyto modely hodnotí problémy z jedné stránky, a to monokriteriální. To však plně nevyhovuje nárokům praxe. V realitě je totiž nutné hodnotit varianty řešení z více hledisek, která navíc mohou být protichůdná a mít různý stupeň důležitosti. Proto je nyní kladena pozornost na multikriteriální optimalizační metody, které při rozhodování respektují velké množství kvalitativních a kvantitativních hledisek, čímž provádí komplexní hodnocení variant. Rozdíl mezi optimalizací multikriteriální a klasickou je už v jejich podstatě. [2]

**Klasický přístup** u každé varianty vyčísluje její efekty. Ty se navzájem porovnávají, dle nich se pak varianty seřadí podle stupně efektivity. [2]

**Komplexní přístup** vychází ze společných vlastností srovnatelných variant, dle přiřazování intenzity těchto vlastností jsou varianty uspořádány. [2]

Mezi tyto multikriteriální optimalizace spadá vícekriteriální rozhodování. [2]

Teorie vícekriteriálního rozhodování je vědní obor. Jejím základem je matematické modelování, ačkoliv pro pochopení základních vícekriteriálních optimalizačních technik stačí jednoduchá matematika. Každý manažer a ekonom by měl mít alespoň částečné znalosti metod vícekriteriálního rozhodování. [5]

### 2.1 Historie vícekriteriálního rozhodování

V 18. století došlo k vývoji exaktních věd ekonomie a matematiky. Následně na to došlo v rozhodovacích procesech ke snahám o reformaci. Rozhodování je poznávací činnost, jejímž cílem je volba vhodné varianty, a výsledkem by mělo být konečné rozhodnutí. V této době byl Danielem Bernoulli definován pojem „*teorie užitku*“. Právě tato teorie ve 20. století napomohla vzniku vícekriteriálního rozhodování založeného na funkcích užitku. [6]

V souvislosti s ekonomikou a vícekriteriálností je důležité také zmínit významnou osobu, kterou byl Vilfredo Pareto. Byl italským ekonomem a sociologem a také i prvním člověkem, který explicitně definoval problém vícekriteriálnosti při hodnocení stavu ekonomického systému. Odtud se odvozují také termíny „*paretovská optimalita*“ nebo „*paretovské hranice*“. [5]

Avšak k největšímu rozvoji vícekriteriálního rozhodování došlo ve 2. pol. 20. století. Podoba tohoto rozvoje byla exponenciální. K rozvoji teorie vícekriteriálního rozhodování velmi přispěl i T. C. Koopmans, což byl nositel Nobelovy ceny za ekonomii. Dalším významným člověkem byl Thomas L. Saaty, mezi jehož nejvýznamnější metody patří metoda AHP a ANP. [5,6]

Kolem roku 1960 se objevila disciplína cílové programování. Její činností bylo hledání výrobních programů, které by vyhovovaly současně různým cílům. [5]

O pár let později byly vydány první knížky věnující se problémům vícekriteriálního rozhodování. A od roku 1972 se začaly pořádat i velké mezinárodní vědecké konference zaměřené na toto téma. Zároveň se i na tuto problematiku rozhodování zaměřovaly různé vědecké časopisy, například časopis Multi-Criteria Decision Analysis. [5]

Všichni odborníci, kteří se zabývají vícekriteriálním rozhodováním, jsou členy Mezinárodní společnosti pro vícekriteriální rozhodování ISMCDM (anglicky International Society on Multiple Criteria Decision Making). Společnost vznikla v 70. letech minulého století a k roku 2019 zahrnuje 2 708 odborníků z 96 zemí světa. [6,18]

## 2.2 Základ vícekriteriálního rozhodování

Rozhodovací procesy se projevují v celé společnosti, v rámci podniku se tento proces může objevit v případech, kdy podnik vybírá výrobní program, nebo když se rozhoduje, do čeho nejefektivněji investovat volné peněžní prostředky.

Proto je při rozhodovacích situacích podstatné brát v úvahu několik rozhodovacích kritérií. Tato kritéria bývají ve vzájemném nesouladu. To znamená, že jedna varianta je z jednoho kritéria hodnocena jako nejlepší, zároveň je nejhůře hodnocena dle jiných kritérií. Pak je cílem vícekriteriálních rozhodovacích úloh řešení sporu mezi protikladnými kritérii, ale konečným cílem může být volba jedné z variant, na jejímž základě bude provedeno rozhodnutí. [9]

Úlohy vícekriteriálního rozhodování jsou rozděleny do dvou skupin. Základ jejich rozdělení je stanoven podle způsobu definování množiny rozhodovacích variant [5,9]:

- **Úlohy vícekriteriálního hodnocení variant (VHV)** – množina přípustných variant ve formě konečného seznamu;

- **Úlohy vícekriteriálního programování (VP)** – množina přípustných variant omezena podmínkami, které musí splňovat alternativy rozhodování.

## 2.3 Základní pojmy

V této kapitole jsou obsaženy veškeré potřebné pojmy pro analýzu vícekriteriálního rozhodování. Mezi tyto pojmy patří [4,6]:

- **Rozhodovatel** – subjekt (jedna osoba nebo skupina lidí), jehož povinností je provést rozhodnutí;
- **Rozhodnutí** – činnost, při které se zvolí jedna či více variant z celé množiny přístupných variant;
- **Varianta** – předmět rozhodování, specifická alternativa s možností budoucí realizace;
  - značí se  $a_i$  pro  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .
- **Kritéria** – hlediska, jejichž prostřednictvím jsou posuzovány varianty;
  - značí se  $k_j$  pro  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ .
- **Kriteriální hodnoty** – hodnoty, kterých mohou kritéria dosahovat;
  - značí se  $v_{ij}$  pro  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ , a pro  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ .

## 2.4 Úlohy vícekriteriálního hodnocení variant (VHV)

V úlohách VHV je definována množina rozhodovacích variant  $D = \{D_1, D_2, \dots, D_n\}$ , které jsou hodnoceny podle kritérií  $B_1, B_2, \dots, B_k$ . Každá varianta  $D_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  je podle těchto kritérií popsána vektorem tzv. *kriteriálních hodnot* ( $y_{n1}, y_{n2}, \dots, y_{nk}$ ). [7]

Matematický model těchto úloh lze vyjádřit ve tvaru tzv. *kriteriální matice*, ve které je v  $i$ -tém řádku vektor kriteriálních hodnot varianty  $D_i$ . [7]

$$\begin{array}{cccc}
 & B_1 & B_2 & \cdots & B_k \\
 \begin{array}{c} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_n \end{array} & \left[ \begin{array}{cccc} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2k} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nk} \end{array} \right]
 \end{array}$$

**Obrázek 3:** Kriteriální matice

*Zdroj: zpracováno dle [7]*

Tento typ úloh je možné aplikovat v široké škále oblastí. Je to především z toho důvodu, že je formulace těchto úloh pochopitelná skoro pro každého člověka. Vhodným příkladem pro vysvětlení může být využití těchto úloh při přijímacím řízení na vysokou školu. Variantami bychom mohli brát uchazeče, kteří se zúčastní přijímacího řízení, kritéria by mohla být výsledky přijímacích zkoušek ze všeobecných znalostí a cizího jazyka. [7]

Mezi základní cíle analýzy VHV úloh patří [7]:

- **Výběr jedné varianty** – ta by měla být hlavním bodem při závěrečném rozhodnutí. Dá se říci, že tato varianta je kompromisem mezi různými rozhodovacími kritérii, proto je označována jako *kompromisní varianta*. Volba kompromisní varianty bývá například prioritou při výběru vhodné oblasti v rámci realizace nějaké investice;
- **Uspořádání variant** – jedná se o obecnější cíl než volba kompromisní varianty. Všechny varianty jsou seřazeny od „nejlepší“ po „nejhorší“. Musíme si však uvědomit, že u vícekritériálního rozhodování dosti závisí na přesné formulaci pojmů „nejlepší“, „nejhorší“ a „kompromisní“ alternativa. Tato přesná formulace vyjadřuje preference rozhodovatele. Není to tedy stejné jako u monokritériálních rozhodovacích úloh, kdy jsou pojmy „nejlepší“ a „optimální alternativa“ určeny jednoznačně;
- **Klasifikace variant** – rozhodovatel má za cíl rozdělit varianty do několika tříd. Příkladem je rozdělení variant do dvou tříd při hodnocení přijímacího řízení na přijaté a nepřijaté. Množství tříd se mění v závislosti na potřebách dané situace.

### 2.4.1 Dělení kritérií

Při výběru a stanovení kritérií je dobré si ujasnit, dle jakých hledisek se kritéria dělí. Kritéria se dělí podle [8]:

#### Povahy kritéria

- 1) **Kritérium maximalizační** – založeno na tom, že nejlepší varianty mají nejvyšší hodnoty;
- 2) **Kritérium minimalizační** – jedná se o opak výše zmíněného kritéria, respektive nejlepší varianty mají nejnižší hodnoty.

Obvykle bývá nevhodnější využití kritériální matice, která zahrnuje kritéria stejné povahy. Všechna kritéria jsou buď minimalizační, nebo (obvyklejší možností) jsou všechna kritéria maximalizační. Avšak většinou to ze začátku řešení úlohy není, proto lze kritéria minimalizační převést na maximalizační. K tomu se nejvíce využívají dva způsoby [8]:

### Způsob 1

- Celý sloupec kritériální matice se vynásobí hodnotou  $-1$ :

- Transformace 
$$x'_{ij} = -x_{ij} \quad (4.1.1)$$

### Způsob 2

- Vypočítají se hodnoty udávající zlepšení vůči kritériálním hodnotám nejhorším:

- Transformace 
$$x'_{ij} = x_{ij} - \max_i(x_{ij}) \quad (4.1.2)$$

### Kvantifikovatelnost kritéria

- 1) **Kritéria kvantitativní** – hodnoty variant související s těmito kritérii vytváří objektivně měřitelné údaje, proto jsou označovány jako *objektivní*; [8]
- 2) **Kritéria kvalitativní** – hodnoty variant vycházející z těchto kritérií není možné objektivně změřit. Obvykle se jedná o hodnoty subjektivní, které odhadne rozhodovatel, proto jsou tato kritéria označována jako *subjektivní*. Při těchto situacích je využíváno různých stupnic nebo relativní hodnocení variant (jedna alternativa se zvolí jako základní a dle ní rozhodovatel odhaduje % vyjádření všech ostatních alternativ). [8]

Stupnice neboli škály můžeme rozdělit na [4]:

- **Nominální** – jedná se o nejjednodušší typ stupnice. Její kritérium je měřitelné za situace, kdy je možné varianty zařadit do určitých tříd v závislosti na znalostech jejich důsledků. Mezi ně patří například pohlaví a barva;
- **Ordinální** – jde o vyšší typ stupnice. U ní je možné seřadit varianty rozhodování z pohledu daného kritéria hodnocení. Varianty jsou řazeny od nejvýhodnější po nejméně výhodnou variantu;

- **Kardinální** – je nejvyšší typ stupnice. Může mít podobu intervalovou nebo poměrovou. Intervalová stupnice umožňuje změřit určitou vzdálenost mezi dvěma variantami. Udává, o kolik je jeden objekt vůči druhému větší/menší.

## 2.4.2 Metody odhadu vah kritérií

*Váhy kritérií* vyjadřují kvantifikaci důležitosti jednotlivých kritérií. Tyto váhy lze vyjádřit pomocí váhového vektoru [9]:

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k), \sum_{i=1}^k v_i = 1, v_i \geq 0 \quad (4.2.1)$$

Z logické perspektivy vychází, že váha kritérií se odvíjí od důležitosti kritérií. Avšak problematickou částí těchto metod je získání vah kritérií od rozhodovatele v numerické formě. Proto se tato činnost rozhodovateli zlehčuje prostřednictvím *metody odhadu vah kritérií*. Ve své podstatě jde o jednoduché postupy, které dle subjektivních informací od rozhodovatele vytváří odhady vah. [9]

### 2.4.2.1 Metoda pořadí

Metoda pořadí se využívá při určení vah kritérií v případech, kdy je důležitost hodnocena několika experty. Každý z nich uspořádá jednotlivá kritéria od nejvíce důležitého po nejméně důležité. Nejdůležitější kritérium bude hodnoceno body  $n$  ( $n$  je počet kritérií), druhé nejdůležitější kritérium bude hodnoceno body  $n-1$  atd., nejméně důležité kritérium bude hodnoceno bodem 1. V situaci, kdy bude mít více kritérií stejnou důležitost, se tato kritéria hodnotí body podle průměrného pořadí. Váhy jednotlivých kritérií zjistíme součtem všech bodů získaných od veškerých expertů, pak ho vydělíme celkovým počtem bodů, které byly experty rozděleny mezi veškerá kritéria. Tento způsob zaručuje, že suma vah kritérií je rovna 1. [1,6]

Zpravidla je  $i$ -tému kritériu přiřazeno číslo  $b_i$  a váha  $i$ -tého kritéria se poté vypočítá dle vzorce [10]:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^t b_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.2.1.1)$$

Uvedený vzorec normalizuje informace o volbě kritérií, proto se tento postup označuje jako normalizace vah kritérií. [8]

### 2.4.2.2 Bodovací metoda

Bodovací metoda je založena na tom, že rozhodovatel zvládne kvantitativně ohodnotit kritéria dle jejich důležitosti. Hodnocení probíhá podle předem definované bodovací stupnice – př. od 1 do 10. V tomto systému platí, že kritérium s nejvyšší důležitostí dostane nejvyšší bodové hodnocení a naopak. Váhy se vypočítají dle vztahu (4.2.1.1) jako u metody pořadí. [9, 10]

### 2.4.2.3 Fullerův trojúhelník

Zadavateli je u tohoto postupu dáno trojúhelníkové schéma, v němž jsou uvedeny jednotlivé dvojice kritérií tak, že každá dvojice je ve schématu obsažena pouze jednou. Poté rozhodovatel musí z jednotlivé dvojice vybrat kritérium, které je z jeho pohledu pro něj důležitější – zvolené kritérium zvýrazní (zakroužkuje nebo podtrhne). V situaci, kdy jsou ve dvojici obě kritéria stejně důležitá, zvýrazní obě. Pokud bude počet označení  $i$ -tého kritéria roven  $b_i$ , lze odhad vah opět udělat dle vztahu (4.2.1.1). [7]

Vzor Fullerova trojúhelníku pro počet kritérií  $x = 6$  [7]:

**Tabulka 1:** Vzor Fullerova trojúhelníku pro počet kritérií  $x = 6$

$X_1$	$X_1$	$X_1$	$X_1$	$X_1$
$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
	$X_2$	$X_2$	$X_2$	$X_2$
	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
		$X_3$	$X_3$	$X_3$
		$X_4$	$X_5$	$X_6$
			$X_4$	$X_4$
			$X_5$	$X_6$
				$X_5$
				$X_6$

Zdroj: [7]

### 2.4.2.4 Saatyho metoda (postup)

Tato metoda odhadu vah kritérii je o něco propracovanější. Jedná se o nejpoužívanější aplikaci, při níž rozhodovatel porovnává (stejně jako u Fullerova trojúhelníku) všechny dvojice kritérií. Důležitost jednotlivých kritérií je vyjadřována v celočíselné stupnici 1 až 9. 1 znamená, že dvojice kritérií má stejnou důležitost, 9 vyjadřuje, že jedno kritérium absolutně převažuje to druhé. V případě, kdy je jedno kritérium méně důležité než druhé, vyjádří se takové situace převrácenou hodnotou celých čísel z uvedené stupnice. [7]



Získané informace z párového porovnávání lze využít pro vytvoření matice  $S = (s_{ij}, i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$ . Tato matice se nazývá *Saatyho matice*. [7]

Obliba Saatyho metody je u rozhodovatelů v tom, že se v ní může vyjadřovat namísto numerické stupnice i verbální formou, která je pro mnoho lidí přívětivější. Verbální stupnice má tuto podobu [7]:

- $(k_{ij} = k_{ji} = 1)$  – kritéria  $Z_i$  a  $Z_j$  jsou stejně důležitá;
- $(k_{ij} = 3, k_{ji} = 1/3)$  – kritérium  $Z_i$  je slabě důležitější než kritérium  $Z_j$ ;
- $(k_{ij} = 5, k_{ji} = 1/5)$  – kritérium  $Z_i$  je silně důležitější než kritérium  $Z_j$ ;
- $(k_{ij} = 7, k_{ji} = 1/7)$  – kritérium  $Z_i$  je velmi silně důležitější než kritérium  $Z_j$ ;
- $(k_{ij} = 9, k_{ji} = 1/9)$  – kritérium  $Z_i$  je absolutně (extrémně) důležitější než kritérium  $Z_j$ .

Vyjadřovací verbální forma se automaticky převede na numerickou stupnici. Pokud je verbální stupnice nedostačující, tak se mohou využít mezistupně, kterým odpovídají číselné hodnoty 2, 4, 6, a 8. [7]

Preference rozhodovatele jsou zahrnuty v matici párového porovnávání  $S$ . Údaje těchto preferencí se dále využijí pro odhad vah kritérií. Použitelnost těchto údajů závisí na jejich kvalitě. Daná matice musí být patřičně konzistentní. Konzistentnost lze vypočítat prostřednictvím konzistenčního poměru  $CR$ , který musí být menší než hodnota 0,1, aby matice byla konzistentní. Jeho vzorec je [4,11,12]:

$$\text{kde:} \quad CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.2.4.1)$$

$CI$  – konzistenční index

$RI$  – náhodný index konzistence

Příčemž konzistenční index  $CI$  se vypočte dle vzorce [12]:

$$CI = (\lambda_{\max} - k) / (k - 1) \quad (4.2.4.2)$$

kde:

$\lambda_{\max}$  – největší vlastní číslo matice

$k$  – počet kritérií

Určit náhodný index konzistence RI je velmi jednoduché. Požadované hodnoty RI lze nalézt v tabulkách, ve kterých jsou hodnoty již vypočítané. Takže stačí pouze znát počet kritérií nebo variant, se kterými pracujeme. [11]

**Tabulka 2:** Hodnoty RI dle Whartona

Hodnoty										
k (počet kritérií)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Zdroj: [4]

Další možností zjištění konzistentnosti je dosažení do podmínky konzistence, jejíž definice zní, že pro libovolnou trojici indexů  $t, n, o$  platí  $k_{to} = k_{tn} k_{no}$ . Příkladem je tato matice [9]:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 6 \\ 1/2 & 1 & 3 \\ 1/6 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

Uvedená matice je naprosto konzistentní, protože  $k_{13} = k_{12} k_{23}$  ( $6 = 2 \cdot 3$ ). Jinou trojici indexu matice neobsahuje. Pro takto konzistentní matici je lehké zjistit váhy jednotlivých kritérií, a to buď prostřednictvím vzorce (4.2.1.1), nebo vyřešením soustavy rovnic (naš příklad) [9]:

$$u_1 / u_2 = 2$$

$$u_1 / u_3 = 6$$

$$u_2 / u_3 = 3$$

$$u_1 + u_2 + u_3 = 1$$

\*Daná soustava má pouze jedno řešení  $u_1 = 0.6$ ,  $u_2 = 0.3$  a  $u_3 = 0.1$ . [9]

Pokud je počet kritérií  $m > 3$ , tak je pro rozhodovatele skoro nemožné vložit své preference, aby matice  $M$  byla adekvátně konzistentní. Na základě toho nemá soustava rovnic žádné řešení a k odvození vah se využije nový postup. [9]

Novým postupem se rozumí odvodit váhy kritérií prostřednictvím vlastního vektoru matice  $M$ , které odpovídá největší vlastní číslo této matice, tzn. [9]:

$$(S - \lambda_{max} I)u = 0 \quad (4.2.4.3)$$

kde:

$\lambda_{max}$  – maximální vlastní číslo matice  $M$

$I$  – jednotková matice

Z vlastního vektoru pak stanovíme váhy takto [13]:

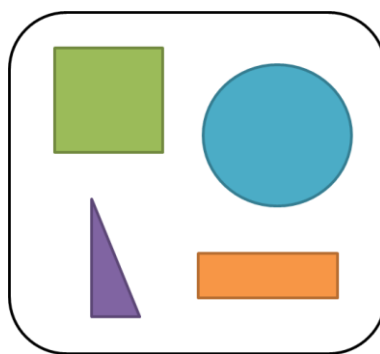
$$v_i = u_i / \|u\| \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.2.4.4)$$

kde:

$\|u\|$  – velikost vektoru  $u$

### Vzorový příklad

Na obrázku jsou čtyři útvary – obdélník, čtverec, kruh a trojúhelník [9]:



**Obrázek 4:** Geometrické útvary

*Zdroj: upraveno dle [9]*

Matice párového porovnávání v tomto příkladu vypadá takto [9]:

**Tabulka 3:** Matice párového porovnávání

	K	O	Č	T
Kruh	1	3	2	8
Obdélník	1/3	1	1/2	2
Čtverec	1/2	2	1	5
Trojúhelník	1/8	1/2	1/5	1

Zdroj: [9]

Tabulka níže uvádí výpočet, matice párového porovnávání, geometrické průměry objektů v rádcích matice, normalizované „váhy“, a dokonce i reálný obsah geometrických útvarů. [9]

**Tabulka 4:** Saatyho metoda u vzorového příkladu

	Matice párového porovnávání				$b_i$	$v_i$	Obsah
Kruh	1	3	2	8	2,63	0,50	0,50
Obdélník	1/3	1	1/2	2	0,76	0,15	0,14
Čtverec	1/2	2	1	5	1,50	0,29	0,32
Trojúhelník	1/8	1/2	1/5	1	0,33	0,06	0,05

Zdroj: [9]

Geometrický průměr  $b_i$  se vypočte podle vzorce [11]:

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{1j}} \quad (4.2.4.5)$$

Normalizované váhy se vypočítají dle vzorce (4.2.1.1).

### 2.4.3 Metody vícekritériálního hodnocení variant

U VHV existuje velké množství metod jeho řešení. Každé z nich je založeno na jiných principech. V této kapitole se zmíníme pouze o některých metodách, převážně o těch jednodušších. [7]

#### 2.4.3.1 Metoda váženého součtu

Tato metoda je nazývána také jako *metoda WSA* (Weighted Sum Approach). Podstatou této metody je tvorba lineární funkce užitku na stupnici od 0 do 1. Nejhorší varianta bude mít nulový užitek a užitek nejlepší varianty bude označen 1. Ostatní varianty budou mít hodnotu užitku mezi těmito krajními body.

V praxi to znamená, že se u vstupní kritériální matice nahradí prvky  $x_{ij}$  hodnotami  $y'_{ij}$ , jejichž úkolem bude reprezentovat užitek varianty  $Y_i$  při hodnocení dle kritéria  $Z_j$ . [9]

Hodnoty  $y_{ij}$  **maximalizačních kritérií** získáme dle vztahu [9]:

$$y'_{ij} = \frac{x_{ij} - P_j}{CH_j - P_j} \quad (4.3.1.1)$$

$P_j$  představuje nejnižší kritériální hodnotu kritéria  $Z_j$  a  $CH_j$  představuje nejvyšší hodnotu. [9]

Pro **minimalizační kritéria** se vztah musí modifikovat na [9]:

$$y'_{ij} = \frac{CH_j - x_{ij}}{CH_j - P_j} \quad (4.3.1.2)$$

Konečný užitek varianty  $Y_i$  můžeme vyjádřit jako vážený součet dílčích užiteků dle dílčích kritérií [9]:

$$u(Y_i) = \sum_{j=1}^k w_j y'_{ij} \quad (4.3.1.3)$$

### 2.4.3.2 Metoda TOPSIS

Základ metody TOPSIS je u výběru varianty, která je nejbližší tzv. ideální variantě a současně nejdále od tzv. bazální varianty. Ideální varianta je specifická svým vektorem, který má nejlepší kritériální hodnoty. Bazální varianta je naopak charakteristická vektorem s nejhoršími kritériálními hodnotami. Při definování této metody se předpokládá, že všechna kritéria jsou maximalizační. [7]

### 2.4.3.3 Metoda AHP

Metodu AHP (anglicky Analytic Hierarchy Process) vytvořil prof. Saaty v roce 1980. Slouží jako osnova pro rozhodnutí v komplikovaných rozhodovacích situacích. Jejím cílem je zjednodušit a urychlit proces rozhodování. Funguje na základě rozkladu složité nestrukturované situace na jednodušší části, a to prostřednictvím hierarchie systému problému. Tento proces rozšiřuje možnosti vícekritériálního rozhodovacího systému. [8]

Na jednotlivých úrovních hierarchické struktury je zapotřebí využití Saatyho metody kvantitativního párového porovnávání. Díky subjektivnímu hodnocení této metody jsou dílčím složkám kvantitativní charakteristiky přidělovány jejich důležitosti. Následným sjednocením těchto hodnocení je stanovena složka s nejvyšší prioritou. Tato priorita je pro rozhodovatele nesmírně důležitá při získání řešení rozhodovacího problému. [8]

Výhodou této metody je, že ji lze využít u různých typů údajů o preferenčních vztazích mezi složkami modelu za podmínky, že subjekt dokáže z těchto údajů určit směr a sílu preference mezi všemi páry porovnaných složek. [8]

Při aplikaci této metody se postupuje dle uvedených prvků a kroku [8]:

- Konstrukce hierarchie problému;
- Párové porovnávání prvků na dílčích hierarchických úrovních;
- Sjednocení získaných preferencí a výběr nejvýhodnější varianty.

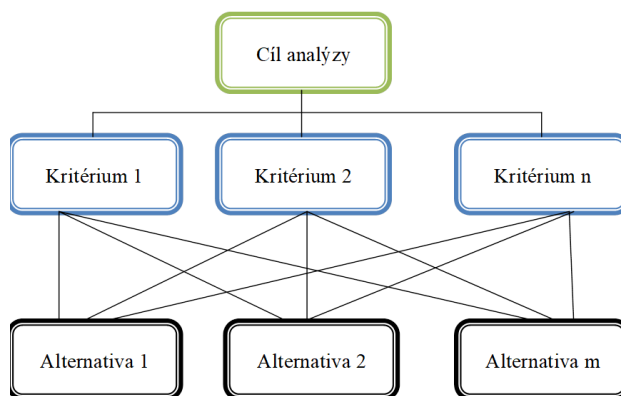
### **Konstrukce hierarchie problému**

Hierarchická struktura představuje strukturu zahrnující několik úrovní, které obsahují mnoho prvků. Jednotlivé úrovně jsou v této struktuře sestaveny od obecných ke konkrétním. To znamená, čím jsou prvky obecnější ve vztahu k problému, tím se nachází na vyšší úrovni, a naopak. Sílu působení mezi různými prvky v hierarchii můžeme určitou formou kvantifikovat. [8]

Mezi činnosti nejvyšší úrovně se řadí specifikace cílů vyhodnocování a analýzy. Této úrovni je přidělena hodnota 1, která se poté dělí mezi prvky druhé úrovně. Takto jsou rozdělovány všechny hodnoty v hierarchii mezi úrovněmi do chvíle, než zjistíme ohodnocení prvků nejnižší úrovně. [8]

Základní úlohy vícekriteriální analýzy variant zahrnují uvedené úrovně [8]:

- **Úroveň 1** – Cíl hodnocení nebo analýzy, kterým může být seřazení alternativ;
- **Úroveň 2** – Kritéria hodnocení posuzovaných variant na úrovni 3;
- **Úroveň 3** – Posuzované varianty.



**Obrázek 5:** Základní hierarchická struktura

*Zdroj: [8]*

### **Párové porovnávání prvků na dílčích hierarchických úrovních**

V této části se určí lokální váhy u všech kritérií a dalších prvků na dílčích úrovních problému. Tato operace je provedena pomocí párového porovnávání využitím Saatyho postupu. [8]

Určení dílčích utilit variant v závislosti na jednotlivých kritériích se provede naprosto stejně jako u stanovení vah kritérií. Rozdílem je, že porovnávanými objekty jsou varianty rozhodování, ne kritéria. Pro jednotlivá kritéria je stanovena vlastní Saatyho matice. [12]

Dílčí utility variant  $h_{ij}$  se vypočítají dle vzorce:

$$h_{ij} = v_j * v_i \quad (4.3.3.1)$$

kde:

$v_j$  – zjištěná váha  $i$ -tého kritéria

$v_i$  – váha  $i$ -té varianty

Varianta s nejvyšší dílčí utilitou je nejoptimálnější variantou u daného kritéria.

### **Sjednocení získaných preferencí a výběr nejvýhodnější varianty**

Na závěr jsou sečteny všechny vypočítané dílčí utility hodnocených variant u jednotlivých kritérií. Výsledná nejvyšší dílčí utilita představuje nejvýhodnější variantu řešení v rámci stanovených kritérií.

## 2.5 Úlohy vícekriteriálního programování (VP)

V této práci se lehce zmíníme o úlohách vícekriteriálního programování, jelikož tato oblast spadá do velkého a hlavního tématu této práce (vícekriteriální rozhodování).

Tento typ úloh je založen na množině přístupových řešení, která optimalizují různé skalární účelové funkce. Uvedená množina je specifikována stejným způsobem jako v úlohách matematického programování. V případě, kdy lze očekávat linearitu omezujících podmínek nebo i účelových funkcí, se jedná o úlohy vícekriteriálního lineárního programování. [9]



### **3 VYUŽITÍ VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ V RÁMCI ŘÍZENÍ KONKRÉTNÍHO PODNIKU**

Tato kapitola se věnuje využití vícekritériálního rozhodování v rámci řízení společnosti Antreg, a. s. Zahrnuje popis vybrané společnosti a rozhodovacího problému, stanovení prioritních kritérií, výběr a charakteristiku vybraných variant řešení, dále také výpočet vah u jednotlivých kritérií a dílčích utilit u vybraných variant prostřednictvím metody AHP se Saatyho postupem. Na závěr této kapitoly se zhodnotí výsledek daného postupu rozhodovacího procesu.

#### **3.1 Charakteristika společnosti Antreg, a. s.**

Společnost Antreg, a. s. je českou strojírenskou firmou. Sídlí na Moravě v Jihomoravském kraji ve městě Vyškov a k roku 2020 čítá společnost 75 zaměstnanců, jedná se o střední podnik.

Firma vznikla v roce 1952 jako odštěpný závod Zbrojovky Brno s označením Antreg (bez právní formy a. s.). V roce 1992 byla provedena privatizace odštěpného závodu a privatizovaný subjekt byl přejmenován na Antreg, a. s.

V průběhu její existence se postupně rozšiřoval její výrobní program. Nyní zahrnuje obrábění CNC stroji, což tvoří více jak 50 % její činnosti. Dále vyrábí díly pro automobilový průmysl, letecký průmysl, laboratorní a lékařskou techniku a ostatní obráběné díly. Zároveň vyrábí vlastní produkty, mezi které patří jateční přístroje, elektromagnetické ventily, speciální světelná technika, pistolové adaptéry, speciální nástroje, upínače a měřidla. V rámci celkové své činnosti velmi dbá na to, aby všechny její výrobky splňovaly nejvyšší standardy.

V souvislosti se svou strategií je podnik zastáncem názoru, že pro každého jejího zaměstnance je strojírenství řemeslem, které dělá poctivě, precizně a rád. Její technologické prostředí je nastaveno natolik univerzálně, aby ho dokázala přizpůsobit potřebám svých zákazníků. Hlavně pro ni není důvěra jen o dodržování oborových standardů, ale především o budování dlouhodobých vztahů s jejími klienty, proto si firma velmi zakládá na výrobě na míru potřebám odběratelů. Navíc se nebojí výzev, proto přichází s inovativními a přínosnými řešeními, která poskytuje díky zkušenému a vysoce odbornému týmu.

Svoji strategii společnost zakládá na čtyřech hodnotových pilířích, které jsou pro ni nesmírně důležité. Těmito pilíři jsou agilní řízení technologického zázemí, dodržování stanovených rozpočtů a termínů zakázek, full-service zajištění a řízení projektů odborníky a také vysoce zabezpečené know-how svých zakázek.

Mezi klienty společnosti patří například AERO Vodochody AEROSPACE a. s., TATRA TRUCKS a. s., nebo i ZETOR TRACTORS a. s.

## 3.2 Popis rozhodovacího problému

Antreg, a. s. působí na strojírenském trhu již řadu let. Tento trh se neustále rozvíjí a vyvíjí se v něm nové technologie. Aby si v něm firma udržela svou stávající stabilní pozici, je pro ni velmi důležité svou výrobní činnost pravidelně vylepšovat a inovovat. Z tohoto důvodu se koncem roku 2020 rozhodla firma koupit nové automatizované pracoviště – obráběcí CNC centrum včetně robotizace a měření. Cílem této koupě bylo vylepšení výroby v souvislosti s větší dostupností pracoviště, menším zapojením pracovní síly a zvýšením produktivity.

### 3.2.1 Volba kritérií při rozhodování

Při volbě kritérií bylo cílem dosáhnout uceleného souhrnu kritérií, která budou mít podstatný vliv na výběr optimální varianty. Do tohoto procesu bylo zahrnuto mnoho kritérií, ale jen některá se dostala až do závěrečného stupně rozhodovacího procesu. Mezi konečná hlavní kritéria patří technické parametry, které jsou v enumeraci ve dvou tabulkách níže.

**Tabulka 5:** Stanovená kritéria firmy 1. část

Horizontální obráběcí centrum					
Kritéria firmy	Velikost palet (mm)	Výška x průměr obrobku (mm)	Pracovní pojezdy (mm)		Max. hmotnost nástroje (kg)
			osa X x Y x Z	osa B 360°	
	500 x 500	1040 x 760	850 x 750 x 900	ANO	25

*Zdroj: vlastní zpracování*

**Tabulka 6:** Stanovená kritéria firmy 2. část

Horizontální obráběcí centrum					
Kritéria firmy	Rychloposuv (mm/min.)	Pracovní posuv (mm/min.)	Výkon (kW)	Váha stroje (kg)	Otáčky vřetene (ot./min.)
	60 000	60 000	22	15 000	8 000

*Zdroj: vlastní zpracování*

### 3.2.2 Technický popis zvolených variant

Tato část bakalářské práce obsahuje specifikace čtyř zvolených variant výběru automatizovaného pracoviště – obráběcí CNC centrum včetně robotizace a měření. Informace u jednotlivých variant jsou uvedeny dle výrobce.

#### MYCENTER HX500iG/630

Horizontální obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630 je vyráběno japonskou společností Kitamura Machinery. Firma je jedním z předních světových výrobců obráběcích center (horizontální, vertikální a 5osé). Údaje o technických parametrech (Tabulka 7) tohoto centra jsou všechny, které byly k dispozici na webových stránkách společnosti.

**Tabulka 7:** Technické parametry obráběcího centra MYCENTER HX500iG/630

Technické parametry		
Velikost palet (mm)		500 x 500
Výška x průměr obrobku (mm)		1 100 x 800
Pracovní pojezdy (mm)	osa X x Y x Z	870 x 800 x 930
	osa B (360°)	ANO
Max. hmotnost nástroje (kg)		30
Rychloposuv (mm/min.)		60 000
Pracovní posuv (mm/min.)		60 000
Výkon (kW)		40
Váha stroje (kg)		16 500
Otáčky vřetene (ot./min.)		12 000

*Zdroj: vlastní zpracování*



**Obrázek 6:** Obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630

*Zdroj: [14]*

## ŘADA LAUREL / HMC – 6

Horizontální obráběcí centrum ŘADA LAUREL / HMC – 6 je vyráběno společností Hartford, která sídlí na Tchaj-wanu. Společnost patří mezi světové výrobce velkého množství typů obráběcích center. Údaje o technických parametrech (Tabulka 8) tohoto centra jsou všechny, které byly k dispozici na webové stránce společnosti.

**Tabulka 8:** Technické parametry obráběcího centra ŘADA LAUREL / HMC – 6

Technické parametry		
Velikost palet (mm)		630 x 630
Výška x průměr obrobku (mm)		900 x 800
Pracovní pojezdy (mm)	osa X x Y x Z	750 x 700 x 650
	osa B (360°)	-
Max. hmotnost nástroje (kg)		20
Rychloposuv (mm/min.)		-
Pracovní posuv (mm/min.)		-
Výkon (kW)		26
Váha stroje (kg)		17 000
Otáčky vřetene (ot./min.)		10 000

*Zdroj: vlastní zpracování*



**Obrázek 7:** Obráběcí centrum ŘADA LAUREL / HMC – 6

*Zdroj: [15]*

## H 630

Horizontální obráběcí centrum H 630 je vyráběno společností TAJMAC-ZPS, a. s., která sídlí v Malenovicích. Společnost se zabývá výrobou obráběcích center (horizontální, vertikální, portálová a víceosá), víceřetenovými soustružnickými automaty MORI-SAY a dlouhotočnými automaty MANURHIN K'MX. Údaje o technických parametrech (Tabulka 9) tohoto centra jsou všechny, které byly k dispozici na webové stránce společnosti.

**Tabulka 9:** Technické parametry obráběcího centra H 630

Technické parametry		
Velikost palet (mm)	630 x 630	
Výška x průměr obrobku (mm)	800 x 750	
Pracovní pojezdy (mm)	osa X x Y x Z	750 x 700 x 770
	osa B (360°)	ANO
Max. hmotnost nástroje (kg)	25	
Rychloposuv (mm/min.)	50 000	
Pracovní posuv (mm/min.)	50 000	
Výkon (kW)	30	
Váha stroje (kg)	17 000	
Otáčky vřetene (ot./min.)	8 000	

*Zdroj: vlastní zpracování*



**Obrázek 8:** Obráběcí centrum H 630

*Zdroj: [16]*

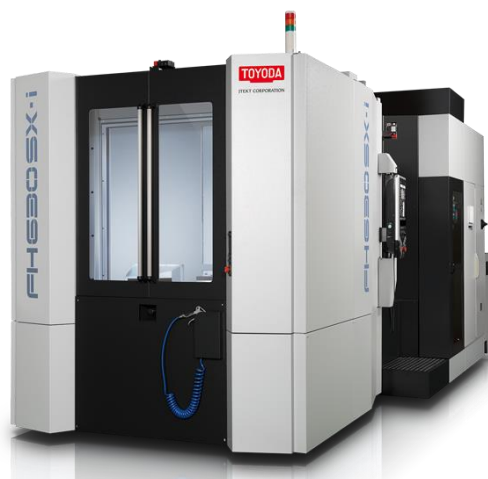
### **FH630SX – i**

Horizontální obráběcí centrum FH630SX – i je vyráběno společností Newtech s. r. o. Společnost se zabývá zpracováním plechu, všeobecným obráběním, velkosériovou výrobou, dlouhotočnými automaty, speciálními stroji a robotickým odjehlováním. Údaje o technických parametrech (Tabulka 10) tohoto centra jsou všechny, které byly k dispozici na webové stránce společnosti.

**Tabulka 10:** Technické parametry obráběcího centra FH630SX – i

Technické parametry		
Velikost palet (mm)		630 x 630
Výška x průměr obrobku (mm)		1 250 x 1 170
Pracovní pojezdy (mm)	osa X x Y x Z	1 050 x 900 x 1 050
	osa B (360°)	ANO
Max. hmotnost nástroje (kg)		-
Rychloposuv (mm/min.)		60 000
Pracovní posuv (mm/min.)		60 000
Výkon (kW)		37
Váha stroje (kg)		19 600
Otáčky vřetene (ot./min.)		-

*Zdroj: vlastní zpracování*



**Obrázek 9:** Obráběcí centrum FH630SX – i

*Zdroj: [17]*

### 3.2.3 Stanovení vah kritérií

Po předchozím stanovení podstatných kritérií a výběru možných variant řešení se vytvořila matice kritérií. Matice shrnuje všechny dostupné údaje o jednotlivých variantách v rámci jednotlivých kritérií.

**Tabulka 11:** Kriteriaální matice

Kritéria		MYCENTER HX500iG/630	ŘADA LAUREL / HMC - 6	H 630	FH630SX - i	
		v1	v2	v3	v4	
K1	Velikost palet (mm)	500 x 500	630 x 630	630 x 630	630 x 630	
K2	Výška x průměr obrobku (mm)	1 100 x 800	900 x 800	800 x 750	1 250 x 1 170	
K3	Pracovní pojezdy (mm)	osa X x Y x Z	870 x 800 x 930	750 x 700 x 650	750 x 700 x 770	1 050 x 900 x 1 050
K4	Pracovní pojezdy (mm)	osa B (360°)	ANO	-	ANO	ANO
K5	Max. hmotnost nástroje (kg)	30	20	25	-	
K6	Rychloposuv (mm/min.)	60 000	-	50 000	60 000	
K7	Pracovní posuv (mm/min.)	60 000	-	50 000	60 000	
K8	Výkon (kW)	40	26	30	37	
K9	Váha stroje (kg)	16 500	17 000	17 000	19 600	
K10	Otáčky vřetene (ot./min.)	12000	10 000	8 000	-	

*Zdroj: vlastní zpracování*

Dalším krokem je určení vah u jednotlivých kritérií pomocí Saatyho matice (matice S) stupně 10. K sestavení této matice bylo nutné uspořádat všechna kritéria od nejvíce důležitých až po ta nejméně důležitá a zvolit úroveň jejich intenzity dle Saatyho stupnice viz podkapitola 2.4.2.4. Seřazení a stanovení úrovně intenzity u těchto kritérií bylo provedeno na základě rozhodnutí společnosti.

U Saatyho matice bylo zapotřebí postupovat odlišněji než u zbývajících matic, aby byly správně vypočteny váhy jednotlivých kritérií. Proto byl vybrán postup zjištění největšího vlastního čísla  $\lambda_{\max}$  matice S a jemu odpovídající vlastní vektor m. Vlastní vektor m se poté znormalizoval a dostali jsme normalizovaný vektor  $a_m$ , který odpovídá vahám jednotlivých kritérií. K výpočtům byl použit program Matlab.

**Tabulka 12:** Saatyho matice

Kritéria	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	m	$v_j$
K1	1	1/3	1/4	1/6	1/3	1/3	1/3	1/4	2	1/5	0,0650	0,0259
K2	3	1	2	1/3	4	1/3	1/3	1/2	5	1/3	0,1673	0,0666
K3	4	1/2	1	1/4	2	1/3	1/4	1/4	5	1/3	0,1261	0,0502
K4	6	3	4	1	3	2	3	1/4	4	1/5	0,3254	0,1295
K5	3	1/4	1/2	1/3	1	1/4	1/5	1/5	6	1/5	0,0966	0,0384
K6	3	3	3	1/2	4	1	1	3	5	1/4	0,3233	0,1287
K7	3	3	4	1/3	5	1	1	1/4	5	1/3	0,2492	0,0992
K8	4	2	4	4	5	1/3	4	1	4	1/5	0,4003	0,1593
K9	1/2	1/5	1/5	1/4	1/6	1/5	1/5	1/4	1	1/7	0,0468	0,0186
K10	5	3	3	5	5	4	3	5	7	1	0,7125	0,2836
Celkem	32,5000	16,2833	21,9500	12,1667	29,5000	9,7833	13,3167	10,9500	44,0000	3	2,5125	1,0000

*Zdroj: vlastní zpracování*

Na obrázku (Obrázek 10) je vidět postup výpočtu i výsledné získané hodnoty prostřednictvím programu Matlab.

Největší vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice S má hodnotu 11, 7861. Je uvedeno v prvním sloupci matice D, jedná se o absolutní hodnotu.

Tomuto číslu odpovídá vlastní vektor  $m = [0,0650; 0,1673; 0,1261; 0,3254; 0,0966; 0,3233; 0,2492; 0,4003; 0,0468; 0,7125]$ . Čísla jsou z prvního sloupce matice V.



Znormalizovaný vektor  $m$  má podobu následující,  $a_m = [0,0259; 0,0666; 0,0502; 0,1295; 0,0384; 0,1287; 0,0992; 0,1593; 0,0186; 0,2836]$ . Hodnoty znázorňují váhy u jednotlivých kritérií.

Váha  $v_j$  u jednotlivých kritérií byla vypočtena dle vzorce (4.2.1.1).

```
S = [1 1/3 1/4 1/6 1/3 1/3 1/3 1/4 2 1/5; 3 1 2 1/3 4 1/3 1/3 1/2 5 1/3; 4 1/2 1 1/4 2 1/3 1/4 1/4 5 1/3; 6 3 4 1 3 2 3 1/4 4 1/5; 3 1/4 1/2 1/3 1 1/4 1/5 1/5 6 1/5; 3 3 3 1/2 4 1 1 3 5 1/4; 3 3 4 1/3 5 1 1 1/4 5 1/3; 4 2 4 4 5 1/3 4 1 4 1/5; 1/2 1/5 1/5 1/4 1/6 1/5 1/5 1/4 1 1/7; 5 3 3 5 5 4 3 5 7 1];

[V,D]=eig(S)

V =

Columns 1 through 9

0.0650 + 0.0000i    0.0212 - 0.0428i    0.0212 + 0.0428i    -0.0202 - 0.0545i    -0.0202 + 0.0545i    -0.0388 - 0.0068i    -0.0388 + 0.0068i    -0.0415 + 0.1781i    -0.0415 - 0.1781i
0.1673 + 0.0000i    -0.1214 - 0.0234i    -0.1214 + 0.0234i    0.0873 + 0.0868i    0.0873 - 0.0868i    0.0799 - 0.1271i    0.0799 + 0.1271i    -0.1843 + 0.2598i    -0.1843 - 0.2598i
0.1261 + 0.0000i    -0.0857 - 0.0905i    -0.0857 + 0.0905i    -0.0497 + 0.0349i    -0.0497 - 0.0349i    0.0305 - 0.0135i    0.0305 + 0.0135i    0.5256 + 0.0000i    0.5256 + 0.0000i
0.3254 + 0.0000i    -0.1071 + 0.2101i    -0.1071 - 0.2101i    -0.2350 - 0.3036i    -0.2350 + 0.3036i    0.0453 + 0.1787i    0.0453 - 0.1787i    0.1370 + 0.2196i    0.1370 - 0.2196i
0.0966 + 0.0000i    -0.0458 - 0.0891i    -0.0458 + 0.0891i    -0.0757 + 0.0427i    -0.0757 - 0.0427i    0.0016 + 0.1064i    0.0016 - 0.1064i    -0.2389 - 0.1047i    -0.2389 + 0.1047i
0.3233 + 0.0000i    0.1873 + 0.0601i    0.1873 - 0.0601i    0.6163 + 0.0000i    0.6163 + 0.0000i    -0.2120 + 0.3465i    -0.2120 - 0.3465i    -0.0619 - 0.2845i    -0.0619 + 0.2845i
0.2492 + 0.0000i    -0.2274 + 0.1054i    -0.2274 - 0.1054i    0.0700 - 0.1160i    0.0700 + 0.1160i    -0.0000 - 0.2017i    -0.0000 + 0.2017i    -0.2844 - 0.2863i    -0.2844 + 0.2863i
0.4003 + 0.0000i    0.1127 + 0.4578i    0.1127 - 0.4578i    -0.2491 + 0.5156i    -0.2491 - 0.5156i    -0.1214 - 0.1491i    -0.1214 + 0.1491i    0.0844 - 0.0118i    0.0844 + 0.0118i
0.0468 + 0.0000i    0.0358 - 0.0228i    0.0358 + 0.0228i    -0.0031 - 0.0146i    -0.0031 + 0.0146i    -0.0213 - 0.0290i    -0.0213 + 0.0290i    0.0380 - 0.0980i    0.0380 + 0.0980i
0.7125 + 0.0000i    0.7587 + 0.0000i    0.7587 + 0.0000i    0.2832 - 0.1280i    0.2832 + 0.1280i    0.8280 + 0.0000i    0.8280 + 0.0000i    -0.0315 + 0.4323i    -0.0315 - 0.4323i

Column 10

-0.1306 + 0.0000i
-0.6635 + 0.0000i
0.2377 + 0.0000i
-0.4237 + 0.0000i
0.0926 + 0.0000i
0.3201 + 0.0000i
0.4116 + 0.0000i
0.1549 + 0.0000i
0.0451 + 0.0000i
-0.0155 + 0.0000i

D =

Columns 1 through 9

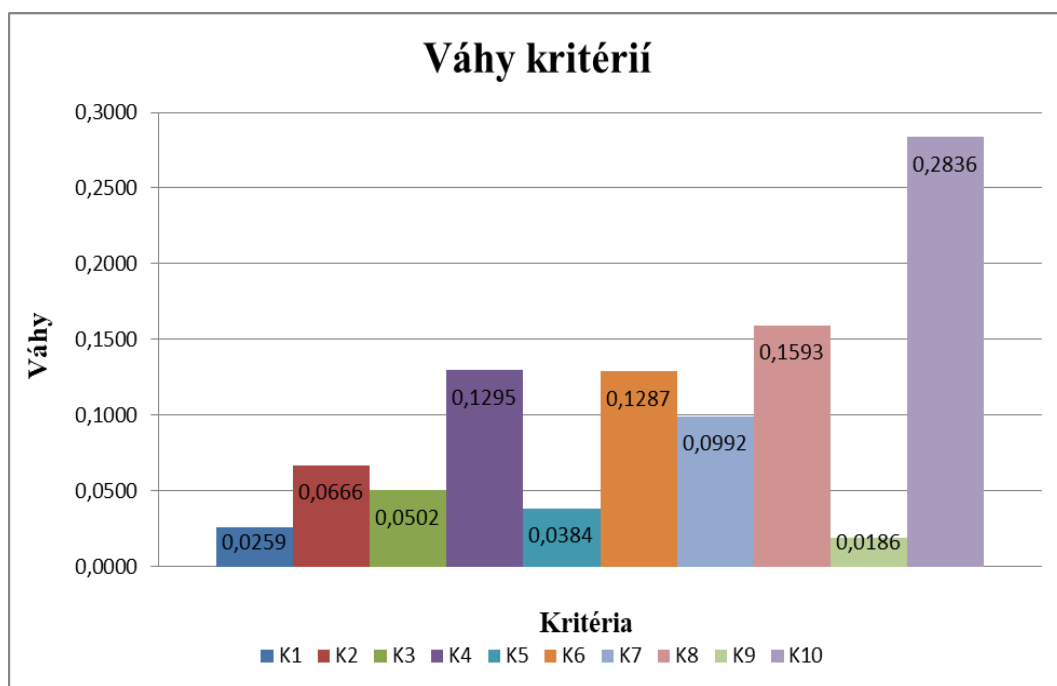
11.7861 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i    0.4747 + 3.6060i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.4747 - 3.6060i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    -0.6066 + 2.5094i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    -0.6066 - 2.5094i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    -0.4887 + 0.9687i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    -0.4887 - 0.9687i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    -0.1284 + 0.3277i    0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    -0.1284 - 0.3277i
0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i    0.0000 + 0.0000i

Column 10

0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i
0.0000 + 0.0000i
-0.2881 + 0.0000i
```

Obrázek 10: Výpočet  $\lambda_{\max}$  a vektoru  $m$  u Saatyho matice v programu Matlab

Zdroj: vlastní zpracování



**Obrázek 11:** Grafické znázornění vah u jednotlivých kritérií

*Zdroj: vlastní zpracování*

Pro lepší přehled vah u jednotlivých kritérií jsme tabulku (Tabulka 12) znázornili graficky. Z grafu (Obrázek 11) je patrné, že pro firmu má největší váhu kritérium K10 – otáčky vřetene (ot./min.) a nejmenší váhu má kritérium K9 – váha stroje (kg).

### 3.2.4 Hodnocení variant v rámci jednotlivých kritérií

Po vytvoření Saatyho matice s jednotlivými kritérii a pro ně vypočtenými váhami se nyní v této podkapitole zaměříme na zhodnocení vybraných variant vzhledem k jednotlivým kritériím. To určí, která varianta u jakého kritéria převládá.

#### Kritérium K1

**Tabulka 13:** Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K1

K1	v <sub>1</sub>	v <sub>2</sub>	v <sub>3</sub>	v <sub>4</sub>	b <sub>i</sub>	v <sub>i</sub>	h <sub>ij</sub>
v <sub>1</sub>	1	2	2	2	1,6266	0,2839	0,0073
v <sub>2</sub>	1/2	1	1	1	1,3678	0,2387	0,0062
v <sub>3</sub>	1/2	1	1	1	1,3678	0,2387	0,0062
v <sub>4</sub>	1/2	1	1	1	1,3678	0,2387	0,0062
<b>Celkem</b>	2,50	5,00	5,00	5,00	5,7299	1	0,0259

*Zdroj: vlastní zpracování*

$\mathbf{b}_i$  – geometrický průměr byl vypočítán dle (vzorce 4.2.4.5):

Jako příklad si uvedeme první řádek  $\mathbf{b}_1 \rightarrow b_1 = \sqrt[4]{1 + 2 + 2 + 2} = 1,6266$ ,

u zbývajících tří řádků je postup stejný.

$\mathbf{v}_i$  - váha u jednotlivých variant byla vypočtena podle (vzorce 4.2.1.1):

Jako příklad si opět uvedeme první řádek  $\mathbf{v}_1 \rightarrow v_1 = \frac{1,6266}{5,7299} = 0,2839$ ,

u zbývajících tří řádků je postup opět stejný.

$\mathbf{h}_{ij}$  – utilita u jednotlivých variant se vypočítala dle (vzorce 4.3.3.1):

Jako příklad si opětovně uvedeme první řádek  $\mathbf{h}_{11} \rightarrow h_{11} = 0,0259 * 0,2839 = 0,0073$ ,

u zbývajících tří řádků je postup opět stejný.

Následovně se vypočte maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice  $\mathbf{A}$ , index  $\mathbf{CI}$  a index konzistence  $\mathbf{CR}$ . Index konzistence  $\mathbf{CR}$  je velmi podstatný, udává, zda je matice konzistentní a správně sestavena. Z definice vyplývá, že matice je konzistentní, pokud  $\mathbf{CR} < 0,1$ . Postup výpočtu jednotlivých hodnot je uveden na obrázku (Obrázek 12).

```

A = [1 3 3 3; 1/3 1 2 2; 1/3 1/2 1 2; 1/3 1/2 1/2 1]
A =
    1.0000    3.0000    3.0000    3.0000
    0.3333    1.0000    2.0000    2.0000
    0.3333    0.5000    1.0000    2.0000
    0.3333    0.5000    0.5000    1.0000

k = 4
k = 4

ri = 1.24
ri = 1.2400

lambda = eig(A)
lambda =
    4.1213 + 0.0000i
    0.0000 + 0.7071i
    0.0000 - 0.7071i
   -0.1213 + 0.0000i

b = max(lambda)
b = 4.1213

ci = (b-k) / (k-1)
ci = 0.0404

cr = ci / ri
cr = 0.0326

```

**Obrázek 12:** Výpočty  $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice A dle kritéria K1

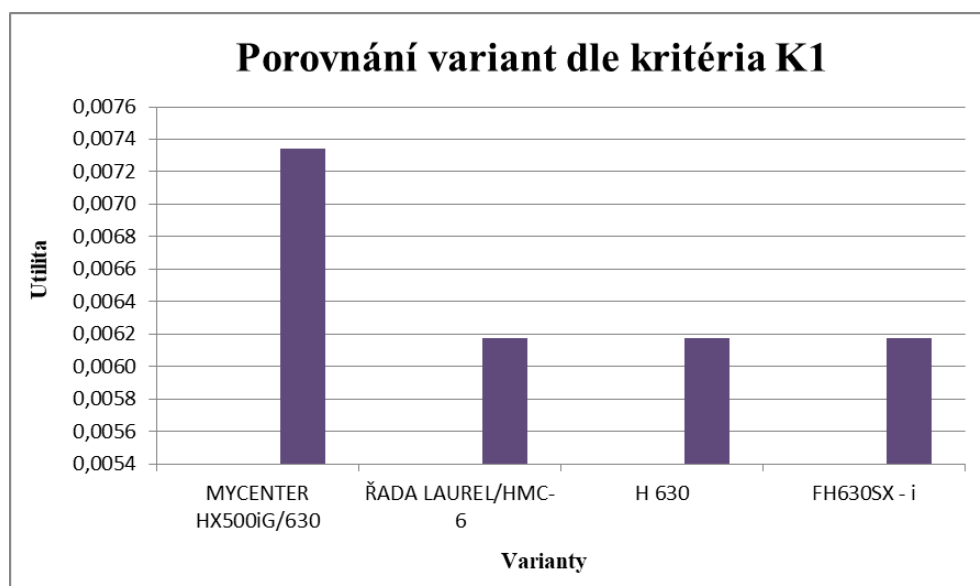
*Zdroj: vlastní zpracování*

Výpočty byly provedeny v programu Matlab.

Maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  u matice A má hodnotu 4,1213. Hodnota indexu CI je 0,0404 a indexu CR je 0,0326. CR je  $< 0,1$  – tzn, že matice je konzistentní, tedy správně sestavená.

Písmeno **k** na obrázku označuje počet variant, proto číslo 4. A **RI** bylo stanoveno dle Tabulky 2.

Pro lepší přehled dílčích utilit u jednotlivých variant byla tato problematika znázorněna graficky (Obrázek 13).



**Obrázek 13:** Porovnání variant dle kritéria K1

*Zdroj: vlastní zpracování*

Nejlepší variantou v rámci kritéria K1 – velikost palet (mm) – je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630. Ostatní tři obráběcí centra mají utilitu stejnou.

## Kritérium K2

**Tabulka 14:** Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K2

K2	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$b_i$	$v_i$	$h_{ij}$
$v_1$	1	4	4	1	1,7783	0,2961	0,0197
$v_2$	1/4	1	1	1/4	1,2574	0,2094	0,0139
$v_3$	1/4	1	1	1/2	1,2878	0,2144	0,0143
$v_4$	1	4	2	1	1,6818	0,2801	0,0186
<b>Celkem</b>	2,50	10,00	8,00	2,75	6,0053	1	0,0666

*Zdroj: vlastní zpracování*

Geometrický průměr  $b_i$ , váhy  $v_i$  a dílčí utility  $h_{ij}$  u jednotlivých variant byly vypočteny stejným postupem, který je uveden pod Tabulkou 13.

Dále bylo zapotřebí vypočítat maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice C, index CI a index konzistence CR a zjistit, zda je matice C konzistentní. Výpočet jednotlivých hodnot byl proveden prostřednictvím programu Matlab (Obrázek 14).

<b>C =</b>	[1 4 4 1; 1/4 1 1 1/4; 1/4 1 1 1/2; 1 4 2 1]
<b>C =</b>	
	1.0000 4.0000 4.0000 1.0000
	0.2500 1.0000 1.0000 0.2500
	0.2500 1.0000 1.0000 0.5000
	1.0000 4.0000 2.0000 1.0000
<b>k = 4</b>	
	k = 4
<b>ri = 1.24</b>	
	ri = 1.2400
<b>lambda = eig(C)</b>	
	lambda =
	4.0606 + 0.0000i
	-0.0303 + 0.4953i
	-0.0303 - 0.4953i
	0.0000 + 0.0000i
<b>b = max(lambda)</b>	
	<b>b = 4.0606</b>
<b>ci = (b-k) / (k-1)</b>	
	<b>ci = 0.0202</b>
<b>cr = ci / ri</b>	
	<b>cr = 0.0163</b>

**Obrázek 14:** Výpočty  $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice C dle kritéria K2

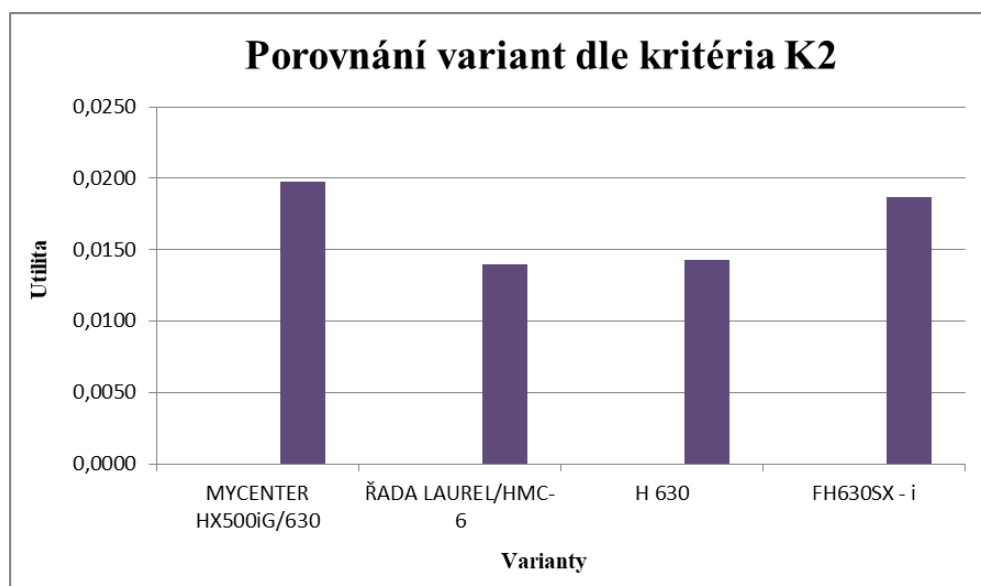
*Zdroj: vlastní zpracování*

Hodnota největšího vlastního čísla  $\lambda_{\max}$  matice C je 4,0606.

Index CI je 0,0202 a index konzistence CR je 0,0163.

$CR < 0,1$  – matice C je konzistentní.

K a RI jsme zjistili stejně jako u matice A. Veškeré dílčí utility variant u kritéria K2 jsou znázorněny graficky (Obrázek 15).



Obrázek 15: Porovnání variant dle kritéria K2

Zdroj: vlastní zpracování

Nejlepší variantou u kritéria K2 – výška x průměr obrobku (mm) – je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630 a druhou možnou variantou je obráběcí centrum FH630SX – i. Zbývající dvě varianty mají podobnou utilitu.

### Kritérium K3

Tabulka 15: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K3

K3	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$b_i$	$v_i$	$h_{ij}$
$v_1$	1	4	4	1	1,7783	0,2915	0,0146
$v_2$	1/4	1	1/3	1/4	1,1636	0,1908	0,0096
$v_3$	1/4	3	1	1/2	1,4763	0,2420	0,0121
$v_4$	1	4	2	1	1,6818	0,2757	0,0138
<b>Celkem</b>	2,50	12,00	7,33	2,75	6,1000	1	0,0502

Zdroj: vlastní zpracování

Geometrický průměr  $b_i$ , váhy  $v_i$  a dílčí utility  $h_{ij}$  u jednotlivých variant byly vypočteny stejným postupem, který je uveden pod Tabulkou 13.

Dále bylo zapotřebí vypočítat maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice D, index CI a index konzistence CR a zjistit, zda je matice D konzistentní. Výpočet jednotlivých hodnot byl proveden prostřednictvím programu Matlab (Obrázek 16).

<b>D =</b>	[1 4 4 1; 1/4 1 1/3 1/4; 1/4 3 1 1/2; 1 4 2 1]
<b>D =</b>	
	1.0000 4.0000 4.0000 1.0000
	0.2500 1.0000 0.3333 0.2500
	0.2500 3.0000 1.0000 0.5000
	1.0000 4.0000 2.0000 1.0000
<b>k = 4</b>	
	k = 4
<b>ri = 1.24</b>	
	ri = 1.2400
<b>lambda = eig(D)</b>	
	lambda =
	4.1179 + 0.0000i
	-0.0590 + 0.6944i
	-0.0590 - 0.6944i
	-0.0000 + 0.0000i
<b>b = max(lambda)</b>	
	<b>b = 4.1179</b>
<b>ci = (b-k) / (k-1)</b>	
	<b>ci = 0.0393</b>
<b>cr = ci / ri</b>	
	<b>cr = 0.0317</b>

**Obrázek 16:** Výpočty  $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice D dle kritéria K3

*Zdroj: vlastní zpracování*

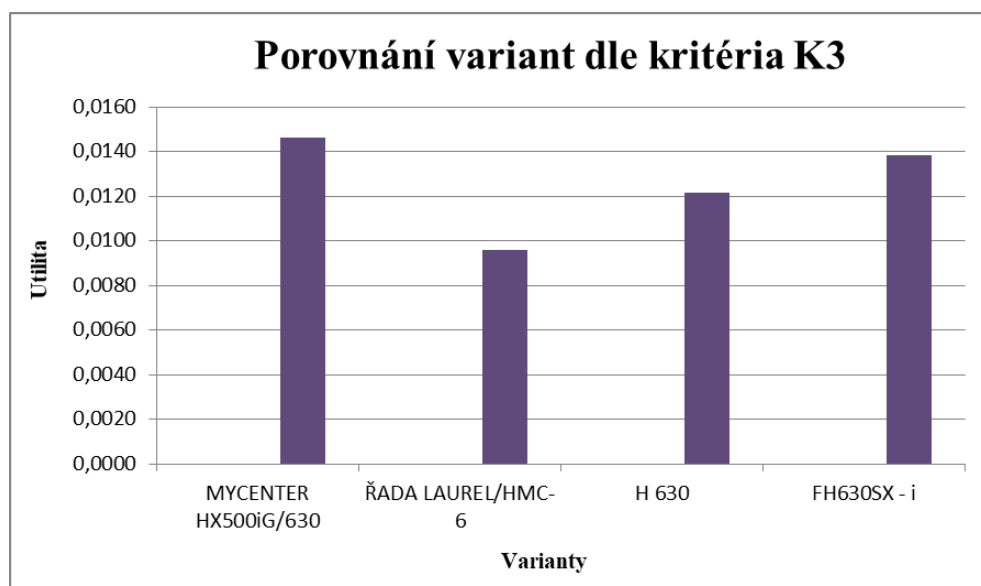
Hodnota největšího vlastního čísla  $\lambda_{\max}$  matice D je 4,1179.

Index CI je 0,0393 a index konzistence CR je 0,0317.

CR < 0,1 – matice D je konzistentní.

K a RI jsme zjistili stejně jako u matice A. Dílčí utility jednotlivých variant u kritéria K3 jsou znázorněny graficky (Obrázek 17).





Obrázek 17: Porovnání variant dle kritéria K3

Zdroj: vlastní zpracování

Nejlepší variantou u kritéria K3 – pracovní pojezdy (mm) – osa X x Y x Z – je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630 a druhou možnou variantou je obráběcí centrum FH630SX – i. Poté následuje obráběcí centrum H 630 a ŘADA LAUREL/HMC-6.

## Kritérium K4

Tabulka 16: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K4

K4	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$b_i$	$v_i$	$h_{ij}$
$v_1$	1	4	1	1	1,6266	0,2741	0,0355
$v_2$	1/4	1	1/3	1/3	1,1766	0,1983	0,0257
$v_3$	1	3	1	1	1,5651	0,2638	0,0342
$v_4$	1	3	1	1	1,5651	0,2638	0,0342
<b>Celkem</b>	3,25	11,00	3,33	3,33	5,9334	1	0,1295

Zdroj: vlastní zpracování

Geometrický průměr  $b_i$ , váhy  $v_i$  a dílčí utility  $h_{ij}$  u jednotlivých variant byly vypočteny stejným postupem, který je uveden pod Tabulkou 13.

Dále bylo zapotřebí vypočítat maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice E, index CI a index konzistence CR a zjistit, zda je matice E konzistentní. Výpočet jednotlivých hodnot byl proveden prostřednictvím programu Matlab (Obrázek 18).

<b>E =</b>	[1 4 1 1; 1/4 1 1/3 1/3; 1 3 1 1; 1 3 1 1]
<b>E =</b>	
	1.0000 4.0000 1.0000 1.0000
	0.2500 1.0000 0.3333 0.3333
	1.0000 3.0000 1.0000 1.0000
	1.0000 3.0000 1.0000 1.0000
<b>k = 4</b>	
	k = 4
<b>ri = 1.24</b>	
	ri = 1.2400
<b>lambda = eig(E)</b>	
	lambda =
	4.0104 + 0.0000i
	-0.0052 + 0.2038i
	-0.0052 - 0.2038i
	-0.0000 + 0.0000i
<b>b = max(lambda)</b>	
	<b>b = 4.0104</b>
<b>ci = (b-k) / (k-1)</b>	
	<b>ci = 0.0035</b>
<b>cr = ci / ri</b>	
	<b>cr = 0.0028</b>

**Obrázek 18:** Výpočty  $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice E dle kritéria K4

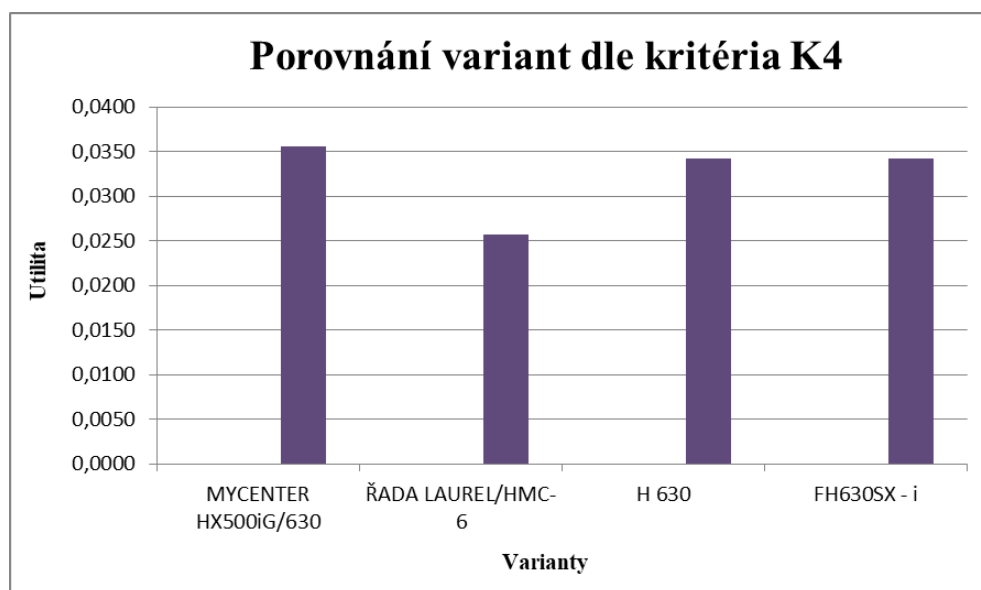
*Zdroj: vlastní zpracování*

Hodnota největšího vlastního čísla  $\lambda_{\max}$  matice E je 4,0104.

Index CI je 0,0035 a index konzistence CR je 0,0028.

$CR < 0,1$  – matice E je konzistentní.

K a RI jsme zjistili stejně jako u matice A. Dílčí utility jednotlivých variant u kritéria K4 jsou znázorněny graficky (Obrázek 19).



Obrázek 19: Porovnání variant dle kritéria K4

Zdroj: vlastní zpracování

Nejlepší variantou u kritéria K4 – pracovní pojezdy (mm) – osa B (360°) – je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630. Druhou možnou variantou jsou obráběcí centra H 630 a FH630SX – i, protože mají stejnou hodnotu utility. A poslední je obráběcí centrum ŘADA LAUREL/HMC-6.

## Kritérium K5

Tabulka 17: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K5

K5	v <sub>1</sub>	v <sub>2</sub>	v <sub>3</sub>	v <sub>4</sub>	b <sub>i</sub>	v <sub>i</sub>	h <sub>ij</sub>
v <sub>1</sub>	1	2	1/2	3	1,5967	0,2682	0,0103
v <sub>2</sub>	1/2	1	1/5	1	1,2819	0,2153	0,0083
v <sub>3</sub>	2	5	1	2	1,7783	0,2987	0,0115
v <sub>4</sub>	1/3	1	1/2	1	1,2974	0,2179	0,0084
<b>Celkem</b>	3,83	9,00	2,20	7,00	5,9543	1	0,0384

Zdroj: vlastní zpracování

Geometrický průměr  $b_i$ , váhy  $v_i$  a dílčí utility  $h_{ij}$  u jednotlivých variant byly vypočteny stejným postupem, který je uveden pod Tabulkou 13.

Dále bylo zapotřebí vypočítat maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice F, index CI a index konzistence CR a zjistit, zda je matice F konzistentní. Výpočet jednotlivých hodnot byl proveden prostřednictvím programu Matlab (Obrázek 20).

<b>F =</b>	[1 2 1/2 3; 1/2 1 1/5 1; 2 5 1 2; 1/3 1 1/2 1]
<b>F =</b>	
	1.0000 2.0000 0.5000 3.0000
	0.5000 1.0000 0.2000 1.0000
	2.0000 5.0000 1.0000 2.0000
	0.3333 1.0000 0.5000 1.0000
<b>k = 4</b>	
	k = 4
<b>ri = 1.24</b>	
	ri = 1.2400
<b>lambda = eig(F)</b>	
	lambda =
	4.1441 + 0.0000i
	-0.0407 + 0.0000i
	-0.0517 + 0.7682i
	-0.0517 - 0.7682i
<b>b = max(lambda)</b>	
	<b>b = 4.1441</b>
<b>ci = (b-k) / (k-1)</b>	
	<b>ci = 0.0480</b>
<b>cr = ci / ri</b>	
	<b>cr = 0.0387</b>

**Obrázek 20:** Výpočty  $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice F dle kritéria K5

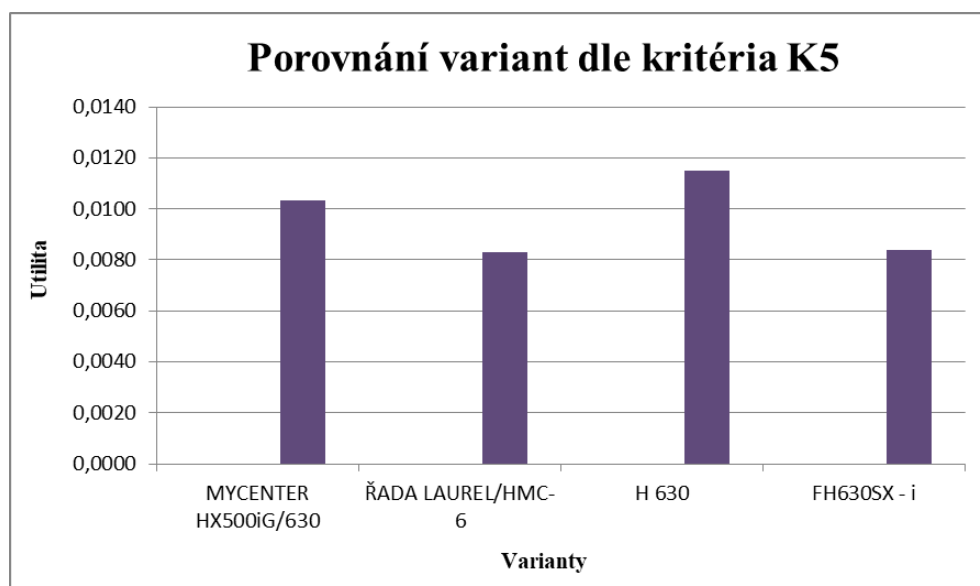
*Zdroj: vlastní zpracování*

Hodnota největšího vlastního čísla  $\lambda_{\max}$  matice F je 4,1441.

Index CI je 0,0480 a index konzistence CR je 0,0387.

$CR < 0,1$  – matice F je konzistentní.

K a RI jsme zjistili stejně jako u matice A. Dílčí utility jednotlivých variant u kritéria K5 jsou znázorněny graficky (Obrázek 21).



**Obrázek 21:** Porovnání variant dle kritéria K5

*Zdroj: vlastní zpracování*

Nejlepší variantou u kritéria K5 – max. hmotnost nástroje (kg) – je obráběcí centrum H 630. Další možnou variantou je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630. Dvě zbylé varianty mají stejnou hodnotu utility.

## Kritérium K6

**Tabulka 18:** Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K6

K6	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$b_i$	$v_i$	$h_{ij}$
$v_1$	1	2	5	1	1,7321	0,2811	0,0362
$v_2$	1/2	1	4	1/2	1,5651	0,2540	0,0327
$v_3$	1/5	1/4	1	1/5	1,1334	0,1839	0,0237
$v_4$	1	2	5	1	1,7321	0,2811	0,0362
<b>Celkem</b>	2,70	5,25	15,00	2,70	6,1626	1	0,1287

*Zdroj: vlastní zpracování*

Geometrický průměr  $b_i$ , váhy  $v_i$  a dílčí utility  $h_{ij}$  u jednotlivých variant byly vypočteny stejným postupem, který je uveden pod Tabulkou 13.

Dále bylo zapotřebí vypočítat maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice G, index CI a index konzistence CR a zjistit, zda je matice G konzistentní. Výpočet jednotlivých hodnot byl proveden prostřednictvím programu Matlab (Obrázek 22).

<b>G =</b>	[1 2 5 1; 1/2 1 4 1/2; 1/5 1/4 1 1/5; 1 2 5 1]
<b>G =</b>	
	1.0000 2.0000 5.0000 1.0000
	0.5000 1.0000 4.0000 0.5000
	0.2000 0.2500 1.0000 0.2000
	1.0000 2.0000 5.0000 1.0000
<b>k = 4</b>	
	k = 4
<b>ri = 1.24</b>	
	ri = 1.2400
<b>lambda = eig(G)</b>	
	lambda =
	4.0277 + 0.0000i
	-0.0000 + 0.0000i
	-0.0139 + 0.3340i
	-0.0139 - 0.3340i
<b>b = max(lambda)</b>	
	b = 4.0277
<b>ci = (b-k) / (k-1)</b>	
	ci = 0.0092
<b>cr = ci / ri</b>	
	cr = 0.0075

**Obrázek 22:** Výpočty  $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice G dle kritéria K6

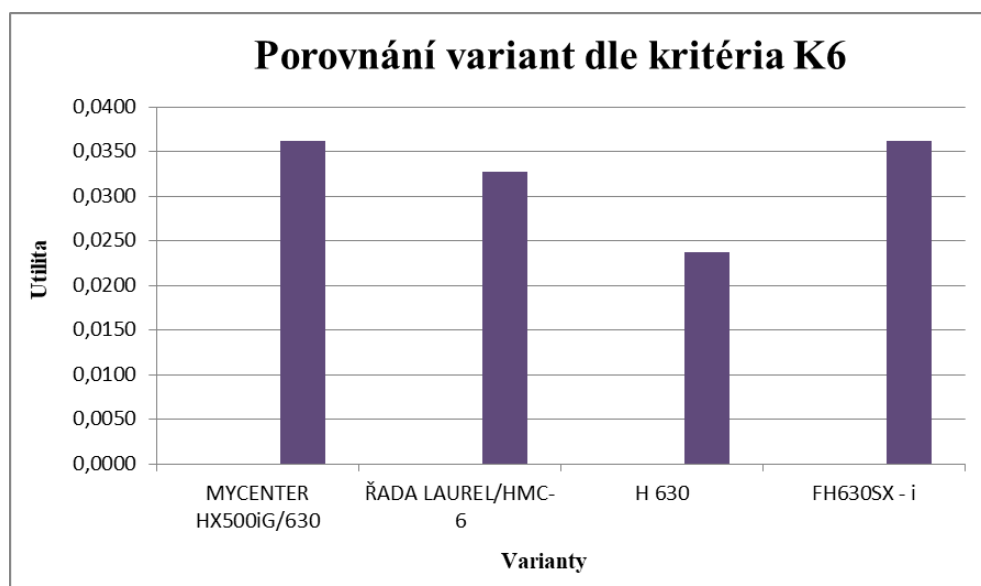
*Zdroj: vlastní zpracování*

Hodnota největšího vlastního čísla  $\lambda_{\max}$  matice G je 4,0277.

Index CI je 0,0092 a index konzistence CR je 0,0075.

$CR < 0,1$  – matice G je konzistentní.

K a RI jsme zjistili stejně jako u matice A. Dílčí utility jednotlivých variant u kritéria K6 jsou znázorněny graficky (Obrázek 23).



**Obrázek 23:** Porovnání variant dle kritéria K6

*Zdroj: vlastní zpracování*

Nejlepší variantou u kritéria K6 – rychloposuv (mm/min.) – je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630 a zároveň i obráběcí centrum FH630SX – i, protože mají stejnou hodnotu utility. Další možnou variantou je ŘADA LAUREL/HMC-6 a poslední je obráběcí centrum H 630.

## Kritérium K7

**Tabulka 19:** Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K7

K7	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$b_i$	$v_i$	$h_{ij}$
$v_1$	1	2	5	1	1,7321	0,2811	0,0279
$v_2$	1/2	1	4	1/2	1,5651	0,2540	0,0252
$v_3$	1/5	1/4	1	1/5	1,1334	0,1839	0,0182
$v_4$	1	2	5	1	1,7321	0,2811	0,0279
<b>Celkem</b>	2,70	5,25	15,00	2,70	6,1626	1	0,0992

*Zdroj: vlastní zpracování*

Geometrický průměr  $b_i$ , váhy  $v_i$  a dílčí utility  $h_{ij}$  u jednotlivých variant byly vypočteny stejným postupem, který je uveden pod Tabulkou 13.

Dále bylo zapotřebí vypočítat maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice H, index CI a index konzistence CR a zjistit, zda je matice H konzistentní. Výpočet jednotlivých hodnot byl proveden prostřednictvím programu Matlab (Obrázek 24).

<b>H</b> =	[1 2 5 1; 1/2 1 4 1/2; 1/5 1/4 1 1/5; 1 2 5 1]
<b>H</b> =	
	1.0000 2.0000 5.0000 1.0000
	0.5000 1.0000 4.0000 0.5000
	0.2000 0.2500 1.0000 0.2000
	1.0000 2.0000 5.0000 1.0000
<b>k = 4</b>	
k =	4
<b>ri = 1.24</b>	
ri =	1.2400
<b>lambda = eig(H)</b>	
lambda =	
	4.0277 + 0.0000i
	-0.0000 + 0.0000i
	-0.0139 + 0.3340i
	-0.0139 - 0.3340i
<b>b = max(lambda)</b>	
b =	<b>4.0277</b>
<b>ci = (b-k) / (k-1)</b>	
ci =	<b>0.0092</b>
<b>cr = ci / ri</b>	
cr =	<b>0.0075</b>

**Obrázek 24:** Výpočty  $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice H dle kritéria K7

*Zdroj: vlastní zpracování*

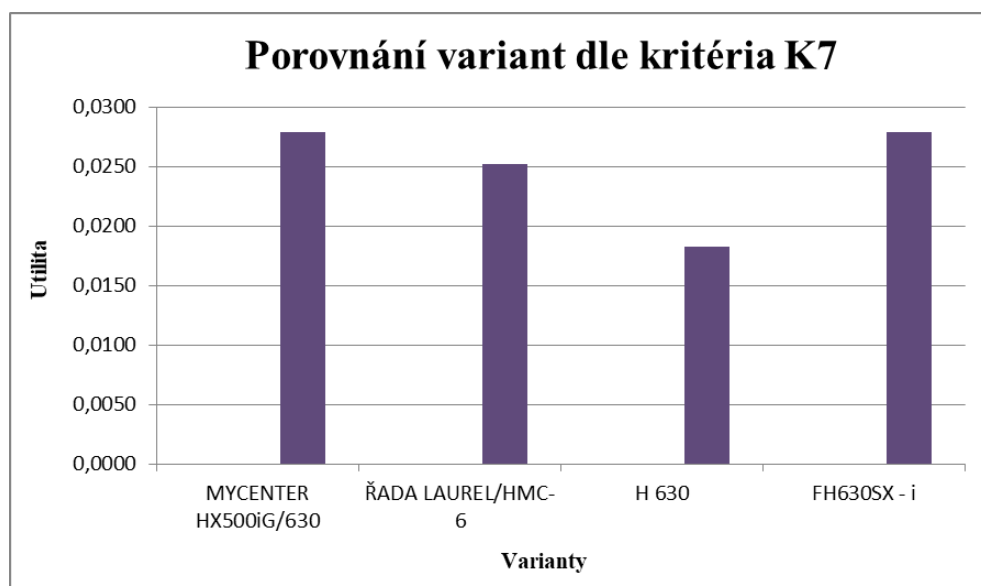
Hodnota největšího vlastního čísla  $\lambda_{\max}$  matice H je 4,0277.

Index CI je 0,0092 a index konzistence CR je 0,0075.

$CR < 0,1$  – matice H je konzistentní.

K a RI jsme zjistili stejně jako u matice A. Dílčí utility jednotlivých variant u kritéria K7 jsou znázorněny graficky (Obrázek 25).





**Obrázek 25:** Porovnání variant dle kritéria K7

*Zdroj: vlastní zpracování*

Nejlepší variantou u kritéria K6 – pracovní posuv (mm/min.) – je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630 a zároveň i obráběcí centrum FH630SX – i, protože mají stejnou hodnotu utility. Další možnou variantou je ŘADA LAUREL/HMC-6 a poslední je obráběcí centrum H 630.

## Kritérium K8

**Tabulka 20:** Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K8

K8	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$b_i$	$v_i$	$h_{ij}$
$v_1$	1	5	4	3	1,8988	0,3105	0,0495
$v_2$	1/5	1	1/2	1/3	1,1941	0,1953	0,0311
$v_3$	1/4	2	1	1/3	1,3759	0,2250	0,0359
$v_4$	1/3	3	3	1	1,6456	0,2691	0,0429
<b>Celkem</b>	1,78	11,00	8,50	4,67	6,1144	1	0,1593

*Zdroj: vlastní zpracování*

Geometrický průměr  $b_i$ , váhy  $v_i$  a dílčí utility  $h_{ij}$  u jednotlivých variant byly vypočteny stejným postupem, který je uveden pod Tabulkou 13.

Dále bylo zapotřebí vypočítat maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice CH, index CI a index konzistence CR a zjistit, zda je matice CH konzistentní. Výpočet jednotlivých hodnot byl proveden prostřednictvím programu Matlab (Obrázek 26).

<b>CH =</b>	[1 5 4 3; 1/5 1 1/2 1/3; 1/4 2 1 1/3; 1/3 3 3 1]			
<b>CH =</b>	1.0000	5.0000	4.0000	3.0000
	0.2000	1.0000	0.5000	0.3333
	0.2500	2.0000	1.0000	0.3333
	0.3333	3.0000	3.0000	1.0000
<b>k = 4</b>				
	k =		4	
<b>ri = 1.24</b>				
	ri =		1.2400	
<b>lambda = eig(CH)</b>				
	lambda =		4.1076 + 0.0000i	
			-0.0078 + 0.6637i	
			-0.0078 - 0.6637i	
			-0.0921 + 0.0000i	
<b>b = max(lambda)</b>				
	b =		<b>4.1076</b>	
<b>ci = (b-k) / (k-1)</b>				
	ci =		<b>0.0359</b>	
<b>cr = ci / ri</b>				
	cr =		<b>0.0289</b>	

**Obrázek 26:** Výpočty  $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice CH dle kritéria K8

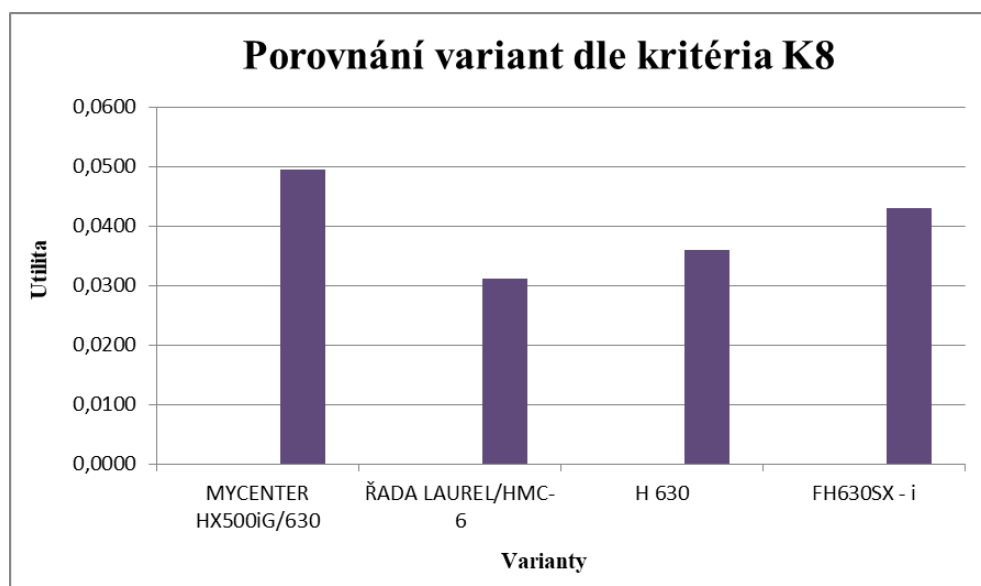
*Zdroj: vlastní zpracování*

Hodnota největšího vlastního čísla  $\lambda_{\max}$  matice CH je 4,1076.

Index CI je 0,0359 a index konzistence CR je 0,0289.

$CR < 0,1$  – matice CH je konzistentní.

K a RI jsme zjistili stejně jako u matice A. Dílčí utility jednotlivých variant u kritéria K8 jsou znázorněny graficky (Obrázek 27).



Obrázek 27: Porovnání variant dle kritéria K8

Zdroj: vlastní zpracování

Nejlepší varianta u kritéria K8 – výkon (kW) – je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630. Druhou možnou variantou je obráběcí centrum FH630SX – i. A následně dle velikosti utilit obráběcí centrum H 630 a ŘADA LAUREL/HMC-6.

## Kritérium K9

Tabulka 21: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K9

K9	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$b_i$	$v_i$	$h_{ij}$
$v_1$	1	3	3	4	1,8212	0,3070	0,0057
$v_2$	1/3	1	1	2	1,4428	0,2432	0,0045
$v_3$	1/3	1	1	2	1,4428	0,2432	0,0045
$v_4$	1/4	1/2	1/2	1	1,2247	0,2065	0,0038
<b>Celkem</b>	1,92	5,50	5,50	9,00	5,9315	1	0,0186

Zdroj: vlastní zpracování

Geometrický průměr  $b_i$ , váhy  $v_i$  a dílčí utility  $h_{ij}$  u jednotlivých variant byly vypočteny stejným postupem, který je uveden pod Tabulkou 13.

Dále bylo zapotřebí vypočítat maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice R, index CI a index konzistence CR a zjistit, zda je matice R konzistentní. Výpočet jednotlivých hodnot byl proveden prostřednictvím programu Matlab (Obrázek 28).

<b>R =</b>	[1 3 3 4; 1/3 1 1 2; 1/3 1 1 2; 1/4 1/2 1/2 1]
<b>R =</b>	
	1.0000 3.0000 3.0000 4.0000
	0.3333 1.0000 1.0000 2.0000
	0.3333 1.0000 1.0000 2.0000
	0.2500 0.5000 0.5000 1.0000
<b>k = 4</b>	
	k = 4
<b>ri = 1.24</b>	
	ri = 1.2400
<b>lambda = eig(R)</b>	
	lambda =
	4.0206 + 0.0000i
	-0.0103 + 0.2877i
	-0.0103 - 0.2877i
	-0.0000 + 0.0000i
<b>b = max(lambda)</b>	
	<b>b = 4.0206</b>
<b>ci = (b-k) / (k-1)</b>	
	<b>ci = 0.0069</b>
<b>cr = ci / ri</b>	
	<b>cr = 0.0055</b>

**Obrázek 28:** Výpočty  $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice R dle kritéria K9

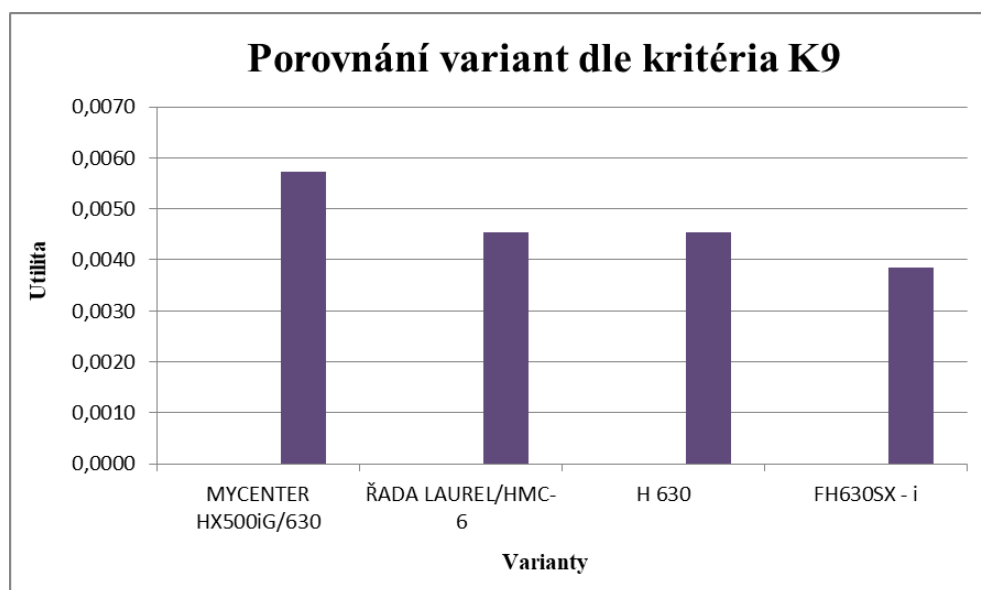
*Zdroj: vlastní zpracování*

Hodnota největšího vlastního čísla  $\lambda_{\max}$  matice R je 4,0206.

Index CI je 0,0069 a index konzistence CR je 0,0055.

$CR < 0,1$  – matice R je konzistentní.

K a RI jsme zjistili stejně jako u matice A. Dílčí utility jednotlivých variant u kritéria K9 jsou znázorněny graficky (Obrázek 29).



Obrázek 29: Porovnání variant dle kritéria K9

Zdroj: vlastní zpracování

Nejlepší variantou u kritéria K9 – váha stroje (kg) – je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630. Další možnou variantou je obráběcí centrum ŘADA LAUREL/HMC – 6 a H 630, protože mají stejnou hodnotu utility. Poslední je obráběcí centrum FH630SX-i.

## Kritérium K10

Tabulka 22: Váhy u jednotlivých variant podle kritéria K10

K10	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$b_i$	$v_i$	$h_{ij}$
$v_1$	1	5	4	4	1,9343	0,3164	0,0897
$v_2$	1/5	1	3	2	1,5780	0,2581	0,0732
$v_3$	1/4	1/3	1	2	1,3759	0,2251	0,0638
$v_4$	1/4	1/2	1/2	1	1,2247	0,2004	0,0568
<b>Celkem</b>	1,70	6,83	8,50	9,00	6,1129	1	0,2836

Zdroj: vlastní zpracování

Geometrický průměr  $b_i$ , váhy  $v_i$  a dílčí utility  $h_{ij}$  u jednotlivých variant byly vypočteny stejným postupem, který je uveden pod Tabulkou 13.

Dále bylo zapotřebí vypočítat maximální vlastní číslo  $\lambda_{\max}$  matice T, index CI a index konzistence CR a zjistit, zda je matice T konzistentní. Výpočet jednotlivých hodnot byl proveden prostřednictvím programu Matlab (Obrázek 30).

<b>T =</b>	[1 5 4 4; 1/5 1 3 2; 1/4 1/3 1 2; 1/4 1/2 1/2 1]
<b>T =</b>	
	1.0000 5.0000 4.0000 4.0000
	0.2000 1.0000 3.0000 2.0000
	0.2500 0.3333 1.0000 2.0000
	0.2500 0.5000 0.5000 1.0000
<b>k = 4</b>	
	k = 4
<b>ri = 1.24</b>	
	ri = 1.2400
<b>lambda = eig(T)</b>	
	lambda =
	4.2741 + 0.0000i
	-0.0261 + 1.0767i
	-0.0261 - 1.0767i
	-0.2219 + 0.0000i
<b>b = max(lambda)</b>	
	b = <b>4.2741</b>
<b>ci = (b-k) / (k-1)</b>	
	ci = <b>0.0914</b>
<b>cr = ci / ri</b>	
	cr = <b>0.0737</b>

**Obrázek 30:** Výpočty  $\lambda_{\max}$ , CI a CR u matice T dle kritéria K10

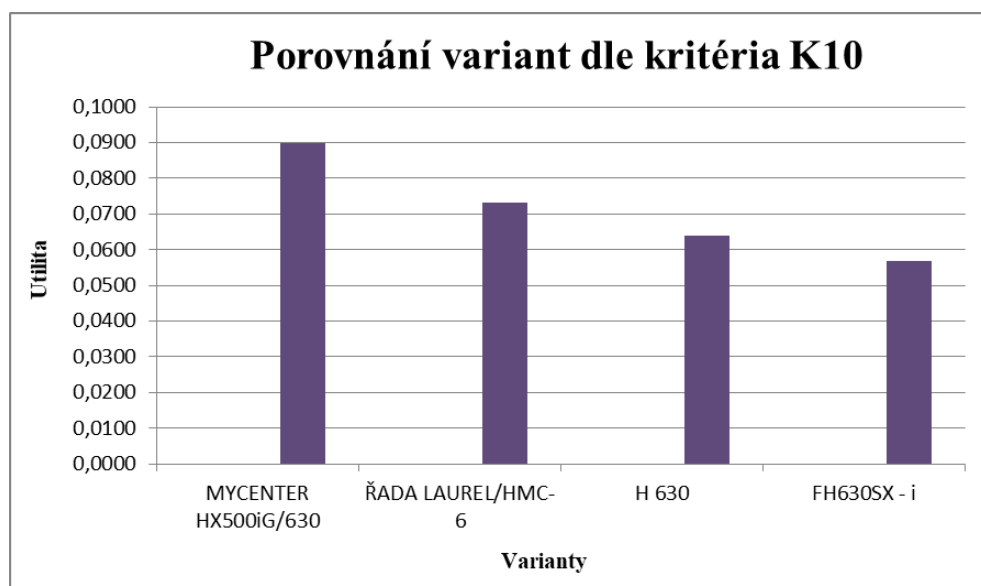
*Zdroj: vlastní zpracování*

Hodnota největšího vlastního čísla  $\lambda_{\max}$  matice T je 4,2741.

Index CI je 0,0914 a index konzistence CR je 0,0737.

$CR < 0,1$  – matice T je konzistentní.

K a RI jsme zjistili stejně jako u matice A. Dílčí utility jednotlivých variant u kritéria K10 jsou znázorněny graficky (Obrázek 31).



**Obrázek 31:** Porovnání variant dle kritéria K10

*Zdroj: vlastní zpracování*

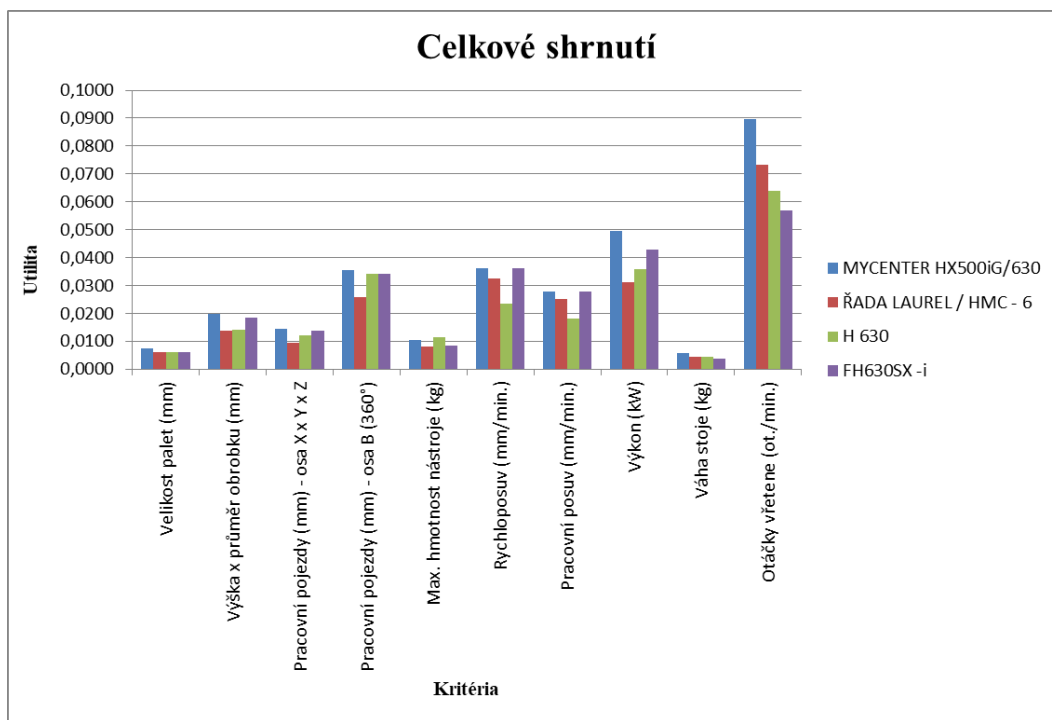
Nejlépeší variantou u kritéria K10 – otáčky vřetene (ot./min) – je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630. Další možnou variantou je ŘADA LAUREL/HMC-6 a poté varianta H 630. Poslední je obráběcí centrum FH630SX-i.

### 3.2.5 Celkové shrnutí

**Tabulka 23:** Přehled utilit u jednotlivých variant v závislosti na kritériu

Přehled utilit u jednotlivých variant v závislosti na kritériu					
Kritérium		MYCENTER HX500iG/630	ŘADA LAUREL / HMC - 6	H 630	FH630SX - i
		V1	V2	V3	V4
Velikost palet (mm)	K1	0,0073	0,0062	0,0062	0,0062
Výška x průměr obrobku (mm)	K2	0,0197	0,0139	0,0143	0,0186
Pracovní pojezdy (mm)	osa X x Y x Z K3	0,0146	0,0096	0,0121	0,0138
Pracovní pojezdy (mm)	osa B (360°) K4	0,0355	0,0257	0,0342	0,0342
Max. hmotnost nástroje (kg)	K5	0,0103	0,0083	0,0115	0,0084
Rychloposuv (mm/min.)	K6	0,0362	0,0327	0,0237	0,0362
Pracovní posuv (mm/min.)	K7	0,0279	0,0252	0,0182	0,0279
Výkon (kW)	K8	0,0495	0,0311	0,0359	0,0429
Váha stoje (kg)	K9	0,0057	0,0045	0,0045	0,0038
Otáčky vřetene (ot./min.)	K10	0,0897	0,0732	0,0638	0,0568
<b>Celkem</b>		<b>0,2965</b>	<b>0,2304</b>	<b>0,2244</b>	<b>0,2488</b>

*Zdroj: vlastní zpracování*



**Obrázek 32:** Celkové shrnutí dílčích utilit variant u jednotlivých kritérií

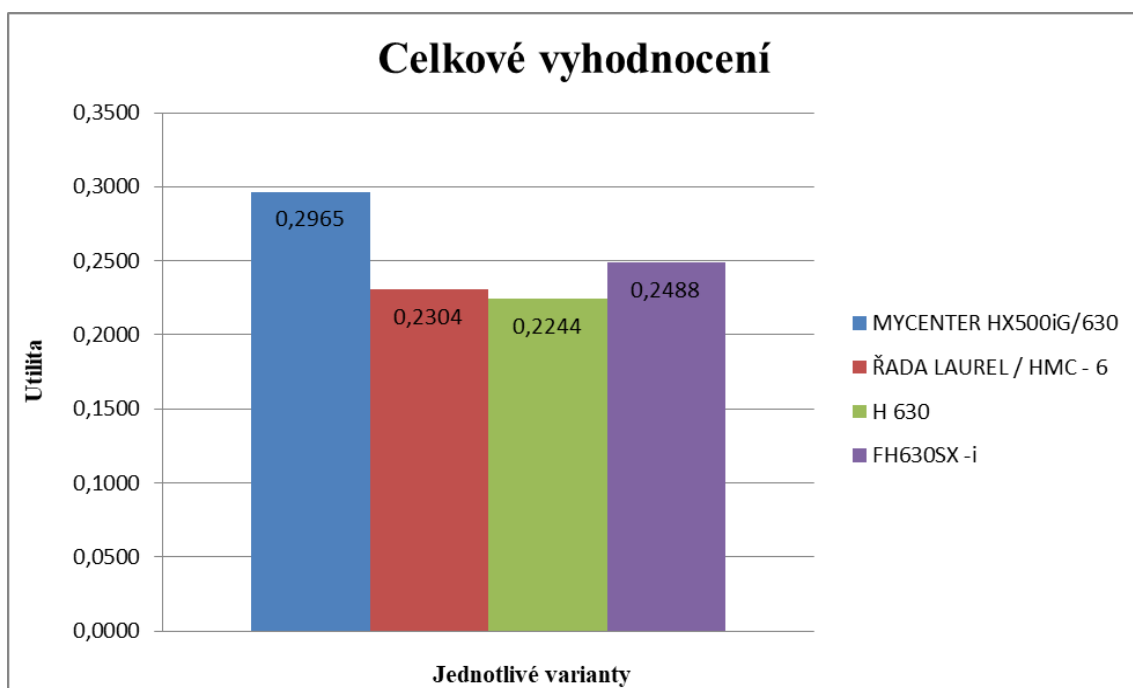
*Zdroj: vlastní zpracování*

Po výpočtu dílčích utilit u jednotlivých variant v rámci jednotlivých kritérií K1 až K10 se všechny vypočítané hodnoty shrnuly do jedné přehledné tabulky (Tabulka 23). Zároveň se tato tabulka pro lepší orientaci graficky znázornila (Obrázek 32). Z grafu je zřejmé, že u většiny kritérií převládá svou váhou utility varianta MYCENTER HX500iG/630.

Ke konečnému vyhodnocení vybraných variant se veškeré dílčí utility sečetly a nejvyšší hodnota utility představuje neoptimálnější variantu, grafické vyjádření Obrázek 33.

Z grafu (Obrázek 33) plyne, že nejvýhodnější variantou při rozhodnutí o výběru automatizovaného pracoviště (obráběcí CNC centrum včetně robotizace a měření) je obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630.





Obrázek 33: Celkové vyhodnocení

*Zdroj: vlastní zpracování*

### 3.2.6 Závěrečné vyhodnocení

Na základě analýzy jednotlivých vybraných variant a potřebných výpočtů souvisejících se stanovenou metodou, uvedenou na začátku této části práce (kapitola 3), bylo zjištěno, že nejvýhodnější variantou při definovaném rozhodovacím problému (podkapitola 3.2) je horizontální obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630.

MYCENTER HX500iG/630 přesně splňuje velikost palet (mm) 500 x 500. Má větší výšku a průměr obrobku, osu X Y Z a i celková váha centra je větší. Tato odchylka od kritérií je nepatrná a firma ji akceptuje. Rovněž splňuje kritérium osy B (360°), rychloposuv (mm/min.) a pracovní posuv (mm/min). Navíc jeho maximální hmotnost nástroje (kg) a výkon (kW) je větší než minimální kritéria firmy. Prioritním kritériem pro firmu bylo K10 – otáčky vřetene (ot./min.) – které zahrnovalo minimální požadavek 8 000 (ot./min.). Toto kritérium MYCENTER HX500iG/630 naprosto splňuje, a dokonce má o 4 000 (ot./min.) více.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vysvětlit pojmy rozhodování a vícekriteriální rozhodování a zároveň poukázat na jejich spojitost, dále podrobněji představit jednu metodu z vícekriteriálního rozhodování. Zvolena byla metoda AHP s využitím Saatyho postupu. Cílem bylo tuto metodu následně aplikovat na praktickém příkladu v rámci řízení podniku. Metoda byla použita u podniku Antreg, a. s., který v roce 2020 kupoval nové automatizované pracoviště – obráběcí CNC centrum včetně robotizace a měření. Pro přehlednost celé metody AHP u daného příkladu obsahuje práce mnoho grafů, tabulek a obrázků.

První část práce je věnovaná oblasti rozhodování. Zahrnuje popis jednotlivých prvků rozhodovacího procesu, jeho dělení a fází. Obsahuje vysvětlení hodnocení problému v procesu rozhodování a také obsahuje informace o rozhodovacím procesu za jistoty, rizika a nejistoty.

Druhá část práce pojednává o vícekriteriálním rozhodování. Pro kompletnost a ucelenost celé problematiky vícekriteriálního rozhodování je vysvětlen její základ, základní pojmy a rozdělení na dvě primární části, a to úlohy vícekriteriálního hodnocení variant (VHV) a úlohy vícekriteriální programování (VP). Obě tyto části jsou objasněny, avšak více se tato část věnuje VHV, jelikož v praktické části je využita metoda AHP, která patří do VHV.

V rámci VHV se práce zabývá samotným dělením, metodami odhadu vah kritérií a metodami vícekriteriálního hodnocení variant. U metod odhadu vah kritérií se setkáme s metodou pořadí, bodovací metodou, Fullerovým trojúhelníkem a velmi podrobně vysvětlenou Saatyho metodou (postupem). V rámci metod hodnocení variant se seznámíme s nejpoužívanějšími metodami, mezi které patří metoda váženého součtu, metoda TOPSIS a metoda AHP, jež je více představena, jelikož je využita v praktickém příkladu.

Poslední část práce je věnovaná praktickému příkladu využití metody AHP se Saatyho postupem u podniku Antreg, a. s., který se minulý rok rozhodoval o koupi obráběcího centra. Tato část zahrnuje charakteristiku společnosti, popis rozhodovacího problému, volbu kritérií, popis technických parametrů u jednotlivých zvolených variant, následně stanovení vah kritérií a hodnocení variant v rámci jednotlivých kritérií. Všechny vypočítané hodnoty byly zjištěny prostřednictvím programu Matlab. Na závěr se vytvořilo celkové shrnutí a byla vyhodnocena nejlepší varianta.

Na základě analýzy jednotlivých složek celého rozhodovacího procesu a aplikování metody AHP se Saatyho postupem bylo hodnoceno horizontální obráběcí centrum MYCENTER HX500iG/630 jako neoptimálnější varianta. Dané centrum perfektně splňuje 7 z 10 kritérií, u tří kritérií se lehce odchyluje od požadavků, ale firma tuto odchylku akceptuje.

Věřím, že má bakalářská práce splnila cíl a může pomoci společnosti Antreg, a. s. při dalších rozhodovacích procesech.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] SOUKUPOVÁ, Lenka. *Manažerské rozhodování* [online]. Pardubice, 2010 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/36505>. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí práce Ing. Renáta Máchová, Ph.D.
- [2] HANUŠ, František a Milan PÍŠEK. *Rozhodovací analýza*. Praha: ČVUT, 1993. ISBN 80-010-1024-4.
- [3] VYMAZAL, Jakub. *Rozhodování v podniku Managerial Decision Making* [online]. Brno, 2017 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/391134/esf\\_b/](https://is.muni.cz/th/391134/esf_b/). Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí práce Ing. Bc. Sylva Žáková Talpová, Ph.D.
- [4] MÜLLEROVÁ, Kateřina. *Využití vícekriteriálního rozhodování při řízení podniku* [online]. Pardubice, 2020 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/75706>. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí práce Mgr. Hana Boháčová, Ph.D.
- [5] FIALA, Petr a Miroslav MAŇAS. *Vícekriteriální rozhodování: Určeno pro stud. všech fak.* Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-707-9748-7.
- [6] VOHRADSKÝ, Marek. *Použití metod vícekriteriálního rozhodování při řízení podniku* [online]. Plzeň, 2016 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/handle/11025/23313>. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [7] JABLONSKÝ, Josef a Martin DLOUHÝ. *Modely hodnocení efektivnosti produkčních jednotek*. Praha: Professional Publishing, 2004. ISBN 80-864-1949-5.
- [8] ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.
- [9] JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Brno: Professional Publishing, 2002. ISBN 80-864-1923-1.
- [10] FIALA, Petr. *Modely a metody rozhodování*. 3., přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica, 2013. ISBN 978-80-245-1981-4.

- [11] BUREŠ, Ondřej. *Využití vícekritériálního rozhodování při přijímání zaměstnanců* [online]. Pardubice, 2018 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/70648/BuresO\\_VyuzitiVicekriterialniho\\_HB\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/70648/BuresO_VyuzitiVicekriterialniho_HB_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí práce Mgr. Hana Boháčová, Ph.D.
- [12] SHEJBAL, Jaroslav. *Realizace metody AHP v prostředí tabulkového kalkulátoru* [online]. Pardubice, 2006 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/25436/Shejbal\\_Realizace%20metody\\_Cast%201\\_PP\\_2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/25436/Shejbal_Realizace%20metody_Cast%201_PP_2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní. Vedoucí práce Doc. Ing. Pavel Petr, Ph.D.
- [13] RAMÍK, Jaroslav. *Vícekritériální rozhodování - analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná: Slezská univerzita, 1999. ISBN 80-724-8047-2.
- [14] *Horizontal machining center: Mycenter-HX500iG/630*. In: KITAMURA MACHINERY CO., LTD. [online]. Japonsko: KITAMURA MACHINERY CO., 2016 [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://kitamura-machinery.co.jp/products/%e6%a8%aa%e5%bd%a2%e3%83%9e%e3%82%b7%e3%83%8b%e3%83%b3%e3%82%b0%e3%82%bb%e3%83%b3%e3%82%bf/p-1703/>
- [15] *HMC-6*. In: DMS CNC Machine San. ve Tic. Ltd. Sti. [online]. Konya: DMS CNC Machine San. ve Tic. Ltd. Sti., 2016 [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://www.dmscnc.com/en/products/laurel-series/hmc-6>
- [16] *Horizontální obráběcí centrum H 630*. In: TAJMAC-ZPS, a. s. [online]. Malenovice: TAJMAC-ZPS, 2018 [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://www.tajmac-zps.cz/h630>
- [17] *FH630SX-i: HORIZONTAL MACHINING CENTERS*. In: Toyoda [online]. Arlington Heights: JTEKT Toyoda Americas Corporation [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://www.toyoda.com/machines/horizontal-machining-centers/630mm-pallet/fh630sx-i>
- [18] *Members by Country*. International Society on Multiple Criteria Decision Making [online]. International Society on Multiple Criteria Decision Making [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://www.mcdmsociety.org/content/members-country>