EKONOMICKÁ FAKULTA TUL

Diplomová práce

Management vybraného podnikového procesu

Studijní program:	N0413A050007 Podniková ekonomika
Studijní obor:	Management podnikových procesů
Autor práce:	**Bc. Michaela Jirásková**
Vedoucí práce:	Ing. Natalie Pelloneová, Ph.D. Katedra podnikové ekonomiky a managementu

Liberec 2024

EKONOMICKÁ FAKULTA TUL

Zadání diplomové práce

Management vybraného podnikového procesu

Jméno a příjmení:	**Bc. Michaela Jirásková**
Osobní číslo:	E21000568
Studijní program:	N0413A050007 Podniková ekonomika
Specializace:	Management podnikových procesů
Zadávající katedra:	Katedra podnikové ekonomiky a managementu
Akademický rok:	2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Stanovení cílů a formulace výzkumných otázek.
2. Specifikace zkoumaných dat.
3. Charakteristika použitých kvantitativních metod.
4. Představení vybraného podniku.
5. Aplikace vybraných kvantitativních metod v podnikovém procesu.
6. Formulace závěrů a zhodnocení výzkumných otázek.

Rozsah grafických prací:	
Rozsah pracovní zprávy:	min. 65 normostran
Forma zpracování práce:	tištěná/elektronická
Jazyk práce:	čeština

Seznam odborné literatury:

- BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matúš VARJAN, 2014. *Logistické řízení podniku v 21. století*. Brno: CERM. ISBN 978-80-7204-824-3.
- BOWERSOX, Donald J., David J. CLOSS, Bixby M. COOPER a John C. BOWERSOX, 2013. *Supply chain logistics management*. 4th international ed. New York: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-132621-6.
- KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3. dopl. vyd. Praha: C.H. Beck. ISBN 978-80-7179-319-9.
- MYERSON, Paul, 2012. *Lean Supply Chain and Logistics Management*. New York: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-176626-5.
- ŘEPA, Václav, 2012. *Procesně řízená organizace*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4128-4.
- SCHTÜZ, G. Christoph, 2015. *Multilevel Business Processes: Modeling and Data Analysis*. Wiesbaden: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-11083-3.
- VÁCHAL, Jan, Hana DOLEŽALOVÁ, Zita DRÁBKOVÁ, Ivana FALTOVÁ LEITMANOVÁ, Jan HRON, Lenka HRUŠKOVÁ, Petr KALLISTA, Martina KÖNIGOVÁ, Růžena KRNINSKÁ, Tomáš MACÁK, Ludmila OPEKAROVÁ, Marie OUBRECHTOVÁ, Ladislav ROLÍNEK, Jiří SEDLÁK, Marie SLABÁ, Vojtěch STEHEL, Jarmila STRAKOVÁ, Dagmar ŠKODOVÁ PARMOVÁ, Petra PÁRTLOVÁ, Ivana TICHÁ, Drahoš VANĚČEK, Marek VOCHOZKA, Jaroslav VRCHOTA a Robert ZEMAN, 2013. *Podnikové řízení*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-247-8682-7.
- PROQUEST, 2022. *Databáze článků ProQuest* [online]. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest. [cit. 2022-09-30]. Dostupné z: http://knihovna.tul.cz/.

Konzultant: Petr Vlnatý (vedoucí výroby a logistiky)

Vedoucí práce:	Ing. Natalie Pelloneová, Ph.D. Katedra podnikové ekonomiky a managementu
Datum zadání práce:	1. listopadu 2022
Předpokládaný termín odevzdání:	31. srpna 2024

L.S.

doc. Ing. Aleš Kocourek, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Miroslav Žižka, Ph.D.
garant studijního programu

V Liberci dne 1. listopadu 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci 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.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

4. května 2024 Bc. Michaela Jirásková

Anotace

Tato diplomová práce se zaměřuje na aplikaci specifických metod vícekriteriální rozhodovací analýzy pro určení vhodného dodavatele dílů z kategorie spojovacího materiálu (angl. Fasteners) ve společnosti KNORR-BREMSE Systémy pro užitková vozidla ČR, s.r.o. Společnost poptává díly u následujících kategorií dodavatelů: výrobce ze západní Evropy, výrobce ze střední/východní Evropy, distributor z Evropy, výrobce z Číny a výrobce z Indie, kteří se zabývají výrobou a dodáním dílů z kategorie spojovacího materiálu. Z hlediska vícekriteriální rozhodovací analýzy byly k určení vhodného kompromisního řešení použity metoda váženého součtu a metoda TOPSIS. Po použití daných metod byli jednotliví dodavatelé seřazeni podle vhodnosti pro zkoumanou společnost Knorr-Bremse na základě relevance se všemi stanovenými kritérii a jejich vahami. Mezi hodnotící kritéria byla zvolena tržní cena, PPM, míra závislosti, PAVE, finanční riziko, výkonnost dodávek, ISO 9001, IATF 16949, ISO 14001, PSA audit, VDA audit, pojištění odpovědnosti za výrobek, pojištění pro případ stažení výrobku z trhu a skóre hodnocení udržitelnosti. Následně byly výsledky získané jednotlivými metodami vzájemně porovnány a byl stanoven kompromisní dodavatel spojovacího materiálu, u kterého je nejvýhodnější díly nakupovat. Toto by mělo umožnit zaměstnancům přímého nákupu Knorr-Bremse zefektivnit obchodní úsilí a podpořit dodavatelsko-odběratelské vztahy.

Klíčová slova

Vícekriteriální hodnocení variant, váhy, kritéria, dodavatel, WSA, TOPSIS

Annotation

Management of the selected business process

This thesis focuses on the application of specific multi-criteria decision analysis methods to determine the appropriate supplier of fasteners at Knorr-Bremse. Knorr-Bremse requests parts from the following categories of suppliers: a Western European manufacturer, a Central/Eastern European manufacturer, a European distributor, a Chinese manufacturer and an Indian manufacturer, who are involved in the production and supply of fastener parts. In terms of multi-criteria decision analysis, the weighted sum method and the TOPSIS method were used to determine the appropriate trade-off. After applying the given methods, the individual suppliers were ranked according to their suitability for the Knorr-Bremse company under study based on relevance with all the criteria and their weights. The evaluation criteria chosen included market price, PPM, dependency ratio, PAVE, financial risk, supply performance, ISO 9001, IATF 16949, ISO 14001, PSA audit, VDA audit, product liability insurance, recall insurance and sustainability assessment score. Subsequently, the results obtained by each method were compared to each other and a compromise fastener supplier was determined from which it is most advantageous to purchase parts. This should enable Knorr-Bremse's direct purchasing staff to streamline business efforts and foster supplier-customer relationships.

Keywords

Multi-criteria decision making, weights, criteria, supplier, WSA, TOPSIS

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala především vedoucí této práce, Ing. Natalii Pelloneové, Ph.D. za odborné vedení, přínosné rady, trpělivost a vstřícnost.

Obsah

Seznam ilustrací **13**

Seznam tabulek **14**

Seznam zkratek **15**

Úvod **16**

1 Kvantitativní metody v řízení podniku **18**

1.1 Kvantitativní metody jako nástroj pro podporu rozhodování 20

1.2 Koncept operačního výzkumu 21

1.2.1 Klasifikace disciplín operačního výzkumu 22

2 Vícekriteriální rozhodování **28**

2.1 Historie vícekriteriálního rozhodování 30

2.2 Základní pojmy 32

2.3 Podstata a proces vícekriteriálního rozhodování 34

2.4 Metody stanovení vah kritérií 36

2.4.1 Metoda pořadí 36

2.4.2 Bodovací metoda 37

2.4.3 Metoda Fullerova trojúhelníku 38

2.4.4 Saatyho metoda 39

2.5 Metody vícekriteriálního hodnocení variant 42

2.5.1 Metoda váženého součtu 42

2.5.2 Metoda TOPSIS 44

2.5.3 Metoda AHP 45

3 Nákup a jeho role v organizaci **49**

3.1 Základní charakteristika pojmu nákup 49

3.2 Řízení nákupu 50

3.3 Role nákupu v dodavatelském řetězci 51

3.4 Informační technologie pro podporu nákupu 51

4 Představení vybrané společnosti **53**

4.1 Historie a vznik 54
4.2 Mise a poslání společnosti 58
4.3 Obchodní divize 58
4.4 Organizační struktura 59
5 Formulace a analýza rozhodovacího problému 60
5.1 Kritéria pro rozhodování 60
5.2 Metodika výběru alternativ 68
5.3 Stanovení vah kritérií 69
5.3.1 Bodovací metoda 69
5.3.2 Metoda Fullerova trojúhelníku 70
5.4 Hodnocení alternativ 72
5.4.1 Metoda váženého součtu 73
5.4.2 Metoda TOPSIS 77
6 Zhodnocení a doporučení 83
Závěr 88
Seznam použité literatury 90

Seznam ilustrací

Obrázek 1: Kriteriální matice.....32
Obrázek 2: Metodologie rozhodování.....35
Obrázek 3: Saatyho matice.....40
Obrázek 4: Hierarchická struktura problému úlohy vícekriteriální analýzy variant....47
Obrázek 5: Hierarchická struktura pro hodnocení více experty.....47
Obrázek 6: Systéza preferenčních hodnot.....48
Obrázek 7: KE-Brake.....56
Obrázek 8: Organizační struktura libereckého závodu.....59
Obrázek 9: Vstupní data.....73
Obrázek 10: WSA – vstupní data a váhy kritérií vypočtené bodovací metodou.....74
Obrázek 11: WSA - normalizovaná kriteriální matice při použití vah kritérií vypočtených bodovací metodou.....75
Obrázek 12: WSA - vstupní data a váhy kritérií vypočtené metodou Fullerova trojúhelníku.....75
Obrázek 13: WSA - normalizovaná kriteriální matice při použití vah kritérií vypočtených metodou Fullerova trojúhelníku.....76
Obrázek 14: Metoda TOPSIS - vstupní data a váhy kritérií vypočtené bodovací metodou.....77
Obrázek 15: Transformace na maximalizační kritéria.....78
Obrázek 16: Transformace na hodnoty r_{ij}.....78
Obrázek 17: Prvky kriteriální matice W.....79
Obrázek 18: Metoda TOPSIS - vstupní data a váhy kritérií vypočtené metodou Fullerova trojúhelníku.....80
Obrázek 19: Transformace na maximalizační kritéria.....80
Obrázek 20: Transformace na hodnoty r_{ij}.....81
Obrázek 21: Prvky kriteriální matice W.....81
Obrázek 22: Souhrnná tabulka hodnocení variant.....84

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled disciplín operačního výzkumu a oblasti jejich využití v praxi 26
Tabulka 2: Fullerův trolúhelník 39
Tabulka 3: PAVE úrovně 66
Tabulka 4: Přehled kritérií 67
Tabulka 5: Bodovací metoda - pětibodová stupnice 69
Tabulka 6: Bodovací metoda - výpočet vah kritérií 69
Tabulka 7: Metoda Fullerova trojúhelníku - kritéria 70
Tabulka 8: Metoda Fullerova trojúhelníku - Fullerův trojúhelník 71
Tabulka 9: Metoda Fullerova trojúhelníku - výpočet vah kritérií 72
Tabulka 10: Převod slovních hodnocení na číselné hodnoty 73
Tabulka 11: Řešení - vzdálenost od ideální a bazální varianty a ukazatel c_i 79
Tabulka 12: Řešení - vzdálenost od ideální a bazální varianty a ukazatel c_i 82

Seznam zkratek

ABS	Anti-lock Braking System (protiblokovací brzdový systém)
AHP	Analytic Hierarchy Process (analytický hierarchický proces)
ASR	Anti-Slip Regulation (protiprokluzový systém)
DSS	Decision Support System (systémy na podporu rozhodování)
EBS	Electronic Braking System (elektronický brzdový systém)
ERP	Enterprise Resource Planning (plánování podnikových zdrojů)
MCDA	Multi-Criteria Decision Analysis (vícekriteriální rozhodovací analýza)
MCDM	Multi-Criteria Decision Making (vícekriteriální rozhodování)
MIS	Management Information System (manažerské informační systémy)
PAVE	Predictive Approach to Vendor Escalation (prediktivní přístup k eskalaci dodavatelů)
UIC	International Union of Railways (mezinárodní železniční unie)
WSA	Weighted Sum Approach (metoda váženého součtu)

Úvod

Vícekriteriální rozhodování patří mezi poměrně účinné nástroje používané k řešení složitých otázek výběru zahrnujících více kritérií a možností, zejména pro kvalitativní proměnné. Kvalitativní proměnné mají často neurčité charakteristiky, které bývá obtížné přesně definovat, což ztěžuje syntézu výsledků hodnocení podle kritérií, a tudíž je obtížné dospět k závěru nebo učinit přesné rozhodnutí. Metody vícekriteriálního rozhodování tato kritéria kvantifikují, vypočítají celkové skóre subjektů hodnocení podle váhy každého kritéria a pomůžou rozhodovacím subjektům k dosažení lepšího a přesnějšího výsledku. Metody vícekriteriálního rozhodování byly aplikovány v různých oblastech vědy a jejich využití v posledních letech roste. Jednou z oblastí, na kterou lze metody vícekriteriálního rozhodování aplikovat, je problém výběru dodavatele. Autorka diplomové práce proto využívá metody vícekriteriálního rozhodování pro výběr a hodnocení dodavatelů. Výběr správných dodavatelů v současné době zahrnuje velké množství faktorů, které je potřeba zohlednit. V řízení dodavatelského řetězce se výkonnost dodavatelů hodnotí podle řady faktorů, nikoliv s ohledem na jediný faktor – náklady. Samotný výběr poté bude záviset na poměrně široké škále kritétií, které zahrnují jak kvantitativní, tak kvalitativní aspekty (Ho a Xu, 2010).

Autorka využívá metody váženého součtu a metody TOPSIS k posouzení a výběru optimálního dodavatele v konkrétním podniku. Hlavním cílem předložené práce je provést za pomoci výše uvedených metod zhodnocení dodavatelů vybrané kategorie materiálu, určit optimálního dodavatele a přispět tak ke zkvalitnění daného rozhodovacího procesu ve vybraném podniku. Provedené hodnocení může danému podniku sloužit jako univerzální metodický koncept hodnocení dodavatelů, který bude možné do budoucna využít i pro další materiálové kategorie. Kritéria použitá pro hodnocení stávajích dodavatelů byla odvozena ze stanovených cílů a hodnot společnosti a byla stanovena prostřednictvím konzultací s vedením zkoumaného podniku a také s odborníky v analyzovaném oddělení přímého nákupu. Váhy kritérií byly určeny pomocí bodovací metody a metody Fullerova trojúhelníku.

Struktura této diplomové práce je rozdělena do několika klíčových částí, které logicky postupují dle cíle diplomové práce. Práce začíná zkoumáním kvantitativních metod v podnikovém managementu se zaměřením na jejich roli jako nástroje podpory

rozhodování a na koncepci operačního výzkumu včetně jeho různých disciplín. Následující část se zabývá vícekriteriálním rozhodováním, přičemž se věnuje jeho historickému vývoji, základním pojmům a procesu, který s ním souvisí. Důkladně jsou představeny metody pro stanovení vah kritérií a metody vícekriteriálního hodnocení variant. Diplomová práce pak tyto principy aplikuje konkrétně na hodnocení a výběr dodavatelů v kontextu řízení nákupu a zdůrazňuje roli nákupu v dodavatelských řetězcích organizací. Představení vybrané společnosti poskytuje základní informace o historii a vzniku firmy a jejích obchodních divizích. Následuje podrobný popis formulace a analýzy rozhodovacího problému, včetně stanovení kritérií pro rozhodování a metodiky pro výběr a hodnocení alternativ. Závěrem práce je vyhodnocení výsledků a strategická doporučení, která poskytují ucelený přehled teoretických principů a jejich praktickou implementaci v reálném prostředí podniku. Tento strukturovaný přístup zajišťuje důkladné prozkoumání tématu a propojení teoretických poznatků s aplikovanými metodikami pro efektivní řešení komplexních rozhodovacích problémů.

1 Kvantitativní metody v řízení podniku

Podnikové řízení je komplexní oblast zahrnující plánování, organizaci, personální řízení, vedení a kontrolu jednotlivých podnikových funkcí na různých úrovních (vrcholové, střední a operativní). Zastřešujícím cílem je dosažení předem stanovených cílů prostřednictvím harmonické integrace těchto činností. Bezproblémové fungování různých činností v rámci organizace vyžaduje jak věcné, tak finanční propojení. V tržně orientované ekonomice rozhodují o řízení vlastníci nebo orgány zřízené vlastníky za účelem řízení podniku. Vrcholový management řeší základní otázky podniku, formuluje poslání, podnikové cíle a strategie jejich realizace prostřednictvím strategického řízení, které slouží jako základní kámen pro celkovou správu podniku. Na strategické řízení navazuje taktické řízení a operativní řízení, které odpovídá za stanovení a dohled nad postupy a prostředky vedoucími k optimální realizaci strategie podniku (Váchal a Vochozka, 2013).

Termín „kvantitativní metody“ se původně objevil ve vědecké komunitě a zahrnoval různé přístupy ke zpracování experimentálních pozorování. Kvantitativní metody mají ale význam také pro podnikání a řízení podniku. Ačkoli podnikání a management nelze považovat za čisté vědy, mnoho jejich základních disciplín zahrnuje vědecké principy. Například disciplíny jako účetnictví, ekonomie, řízení výroby a provozu mají základ ve vědecké oblasti matematiky, zatímco marketing a řízení lidských zdrojů čerpají především z behaviorálních věd, tedy psychologie a sociologie. Tyto disciplíny se zabývají pozorováním svého okolí a pokračují v popisu a analýze těchto pozorování, aby získaly informativní poznatky. Tento proces pozorování, popisu, analýzy a vyvozování závěrů představuje podstatu vědecké metodologie. Pokud se tato metodologie aplikuje na management, označuje se jako manažerská věda (Dewhurst, 2006).

Jelikož kvantitativní metody zahrnují statistické a matematické koncepty, jsou úzce provázány s oblastmi statistiky a matematiky. Při aplikaci na modelování rozhodovacích situací jsou tyto metody označovány jako operační výzkum (Dewhurst, 2006).

Kvantitativní metody jsou podle Grose (2003) definovány jako *„soubor metod zaměřených na řešení složitých, většinou mikroekonomických rozhodovacích situací*

pomocí modelové techniky“. Gros (2003) dále dodává, že kvantitativní metody slouží především k analýze a koordinaci provádění operací v rámci daného systému a jejich cílem je zajistit co nejlepší fungování celého systému dle daných kritérií hodnocení.

Podle Verma et al. (2017) zahrnuje oblast kvantitativních metod celou řadu technik a nástrojů, které se zaměřují na objektivní měření a analýzu čísel za účelem vyvození závěrů o konkrétních problémech. Jinými slovy lze konstatovat, že se jedná o vědecký přístup, který pomáhá s manažerským rozhodováním.

Kvantitativní metody zahrnují statistické a programovací techniky, jejichž cílem je pomoci při řešení různých problémů v podniku. Tyto metody zahrnují využití čísel, symbolů, matematických výrazů a dalších kvantitativních prvků, které fungují jako doplňkové nástroje k úsudku při rozhodování. Kvantitativní metody v podstatě označují techniky, které poskytují pověřeným pracovníkům systematické analytické přístupy využívající kvantitativní údaje k dosažení předem stanovených cílů (Dubey et al., 2017).

Úspěšné využití kvantitativních metod pro řízení může pomoci organizaci řešit složité problémy efektivně, včas a s větší přesností. V současné době je k dispozici celá řada vědeckých technik řízení, které umožňují řešit manažerské problémy, a jejich využití pomáhá manažerům jasně si uvědomit, v jakých oblastech mají problémy (Verma et al., 2017).

Verma et al. (2017) uvádí následující funkce kvantitativních metod v podnikovém řízení:

1. Usnadnění rozhodovacího procesu.
2. Poskytování nástrojů pro vědecký výzkum.
3. Pomoc s výběrem vhodné strategie.
4. Pomoc se snižováním nákladů.
5. Pomoci se správným rozmísťováním podnikových zdrojů.
6. Pomoci při minimalizaci času potřebného kdokončení zadného úkolu.

Diplomová práce se dále zaměří na první uvedenou funkci, která se zaměřuje na využití kvantitativních metod v rozhodovacím procesu.

1.1 Kvantitativní metody jako nástroj pro podporu rozhodování

Kvantitativní metody jsou efektivním nástrojem pro implementaci a podporu rozhodování v managementu podniku. Kvantitativní metody pomáhají v oblasti výroby, marketingu, financí a dalších činností podniku (Verma et al., 2017). Rozhodování o možných scénářích je vždy provázeno značnou nejistotou a neposkytuje žádnou garanci, že informace o nadcházejícím vývoji jsou přesné. Kvantitativní metody, ale poskytují vědecký základ pro řešení nejistoty budoucnosti. Není pochyb o tom, že tyto nejistoty nelze odstranit, ale kvantitativní techniky pomáhají minimalizovat problémy podniku (Verma et al., 2017). Při rozhodování v podmínkách jistoty mají rozhodovatelé vysokou míru důvěry v předvídání výsledků svých rozhodnutí. Mají přístup ke spolehlivým informacím a příčiny a důsledky interakcí jsou dobře pochopeny. Naproti tomu rozhodování v podmínkách nejistoty zahrnuje omezené a nespolehlivé informace s nejistotou ohledně přesnosti údajů a možných změn rozhodovací situace na základě interakce různých proměnných. Míra jistoty či nejistoty při rozhodování může kolísat a v rámci tohoto spektra zahrnuje riziko - pravděpodobnost, že v důsledku daného rozhodnutí dojde k nějaké události (Duchoň, 2008).

Osoby s rozhodovací pravomocí často používají matematické modely k posouzení pravděpodobnosti dosažení výsledků v situacích, které jsou spojeny s rizikem. Operační výzkum je konvenční přístup k řešení problémů, který využívá údaje získané odhadem nebo pravděpodobností. Běžná praxe zahrnuje také konzultace se specialisty a odborníky (Duchoň, 2008).

Pro významná rozhodnutí slouží jako cenný nástroj především simulační modelování. Tento přístup zahrnuje řešení problému prostřednictvím porozumění, zkoumání vztahů mezi klíčovými proměnnými a zkoumání omezení a předpokladů kvantitativních i kvalitativních faktorů ovlivňujících řešení. Základním krokem tohoto přístupu je sestavení modelu, který simuluje problém, dosažení koncepčního porozumění pomocí matematických pojmů a vztahů, zejména pomocí metod odvozených z operačního výzkumu (Duchoň, 2008).

Systémy pro podporu rozhodování (dále DSS) byly vyvinuty s cílem zlepšit manažerské rozhodování a zvýšit jeho efektivitu. Přestože manažerské informační systémy (dále MIS) mají s DSS mnoho společného, existují mezi nimi rozdíly. MIS jsou obvykle vytvářeny technickými odborníky, přičemž manažeři hrají při jejich vývoji menší roli. Naproti tomu DSS jsou primárně šité na míru manažerům, zaměřují se na rozhodovací procesy a přizpůsobují se manažerským potřebám. Manažeři využívající DSS mají snadný přístup k požadovaným údajům a mohou bez námahy posoudit efektivnost různých způsobů jednání. Běžně lze pozorovat používání tabulkových procesorů pro simulaci různých alternativ. Hlavní výhodou zpracování dat v tabulkových procesorech je snadná analýza více alternativních scénářů a jejich vyhodnocení pomocí statistických metod (Duchoň, 2008).

1.2 Koncept operačního výzkumu

Operační výzkum je podobor matematických věd, který se zabývá vývojem a aplikací pokročilých analytických metod pro zlepšení rozhodování. Jako synonymum se někdy používá termín věda o řízení (Mazurek, 2023). Operační výzkum je kvantitativní metodologie využívaná v procesu rozhodování a systematické analýzy problémů. Termín „operační výzkum“ je kombinací slova „operace“, které označuje aplikovanou činnost, a slova „výzkum“, které označuje vědecké zkoumání neznámých skutečností a informací. V důsledku toho lze operační výzkum definovat jako aplikaci specifických nástrojů k řešení rozhodovacích problémů (Dubey et al., 2017).

Operační výzkum se zabývá studiem různých typů rozhodovacích problémů již od 30. let 20. století. Tento vědní obor našel uplatnění v nejrůznějších oblastech, včetně logistiky, vojenství a zejména ekonomiky a obchodu. I když se postup řešení v jednotlivých případech liší, dodržuje se společné schéma. U metod operačního výzkumu je na začátku definován problém, který je třeba řešit, a poté následuje formulace ekonomického modelu, který je následně převeden do matematického modelu. Jakmile je takový model vyřešen, další kroky zahrnují interpretaci a ověření výsledků ve vztahu k původnímu problému (Jablonský, 2007).

Při diskusi o ekonomickém a matematickém modelu je nezbytné vyjádřit povahu samotného modelu. Slouží jako zjednodušená reprezentace reality, která zahrnuje

a zohledňuje všechny základní prvky problému a vazby mezi nimi. Podle Jablonského (2007) obsahuje:

- cíl analýzy, označující jednoznačně určený cílový stav systému (např. maximalizace zisku při výrobě), v matematickém modelu tomuto odpovídá funkce o *n* proměnných,
- popis procesů, které probíhají v systému (např. výrobní proces omezený určitou intenzitou výroby), v matematickém modelu tomu odpovídají hodnoty vstupních proměnných,
- popis faktorů ovlivňujících průběh procesu (např. stroje ve výrobě mající určitou kapacitu), v matematickém modelu je to vyjádřeno ve formě omezujících rovnic nebo nerovnic,
- popis vztahu mezi procesy, faktory a cílem analýzy - v matematickém modelu reprezentovaný neovlivnitelnými parametry.

1.2.1 Klasifikace disciplín operačního výzkumu

Modely operačního výzkumu jsou rozmanité a zabývají se různými aspekty ekonomických činností. Plevný a Žižka (2010) navrhují klasifikaci, která rozděluje jednotlivé modely a disciplíny operačního výzkumu do kategorií deterministických a pravděpodobnostních. Deterministické modely zahrnují známé a určité vstupní údaje, zatímco pravděpodobnostní modely zahrnují prvky prezentované jako náhodné veličiny.

Operační výzkum využívá rozmanitou škálu nástrojů a technik a lze jej rozdělit do několika relativně samostatných vědních disciplín. Toto členění vychází z poznání, že k řešení problémů jsou nezbytné různé specifické přístupy a matematické nástroje. Tato struktura je patrná ve všech modelech operačního výzkumu. Klasifikace metod poskytuje předem definované postupy a doporučení pro řešení konkrétních případů, což výzkumníkům výrazně usnadňuje práci (Jablonský, 2007).

Dle Jablonského (2007) lze mezi nejběžnější samostatné disciplíny operačního výzkumu, se kterými je možné se běžně setkat v praxi, zařadit:

- Matematické programování,
- Vícekriteriální rozhodování,
- Teorii grafů (metody síťové analýzy),

- Teorii zásob (modely řízení zásob),
- Teorii hromadné obsluhy (teorie front),
- Teorii her,
- Markovovy rozhodovací procesy,
- Modely produkčních systémů (modely rozvrhování),
- Simulace.

Při řešení různých ekonomických problémů jsou využívány modely a metodologie vědní disciplíny nazývané lineární programování, která je základem operačního výzkumu. Jako podmnožina matematického programování zahrnuje lineární programování širší okruh disciplín. Navzdory složitosti, která je reálným systémům vlastní, zůstává lineární programování vhodným nástrojem pro řešení specifických, často se vyskytujících problémů. **Matematické programování** v rámci operačního výzkumu má za cíl nalézt maximum nebo minimum kriteriální funkce z množiny variant definovaných omezeními, které jsou prezentovány jako lineární či nelineární rovnice či nerovnice. Přípustná varianta, známá také jako přípustné řešení, je taková varianta, která splňuje všechny zadané omezující podmínky. Pokud jsou kriteriální funkce i omezení lineární, problém se klasifikuje jako úloha lineárního programování; v opačném případě spadá do oblasti úloh nelineárního programování (Fábry, 2011; Jablonský, 2007).

Při řešení rozhodovacích problémů, které zahrnují zvažování více kritérií současně během procesu výběru, je nezbytné použít metody **vícekriteriálního rozhodování**. V souvislosti s problémem matematického programování, kde je stanoveno více kriteriálních funkcí, se terminologie posouvá k vícekriteriálnímu programování, často konkrétně k vícekriteriálnímu lineárnímu programování. V případech, kdy je množina přípustných variant explicitně definována (prostřednictvím výčtu), se používá termín vícekriteriální hodnocení variant. Vzhledem k tomu, že kritéria si ve většině případů mohou vzájemně odporovat (například vyšší zisk je potenciálně spojen s vyššími náklady nebo investicemi), výsledné řešení nebo vybraná varianta se označuje spíše jako kompromisní než optimální (Fábry, 2011; Jablonský, 2007).

Teorie grafů zahrnuje definici uzlů a hran v grafu, kde hrany představují spojení mezi uzly. Graf může znázorňovat různé scénáře, například komunikační nebo distribuční síť, kde uzly odpovídají obcím a hrany pozemním komunikacím. Při vyhodnocování

grafu na základě faktorů, jako je vzdálenost, čas, náklady, maximální propustnost atd. lze použít odpovídající metody k řešení různých optimalizačních problémů. Příkladem může být nalezení nejkratší cesty mezi dvojicí uzlů, určení nejkratšího okruhu, který zahrnuje všechny uzly (tzv. problém obchodního cestujícího), propojení všech uzlů s minimálními náklady a určení maximální propustnosti grafu (Fábry, 2011; Jablonský, 2007).

Modely řízení zásob, které jsou významnou oblastí operačního výzkumu, nacházejí široké praktické uplatnění, protože pomáhají manažerům při řešení základních otázek, jako je stanovení množství a načasování objednávek. Cílem je minimalizovat celkové náklady spojené s řízením zásob a najít rovnováhu mezi skladovacími a pořizovacími náklady. Existují různé systémy zásob a každý model je konstruován na základě specifických předpokladů. Deterministické modely zásob předpokládají předem známou velikost poptávky po zásobách, zatímco stochastické modely jsou nezbytné pro optimalizaci v reálných systémech, kde je velikost poptávky náhodná (Fábry, 2011; Jablonský, 2007).

V **teorii hromadné obsluhy** se v rámci systémů hromadné obsluhy rozlišují dva typy prvků: požadavky a obslužná zařízení. Vzhledem k praktickému omezení počtu obslužných zařízení je rozumné předpokládat, že požadavky, které vyžadují jejich služby, budou čekat ve frontě. Proto je tato disciplína také zaměnitelně označována jako **teorie front**. Vzhledem k reálné povaze procesů příchodu požadavků a obsluhy v systémech hromadné obsluhy je úzce spjata s teorií pravděpodobnosti. Hlavním cílem z hlediska řízení podniku je minimalizovat náklady spojené jak s počtem dostupných obslužných zařízení, tak s délkou pobytu požadavku v systému, včetně doby jeho čekání ve frontě (Fábry, 2011; Jablonský, 2007).

Teorie her zahrnuje rozhodovací situace známé jako hry, ve kterých se rozhodují minimálně dva rozhodovací subjekty (označovaní jako hráči). Hráči si mohou buď oponovat, nebo spolupracovat, a v situacích s více účastníky mohou vytvářet koalice. Klíčovým aspektem je rozhodovací strategie, která představuje rozhodnutí vedoucí vzhledem k rozhodnutím ostatních hráčů k výsledku hry. Obvykle je tento výsledek vyjádřen prostřednictvím hodnoty tzv. výplatní funkce nebo výplatních funkcí jednotlivých hráčů, kterými mohou být zisk, náklady apod. Zatímco operační výzkum, představený dříve v této kapitole, je spojen s myšlenkou optimálního řešení, teorie

her se zabývá spíše identifikací rovnovážného řešení. V ekonomické teorii je klasickým příkladem strategické hry model oligopolu (Fábry, 2011; Jablonský, 2007).

Markovovy rozhodovací procesy se týkají procesů v systémech, které se mohou v určitých časových obdobích nacházet v některém z konečného počtu stavů, přičemž přechod z jednoho stavu do druhého v následujících obdobích je ovlivněn náhodným chováním. Obecně platí, že pokud se systém v daném období nachází v určitém stavu, může v něm buď zůstat, nebo v následujícím období přejít do jiného stavu. Typicky jsou takové přechody mezi stavy určeny tzv. maticí pravděpodobnosti přechodu, jejíž rozměry odpovídají počtu možných stavů. Hlavním cílem analýzy je často předpovědět budoucí chování systému na základě jeho současného stavu (Fábry, 2011; Jablonský, 2007).

Modely produkčních systémů představují speciální oblast operačního výzkumu, která často využívá nástroje z oborů, jako je lineární programování a teorie grafů. Rozmístění jednotlivých zařízení v rámci produkčního systému nebo jejich interakce mají v této oblasti značný význam. Podstatná část této disciplíny se zaměřuje na plánování výroby, které zahrnuje přiřazení konkrétních operací pracovním stanicím s cílem minimalizovat faktory, jako je počet pracovních stanic, délka pracovního cyklu nebo množství nevyužitých časových jednotek na výrobní lince. Kromě toho je cílem maximalizovat celkovou efektivitu výrobní linky. Modely rozvrhování výroby se zabývají také přidělováním činností jednotlivým zařízením tím, že určují pořadí, v jakém jsou činnosti realizovány. Základní pojmy zahrnují dávky a procesory, přičemž se rozlišují úlohy s jedním nebo více procesorem, které mohou být řazeny buď paralelně, nebo sériově (Fábry, 2011; Jablonský, 2007).

V situacích, kdy jsou rozhodovací problémy složité a standardní postupy se ukazují jako nepraktické, se **počítačová simulace** stává vhodnou alternativou. Standardní postupy, které jsou analytickými metodami nabízejícími přesná řešení založená na stanovených vztazích mezi proměnnými, mohou být pro velmi složité problémy nedostatečné. Nástroje počítačové simulace poskytují alternativní přístup, který zahrnuje vytvoření simulačního modelu odrážejícího skutečný systém a následné provedení počítačových experimentů s tímto modelem. Během těchto experimentů se upravují určité parametry systému, které jsou praktické v reálných scénářích, zatímco analytik sleduje hodnoty kritických rozhodovacích kritérií. Prováděním

četných experimentů s různými hodnotami parametrů lze určit optimální nastavení (nebo nastavení, které se optimálnímu nastavení blíží) a následně je implementovat do skutečného systému (Fábry, 2011; Jablonský, 2007).

Výše uvedené disciplíny operačního výzkumu se postupným historickým vývojem začaly více uplatňovat při řešení problémů v obchodě či průmyslu a rozšířily se do oblasti široce využívaných v různých průmyslových odvětvích, od petrochemie přes finance, logistiku až po státní správu. Přehled jednotlivých oblastí, ve kterých byla využita analýza a optimalizace složitých systémů s pomocí metod operačního výzkumu je shrnuta v tabulce 1 níže.

Tabulka 1: Přehled disciplín operačního výzkumu a oblasti jejich využití v praxi

Metoda	**Oblast aplikace**	**Příklady**
Matematické programování	Finance	• Výběr nejlepší kombinace aktiv, s cílem maximalizovat zisk a minimalizovat riziko (společnost Betterment).
	Logistika	• Optimalizace tras zásilek procházející přepravní sítí (společnost FedEx).
	Distribuce elektrické energie	• Hledání nákladově efektivní metody dodávky elektřiny.
	Výroba	• Plánování výroby s cílem minimalizovat plýtvání.
Vícekriteriální rozhodování	Finance	• Kapitálové rozpočtování: Do jakého investičního portfolia by měl podnik vložit svůj kapitál? • Hodnocení kapitálových investic: Jak vybrat mezi projekty, které jsou konkurenceschopné? • Financování podniku: Jak by měla být činnost firmy financována? • Hodnocení finančních investic: Výběr portfolia finančních cenných papírů.
	Logistika	• Řízení dodavatelského řetězce klíčového materiálu. • Hodnocení a výběr dodavatelů. • Hodnocení logistické výkonnosti.
Teorie grafů	Projektové řízení	• Plánování metodou kritické cesty. • Neopakující se zakázky (výzkumné a vývojové práce), kde bývají odhady času a nákladů značně nejisté.
Teorie zásob	Logistika	• Optimalizace nákladů na skladování i objednávání, což vede k celkovým úsporám nákladů. • Snížení rizika vyprodání zásob či nadměrných zásob, což přispívá ke spokojenosti zákazníků. • Stanovení efektivních bodů doplňování zásob. • Zlepšené rozhodování v oblasti řízení zásob a včetně informovaných rozhodnutí týkající se množství objednávek, bodů doobjednání a načasování.
Teorie hromadné obsluhy	Maloobchod	• Navrhování uspořádání a personálního obsazení prodejen. • Zkracování čekací doby a zlepšení zákaznického zážitku.
	Zdravotnictví	• Optimalizace toku a kvality zdravotní péče (např. počet lůžek či vybavení).
	Výroba	• Zlepšení produktivity a efektivity výrobních procesů (např. optimalizace počtu strojů/pracovníků). Principy štíhlosti, jako je just-in-time nebo kanban, používají výrobci k odstranění plýtvání a zvýšení hodnoty.

	Doprava	• Řízení provozu a přetížení dopravních sítí (např. jaký počet vozidel nebo jízdních pruhů je optimální provozovat).
Simulace	Zlepšování procesů	• Jakýkoli aspekt podnikání, např. výroba nebo finance.
	Prognózování	• Získání nových zakázek/ztráty významného klienta. • Předpovědi budoucího prodeje.
	Řízení obchodních rizik	• Rozhodování o investicích a určení investiční strategie. • Simulace peněžních toků, odhad míry návratnosti a rizika zavedení nových produktů. • Učení rizika kolísání směnných kurzů.

Zdroj: vlastní zpracování (Foote, 2021; Markgraf, 2022)

Všechny výše zmíněné disciplíny mají za cíl řešit složité problémy a zlepšovat kvantitativní rozhodování. Z disciplín uvedených v předchozích odstavcích bude další pozornost věnována především vícekriteriálnímu rozhodování. Díky možnosti nahlížet na různé aspekty problému, zohledňovat požadavky a zájmy velkého počtu zainteresovaných stran (rozhodovatelů), relativně rychlému a jednoduchému rozhodování o velmi složitých problémech, hledání kompromisního řešení apod. jsou metody vícekriteriálního rozhodování velmi oblíbené a nacházejí široké uplatnění ve všech oblastech lidské činnosti. Jak vyplývá z tabulky 1, logistika jako oblast, v níž se denně přijímají složitá rozhodnutí ve vztahu k velkému počtu účastníků logistických řetězců (dodavatelských řetězců), je jednou z nejplodnějších oblastí pro uplatnění metod vícekriteriálního rozhodování (Taherdoost a Madanchian, 2023).

2 Vícekriteriální rozhodování

Jak uvádí ve svém článku Pavan (2009), vícekriteriální rozhodování se zabývá rozhodováním, které zahrnuje výběr optimální alternativy z několika možných variant. Každé rozhodnutí vyžaduje pečlivé zvážení více faktorů nebo kritérií, které může být provedeno explicitně nebo také bez vědomého uvážení. Rozhodování se může pohybovat od jednoduchého výběru mezi dvěma nebo více přesně definovanými alternativami až po složitější problémy zahrnující komplexní a protichůdné informace, které odrážejí různé perspektivy.

Brožová et al. (2003) ve své publikaci uvadí, že modely vícekriteriálního rozhodování znázorňují rozhodovací problémy, v nichž jsou důsledky rozhodování hodnoceny na základě mnoha kritérií. Prakticky každá rozhodovací situace je charakterizována vícekriteriálními úvahami. Zohlednění více kritérií přináší problémy a konflikty vyplývající z inherentní rozmanitosti těchto kritérií. Pokud by všechna kritéria konvergovala ke stejnému řešení, bylo by pro výběr nejvhodnějšího rozhodnutí dostačující jediné kritérium. Účelem modelů vícekriteriálního rozhodování je identifikovat optimální variantu napříč všemi zvažovanými aspekty, eliminovat neefektivní varianty nebo systematicky strukturovat množinu přípustných variant.

V případě, že je strukturovaný problém řízen jediným kritériem, jako je maximalizace zisku nebo minimalizace nákladů, jedná se o jednokriteriální rozhodování. Pro řešení takových problémů existují v operačním výzkumu standardní optimalizační metody, jako například lineární programování a nelineární optimalizace. Nicméně situace v reálném životě často vyžadují hodnocení množiny alternativ podle více kritérií, což obvykle představuje tzv. vícekriteriální rozhodovací problém (Thakkar, 2021).

Kashid et al. (2021) ve svém článku uvádí, že vícekriteriální rozhodování je základním kamenem teorie rozhodování a představuje klíčovou oblast operačního výzkumu a matematiky. Tento rozhodovací model slouží jako cenná technika, která umožňuje rozhodovatelům orientovat se ve složitosti více a potenciálně protichůdných kritérií a dospět k optimálnímu rozhodnutí. Metody vícekriteriální rozhodování si získaly značnou pozornost rozhodovacích pracovníků, akademiků, výzkumníků i praktiků. Model vícekriteriálního rozhodování, který je široce použitelný v různých oblastech, včetně přírodních věd, techniky, ekonomie, vojenských strategií, obchodu, výběru

dodavatelů, sportovního managementu a dalších, se ukazuje jako univerzální nástroj pro řešení reálných problémů. Nabízí metodu pro vyhodnocování konfliktních situací na základě zohlednění různých kvantitativních a kvalitativních kritérií v rizikovém, jistém a nejistém prostředí.

Dle Jablonského (2007) je cílem analýzy vícekriteriálních rozhodovacích úloh řešit konflikty mezi kritérii, která jsou ve vzájemném rozporu. Konkrétní cíl může zahrnovat výběr určité varianty jako základu pro konečné rozhodnutí. Nicméně cíle rozhodování mohou být definovány i šířeji.

Jablonský (2007) dále doplňuje, že úlohy vícekriteriálního rozhodování lze rozdělit do dvou skupin podle toho, jakým způsobem je vymezena množina rozhodovacích variant. Pokud jsou varianty explicitně uvedeny výčtem či seznamem, hovoří se o **úlohách vícekriteriálního hodnocení variant**. Alternativně mohou být varianty určeny souborem omezujících podmínek, podobně jako u úloh matematického programování, což vede ke klasifikaci takových úloh jako úloh **vícekriteriálního programování**. Za předpokladu linearity všech funkcí v modelu se tyto problémy konkrétně označují jako problémy **vícekriteriálního lineárního programování**.

Vícekriteriální (lineární) programování, které je rozšířením principů lineárního programování, pracuje v rámci, kde je množina přípustných řešení definována soustavou omezujících podmínek. Na rozdíl od běžných scénářů lineárního programování, které obvykle zahrnují jedinou účelovou funkci, u vícekriteriálního lineárního programování je zadáno více účelových funkcí. Tyto funkce zahrnují jak maximalizační, tak minimalizační cíle. Zastřešujícím cílem je nalezení kompromisního řešení, které harmonizuje různé a někdy protichůdné cíle. Tento přístup nabízí složitější a ucelenější optimalizační strategii, která bere v úvahu spektrum kritérií současně (Fábry, 2011).

Modely vícekriteriálního hodnocení variant pracují s explicitně zadaným seznamem variant a souborem kritérií. Tyto modely nacházejí uplatnění v různých situacích, mimo jiné například při výběru investic nebo firem ve výběrovém řízení, při posuzování úrovně rozvoje zemí, při hodnocení efektivity institucí, jako jsou nemocnice a školy, při hodnocení výrobků a služeb, jakož i při určování výběru studentů nebo pracovníků v přijímacím nebo výběrovém řízení. Primární cíle při řešení úlohy vícekriteriálního

hodnocení variant mohou zahrnovat: určení jedné, tzv. kompromisní varianty; uspořádání variant v hierarchii od „nejlepší“ po „nejhorší“ a rozdělení variant do různých „kvalitativních“ tříd, přičemž varianty v rámci stejné třídy jsou považovány za „stejně dobré“ (Fábry, 2011).

Ve světě existují dvě školy metod rozhodovací analýzy. **Vícekriteriální rozhodování** (ang. Multi-Criteria Decision Making - MCDM) je pospáno americkou školou, kterou pomyslně reprezentuje kniha „Handbook of Multi-Criteria Analysis“ (Zopounidis a Pardalos, 2010). **Vícekriteriální rozhodovací analýza** (ang. Multi-Criteria Decision Analysis - MCDA), je popsána evropskou školou, která je reprezentována publikací „Decision-aid and decision-making“ (Roy, 1990). V praxi jsou však pojmy MCDM a MCDA často používány zaměnitelně a v této práci je postupováno podle americké školy (MCDM).

Nejstarší a pravděpodobně nejpoužívanější metodou vícekriteriálního hodnocení variant je Metoda váženého průměru. Analytický hierarchický proces (AHP), navržený Saatym a později rozvinutý v roce 1994, získává v teorii rozhodování stále větší uplatnění. Mezi další široce používané metody patří také metoda TOPSIS (Kashid et al., 2021).

2.1 Historie vícekriteriálního rozhodování

Umění rozhodování má prastaré kořeny, i když počátky tohoto oboru zůstávají poněkud nejasné. Lze však samostatně sledovat počátky rozhodovací analýzy, teorie užitku a počátky víceúčelového matematického programování. Nejstarší známou zmínku o vícekriteriálním rozhodování, i když ještě ne pod tímto konkrétním názvem, lze připsat Benjaminu Franklinovi (1706–1790), americkému státníkovi. Franklin údajně používal jednoduchý papírový systém k určení svého postoje k významným otázkám. Tento postup spočíval v tom, že si vzal list papíru a na jednu stranu uvedl argumenty ve prospěch rozhodnutí a na druhou stranu argumenty proti němu. Franklin radil škrtat na každé straně argumenty, které považoval za relativně stejně důležité. Franklin se sice zmínil o vahách, ale neuvedl podrobnosti o jejich skutečném použití. Jakmile byly všechny argumenty na jedné straně přeškrtnuty, strana se zbývajícími neoznačenými argumenty byla považována za stranu, která má být podpořena. Franklin údajně tuto metodu uplatňoval při přijímání zásadních rozhodnutí (Köksalan et al., 2011).

Francis Edgeworth (1845–1926) sehrál klíčovou roli při formování neoklasické ekonomie, protože jako první použil formální matematické koncepty pro rozhodování. Položil základy teorie užitku a zavedl pojmy jako indiferenční křivka a Edgeworthův box (Köksalan et al., 2011).

Italský ekonom a sociolog Vilfredo Pareto (1848–1923) byl kolem roku 1896 prvním, kdo přímo formuloval problém vícekriteriálnosti. Z této formulace vychází později zavedený termín Paretovská optimalita nebo Paretovská hranice, označující určitý typ optimality ve vícekriteriálních úlohách a klíčovou myšlenku v ekonomii a moderní teorii vícekriteriálního rozhodování. Paretova optimální alokace zdrojů zajišťuje, že se nikdo nemůže mít lépe, aniž by si někdo jiný pohoršil (Fiala a Maňas, 1994).

Významný byl také přínos Franka P. Ramseyho (1903–1930), který v roce 1926 představil původní soubor axiomů, jimiž se řídí rozhodování mezi alternativami s nejistým výsledkem, a položil tak základy modelu očekávaného užitku. V roce 1944 představili John von Neumann (1903–1957) a Oskar Morgenstern (1902–1977) svou verzi teorie očekávaného užitku a tím položili základy široce rozšířenému přístupu vícekriteriálního rozhodování (Köksalan et al., 2011).

John Nash (1928–2015) sehrál zásadní roli v teorii nekooperativních her pro *n* osob a v řešení problému vyjednávání. Jeho působivé práce, jako například „Equilibrium Points in n-Person Games“ a „The Bargaining Problem“, významně ovlivnily moderní ekonomii. V roce 1994 byla Nashovi udělena Nobelova cena za ekonomii (Köksalan et al., 2011).

Ward Edwards (1927–2005), všeobecně uznávaný jako průkopník behaviorálního výzkumu rozhodování, podpořil tento obor dvěma zásadními publikacemi v letech 1954 a 1961. Jeho práce „The Theory of Decision Making“ z roku 1954 představila psychologům model očekávaného užitku. Teprve Edwardsova publikace „Behavioral Decision Theory“ z roku 1961 však pevně zakotvila behaviorální rozhodování. Tato práce se zabývala tím, jak se jednotlivci rozhodují, a způsoby, jak rozhodování zlepšit (Köksalan et al., 2011).

V roce 1957 publikovali R. Duncan Luce (nar. 1925) a Howard Raiffa (nar. 1924) knihu „Games and Decisions: Introduction and Critical Survey“, předchůdce moderní teorie

rozhodování. Následná práce Rona Howarda „Sequential Decision Processes“, kterou napsal společně s G. E. Kimballem, dále přispěla k vývoji vědy o rozhodování (Köksalan et al., 2011).

Od roku 1972 se pravidelně konají velké mezinárodní vědecké konference v oblasti vícekriteriálního rozhodování, stejně jako řada lokálních konferencí. Odborníci, kteří pracují v této oblasti, jsou sdruženi v Mezinárodní společnosti pro vícekriteriální rozhodování (angl. International Society on Multiple Criteria Decision Making). Tato společnost, založená v 70. letech 20. století, sdružuje přibližně 1 500 odborníků z asi 90 zemí světa. Pořádání mezinárodních vědeckých konferencí je každoročním standardem této společnosti, a od roku 1992 uděluje i mezinárodní ocenění. V Evropě vznikla v polovině 80. let skupina EURO Working Group Multicriteria Decision Aiding. Problematickým otázkám vícekriteriálního rozhodování se také věnuje několik vědeckých časopisů, včetně titulu „Multi-Criteria Decision Making“, který se specializuje výhradně na tuto oblast (Fiala a Maňas, 1994).

2.2 Základní pojmy

V případě vícekriteriálního hodnocení variant je vymezena množina rozhodovacích variant, označovaných symbolem *X*. Tyto rozhodovací varianty jsou následně posuzovány na základě kritérií, identifikovaných symbolem *Y*. Každá varianta *X* je charakterizována vektorem kritériálních hodnot odpovídajících kritériím *Y*. Matematický model vícekriteriálního hodnocení variant, vyjádřený pomocí tzv. kriteriální matice, je znázorněn na níže uvedeném Obrázek 1. V řádcích matice jsou uvedeny vektory kritériálních hodnot jednotlivých variant a ve sloupcích jsou specifikována jednotlivá kritéria (Jablonský, 2007).

$$\begin{array}{c} \\ X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} Y_1 & Y_2 & \cdots & Y_k \end{array} \\ \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2k} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nk} \end{bmatrix} \end{array}$$

Obrázek 1: Kriteriální matice
Zdroj: vlastní zpracování dle Jablonský, 2007

Mezi hlavní pojmy, které jsou s oblastí vícekriteriálního hodnocení spojeny, patří především níže uvedené pojmy jako:

- **Alternativy**, které mají být seřazeny nebo z nichž se vybírá: v rámci vícekriteriálního hodnocení lze zahrnout libovolný počet alternativ. V závislosti na konkrétní oblasti aplikace je počet alternativ pohybuje od minimálně dvou (jinak by nebylo z čeho vybírat) až po desítky, stovky, tisíce nebo dokonce miliony alternativ (Multi-Criteria Decision Analysis, 2024).

- **Kritéria**, podle kterých se alternativy hodnotí a porovnávají. Pro většinu aplikací obvykle stačí méně než 12 kritérií, přičemž typicky je uvažováno 5 až 8 kritérií. Kritéria mohou být jak kvantitativní tak kvalitativní povahy. Kritéria v podstatě představují standardy pro různé možnosti. Jednotlivá kritéria se týkají opatření, která jsou považována za důležitá pro určení nejhodnotnější volby. Běžnými kritérii jsou např. cena, trvanlivost a kvalita. Např. u kritéria jako je cena, jsou příznivé nižší hodnoty. Např. pokud se subjekt rozhoduje mezi dodavateli, pravděpodobně dá přednost dodavateli, který nabízí nižší ceny. V daném hodnocení by nejnižší cena měla nejvyšší hodnocení. Oproti tomu kritéria jako kvalita a trvanlivost jsou kritéria, u nichž jsou preferované vyšší hodnoty (Multiple Criteria Decision Analysis, 2023).

- **Váhy**, které představují relativní důležitost jednotlivých kritérií. Jak je blíže vysvětleno dále v předložené diplomové práci, existuje řada metod pro stanovení vah kritérií, které představují jejich relativní důležitost. Jinými slovy výha vyjadřuje, jak důležité je každé kritérium pro dané rozhodování, a je vyjádřena nejčastěji v procentech (Multiple Criteria Decision Analysis, 2023).

- **Osoby s rozhodovací pravomocí** a případně další zúčastněné strany, jejichž preference mají být v hodnocení zastoupeny. Zde opět v závislosti na konkrétní aplikaci může být zapojen libovolný počet osob s rozhodovací pravomocí a potenciálně dalších zúčastněných stran, od jednoho až po (hypoteticky) mnoho tisíc osob (Multiple Criteria Decision Analysis, 2023).

2.3 Podstata a proces vícekriteriálního rozhodování

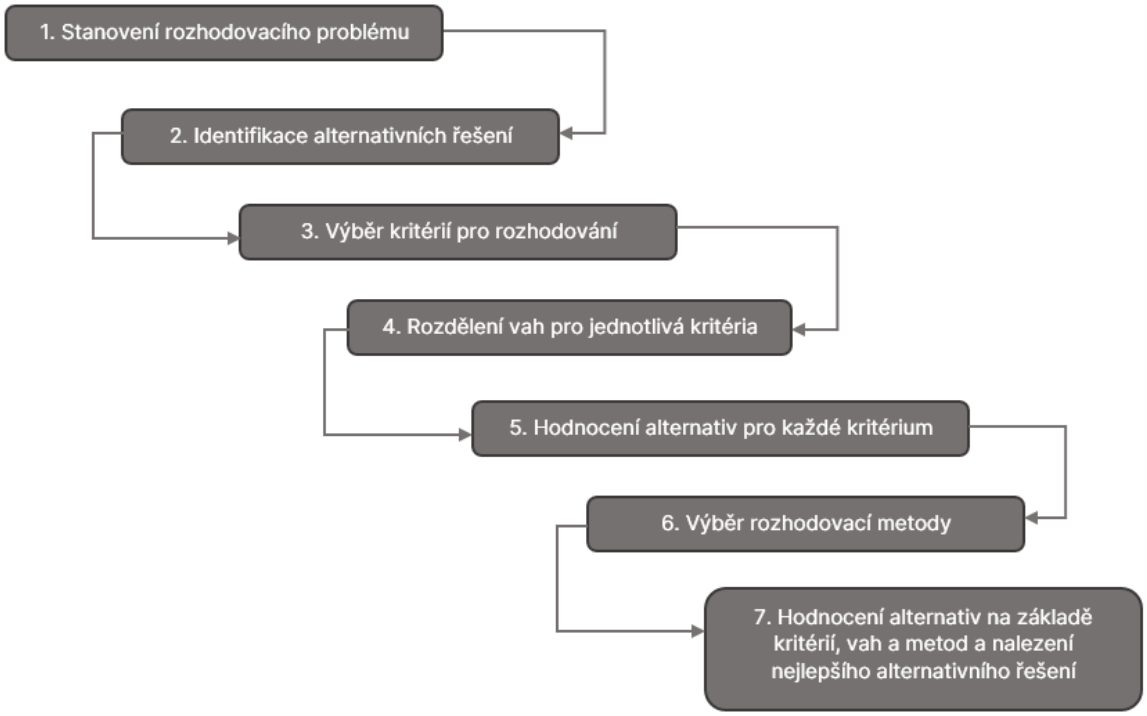
V rámci vícekriteriálního rozhodování jsou obvykle zahrnuty situace, kde je třeba hodnotit alternativy podle více kritérií. Tato rozhodování lze obecně rozdělit do dvou kategorií: rozhodování podle více atributů, které zahrnuje hodnocení omezeného počtu předem stanovených alternativ a diskrétních preferenčních hodnocení, a rozhodování podle více cílů, což zahrnuje problémy spojené s návrhem a plánováním pro dosažení optimálního řešení. Techniky vícekriteriálního rozhodování jsou zaměřeny na nalezení adekvátních kompromisů mezi protichůdnými hmotnými a nehmotnými kritérii (Thakkar, 2021).

Vícekriteriální rozhodovací proces zahrnuje následující kroky:

1. **Určení rozhodovacího problému a jeho cíle.** Rozhodovatelé si musí být plně vědomi rozhodovacího problému. Je nezbytné, aby problém identifikovali, pochopili a definovali ještě předtím, než provedou rozhodnutí.
2. **Identifikace alternativních řešení.** Důležitou součástí rozhodovacího procesu je analýza konečného souboru alternativ. Tento krok se provádí souběžně s určením kritérií, neboť oba kroky se do určité míry navzájem určují. Je velmi důležité, aby výběr alternativ byl proveden se zvláštní péčí a aby byla vybrána pouze řešení, která lze vzájemně porovnávat.
3. **Výběr kritérií pro rozhodování.** Určení kritérií, která se použijí pro rozhodování mezi alternativními řešeními, musí vycházet ze specifikovaných cílů. Rozhodovací problém, který obsahuje velký počet kritérií, je zvláště užitečný pro poskytování lepších alternativ. Ideální soubor kritérií by měl být funkční, srozumitelný a neměl by se překrývat.
4. **Rozdělení vah pro jednotlivá kritéria.** Váhy v kritériích je třeba stanovit po rozsáhlé analýze problému, aby přesně odrážely důležitost rozhodovacích parametrů. K usnadnění rozdělení vah lze použít různé metody.
5. **Hodnocení alternativ pro každé kritérium.** Před zahájením řešení problému je třeba každou alternativu ohodnotit pro každé rozhodovací kritérium. Každé kritérium může mít vlastní hodnotící stupnici, která může vycházet z kvantitativních i kvalitativních údajů. Po dokončení známkování se vytvoří tabulka, která se použije k řešení problému.

6. **Výběr rozhodovací metody.** Na základě vstupů z vah kritérií a hodnocení alternativ pro každé kritérium lze vybrat a použít konkrétní metody, které usnadní samostné rozhodování.
7. **Vyhodnocení alternativ na základě kritérií, vah a metod a nalezení nejlepší alternativy řešení.** Zahájení řešení se provede vhodnou metodou, která vyhodnotí alternativy a umožní výběr optimálního řešení. Nakonec, pokud je to možné, se v posledním kroku procesu určí optimální alternativa a dosáhne se cíle celého hodnotícího procesu (Kechagias et al., 2020).

Metodika zapojená do tohoto specifického rozhodovacího procesu zahrnuje následující kroky, jak je znázorněno na obrázku 2.



Obrázek 2: Metodologie rozhodování
Zdroj: vlastní zpracování dle Kechagias et al., 2020

Hodnotitelská kritéria lze rozdělit do dvou kategorií: kvantitativní a kvalitativní. Kvantitativní kritéria jsou vyjádřena číselně, což usnadňuje jejich definici a následné měření. Naopak kritéria kvalitativní jsou vyjádřena slovně. Dále lze kritéria rozdělit na maximalizační a minimalizační. U kritérií maximalizačního typu jsou lépe hodnoceny varianty dosahující vyšších kriteriálních hodnot, tedy žádoucí je vždy vyšší hodnota kritéria. U kritérií minimalizačního typu je naopak žádoucí co nejnižší hodnota kritéria (Fotr a Dědina, 1997).

2.4 Metody stanovení vah kritérií

Kromě výběru vhodné metody vícekriteriálního rozhodování je důležité efektivně stanovit váhy jednotlivých hodnotících kritérií. Existuje nepřeberné množství metod pro stanovení vah kritérií. Stanovení vah hodnotících kritérií může být samozřejmě velmi subjektivní záležitostí. Proto analytici, kteří tento úkol provádějí, musí mít velké zkušenosti v oblasti, která souvisí s konkrétním vícekriteriálním hodnocením, které provádějí (Kechagias et al., 2020).

Získání vah kritérií přímo od rozhodovatele v numerické podobě může představovat problém vzhledem k abstraktní povaze těchto hodnocení. Proto je přínosné poskytnout rozhodovatelům zjednodušené nástroje, které usnadní stanovení vah kritérií. Tyto nástroje mají často podobu metod pro odhad vah kritérií, které využívají jednoduché postupy, jež se spoléhají na subjektivní informace od rozhodovatelů. Tyto metody odhadu slouží ke zjednodušení procesu určování vah a umožňují rozhodovatelům poskytovat informovaná hodnocení navzdory souvisejícím složitostem (Jablonský, 2007).

Stanovení vah kritérií obvykle slouží jako výchozí krok pro analýzu modelu vícekriteriální analýzy variant. Údaje získané prostřednictvím specifických postupů jsou vždy vodítkem pro stanovení hierarchie preferencí mezi variantami, což je v souladu se zastřešujícími cíli komplexní analýzy. Tyto metody navíc přesahují pouhé strukturování preferencí a umožňují kvantifikovat slovně vyjádřená hodnocení variant, čímž zvyšují přesnost analytického procesu (Brožová et al., 2003).

Jednotllivé metody boudou detailně popsány v následujících podkapitolách.

2.4.1 Metoda pořadí

Metoda pořadí se používá ke stanovení vah kritérií především tehdy, pokud jejich významnost posuzuje více odborníků. Každý expert seřadí kritéria podle důležitosti, přičemž kritériu s nejvyšší důležitostí přidělí n bodů (kde n představuje celkový počet kritérií), kritériu s druhou nejvyšší důležitostí n-1 bodů atd., přičemž nejméně důležité kritérium obdrží pouze 1 bod. Pokud mají kritéria stejnou důležitost, jsou hodnocena na základě jejich průměrného pořadí (Brožová et al., 2003; Jablonský, 2007).

Pro určení váhy každého kritéria se sečtou body, které mu přidělili všichni odborníci, a vydělí se celkovým počtem bodů rozdělených mezi všechna kritéria, čímž se zajistí, že součet vah všech kritérií se rovná 1. V podstatě platí, že pokud je *j*-tému kritériu přiděleno b_j bodů (buď jediná hodnota, nebo součet hodnot z více expertních hodnocení), vypočítá se jeho váha podle uvedeného vzorce (viz vztah 1). Tento vzorec normalizuje údaje o preferencích kritérií, proto se označuje jako postup **normalizace vah kritérií** (Brožová et al., 2003).

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

2.4.2 Bodovací metoda

Bodovací metoda vychází z předpokladu, že rozhodovatel je schopen kritériím přiřadit kvantitativní hodnocení pomocí předem stanovené bodovací stupnice. Důležitost každé varianty v rámci tohoto kritéria je označena konkrétním počtem bodů na určené bodovací stupnici, například stupnici od 1 do 10, která může obsahovat desetinná čísla a umožňuje přiřadit více kritériím stejné bodové hodnoty. Tato metoda se používá také k výpočtu vah kritérií podobně jako metoda pořadí, pokud kritéria hodnotí více odborníků. Čím je dané kritérium pro rozhodovatele důležitější, tím vyšší bodové ohodnocení mu přiřadí. Každý expert tak přidělí každému kritériu určitý počet bodů, přičemž významnější kritéria obdrží vyšší počet bodů (na stupnici od 0 do 10 může kritérium získat 0 bodů od experta, který je považuje za nevýznamné, a 10 bodů od experta, který je považuje za klíčové). Bodovací stupnici lze také znázornit graficky pomocí úsečky, přičemž poloha každého kritéria vzhledem ke konci úsečky označuje jeho nejvyšší a nejnižší preferenci (Brožová et al., 2003; Jablonský, 2007).

Výpočet vah z bodového hodnocení se řídí stejným postupem jako metoda pořadí (viz vztah 1). Hodnoty váhového vektoru se normalizují podle vztahu 1, kde b_j představuje součet všech bodů, které každý expert přiřadil *j*-tému kritériu (Brožová et al., 2003).

Vyvstává však otázka, zda je vždy vhodné stanovit rozsah stupnice hned na začátku hodnocení. Tento přístup je proveditelný, pokud je od počátku poměrně jasná představa o důležitosti určitých kritérií při hodnocení variant. V takových případech je optimální přidělit nejvyšší bodové ohodnocení nejvýznamnějšímu kritériu a nejnižší bodové ohodnocení nejméně významnému kritériu, přičemž ostatní kritéria jsou na

stupnici umístěna s ohledem nejen na bodové ohodnocení těchto dvou kritérií, ale také na bodové ohodnocení kritérií umístěných dříve. Případně lze zpočátku uvést odhad bodového hodnocení kritérií, který lze následně přehodnotit a případné rozdíly napravit (Brožová et al., 2003).

Alternativně, místo přímého hodnocení preferencí mezi kritérii jako při bodovací metodě, považují analytici často za vhodnější párové porovnání kritérií. Na tomto principu fungují metody jako Fullerův trojúhelník a Saatyho metoda (Jablonský, 2007).

2.4.3 Metoda Fullerova trojúhelníku

Při tomto postupu má rozhodovatel k dispozici trojúhelníkový diagram, kde jsou dvojice kritérií vyznačeny tak, aby se každá dvojice objevila právě jednou. Posuzovatel pak z každé dvojice vybere to kritérium, které považuje za důležitější, například jeho zakroužkováním. Pokud mají obě kritéria ve dvojici pro posuzovatele stejný význam, označí se obě. Označíme-li počet označení pro i-té kritérium jako p_i, lze odhad vah kritérií odvodit opět pomocí vztahu č. 1 (Jablonský, 2007).

Pokud ordinální informace odrážejí pouze vztah mezi jednotlivými dvojicemi hodnocených kritérií, lze použít metodu párového porovnávání. Za předpokladu, že když uživatel hodnotí kritérium *j* jako důležitější než kritérium *l*, je kritérium *l* současně považováno za méně důležité než kritérium *j*, stačí provést počet srovnání (viz vztah 2), kde *n* představuje počet porovnávaných kritérií (Brožová et al., 2003).

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

Toto porovnávání se většinou provádí pomocí tzv. Fullerova trojúhelníku. U každé dvojice prvků je zakroužkován ten prvek, který rozhodovatel považuje za důležitější. Označíme-li počet zakroužkování *j*-tého prvku jako n_j, pak pořadí či váhu tohoto prvku lze vypočítat podle vztahu č. 3 (Brožová et al., 2003).

$$v_j = \frac{n_j}{N}\ , kde\ j = 1, 2\ , \dots , n \tag{3}$$

Ukázku Fullerova trojúhelníku podle Jablonského (2007) lze vidět v následující tabulce 2 (preference je zde zvýrazněna tučným písmem).

Tabulka 2: Fullerův trolúhelník

Y_1	Y_1	**Y_1**	**Y_1**	Y_1
Y_2	**Y_3**	Y_4	Y_5	**Y_6**
	Y_2	**Y_2**	**Y_2**	Y_2
	Y_3	Y_4	Y_5	**Y_6**
		Y_3	**Y_3**	**Y_3**
		Y_4	Y_5	**Y_6**
			Y_4	Y_4
			Y_5	**Y_6**
				Y_5
				Y_6

Zdroj: vlastní zpracování dle Brožová et al., 2003

Z uvedeného příkladu tabulky Fullerova trojúhelníku je zřejmé, že $b_1 = 3$, $b_2 = 3$, $b_3 = 3$, $b_4 = 2$, $b_5 = 1$ a $b_6 = 5$. Odpovídající váhy kritérií jsou potom $v_1 = 3/17$, $v_2 = 3/17$, $v_3 = 3/17$, $v_4 = 2/17$, $v_5 = 1/17$ a $v_6 = 5/17$.

Nevýhoda tohoto přístupu při výpočtu vah kritérií však vzniká v případě, že informace uživatele jsou plně konzistentní. V takových případech je hodnota *n* pro nejméně důležité kritérium rovna nule, což vede k nulové váze tohoto kritéria. V případech konzistence by bylo možné zvážit vyloučení tohoto kritéria ze souboru a opakování porovnání ve Fullerově trojúhelníku. Opakováním tohoto postupu *k*-krát by za předpokladu konzistentních informací od uživatele nakonec zůstalo v souboru pouze jedno kritérium - to nejdůležitější (Brožová et al., 2003).

Jedním z přístupů, jak tento problém řešit, je zvýšit všechny tyto hodnoty o jednu po ukončení porovnání a výpočtu hodnot n_i (ve skutečnosti se s každým kritériem zachází, jako by bylo porovnáváno samo se sebou a považováno za důležitější). Tato úprava přesně sladí hodnoty n_i s hodnotami zavedenými v metodě pořadí, označenými p_i (Brožová et al., 2003).

2.4.4 Saatyho metoda

Saatyho metoda představuje poněkud diferencovanější přístup ke stanovení vah kritérií. Tato metoda slouží ke stanovení vah kritérií, hodnotí-li je pouze jeden expert. Při aplikaci této metody, která je jednou z nejpoužívanějších metod využívanou pro stanovení vah, rozhodovatel provádí párová porovnání kritérií, podobně jako v případě metody Fullerova trojúhelníku. Zde však rozhodovatel vyjadřuje stupeň

důležitosti jednoho kritéria oproti druhému na celočíselné stupnici od 1 do 9, kde 1 znamená stejnou důležitost dvojice kritérií a 9 značí absolutní převahu důležitosti jednoho kritéria nad druhým. Naopak, pokud je kritérium považováno za méně důležité než jiné, použije se k vyjádření této preference převrácená hodnota celých čísel z dané stupnice. Tato párová srovnání poskytují informace konsolidované do matice označované jako Saatyho matice, kde každý prvek představuje odhad podílu vah mezi příslušnými kritérii (Jablonský, 2007).

Saatyho metoda má tu výhodu, že umožňuje rozhodovatelům vyjádřit své preference pomocí slovních spojení spíše než číselných hodnot, které jsou pro ně často intuitivnější. Tato verbální devítibodová stupnice má následující strukturu:

- 1 - kritéria *i* a *j* jsou stejně důležitá;
- 3 - kritérium *i* je slabě preferované před *j*;
- 5 - kritérium *i* je silně preferované před *j*;
- 7 - kritérium *i* je velmi silně preferované před *j*;
- 9 - kritérium *i* je absolutně (extrémně) preferované před *j*.

Tato slovní vyjádření jsou automaticky převedena na číselné ekvivalenty. Pokud poskytnutá verbální stupnice nedostačuje, lze zavést mezistupně, které odpovídají číselným hodnotám 2, 4, 6 a 8 (Jablonský, 2007).

Expert posuzuje každou dvojici kritérií a zaznamenává míru preference *i*-tého kritéria před *j*-tým kritériem do Saatyho matice S = (s_{ij}), kterou lze vidět na následujícím obrázku 3.

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

Obrázek 3: Saatyho matice
Zdroj: Brožová et al., 2003

Pokud jsou *i*-té a *j*-té kritérium považovány za rovnocenné, je $s_{ij} = s_{ji} = 1$. Pokud *i*-té kritérium slabě preferované před *j*-tým kritériem, je $s_{ij} = 3$ a $s_{ji} = 1/3$. V případě silné preference *i*-tého kritéria před *j*-tým kritériem, je $s_{ij} = 5$ a $s_{ji} = 1/5$. Při velmi silné preferenci *i*-tého kritéria před *j*-tým kritériem, je $s_{ij} = 7$ a $s_{ji} = 1/7$. V případě absolutní preference *i*-tého kritéria před *j*-tým kritériem, je $s_{ij} = 9$ a $s_{ji} = 1/9$ (Jablonský, 2007).

Matice párového porovnání **S** obsahuje preference rozhodovatele a tyto informace slouží jako důležitý soubor dat pro odhad vah kritérií. Kvalita těchto informací je pro jejich užitečnost zásadní. Matice má čtvercový řád a poskytuje odhad podílů vah *i*- tého a *j*-tého kritéria. Klíčovým kritériem užitečnosti matice párového porovnání je úroveň konzistence. Matice **S** dosahuje plné konzistence, když pro libovolnou trojici indexů *h, i, j* = 1, 2, ..., *n* platí $s_{hj} = s_{hi} * s_{ij}$. Výpočet vah jednotlivých kritérií je u plně konzistentní matice jednoduchý a vyžaduje pouze řešení soustavy rovnic (Brožová et al., 2003; Jablonský, 2007).

To však představuje značnou výzvu a z praktického hlediska je pro rozhodovatele téměř neproveditelné vyjádřit své preference tak, aby matice **S** byla plně konzistentní, zejména pokud se jedná o větší počet kritérií (více než tři). Za takových okolností postrádá řešení pomocí soustavy rovnic smysl, což vyžaduje alternativní přístup k určení vah. Saaty navrhuje odvodit váhy kritérií prostřednictvím vlastního vektoru matice **S** odpovídajícího jejímu největšímu vlastnímu číslu, označenému jako $Sv = l_{max} * v$, kde *v* představuje hledaný odhad vektoru vah a l_{max} je největší vlastní číslo matice **S**. Pro plně konzistentní matice platí, že $l_{max} = n$ (kde *n* je počet kritétií), zatímco pro částečně konzistentní matice platí $l_{max} > n$. Čím více je konzistence matice **S** porušena, tím větší je divergence (l_{max} - *n*). To slouží jako základ pro posouzení stupně konzistence párové srovnávací matice, což vede k formulaci indexu konzistence I_S (viz vztah 4). Saatyho matice je považována za dostatečně konzistentní, pokud je index konzistence IS menší než 0,1 (Brožová et al., 2003; Jablonský, 2007).

$$I_S = \frac{l_{max} - n}{n - 1} \tag{4}$$

Určení vlastního vektoru matice **S** spojeného s jejím největším vlastním číslem je složitý proces. Odhad vah v_j zahrnuje zajištění toho, aby matice **S** se co nejvíce odchyluje od matice **V**. Obvykle to znamená minimalizovat součet čtvercových rozdílů

mezi odpovídajícími prvky obou matic. Saaty zavedl několik přímočarých výpočetních metod pro odhad vah v_i. Jedním z běžně používaných přístupů je stanovení vah jako normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice, známé jako logaritmická metoda nejmenších čtverců. Hodnoty b_i se vypočítají jako geometrický průměr řádků Saatyho matice (viz vztah 5). Následně jsou váhy odvozeny normalizací hodnot b_i tak, aby součet jeho prvků byl roven jedné (viz vztah 6) (Brožová et al., 2003; Jablonský, 2007).

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{n} s_{ij}} \tag{5}$$

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^{n} b_i} \tag{6}$$

Případy nekonzistence v Saatyho matici jsou časté, zejména u rozsáhlejších úloh. Tato nekonzistence může vznikat v důsledku chyb při zadávání odhadů váhových poměrů, kdy si experti neověřují své odhady. V důsledku toho je pro zajištění konzistence nutné překvantifikovat Saatyho matice na základě odhadu vah (Brožová et al., 2003).

2.5 Metody vícekriteriálního hodnocení variant

Pro vícekriteriální hodnocení variant je k dispozici celá řada metod, z nichž každá vychází z odlišných principů. Mezi nejrozšířenější patří metoda AHP, různé metody třídy ELECTRE, PROMETHEE, metoda váženého součtu, metoda funkce užitku, metoda TOPSIS a další (Jablonský, 2007).

2.5.1 Metoda váženého součtu

Kriteriální matice zahrnuje hodnoty variant všech kritérií a hraje klíčovou roli v metodě váženého součtu. Metoda váženého součtu je jednoduchým přístupem k vícekriteriálnímu hodnocení variant podle více kritérií. Počáteční kroky často zahrnují normalizaci vah kritérií i hodnot v kriteriální matici. Vedle kriteriální matice jsou pro efektivní implementaci nezbytné základní informace o významu každého kritéria, obvykle reprezentované jeho příslušnými váhami (Fábry, 2011).

Metoda váženého součtu, označovaná také jako WSA (angl. Weighted Sum Approach), je založena na konstrukci lineární funkce užitku v rozsahu od 0 do 1. Tato funkce přiřazuje nejhorší variantě na základě daného kritéria užitek 0, zatímco nejlepší varianta získává užitek 1, přičemž mezi těmito krajními hodnotami se nacházejí ostatní varianty. Tato metoda využívá kardinální informace, kriteriální matici ***Y*** a vektor vah kritérií ***v***. Konstruuje souhrnné skóre pro každou z variant, což umožňuje určit jednu nejpreferovanější variantu a také seřadit varianty od nejlepší po nejhorší (Brožová et al., 2003; Jablonský, 2007).

Tato metoda, která je speciálním případem metody funkce užitku, funguje na principu maximalizace užitku. Když varianta a_i podle kritéria *j* dosáhne určité hodnoty y_{ij}, přináší uživateli užitek reprezentovaný lineární funkcí užitku. Celkový užitek varianty a_i lze potom vypočítat jako vážený součet jejích dílčích funkcí užitku ve všech kritériích (viz vztah 7), kde u_i označuje dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií a v_i značí váhy kritérií. Následně lze uvažované varianty seřadit podle klesajících hodnot užitku $u(a_i)$ (Brožová et al., 2003; Jablonský, 2007).

$$u(a_i) = \sum_{i=1}^{m} v_j u_j(y_{ij}) \tag{7}$$

Algoritmus metody váženého součtu zahrnuje několik kroků:

- 1. krok: určení ideální varianty *H* s ohodnocením $(h_1, \ldots, h_n)$ a bazální varianty značené *D* s ohodnocením $(d_1, \ldots, d_n)$;
- 2. krok: vytvoření standardizované kriteriální matice ***R***, odvozené podle vztahu číslo 8.

$$r_{ij}(max) = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \; ; \; r_{ij}(\min) = \frac{h_j - y_{ij}}{h_j - d_j} \tag{8}$$

Matice ***R*** slouží jako soubor hodnot funkce užitku pro *i*-tou variantu podle *j*-tého kritéria. Toho se dosáhne transformací kriteriálních hodnot v matici tak, že $r_{ij} \in \langle 0; 1 \rangle$. V důsledku toho je nejnižší užitek přiřazen bazální variantě, označené hodnotou nula, zatímco ideální varianta je reprezentována hodnotou jedna (Brožová et al., 2003).

- 3. krok: výpočet agregované funkce užitku pro jednotlivé varianty dle vztahu číslo 9.

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^{n} v_j r_{ij} \tag{9}$$

Varianty jsou seřazeny sestupně podle hodnot $u(a_i)$, přičemž za řešení úlohy se považuje požadovaný počet variant s nejvyššími hodnotami užitku (Brožová et al., 2003).

2.5.2 Metoda TOPSIS

Metoda TOPSIS spočívá ve výběru varianty, která je nejblíže ideální variantě, charakterizované vektorem nejlepších kriteriálních hodnot, a zároveň je nejdále od bazální varianty, reprezentované vektorem nejhorších kriteriálních hodnot. Při popisu metody TOPSIS předpokládejme, že všechna kritéria jsou maximalizačního typu. Pokud kritérium vyžaduje minimalizaci, lze jej přetransformovat na kritérium maximalizační, přičemž se zvýrazní rozdíl oproti nejhorší (nejvyšší) kriteriální hodnotě. Například kritérium, jako je cena, lze transformovat tak, aby vyjadřovalo rozdíl oproti nejdražší variantě. Takové kritérium pak bude svou povahou maximalizační. Proces metody TOPSIS zahrnuje následující kroky:

- 1. krok: Konstrukce normalizované kriteriální matice $R = (r_{ij})$ pomocí vztahu 10. Dojde tedy k transformaci původní kriteriální hodnoty y_{ij} na hodnoty r_{ij}. Sloupce matice R jsou po normalizaci vektory jednotkové délky.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{p} y_{ij}^2}} \tag{10}$$

- 2. krok: Výpočet prvků normalizované vážené kriteriální matice $\boldsymbol{W} = (w_{ij})$ podle vztahu 11, kde v_i označuje váhu j-tého kritéria. Na základě hodnot matice $\boldsymbol{W}$ lze určit ideální variantu H s ohodnocením (h_1, ..., h_n) a bazální variantu D s ohodnocením (d_1, ..., d_n).

$$w_{ij} = v_j * r_{ij} \tag{11}$$

- 3. krok: Určení ideální varianty z prvků matice **W** s kriteriálními hodnotami (h_1, h_2, ..., h_k) a bazální variantu s hodnotami (d_1, d_2, ..., d_k), kde $h_j = max_i (w_{ij})$ a $d_j = min_i (w_{ij})$, pro $j = 1,2, ..., k$.
- 4. krok: Výpočet vzdálenosti jednotlivých variant od ideální varianty (viz vztah 12) a bazální varianty (viz vztah 13).

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{k} (w_{ij} - h_j)^2} \tag{12}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{k} (w_{ij} - d_j)^2} \tag{13}$$

- 5. krok: Výpočet ukazatele c_i jako relativní vzdálenosti každé varianty od bazální varianty (viz vztah 14). Hodnoty ukazatele c_i se pohybují v intervalu $\langle 0; 1 \rangle$, přičemž 0 označuje bazální variantu a 1 označuje ideální variantu.

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \tag{14}$$

Varianty lze následně seřadit sestupně podle vypočtených klesajících hodnot ukazatele c_i, přičemž požadovaný počet variant vykazujících nejvyšší hodnoty tohoto ukazatele je označen jako řešení problému (Brožová et al., 2003; Jablonský, 2007).

2.5.3 Metoda AHP

Metoda analytického hierarchického procesu (AHP), kterou v roce 1980 představil profesor Saaty, nabízí strukturovaný přístup ke složitým rozhodovacím situacím a zefektivňuje a urychluje přirozený rozhodovací proces. Tato metoda patří především v USA mezi nejpoužívanější nástroje pro podporu rozhodování. Metoda analytického hierarchického procesu usnadňuje rozklad složitých, nestrukturovaných problémů na jednodušší komponenty, a vytváří tak hierarchický systém pro komplexní řešení rozhodovacích problémů. Tento hierarchický rámec zobecňuje a rozšiřuje funkčnost systémů vícekriteriálního rozhodování a umožňuje diferencovanější hodnocení. Na každé úrovni hierarchické struktury zahrnuje Saatyho metoda kvantitativní párová porovnání. Tato subjektivní hodnocení umožňují rozhodovatelům

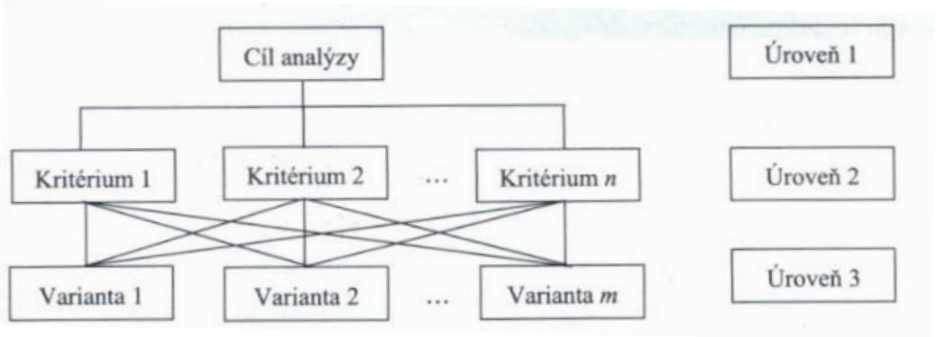
přiřadit jednotlivým složkám číselné hodnoty na základě jejich vnímané důležitosti. Syntézou těchto hodnocení metoda identifikuje komponentu s nejvyšší prioritou a vede rozhodovatele k efektivnímu řešení rozhodovacího problému (Brožová et al., 2003; Jablonský, 2007).

Metoda AHP je použitelná pro jakékoli údaje o preferencích týkajících se vztahů mezi komponentami modelu, pokud uživatelé mohou posoudit směr a intenzitu preferencí mezi každou dvojicí posuzovaných komponent. Základní součásti a fáze metody AHP zahrnují: konstrukci hierarchie problému, provádění párových porovnání prvků na každé hierarchické úrovni a syntézu získaných preferencí s cílem určit nejvýhodnější alternativu (Brožová et al., 2003).

Konstrukce hierarchické struktury problému

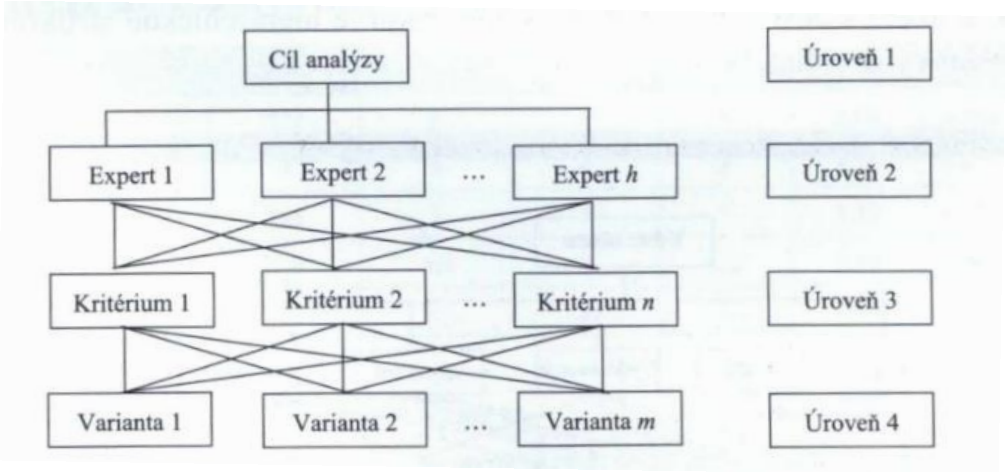
Termín „hierarchická struktura" označuje systém s více úrovněmi, z nichž každá se skládá z několika komponent. Uspořádání těchto úrovní hierarchické struktury se řídí postupem od obecného ke konkrétnímu. Prvky, které jsou v kontextu daného rozhodovacího problému obecnější, zaujímají v hierarchii vyšší úrovně, zatímco ty, které jsou pro daný problém konkrétnější, jsou umístěny níže. Vzájemné působení těchto prvků v rámci hierarchie lze do určité míry kvantifikovat. Na vrcholu hierarchie se nachází jediný prvek definující cíl hodnocení nebo analýzy, jemuž je obvykle přiřazena hodnota jedna, která je pak rozdělena mezi prvky na druhé úrovni. Tento proces rozdělování pokračuje i na dalších nižších úrovních hierarchie, dokud prvky na nejnižší úrovni nedostanou své ocenění (Brožová et al., 2003).

Typický jednoduchý problém vícekriteriální analýzy variant zahrnuje tyto tři úrovně:
- úroveň 1: cíl vyhodnocování, kterým může být například výběr nejlepší varianty nebo uspořádání variant;
- úroveň 2: kritéria vyhodnocování;
- úroveň 3: zvažované varianty, jejichž užitek závisí na vztahu k hodnotícím kritériím na předcházející úrovni (Brožová et al., 2003; Jablonský, 2007).



Obrázek 4: Hierarchická struktura problému úlohy vícekriteriální analýzy variant
Zdroj: Brožová et al., 2003

Složitější úlohy mohou zahrnovat subkritéria mezi kritérii a variantami. Úlohy zahrnující více hodnotitelů mohou obsahovat mezi cílem a kritérii další úroveň pro tyto hodnotitele, jejichž hodnocení (váhy) vyjadřují rozsah jejich znalostí nebo důležitost jejich názorů (Brožová et al., 2003). Ilustrace takové čtyřúrovňové hierarchie je znázorněna na obrázku 5 níže.



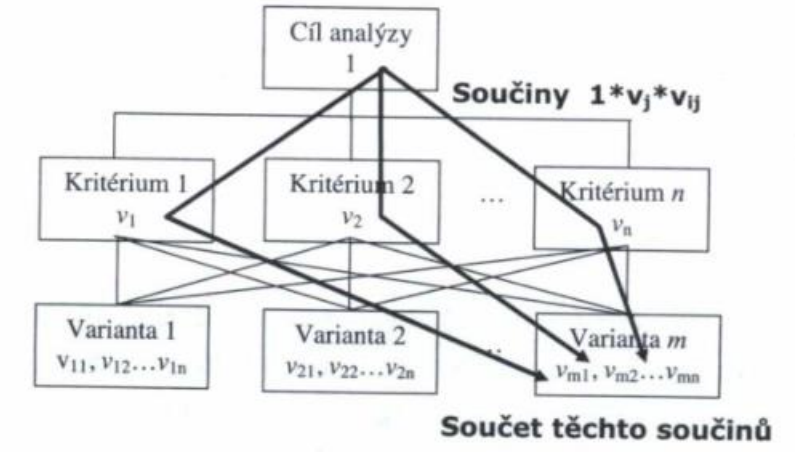
Obrázek 5: Hierarchická struktura pro hodnocení více experty
Zdroj: Brožová et al., 2003

Párové porovnávání prvků v jednotlivých hierarchických úrovních

Nyní se ke stanovení lokálních vah jednotlivých kritérií, subkritérií a dalších prvků na každé úrovni problému použije Saatyho metoda párového porovnávání. Ve scénáři jednoduché tříúrovňové hierarchie (zahrnující jeden cíl, *n* kritérií a *m* variant a_i) vytváří druhá úroveň hierarchie matici párového porovnání o rozměrech *n* * *n*, zatímco třetí úroveň vytváří *n* matic o rozměrech *m* * *m*. Tyto matice usnadňují párové porovnání mezi variantami na základě jednotlivých kritérií (Brožová et al., 2003).

Syntéza získaných preferencí a volba nejvýhodnější alternativy

Lokální preference v rámci hierarchie udávají preference vzhledem k nadřazenému prvku a znázorňují, jak si alternativy rozdělují hodnotu váhy příslušného kritéria. Následně můžeme součtem součinů navazujících preferencí všech kritérií pro každou alternativu určit její pořadí z hlediska všech kritérií. Varianta s nejvyšší syntetickou váhou (preferencí) je pak považována za kompromisní variantu (Brožová et al., 2003). Systéza preferenčních hodnot je znázorněna na obrázku 6 níže.



Obrázek 6: Systéza preferenčních hodnot
Zdroj: Brožová et al., 2003

Hlavní výhodou metody analytického hierarchického procesu je pro rozhodovatele její přístupnost, protože umožňuje vyjádřit preference pomocí verbálních stupnic, a lze ji použít pro řešení široké škály různých rozhodovacích úloh. Její nevýhodou je však závislost na značném množství informací od rozhodovatele (Jablonský, 2007).

3 Nákup a jeho role v organizaci

V teoretických rámcích i praktických aplikacích se nákup ukazuje jako klíčový faktor přispívající k podnikovému triumfu, a to z hlediska strategického a operativního. Zahrnuje spektrum iniciativ zaměřených na zajištění životně důležitých zdrojů a organizaci jejich následného využití v podniku. Nákup lze chápat jako funkci, která má podstatné odpovědnosti v rámci souboru podnikových činností, jako proces, který řídí nakládání s dodávaným zbožím, nebo jako organizační jednotku pověřenou dohledem nad nákupními operacemi (Tomek a Vávrová, 2007).

Zastřešujícím cílem nákupu je pěstovat dlouhodobé vztahy s externími zdroji. Společnost předpokládá, že nákupní funkce bude poskytovat efektivní řešení, optimalizovat dopravu, transakce a související náklady a zároveň zajišťovat rychlé dodávky a vynikající kvalitu. To zahrnuje neustálé hledání dalších možností spolupráce a vzájemnou koordinaci (Tomek a Vávrová, 2007).

3.1 Základní charakteristika pojmu nákup

Nákup je základní podnikovou funkcí, které je svěřena prvořadá odpovědnost za zajištění bezproblémového fungování výrobních i nevýrobních procesů v podniku. Z teoretického hlediska existují dva pohledy na nákup.

Tomek a Hofman (1999) předkládá ucelenou definici nákupu jako souboru činností v podniku. Ta zahrnuje identifikaci potřeb materiálních zdrojů pro podporu cílů podniku, spojenou s jejich nákupem, dopravou, příjmem, distribucí vstupů, řízením zásob, případnými úpravami, jakož i dohledem, kontrolou a řešením reklamací týkajících se kvality vstupů.

Gros (2006) se na pojem nákupu dívá cíleněji a vymezuje jej jako řadu strategických činností, jejichž cílem je zajistit kontinuitu výroby, obchodních operací a dalších organizačních činností. To s sebou nese pořizování základního spektra výrobků, polotovarů, surovin, energií, obalů a dalších. Důraz je přitom kladem na to, aby splňovaly předepsané standardy kvality a byly dodány včas, na správném místě a za optimální cenu.

3.2 Řízení nákupu

Otázky spojené s nákupem a řízením zásob se týkají každého podniku bez ohledu na jeho oblast působnosti - ať už působí ve výrobě, obchodu, službách nebo jako nezisková organizace. Termíny nákup a materiálové hospodářství lze používat zaměnitelně. Neutrální termín "materiál" používáme pro označení předmětu této činnosti, podobně jako v účetních postupech. V kontextu nákupu zahrnuje nejen primární suroviny před zpracováním, ale také různé sestavy, polotovary a hotové výrobky. Kromě toho se nákup může vztahovat na stroje, zařízení, obchodní zboží a služby. Zaměření nákupní činnosti se tedy neomezuje na materiál v užším slova smyslu, ale zahrnuje každý fyzický výrobek a službu, které jsou pro podnik nezbytné a které si podnik nemůže vyrobit vlastními silami a spoléhá se na externí zdroje (Tomek a Vávrová, 2007).

Dle Tomka a Vávrové (2007) nákup představuje dvojí proces zahrnující externí úkoly prováděné na nákupním trhu s cílem zajistit výrobní materiály, zařízení a služby pro interní zákazníky v různých organizačních procesech. To zahrnuje využití nástrojů pro analýzu potřeb, přesnou specifikaci, průzkum a hodnocení dodavatelů, to vše s cílem podpořit trvalé pozitivní vztahy s dodavateli. Současně zahrnuje interní úkoly v rámci podniku, zahrnující plánování množství a termínů spotřeby, řízení zásob, stanovení a optimalizaci množství a termínů dodávek - v podstatě provádění materiálové dispozice. Kromě toho zahrnuje účast na příjmu materiálu na straně vstupu do firmy a jeho následné skladování. Souhrnně lze říci, že úkoly nákupu zahrnují: vyjasnění potřeb, stanovení rozsahu a termínů potřeby, identifikaci dodavatelů, jejich výběr, vytváření objednávek, dohled nad dodávkami a jejich evidenci, řízení skladování, vyskladňování a sledování spotřeby.

Klíčová role oddělení nákupu ve společnosti podtrhuje jeho význam pro efektivní řízení nákupu. Zajištění optimálního fungování tohoto oddělení vyžaduje pečlivé vymezení jeho úkolů, pravomocí, odpovědností a metod, a to jak z hlediska vnitřních vztahů v rámci podniku, tak i vnějších vazeb mimo jeho hranice. Komplexní pochopení a jasné vymezení těchto aspektů je nezbytné pro zefektivnění nákupních procesů, podporu vztahů spolupráce a zvýšení celkové efektivity (Lukoszová, 2004).

Dle Lukoszové (2004) mezi základní cíle nákupu patří:

- uspokojování potřeb podniku prostřednictvím vlastního nákupu,
- minimalizace nákladů,
- zvýšení kvality samotného nákupu,
- zmírnění nákupních rizik,
- zvýšení flexibility nákupu,
- urychlení tempa zadávání zakázek,
- sledování cílů, které jsou v souladu s veřejnými zájmy při zadávání veřejných zakázek.

3.3 Role nákupu v dodavatelském řetězci

V tradičním pojetí nákupu jsou specializovaní pracovníci v rámci oddělení obvykle pověřeni úkolem zajistit včasné pořízení jedné nebo více komodit. Informační vstupy pocházejí z objednávek a dalších sdělení iniciovaných nákupčím, zatímco výstupy zahrnují potvrzení objednávek, dodávky a odpovědi dodavatelů. Složitosti spojené s mezistupni zůstávají pro nákupčí jako odběratele často zahaleny tajemstvím, přičemž dodavatelé zpravidla uplatňují diskrétnost, aby tyto podrobnosti nezveřejňovali externím stranám (Nenadál, 2006).

Podle vyjádření manažerů z globálních organizací zahrnují klíčové faktory úspěchu zejména jakost - schopnost splnit požadavky zákazníků, dodržet zákonné požadavky a uspokojit ostatní zúčastněné strany. Dalším kritickým faktorem je čas, který znamená schopnost plnit požadavky s optimální rychlostí. Dalšími určujícími faktory jsou nákladová efektivita - schopnost rychle splnit požadavky s minimálním využitím zdrojů - a znalosti zaměstnanců, které neodmyslitelně ovlivňují tři předchozí faktory (Nenadál, 2006).

Tento tradiční rámec nákupu v podstatě zahrnuje strukturovanou posloupnost činností řízených interními odděleními a ovlivňovaných vnějšími faktory, které přispívají k celkové efektivitě a úspěšnosti procesu nákupu (Nenadál, 2006).

3.4 Informační technologie pro podporu nákupu

Efektivní nákupní činnosti jsou klíčové pro úspěch organizace a využití informací a technologií může tyto procesy výrazně zlepšit. Vytvořením spolehlivého propojení mezi nákupem, dodavateli a dalšími organizačními funkcemi prostřednictvím

plynulého toku informací mohou podniky zefektivnit své činnosti a zlepšit rozhodování (Červený, 2013).

Začlenění technologické podpory do nákupních operací nabízí řadu výhod, včetně zvýšení efektivity, zrychlení zpracování transakcí, snížení chybovosti a minimalizace závislosti na subjektivních úsudcích. Cílem této technologické integrace je optimalizovat nákupní procesy, zajistit jejich rychlost, přesnost a soulad s cíli organizace (Červený, 2013).

Mnoho společností dnes používá informační systémy ERP (Enterprise resource planning, čes. plánování podnikových zdrojů), které umožňují komplexní řízení jejich provozu. V rámci těchto systémů se specializované moduly zabývají požadavky na nákup a nabízejí funkce přizpůsobené pro zefektivnění pracovních postupů při nákupu. Tyto moduly obvykle usnadňují úlohy, jako je vytváření, schvalování a příjem nákupních objednávek, zpracování dodavatelských faktur, správa dodavatelů a vykazování nákladů (Červený, 2013).

Pokročilé systémy ERP mohou navíc obsahovat další funkce, které dále zlepšují nákupní operace. Tyto funkce mohou zahrnovat předvídání poptávky pro předvídání budoucích potřeb nákupu, elektronickou výměnu dat pro bezproblémovou komunikaci s dodavateli a vícekriteriální nástroje pro hodnocení dodavatelů, které umožňují komplexně posoudit jejich výkonnost (Červený, 2013).

Využitím informací a technologií v nákupních činnostech mohou organizace zvýšit efektivitu, zmírnit rizika a podpořit strategické vztahy s dodavateli, což v konečném důsledku přispívá k celkové provozní dokonalosti a konkurenční výhodě (Červený, 2013).

4 Představení vybrané společnosti

Diplomová práce byla zpracována ve společnosti KNORR-BREMSE Systémy pro užitková vozidla ČR, s.r.o. (dále jen Knorr-Bremse), která je celosvětovým výrobcem brzdových systémů a dalších bezpečnostně důležitých subsystémů pro kolejová a užitková vozidla. Předmětem podnikání společnosti je zajištění bezpečnosti a účinnosti brzdových systémů a souvisejících komponentů v železničních i užitkových vozidlech. Společnost Knorr-Bremse hraje klíčovou roli při poskytování nejmodernějších technologií, které přispívají ke spolehlivosti a výkonnosti dopravních systémů po celém světě.

Společnost Knorr-Bremse AG je globální korporací působící ve více než 30 zemích světa a má zastoupení na více než 100 lokacích po celém světě. Výraz AG znamená Aktiengesellschaft, což je německý výraz pro akciovou společnost. Tato podnikatelská struktura zahrnuje veřejnou nabídku akcií společnosti a jejich obchodování na veřejné burze cenných papírů. Majitelé mají výhodu omezené odpovědnosti na základě své investice. Již více než 115 let si Knorr-Bremse udržuje pozici přední společnosti v oblasti brzd a systémů pro kolejová i užitková vozidla. Společnost je rozdělena do dvou obchodních divizí, kterými jsou Systémy kolejových vozidel a Systémy pro užitková vozidla. V roce 2020 dosáhly obě divize dohromady tržeb přesahujících 6 miliard EUR, v roce 2022 tržby přesáhly 7 miliard EUR. Uvědomujíc si odlišnou povahu těchto oblastí podnikání, společnost je uspořádala do dvou přibližně stejně velkých divizí: KB Systémy kolejových vozidel a KB Systémy pro užitková vozidla. Pro Knorr-Bremse AG pracuje celkem přibližně 31 tisíc zaměstnanců, přičemž většina (přibližně 16 tisíc zaměstnanců) pracuje evropský region, pro region Ásie přibližně 8,5 tisíce zaměstnanců a pro region Severní a Jižní Ameriky přibližně 6,5 tisíce zaměstnanců (Knorr-Bremse, 2023).

Knorr-Bremse disponuje více než 100 lokacemi. Nejstarší a hlavní výrobní závod se nachází v jihoněmeckém Aldersbachu, kde probíhá podstatná část výroby. Druhý největší výrobní závod se nachází v maďarském Kecskemétu. Další výrobní závody se nacházejí ve francouzském Lisieux a ve Velké Británii, kde sídlí převzatá společnost GT Group. Pro tuto práci je zvláště důležitý závod v Liberci v České republice, neboť je na něj zaměřena hlavní pozornost (Knorr-Bremse, 2023).

Každý závod funguje jako samostatný právní subjekt. Právní struktura libereckého subjektu je s.r.o. Jednatelem libereckého závodu je pan Martin Košíček. Společnost Knorr-Bremse Systémy pro užitková vozidla, ČR, s.r.o. přebírá plnou odpovědnost za případné porušení svých závazků, přičemž využívá veškerý svůj majetek (Knorr-Bremse, 2023).

Liberecký závod se skládá ze tří základních budov v průmyslové zóně Liberec Sever. Největší a centrální budova nese název H5 a nachází se v ní sériové výrobní zařízení spolu s technickým a administrativním personálem. Patří sem především odborníci na logistiku, účetnictví, technologie, lidské zdroje, kontrolu kvality, prodej, nákup a vrcholové vedení závodu (Knorr-Bremse, 2023).

K hlavní budově přiléhá budova H7, známá také jako „Reman“. Výraz „Reman“ je odvozen od repasování, které slouží jako hlavní zaměření tohoto závodu. K povinnostem patří získávání starých dílů od poskytovatelů servisních služeb a vrakovišť, posuzování jejich použitelnosti, jejich repasování, pokud je to možné, a následný prodej k dalšímu využití (Knorr-Bremse, 2023).

Nejnovější přístavbou, postavenou v roce 2017, je třetí hala, která je tak nejnovější stavbou Knorr-Bremse Liberec. V této budově jsou umístěny laboratoře oddělení kvality, ale její hlavní funkce se soustřeďuje na skladové provozy (Knorr-Bremse, 2023).

V libereckém centru se nachází další pobočka Knorr-Bremse. Ta však nespadá pod divizi Systémy pro užitková vozidla, ale pod mateřskou společnost Knorr-Bremse AG. Tato pobočka funguje jako Business Service subjekt, který se zaměřuje na poskytování služeb, jako je účetnictví, IT podpora atd. pro všechny ostatní pobočky a závody obou divizí Knorr-Bremse (Knorr-Bremse, 2023).

4.1 Historie a vznik

Společnost Knorr-Bremse GmbH byla založena v roce 1905 Georgem Knorrem v Berlíně ve spolupráci se společností Loewe & Cie AG. Před tímto podnikem se jako majitel firmy Carpenter & Schulze věnoval Georg Knorr přibližně dvanáct let zdokonalování vzduchových brzd pro vlaky. Jeho převratný výsledek práce,

rychlobrzda Knorr, představovala revoluci v brzdovém systému a umožňovala rychlejší a bezpečnější zastavení osobních vlaků, zejména bez obvyklého cukání (Knorr-Bremse, 2023).

Největším úspěchem společnosti Knorr je brzda nákladního vlaku Kunze-Knorr. Při tradičním způsobu brzdění museli brzdaři rozmístění po celé délce vlaku po obdržení signálu od strojvedoucího lokomotivy ručně otáčet kolem, aby se brzdy aktivovaly. Jako výhradní dodavatel těchto moderních brzd pro nákladní vlaky v Německu a dalších evropských zemích hrála společnost Knorr-Bremse GmbH již v roce 1918 klíčovou roli při minimalizaci nehod na železnicích (Knorr-Bremse, 2023).

V roce 1922 si společnost nechala patentovat první pneumatické brzdy pro užitková vozidla. Společnost Knorr-Bremse se v roce 1923 stala průkopníkem v Evropě a vybavila nákladní automobily svými vzduchovými brzdami, které současně přímo ovládaly všechna čtyři kola a zároveň nepřímo brzdily čtyři kola přívěsu. Tato inovace vedla ke zkrácení brzdné dráhy. Na konci 30. let 20. století bylo přibližně 90 % všech německých nákladních vozidel o hmotnosti 7 až 16 tun vybaveno systémy Knorr-Bremse (Knorr-Bremse, 2023).

Po druhé světové válce spadl závod společnosti v Berlíně do sovětského sektoru a v rámci válečných reparací byl kompletně zkonfiskován a demontován. Zaměstnancům se podařilo zachránit pouze několik konstrukčních plánů. V roce 1946 byla společnost Knorr-Bremse GmbH znovu založena ve Volmarsteinu a od roku 1953 bylo její nové sídlo přemístěno do Mnichova (Knorr-Bremse, 2023).

Po rozsáhlém vývoji pod vedením Dr. Ernsta Möllera a Dr. Friedricha Hildebranda byla v roce 1953 představena Standardní Brzda Knorr (KE-Brake). Po obdržení schválení od Mezinárodní železniční unie (UIC) bylo ve více než 40 zemích implementováno téměř 1,3 milionu brzd KE (Knorr-Bremse, 2023). Standardní Brzdu Knorr (KE-Brake) lze vidět na obrázku 7 níže.

Obrázek 7: KE-Brake
Zdroj: Knorr-Bremse, 2023

V roce 1969 na veletrhu IAA (Internationale Automobil Ausstellung, čes. Mezinárodní automobilová výstava) ve Frankfurtu nad Mohanem představila společnost Knorr-Bremse první kotoučovou brzdu určenou pro těžké nákladní vozy, která byla vybavena hydraulicky ovládanou třmenovou brzdou. Mezi lety 1970 až 1980 následně probíhal vývoj systému ABS, který zabraňuje zablokování kol během brzdění a systému ASR, který zabraňuje protáčení hnacích kol. První instalace systému ABS do standardní výbavy nákladních vozidel, vyvinutého ve spolupráci se společností MAN, proběhla v roce 1981. V 80. letech 20. století se společnost Knorr-Bremse stala průkopníkem ve vývoji ovládacího ventilu DB 60, určeného pro nákladní vlaky a díky své americké dceřiné společnosti Knorr Brake Corporation pronikla na americký trh (Knorr-Bremse, 2023).

V roce 1985 se společnost Knorr-Bremse GmbH spojila se společností Süddeutsche Bremsen AG a byla založena společnost Knorr-Bremse AG. Pod vedením Heinze Hermanna Thieleho jako předsedy představenstva byly provedeny rozsáhlé strukturální reformy. Od roku 1988 si rodina Thiele držela 100 % akcií společnosti Knorr-Bremse AG. Heinz Hermann Thiele se stal předsedou dozorčí rady (Knorr-Bremse, 2023). V roce 1989 byl představen systém EBS, který spojuje řízení brzd, ABS a ASR do jednotného elektronického systému. EBS přináší výhody, jako je kratší reakční doba a kratší brzdná dráha, což vede ke zvýšení bezpečnosti (Knorr-Bremse, 2023).

Mezi lety 1993 a 1994 došlo k rozdělení právní struktury společnosti a vytvoření dvou samostatných divizí Železniční a Nákladní vozidla. Tato restrukturalizace znamenala zahájení rychlé mezinárodní expanze a trvalého růstu, který trvá dodnes (Knorr-Bremse, 2023).

Po roce 2000 zahájila společnost Knorr-Bremse AG velkosériovou výrobu pneumaticky ovládaných kotoučových brzd pro užitková vozidla. Akvizice společnosti Bendix, významného amerického výrobce vzduchových brzd a systémů ABS, v roce 2002 zajistila společnosti Knorr-Bremse silnější pozici na americkém trhu. Krátce na to došlo také k akvizici společností Westinghouse, Zelisko, Microelettrica, Merak. Knorr-Bremse se tak stala jednou z předních světových společností v oblasti brzdové techniky (Knorr-Bremse, 2023).

V roce 2014 představila společnost Knorr-Bremse své vlastní patentované brzdové destičky. Založením společného podniku typu Joint Venture s Icer Rail se společnost Knorr-Bremse pustila do výroby brzdových destičekurčených pro vysokorychlostní vlaky. Společnost Knorr-Bremse představila hned několik inovací, včetně nové generace kotoučových brzd, mechatronického systému řízení převodovky, systému pro nastavení výšky přívěsu ovládaného chytrým telefonem a pokročilého vysoce výkonného asistenčního systému pro řidiče. V témže roce získala společnost Knorr-Bremse 100% podíl ve švýcarské společnosti Selectron Systems, která se specializuje na výrobu nejmodernějších technologií pro kontrolu a řízení vlaků. Akvizicí společnosti Kiepe Electric učinila společnost Knorr Bremse v roce 2017 významný krok směrem k elektrifikaci (Knorr-Bremse, 2023).

Heinz Hermann Thiele, dominantní akcionář a dlouholetý předseda představenstva a dozorčí rady společnosti Knorr-Bremse AG, zemřel 23. února 2021 v Mnichově ve věku 79 let. Během více než 35 let se díky jeho podnikatelské prozíravosti proměnila skupina Knorr-Bremse ze středně velké společnosti čelící ekonomickým problémům v ziskovou, celosvětově prosperující korporaci s téměř 30 000 zaměstnanci a ročními tržbami ve výši přibližně 7 miliard EUR (Knorr-Bremse, 2023).

4.2 Mise a poslání společnosti

Misí společnosti je *„zajištění bezpečné a efektivní mobility“*. Jejím cílem je zajištění bezpečné, udržitelné a ekologické mobility na silnicích a železnicích. Společnost chce významně přispět k větší bezpečnosti a efektivitě na silnicích a železnicích - jak pro osobní, tak pro nákladní dopravu. V současné době je skupina Knorr-Bremse se sídlem v Mnichově celosvětovým lídrem v oblasti brzdových systémů a předním dodavatelem bezpečnostně důležitých subsystémů pro kolejová i užitková vozidla (Knorr-Bremse, 2023).

Společnost je považována se za průkopníka ve svém oboru a pomáhá pokroku v oblasti mobility a dopravních technologií. Hluboký vývoj mobility vytváří pro společnost Knorr-Bremse nové perspektivy. Tyto proměny formují klíčové globální trendy, jako je urbanizace, ekologická efektivita, digitalizace, e-mobilita a automatizované řízení. Společnost Knorr Bremse je připravena aktivně přispět k utváření nové éry v oblasti mobility (Knorr-Bremse, 2023).

4.3 Obchodní divize

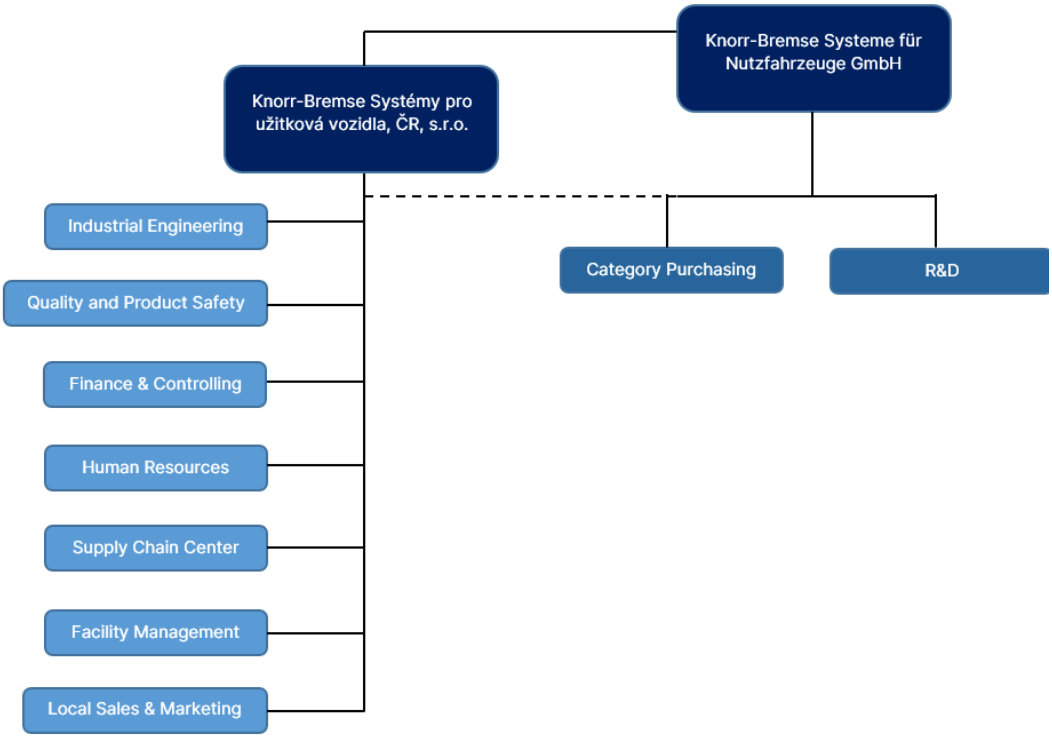
V rámci **divize Systémy kolejových vozidel** vybavuje Knorr-Bremse nejmodernějšími výrobky rozmanitou škálu vozidel hromadné dopravy, včetně vozů metra a lehkých kolejových vozidel, ale i nákladních vlaků, lokomotiv, dálkových osobních vlaků a vysokorychlostních vlaků. Kromě brzdových systémů zahrnuje nabídka produktů také inteligentní vstupní systémy, systémy HVAC (systémy pro řízení komfortní teploty pro cestující v osobních vlacích a metru), systémy pomocného napájení, řídicí komponenty, systémy stěračů čelního skla, asistenční systémy pro strojvedoucí, zařízení elektrické trakce a řídicí techniku. V roce 2022 přesáhly tržby této divize 3,4 miliard EUR (Knorr-Bremse, 2023).

Divize Systémy pro užitková vozidla dodává brzdové systémy pro řadu vozidel, včetně nákladních automobilů, autobusů, přívěsů a zemědělských strojů. V oblasti podvozkových systémů zaujímá společnost Knorr-Bremse významné postavení v oblasti elektronického řízení, asistenčních systémů pro řidiče a systémů pro přívod vzduchu. Další kategorie výrobků zahrnují systémy řízení, systémy související s hnacím ústrojím a tlumiče torzních vibrací určené pro vznětové motory. V roce 2022 přesáhly tržby této divize 3,75 miliard EUR (Knorr-Bremse, 2023).

Společnost Knorr-Bremse AG působí jako mateřská společnost obou korporátních divizí a všech regionálních společností skupiny. Propojené systémy pro kolejová i užitková vozidla se opírají o společné základní technologie, typy součástí a materiály. Společnost Knorr-Bremse využívá rozmanité portfolio patentů, rozsáhlé výzkumné iniciativy a značné zkušenosti, což poskytuje rozsáhlé možnosti přenosu technologií a inovací, nákladové synergie a úspory z rozsahu (Knorr-Bremse, 2023).

4.4 Organizační struktura

V libereckém závodě se nacházejí dva typy oddělení (viz obrázek 8). První typ spadá pod Knorr-Bremse Systémy pro užitková vozidla, ČR, s.r.o. Tato oddělení pracují pro liberecký závod. Základní pracovní náplní je udržování výroby v chodu a rozvoj nových projektů souvisejících s libereckým závodem. Mezi tato oddělení patří: oddělení průmyslového inženýrství, kvality a bezpečnosti výrobků, financí & controllingu, lidských zdrojů, středisko dodavatelských řetězců, správa budovy, prodej a marketing a oddělení výroby. Druhý typ spadá pod společnost Knorr-Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH. Pracovní náplň těchto oddělení se netýká pouze libereckého závodu, ale i všech ostatních evropských poboček Knorr-Bremse. Mezi tato oddělení patří oddělení nákupu a výzkum a vývoj (Knorr-Bremse, 2023).



Obrázek 8: Organizační struktura libereckého závodu
Zdroj: vlastní zpracování dle intranetu Knorr-Bremse

5 Formulace a analýza rozhodovacího problému

V této kapitole budou podrobně popsána jednotlivá kritéria pro rozhodování a představena bude také metodika výběru alternativ. Po tomto podrobném popisu budou stanoveny váhy kritérií pomocí dvou různých metod: bodovací metody a metody Fullerova trojúhelníku. Jakmile budou tyto váhy kritérií stanoveny, bude možné provést důkladné hodnocení alternativ pomocí dvou metodik: metody váženého součtu a metody TOPSIS. Tento mnohostranný přístup umožňuje komplexní analýzu, která zajišťuje dobře informovaný rozhodovací proces. Společnost Knorr-Bremse doposud žádnou z výše jmenovaných metod vícektriteriální analýzy ve svých rozhodovacích procesech nevyužívá, proto oddělení přímého nákupu projevilo zájem o praktickou aplikaci. Společnost hodnotí své dodavatele na základě dat ze zabezpečené, heslem chráněné tabulky v programu MS Excel, která je umístěna ve sdílené složce intranetu firmy.

Hlavním cílem je pečlivě vyhodnotit a určit optimálního dodavatele v rámci kategorie spojovacího materiálu (ang. Fasteners), přičemž dojde k rozdělení dodavatelů do pěti různých skupin podle zeměpisné polohy a typu dodavatele. Toto strategické rozdělení umožňuje komplexní proces hodnocení, který zohledňuje různá kritéria. Určením nejvhodnějšího dodavatele z těchto kategorizovaných skupin umožní zaměstnancům přímého nákupu Knorr-Bremse zefektivnit obchodní úsilí a podpořit dodavatelsko-odběratelské vztahy. Výsledky práce mají za cíl usnadnit cílenou spolupráci a otevřít cestu k hlubšímu zapojení a možnostem vzájemného růstu v rámci konkrétních dodavatelských kategorií. Prostřednictvím takto cílených partnerství může organizace zmírnit rizika a trvale dodávat vysoce kvalitní konečné výrobky.

5.1 Kritéria pro rozhodování

V následující podkapitole jsou představena jednotlivá kritéria, která slouží k následnému hodnocení jednotlivých variant. Vybraná kritéria jsou odvozena ze stanovených cílů a hodnot společnosti a byla vybrána zejména na základě konzultací s vedením zkoumaného podniku a také s odborníky v analyzovaném oddělení přímého nákupu.

ISO 9001 je mezinárodně uznávaným standardem pro řízení kvality, který pomáhá organizacím různých velikostí a odvětví zvyšovat jejich výkonnost, plnit očekávání zákazníků a prokázat oddanost kvalitě. Ustanovení normy ISO 9001 vymezují postupy pro zavedení, implementaci, udržování a neustálé zdokonalování systému řízení kvality. Přijetí normy ISO 9001 znamená, že organizace zavedla účinné procesy a poskytla školení svým zaměstnancům, což zajišťuje trvalé poskytování bezvadných výrobků nebo služeb. ISO 9001 je celosvětově nejpoužívanější normou managementu kvality. Norma ISO 9001 přináší řadu výhod, včetně větší důvěry a spokojenosti zákazníků, řádných procesů řízení kvality, úspory nákladů, zvýšení produktivity a podpory kultury neustálého zlepšování (ISO 9001, 2023).

ISO 14001 je celosvětově uznávanou normou pro systémy environmentálního managementu. Nabízí organizacím strukturu pro plánování, zavádění a trvalé zlepšování jejich environmentálního chování. Dodržování této normy umožňuje organizacím aktivně minimalizovat dopad na životní prostředí, dodržovat příslušné právní požadavky a dosahovat svých environmentálních cílů. Rámec normy ISO 14001 zahrnuje řadu aspektů, včetně využívání zdrojů, nakládání s odpady, monitorování vlivu na životní prostředí a zapojení zainteresovaných stran do environmentálních závazků. Norma ISO 14001 zlepšuje environmentální výkonnost podniku, zajišťuje dodržování předpisů, usnadňuje účinné řízení rizik, vede k úsporám nákladů, podporuje provozní dokonalost a posiluje důvěru zainteresovaných stran a zákazníků (ISO 14001, 2023).

IATF 16949 je celosvětová norma systému řízení kvality přizpůsobená automobilovému průmyslu. Norma IATF 16949 je integrována se strukturou a kritérii normy systému řízení kvality ISO 9001 a zahrnuje specifické požadavky zákazníků z automobilového průmyslu. Byla formulována Mezinárodní pracovní skupinou pro automobilový průmysl (IATF). Certifikace podle této normy vyžaduje ověření nezávislým auditorem třetí strany. Mezi hlavní oblasti, na které se norma IATF 16949 zaměřuje, patří neustálé zlepšování, prevence vad, snižování množství odpadu, bezpečnost výrobků, řízení rizik, plánování nepředvídaných událostí, požadavky na vestavěný software, řízení změn a záruk a řízení subdodavatelů. Registrace podle IATF 16949 je nejen výhodná, ale pro každou společnost, která chce dodávat své výrobky do automobilového průmyslu, i nutná. Organizace certifikované podle této

technické specifikace musí zdokonalit systémy řízení kvality svých dodavatelů s cílem zajistit shodu dodavatele s požadavky IATF 16949 (16949Store, 2023).

PPM-Rate, neboli Parts per Million (dále jen PPM), je v automobilovém průmyslu klíčovým ukazatelem výkonnosti, který se používá k měření kvality. PPM slouží ke kvantifikaci množství vad existujících v procesu nebo produktu v určitém časovém okamžiku. Tato metrika se běžně používá k posouzení míry vad v určitém časovém rámci a lze ji určit vydělením počtu vadných položek celkovým počtem výrobních jednotek (viz vztah 15) a následným vynásobením jedním milionem. PPM pomáhá podnikům při určování a omezování zdrojů plýtvání, zvyšování efektivity a zavádění postupů neustálého zlepšování, které přinášejí podniku dlouhodobé výhody. Díky pochopení této metriky mohou podniky identifikovat cesty ke zlepšení, což zajistí důsledné plnění očekávání zákazníků a dodávání vysoce kvalitních výrobků nebo služeb. Pro ilustraci lze předpokládat, že podnikový proces vyprodukoval 1 000 000 kusů výrobku a po kontrole bylo 338 kusů identifikováno jako vadných. V tomto případě lze PPM vypočítat jako 338/1 000 000, což by znamenalo 338 PPM. Toto číslo lze vyjádřit v procentech, což odpovídá 0,0338 %. Obecně platí, že čím nižší je hodnota PPM, tím účinnější a efektivnější je podnikový proces (Pannell, 2022).

$$PPM\ Rate = \frac{počet\ vadných\ kusů}{celkový\ počet\ vyprodukovaných\ kusů} \tag{15}$$

Delivery Performance (čes. výkonnost dodávek) ve své podstatě měří efektivitu podniku při plnění požadavků na objednávky a dodávání produktů nebo služeb zákazníkům. Úspěch závisí na efektivním plnění úkolů ve stanovených dodacích lhůtách s využitím dostupných zdrojů a technologií. Provozní kapacita zahrnuje zdroje, systémy a nástroje potřebné pro bezproblémové plnění objednávek. Výkonnost dodávek má v řízení dodavatelského řetězce zásadní význam, protože ukazuje schopnost podniku poskytovat zákazníkům včasné a nákladově efektivní dodávky. Toto pochopení umožňuje společnostem zajistit vynikající služby zákazníkům. Delivery Performance lze číselně vyjádřit (viz vztah 16) jako procento objednávek, které byly dodány včas děleno celkovým počtem objednávek (Delivery Performance, 2023).

$$Delivery\ Performance = \frac{počet\ objednávek\ dodaných\ včas}{celkový\ počet\ objednávek} \quad (16)$$

PSA Audit (Product Safety Audit, čes. audit bezpečnosti výrobků) slouží jako systém hodnocení třetí stranou, který hodnotí komponenty z hlediska jejich bezpečnosti a souladu s vyvíjejícími se bezpečnostními předpisy pro automobilový průmysl. PSA certifikace nabízí rámec pro zabezpečení připojených zařízení, od analýzy přes posouzení zabezpečení až po certifikaci. Rámec poskytuje standardizované zdroje, které pomáhají řešit rostoucí roztříštěnost požadavků na internet věcí a zajišťují, že bezpečnost není překážkou při vývoji nových produktů (PSA Certified, 2023).

Norma VDA 6.3, vyvinutá německou asociací automobilového průmyslu, slouží jako rámec pro audit výrobků v rámci výrobního procesu automobilového průmyslu. Jejím hlavním cílem je zaručit, aby výrobci dodávali automobilové komponenty a systémy, které splňují specifická kritéria kvality. Těžiště auditů výrobků podle normy VDA 6.3 spočívá v dohledu a hodnocení procesů ve výrobním prostředí, aby bylo zajištěno trvalé dodávání vysoce kvalitních a spolehlivých výrobků. Tato norma klade důraz na kritické aspekty, včetně řízení kvality, dokumentace, kontrol ve výrobním procesu a také na identifikaci, sledování a řešení příčin produkce vadných dílů. Audity výrobků podle normy VDA 6.3 obvykle provádějí auditoři s odbornými znalostmi z automobilového průmyslu, ať už interní, nebo externí, a zahrnují různé fáze výroby, jako je návrh, vývoj, testování a vlastní výroba výrobku. Zjištění z auditu VDA 6.3 hrají klíčovou roli při hodnocení spolehlivosti dodavatele a zlepšování výrobních procesů. Tato norma, široce přijímaná v automobilovém průmyslu, slouží jako důležitý nástroj pro udržení standardů kvality a bezpečnosti vyráběných výrobků (VDA 6.3 - Audit procesu, 2023).

Product Liability Insurance (čes. pojištění odpovědnosti za výrobek) je druh podnikatelského pojištění, které kryje náklady na soudní poplatky a odškodnění, pokud na firmu některý z jejich zákazníků vznese nárok kvůli vadnému výrobku, který mu firma dodala nebo prodala. Pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou vadou výrobku může uhradit soudní poplatky a náklady na náhradu škody, pokud firmu někdo zažaluje za újmu nebo škodu. Tyto náklady na náhradu škody firma povinna uhradit, pokud prodávané výrobky vyrábí, ale může být odpovědna i v případě, že výrobky nesou pouze jméno firmy nebo pokud je firma opravila či renovovala.

Odpovědnost může firma nést také v případě, že výrobce nelze dohledat, zanikl nebo se nachází mimo EU. Pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou vadou výrobku není zákonným požadavkem, ale v automobilovém průmyslu je velmi důležité (Product Liability Insurance, 2023).

Product Recall Insurance (čes. pojištění pro případ stažení výrobku z trhu) minimalizuje finanční důsledky stažení z trhu v důsledku vadného výrobku. Pojištění stažení výrobku z trhu kryje náklady spojené se stažením výrobku z trhu poté, co byl uvolněn k prodeji. Se stažením výrobku z trhu je spojeno mnoho nákladů, včetně nákladů na dopravu, skladování, likvidaci a doplnění zásob, a pojištění stažení výrobku z trhu tyto náklady kryje. Rizika stahování výrobků z trhu se v průběhu let zvýšila v důsledku přísnějších globálních regulačních pravidel a bezpečnostních požadavků. Pojištění stažení výrobku z trhu zahrnuje zejména krytí nákladů na stažení pojištěných výrobků z trhu (včetně informování zákazníků), výměnu výrobku, související přerušení provozu, obnovení prodeje a služby konzultantů a poradců. V konečném důsledku má pojištění pro případ stažení výrobku z trhu chránit společnosti před finančními ztrátami a úpadkem v důsledku stažení výrobku z trhu (Product Recall Insurance, 2023).

Dependency Rate (čes. míra závislosti) vyjadřuje míru závislosti dodavatele na konkrétní firmě, zde na Knorr-Bremse. Míru závislosti lze vypočítat (viz vztah 17) jako podíl ročního obratu KB a celkového ročního obratu výrobce (dodavatele). Je důležité, aby tato míra byla co nejnižší, s cílem minimalizovat závislost dodavatelů na KB, protože vysoká závislost představuje značné riziko. Za zdravou míru závislosti se považuje maximálně 10 %, zatímco cokoli nad 50 % je považováno za velmi nezdravé. Udržování nízké míry závislosti je nezbytné pro zmírnění rizik spojených s velkou závislostí dodavatelů na KB. Pokud se dodavatel stane vysoce závislým na Knorr-Bremse a narazí na finanční problémy, bude pravděpodobně požadovat „záchranu“ právě od Knorr-Bremse. To zdůrazňuje význam řízení míry závislosti pro zajištění vyváženého a udržitelného vztahu mezi firmou Knorr-Bremse a jejími dodavateli (rozhovor se zaměstnancem přímého nákupu Knorr-Bremse).

$$Dependency\ Rate = \frac{celkový\ roční\ obrat\ Knorr - Bremse}{celkový\ roční\ obrat\ dodavatele} \tag{17}$$

Tržní cena je dynamický ukazatel, který odráží trvalou rovnováhu mezi tím, co jsou spotřebitelé ochotni zaplatit, a tím, co jsou výrobci ochotni akceptovat. Slouží jako klíčový bod, kde se protínají síly nabídky a poptávky a určují ekonomickou hodnotu zboží a služeb na trhu. Tato rovnováha má zásadní význam pro efektivní alokaci zdrojů a slouží jako základ pro různé ekonomické analýzy a rozhodovací procesy. Jak tržní podmínky kolísají, tržní cena se odpovídajícím způsobem přizpůsobuje a zachycuje neustále se měnící prostředí spotřebitelských preferencí, výrobních možností a vnějších vlivů. Pochopení nuancí dynamiky tržních cen je tedy zásadní pro podniky, investory, tvůrce politik i spotřebitele, neboť poskytuje cenné informace o tržních trendech, ziskovosti a ekonomické stabilitě (Mitchell, 2020).

V automobilovém průmyslu je **Sustainability Assessment Score** (čes. Skóre hodnocení udržitelnosti) komplexním hodnotícím nástrojem, který se používá k posouzení výkonnosti dodavatelů z hlediska environmentální, sociální a ekonomické udržitelnosti. Toto skóre zohledňuje různé faktory, jako je uhlíková stopa, spotřeba energie, postupy nakládání s odpady, pracovní podmínky, dodržování lidských práv a iniciativy zapojení komunity. Zkoumáním těchto aspektů mohou odběratelé posoudit celkové postupy udržitelnosti svých dodavatelů a určit oblasti, které je třeba zlepšit. Tento proces hodnocení zahrnuje sběr dat, analýzu dodavatelských postupů a přiřazení číselného nebo kvalitativního hodnocení na základě předem stanovených kritérií udržitelnosti. Začleněním hodnocení udržitelnosti do hodnocení dodavatelů mohou automobilové společnosti upřednostnit partnerství s dodavateli, kteří prokazují závazek k udržitelným postupům. To je nejen v souladu s firemními cíli udržitelnosti, ale také zlepšuje pověst značky a splňuje očekávání spotřebitelů ohledně ekologicky a sociálně odpovědných výrobků (rozhovor se zaměstnancem přímého nákupu Knorr-Bremse).

Financial Risk (čes. Finanční riziko) v kontextu hodnocení dodavatelů v automobilovém průmyslu znamená možnost finanční nestability nebo selhání, které mohou ovlivnit schopnost dodavatele plnit své závazky. Posuzování finančního rizika je pro firmu zásadní pro zajištění spolehlivosti a stability jejich dodavatelského řetězce. Mezi faktory, které přispívají k posouzení finančního rizika, patří analýza finančních výkazů dodavatele, peněžních toků, výše dluhu, ziskovosti, likvidity, úvěrového ratingu a celkového finančního zdraví. Vyhodnocením finančního rizika může daná firma zmírnit dopady platební neschopnosti dodavatele, narušení

dodavatelského řetězce nebo problémů s kvalitou v důsledku finančních omezení. Toto hodnocení pomáhá výrobcům činit informovaná rozhodnutí o výběru a řízení dodavatelů, snižovat pravděpodobnost narušení a zajistit kontinuitu podnikání. Monitorování finančních rizik navíc umožňuje firmám aktivně řešit potenciální problémy, vyjednávat výhodné podmínky a zavádět strategie pro zmírnění rizik, aby zabezpečily svůj provoz a udržely si konkurenceschopnost na trhu (rozhovor se zaměstnancem přímého nákupu Knorr-Bremse).

PAVE (Predictive Approach to Vendor Escalation, čes. Prediktivní přístup k eskalaci dodavatelů) je eskalační a komunikační proces pro hlášení a řešení zjištěných přetrvávajících problémů s kvalitou a/nebo logistikou u dodavatele. Cílem PAVE je dovést všechny dodavatele k přijatelné kvalitě a/nebo logistické výkonnosti. Model je navržen tak, aby problémy s kvalitou a výkonností byly identifikovány co nejdříve a řešeny opatřeními odpovídající úrovně. Proces PAVE je rozdělen do pěti fází, přičemž každá fáze reaguje na stále nepřijatelnější úroveň výkonnosti dodavatele s větším vyčleněním zdrojů ze strany Knorr-Bremse Truck Group a interakcí s dodavatelem. Řídicí výbor PAVE skupiny Knorr-Bremse Truck Group pravidelně přezkoumává stav dodavatelů v rámci PAVE a stanovuje eskalaci směrem nahoru nebo dolů v závislosti na dohodnutého plnění opatření ze strany dodavatele a zlepšování výkonnosti. Jednotlivé úrovně PAVE včetně možných spouštěčů a cílů lze vidět v následující tabulce (tabulka 3).

Tabulka 3: PAVE úrovně

Úroveň	Možné spouštěče	Cíle
PAVE 0	• Žádné otevřené obavy o kvalitu a/nebo logistický výkon	• Nejsou specifikovány
PAVE 1	• Počet oznámení různých problémů • Dodavatelé nedodrželi nebo nepředložili výrobním závodem požadované údaje o způsobilosti • Dodavatelé změní proces bez předchozího oznámení	• Odstranění nevyhovujících dílů, včetně pravidelných kontrol s místními odděleními kvality a logistiky • Náprava problému, který vyvolal činnosti PAVE 1 • Snaha zabránit opětovnému výskytu tohoto problému
PAVE 2	• Opakované případy, jak je vidět v PAVE 1 • Výsledek opakovaného auditu PSA < 50 % • Výsledek opakovaného auditu VDA 6.3 < 80 % • Není dosaženo požadované úrovně služeb	• Stejné cíle jako u PAVE 1 • Zvýšit úroveň informovanosti v rámci řízení dodavatelské základny • Eskalovat na úroveň vedení dodavatele • Vyhnout se riziku selhání výroby
PAVE 3	• Vícenásobné nebo opakované problémy • Selhání nebo nereagování na akce PAVE 1 a 2	• Dlouhodobé, trvalé snížení obavy o kvalitu • Náprava systémových příčin nebo překážek k úspěchu

	• Dodavatel zapojený do zákaznické kampaně • Zastavení výrobní linky Knorr-Bremse z důvodu chybějících nebo špatných dodávek od dodavatele	• Zlepšení dodavatelsko-odběratelských vztahů
PAVE 4	• Žádné zlepšení od PAVE stupeň 3 na základě schváleného akčního plánu	• Chránit Knorr-Bremse a jejich zákazníky během přechodu k novému dodavateli

Zdroj: Vlastní zpracování dle interní normy

Odstranění eskalace v systému PAVE je poměrně jednoduchá záležitost. Jakmile jsou problémy, které způsobily eskalaci ve fázi PAVE dodavatele, uzavřeny a vyřešeny, vrátí se dodavatel zpět do kterékoli fáze PAVE (rozhovor se zaměstnancem přímého nákupu Knorr-Bremse).

Tabulka 4: Přehled kritérií

Kritéria	**Značení**	**Typ kritéria**
Tržní cena	TC	MIN
PPM	PPM	MIN
Míra závislosti	MZ	MIN
PAVE	PAVE	MIN
Finanční riziko	FR	MIN
Výkonnost dodávek	VD	MAX
ISO 9001	ISO 9001	MAX
IATF 16949	IATF 16949	MAX
ISO 14001	ISO 14001	MAX
PSA audit	PSA	MAX
VDA audit	VDA	MAX
Pojištění odpovědnosti za výrobek	POV	MAX
Pojištění pro případ stažení výrobku z trhu	PSV	MAX
Skóre hodnocení udržitelnosti	SHU	MAX

Zdroj: Vlastní zpracování

Výše uvedená tabulka č. 4 poskytuje přehled kritérií určených pro analýzu. Mezi těmito kritérii jsou tržní cena, PPM, míra závislosti, PAVE a finanční riziko považovány za kritéria minimalizační (MIN), přičemž co nejnižší hodnoty jsou považovány za výhodné. Naopak kritéria výkonnost dodávek, ISO 9001, IATF 16949, ISO 14001, PSA audit, VDA audit, pojištění odpovědnosti za výrobek, pojištění pro případ stažení výrobku z trhu a skóre hodnocení udržitelnosti jsou považována za maximalizační kritéria (MAX), přičemž co nejvyšší hodnoty jsou žádoucí. Konkrétní hodnoty přiřazené jednotlivým hodnoceným alternativám podle jednotlivých kritérií budou

shrnuty v podkapitole 6.4 na základě analýzy jednotlivých dodavatelů a informací získaných z interních systémů vybrané společnosti.

5.2 Metodika výběru alternativ

Po rozsáhlých diskusích s týmem přímého nákupu společnosti Knorr-Bremse bylo rozhodnuto zaměřit se na hodnocení kategorie spojovacího materiálu (angl. Fasteners). Tato kategorie byla vybrána pro hodnocení, protože představuje klíčovou součást se značnými finančními dopady. K podrobnému hodnocení byl vybrán díl **K044XXX** vzhledem k jeho významnému vlivu na celkový obrat v segmentu spojovacího materiálu.

Pro zajištění strukturovaného hodnocení byli dodavatelé rozděleni do pěti různých skupin podle zeměpisných oblastí a typů dodavatelů. Tyto kategorie zahrnují: výrobce ze západní Evropy, výrobce ze střední/východní Evropy, distributory z Evropy, výrobce z Číny a výrobce z Indie. Tyto klasifikace byly provedeny ve spolupráci s manažerem přímého nákupu s přihlédnutím k faktorům, jako jsou schopnosti a potenciál dodavatele.

Dále byli do těchto určených kategorií pečlivě zařazeni největší a nejvýznamnější dodavatelé, kteří jsou schopni dodat konkrétní hodnocený díl, a to na základě diskusí a poznatků od vedoucího přímého nákupu. Z důvodu důvěrnosti a ochrany údajů byli dodavatelé v rámci hodnotící dokumentace anonymizováni ve formátu „D+číslo“.

Hodnotící kritéria, která jsou rozhodující pro hodnocení dodavatelů v rámci kategorie spojovacích materiálů, byla pečlivě uspořádána a sestavena ze zabezpečené, heslem chráněné tabulky v programu MS Excel. Tato tabulka je umístěna ve sdílené složce intranetu firmy přístupné výhradně pracovníkům přímého nákupu společnosti Knorr-Bremse, čímž je zajištěna důvěrnost a integrita dat.

Důležitým krokem v procesu hodnocení byl překlad všech relevantních údajů z angličtiny, která slouží jako hlavní firemní jazyk společnosti Knorr-Bremse. Tento překlad zajistil konzistentnost a srozumitelnost analýzy.

5.3 Stanovení vah kritérií

Nejprve bylo nutné stanovit váhy jednotlivých definovaných kritérií, aby bylo možné následně použít vybrané metody vícekriteriálního rozhodování. Pro stanovení vah kritérií byly zvoleny dvě různé metody. Konkrétně pro prosté srovnání byla použita bodovací metoda a pro účel párového srovnání byla zvolena metoda Fullerova trojúhelníku.

5.3.1 Bodovací metoda

Při použití metody prostého srovnání ke stanovení vah kritérií byla použita bodovací metoda. Každé jednotlivé kritérium bylo hodnoceno (viz tabulka 5) na stupnici od 1 do 5, přičemž 1 znamenala „nedůležité“, 2 představovala „málo důležité“, 3 označovala „středně důležité“, 4 představovala „důležité“ a 5 znamenala „vysoce důležité“. Tato hodnocení byla pečlivě přiřazena ve spolupráci s manažerem přímého nákupu společnosti Knorr-Bremse. Jednotlivá kritéria byla na základě konzultace hodnocena na pětibodové stupnici (viz tabulka 5). Výsledné bodové hodnocení a vypočtené váhy kritérií jsou uvedeny v následující tabulce 6.

Tabulka 5: Bodovací metoda - pětibodová stupnice

Stupnice	
1	nedůležité
2	málo důležité
3	středně důležité
4	důležité
5	vysoce důležité

Zdroj: Vlastní zpracování

Výpočet byl proveden podle vztahu č. 1, kdy počet bodů každého kritéria je vydělen celkovým počtem bodů (v tomto případě 50). Výsledné bodové hodnocení a vypočtené váhy kritérií jsou uvedeny v následující tabulce 6.

Tabulka 6: Bodovací metoda - výpočet vah kritérií

Kritéria	**Body**	**Váha**
Tržní cena	4	0,08
PPM	5	0,10
Míra závislosti	1	0,02
PAVE	2	0,04
Finanční riziko	4	0,08
Výkonnost dodávek	3	0,06

ISO 9001	5	0,10
IATF 16949	4	0,08
ISO 14001	3	0,06
PSA audit	4	0,08
VDA audit	3	0,06
Pojištění odpovědnosti za výrobek	5	0,10
Pojištění pro případ stažení výrobku z trhu	4	0,08
Skóre hodnocení udržitelnosti	3	0,06
Suma	**50**	**1,00**

Zdroj: Vlastní zpracování

Nejvyšší bodové hodnocení a tím pádem i nejvyšší váhu získala zejména kritéria jako PPM (Parts per Million), ISO 9001 a Pojištění odpovědnosti za výrobek, což podtrhuje jejich důležitost. Naopak kritériu Míra závislosti byla na základě tohoto metodického přístupu přiřazena nejnižší váha. Výsledné hodnoty vah kritérií byly pro potřeby diplomové práce a dalších výpočtů zaokrouhleny na dvě desetinná místa.

5.3.2 Metoda Fullerova trojúhelníku

Pro stanovení vah kritérií prostřednictvím párového srovnání byla použita metoda Fullerova trojúhelníku. V jejím rámci bylo každé jednotlivé kritérium (viz tabulka 7) metodicky párově porovnáno, ve spolupráci s manažerem přímého nákupu společnosti Knorr-Bremse, aby byla zajištěna přesnost a relevance procesu hodnocení. Zpracování Fullerova trojúhelníku lze vidět níže, viz tabulka 7, kde „Y“ značí jednotlivá kritéria.

Tabulka 7: Metoda Fullerova trojúhelníku - kritéria

Kritéria	
Y1	Tržní cena
Y2	PPM
Y3	Míra závislosti
Y4	PAVE
Y5	Finanční riziko
Y6	Výkonnost dodávek
Y7	ISO 9001
Y8	IATF 16949
Y9	ISO 14001
Y10	PSA audit
Y11	VDA audit
Y12	Pojištění odpovědnosti za výrobek

Y13	Pojištění pro případ stažení výrobku z trhu
Y14	Skóre hodnocení udržitelnosti

Zdroj: Vlastní zpracování

Párové porovnávání pomocí tzv. Fullerova trojúhelníku lze vidět níže v tabulce 8. U každé dvojice prvků je tučně zeleně vyznačen ten prvek, který rozhodovatel považuje za důležitější. V případě, že jsou obě kritéria pro rozhodovatele stejně důležitá, jsou označena obě. Následně byl sečten počet označení u každého kritéria. Párové porovnání bylo pečlivě provedeno ve spolupráci s manažerem přímého nákupu společnosti Knorr-Bremse.

Tabulka 8: Metoda Fullerova trojúhelníku - Fullerův trojúhelník

Y1	**Y1**	**Y1**	**Y1**	**Y1**	Y1	**Y1**	**Y1**	**Y1**	**Y1**	Y1	**Y1**	**Y1**
Y2	Y3	Y4	**Y5**	Y6	**Y7**	**Y8**	Y9	**Y10**	Y11	**Y12**	**Y13**	Y14
	Y2	**Y2**	**Y2**	**Y2**	**Y2**	**Y2**	**Y2**	**Y2**	**Y2**	**Y2**	**Y2**	**Y2**
	Y3	Y4	Y5	Y6	**Y7**	Y8	Y9	Y10	Y11	**Y12**	Y13	Y14
		Y3	Y3	Y3	Y3	Y3	Y3	Y3	Y3	Y3	Y3	Y3
		Y4	**Y5**	**Y6**	**Y7**	**Y8**	**Y9**	**Y10**	**Y11**	**Y12**	**Y13**	**Y14**
			Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4	Y4
			Y5	**Y6**	**Y7**	**Y8**	**Y9**	**Y10**	**Y11**	**Y12**	**Y13**	**Y14**
				Y5	Y5	**Y5**	**Y5**	**Y5**	**Y5**	Y5	**Y5**	**Y5**
				Y6	**Y7**	**Y8**	Y9	**Y10**	Y11	**Y12**	**Y13**	Y14
					Y6	Y6	**Y6**	Y6	**Y6**	Y6	Y6	**Y6**
					Y7	**Y8**	**Y9**	**Y10**	**Y11**	**Y12**	**Y13**	**Y14**
						Y7	**Y7**	**Y7**	**Y7**	**Y7**	**Y7**	**Y7**
						Y8	Y9	Y10	Y11	**Y12**	Y13	Y14
							Y8	**Y8**	**Y8**	Y8	**Y8**	**Y8**
							Y9	**Y10**	Y11	**Y12**	**Y13**	Y14
								Y9	**Y9**	Y9	Y9	**Y9**
								Y10	**Y11**	**Y12**	**Y13**	**Y14**
									Y10	Y10	**Y10**	**Y10**
									Y11	**Y12**	**Y13**	Y14
										Y11	Y11	**Y11**
										Y12	**Y13**	**Y14**
											Y12	**Y12**
											Y13	Y14
												Y13
												Y14

Zdroj: Vlastní zpracování

Pořadí či váhu daného kritéria lze vypočítat podle vztahu č. 3. Výpočet byl proveden podle tohoto vztahu, kdy počet preferencí každého kritéria je vydělen celkovým počtem všech preferencí (v tomto případě 111). Výsledné bodové hodnocení a vypočtené váhy kritérií jsou uvedeny v následující tabulce 9.

Tabulka 9: Metoda Fullerova trojúhelníku - výpočet vah kritérií

Počet označení		**Váha**
Y1	10	0,09
Y2	13	0,12
Y3	1	0,01
Y4	1	0,01
Y5	10	0,09
Y6	5	0,05
Y7	13	0,12
Y8	10	0,09
Y9	5	0,05
Y10	10	0,09
Y11	5	0,05
Y12	13	0,12
Y13	10	0,09
Y14	5	0,05
Suma	**111**	**1,00**

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledný počet označení jednotlivých kritérií a vypočtené váhy kritérií jsou uvedeny v tabulce 8. Nejvyšší počet označení a tedy i nejvyšší váhu získala i v tomto případě kritéria jako PPM (Parts per Million), ISO 9001 a Pojištění odpovědnosti za výrobek. Kritéria Míra závislosti a PAVE získala nejnižší počet označení a byla jim tedy na základě tohoto metodického přístupu přiřazena nejnižší váha.

5.4 Hodnocení alternativ

Ke komplexnímu hodnocení alternativ byly použity dvě metodiky, konkrétně metoda váženého součtu a metoda TOPSIS. Cílem tohoto hodnocení bylo poskytnout podrobnou a komplexní analýzu dostupných variant.

Jak již bylo výše zmíněno, k podrobné analýze byl vybrán díl **K044XXX** vzhledem k jeho významnému vlivu na celkový obrat v segmentu spojovacího materiálu. Vstupní data, která byla dále použita pro účely výpočtů lze vidět na obrázku 9.

	Výrobce západní Evropa	Výrobce střed/východ	Distributor Evropa	Výrobce Čína	Výrobce Indie
	D901151	D912689	D903000	D915011	D922257
Tržní cena	0,0371	0,0306	0,0435	0,0210	0,0336
PPM	0,0123	3076,9365	67,3179	204,9549	0,0100
Míra závislosti	3%	0,26%	5%	1%	1%
PAVE	0	0	0	0	1
Finanční riziko	Nízké riziko	Nízké riziko	Nízké riziko	Minimální riziko	Vysoké riziko
Výkonnost dodávek	93%	85%	52%	83%	99%
ISO 9001	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano
IATF 16949	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano
ISO 14001	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne
PSA audit	87%	89%	69%	53%	52%
VDA audit	89%	92%	96%	53%	52%
Pojištění odpovědnosti za výrobek	10 mio	25 mio	10 mio	2 mio	2 mio
Pojištění pro případ stažení výrobku z trhu	10 mio	10 mio	10 mio	0,5 mio	0,5 mio
Skóre hodnocení udržitelnosti	88%	85%	78%	82%	74%

Obrázek 9: Vstupní data
Zdroj: Vlastní zpracování

Dodavatelé jsou na obrázku č. 9 rozděleni do pěti různých skupin podle zeměpisných oblastí a typů dodavatelů. Z důvodu důvěrnosti a ochrany firemních údajů byli dodavatelé v rámci hodnotící dokumentace anonymizováni ve formátu „D+číslo“.

Tabulka 10: Převod slovních hodnocení na číselné hodnoty

ISO 9001	Ano = 5	Ne = 0
IATF 16949		
ISO 14001		
Finanční riziko	Vysoké riziko	4
	Nadprůměrné riziko	3
	Nízké riziko	2
	Minimální riziko	1

Zdroj: Vlastní zpracování

Výše v tabulce 10 je uveden přehled čtyř kritérií: ISO 9001, IATF 16949, ISO 14001 a finanční riziko, která byla původně vyjádřena slovním hodnocením a později převedena na číselné hodnoty. Tato číselná vyjádření byla následně využita pro výpočty.

5.4.1 Metoda váženého součtu

V této části bude uveden postup výpočtu pomocí metody váženého součtu. K výpočtu bylo přistoupeno dvěma různými způsoby: zaprvé s využitím vah kritérií vypočtených pomocí bodovací metody a zadruhé s využitím vah kritérií vypočtených pomocí metody Fullerova trojúhelníku. Tyto dva přístupy nabízejí komplexní pohled na proces hodnocení a zdůrazňují flexibilitu a přizpůsobivost použité metodiky.

Pro první výpočet byly použity **váhy kritérií výpočtené pomocí bodovací metody** (podrobnosti viz tabulka 6). Níže na obrázku 10 lze najít tabulkové znázornění hodnot přiřazených jednotlivým kritériím. Tabulka na obrázku 10 obsahuje také minimální a maximální hodnoty (posledních dva řádky tabulky) v rámci daného sloupce, což odráží rozsah hodnocení pro dané kritérium. Vypočtená minima a maxima hodnocených kritérií budou použita pro následný výpočet. Tato komplexní analýza poskytuje podrobný pohled na metodiku výpočtu pomocí metody váženého součtu a variabilitu hodnocení kritérií.

Dodavatelé	TC 0,08 MIN	PPM 0,10 MIN	MZ 0,02 MIN	PAVE 0,04 MIN	FR 0,08 MIN	VD 0,06 MAX	ISO 9001 0,10 MAX	IATF 16949 0,08 MAX	ISO 14001 0,06 MAX	PSA 0,08 MAX	VDA 0,06 MAX	POV 0,10 MAX	PSV 0,08 MAX	SHU 0,06 MAX
D901151	0,0371	0,0123	0,0300	0,0000	2,0000	0,9300	5,0000	5,0000	5,0000	0,8700	0,8900	10,0000	10,0000	0,8800
D912689	0,0306	3 076,9365	0,0026	0,0000	2,0000	0,8500	5,0000	0,0000	5,0000	0,8900	0,9200	25,0000	10,0000	0,8500
D903000	0,0435	67,3179	0,0500	0,0000	2,0000	0,5200	5,0000	0,0000	5,0000	0,6900	0,9600	10,0000	10,0000	0,7800
D915011	0,0210	204,9549	0,0100	0,0000	1,0000	0,8300	0,0000	5,0000	5,0000	0,5300	0,5300	2,0000	0,5000	0,8200
D922257	0,0336	0,0100	0,0100	1,0000	4,0000	0,9900	5,0000	5,0000	0,0000	0,5200	0,5200	2,0000	0,5000	0,7400
MIN (D)	0,0210	0,0100	0,0026	0,0000	1,0000	0,5200	0,0000	0,0000	0,0000	0,5200	0,5200	2,0000	0,5000	0,7400
MAX (H)	0,0435	3 076,9365	0,0500	1,0000	4,0000	0,9900	5,0000	5,0000	5,0000	0,8900	0,9600	25,0000	10,0000	0,8800

Obrázek 10: WSA – vstupní data a váhy kritérií vypočtené bodovací metodou
Zdroj: Vlastní zpracování

Níže na obrázku 11 je uvedeno řešení pomocí metody váženého součtu s využitím vah kritérií vypočtených bodovací metodou. Konkrétně je demonstrován také postup výpočtu pro žlutě zvýrazněné hodnoty níže. Je důležité poznamenat, že metodika výpočtu pro zbývající hodnoty v tabulce se řídila stejným přístupem, čímž byla zajištěna konzistence celé analýzy. Tento podrobný rozpis umožňuje jasně pochopit, jak byly váhy bodovací metody začleněny do výpočtů váženého součtu pro každé kritérium. Níže lze vidět transformaci původních kriteriálních hodnot dle vztahů (8) a (9).

Výpočet hodnot pro minimalizační kritéria (modifikovaný vztah 8), níže výpočet pro kritérium N1 (tržní cena):

$$\boldsymbol{r_{ij} = \frac{0,0435 - 0,0371}{0,0435 - 0,0210}} \quad (8)$$

$$\boldsymbol{r_{ij} = 0,2844}$$

Výpočet hodnot pro maximalizační kritéria, níže výpočet pro kritérium N6 (výkonnost dodávek):

$$r_{ij} = \frac{0,9300 - 0,5200}{0,9900 - 0,5200} \quad (8)$$

$$r_{ij} = 0,8723$$

Výpočet posledního sloupce tabulky tj. celkový užitek *i*-té varianty podle *j*-tého kritéria. Pro výpočet byly použity získané váhy z bodovací metody:

$$u(a_i) = 0{,}08 * 0{,}2844 + 0{,}10 * 1{,}0000 + \ldots + 0{,}06 * 1{,}0000 \quad (9)$$

$$u(a_i) = 0{,}8178$$

Transformované hodnoty ukazatelů byly vynásobeny příslušnými vahami a sečteny. Výsledné hodnocení variant je uvedeno v tabulce níže (obrázek 11).

Dodavatelé	N1 0,08 MIN	N2 0,10 MIN	N3 0,02 MIN	N4 0,04 MIN	N5 0,08 MIN	N6 0,06 MAX	N7 0,10 MAX	N8 0,08 MAX	N9 0,06 MAX	N10 0,08 MAX	N11 0,06 MAX	N12 0,10 MAX	N13 0,08 MAX	N14 0,06 MAX	u(ai)
D901151	0,2844	1,0000	0,4219	1,0000	0,6667	0,8723	1,0000	1,0000	1,0000	0,9459	0,8409	0,3478	1,0000	1,0000	0,8178
D912689	0,5733	0,0000	1,0000	1,0000	0,6667	0,7021	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,9091	1,0000	1,0000	0,7857	0,7230
D903000	0,0000	0,9781	0,0000	1,0000	0,6667	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,4595	1,0000	0,3478	1,0000	0,2857	0,5798
D915011	1,0000	0,9334	0,8439	1,0000	1,0000	0,6596	0,0000	1,0000	1,0000	0,0270	0,0227	0,0000	0,0000	0,5714	0,5262
D922257	0,4400	1,0000	0,8439	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3921

Obrázek 11: WSA - normalizovaná kriteriální matice při použití vah kritérií vypočtených bodovací metodou
Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky na obrázku 11 je patrné, že nejlépe hodnocenou variantou je „D901151“, tedy výrobce ze západní Evropy. Následuje „D912689“ výrobce ze střední/východní Evropy a na posledním místě se umístil „D922257“ výrobce z Indie.

Při druhém výpočtu byly použity **váhy kritérií výpočtené pomocí metody Fullerova trojúhelníku** (viz Tabulka 9). Níže na obrázku 12 lze vidět tabulkové znázornění hodnot přiřazených jednotlivým kritériím. Tabulka na obrázku 12 obsahuje také minimální a maximální hodnoty (lze vidět v posledních dvou řádcích tabulky) v rámci daného sloupce, což odráží rozsah hodnocení pro dané kritérium. Vypočtená minima a maxima hodnocených kritérií budou použita pro následný výpočet.

Dodavatelé	TC 0,09 MIN	PPM 0,12 MIN	MZ 0,01 MIN	PAVE 0,01 MIN	FR 0,09 MIN	VD 0,05 MAX	ISO 9001 0,12 MAX	IATF 16949 0,09 MAX	ISO 14001 0,05 MAX	PSA 0,09 MAX	VDA 0,05 MAX	POV 0,12 MAX	PSV 0,09 MAX	SHU 0,05 MAX
D901151	0,0371	0,0123	0,0300	0,0000	2,0000	0,9300	5,0000	5,0000	5,0000	0,8700	0,8900	10,0000	10,0000	0,8800
D912689	0,0306	3 076,9365	0,0026	0,0000	2,0000	0,8500	5,0000	0,0000	5,0000	0,8900	0,9200	25,0000	10,0000	0,8500
D903000	0,0435	67,3179	0,0500	0,0000	2,0000	0,5200	5,0000	0,0000	5,0000	0,6900	0,9600	10,0000	10,0000	0,7800
D915011	0,0210	204,9549	0,0100	0,0000	1,0000	0,8300	0,0000	5,0000	5,0000	0,5300	0,5300	2,0000	0,5000	0,8200
D922257	0,0336	0,0100	0,0100	1,0000	4,0000	0,9900	5,0000	5,0000	0,0000	0,5200	0,5200	2,0000	0,5000	0,7400
MIN (D)	0,0210	0,0100	0,0026	0,0000	1,0000	0,5200	0,0000	0,0000	0,0000	0,5200	0,5200	2,0000	0,5000	0,7400
MAX (H)	0,0435	3 076,9365	0,0500	1,0000	4,0000	0,9900	5,0000	5,0000	5,0000	0,8900	0,9600	25,0000	10,0000	0,8800

Obrázek 12: WSA - vstupní data a váhy kritérií vypočtené metodou Fullerova trojúhelníku
Zdroj: Vlastní zpracování

Níže na obrázku 13 je uvedeno řešení pomocí metody váženého součtu s využitím vah kritérií vypočtených metodou Fullerova trojúhelníku. Konkrétně je demonstrován také postup výpočtu pro žlutě zvýrazněné hodnoty níže. Postup je zde stejný, jako při

použití vah kritérií vypočtených bodovací metodou. Metodika výpočtu pro zbývající hodnoty v tabulce se řídila stejným přístupem, čímž byla zajištěna konzistence celé analýzy. Výpočet posledního sloupce tabulky (váženého součtu) je rozdílný - jsou zde využity váhy kritérií vypočtené metodou Fullerova trojúhelníku. Níže lze vidět transformaci původních kriteriálních hodnot dle vztahů (8) a (9). Výsledné hodnoty jsou stejné jako v případě předchozích výpočtů.

Výpočet posledního sloupce tabulky tj. celkový užitek *i*-té varianty podle *j*-tého kritéria. Pro výpočet byly použity získané váhy za pomoci metody Fullerova trojúhelníku:

$$u(a_i) = 0{,}09 * 0{,}2844 + 0{,}12 * 1{,}0000 + \ldots + 0{,}05 * 1{,}0000 \quad (9)$$

$$u(a_i) = 0{,}8061$$

Transformované hodnoty ukazatelů byly vynásobeny příslušnými vahami a sečteny. Výsledné hodnocení variant je uvedeno v tabulce níže (obrázek 13).

Dodavatelé	N1 0,09 MIN	N2 0,12 MIN	N3 0,01 MIN	N4 0,01 MIN	N5 0,09 MIN	N6 0,05 MAX	N7 0,12 MAX	N8 0,09 MAX	N9 0,05 MAX	N10 0,09 MAX	N11 0,05 MAX	N12 0,12 MAX	N13 0,09 MAX	N14 0,05 MAX	u(ai)
D901151	0,2844	1,0000	0,4219	1,0000	0,6667	0,8723	1,0000	1,0000	1,0000	0,9459	0,8409	0,3478	1,0000	1,0000	0,8061
D912689	0,5733	0,0000	1,0000	1,0000	0,6667	0,7021	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000	0,9091	1,0000	1,0000	0,7857	0,6972
D903000	0,0000	0,9781	0,0000	1,0000	0,6667	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,4595	1,0000	0,3478	1,0000	0,2857	0,5759
D915011	1,0000	0,9334	0,8439	1,0000	1,0000	0,6596	0,0000	1,0000	1,0000	0,0270	0,0227	0,0000	0,0000	0,5714	0,5002
D922257	0,4400	1,0000	0,8439	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4166

Obrázek 13: WSA - normalizovaná kriteriální matice při použití vah kritérií vypočtených metodou Fullerova trojúhelníku
Zdroj: Vlastní zpracování

Z tabulky na obrázku 13 je patrné, že nejlépe hodnocenou variantou je „D901151“, tedy výrobce ze západní Evropy. Následuje „D912689“ výrobce ze střední/východní Evropy a na posledním místě se umístil „D922257“ výrobce z Indie.

V této části byl proveden postup výpočtu pomocí metody váženého součtu. K výpočtu bylo přistoupeno dvěma různými způsoby: s využitím vah kritérií vypočtených pomocí bodovací metody a s využitím vah kritérií vypočtených pomocí metody Fullerova trojúhelníku. Lze pozorovat, že oběma metodami stanovení vah kritérií bylo dosaženo obdobného závěru, tj. že nejlépe hodnocenou variantou je „D901151“ výrobce ze západní Evropy. Následuje „D912689“ výrobce ze střední/východní Evropy a na posledním místě se umístil „D922257“ výrobce z Indie.

5.4.2 Metoda TOPSIS

V této části bude uveden postup výpočtu pomocí metody TOPSIS. K výpočtu bylo přistoupeno dvěma různými způsoby: zaprvé s využitím vah kritérií vypočtených pomocí bodovací metody a zadruhé s využitím vah kritérií vypočtených pomocí metody Fullerova trojúhelníku. Tyto dva přístupy nabízejí komplexní pohled na proces hodnocení a zdůrazňují flexibilitu a přizpůsobivost použité metodiky. Ideální varianta je charakterizována vektorem nejlepších kriteriálních hodnot. Současně je nutné najít variantu nejvzdálenější od bazální varianty, tzn. od varianty reprezentované vektorem nejhorších kriteriálních hodnot.

Pro první výpočet byly použity **váhy kritérií vypočtené pomocí bodovací metody** (viz tabulka 6). Níže na obrázku 14 lze vidět tabulkové znázornění hodnot přiřazených jednotlivým kritériím. Tabulka na obrázku 14 obsahuje také minimální a maximální hodnoty kritérií (viz poslední dva řádky tabulky) v rámci daného sloupce, což odráží rozsah hodnocení pro dané kritérium. Vypočtená minima a maxima hodnocených kritérií budou použita pro následný výpočet. Tato komplexní analýza poskytuje podrobný pohled na metodiku výpočtu pomocí metody TOPSIS a variabilitu hodnocení kritérií.

Dodavatelé	TC 0,08 MIN	PPM 0,10 MIN	MZ 0,02 MIN	PAVE 0,04 MIN	FR 0,08 MIN	VD 0,06 MAX	ISO 9001 0,10 MAX	IATF 16949 0,08 MAX	ISO 14001 0,06 MAX	PSA 0,08 MAX	VDA 0,06 MAX	POV 0,10 MAX	PSV 0,08 MAX	SHU 0,06 MAX
D901151	0,0371	0,0123	0,0300	0,0000	2,0000	0,9300	5,0000	5,0000	5,0000	0,8700	0,8900	10,0000	10,0000	0,8800
D912689	0,0306	3 076,9365	0,0026	0,0000	2,0000	0,8500	5,0000	0,0000	5,0000	0,8900	0,9200	25,0000	10,0000	0,8500
D903000	0,0435	67,3179	0,0500	0,0000	2,0000	0,5200	5,0000	0,0000	5,0000	0,6900	0,9600	10,0000	10,0000	0,7800
D915011	0,0210	204,9549	0,0100	0,0000	1,0000	0,8300	0,0000	5,0000	5,0000	0,5300	0,5300	2,0000	0,5000	0,8200
D922257	0,0336	0,0100	0,0100	1,0000	4,0000	0,9900	5,0000	5,0000	0,0000	0,5200	0,5200	2,0000	0,5000	0,7400
MIN (D)	0,0210	0,0100	0,0026	0,0000	1,0000	0,5200	0,0000	0,0000	0,0000	0,5200	0,5200	2,0000	0,5000	0,7400
MAX (H)	0,0435	3 076,9365	0,0500	1,0000	4,0000	0,9900	5,0000	5,0000	5,0000	0,8900	0,9600	25,0000	10,0000	0,8800

Obrázek 14: Metoda TOPSIS - vstupní data a váhy kritérií vypočtené bodovací metodou
Zdroj: Vlastní zpracování

Metoda TOPSIS vyžaduje, aby všechna kritéria byla maximalizačního typu. Z tohoto důvodu je nutné všechna kritéria minimalizačního typu nejprve transformovat na maximalizační kritéria. Nejjednodušší způsob transformace spočívá v tom, že je stanoveno kritérium udávající rozdíl oproti nejhorší kriteriální hodnotě. Transformaci na maximalizační kritéria (odečítání od nejhorší varianty) lze vidět na obrázku 15.

Dodavatelé	U1M 0,08 MAX	U2M 0,10 MAX	U3M 0,02 MAX	U4M 0,04 MAX	U5M 0,08 MAX	U6 0,06 MAX	U7 0,10 MAX	U8 0,08 MAX	U9 0,06 MAX	U10 0,08 MAX	U11 0,06 MAX	U12 0,10 MAX	U13 0,08 MAX	U14 0,06 MAX
D901151	0,0064	3 076,9242	0,0200	1,0000	2,0000	0,9300	5,0000	5,0000	5,0000	0,8700	0,8900	10,0000	10,0000	0,8800
D912689	0,0129	0,0000	0,0474	1,0000	2,0000	0,8500	5,0000	0,0000	5,0000	0,8900	0,9200	25,0000	10,0000	0,8500
D903000	0,0000	3 009,6186	0,0000	1,0000	2,0000	0,5200	5,0000	0,0000	5,0000	0,6900	0,9600	10,0000	10,0000	0,7800
D915011	0,0225	2 871,9816	0,0400	1,0000	3,0000	0,8300	0,0000	5,0000	5,0000	0,5300	0,5300	2,0000	0,5000	0,8200
D922257	0,0099	3 076,9265	0,0400	0,0000	0,0000	0,9900	5,0000	5,0000	0,0000	0,5200	0,5200	2,0000	0,5000	0,7400

Obrázek 15: Transformace na maximalizační kritéria
Zdroj: Vlastní zpracování

Původní kriteriální hodnoty je nyní nutné transformovat na hodnoty r_{ij} dle vztahu (10). Konkrétně je níže demonstrován postup výpočtu pro žlutě zvýrazněnou hodnotu z obrázku 16. Metodika výpočtu pro zbývající hodnoty v tabulce se řídila stejným přístupem, čímž byla zajištěna konzistence celé analýzy. Níže lze vidět transformaci původních kriteriálních hodnot dle vztahu (10).

Transformace hodnot na hodnoty r_{ij}, pro ukázku uveden výpočet pro R1 (tržní cena):

$$r_{ij} = \frac{0{,}0064}{\sqrt{0{,}0064^2 + 0{,}0129^2 + 0^2 + 0{,}0225^2 + 0{,}0099^2}} \tag{10}$$

$$r_{ij} = 0{,}2246$$

Dodavatelé	R1 0,08 MAX	R2 0,10 MAX	R3 0,02 MAX	R4 0,04 MAX	R5 0,08 MAX	R6 0,06 MAX	R7 0,10 MAX	R8 0,08 MAX	R9 0,06 MAX	R10 0,08 MAX	R11 0,06 MAX	R12 0,10 MAX	R13 0,08 MAX	R14 0,06 MAX
D901151	0,2246	0,5111	0,2616	0,5000	0,4364	0,4952	0,5000	0,5774	0,5000	0,5420	0,5046	0,3465	0,5769	0,4826
D912689	0,4528	0,0000	0,6199	0,5000	0,4364	0,4526	0,5000	0,0000	0,5000	0,5545	0,5216	0,8662	0,5769	0,4661
D903000	0,0000	0,4999	0,0000	0,5000	0,4364	0,2769	0,5000	0,0000	0,5000	0,4299	0,5442	0,3465	0,5769	0,4277
D915011	0,7898	0,4771	0,5231	0,5000	0,6547	0,4420	0,0000	0,5774	0,5000	0,3302	0,3005	0,0693	0,0288	0,4497
D922257	0,3475	0,5111	0,5231	0,0000	0,0000	0,5272	0,5000	0,5774	0,0000	0,3240	0,2948	0,0693	0,0288	0,4058

Obrázek 16: Transformace na hodnoty r_{ij}
Zdroj: Vlastní zpracování

Následně je nutné vypočítat prvky kriteriální matice *W* pomocí vztahu (11). Konkrétně je níže demonstrován postup výpočtu pro žlutě zvýrazněnou hodnotu z obrázku 17. Metodika výpočtu pro zbývající hodnoty v tabulce se řídila stejným přístupem, čímž byla zajištěna konzistence celé analýzy. Transformované proměnné byly vynásobeny vahami kritérií, čímž vznikla kriteriální matice *W*. V matici jsou také vypočteny nejnižší a nejvyšší kriteriální hodnoty, viz poslední dva řádky v tabulce na obrázku 17. Níže lze vidět transformaci původních kriteriálních hodnot dle vztahu (11).

Výpočet prvků normalizované kriteriální matice *W*, pro ukázku uveden výpočet pro W1 (tržní cena):

$$w_{ij} = 0{,}08 * 0{,}2246 \tag{11}$$

$$w_{ij} = 0{,}0180$$

Dodavatelé	W1 0,08	W2 0,10	W3 0,02	W4 0,04	W5 0,08	W6 0,06	W7 0,10	W8 0,08	W9 0,06	W10 0,08	W11 0,06	W12 0,10	W13 0,08	W14 0,06
D901151	0,0180	0,0511	0,0052	0,0200	0,0349	0,0297	0,0500	0,0462	0,0300	0,0434	0,0303	0,0346	0,0461	0,0290
D912689	0,0362	0,0000	0,0124	0,0200	0,0349	0,0272	0,0500	0,0000	0,0300	0,0444	0,0313	0,0866	0,0461	0,0280
D903000	0,0000	0,0500	0,0000	0,0200	0,0349	0,0166	0,0500	0,0000	0,0300	0,0344	0,0327	0,0346	0,0461	0,0257
D915011	0,0632	0,0477	0,0105	0,0200	0,0524	0,0265	0,0000	0,0462	0,0300	0,0264	0,0180	0,0069	0,0023	0,0270
D922257	0,0278	0,0511	0,0105	0,0000	0,0000	0,0316	0,0500	0,0462	0,0000	0,0259	0,0177	0,0069	0,0023	0,0243
IDEAL (MAX)	0,0632	0,0511	0,0124	0,0200	0,0524	0,0316	0,0500	0,0462	0,0300	0,0444	0,0327	0,0866	0,0461	0,0290
BAZAL (MIN)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0166	0,0000	0,0000	0,0000	0,0259	0,0177	0,0069	0,0023	0,0243

Obrázek 17: Prvky kriteriální matice W
Zdroj: Vlastní zpracování

Dále je potřeba vypočíst vzdálenosti od ideální a bazální varianty a v posledním kroku stanovit hodnoty ukazatele c_i. Konkrétně je níže demonstrován postup výpočtu pro žlutě zvýrazněné hodnoty z tabulky 11. Metodika výpočtu pro zbývající hodnoty v tabulce se řídila stejným přístupem, čímž byla zajištěna konzistence celé analýzy. Níže lze vidět výpočet vzdálenosti od ideální a bazální varianty dle vztahů (12) a (13) a stanovení hodnoty ukazatele c_i dle vztahu (14).

Výpočet vzdálenosti jednotlivých variant od ideální varianty a bazální varianty:

$$d_i^+ = \sqrt{(0{,}0180 - 0{,}0632)^2 + (0{,}0511 - 0{,}0511)^2 + \ \dots \ + (0{,}0290 - 0{,}0290)^2} \tag{12}$$

$$d_i^+ = 0{,}0715$$

$$d_i^- = \sqrt{(0{,}0180 - 0)^2 + (0{,}0511 - 0)^2 + \dots + (0{,}0290 - 0{,}0243)^2} \tag{13}$$

$$d_i^- = 0{,}1160$$

Následně je vypočten ukazatel c_i dle vztahu (14) jako relativní vzdálenost variant od bazální varianty. Jednotlivé varianty lze poté uspořádat podle klesajících hodnot tohoto ukazatele.

Výpočet ukazatele c_i jako relativní vzdálenosti každé varianty od bazální varianty (výpočet názorně proveden na příkladu dodavatele D901151):

$$c_i = \frac{0{,}1160}{0{,}0715 + 0{,}1160} \tag{14}$$

$$c_i = 0{,}6187$$

Tabulka 11: Řešení - vzdálenost od ideální a bazální varianty a ukazatel c_i

Dodavatelé	d+	d-	ci
D901151	0,0715	0,1160	0,6187
D912689	0,0762	0,1241	**0,6197**
D903000	0,0981	0,1025	0,5110
D915011	0,1066	0,1125	0,5136
D922257	0,1190	0,0914	0,4344

Zdroj: Vlastní zpracování

Z posledního sloupce tabulky 11 je zřejmé, že nejlépe hodnocenou variantou je „D912689“ výrobce ze střední/východní Evropy, dále následuje „D901151“ výrobce ze západní Evropy a na posledním místě se umístil „D922257“ výrobce z Indie.

Při druhém výpočtu byly použity **váhy kritérií vypočtené pomocí metody Fullerova trojúhelníku** (viz Tabulka 9). Níže na obrázku 18 lze vidět tabulkové znázornění hodnot přiřazených jednotlivým kritériím. Tabulka na obrázku 18 obsahuje také minimální a maximální hodnoty (viz poslední dva řádky tabulky) v rámci daného sloupce, což odráží rozsah hodnocení pro dané kritérium. Vypočtená minima a maxima hodnocených kritérií budou použita pro následný výpočet.

Dodavatelé	TC 0,09 MIN	PPM 0,12 MIN	MZ 0,01 MIN	PAVE 0,01 MIN	FR 0,09 MIN	VD 0,05 MAX	ISO 9001 0,12 MAX	IATF 16949 0,09 MAX	ISO 14001 0,05 MAX	PSA 0,09 MAX	VDA 0,05 MAX	POV 0,12 MAX	PSV 0,09 MAX	SHU 0,05 MAX
D901151	0,0371	0,0123	0,0300	0,0000	2,0000	0,9300	5,0000	5,0000	5,0000	0,8700	0,8900	10,0000	10,0000	0,8800
D912689	0,0306	3 076,9365	0,0026	0,0000	2,0000	0,8500	5,0000	0,0000	5,0000	0,8900	0,9200	25,0000	10,0000	0,8500
D903000	0,0435	67,3179	0,0500	0,0000	2,0000	0,5200	5,0000	0,0000	5,0000	0,6900	0,9600	10,0000	10,0000	0,7800
D915011	0,0210	204,9549	0,0100	0,0000	1,0000	0,8300	0,0000	5,0000	5,0000	0,5300	0,5300	2,0000	0,5000	0,8200
D922257	0,0336	0,0100	0,0100	1,0000	4,0000	0,9900	5,0000	5,0000	0,0000	0,5200	0,5200	2,0000	0,5000	0,7400
MIN (D)	0,0210	0,0100	0,0026	0,0000	1,0000	0,5200	0,0000	0,0000	0,0000	0,5200	0,5200	2,0000	0,5000	0,7400
MAX (H)	0,0435	3 076,9365	0,0500	1,0000	4,0000	0,9900	5,0000	5,0000	5,0000	0,8900	0,9600	25,0000	10,0000	0,8800

Obrázek 18: Metoda TOPSIS - vstupní data a váhy kritérií vypočtené metodou Fullerova trojúhelníku
Zdroj: Vlastní zpracování

Jak již bylo výše v textu zmíněno, metoda TOPSIS vyžaduje, aby všechna kritéria byla maximalizačního typu. Z tohoto důvodu bylo nutné všechna kritéria minimalizačního typu nejprve transformovat na maximalizační kritéria. Transformaci na maximalizační kritéria (odečítání od nejhorší varianty) lze vidět na obrázku 19.

Dodavatelé	U1M 0,09 MAX	U2M 0,12 MAX	U3M 0,01 MAX	U4M 0,01 MAX	U5M 0,09 MAX	U6 0,05 MAX	U7 0,12 MAX	U8 0,09 MAX	U9 0,05 MAX	U10 0,09 MAX	U11 0,05 MAX	U12 0,12 MAX	U13 0,09 MAX	U14 0,05 MAX
D901151	0,0064	3 076,9242	0,0200	1,0000	2,0000	0,9300	5,0000	5,0000	5,0000	0,8700	0,8900	10,0000	10,0000	0,8800
D912689	0,0129	0,0000	0,0474	1,0000	2,0000	0,8500	5,0000	0,0000	5,0000	0,8900	0,9200	25,0000	10,0000	0,8500
D903000	0,0000	3 009,6186	0,0000	1,0000	2,0000	0,5200	5,0000	0,0000	5,0000	0,6900	0,9600	10,0000	10,0000	0,7800
D915011	0,0225	2 871,9816	0,0400	1,0000	3,0000	0,8300	0,0000	5,0000	5,0000	0,5300	0,5300	2,0000	0,5000	0,8200
D922257	0,0099	3 076,9265	0,0400	0,0000	0,0000	0,9900	5,0000	5,0000	0,0000	0,5200	0,5200	2,0000	0,5000	0,7400

Obrázek 19: Transformace na maximalizační kritéria
Zdroj: Vlastní zpracování

Nyní je nutné původní kriteriální hodnoty transformovat na hodnoty r_{ij} dle vztahu (10). Konkrétně je níže demonstrován postup výpočtu pro žlutě zvýrazněnou hodnoty z obrázku 20. Metodika výpočtu pro zbývající hodnoty v tabulce se řídila stejným přístupem, čímž byla zajištěna konzistence celé analýzy. Níže lze vidět transformaci původních kriteriálních hodnot dle vztahu (10).

Transformace hodnot na hodnoty r_{ij}:

$$r_{ij} = \frac{0{,}0064}{\sqrt{0{,}0064^2 + 0{,}0129^2 + 0^2 + 0{,}0225^2 + 0{,}0099^2}} \tag{10}$$

$$r_{ij} = 0{,}2246$$

Dodavatelé	R1 0,09 MAX	R2 0,12 MAX	R3 0,01 MAX	R4 0,01 MAX	R5 0,09 MAX	R6 0,05 MAX	R7 0,12 MAX	R8 0,09 MAX	R9 0,05 MAX	R10 0,09 MAX	R11 0,05 MAX	R12 0,12 MAX	R13 0,09 MAX	R14 0,05 MAX
D901151	0,2246	0,5111	0,2616	0,5000	0,4364	0,4952	0,5000	0,5774	0,5000	0,5420	0,5046	0,3465	0,5769	0,4826
D912689	0,4528	0,0000	0,6199	0,5000	0,4364	0,4526	0,5000	0,0000	0,5000	0,5545	0,5216	0,8662	0,5769	0,4661
D903000	0,0000	0,4999	0,0000	0,5000	0,4364	0,2769	0,5000	0,0000	0,5000	0,4299	0,5442	0,3465	0,5769	0,4277
D915011	0,7898	0,4771	0,5231	0,5000	0,6547	0,4420	0,0000	0,5774	0,5000	0,3302	0,3005	0,0693	0,0288	0,4497
D922257	0,3475	0,5111	0,5231	0,0000	0,0000	0,5272	0,5000	0,5774	0,0000	0,3240	0,2948	0,0693	0,0288	0,4058

Obrázek 20: Transformace na hodnoty r_{ij}
Zdroj: Vlastní zpracování

Následně je nutné vypočítat prvky kriteriální matice *W* pomocí vztahu (11). Konkrétně je níže postup výpočtu demonstrován pro žlutě zvýrazněnou hodnoty z obrázku 21. Metodika výpočtu pro zbývající hodnoty v tabulce se řídila stejným přístupem, čímž byla zajištěna konzistence celé analýzy. Transformované proměnné byly vynásobeny vahami kritérií, čímž vznikla kriteriální matice *W*. V matici jsou také vypočteny nejnižší a nejvyšší kriteriální hodnoty, viz poslední dva řádky v tabulce na obrázku 21. Níže lze vidět transformaci původních kriteriálních hodnot dle vztahu (11).

Výpočet prvků normalizované kriteriální matice *W:*

$$w_{ij} = 0{,}09 * 0{,}2246 \tag{11}$$

$$w_{ij} = 0{,}0202$$

Dodavatelé	W1 0,09	W2 0,12	W3 0,01	W4 0,01	W5 0,09	W6 0,05	W7 0,12	W8 0,09	W9 0,05	W10 0,09	W11 0,05	W12 0,12	W13 0,09	W14 0,05
D901151	0,0202	0,0599	0,0024	0,0045	0,0393	0,0223	0,0586	0,0520	0,0225	0,0488	0,0227	0,0406	0,0520	0,0217
D912689	0,0408	0,0000	0,0056	0,0045	0,0393	0,0204	0,0586	0,0000	0,0225	0,0500	0,0235	0,1014	0,0520	0,0210
D903000	0,0000	0,0586	0,0000	0,0045	0,0393	0,0125	0,0586	0,0000	0,0225	0,0387	0,0245	0,0406	0,0520	0,0193
D915011	0,0712	0,0559	0,0047	0,0045	0,0590	0,0199	0,0000	0,0520	0,0225	0,0297	0,0135	0,0081	0,0026	0,0203
D922257	0,0313	0,0599	0,0047	0,0000	0,0000	0,0237	0,0586	0,0520	0,0000	0,0292	0,0133	0,0081	0,0026	0,0183
IDEAL (MAX)	0,0712	0,0599	0,0056	0,0045	0,0590	0,0237	0,0586	0,0520	0,0225	0,0500	0,0245	0,1014	0,0520	0,0217
BAZAL (MIN)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0125	0,0000	0,0000	0,0000	0,0292	0,0133	0,0081	0,0026	0,0183

Obrázek 21: Prvky kriteriální matice W
Zdroj: Vlastní zpracování

Nyní je třeba vypočíst vzdálenosti od ideální a bazální varianty a v posledním kroku stanovit hodnoty ukazatele c_i. Konkrétně je níže demonstrován postup výpočtu pro žlutě zvýrazněné hodnoty z tabulky 12. Metodika výpočtu pro zbývající hodnoty v tabulce se řídila stejným přístupem, čímž byla zajištěna konzistence celé analýzy. Níže lze vidět výpočet vzdálenosti od ideální a bazální varianty dle vztahů (12) a (13) a stanovení hodnoty ukazatele c_i dle vztahu (14).

Výpočet vzdálenosti jednotlivých variant od ideální varianty a bazální varianty:

$$d_i^+ = \sqrt{(0{,}0202 - 0{,}0712)^2 + (0{,}0599 - 0{,}0599)^2 + \ \ldots \ + (0{,}0217 - 0{,}0217)^2} \quad (12)$$

$$d_i^+ = 0{,}0819$$

$$d_i^- = \sqrt{(0{,}0202 - 0)^2 + (0{,}0599 - 0)^2 + \ \ldots \ + (0{,}0217 - 0{,}0183)^2} \quad (13)$$

$$d_i^- = 0{,}1276$$

Následně je vypočten ukazatel c_i dle vztahu (14) jako relativní vzdálenost variant od bazální varianty. Jednotlivé varianty lze poté uspořádat podle klesajících hodnot tohoto ukazatele.

Výpočet ukazatele c_i jako relativní vzdálenosti každé varianty od bazální varianty:

$$c_i = \frac{0{,}1276}{0{,}0819 + 0{,}1276} \quad (14)$$

$$c_i = 0{,}6092$$

Tabulka 12: Řešení - vzdálenost od ideální a bazální varianty a ukazatel c_i

Dodavatelé	d+	d-	ci
D901151	0,0819	0,1276	0,6092
D912689	0,0872	0,1377	**0,6121**
D903000	0,1102	0,1124	0,5049
D915011	0,1230	0,1224	0,4987
D922257	0,1316	0,1041	0,4418

Zdroj: Vlastní zpracování

Z posledního sloupce tabulky 12 je zřejmé, že nejlépe hodnocenou variantou je „D912689“ výrobce ze střední/východní Evropy, dále následuje „D901151“ výrobce ze západní Evropy a na posledním místě se umístil „D922257“ výrobce z Indie.

V této části byl proveden postup výpočtu pomocí metody TOPSIS. K výpočtu bylo přistoupeno dvěma různými způsoby: s využitím vah kritérií vypočtených pomocí bodovací metody a s využitím vah kritérií vypočtených pomocí metody Fullerova trojúhelníku. Lze pozorovat, že oběma metodami stanovení vah kritérií bylo dosaženo obdobného závěru, tj. že nejlépe hodnocenou variantou je „D912689“ výrobce ze střední/východní Evropy, dále následuje „D901151“ výrobce ze západní Evropy a na posledním místě se umístil „D922257“ výrobce z Indie.

6 Zhodnocení a doporučení

Pro účel vyhodnocení a identifikaci optimálního dodavatele v kategorii spojovacího materiálu byly použity metody váženého součtu a TOPSIS. Metoda Fullerova trojúhelníku a bodovací metoda umožnila stanovení pořadí kritérií a přiřazení jim odpovídajících vah podle jejich důležitosti. Kritéria byla autorkou pečlivě vybrána na základě stanovených cílů a hodnot společnosti, přičemž výběr byl prováděn ve spolupráci s vedením zkoumaného podniku a odborníky z oddělení přímého nákupu.

Mezi kritéria s nejvyšším bodovým hodnocením a tím pádem i nejvyšší váhou patřila kritéria PPM (počet vadných kusů na milion), certifikace ISO 9001 a Pojištění odpovědnosti za výrobek, což naznačuje jejich důležitost pro hodnocení dodavatelů. Na základě těchto výsledků je doporučeno, aby firma při výběru dodavatele věnovala zvláštní pozornost především těmto parametrům. Naopak kritéria Míra závislosti a PAVE získala nižší počet označení a byla jim přiřazena nižší váha podle stanoveného metodického přístupu. Výhoda metod vícekriteriálního rozhodování spočívá mimo jiné také v tom, že lze použít velký počet kritérií.

Nejprve bylo přistoupeno k výpočtu pomocí metody váženého součtu. K výpočtům byly využity váhy kritérií vypočtené pomocí bodovací metody a také váhy kritérií vypočtené metodou Fullerova trojúhelníku. Oběma metodami stanovení vah kritérií bylo dosaženo obdobného závěru. Nejlépe hodnocenou variantou se stal „D901151“ výrobce ze západní Evropy, následovaný „D912689“ výrobcem ze střední/východní Evropy a „D903000“ distributorem z Evropy. Na čtvrtém místě se pomocí výpočtu metody váženého součtu umístil „D915011“ výrobce z Číny a na posledním místě se umístil „D922257“ výrobce z Indie.

Následně byly výpočty provedeny také pomocí metody TOPSIS. Opět bylo postupováno dvěma různými způsoby - s využitím vah kritérií vypočtených bodovací metodou a s využitím vah kritérií vypočtených metodou Fullerova trojúhelníku. Stejně jako u předchozí metody, i zde bylo oběma způsoby stanovení vah kritérií dosaženo podobného závěru. Nejlépe hodnocenou variantou je v tomto případě „D912689“ výrobce ze střední/východní Evropy, následovaný „D901151“ výrobcem ze západní Evropy a „D903000“ distributorem z Evropy. Na čtvrtém místě se pomocí výpočtu

metody TOPSIS umístil „D915011“ výrobce z Číny a na posledním místě se opět umístil „D922257“ výrobce z Indie.

Výsledné porovnání výpočtů pomocí metody váženého součtu a TOPSIS s využitím vah kritérií stanovených bodovací metodou a metodou Fullerova trojúhelníku lze vidět na obrázku 22 níže.

Z dosažených výsledků jednoznačně vyplynulo, že nejlepší volbou a tedy i nejlepším dodavatelem pro díly z kategorie spojovacího materiálu bude pro společnost Knorr-Bremse dodavatel z Evropy, konkrétně výrobce ze západní Evropy nebo výrobce ze střední/východní Evropy.

Dodavatelé		Metoda váženého součtu				Metoda TOPSIS			
		Bodovací		Fuller		Bodovací		Fuller	
		u(ai)	Pořadí	u(ai)	Pořadí	ci	Pořadí	ci	Pořadí
D901151	Výrobce západní Evropa	0,8178	1	0,8061	1	0,6187	2	0,6092	2
D912689	Výrobce střed/východ Evropa	0,7230	2	0,6972	2	0,6197	1	0,6121	1
D903000	Distributor Evropa	0,5798	3	0,5759	3	0,5110	4	0,5049	3
D915011	Výrobce Čína	0,5262	4	0,5002	4	0,5136	3	0,4987	4
D922257	Výrobce Indie	0,3921	5	0,4166	5	0,4344	5	0,4418	5

Obrázek 22: Souhrnná tabulka hodnocení variant
Zdroj: Vlastní zpracování

Hodnocení dodavatelů lze řadit mezi klíčové činnosti procesu nákupu, z tohoto důvodu doporučuje autorka práce věnovat této činnosti zvýšenou pozornost. Společnost Knorr-Bremse doposud ve svém rozhodovacím procesu metody vícekriteriálního hodnocení nevyužívala. Samotné hodnocení a výběr dodavatelů bylo založeno pouze na základě uspořádaných dat ze zabezpečené, heslem chráněné tabulky v programu MS Excel, která je umístěna ve sdílené složce intranetu firmy. Nicméně i tak lze zavedený systém společnosti považovat za uspokojivý. Mezi hlavní přínosy metod vícekriteriální analýzy patří především jejich flexibilita. Pro vyhodnocení získaných údajů lze využít několik metod, které umožní vytvořit konečné pořadí dodavatelů. Koncept vícekriteriální analýzy pracuje s několika kritérii a umožňuje do hodnocení začlenit větší objektivitu. Zavedení metod vícekriteriální analýzy by mělo přispět k celkovému zkvalitnění rozhodovacích procesů týkajících se hodnocení a následného výběru dodavatelů. Takovéto řízení dodávek spočívá v udržování dlouhodobého partnerství s vybranými dodavateli a využívání menšího počtu spolehlivých dodavatelů. Zavedení vícekriteriální analýzy by tak mělo přispět k dosažení vyšší efektivnosti obchodního úsilí a měla by být také zajištěna větší

transparentnost procesu výběru nových dodavatelů. Zlepšením procesu hodnocení a výběru dodavatelů může společnost Knorr-Bremse lépe porozumět výkonnosti dodavatelů a sníží se jí tak zbytečné náklady způsobené nekvalitní činností některých dodavatelů (např. dodatečné kontroly, dodatečné poplatky za dopravu). Finančním přínosem jsou tedy také nižší náklady spojené s řešením problémů plynoucích z nízké kvality některých dodavatelů. Získání přehledu o výkonnosti dodavatelů může Knorr-Bremse pomoci navrhnout účinné strategie a zmírnit obchodní rizika. Tato rizika mohou být finanční a provozní a stupňují se s geografickou vzdáleností.

Pro společnost Knorr-Bremse, která operuje v dnešním dynamickém prostředí je velmi důležitá flexibilita, která umožňuje pružně reagovat na různé situace na trhu a snižovat tak možná rizika.

Zákon Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz (LkSG), obecně známý jako německý zákon o náležité péči v dodavatelském řetězci, nařizuje německým společnostem, které splňují určitá kritéria, provádět náležitou péči týkající se lidských práv, dopadů na životní prostředí a řízení rizik. Tento zákon, který vstoupil v platnost 1. ledna 2023, přiměl společnost Knorr-Bremse, aby se prioritně zaměřila na několik zásadních problémových oblastí, jako jsou například dobré životní podmínky zvířat, únik chemických látek, vykořisťování dětí, dětská práce, odlesňování, diskriminace, porušování lidských práv, problémy v oblasti nakládání s odpady, rostoucí emise a zdravotní a bezpečnostní problémy.

Příležitost k rozšíření rozsahu posuzovaných kritérií u jednotlivých dodavatelů spočívá v začlenění kategorie „ostatních rizik“. Tato rozšířená kategorie má potenciál zahrnout různé dimenze, jako je riziko inflační, logistické, kvalitativní, komunikační a riziko cenové stability. Zohledněním těchto dalších faktorů může Knorr-Bremse získat komplexnější představu o výkonnosti dodavatelů a zmírnit potenciální slabá místa v řízení dodavatelského řetězce. Vyhodnocování rizikových faktorů napříč těmito různorodými oblastmi navíc umožní firmě proaktivně řešit problémy a zvyšovat celkovou odolnost jejich dodavatelských procesů.

Inflační riziko představuje významnou obavu zejména v Evropě, kde je vysoká náchylnost k výkyvům inflace. Inovativní opatření, jako jsou investice do udržitelných postupů, například solárních panelů, však mohou pomoci tyto tlaky zmírnit. Naopak

Čína a Indie nejsou k výkyvům inflace tolik náchylné a představují tak relativně nižší inflační riziko. **Logistické riziko**, zejména v Číně, podtrhly nedávné události v souvislosti s pandemií Covid-19, jako je uzavření hranic. K potenciálnímu narušení dopravy může dojít také různými incidenty v Suezském průplavu. **Kvalitativní rizika** se v jednotlivých světových regionech liší; v Indii k problémům patří absence propracovaných mechanismů kontroly kvality, vyšší počet vadných dílů na milion (PPM) a časté je také riziko záměny materiálů, které firma Knorr-Bremse neschválila. V Indii dochází také častěji k nesplnění technických norem požadovaných Knorr-Bremse. Na druhou stranu se Evropa může pochlubit přísnými opatřeními pro kontrolu kvality, která při výrobě využívají pokročilé technologie, jako jsou kamery a lasery. **Rizika cenové stability** nejsou v Evropě tak velká, naopak v Indii dochází ke zdlouhavému jednání o konečné ceně dílů a následně dochází k velmi častým požadavkům na zvýšení cen. V Indii a Číně převládají také **komunikační rizika**, která jsou způsobena z velké části časovými posuny a jazykovými bariérami, což představuje další výzvy ve vztazích s dodavateli a ve spolupráci.

Autorka práce doporučuje společnosti Knorr-Bremse po určitém časovém intervalu hodnocení provést znovu. Ideální doba je alespoň 1x za rok. Na základě daných trendů na trhu lze případně upravit zohledněná kritéria. Na druhé straně stálý a neměnný počet a struktura kritérií zajistí konzistentnost hodnocení v delší časové řadě. Dané hodnocení tak může být pro společnost Knorr-Bremse cenným nástrojem pro řízení dodavatelsko-odběratelských vztahů. Autorka doporučuje, aby hodnocení prováděl vedoucí pracovník z oddělení přímého nákupu. Mezi nevýhody zavedení vícekriteriální analýzy tak je možné zařadit právě případné náklady na zaškolení zaměstnance pro použití těchto metod.

Otázkou také zůstává, zda dotyčné dodavatele seznámit s výsledkem hodnocení. V současné době společnost Knorr-Bremse výsledky svého hodnocení nezveřejňuje. Autorka práce se domnívá, že zveřejnění výsledků by přispělo k dalšímu rozvoji dodavatelsko-odběratelských vztahů a dodavatel, jehož výsledné hodnocení není uspokojivé, by se případně mohl zaměřit na odstranění zjištěných nedostatků a byl by také motivován k dalšímu zlepšování.

Provedené hodnocení může společnosti Knorr-Bremse sloužit jako univerzální metodický koncept jak vybrat dodavatele vysoké odborné úrovně za ekonomicky nejvýhodnějších možností.

Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo pečlivě vyhodnotit a určit optimálního dodavatele pro díly z kategorie spojovacího materiálu (ang. Fasteners), a to prostřednictvím rozdělení dodavatelů do pěti různých skupin podle jejich zeměpisné polohy a typu. Tento strategický přístup kategorizace umožnil provést komplexní hodnocení, které bere v úvahu různá kritéria. Identifikace nejvhodnějšího dodavatele z těchto skupin pak umožní zaměstnancům přímého nákupu Knorr-Bremse optimalizovat své obchodní úsilí a posílit vztahy s dodavateli. Výsledky práce mají za cíl usnadnit cílenou spolupráci a vytvořit podmínky pro hlubší zapojení a vzájemný růst v rámci jednotlivých dodavatelských kategorií. Tímto způsobem organizace může snížit rizika a zajišťovat trvalé dodávky vysoce kvalitních konečných výrobků prostřednictvím dlouhodobých partnerství.

V teoretické části práce byl uveden úvodní přehled kvantitativních metod používaných v podnikovém managementu a klasifikace těchto disciplín. Následně byl proveden důkladný průzkum a popis teorie vícekriteriálního rozhodování, jehož principy byly dále v práci použity k provedení výpočtů, přičemž je zde uveden také krátký exkurz do historie vícekriteriálního rozhodování. Zvláštní pozornost pak byla věnována vymezení konkrétních metod stanovení vah kritérií a metod vícekriteriálního hodnocení variant, které byly uplatněny při řešení daného problému v této diplomové práci. Poslední úsek teoretické části se věnoval oblasti nákupu a jeho roli v organizaci. Kapitola byla zaměřena na základní principy, které jsou klíčové pro pochopení nákupních procesů v průmyslovém podniku. Tyto principy jsou považovány za nepostradatelné pro usnadnění informovaných manažerských rozhodnutí při výběru vhodných dodavatelů, čímž je zdůrazněna jejich klíčová role v organizačních strategiích nákupu.

Praktická část aplikovala poznatky z teoretické části na konkrétní problém společnosti Knorr-Bremse, která je celosvětovým výrobcem brzdových systémů a dalších bezpečnostně důležitých subsystémů pro kolejová a užitková vozidla. Rozhodovacím problémem této diplomové práce byla identifikace optimálního dodavatele pro díly z kategorie spojovacího materiálu.

Důležitou částí byla kapitola „Formulace a analýza rozhodovacího problému“, ve které byla představena kritéria pro rozhodování. Tato kritéria byla odvozena ze stanovených cílů a hodnot společnosti, především prostřednictvím konzultací s vedením zkoumaného podniku a s odborníky v analyzovaném oddělení přímého nákupu. Byl stanoven ucelený soubor 14 hodnotících kritérií, z nichž každé sloužilo k určení preferenčního pořadí.

Následovalo hodnocení variant a výběr optimální varianty. Proces hodnocení začal stanovením vah kritérií. Tyto váhy byly stanoveny pomocí bodovací metody a metody Fullerova trojúhelníku. Celkový součet kritérií se rovnal jedné, kritéria byla tedy adekvátně normovaná. Po stanovení vah jednotlivých kritérií proběhlo hodnocení alternativ pomocí dvou metodik: metody váženého součtu a metody TOPSIS. V zájmu zachování důvěrnosti a ochrany osobních údajů byli dodavatelé v rámci hodnotící dokumentace anonymizováni a označeni ve formátu "D+číslo". Z výpočtů vyplynuly dvě kategorie dodavatelů, kteří se ze souboru posuzovaných dodavatelů stali optimální volbou. Výsledky jednotlivých výpočtů byly pro lepší přehlednost uvedeny v tabulkách, doplněných vysvětlujícími komentáři.

Struktura jednotlivých kapitol odpovídá jednotlivým fázím rozhodovacího procesu, od identifikace a analýzy rozhodovacího problému přes stanovení souboru kritérií, tvorbu variant rozhodovaní až po jejich vyhodnocení.

Závěr praktické části diplomové práce byl věnován návrhům opatření na zmírnění rizika. Cílem této kapitoly bylo poskytnout společnosti Knorr-Bremse doporučení a návrhy zaměřené na minimalizaci potenciálních rizik, která se mohou vyskytnout během konečného výběru dodavatele a následného procesu dodávek dílů. Pro společnost Knorr-Bremse, která operuje v dnešním dynamickém prostředí je velmi důležitá flexibilita, která umožňuje pružně reagovat a snižovat tak potenciální rizika.

Tato diplomová práce nabízí společnosti Knorr-Bremse cenné poznatky prostřednictvím analytického a procesního přístupu k procesu výběru dodavatele. Slouží jako základní zdroj pro hodnocení a výběr vhodných dodavatelů a zároveň může fungovat jako doplňkový nástroj pro sledování a kontrolu stávajících dodavatelů. Vzhledem k tomu, že praktická zjištění odpovídají původnímu cíli práce, považuje autorka definovaný cíl představený na začátku práce za splněný.

Seznam použité literatury

16949STORE, 2023. IATF 16949. *StandardsStores.com* [online]. [cit. 2023-12-31]. Dostupné z: https://16949store.com/iatf-16949-standards/what-is-iatf-16949/

BROŽOVÁ, Helena; Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT, 2003. *Modely pro vícekriteriální rozhodování*. Praha: Credit. ISBN 978-80-213-1019-3.

ČERVENÝ, Radim, 2013. *Strategie nákupu: krok za krokem*. Praha: C.H. Beck. ISBN 978-80-740-0414-8.

DELIVERY PERFORMANCE, 2023. *Erp-information.com* [online]. [cit. 2024-01-05]. Dostupné z: https://www.erp-information.com/delivery-performance.html

DEWHURST, Frank, 2006. *Quantitative Methods for Business and Management*. 2. vydání. McGraw-Hill Education. ISBN 978-0-07-710902-8.

DUBEY, Umeshkumar; Dwarkadas Pralhaddas KOTHARI a G. K. AWARI, 2017. *Quantitative Techniques in Business, Management and Finance*. USA: CRC Press by Taylor and Francis Group. ISBN 978-1-4987-6946-4.

DUCHOŇ, Bedřich a Jana ŠAFRÁNKOVÁ, 2008. *Management: integrace tvrdých a měkkých prvků řízení*. Praha: C.H. Beck. ISBN 978-80-7400-003-4.

FÁBRY, Jan, 2011. *Matematické modelování*. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-7431-066-9.

FIALA, Petr a Miroslav MAŇAS, 1994. *Vícekriteriální rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická. ISBN 80-707-9748-7.

FOOTE, Keith D., 2021. Making Business Decisions with Mathematical Optimization. *Dataverdity.net* [online]. 2021. [cit. 2024-02-10]. Dostupné z: https://www.dataversity.net/making-business-decisions-with-mathematical-optimization/

FOTR, Jiří a Jiří DĚDINA, 1997. *Manažerské rozhodování*. Praha: Ekopress. ISBN 80-901-9917-8.

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

GROS, Ivan a Stanislava GROSOVÁ, 2006. *Tajemství moderního nákupu*. Praha: VŠCHT. ISBN 80-708-0598-6.

HO, William a Xiaowei XU, 2010. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *ScienceDirect.com* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221709003403.

ISO 14001, 2023. ISO. *ISO.org* [online]. [cit. 2023-12-30]. Dostupné z: https://www.iso.org/standard/60857.html

ISO 9001, 2023. ISO. *ISO.org* [online]. [cit. 2023-12-30]. Dostupné z: https://www.iso.org/standard/62085.html

JABLONSKÝ, Josef, 2007. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN 978-80-86946-44-3.

KASHID, Udaykumar S.; Archana U. KASHID a Saurabh N. MEHTA, 2021. A Review of Mathematical Multi-Criteria Decision Models With a Case Study. *SSRN.com* [online]. [cit. 2024-01-31]. Dostupné z: http://ijrar.com/uploads/conference/ijrar_47.pdf. ISSN 2348–1269.

KECHAGIAS, Evripidis; Sotiris GAYIALIS; Grigorios D. KONSTANTAKOPOULOS a Georgios PAPADOPOULOS, 2020. An Application of a Multi-Criteria Approach for the Development of a Process Reference Model for Supply Chain Operations. *MDPI.com* [online]. [cit. 2024-03-06]. Dostupné z: https://www.mdpi.com/2071-1050/12/14/5791.

KNORR-BREMSE, 2023. Business Divisions. *Knorr-Bremse* [online]. [cit. 2023-12-28]. Dostupné z: https://www.knorr-bremse.com/en/

KNORR-BREMSE, 2023. History. *Knorr-Bremse* [online]. [cit. 2023-12-27]. Dostupné z: https://www.knorr-bremse.com/en/

KNORR-BREMSE, 2023. Knorr-Bremse v České republice. *Knorr-Bremse* [online]. [cit. 2023-12-26]. Dostupné z: https://www.knorr-bremse.cz/cz/group/kbinczechrepublic/knorrbremse_cz.jsp

KNORR-BREMSE, 2023. Mission. *Knorr-Bremse* [online]. [cit. 2023-12-28]. Dostupné z: https://www.knorr-bremse.com/en/

KÖKSALAN, Murat; Jyrki WALLENIUS a Stanley ZIONTS, 2011. *Multiple Criteria Decision Making: From Early History to the 21st Century*. USA: World Scientific Publishing Co. Pte. ISBN 978-981-4335-58-4.

LUKOSZOVÁ, Xenie, 2004. *Nákup a jeho řízení*. Brno: Computer Press. ISBN 80-251-0174-6.

MITCHELL, Cory, 2020. Market Price: Definition, Meaning, How To Determine, and Example [online]. Investopedia.com [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: https://www.investopedia.com/terms/m/market-price.asp

MARKGRAF, Bert, 2022. *Application of Simulation by Managers of Business Organizations* [online]. Smallbusiness.chron.com [cit. 2024-03-16]. Dostupné z: https://smallbusiness.chron.com/application-simulation-managers-business-organizations-81404.html

MAZUREK, Jiri, 2023. *Advances in Pairwise Comparisons*. Springer Nature Switzerland. ISBN 978-3-031-23883-3.

Multi-criteria decision analysis, 2024. *1000minds.com* [online]. [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: https://www.1000minds.com/decision-making/what-is-mcdm-mcda

Multiple criteria decision analysis, 2023. *Indeed.com* [online]. [cit. 2024-03-06]. Dostupné z: https://www.indeed.com/career-advice/career-development/multiple-criteria

NENADÁL, Jaroslav, 2006. *Management partnerství s dodavateli: nové perspektivy firemního nakupování*. Praha: Management Press. ISBN 80-726-1152-6.

PANNELL, Reagan, 2022. Parts Per Million. *LEANSCAPE.io* [online]. [cit. 2023-12-30]. Dostupné z: https://leanscape.io/what-is-ppm-parts-per-million-in-lean-six-sigma/

PAVAN, Manuela a Roberto TODESCHINI, 2009. Multicriteria Decision-Making Methods. *ScienceDirect.com* [online]. [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/B978-044452701-1.00038-7

PLEVNÝ, Miroslav a Miroslav ŽIŽKA, 2010. *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. Vyd. 2. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni.
ISBN 978-80-7043-933-3.

Product liability insurance, 2023. *Simplybusiness.co.uk* [online]. [cit. 2024-01-22]. Dostupné z: https://www.simplybusiness.co.uk/insurance/faq/what-is-product-liability-insurance/

Product recall insurance, 2023. *Eurovalley.cz* [online]. [cit. 2024-01-22]. Dostupné z: https://www.eurovalley.cz/en/pojisteni/financial-risk-insurance/product-recall-insurance

PSA Certified, 2023. *PSA Certified* [online]. [cit. 2024-01-21]. Dostupné z: https://www.psacertified.org/blog/automotive-security-certification-overview/

ROY, Bernard, 1990. *Decision-aid and decision-making*. European Journal of Operational Research. ISBN 45:324-331.

TAHERDOOST, Hamed a Mitra MADANCHIAN, 2023. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts. *MDPI.com* [online]. [cit. 2024-03-16]. Dostupné z: https://www.mdpi.com/2673-8392/3/1/6

TAHRIRI, Farzad, Mohd Rasid OSMAN, Aidy ALI a Rosnah Rosnah Mohd. YUSUFF, 2008. A review of supplier selection methods in manufacturing industries. *ResearchGate.net* [online]. [cit. 2024-03-16]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/242282372_A_review_of_supplier_selection_methods_in_manufacturing_industries

THAKKAR, Jitesh J., 2021. *Multi-Criteria Decision Making*. Vadodara, Gujarat, India: Springer. ISBN 978-981-33-4744-1.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2007. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-1479-0.

TOMEK, Jan a Jiří HOFMAN, 1999. *Moderní řízení nákupu podniku*. Praha: Management Press. ISBN 80-859-4373-5.

VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA, 2013. *Podnikové řízení*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-802-4746-425.

VDA 6.3 - Audit procesu, 2023. *Technickenormy.cz* [online]. [cit. 2024-01-22]. Dostupné z: https://www.technickenormy.cz/vda-6-3/

VERMA, Gaurav; Khalil SHARMA a Arezoo GHAZANFARI, 2017. *The Role of Quantitative Techniques in Business and Management*. J. Hum. Ins. DOI: 10.22034/JHI.2017.59559

ZOPOUNIDIS, Constantin a Panos M. PARDALOS, 2010. *Handbook of Multi-Criteria Analysis*. Germany: Springer. ISBN 978-3-540-92827-0.