

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: P2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301V007 Průmyslové inženýrství a management

DISERTAČNÍ PRÁCE

Plánování výrobních a logistických činností v síti
podniků

Autor: **Ing. Antonín Miller**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě disertační práci zpracovanou na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci na téma:

Plánování výrobních a logistických činností v síti podniků

vypracoval samostatně, pod odborným dohledem školitele a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této práce.

V Plzni dne: 31. 8. 2015

.....
podpis autora

UPOZORNĚNÍ

Podle Zákona o právu autorském. č. 35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské/diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

PODĚKOVÁNÍ

Především děkuji doc. Ing. Michalu Šimonovi, Ph.D., za poskytnuté rady a vstřícný přístup při tvorbě této práce. Dále děkuji za odborné rady doc. Ing. Janě Kleinové, CSc. a doc. Ing. Zdenku Ulrychovi, Ph.D. A také děkuji všem, co mne podpořili či mi jakýmkoli způsobem pomohli při tvorbě této práce.

ANOTAČNÍ LIST DISERTAČNÍ PRÁCE

AUTOR	Příjmení (včetně titulů) Ing. Miller	Jméno Antonín
STUDIJNÍ OBOR	2301V007 „Průmyslové inženýrství a management“	
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Jméno Michal
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST – KPV	
DRUH PRÁCE	DISERTAČNÍ	
NÁZEV PRÁCE	Plánování výrobních a logistických činností v síti podniků	

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	136	TEXTOVÁ ČÁST	131	GRAFICKÁ ČÁST	5
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Cílem této disertační práce je vytvořit metodiku pro výběr nejvýhodnější varianty výroby v síti podniků z multikriteriálního hlediska (čas, náklady, využití pracovišť), respektive metodiku plánu výrobních a logistických činností v síti podniků, která v sobě zohledňuje spolupráci na výrobních procesech a s tím nutně spojené mezipodnikové logistické operace.</p> <p>Práce je rozdělena do několika částí. Úvodní část je zaměřena na teoretické poznatky s oblastí síťových organizací, mezipodnikové logistiky a plánování výroby, které slouží jako základ pro další postup. V další části je ověření základních předpokladů pomocí simulačního modelu, kde je testováno, zda je možné pomocí variantních toků materiálu technologických postupů vytvořit takový plán výroby, který bude dle zadaných kritérií nejvýhodnější.</p> <p>Hlavní část práce je zaměřena na samotnou tvorbu metodiky plánování výrobních a logistických činností v síti podniků. Ta je rozdělena do tří základních částí. Přípravná část v sobě zahrnuje sběr dat a jejich zpracování. Na tuto část navazuje prováděcí část, která obsahuje především tvorbu variantního toku materiálu zakázek a tvorbu variantního plánu výrobních a logistických činností v síti podniků. Poslední částí je hodnotící část, kdy je možné hodnotit jednotlivé varianty plánu výroby. Tato metodika je navržena tak, aby bylo možné varianty vzniklé pomocí metodiky hodnotit z multikriteriálního hlediska.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA	Síťové podnikání, logistika, logistické metody, simulace, plánování, náklady, průběžná doba výroby, kapacita

SUMMARY OF Ph.D. THESIS

AUTHOR	Surname Ing. Miller	Name Antonín		
FIELD OF STUDY	2301V007 „Industrial Engineering and Management“			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Name Michal		
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV			
TYPE OF WORK	Ph.D. THESIS			
TITLE OF THE WORK	Manufacturing and logistics operations planning in the network of enterprises			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	136	TEXT PART	131	GRAPHICAL PART	5
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The main aim of this dissertation thesis is to develop a methodology for selection of the most advantageous production variant in the network of enterprises and this mainly from multi-perspective (time, cost, workplaces utilization), or the methodology of manufacturing and logistics operations plan in a network of enterprises, which reflects the collaboration on the production processes and thus necessarily related intercompany logistics operations.</p> <p>The thesis is divided into several parts. The first part is focused on theoretical knowledge in networking organizations, inter-company logistics and production planning, which serve as a basis for further action. The next part focuses on verification of the basic assumptions using a simulation model, which tests whether it is possible to use alternative methods of material flow technology, to create such a production plan that will best match given criteria.</p> <p>The main part is focused on the planning methodology of manufacturing and logistics operations in the corporate network elaboration itself. It is divided into three parts. Preparatory part includes data collection and processing. This part is followed by operational part, which includes primarily the creation of a materials procurement variant flow and the creation of variants of the production and logistics activities plan in the enterprise network. The last part is the evaluation part, when it is possible to evaluate the various options of the production plan. This method is designed to allow evaluation of the multi-criteria perspective of possible variants resulting from using a methodology.</p>
KEY WORDS	Spatial arrangement, manufacturing layout, material flows, costs, quality, time, economy

KURZFASSUNG

AUTOR	Nachname Ing. Miller	Vorname Antonín
STUDIENFACH	2301V007 „Industrielle Engineering und Management“	
ARBEITSLEITER	Nachname doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Vorname Michal
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV	
ARBEITSTYPE	DISSERTATION	
TITEL	Planung der Herstell- und Logistiktätigkeiten in den Gesellschaftsnetzwerken	

FAKULTÄT	MASCHINENBAU	LEHRSTUHL	KPV	ABGEGEBEN	2015
-----------------	--------------	------------------	-----	------------------	------

SEITENZAHL (A4 und äq. A4)

TOTAL	136	TEXTTEILE	131	GRAPH. TEILE	5
--------------	-----	------------------	-----	---------------------	---

KURTZBESCHREIBUNG	<p>Das Ziel dieser Dissertationsarbeit ist die Methodik für die Auswahl der günstigsten Herstellungsvariante im Gesellschaftsnetzwerk mit der Hinsicht auf die multikulturelle Seite (Zeit, Kosten, Arbeitsplatznutzung), bzw. die Methodik für das Plan der Herstell- und Logistiktätigkeiten im Gesellschaftsnetzwerk, die in sich die Zusammenarbeit an den Herstellprozessen und damit verbundenen zwischengesellschaftlichen logistischen Tätigkeiten berücksichtigt, zu erstellen.</p> <p>Die Arbeit ist in mehrere Teile geteilt. In der Einleitung sind die theoretischen Ansätze und Erkenntnisse über die Netzwerkgesellschaften, zwischengesellschaftliche Logistik und Herstellplanung beschrieben, die als Ansatzpunkte für den weiteren Vorgang dienen. Im weiteren Teil ist die Bewertung der Grundansätze mit Hilfe vom Simulationsmodell, es wird hier getestet, ob die Planherstellung, des laut den angegebenen Kriterien am günstigsten Plans, mit Hilfe von varianten Materialflüssen der technologischen Vorgängen möglich ist.</p> <p>Hauptteil der Arbeit beschäftigt sich mit der Herstellung der Methodik für Herstell- und Logistiktätigkeiten in der Netzwerkgesellschaft. Dieser Teil ist in drei Teile geteilt. Der Vorbereitungsteil beinhaltet das Datenansammeln und deren Bearbeitung. An diesen Teil knüpft ein Durchführungsteil, der vor allem die Herstellung des varianten Materialflusses im Plan der Herstell- und Logistiktätigkeiten im Gesellschaftsnetzwerk beinhaltet. Im letzten Teil ist ein Bewertungsteil, um die entstandenen Varianten, die mit Hilfe von dieser Methodik entstanden sind, aus der Sicht der multikulturellen Kriterien, bewerten zu können.</p>
SCHLÜSSELWÖRTER	Netzwerkunternehmen, Logistik, Logistische Methoden. Simulation, Planung, Kosten, Herstellungszeit, Kapazität

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK	11
PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	12
ÚVOD	14
1 SÍŤOVÉ PODNIKÁNÍ	15
1.1 KLASTR A JEHO PŘÍNOSY	15
1.2 DRUHY KLASTRŮ	17
1.2.1 Vertikální klastr.....	17
1.2.2 Horizontální klastr.....	18
2 MEZIPODNIKOVÁ LOGISTIKA	19
2.1 MEZIPODNIKOVÁ PŘEPRAVA.....	20
2.2 LOGISTICKÉ NÁKLADY.....	21
3 METODY HODNOCENÍ VARIANT DOPRAVY	23
3.1 MATEMATICKÉ A GRAFICKÉ METODY	24
3.2 SIMULAČNÍ METODY	30
3.3 VYHODNOCENÍ POPISOVANÝCH METOD	31
4 CHARAKTERISTIKA VÝROBY	33
4.1 ČLENĚNÍ VÝROBY	33
4.2 PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	33
4.3 OPERATIVNÍ PLÁNOVÁNÍ VÝROBY	34
5 SHRUTÍ POZNATKŮ	36
6 CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	38
7 POUŽITÉ VĚDECKÉ METODY	39
8 POSTUP PŘI ZPRACOVÁNÍ DISERTAČNÍ PRÁCE	42
9 PŘÍPADOVÁ STUDIE: OPTIMALIZACE VARIANTNÍHO ROZVRHOVÁNÍ VÝROBY POMOCÍ SIMULACE	43
9.1 DEFINICE ZADÁNÍ MODELU VÝROBY.....	43
9.2 POSTUP TVORBY MODELU.....	45
9.2.1 Zjednodušený model výroby	45
9.2.2 Kompletní model výroby.....	47
9.3 ZÁVĚR	48
9.3.1 Vyhodnocení modelu.....	48
9.3.2 Návrhy na rozšíření modelu	51
10 METODIKA PLÁNOVÁNÍ VÝROBNÍCH A LOGISTICKÝCH ČINNOSTÍ V SÍTI PODNIKŮ	52
10.1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRO NÁVRH METODIKY	52
10.2 NÁVRH METODIKY	56
10.2.1 Přípravná část	60
10.2.2 Prováděcí část	67
10.2.3 Hodnotící část.....	80

10.3	STANOVENÍ KONKRÉTNÍCH KRITÉRIÍ A KRITERIÁLNÍ ROVNICE.....	85
11	OVĚŘENÍ NAVRHOVANÉ METODIKY.....	98
11.1	PŘÍPRAVNÁ ČÁST.....	98
11.2	PROVÁDĚCÍ ČÁST.....	103
11.3	HODNOTÍCÍ ČÁST.....	108
11.4	VYHODNOCENÍ OVĚŘENÍ NAVRHOVANÉ METODIKY.....	113
12	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A VERIFIKACE HYPOTÉZ DISERTAČNÍ PRÁCE	114
13	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	115
14	PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE	116
14.1	PŘÍNOSY PRO TEORII.....	116
14.2	PŘÍNOSY PRO PRAXI.....	117
14.3	MOŽNOSTI NAVAZUJÍCÍHO VÝZKUMU.....	118
ZÁVĚR		120
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		121
PŘEHLED PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI		124
PŘÍLOHY		128

Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Důležité aktivity vykonávané v síti podniků – průzkum 1	16
Obrázek 1-2 Důležité aktivity vykonávané v síti podniků – průzkum 2	16
Obrázek 1-3 Zjednodušený model vertikální kooperace [zdroj autor]	17
Obrázek 1-4 Zjednodušený model horizontální kooperace [zdroj autor]	18
Obrázek 2-1 Základní rozdělení logistiky [22]	20
Obrázek 3-1 Příklad optimálního spojení míst [8]	24
Obrázek 3-2 Příklad nalezení nejkratších cest mezi uzlem 1 a uzly 2-7 [8]	25
Obrázek 3-3 Příklad nalezení maximálního toku v síti mezi uzly 1 a uzly n [22]	26
Obrázek 3-4 Oblasti využití simulačních metod a vybraných logistických metod [49]	31
Obrázek 4-1 Princip procesu vstup – výstup [27]	33
Obrázek 9-1 Zjednodušený model výroby [zdroj autor]	46
Obrázek 9-2 Kompletní model výroby [zdroj autor]	48
Obrázek 9-3 Průběh optimalizace: Optimalizace nákladů a průběžné doby výroby - varianty postupů, časy vstupů s rozšířením výroby [zdroj autor]	49
Obrázek 9-4 Porovnání vytížení výroby vybraných variant [zdroj autor]	50
Obrázek 9-5 Vytížení pracovišť: Výchozí stav [zdroj autor]	50
Obrázek 9-6 Vytížení pracovišť: Optimalizace nákladů a průběžné doby výroby - varianty postupů, časy vstupů s rozšířením výroby [zdroj autor]	51
Obrázek 10-1 Schéma propojení podniků v síťové organizaci s příklady výrobních postupů [zdroj autor]	52
Obrázek 10-2 Projektový trojúhelník a modifikovaný projektový trojúhelník [zdroj autor]	53
Obrázek 10-3 Schéma postupu výběru varianty výroby v síťové organizaci [zdroj autor]	55
Obrázek 10-4 Metodika plánování výrobních a logistických činností v síti podniků [zdroj autor]	59
Obrázek 10-5 Data zjištěna v jednotlivých analýzách s přiřazením k oblasti výroby a logistiky [zdroj autor]	63
Obrázek 10-6 Výrobní základna sítě podniků [zdroj autor]	65
Obrázek 10-7 Vytvoření skupin pracovišť [zdroj autor]	66
Obrázek 10-8 Tvorba variantního toku materiálu technologického postupu [zdroj autor]	68
Obrázek 10-9 Kontrola omezujících podmínek – kvalita [zdroj autor]	69
Obrázek 10-10 Kontrola omezujících podmínek – kapacita [zdroj autor]	70
Obrázek 10-11 Porovnání volných kapacit s plánovanými operacemi	71
Obrázek 10-12 Vyrovnání plánovaných kapacit [zdroj autor]	71
Obrázek 10-13 Výběr operace pro přeplánování a určení alternativních pracovišť [zdroj autor]	73
Obrázek 10-14 Vytvoření tří variant plánu výrobních a logistických činností [zdroj autor]	75
Obrázek 10-15 Schéma vývoje variant [zdroj autor]	78
Obrázek 10-16 Tvorba variant plánu výrobních a logistických činností v síti podniků [zdroj autor]	79
Obrázek 10-17 Hodnocení variant plánu výroby a výběr výsledné varianty [zdroj autor]	80
Obrázek 10-18 Změna pracovní hodinové sazby v závislosti na vytížení pracoviště [zdroj autor]	95
Obrázek 10-19 Změna poměru využitých a nevyužitých fixních nákladů vzhledem ke změně využití kapacity [17]	96
Obrázek 11-1 Simulační model – síť podniků [zdroj autor]	106
Obrázek 11-2 Simulační model – podnik 1 [zdroj autor]	107

Obrázek 11-3 Průběh hledání výsledné varianty pomocí genetického algoritmu [zdroj autor] 110

Obrázek 11-4 Porovnání využití kapacit u výchozí a výsledné varianty plánu výroby [zdroj autor]..... 112

Seznam tabulek

Tabulka 3-1: Přehled logistických metod a jejich vhodnost pro hodnocení dopravních variant [zdroj autor]	32
Tabulka 9-1 Seznam strojů (pracovišť) [zdroj autor]	44
Tabulka 9-2 Seznam výrobků [zdroj autor]	44
Tabulka 9-3 Ukázka technologických postupů [zdroj autor]	45
Tabulka 9-4 Technologický postup výrobku 8 [zdroj autor]	45
Tabulka 9-5 Porovnání variant modelů [zdroj autor]	49
Tabulka 10-1 Přehled základních vstupních parametrů [zdroj autor]	61
Tabulka 10-2 Matice pořadí bez vah [50]	83
Tabulka 10-3 Matice pořadí s vahami [50]	83
Tabulka 11-1 Základní údaje o zakázkách [zdroj autor]	99
Tabulka 11-2 Identifikační údaje podniků [zdroj autor]	100
Tabulka 11-3 Základní údaje o pracovištích [zdroj autor]	101
Tabulka 11-4 Základní údaje o přepravních prostředcích [zdroj autor]	102
Tabulka 11-5 Přepravní vzdálenosti mezi jednotlivými podniky [zdroj autor]	102
Tabulka 11-6 Doba jízdy mezi jednotlivými podniky [zdroj autor]	102
Tabulka 11-7 Skupiny pracovišť [zdroj autor]	103
Tabulka 11-8 Ukázka zpracování technologického postupu s variantami toku zakázky [zdroj autor]	104
Tabulka 11-9 Stanovení vah kritérií pomocí Saatyho metody [zdroj autor]	109
Tabulka 11-10 Porovnání výsledků výchozí a výsledné varianty plánu výroby [zdroj autor]	111
Tabulka 11-11 Přehled využití jednotlivých typů přepravních prostředků [zdroj autor] ..	111

Přehled použitých zkratk a symbolů

<i>CČNTO</i>	celkový čas netechnologických operací [min, h]
<i>CČP</i>	celkový čas přerušení [min, h]
<i>CČTO</i>	celkový čas technologických operací [min, h]
<i>CFN_n</i>	suma nevyužitých fixních nákladů [Kč]
<i>CNC</i>	computer numeric control (číslicové řízení počítačem)
<i>CNK</i>	suma zbývajících volných kapacit [%]
<i>CNNZ</i>	suma nákladů z nesplněných zakázek [Kč]
<i>CNZ</i>	suma nesplněných zakázek
<i>CPDV</i>	suma průběžných dob výroby [min, h]
<i>CSZ</i>	suma splněných zakázek
<i>CVK</i>	suma využitých kapacit pracovišť [%]
<i>ČNTO</i>	čas netechnologických operací [min, h]
<i>ČP</i>	čas přerušení [min, h]
<i>ČTO</i>	čas technologických operací [min, h]
<i>d_v</i>	velikost výrobní dávky [ks/dávka]
<i>F_{vT}</i>	efektivní časový fond pracoviště (technologického místa) [h]
<i>FN</i>	fixní náklady i-tého pracoviště [Kč]
<i>h_D</i>	počet hodin v pracovním dnu [h]
<i>ISO</i>	mezinárodní organizace pro normalizaci
<i>k_B</i>	základní sazba [Kč]
<i>k_{DW}</i>	sazba za jízdu [Kč/km]
<i>k_{PC}</i>	koeficient celkového plánovaného časového využití kapacity pracoviště [%]
<i>k_{ST}</i>	sazba za čekání [Kč/h]
<i>k_v</i>	koeficient využitelnosti pracovní doby
<i>L</i>	logistické náklady [Kč]
<i>l_{DW}</i>	délka trasy [km]
<i>Nč</i>	norma času na operaci [h]
<i>n_{ST}</i>	doba čekání [min, h]
<i>NPDV</i>	náklady za použití skladovacího místa [Kč]
<i>NRZ</i>	náklady na realizaci zakázek [Kč]
<i>NTR</i>	náklady na transport [Kč/přeprava]
<i>Ost</i>	ostatní výrobní náklady [Kč]

P_{CD}	počet dní celozávodní dovolené
P_D	počet dní v daném období (např. kalendářní rok = 365 dní)
P_{HZ}	počet ztrátových hodin
P_{ND}	počet nepracovních dní (např. kalendářní rok = 52 sobot a 52 nedělí), svátky
p_P	počet použitých skladovacích míst
P_{PD}	počet pracovních dní ve sledovaném období
P_{PO}	počet dní plánovaných oprav
P_{DV}	průběžná doba výroby [min, h]
P_{HS}	pracovní hodinová sazba [Kč]
P_{Ma}	přímý materiál [Kč]
P_{Mz}	přímé mzdy [Kč]
P_N	pracovní náklady [Kč]
P_V	počet variant plánu
P_{VDO}	počet variant dopravy operace
P_{VDZ}	počet variant dopravy zakázky
P_{VVO}	počet variant výroby operace
P_{VVZ}	počet variant výroby zakázky
P_{VZ}	počet variant zakázky
R_{Ma}	náklady na režijní materiál [Kč]
S_{Pen}	sazba za neplnění podmínek zakázky [Kč/den]
S_S	sazba za využití skladovacího místa ve skladu [Kč/h/skladovací místo]
S_{HS}	strojní hodinová sazba [Kč]
S_N	strojní náklady [Kč]
S_Z	logický člen určující, zda je plánováno splnění zakázky [hodnoty 0 a 1]
t_{AC}	norma jednotkového času s podílem času směnového [Nmin /ks]
t_{BC}	norma času dávkového s podílem času směnového [Nmin /dávka]
t_{Pen}	čas překročení termínu dodání zakázky [dny]
t_S	čas skladování [min, h]
TPV	technická příprava výroby
TS	sazba za jízdu [Kč/km]
V	počet variant
V_{NV}	vlastní náklady výroby [Kč]

Úvod

V současné době, kdy má zákazník stále silnější pozici na trhu, je důležité, aby se průmyslové podniky podřizovaly požadavkům na trhu. Zákazník požaduje širokou variabilitu produktů, pružnou dodací dobu, respektive dodání v co nejkratším čase, nízké ceny, inovace produktů, a to vše při zachování požadované kvality. Trh většinou ovládají velké podniky, a aby mohly menší podniky konkurovat v tomto prostředí, je nutné, aby spolupracovaly a tím kompenzovaly svoje nedostatky vyplývající z jejich možností. Z toho důvodu vznikají různé typy síťových organizací (např. klastry), kde mohou podniky rozvíjet činnosti, které by menší podnik nedokázal zrealizovat. V rámci těchto síťových organizací je výhodné spolupracovat i na výrobním procesu svých produktů a těžit výhody z této spolupráce. Výhody z této spolupráce mohou být širší portfolio nabízených produktů, snížení nákladů na výrobu, efektivnější využití kapacit, zvýšení objemu realizovaných zakázek, apod. Nevýhodou je pak značná složitost tvorby plánu výroby přes několik podniků a nutnost převážet výrobky mezi podniky, kdy nemusí být vzdálenost krátká. Proto je nutné tvořit pečlivě plán výroby i s ohledem na mezipodnikové logistické činnosti. Z tohoto důvodu se disertační práce zaměřuje právě na návrh plánu výrobních a logistických činností v síti podniků, kdy je hodnocení takového plánu realizováno pomocí multikriteriálních hledisek.

Efektivní plán výroby je jedním z faktorů ovlivňující konkurenceschopnost podniku, respektive sítě podniků. Základními efektivnostmi plánu, které zvyšují či snižují konkurenceschopnost podniku, jsou kvalita, čas, náklady a plnění zakázek. U středních a malých podniků je o to důležitější, aby si zvyšovaly svou konkurenceschopnost a dokázaly uspokojit náročné požadavky zákazníku, respektive trhu.

Dosáhnout efektivního plánu výroby znamená efektivní nastavení a využití celého výrobního systému podniku, respektive sítě podniků.

1 Síťové podnikání

V současnosti neustále nabývá na významu spolupráce podniků, protože je stále více prosazovaná filozofie „vítěz – vítěz“. Jedním z důsledků je vznik sítí spolupracujících podniků. Sítě jsou vytvářeny nejen na lokální či regionální úrovni, ale i na národní či celosvětové úrovni. Hlavní potřebou a požadavkem se stává spolupráce mezi podniky celého řetězce vytvářejícího hodnotu výrobku.

Síťové podnikání představuje organizační formu dvou a více podniků, které vytvářejí vzájemný vztah, pomocí kterého společně vykonávají podnikové a mezipodnikové činnosti.[29] Spoluprací si podniky mohou zvyšovat svou konkurenceschopnost a eliminovat své nevýhody.[16] Základním cílem je dosáhnout vyššího společného efektu.[41]

Sdružení podniků vzniká spojením dosud právně a hospodářsky samostatných podniků do větších hospodářských jednotek, aniž by se tím musela odstranit právní samostatnost a autonomie podniků při hospodářském rozhodování. Sdružování podniků probíhá za účelem získání výhod v oblasti, pro kterou se podniky sdružily. Sdružování je dlouhodobě typické pro velké podniky a pro malé a střední podniky je příznačné až v posledních 20 letech. Nejčastější formy sdružování podniků jsou dle [41] např. konsorcium, podnikové sítě, klastry, koncern a aliance.

Dále v textu se budu zabývat především formou spolupráce podniku **klastr**, protože se jedná o dobrovolnou, dlouhodobou spolupráci především malých a středních podniků, otevřenou pro vstup nových členů. Jedná se o sdružení institucí s různým oborem zaměřením, s geografickým působením od regionu po nadnárodní, kdy účelem sdružení je dlouhodobý rozvoj podnikatelských aktivit.

1.1 Klastr a jeho přínosy

Pojem klastr není v ekonomii nový, jelikož se A. Marshal již v 19. století ve svém díle *Principles of Economics* zabýval problematikou seskupování firem určitých odvětví ve specifických geografických oblastech. Jejich skutečný nástup je zaznamenán až v 80. a 90. letech 20. století.[23] Klastr můžeme definovat pomocí následujících definic:

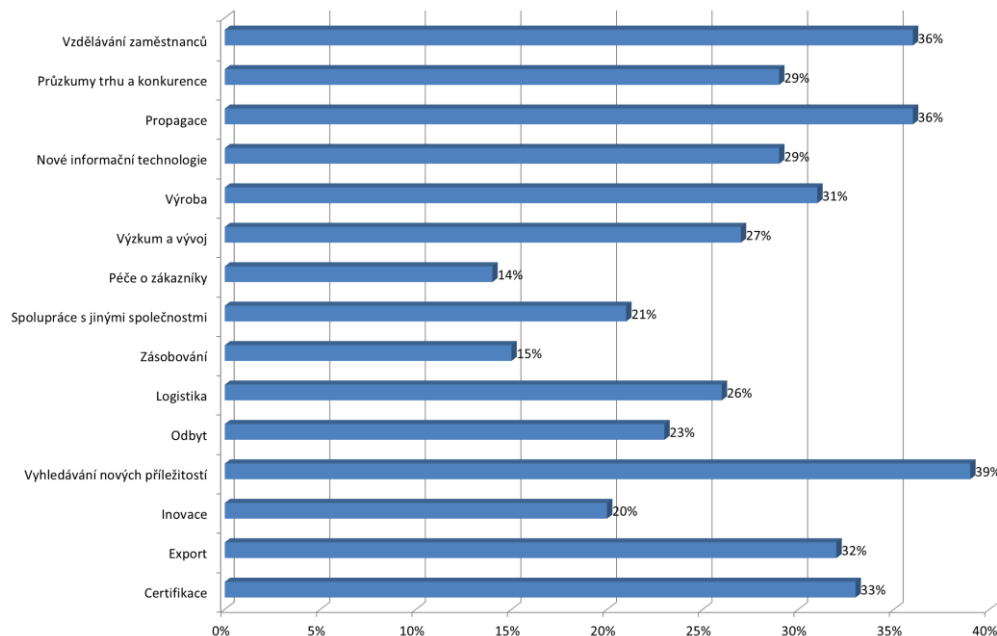
Roelandt, Hertog, 1999: *Klastry jsou výrobní sítě vzájemně závislých firem (včetně speciálních dodavatelů) propojených mezi sebou v rámci výrobního řetězce vytvářející přidanou hodnotu. V některých případech zahrnují klastry také strategické aliance s univerzitami, výzkumnými ústavami, intenzivními znalostními službami pro podniky, zprostředkujícími organizacemi (konzultanty) a se zákazníky.*

OPPP, program Klastry, 2004: *Klastry jsou definovány jako regionálně umístěný soubor navzájem propojených společností (zabývajících se výrobou, obchodem a službami i na mezinárodní úrovni), specializovaných dodavatelů, poskytovatelů služeb, firem v příbuzných oborech a přidružených institucí a organizací, které si navzájem konkurují, ale také navzájem kooperují, a jejichž vazby mají potenciál k upevnění a zvýšení jejich konkurenceschopnosti.*

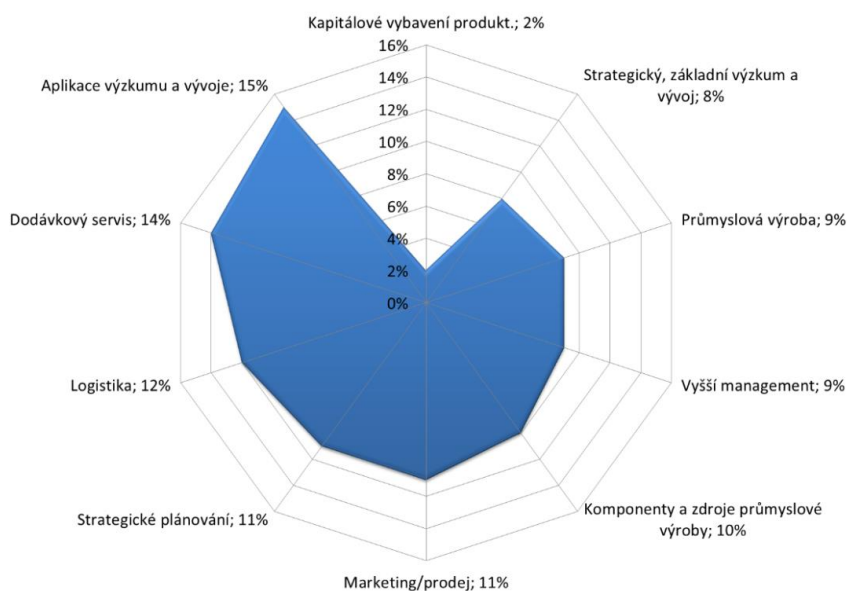
Spojení podniků do klastru má pro podniky své přínosy. Nejdříve je nutné říci, na jaké činnosti by se měl klastr zaměřit. Činnosti, které by měl klastr řešit, jsou dle [42]:

- Společné plánování, organizování a řízení projektů
- Výroba
- Řízení lidských zdrojů
- Finance
- Logistika
- Marketing a prodej
- Výzkum a vývoj
- Kontrola všech předchozích činností

V rámci spolupráce na realizaci zakázek v klastru a jejich dopravy mezi členy klastru nás zajímají činnosti jako společné plánování, organizování a řízení projektů, výroba a logistika. Z následujících průzkumů (Obrázek 1-1, Obrázek 1-2) je patrné, že tyto oblasti pokládají podniky v klastru za významné.



Obrázek 1-1 Důležité aktivity vykonávané v síti podniků – průzkum 1¹



Obrázek 1-2 Důležité aktivity vykonávané v síti podniků – průzkum 2²

¹ Zdroj: Survey on the characterization of regional cluster, Institute of Economic Policy and Business Strategy: University of Hong Kong, www.business.hku.hk, The Competitiveness Institute, Barcelona, Spain, www.competitiveness.org

² Zdroj: ENSR Cluster Survey Spring 2001, info. z 34 klastrů v 17 Evropských zemí (<http://europa.eu.int>)

Úkolem plánování je stanovení cílů a stanovení koordinovaného postupu jejich zajištění při optimálním využití disponibilních zdrojů a existujících omezeních. Na činnost plánování navazuje činnost výroby, kdy je nutné zajistit řízení výroby na základě stanoveného plánu. A nakonec činnost logistiky zajistí vnitřní dopravu materiálu, polotovarů a výrobků mezi jednotlivými členy klastru. [42] Pokud jsou tyto činnosti správně řízeny, mohou přinést jak jednotlivým podnikům, tak i celému klastru řadu přínosů. Dle [42] se může jedna např. o následující přínosy:

- Přehled o cenových a kapacitních možnostech podniků
- Získávání větších a výnosnějších zakázek
- Lepší rozložení a využití kapacit podniků v klastru

1.2 Druhy klastrů

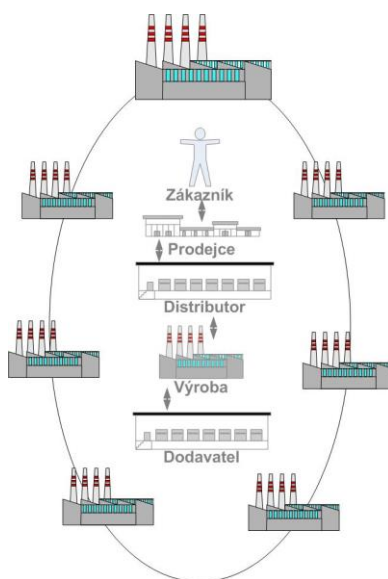
Klastry můžeme dělit z různých hledisek. Základní dělení klastrů je dle literatury [16], [29] a [48] na:

- Vertikální – založené na hodnototvorném řetězci
- Horizontální – založené na kompetencích

1.2.1 Vertikální klastr

Vertikální klastr, v některých literaturách označovaný jako klastr založený na hodnototvorném řetězci, je obecně definován sítí dodavatelských vazeb. Jedná se především o výrobní či obchodní řetězce - dodavatelsko-odběratelské řetězce. Dochází zde ke sdružování předcházejícího a následného výrobního či obchodního stupně; tj. mezi dodavateli a odběrateli. Dodavatele zde může představovat jak subjekt, který získává prvotní suroviny, tak výrobce polotovarů či hotových výrobků. Zákazníkem pak může být jakýkoliv uvedený objekt, snad výjimku tvoří prvotní zpracovatelé surovin. Struktura řetězce je určena jeho jednotkami a vazbami mezi nimi. [16], [29], [48]

Základní výhody jsou pak zasvěcení dodavatelů do strategických záměrů finálního výrobce - více času na vývoj a přípravu nových výrobků pro inovovaný finální výrobek a propojení různých profesí ze stejného odvětví (např. stavebnictví - klempíři, instalatéři,... ale i projektanti, energetici,...).



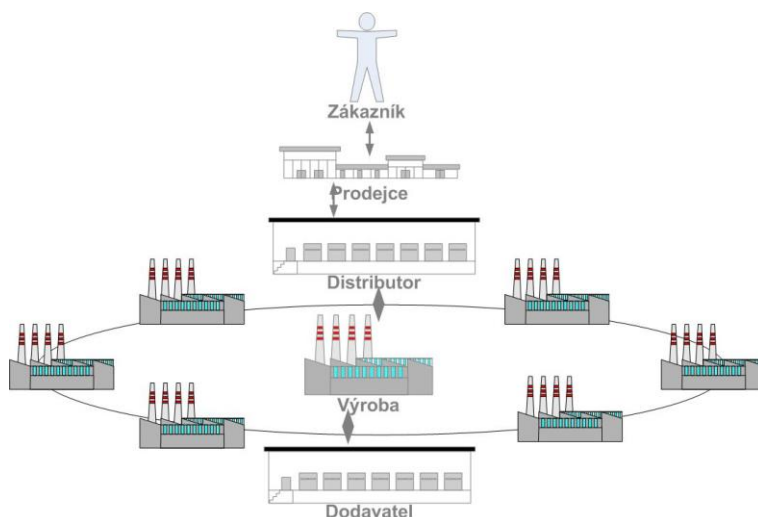
Obrázek 1-3 Zjednodušený model vertikální kooperace [zdroj autor]

1.2.2 Horizontální klastr

Horizontální klastr, označovaný jinak jako klastr založený na kompetencích, se soustředí na konkrétní oblast technické expertízy nebo kompetence v regionu, jako jsou například výzkumné nebo vzdělávací dovednosti. Jedná se o subjekty, které podnikají ve stejném výrobním či obchodním odvětví (stupni). Tato spolupráce je postavena na základě vzájemných vztahů mezi výrobcí převážně stejného odvětví, související s používanými technologiemi, koncovými uživateli produktů, distribučními kanály, atd. Tento trend je nejvíce patrný v automobilovém průmyslu, kdy specializované podniky dodávají pro více odběratelů, ale zároveň se drží na špičce daného segmentu. [16], [29], [48]

Pomocí této spolupráce podniky usilují o vyšší konkurenceschopnost např. dosažením:

- lepších cen při nákupu materiálu,
- jednoduššího vyjednávání s dodavateli,
- lepšího plánování procesů (výrobních, logistických, apod.),
- větší kapacity výroby,
- větší výrobní základny,
- lepšího a komplexnějšího sortimentu a dalších prodejních možností,
- společného zastupování na výstavách a veletrzích, popř. i v zahraničí, apod.,



Obrázek 1-4 Zjednodušený model horizontální kooperace [zdroj autor]

2 Mezipodniková logistika

Při společné realizaci zakázek v síti podniku je nutné zmapovat a vhodně nastavit dopravu mezi podniky. Touto problematikou se zabývá mezipodniková logistika.

Význam a obsah logistiky nejlépe uvedeme pomocí vybraných definic logistiky:

Institute of Logistics, 1995: Logistika je časově vztahované umístování zdrojů ... nebo jinými slovy, logistika uvádí do vztahů zboží, lidi, výrobní kapacity a informace, aby byly na správném místě, ve správném čase, ve správném množství, ve správné kvalitě a za správnou cenu.[25]

Pernica, 1998: Logistika je disciplína, která se zabývá celkovou optimalizací, koordinací a synchronizací všech aktivit v rámci samoorganizujících se v systémů, jejichž zřetězení je nezbytné k pružnému a hospodárnému dosažení daného konečného efektu.[21]

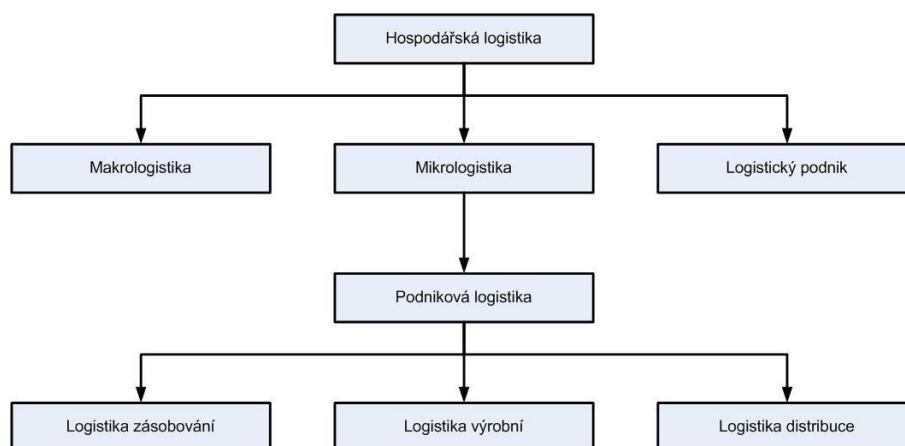
Z definic vyplývá, že logistika je vědecká disciplína zabývající se plánováním, řízením a kontrolou pohybu materiálu, osob, energie a informací v systémech.

Úkolem logistiky je, aby bylo k dispozici:

- správné množství,
- správných objektů (zboží, osoby, energie, informace),
- na správném místě,
- ve správném čase,
- ve správné kvalitě,
- za správnou cenu.

Logistiku můžeme dělit na několik oblastí (viz. Obrázek 2-1). Nejběžnější jsou dvě:

1. podle šíře zaměření na studium materiálových toků:
 - makrologistika - zabývá se logistickými řetězci pro výrobu od těžby surovin až po dodání zákazníkovi. Překračuje tedy hranice podniku a dokonce i jednotlivých států.
 - mikrologistika - zabývá se logistickým systémem uvnitř určité organizace nebo jen její části.
 - logistický podnik - zvláštní skupina logistiky. Specializované firmy, které realizují převážnou část logistického řetězce vně určité organizace, tedy propojení dodavatele a zákazníka.
2. podle hospodářsko-organizačního místa uplatnění:
 - logistika zásobování - zabývá se plánováním, řízením, realizací a kontrolou toku materiálu, informací a energií v podnikových systémech nákupu.
 - logistika výrobní - do oblasti výrobní logistiky se řadí vše od procesu přísunu materiálu (nákupní logistika) až po expedici hotových výrobků ze skladu (distribuční logistika). Zabývá se plánováním, řízením, realizací a kontrolou toku materiálu, informací a energií ve výrobních systémech, výrobní logistika se zabývá propojením toků informací a materiálu.
 - logistika distribuce - představuje transport hotových výrobků a zboží zákazníkovi. Zabývá se plánováním, řízením, realizací a kontrolou toku materiálu, informací a energií v podnikových distribučních systémech.



Obrázek 2-1 Základní rozdělení logistiky [22]

V rámci logistiky se zabýváme především realizací hladkého toku produktu od místa vzniku do místa spotřeby. Dle [3], [11], [21] a [25] se jedná zejména o následně vyjmenované oblasti logistiky:

- Zákaznický servis
- Plánování poptávky
- Řízení zásob
- Manipulace s materiálem
- Vyřizování objednávek
- Balení
- Podpora servisu, náhradní díly a reklamace
- Určení místa výroby a skladování
- Nákup
- Přeprava
- Skladování

Pro podporu společné realizace zakázek v síti podniků se dále budeme zabývat pouze makrologistikou (mezipodnikovou logistikou) a konkrétně oblastí mezipodnikové přepravy.

2.1 Mezipodniková přeprava

Přeprava je klíčová oblast logistiky, kde se provádí vlastní přeprava materiálu a zboží z místa vzniku do místa spotřeby, případně místa likvidace. Pro mezipodnikovou přepravu existuje několik základních druhů dopravních prostředků. Dopravní prostředky můžeme dělit dle [3], [11] a [21] na:

- silniční
 - motorové: např. dodávky, nákladní automobily, tahače, aj.,
 - bezmotorové: návěsy a přívěsy.
- železniční
- vodní
 - námořní
 - říční
- letecké
- nekonvenční (např. potrubní).

Pro dopravu mezi podniky lze použít jejich kombinace (např. silniční - lodní, kolejová - silniční, silniční – letecká,...). Mezipodnikovou dopravu si může podnik zajišťovat sám, nebo za použití třetích stran (speditérské organizace). Výhody vlastní dopravy jsou větší operativnost při náhle vzniklých potřebách, použití specializovaných dopravních prostředků a lepší seznámení obsluhy dopravních prostředků s vlastnostmi přepravovaného materiálu a požadavky na jeho přepravu. Při použití služeb třetích stran jsou výhodami následující aspekty - nižší náklady na přepravu, využití vlastních lidských zdrojů na zajištění hlavní činnosti podnikání a možnost využití různých druhů dopravy.

Pro komplexní řešení problému plánování přepravních tras je dle [11] potřeba následující vstupní parametry:

- vzdálenosti mezi uzly dopravní sítě
- informace o odběratelích a odběrných místech (otevírací doba, název, apod.)
- údaje o dopravních prostředcích
 - používané typy dopravních prostředků
 - nosnost dopravních prostředků
 - ložná plocha dopravních prostředků (např. v paletách)
 - jednotkové přepravní náklady
 - průměrná rychlost dopravních prostředků
- údaje o expedici (průměrný čas nakládky, volný čas pro expedici, apod.)
- údaje o zakázkách (označení odběratele, objem zakázky, apod.)

Na základě těchto vstupních parametrů je možné určit nákladové hodnocení přepravy, návrh přepravních tras a harmonogram nakládky/vykládky.

2.2 Logistické náklady

Logistické náklady jsou náklady spojené se zabezpečením požadované úrovně logistických služeb:

- Náklady na řízení a systém
- Náklady na zásoby
- Náklady na skladování
- Náklady na dopravu a manipulaci [11]

Nás zajímá především stanovení nákladů na dopravu a manipulaci. Náklady na dopravu a manipulaci jsou náklady spojené s výkonem operativních činností zabezpečujících oběh materiálu (vnitropodniková a mezipodniková doprava, manipulace, balení, atd.). [11]

Náklady na dopravu a manipulaci se skládají z:

- Odpisů a úroků na investice do dopravy
- Nákladů na energie (pohonné hmoty, elektrická energie, atd.)
- Mzdových nákladů na obsluhu dopravy
- Nákladů na údržbu a opravy
- Nákladů na řízení provozu a bezpečnost dopravy
- Nákladů na vedení a administrativu dopravy [3], [36]

Doprava může být zajištěna dvěma způsoby a to interně (zajištění vlastními silami) a externě (zajištění pomocí smluvního dopravce). V případě, že bude doprava zajištěna externě, jsou náklady ve většině případů stanoveny na základě sazby za dopravu. Naopak u interní dopravy jsou náklady na dopravu stanoveny ve většině případů na základě kalkulací

vlastních nákladů. Proto rozlišujeme v této práci dva základní způsoby určování nákladů na dopravu a manipulaci:

- Náklady za dopravu na základě sazby – externí dopravce
- Náklady za dopravu na základě kalkulace – interní doprava [12]

Náklady za dopravu na základě sazby

Náklady za dopravu jsou v tomto případě určeny cenou stanovenou dodavatelem služby – externím dopravce, která je určena sazbou. Cena je určena především vzdáleností přepravy, vlastnostmi přepravovaného produktu a použité dopravní techniky, proto je sazba uváděna v Kč/km, Kč/kg (Kč/t), Kč/tkm, atd. K této ceně je nutné, pokud to není již součástí služby, připočítat další náklady za úkony přímo spojené s dopravou.

Tato metoda si bere za základ ceny dopravy její hodnotu, která je určena trhem. Tato metoda ustavuje horní limity přepravních sazeb. Výše sazby je založena na poptávce po přepravním servisu a na konkurenční situaci v sektoru dopravy. Skutečně účtované sazby bude ve většině případů určovat konkurence. [12]

Náklady za dopravu na základě kalkulace

Dalším způsobem stanovení nákladů za dopravu je na základě kalkulace vlastních nákladů. Takto se určují náklady za dopravu, pokud je zajišťována vlastními silami – interně. Touto metodou jsou obecně stanovovány nižší náklady za dopravu než u nákladu stanovených na základě sazby, protože není započítán zisk externího dopravce. Tato metoda má ale určité obtíže. Především podnik musí být schopen vyčíslit své náklady a umět je správně přiřadit k výrobkům, procesům, atd.

3 Metody hodnocení variant dopravy

V rámci logistiky existuje několik problémů, které musí podniky v současné době v praxi řešit. Mezi tyto problémy patří např. skladování zásob, systém distribuce, materiálové toky, atd. Do této skupiny problémů patří i hledání vhodných variant mezipodnikové dopravy v síťové organizaci. Tyto problémy lze řešit pomocí logistických metod. Mezi logistické metody patří dle [4], [11], [22]:

- Analytické metody
- Matematické metody – operační analýza
- Grafické metody, teorie grafů
- Simulační metody
- Metody prognózování

Analytické metody nám slouží pro vyhodnocení současných stavů logistických systémů a odhalování jejich slabých míst. Pro hodnocení variant mezipodnikové dopravy slouží pro stanovení výchozích podmínek. Dále se s nimi v textu nebudeme zabývat. [11]

Metody prognózování používáme, pokud potřebujeme v rámci logistiky provést strategické rozhodnutí (např. jak velký sklad bude potřeba vybudovat) a budeme potřebovat odhadnout budoucí podmínky. Tyto metody také dále nebudou zkoumány. [11]

Simulační metody v logistice jsou vhodné především pro zkoumání komplexních logistických systémů, kdy je možné si vyzkoušet, jak se bude navrhovaný systém chovat a vyhodnotit jeho optimálnost např. na základě posouzení nákladů a parametrů výkonosti. Použití simulace je jednou z vhodných metod pro hledání optimální varianty realizace zakázky v síti podniků.

Zbývající dvě skupiny metod – matematické metody a grafické metody – jsou snadno použitelné. Tyto metody patří do vědní disciplíny operační výzkum. Mezi základní oblasti operačního výzkumu zabývající se logistickými problémy patří dle [4], [8], [15] a [22]:

- Matematické metody:
 - Lineární programování – distribuční modely
 - Modely řízení zásob (Teorie zásob)
 - Modely hromadné obsluhy (Teorie front)
 - Lokalizační modely
- Grafické metody, teorie grafu:
 - Optimalizace v grafech (Metody síťové analýzy)

Pro hodnocení variant mezipodnikové dopravy v síti podniků nejsou vhodné všechny vyjmenované oblasti. Pro mezipodnikovou dopravu jsou potencionálně vhodné oblasti optimalizace v grafech a lineárního programování. Do optimalizace v grafech patří:

- Optimální spojení v síti
- Nejkratší cesta v síti
- Maximální tok v síti

Do lineárního programování jsou zařazeny jako speciální úlohy distribuční modely, do kterých patří:

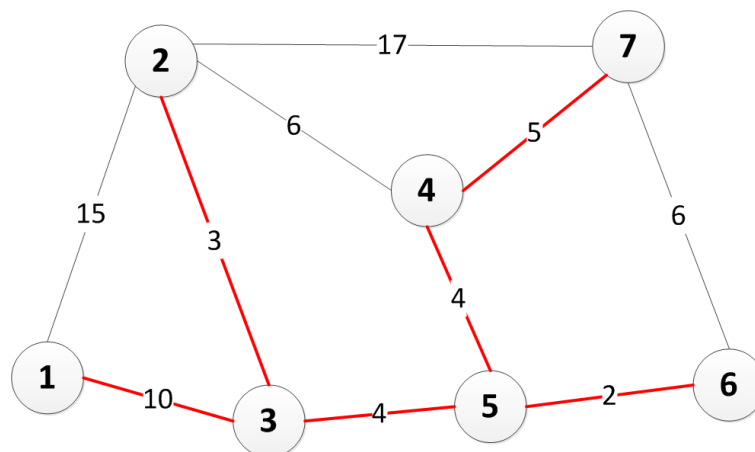
- Dopravní úlohy
- Okružní dopravní problém
- Přiřazovací problém

3.1 Matematické a grafické metody

Jednotlivé metody jsou dále popsány a sledujeme u nich, jaké vstupy jsou potřebné pro jejich úspěšné řešení a jaké výstupy poskytují po vyřešení. Dále jsou popsány jejich výhody a nevýhody vzhledem k porovnávání variant meziodpravní dopravy.

Optimální spojení v síti

Pod optimálním spojením míst se rozumí úloha najít *minimální kostru grafu (úloha nalezení minimálního stromu)*. Tím se rozumí nalézt podgraf původního grafu zahrnující všechny uzly, který bude stromem a bude mít minimální součet ohodnocení hran, které tento strom tvoří. V rámci stromu musí existovat mezi každou dvojicí uzlu nějaké spojení, tzn., aby mezi každou dvojicí uzlů existovala nějaká cesta (viz Obrázek 3-1). Jde přitom o to, aby celková délka spojení byla co nejkratší.[8] V praxi se může jednat o propojení skupiny odběratelů plynu z jednoho zásobníku, napojení domácností telefonním kabelem na ústřednu, atd. [22]



Obrázek 3-1 Příklad optimálního spojení míst [8]

Vstupy:

- Ohodnocení hran – délka trasy, čas přepravy, náklady na přepravu mezi jednotlivými uzly

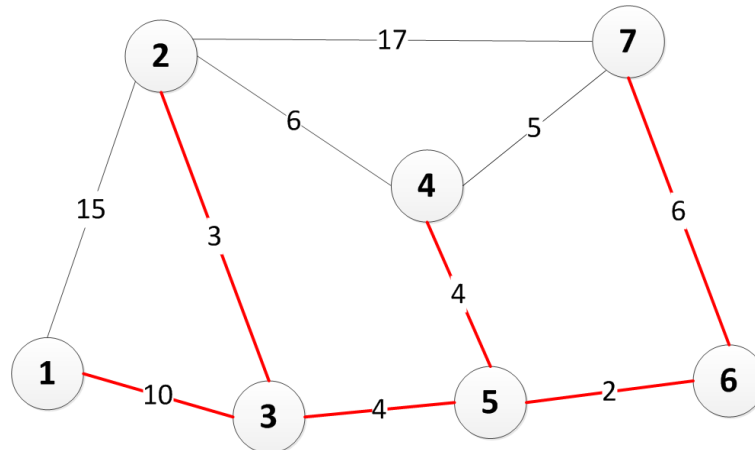
Výstupy:

- Minimální kostra grafu – nejkratší spojení, kdy jsou propojeny všechny uzly sítě

Mezi výhody této metody patří jednoduchost výpočtu a jednoznačný výstup. A mezi nevýhodami patří, že nepracuje s více parametry. Metoda je specializovaná na propojení míst v síti a nepomůže nám nalézt vhodnou trasu v síti.

Nejkratší cesta v síti

Tato metoda slouží k nalezení nejkratší cesty mezi dvěma místi v síti. Nejkratší cestou v síti rozumíme součet ohodnocení hran tvořících tuto cestu, který je minimální. Tato metoda může být aplikována jak na grafy orientované, tak i na grafy neorientované. Graf může představovat distribuční síť (viz Obrázek 3-2). V takovém případě mohou představovat jednotlivé uzly reálná místa (křižovatky), hrany jsou spojnice mezi nimi (např. silniční úseky) a ohodnocení hran může odpovídat kilometrové vzdálenosti.[8], [22]



Obrázek 3-2 Příklad nalezení nejkratších cest mezi uzlem 1 a uzly 2-7 [8]

Vstupy:

- Ohodnocení hran – délka trasy, čas přepravy, náklady na přepravu mezi jednotlivými uzly
- Orientace hran – jednosměrná, obousměrná

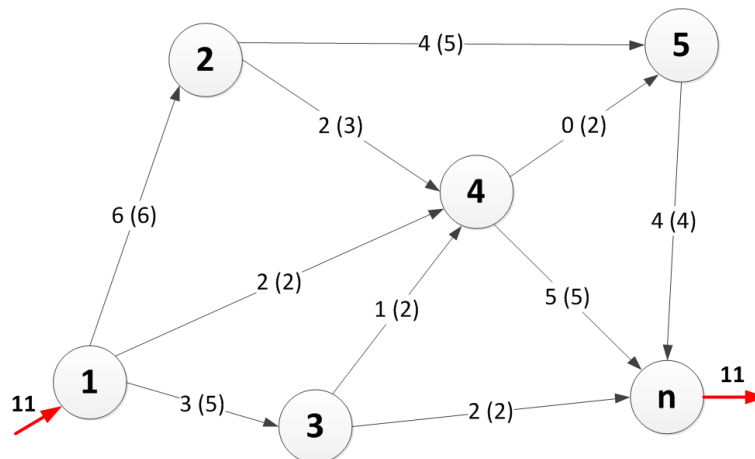
Výstupy:

- Spojení dvou zvolených míst s nejmenším ohodnocením hran (nejkratší trasa, nerychlejší trasa, nejlevnější trasa)

Jelikož se od předchozí metody optimální spojení v síti liší jen minimálně, jsou výhody a nevýhody této metody totožné. Metoda slouží k nalezení nejkratší cesty mezi dvěma uzly. V praxi ji lze využít při hledání nejkratší (nejlevnější, nerychlejší) trasy mezi dvěma místy, ale v současné době se dají použít modernější metody (aplikace postavené na GPS, webové aplikace jako např. mapy.cz, atd.). Při hledání vhodné trasy v mezipodnikové síti nám může pomoci při sestavování variant tras, kdy známe výchozí a koncový bod.

Maximální tok v síti

U této metody uvažujeme síťový graf, kde máme dva uzly – jeden výchozí a druhý koncový, kdy výchozí produkuje jednotky a koncový je cílovým místem těchto jednotek. Ohodnocení hran v síti představuje maximální propustnost této hrany, tj. kolik jednotek po dané hraně (trase) lze přepravit (lze vztáhnout i na jednotku času). Cílem je nalézt celkovou maximální propustnost (kapacitu) sítě, tedy kolik proteče z výchozího uzlu do koncového v případě, že tok může být realizován současně několika cestami. Příkladem může být propustnost ropovodu nebo městské dopravní sítě (viz Obrázek 3-3, kde hodnoty u hran vyjadřují skutečné hodnoty toku a hodnota v závorce kapacitu hrany).[8], [22]



Obrázek 3-3 Příklad nalezení maximálního toku v síti mezi uzly 1 a uzly n [22]

Vstupy:

- Ohodnocení hran – kapacita (kolik je možné přes hranu poslat objemu produktu nebo objemu za časovou jednotku)
- Orientace hran – jednosměrná, obousměrná

Výstupy:

- Maximální propustnost sítě

Výhodou této metody je, že pracuje s kapacitami cesty a jednoduchost výpočtu. Mezi nevýhody patří, že nezohledňuje vzdálenost jednotlivých tras (čas cesty, náklady na cestu). Tato a i předchozí dvě metody mají společnou nevýhodu, že jsou použitelné jen na specializované úlohy a nezohledňují další parametry. V případě mezipodnikové dopravy je její využití minimální. Mohla by se využít, pokud by existoval pravidelný rozvoz mezi podniky a bylo potřeba zjistit propustnost mezi dvěma podniky.

Dopravní problém

Dopravní problém je speciální úloha lineárního programování. V dopravním problému se v typickém případě jedná o rozvržení rozvozu nějakého zboží či materiálu z dodavatelských míst (zdroje) odběratelům (cílová místa) tak, aby byly minimalizovány celkové náklady související s tímto rozvozem.[8] Úlohy dopravního problému jsou dále ještě rozděleny na další podtypy, které jsou následující:

- Dvourozměrný dopravní problém
- Vícerozměrný dopravní problém
- Kontejnerový dopravní problém
- Obecný dopravní problém

U **dvourozměrného dopravního problému** existují pouze dvě strany - dodavatelé (zdroje) a odběratelé (cílová místa). V dopravním problému jsou definovány zdroje (dodavatelé) s omezenými kapacitami a cílová místa (odběratelé) se stanovenými požadavky. Vztah každé dvojice míst *zdroj-cílové místo* je nějakým způsobem ohodnocen. Cílem řešení dopravního problému je naplánovat přepravu mezi zdroji a cílovými místy tak, aby nebyly kapacity zdrojů překročeny a požadavky cílových míst uspokojeny.[8]

Vstupy:

- Počet zdrojů a jejich označení
- Počet cílových míst a jejich označení
- Kapacity zdrojů
- Požadavky cílových míst
- Převážní náklady mezi jednotlivými zdroji a cílovými místy

Výstupy:

- Objem přepravy mezi jednotlivými zdroji a cílovými místy
- Minimální celkové náklady na přepravu

Výhodou této metody je, že pracuje s kapacitami zdrojů a cílových míst a s náklady na přepravu mezi jednotlivými zdroji a cílovými místy. Další výhodou je, že je možné realizovat zároveň více variant přeprav. Nevýhodou je, že se pracuje jen s jedním rozměrem – v rámci meziodnikové přepravy se realizuje přeprava jen mezi dvěma místy. Další nevýhodou je, že pracuje jen s jedním druhem zboží. Tato metoda je zatím nevhodnější z dosud popsaných metod.

Reálné přepravní systémy jsou i přes snahu je neustále zjednodušovat složitější, než aby na jejich řešení mohl být aplikován model dvourozměrného dopravního systému. Příkladem může být distribuce výrobků maloobchodním zákazníkům. Takový řetězec je sestaven z následujících kroků – výrobce (výrobci) – distribuční centra – velkoobchodní sklady – maloobchodní prodejny. Lze sice tento problém rozdělit do samostatných problémů, ale jejich řešením nedosáhneme vždy optimálního řešení úlohy. Proto využíváme **vícerozměrný dopravní problém**, který řeší celý řetězec jako celek. Oproti dvourozměrnému dopravnímu problému jsou do matematického modelu doplněny meziskladně (označované mezisklady) a tím je možné naznačený problém řešit jako celek.[4]

Vstupy:

- Počet zdrojů a jejich označení
- Počet meziskladů a jejich označení
- Počet cílových míst a jejich označení
- Kapacity zdrojů
- Kapacity meziskladů
- Požadavky cílových míst
- Převážní náklady mezi jednotlivými zdroji, mezisklady a cílovými místy

Výstupy:

- Objem přepravy mezi jednotlivými zdroji, mezisklady a cílovými místy
- Minimální celkové náklady na přepravu

Tato metoda je modifikací dvourozměrné dopravní úlohy, proto platí všechny výhody popsané v předchozím textu. Zároveň je odstraněna nevýhoda jednoho rozměru. Ale stále platí nevýhoda práce jen s jedním druhem zboží. Pro aplikaci na určení vhodné meziodnikové dopravy se hodí lépe než dvourozměrný dopravní problém.

Kontejnerový dopravní problém představuje modifikaci základní formulace dopravního problému v tom smyslu, že přeprava mezi zdroji a cílovými místy se realizuje pouze pomocí kontejnerů, které mají definovanou kapacitu. Náklady na přepravu nejsou tedy vztaženy k jedné jednotce přepravovaného zboží, ale jsou uvedeny na jeden kontejner bez ohledu na to, jestli je kontejner plný nebo poloprázdný. Řešení tohoto problému by mělo směřovat k tomu, aby byly jednotlivé kontejnery co nejvíce využity.[8]

Vstupy:

- Počet zdrojů a jejich označení
- Počet cílových míst a jejich označení
- Kapacity zdrojů
- Požadavky cílových míst
- Přepravní náklady mezi jednotlivými zdroji a cílovými místy
- Kapacita kontejneru

Výstupy:

- Objem přepravy mezi jednotlivými zdroji a cílovými místy
- Minimální celkové náklady na přepravu

Tato metoda je opět modifikací dvourozměrné dopravní úlohy, proto platí všechny výhody a nevýhody popsané v předchozím textu. Její uplatnění by bylo v případě, že by byly náklady na přepravu stanoveny na přepravní prostředek (kontejner).

Obecný distribuční problém se liší od dopravního problému především v tom, že kapacity zdrojů a požadavky cílových míst nejsou uvedeny ve stejných jednotkách. Pro jejich porovnatelnost je proto třeba doplnit do modelu určité převodní koeficienty. [8]

Vstupy:

- Počet zdrojů a jejich označení
- Počet cílových míst a jejich označení
- Kapacity zdrojů
- Požadavky cílových míst
- Náklady mezi jednotlivými zdroji a cílovými místy
- Převodní koeficienty mezi zdroji a cílovými místy

Výstupy:

- Objem přepravy mezi jednotlivými zdroji a cílovými místy
- Minimální celkové náklady

Tato metoda je opět modifikací dvourozměrné dopravní úlohy, proto platí všechny výhody a nevýhody popsané v předchozím textu. Nevýhodou této metody je složitý postup řešení. Její uplatnění je v případě, pokud jsou uvedeny kapacity zdrojů a cílových míst v odlišných jednotkách. Např. zdroje jsou podniky, kde je kapacita uvedena v ks produkce, cílová místa jsou sklady, kde je kapacita uvedena v m², a koeficienty představují, jakou plochu skladu zabere výrobek s ohledem na vlastnosti výrobku a skladu.

Přiřazovací problém

Přiřazovací problém lze charakterizovat jako úlohu, ve které se jedná o nalezení vzájemně jednoznačného přiřazení dvojice jednotek ze dvou skupin tak, aby toto přiřazení přineslo co nejvyšší efekt. V přiřazovacím problému jsou definovány dvě skupiny jednotek, u kterých můžeme předpokládat, že mají stejný počet prvků, pokud nemají, lze je vyrovnat doplněním fiktivních prvků. [8]

Vstupy:

- Počet zdrojů a jejich označení
- Počet cílových míst a jejich označení
- Přepavní náklady mezi jednotlivými zdroji a cílovými místy

Výstupy:

- Jednoznačné přiřazení míst mezi dvěma skupinami jednotek
- Minimální / maximální celkové náklady

Přiřazovací problém je další variací na dopravní problém, ale pracuje s méně proměnnými a je více omezen – spojí se vždy jeden zdroj a jedno cílové místo. Pracuje jen s náklady na přepravu mezi jednotlivými zdroji a cílovými místy. Nevýhoda je právě omezené použití metody – např. máme přiřazení pracovníka na pracoviště, atd. V případě mezipodnikové dopravy je její využití minimální – pouze pro speciální aplikaci např. určení výchozího místa dopravy pro různé dopravní prostředky (dopravce).

Okružní dopravní problém

Okružní dopravní problém, který je také označován jako úloha obchodního cestujícího, je podobný úloze přiřazovacího problému. Cílem je vyjít z jednoho bodu, postupně navštívit ostatní body v síti, a to pouze jednou, a nakonec se vrátit do výchozího bodu tak, aby byla délka trasy co nejkratší. V praxi je použitelný při řešení svozu a rozvozů (např. mlékárny, pekárny, pošta, atd.). [8]

Vstupy:

- Počet míst sítě a jejich označení
- Přepavní náklady mezi jednotlivými místy

Výstupy:

- Jednoznačné určení trasy přes všechny členy sítě, kdy je každý člen navštíven jen jednou (kromě výchozího pracoviště, které je i konečné)
- Minimální celkové náklady na přepravu

Okružní dopravní problém je velmi podobný přiřazovacímu problému. Proto pro něj platí podobné hodnocení. Hlavní nevýhoda této metody je její značná složitost při větším počtu míst, které musí být na trase „obchodního cestujícího“ navštíveny. Další nevýhoda této metody je, že nepracuje s kapacitami přepravy (nerespektuje, zda a kde jsou prováděny nakládky a vykládky zboží z/do dopravního prostředku). V případě mezipodnikové dopravy je její využití minimální. Může být využita, pokud známe místa rozvozu a potřebujeme najít nejlepší trasu, jak jednotlivá místa projet.

3.2 Simulační metody

Simulace logistických systémů patří mezi statisticko-experimentální metody. Simulace je definována jako výzkumná metoda, jejíž podstata spočívá v tom, že zkoumaný systém nahradíme jeho simulátorem a s ním provádíme pokusy s cílem získat informace o původním zkoumaném systému. Simulační model je dynamický systém, v němž nastávají události a stavy jako ve zkoumaném (simulovaném) systému, a to ve stejném pořadí, avšak obecně v jiných časových okamžicích. Prvky modelu nemusí být trvale v modelu, mohou se dynamicky měnit.[47] Simulační model popisuje jen ty vlastnosti reálného systému, které nás z hlediska řešení problému zajímají. Po ověření správnosti modelu se realizuje s modelem soubor simulačních experimentů. Jednotlivé varianty simulačních experimentů reprezentují jednotlivé návrhy, vylepšení simulovaného systému. [11]

Obecně je vhodné simulaci použít v případech, kdy je zkoumaný systém natolik složitý, že neexistuje vhodná matematická metoda na řešení úlohy - to je vhodné zejména u komplexních systémů (u výrobních podniků, u servisních organizací, u klastrů podniků, atd.). Dále pak např. v následujících případech:

- je třeba posoudit operační parametry i mimořádné situace a reakce na ně u nově projektovaného systému,
- je třeba ověřit analytická řešení,
- zkoumaný systém mění své vlastnosti příliš pomalu,
- zkoumaný systém mění své vlastnosti příliš rychle,
- atd. [47]

Naopak simulace není vhodná v případech, kde je možné nalézt řešení jednodušším způsobem, levnější je provést přímý experiment na systému, atd. [47]

Použití simulace má své výhody i nevýhody. Mezi základní výhody patří, že je možné provádět simulace bez přerušení běhu reálného systému, dokáže odpovědět na otázky „Co se stane když...?“, je možné využít softwarové produkty - pro simulaci výrobních a logistických systémů např. Arena, Plant Simulation, Quest, Witness, atd., je možnost provádět experimenty, které by nešlo v reálném světě provádět, apod. Naopak mezi nevýhody patří, že tvorba modelů vyžaduje speciální odbornost, řešení simulační úlohy může být časově i nákladově náročné, atd. [47]

Oblasti použití simulací jsou dle [47] následující:

- výrobní systémy,
- dopravní systémy,
- logistické úlohy,
- distribuční aplikace,
- vojenské aplikace,
- řízení lidských zdrojů,
- modelování a řízení podnikových procesů,
- atd.

Příklady využití simulace v logistice jsou dle [11] následující:

- dimenzování dopravních a manipulačních systémů,
- optimalizace zásob,
- vyvažování výrobních a montážních linek,
- atd.

Použití simulačního modelu je velmi rozsáhlé, a proto mohou být vstupy a výstupy modelu prakticky jakékoliv. Vstupy modelu mohou být např. náklady dopravy, náklady výroby, délka dopravních tras, čas dopravy, kapacity dopravních prostředků, velikost dopravní

dávky, atd. Výstupy modelu mohou být např. celkové náklady, průběžná doba realizace zakázky, vyřízení dopravních prostředků, atd.

Simulační modely patří do jiné skupiny než předcházející metody, které patří do kategorií matematických modelů a grafických metod. Při porovnání simulace s ostatními metodami (viz. Obrázek 3-4) je vidět, že simulace obsáhne všechny ostatní oblasti.

Metody Rozbory	Matematické programování	Metody Síťové analýzy	Teorie front/ obslužných sítí	Teorie zásob	Rozmíst'ovací metody	Počítačová simulace
Výrobní program	X					X
Průběžná doba		X	X			X
Stanovení kapacit	X	X	X			X
Využití prostředků	X		X			X
Velikost zásob	X		X	X		X
Dispoziční uspořádání	X	X	X		X	X

Obrázek 3-4 Oblasti využití simulačních metod a vybraných logistických metod [49]

Simulační metody jsou velmi vhodné pro hledání optimální varianty dopravy v mezipodnikové síti. Výhody simulace jsou vysoká přesnost výsledků, možnost přiblížení k reálné situaci, univerzálnost, atd. Ale naopak mezi hlavní nevýhody patří značná časová a nákladová náročnost zpracování úloh, požadavek na odbornost pracovníka zpracovávajícího tyto úlohy.

3.3 Vyhodnocení popisovaných metod

Cílem předcházejícího textu je nalézt metody pro řešení dopravy mezi podniky, a to především pro hodnocení variant mezipodnikové dopravy v síti podniků. Tyto metody patří do oblastí matematických metod, grafických metod (metod operačního výzkumu) a simulačních metod. Každá z těchto metod je určena pro řešení odlišného problému v mezipodnikové dopravě. Volba vhodné metody závisí převážně na tom, zda pracuje s náklady na dopravu a časem přepravy (vzdáleností přepravy). Přestože jsou tyto metody používány pro hledání optimální varianty dopravy, ne všechny jsou vhodné pro hodnocení variant mezipodnikové dopravy. Přehled základních metod pro hodnocení variant mezipodnikové dopravy v síti podniků udává Tabulka 3-1.

Pro každou metodu bylo na základě její práce se vstupními parametry rozhodnuto, zda je či není vhodná pro hodnocení variant mezipodnikové přepravy.

Metody optimalizace v grafech jsou specializované úlohy, které pracují s nízkým počtem parametrů, tak je možné je využít pro řešení okrajových a specializovaných (doplňkových) problémů – např. nalezení vhodné trasy mezi dvěma místy v síti (nejkratší cesta v síti). Další možnost je využít je jako jednotlivé kroky hledání optimálního řešení, kdy budou jednotlivé varianty postupně vyhodnocovány z různých pohledů. Pak nám mohou tyto metody sloužit jako „síta“ na snížení počtu variant, které budou na konci postupu vyhodnocovány. Nebo mohou sloužit jako podklad pro hodnocení variant, kdy výsledky z jednotlivých metod

budou tvořit vstupy do tohoto hodnocení – hodnocení pak bude např. pomocí rozhodovací analýzy.

Metoda hodnocení dopravních variant	Náklady	Čas	Vhodnost metody
Optimální spojení v síti	ano	ano	ne
Nejkratší cesta v síti	ano	ano	částečná
Maximální tok v síti	ne	ne	ne
Dvourozměrný dopravní problém	ano	ano	ano
Vícerozměrný dopravní problém	ano	ano	ano
Kontejnerový dopravní problém	ano	ano	ano
Obecný distribuční problém	ano	ano	ano
Přiřazovací problém	ano	ano	ne
Okružní dopravní problém	ano	ano	ano
Simulační metody	ano	ano	ano

Tabulka 3-1: Přehled logistických metod a jejich vhodnost pro hodnocení dopravních variant [zdroj autor]

Oproti tomu metody lineárního programování pracují s více parametry, a proto se jeví jako vhodný základ pro metodu hledání optimálních tras dopravy v síti podniků. Jedná se zde především o variaci dopravního problému. Především je vhodné využít vícerozměrný dopravní problém, jelikož, pokud bude u výrobku rozhodnuto o výrobě u více členů síťové organizace, bude doprava probíhat mezi dvěma a více místy. Případně můžeme aplikovat i kontejnerový dopravní problém, pokud budou náklady stanoveny ne na jednotku výrobku, ale na přepravní jednotku (paleta, kontejner, atd.). Dále může být využit i okružní dopravní problém, pokud budou stanovena místa, které je nutné v síti při rozvozu navštívit, a pak bude hledána optimální trasa rozvozu. Tato metoda by ale musela být doplněna o kontrolu kapacity dopravního prostředku, aby nedošlo k jejímu překročení.

Poslední kategorie, simulační metody, jsou vhodné pro řešení široké palety problémů, a to nejen z oblasti logistiky, proto je jejich využití pro hledání optimální varianty dopravy v mezipodnikové síti nejvhodnější.

4 Charakteristika výroby

V úvodní kapitole jsme uvedli, že je vhodné v síti podniků spolupracovat na realizaci zakázek. Podstatnou částí realizace zakázek je zajištění výroby. Proto je nejdříve nutné charakterizovat výrobu.

Výroba slouží k uspokojování potřeb zákazníka pomocí vytváření materiálních statků (výrobků) i nemateriálních statků (služeb). Je to výsledek lidského chování, kdy přeměnou vstupních faktorů získáme za pomoci transformačního procesu hodnotný výstup. Realizace výroby se uskutečňuje pomocí podnikového výrobního systému, který lze zjednodušeně chápat jako jednoduchý proces (viz. Obrázek 4-1).



Obrázek 4-1 Princip procesu vstup – výstup [27]

Z toho vyplývá, že se výrobní systém dá popsat třemi elementy

1. Výstup – nejčastěji zboží povahy materiální nebo nemateriální
2. Vstupy – výrobní faktory tvořící fyzickou podstatu výrobního systému:
 - potenciální – pracovní síla a výrobní prostředky tvořící výkonový potenciál v procesu
 - spotřební – materiál (suroviny, polotovary, cizí díly a výrobky, normované díly a součásti), provozní – režijní materiály (různé kapaliny) a obchodní zboží
3. Transformační proces – pomocí kombinace vstupů, při dodržení postupů, je přeměňuje na výstupy.[27]

4.1 Členění výroby

V praxi hovoříme o různých výrobních systémech, které nabývají různých forem. Výrobu je možné klasifikovat podle celé řady kritérií – např. opakovatelnosti, druhu, složitosti, organizačního uspořádání, vztahu k odbytu, apod.

Jeden z nejdůležitějších faktorů výrobního systému je jeho opakovatelnost. Tu můžeme vyjádřit pomocí typů výroby. Základní typy výroby jsou kusová, sériová a hromadná.

Další členění je podle vztahu k odbytu na zákaznickou výrobu a výrobu pro trh. Zákaznická výroba je ve chvíli, kdy se produkce orientuje na konkrétní požadavky zákazníka – konkrétní druh produktu, termín výroby, způsob dodání, atd. Pokud se produkce orientuje na spotřebitele obecně podle předpovědí zjištěných průzkumem trhu, jedná se o výrobu pro trh, která je někdy nazývána jako „výroba na sklad“. V praxi často dochází ke kombinaci, kdy základní díly a podstavy jsou vyráběny na sklad a finální produkty jsou vyráběny na základě zákaznické objednávky. [27]

4.2 Plánování výroby

Při spolupráci na realizaci zakázek v síti podniků je nutné vytvořit si plán této realizace. Plánování představuje uspořádání budoucích činností firmy na základě předpokládaných požadavků na druh a množství výrobků (při výrobě na sklad) nebo známých objednávek na výrobu (na základě zákaznických objednávek). Jelikož se v praxi setkáváme s různou

kombinací uvedených poloh, je rozhodujícím faktorem plánování trhu, a proto plánování musí respektovat rostoucí požadavky trhu.

System plánování a řízení výroby v podniku většinou respektuje organizační strukturu podniku – která je strategická, taktická a operativní. V tomto kontextu je možné systém plánování a řízení výroby rozdělit z časového hlediska na tři úrovně – dlouhodobé, střednědobé a krátkodobé plánování.[11], [27]

- **Dlouhodobé plánování** - využívá plánovací horizont delší než jeden rok (obvykle dva až deset let) a určuje hlavní cíle organizace.
- **Střednědobé plánování** – se soustřeďuje na plánovací horizont 6 až 18 měsíců a hlavní úlohou je určení cílů pro výrobu v střednědobém horizontu.
- **Krátkodobé plánování** – je zaměřena na plánovací horizont od jednoho dne po několik týdnů. Plán je uveden v hodinách nebo ve dnech.[11], [27]

Podle tohoto rozdělení plánování nás zajímá především krátkodobé plánování výroby, které je v literatuře označováno jako operativní plánování výroby.

4.3 Operativní plánování výroby

Základní charakteristika operativního plánování je, že jde o plán či soustavu plánů, které vycházejí z reálných plně poznanych a ohodnocených zdrojů daného období, zpravidla časově krátkého (maximálně jeden rok). Operativní plánování dělíme na plánování odbytu, výroby a zásobování. Při operativním plánování výroby především vycházíme z operativního plánu odbytu – průzkumů trhu nebo individuálních zakázek. [14], [27]

Podstatou operativního plánu výroby je vytvoření plánu zadávané výroby. Plán vychází z kapacit pracovníků a strojů. Při tvorbě konkrétního plánu pak vycházíme z konstrukčních kusovníků a technologických postupů výrobních zakázek.[14] Hlavní cíle operativního plánování výroby jsou především:

- Minimalizace relevantních nákladů
- Minimalizace průběžných dob
- Maximalizace využití kapacit
- Dodržení dodacích lhůt
- Dodržení požadované kvality

Na základě těchto cílů sledujeme následující parametry výroby:

- Náklady
- Kvalita
- Průběžná doba výroby
- Kapacity

Náklady

Náklady představují základní kategorie hospodářské činnosti podniku. Každá hospodářská činnost, každý ekonomický pohyb je spojen se vznikem nákladů. Náklady podniků jsou charakterizovány jako spotřeba vstupů (materiálu, energie, strojů a zařízení) a práce vyjádřena v peněžní formě.

Náklady výroby jsou jedním z nejdůležitějších parametrů operativního plánování výroby, kdy cílem je jejich minimalizace. Výrobní náklady se na základě kalkulace stanovují jako součet přímých materiálových nákladů, režijních materiálových nákladů, přímých mzdových nákladů a výrobní režie. Jelikož přímé materiálové náklady nejsou ovlivněny změnou operativního plánu výroby, budeme nadále pracovat pouze s náklady na realizaci

zakázky. Tyto náklady musí být, v případě spolupráce při výrobě, vztaženy k určitému pracovišti – nejlépe pomocí hodinové sazby.

Kvalita

Kvalitu je třeba chápat širěji než plnění jakostních znaků stanovených technickými normami či jinými normami (např. ISO 9000, ISO 9001, atd.). Jde o kvalitu jako stupeň plnění potřeb zákazníka. Kvalitu můžeme rozdělit do dvou skupin – technická kvalita a relativní kvalita. Technickou kvalitou rozumíme splnění technických specifikací výrobků – právě pomocí technických norem např. ISO 9000, ISO 9001. Technická kvalita je měřena pomocí objektivních technických parametrů, kdy rozlišujeme dobré a špatné. Relativní kvalitou rozumíme splnění požadavků zákazníka, které jsou nad rámec technických norem. Posuzujeme ji pomocí subjektivních měřítek ve vztahu ke konkurenci a podle zákazníka, kdy rozlišujeme lépe a hůře. U relativní kvality jsou rozhodující nejen technické specifikace, ale i přízpůsobení zákazníkovi a náskok před konkurencí. U parametru kvality pak sledujeme, zda jsou splněny především standardní normy ISO a případně speciální požadavky zákazníka. [27]

Průběžná doba výroby

Průběžnou dobou výroby rozumíme časový úsek od provedení první operace až do okamžiku odvedení výrobku na sklad hotových výrobků. Rozsah průběžné doby výroby odpovídá době nezbytně nutné pro určitý konkrétní výrobní úkol při daných technicko-ekonomických a technicko-organizačních podmínkách bez ohledu na poruchy. Průběžná doba výroby vlastně představuje celý výrobní cyklus výrobku. Výrobní cyklus představuje kombinaci řady dílčích časů: technologických, netechnologických i přerušení, jak to vyžaduje postupné řešení sledu jednotlivých operací, rozmístění pracovišť, organizace výrobního procesu, tj. dodávky na jiná pracoviště, mezisklad apod.[27]

Při operativním plánování výroby je cílem stanovit co nejmenší průběžné časy výroby, ale za předpokladu minimalizace doby mezi vyhotovením výrobku a vyexpedováním, aby nedocházelo k vázání finančních prostředků.

Kapacita

Výrobní kapacitou obecně rozumíme množství výrobků téhož druhu, které můžeme vyrobit za daných podmínek na určitém výrobním zařízení v daném časovém období. Rozlišujeme tři základní způsoby vyjádření (výpočtu) kapacit:

- norma využitelného časového fondu – vyjádřená v časových jednotkách (např. počet hodin práce v roce) jako velikost časového fondu
- norma výkonnosti – vyjádřená v jednotkách výroby (výkonu – např. počet kusů), představující reálný objem výkonu za jednotku času
- norma celkové kapacity – představující reálnou normu výkonnosti v rámci daného využitelného časového fondu, který je k dispozici [27]

U operativního plánování výroby je cílem maximalizace využití kapacit.

5 Shrnutí poznatků

Na základě prostudované literatury bylo zjištěno, že většina autorů se zabývá problematikou pouze v oddělené formě. Tedy je řešena problematika plánování výroby i s ohledem na dodávky vstupních produktů (materiálu, nakupovaných dílů, apod.) a odděleně jsou řešeny metody, jak hodnotit různé varianty logistických toků mezi podniky. V žádné prostudované literatuře ale nebyla nalezena spojitost mezi plánováním výroby s ohledem na mezipodnikovou přepravu, tedy rozložení výroby mezi více samostatných subjektů.

Po prostudování dostupných zdrojů týkajících se síťových organizací, logistiky, a to především v oblasti hodnocení mezipodnikové dopravy, a plánování výrobních činností jsem dospěl k závěru, že návrh plánu výrobních a logistických činností v síti podniků je ovlivněn především dvěma oblastmi.

První oblastí je využití potenciálu síťových organizací, které mají díky svému důvodu vzniku značný potenciál k úspěšné spolupráci na realizaci zakázek. Příležitost vytvářet síťové organizace je především pro zvýšení konkurenceschopnosti malých a středních podniků. Pokud chtějí vytvářet dlouhodobé vazby, je vhodnou formou sdružení do klastru. Jednou z možností je spolupráce na realizaci zakázek výroby, jak je patrné z literatury a provedených průzkumů. Klastry existují ve dvou formách – horizontální a vertikální klastry. U vertikálních klastrů je vidět analogie s dodavatelsko-odběratelskými řetězci (SCM), která je současnou literaturou detailně řešeny. Naopak u horizontálních klastrů je příležitost hledat nástroje pro podporu plánování a řízení společné realizace zakázek. Proto se dále v práci zaměřím na spolupráci při výrobě v horizontálních klastrech, které jsou tvořeny především malými a středními podniky.

Spolupráce těchto podniků může být na různých druzích výroby. V případě rozdělení typu výroby podle četnosti výrobků (kusová x sériová x hromadná, nebo opakovatelná x neopakovatelná) je oblast v případě opakovatelné výroby, tedy hromadné a sériové, možné řešit pomocí již zavedených postupů, tedy převzít analogicky dnes již používané postupy a metody při návrhu dlouhodobého plánu výroby. Odlišná je situace u neopakovatelné (zakázkové – kusové až malosériové) výroby, kde je situace podstatně složitější. I zde je možné použít např. postupy používané u řízení projektů, ale tyto metody se zabývají plánem výroby, jeho řízením a následným vyhodnocením. Bohužel jsou ale především zaměřeny na sledování dosažení jednoho cíle – realizace jedné zakázky. Jejich použití při navýšení počtu zakázek (zkomplikování systému) je značně neefektivní a navíc by neuměly pomoci nalézt výslednou optimální variantu plánu výroby. Dále tedy bude v práci rozpracována spolupráce na neopakovatelné (kusové až malosériové) výrobě na zakázku, jelikož zde bude požadováno, aby se ve výrobním systému pohybovalo velké množství různých a jasně definovaných zakázek. Vzhledem k charakteru výroby je následné zpracování disertační práce zaměřeno na tvorbu operativních plánů výroby, tedy horizont od několika dnů po několik týdnů. Pro vyhodnocení, zda je plán výroby zvolen vhodně, budou používány parametry výroby – kvalita, čas, náklady a kapacita výroby, které jsou v současnosti běžně používány jako kritéria hodnocení efektivity zakázek.

Navazující druhou oblastí, která má významný vliv na tvorbu plánu výrobních a logistických činností, je mezipodniková logistika, jelikož je nutné pro zajištění spolupráce na realizaci zakázek v síti podniků zajistit její efektivní fungování. Základním předpokladem pro efektivní nastavení mezipodnikové logistiky v síti podniku je potřeba určit vstupní parametry dopravy. Vstupní parametry jsou především náklady za přepravu, vlastnosti dopravní techniky (kapacita, rychlost, ložná plocha, apod.), vzdálenosti přepravních tras, atd.

Pokud jsme schopni určit všechny potřebné vstupní parametry, je možné využít metody pro řešení dopravy mezi podniky, a to především pro hodnocení variant mezipodnikové dopravy

v síti podniků. Těchto metod je v předchozím textu uvedeno několik, kdy tyto metody patří do oblasti matematických metod, grafických metod (metod operačního výzkumu) a simulačních metod. Každá z těchto metod je určena pro řešení odlišného problému v mezipodnikové dopravě. Volba vhodné metody závisí převážně na tom, zda pracuje s náklady na dopravu a časem přepravy (vzdáleností přepravy). Přestože jsou tyto metody používané pro hledání optimální varianty dopravy, ne všechny jsou vhodné pro hodnocení variant mezipodnikové dopravy - viz kapitola 3.3, kde je uvedeno vyhodnocení, které metody jsou vhodné pro hodnocení mezipodnikové dopravy. Metody optimalizace v grafech a metody lineárního programování nejsou ve své podobě vhodné pro hodnocení mezipodnikové dopravy v návaznosti na plán výroby, je možné je využít pro řešení dílčích problémů nebo jako pomocný výpočet. Naopak využití simulačních nástrojů je možné pro řešení velkého množství problémů, a to nejen v oblasti logistiky. Jejich využití je nejvhodnější, a proto budou využívány dále v řešení problematiky plánu výrobních a logistických činností v síti podniků.

Je zřejmé s předchozího shrnutí, že pokud chceme vytvořit plán výroby v síti podniků, je nutné zahrnout informace spojené s výrobou v síti podniků a informace spojené s mezipodnikovou dopravou mezi nimi. Teprve pak je možné vytvořit efektivní plán výroby v síti podniků.

6 Cíle disertační práce

Cílem disertační práce je:

Vytvořit metodiku pro výběr nejvýhodnější varianty výroby v síti podniků z multikriteriálního hlediska (čas, náklady, využití pracovišť).

Dílčí cíle:

1. Vydefinovat vstupní parametry metodiky
2. Vydefinovat výstupní parametry
3. Stanovit kritéria a kritériální rovnici pro posuzování jednotlivých variant
4. Vytvořit simulační model výroby v síti podniků
5. Zpracování metodiky pro výběr nevhodnější kombinace sdílených zakázek výroby v síti podniků
6. Ověření a dopracování metodiky

Hypotézy:

- Při variantním technologickém postupu lze optimalizovat plán výroby z multikriteriálního hlediska.
- Při variantním technologickém postupu lze dosáhnout rovnoměrnějšího využití pracovišť.
- V rámci sítě podniků lze optimalizovaným plánováním zpracování zakázek snížit náklady na jejich realizaci.
- V rámci sítě podniků lze optimalizovaným plánováním zpracování zakázek snížit průběžnou dobu zpracování zakázek.
- Lze vytvořit model pro určení nejvýhodnější varianty plánu výroby v síti podniků.

Předpokládané přínosy práce:

Z hlediska rozvoje metodiky – výzkumné přínosy

- Vytvoření efektivnějšího přístupu k plánování v síti podniků
- Zohlednění více požadovaných kritérií hodnocení
- Propojení logistického a výrobního systému při plánování výroby

Z hlediska ověření – praktické přínosy

- Snížení nákladů na realizaci a zpracování zakázky
- Dosáhneme lepšího využití kapacit výroby v síti podniků
- Lepší vyvážení zdrojů u jednotlivých podniků
- Zkrácení průběžné doby výroby zakázky

7 Použité vědecké metody

Při vědecké práci v každém vědním oboru je předpoklad znalosti a využívání obecných vědeckých metod. Využití těchto metod neslouží jen k řešení specifických problémů, a proto je možné jejich využití při řešení problematiky v souvislosti s problematikou řešenou v této disertační práci. Nejvíce používané obecné vědecké metody jsou dle prof. Molnára následující. [31]

Metody vědecké práce lze rozdělit do dvou skupin:

1) Metody empirické jsou založeny na bezprostředním živém obrazu reality. Do těchto metod patří takové metody, ve kterých se odraz jevů uskutečňuje prostřednictvím smyslových počitků a vjemů zdokonalovaných úrovní techniky. Jsou to tedy metody, pomocí kterých je možno zjistit konkrétní jedinečné vlastnosti nějakého objektu či jevu v realitě. Obvykle jsou tyto metody rozděleny do podskupin podle způsobu jejich realizace a to dle [31] na:

- pozorování,
- měření,
- experimentování.

Z hlediska výzkumu můžeme rozdělit empirické metody dle [31] na:

- Experimentální metody, které jsou skupinou technik používaných při vědeckém výzkumu v technických a přírodních vědách.
- Neexperimentální metody, které jsou využívány při výzkumech sociotechnických v oblasti společenských věd. Jedná se o následující metody:
 - Historický výzkum
 - Průzkum
 - Případové studie
- Quasi experimentální metody – akční výzkum, které představují proces systematického sběru dat o fungování systému v relaci ke stanoveným záměrům a cílům včetně sběru dat v rámci systémové zpětné vazby za účelem plánování akcí na základě formulovaných hypotéz.

2) Metody logické v sobě zahrnují množinu metod, které využívají principy logiky a logického myšlení. Mezi tyto metody patří trojice párových metod:

- abstrakce – konkretizace,
- analýza – syntéza,
- indukce – dedukce,

Tyto metody se v praxi konkrétního vědeckého výzkumu vzájemně doplňují, kombinují a samozřejmě ve svém účinku překrývají a tím vytvářejí i určitou synergii. Popis těchto metod je uveden v následujícím textu. V práci byly použity dle [31] tyto základní obecné metody:

Abstrakce představuje myšlenkový proces, v jehož rámci se u různých objektů vydělují pouze jejich podstatné charakteristiky – nepodstatné se neuvažují, čímž se ve vědomí vytváří model objektu obsahující jen ty charakteristiky či znaky, jejichž zkoumání nám umožní získat odpovědi na kladené otázky. [31]

Koncretizace představuje opačný proces, kdy vyhledáváme konkrétní výskyt určitého objektu z určité třídy objektů a snažíme se na něj aplikovat charakteristiky platné pro tuto třídu objektů. [31]

Analýza je proces faktického nebo myšlenkového rozčlenění celku (jevu, objektu) na části. Jedná se o rozbor vlastností, vztahů, faktů postupujících od celku k částem. Umožňuje tedy odhadovat různé stránky a vlastnosti jevů a procesů, jejich stavbu, vyčleňovat etapy, rozporné tendence, apod. Umožňuje tedy oddělit podstatné od nepodstatného, trvalé vztahy od nahodilých. Při analýze se postupuje logicky systémem „shora dolů“. [31]

Syntéza je opakem analýzy, kdy se postupuje od části k celku. Dovoluje poznávat objekt jako jediný celek. Je to spojování poznatků získaných analytickým přístupem. Syntéza tvoří základ pro správná rozhodnutí. [31]

Indukce představuje proces vypořádání obecného závěru na základě poznatků o jednotlivostech. Zajišťuje přechod od jednotlivých soudů k obecným. Induktivní závěr lze považovat za hypotézu, protože nabízí vysvětlení, i když těchto vysvětlení může být v praxi více. Závěry induktivních myšlenkových pochodů jsou vždy ovlivněny subjektivními postoji (zkušenostmi, znalostmi) a mají proto omezenou platnost. Indukce se objeví všude tam, kde pozorujeme nějaký fakt (jev, vlastnost) a ptáme se „Proč to je?“ Pro získání odpovědi si vytvoříme předběžné (nezávazné) vysvětlení (hypotézu) a tato hypotéza je přijatelná, jestliže nám vysvětlí, proč daný jev nastal. [31]

Dedukce je způsob myšlení, při němž od obecných závěrů, tvrzení a soudů přecházíme k méně známým, zvláštním. Vycházíme tedy ze známých, ověřených a obecně platných závěrů a aplikujeme je na jednotlivé, dosud neprozkoumané případy. Dedukce je proces, ve kterém testujeme, zda vyslovená hypotéza je schopna vysvětlit zkoumaný fakt. Bohužel imponující nezvratnost deduktivních důkazů je však dosahována za cenu toho, že nic nevypovídají o reálném světě. Proto má dedukce význam jen jako článek myšlenkového řetězce, ve kterém se uplatňují i jiné typy myšlení. [31]

Abdukce může být selektivní nebo kreativní. Abdukce je vedle indukce a dedukce dalším typem úsudků. Jde o takový typ úsudků, při nichž vytváříme hypotézy pro pozorované jevy. Při tom jde většinou o redukci z několika možných vysvětlení. Tento typ abdukce je většinou nazván selektivní abdukci. Vedle selektivní abdukce je známa také kreativní, která vytváří možná vysvětlení. [31]

3) Modelování a simulační experimenty patří k nejpokročilejším metodám vědeckého zkoumání. Tento způsob zkoumání založený na vlastních objevech dává prostor pro rozvoj osobní tvořivosti a samostatného uvažování. Model je pak účelové zjednodušení skutečnosti, kdy jsou za účelem zvládnutelnosti opomenuty méně důležité detaily reality. Model se tedy nesnaží zachytit všechny aspekty reálného systému, ale pouze ty aspekty, které mají na chování systému jako celku podstatný vliv. Modely pak můžeme dělit dle [31] na:

- Mentální modely, jež si vytváříme ve své mysli, sestávají z komplexní a multidimenzionální směsice obrazů a zkušeností. Mentální modely jsou filtry, kterými interpretujeme své zkušenosti, měníme plány a vybíráme z několika možností.
- Mentální mapa je způsob, jak vyjádřit mentální model. Pomocí mentální mapy se snažíme shrnout všechny oblasti, které mají co do činění s hlavní myšlenkou. Myšlenková mapa by měla vycházet z hluboké analýzy řešené problematiky. Z tohoto důvodu může být dosti obsáhlá a složitá. Při řešení problémů v praxi je téměř nezbytné zohlednit všechny informace, které mapa obsahuje.
- Explicitní model představuje počítačový model. Dobrý počítačový model může poskytnout jakési zrcadlo našim mentálním modelům, můžeme je navzájem srovnávat a vyvozovat z nich smysluplné závěry, překonat nedostatky a omezení

vyplývající z mentálních modelů. Je však třeba si především plně uvědomit, jaká to přináší omezení, k čemu je počítač vhodným nástrojem a k čemu již ne.

Počítačové modely můžeme dále dělit na základní dvě skupiny – modely optimalizační a simulační, z nichž každá má svá další specifika.

- Optimalizačními modely se snažíme nalézt nějaké optimální řešení – ať již maximum či minimum. Většinou se skládají ze tří částí, kterými jsou cílová funkce, omezující podmínky a proměnné rozhodnutí. U tohoto přístupu je třeba si uvědomit určitá omezení, zejména ve vztahu ke komplexním sociálním systémům, kdy je problémem určení cílové funkce, která velmi často závisí na perspektivě pohledu.
- Simulační modely vychází z latinského slova „simulare“, napodobovat. Cílem simulačních modelů je tedy napodobovat chování reálného systému, aby mohlo být zkoumáno. Takovéto simulační modely vytvářejí „mikrosvěty“, se kterými lze provozovat různé vědecké experimenty v komprimovaném čase, v reálném světě neuskutečnitelné. Na rozdíl od optimalizačních, simulační modely umožňují zahrnout mnoho specifík komplexních sociálních systémů, ať již jsou to zpětné vazby, zpoždění či nelinearita. Používají se prakticky především na analýzu typu „jestliže-pak“ („what-if“), testování dopadů různých scénářů, strategií, apod. Použití počítačovým simulačních modelů pro experimentování může vědcům poskytnout řadu neocenitelných poznatků.

8 Postup při zpracování disertační práce

Smyslem síťových organizací je spolupracovat při vytváření podnikových a mezipodnikových činností a tím si zvyšovat svou konkurenceschopnost. Činností, na kterých je možné v podnicích spolupracovat, existuje velké množství. Jednou z hlavních činností většiny průmyslových podniků je výroba, ve které je možné nalézt potenciál na úsporu nákladů na realizaci výrobků. Úskalími spolupráce na výrobě jsou tvorba plánu výroby, organizace toku materiálu (především na úrovni mezi podniky) a riziko zvýšení nákladů – změnou postupu výroby se uspoří náklady na výrobu, ale vzniknou náklady na manipulaci, které jsou vyšší než úspora.

Cílem je tedy navrhnout takový postup – metodiku, který bude schopen po zjištění potřebných vstupních dat, stanovit variantu (plán) výroby, která bude splňovat stanovená kritéria (např. snížení nákladu na realizaci zakázky, zvýšení objemů výroby). Na základě těchto informací pak bude možné zvyšovat konkurenceschopnost podniků, které se podílejí na realizaci těchto zakázek.

Tvorba disertační práce je rozdělena do několika fází:

1. **Studium současného stavu problematiky síťových organizací** – úvodním krokem je studium stavu a vývoje problematiky síťového podnikání a studium odborné literatury, která se zabývá problematikou mezipodnikové logistiky, plánováním a hodnocením variant dopravy. Tato část je zakončena shrnutím poznatků a stanovením východisek pro další řešení.
2. **Stanovení cílů a hypotéz disertační práce** – cíle disertační práce jsou stanoveny na základě stavu současného řešení problematiky síťových organizací.
3. **Vymezení metod využitých při práci** – popis a výběr metod, pro usnadnění vypracování disertační práce.
4. **Analýza parametrů ovlivňujících plánování výrobních a logistických činností v síti podniků** – bude provedena analýza potenciálních parametrů (vstupních dat), které ovlivňují plán výroby i s ohledem na logistické činnosti, které probíhají mezi podniky v síti. Součástí této části bude i analýza postupu tvorby plánu výroby a logistických činností. Tato oblast bude prostudována s ohledem na schopnost těchto parametrů ovlivnit především plán výroby.
5. **Testování základních hypotéz disertační práce** – pro ověření cíle disertační práce je vytvořen model, ve kterém dochází k testování základních myšlenek disertační práce. V modelu je testováno, zda je možné pomocí variantního technologického postupu docílit snížení nákladů na výrobu, snížení průběžné doby výroby a navýšení využití dostupných výrobních kapacit.
6. **Vytvoření metodiky plánování výrobních a logistických činností v síti podniků** – veškeré sesbírané informace a materiály budou dány do ucelené formy, na jejímž základě bude sestaven postup práce, který bude dostupný pro všechny uživatele. Metodika bude doplněna o program v MS Excel, který bude pomáhat uživateli s přípravou vstupních dat.
7. **Vytvoření simulačního modelu pro testování metodiky a verifikace modelu (metodiky)** – pro ověření funkčnosti metodiky bude uveden simulační model zpracovaný pomocí programu Tecnomatix Plant Simulation, ve kterém bude demonstrována funkčnost metodiky a testovány cíle a hypotézy disertační práce.
8. **Verifikace stanovených hypotéz a syntéza závěrů** – v poslední části budou potvrzeny cíle a hypotézy disertační práce. Z výsledků se vyvodí závěry, které budou přínosem jak pro vědu, tak pro praxi.

9 Případová studie: Optimalizace variantního rozvrhování výroby pomocí simulace

V disertační práci se zabývám možnostmi rozložení výroby na jednotlivých výrobcích (zakázkách) mezi jednotlivé členy síťové organizace. Porovnává se, zda je výhodnější vyrobit výrobek v rámci jednoho podniku, nebo některé operace převést na další členy síťové organizace. Hlavními kritérii hodnocení jsou zde kvalita, čas a náklady. Stěžejní částí je zde doprava mezi jednotlivými podniky, kterou ovlivňují právě kritéria času a nákladů. Proto je vytvořena *Případová studie: Optimalizace variantního rozvrhování výroby pomocí simulace*. Úkolem je vytvořit pomocí simulačního softwaru model výroby, kde je možnost u jednotlivých technologických operací využít více druhů strojů (pracovišť) s rozdílnými parametry a nalézt variantu výroby s nejnižšími náklady a s nejkratší průběžnou dobou výroby.

9.1 Definice zadání modelu výroby

Simulační model a jeho vstupní parametry jsou zvoleny tak, aby byly v souladu s tématem disertační práce. Hlavním cílem modelu je nalézt nejvýhodnější variantu výroby, tedy jestli je výhodnější vyrobit výrobek jen u jednoho člena, anebo u více členů sítě, a která kombinace členů je nejvýhodnější. Proto byl definován zjednodušený model výroby více výrobků v rámci jednoho podniku, kde je možno jednotlivé technologické operace realizovat na více strojích (pracovištích). V modelu je zanedbána manipulace mezi stroji (pracovišti) a je sledováno, zda je možné nalézt nejrychlejší nebo nejlevnější variantu výroby. Dále jsou definovány následující parametry modelu:

1. Výroba obsahuje 10 – 30 strojů (pracovišť), které lze v rámci technologických skupin zaměňovat a jsou pro ně stanoveny strojní hodinové sazby.
2. V podniku se vyrábí 10 druhů výrobku.
3. Technologické postupy výroby obsahují cca 10 – 30 operací s následujícím množstvím variant:
 - 2 varianty výroby – cca 75 % operací
 - 3 varianty výroby – cca 30 % operací
4. U jednotlivých operací jsou stanoveny pro všechny varianty výroby:
 - použitý stroj,
 - čas výroby,
 - čas nastavení.

Ad 1. Stroje (pracoviště)

Na základě zadání je nedefinováno 32 strojů (pracovišť) a jejich strojní hodinové sazby. Kompletní přehled je v následující tabulce (Tabulka 9-1). Stroje jsou rozděleny do následujících technologických skupin, ve kterých je možné stroje (pracoviště) zaměňovat:

- brusky
- soustruhy
- frézky
- vrtačky
- karusely
- horizontky
- CNC centra
- ostatní pracoviště (nelze zaměňovat)
 - seřizovači, označovači
 - kontrola
 - impregnace
 - montáž

Popis pracoviště	Počet strojů	SHS
Bruska 1	1	110
Bruska 2	1	130
Bruska 3	1	145
Soustruh 1	1	225
Soustruh 2	1	195
Soustruh 3	1	189
Soustruh 4	1	220
Soustruh 5	1	213
Frézka 1	1	250
Frézka 2	1	199
Frézka 3	1	243
Frézka 4	1	217
Vrtačka 1	1	103
Vrtačka 2	1	135
Vrtačka 3	1	127
Vrtačka 4	1	119
Seřizovači, označovači	1	126
Karusel SKQ8	1	165
Karusel SKIQ8	1	189
Karusel SKQ12NC	1	147
Karusel SKQ20	1	213
Karusel SKQ20-Z	1	265
Karusel SKIQ20	1	231
Horizontka 2B6	1	231
Horizontka WFQ80NC	1	268
Horizontka WFN130CNC	1	198
Frézky FCQW63NC	1	290
CNC centra DMG	1	370
CNC centra DMG	1	330
kontrolní pracoviště	1	120
impregnace	1	412
montáž	1	236

Tabulka 9-1 Seznam strojů (pracovišť) [zdroj autor]

Ad 2. Výrobky

Je nadefinováno následujících 10 výrobků, u kterých je určen objem výroby.

Díl	Počet kusů
vyrobek01	100
vyrobek02	100
vyrobek03	100
vyrobek04	100
vyrobek05	100
vyrobek06	100
vyrobek07	100
vyrobek08	100
vyrobek09	100
vyrobek10	100

Tabulka 9-2 Seznam výrobků [zdroj autor]

Ad 3. - 4. Technologické postupy a parametry výrobních operací

Jednotlivé výrobky mají technologické postupy o 6 až 27 operacích (průměrně je na výrobek 13,5 operace). Celkem je pro 10 výrobků vytvořeno 135 operací technologických postupů, 2 varianty výroby jsou stanoveny pro 102 operací (cca 75,5 %) a 3 varianty výroby jsou stanoveny pro 42 operací (cca 31 %). Pro všechny operace a jejich varianty je určeno, jaké stroje (pracoviště) mohou být použity a časy nastavení a výroby – viz následující tabulka.

Název	varianta 1			varianta 2			varianta 3		
	Pracoviště	Čas [min]		Pracoviště	Čas [min]		Pracoviště	Čas [min]	
		Nastavení	Výroba		Nastavení	Výroba		Nastavení	Výroba
vyrobek01	karuselSKQ8	36	59	karuselSKQ12	24	66			
	oznacovací	0	9						
	vrtacka1	30	42	vrtacka3	26	45			
	soustruh2	10	6	soustruh5	12	8			
	karuselSKQ8	36	48	karuselSKQ12	56	25			
	CNC_DMG1	40	133	CNC_DMG2	35	150	CNC_FCQW63NC	41	125
	CNC_DMG1	45	57	CNC_FCQW63NC	40	60	CNC_DMG2	46	45
	frezka2	15	8	frezka1	12	10	frezka4	19	8
	horizontkaWFN130CNC	10	23	horizontkaWFQ80NC	11	30	horizontka2B6	15	19
	impregnace	0	1						
kontrola	0	18							
vyrobek02	soustruh3	25	6	soustruh4	20	8			
	karuselSKQ8	6	17	karuselSKIQ8	7	15	karuselSKQ20	4	19
	soustruh1	6	15	soustruh2	7	14			
	oznacovací	0	14						
	frezka2	20	10	frezka4	25	9			
	vrtacka2	20	4	vrtacka3	22	3			
	karuselSKQ12	12	11	karuselSKIQ20	14	10	karuselSKQ20Z	16	11
	kontrola	0	1						
	soustruh3	25	6	soustruh5	22	4			
	montaz	0	1						
vyrobek03	soustruh3	25	5	soustruh4	20	4			
	CNC_DMG1	16	21	CNC_DMG2	20	15	CNC_FCQW63NC	22	16
	horizontka2B6	13	24	horizontkaWFQ80NC	10	35	horizontkaWFN130CNC	20	20
	karuselSKQ8	10	34	karuselSKQ12	15	30			
	oznacovací	0	9						
	frezka2	15	3	frezka4	20	4			
	vrtacka2	20	4	vrtacka3	15	3			
	soustruh1	6	15	soustruh2	7	14			
	kontrola	0	1						
	soustruh3	25	5	soustruh2	20	8	soustruh4	30	2
montaz	0	1							

Tabulka 9-3 Ukázka technologických postupů [zdroj autor]

9.2 Postup tvorby modelu

K tvorbě modelu byl použit simulační software Siemens Tecnomatix Plant Simulation, který obsahuje i funkci optimalizace modelu pomocí genetického algoritmu. Nejdříve bylo přistoupeno k tvorbě modelu. Tvorba modelu byla rozdělena do dvou základních kroků:

- Tvorba zjednodušeného modelu výroby
- Tvorba kompletního modelu výroby

9.2.1 Zjednodušený model výroby

Jako první je vytvořen zjednodušený model výroby. Tento model byl vytvořen jen pro 1 typ výrobku. Z technologických postupů byl vybrán výrobek s nejkratším technologickým postupem – výrobek 8 s šesti kroky technologického postupu (viz Tabulka 9-4). Tento technologický postup obsahuje 11 typů pracovišť, která jsou všechna do modelu umístěna. Zjednodušený model slouží k testování funkčnosti komplexního modelu vzhledem k zadání.

Název	varianta 1			varianta 2			varianta 3		
	Pracoviště	Čas [min]		Pracoviště	Čas [min]		Pracoviště	Čas [min]	
		Nastavení	Výroba		Nastavení	Výroba		Nastavení	Výroba
vyrobek08	karuselSKQ8	41	67	karuselSKIQ8	35	70	karuselSKQ20	45	50
	karuselSKQ8	41	97	karuselSKIQ8	35	120	karuselSKQ20Z	45	95
	karuselSKQ8	50	89	karuselSKIQ8	35	110	karuselSKIQ20	45	80
	CNC_FCQW63NC	45	77	CNC_DMG1	60	60	CNC_DMG2	55	68
	frezka2	20	28	frezka1	16	29			
	kontrola	0	36						

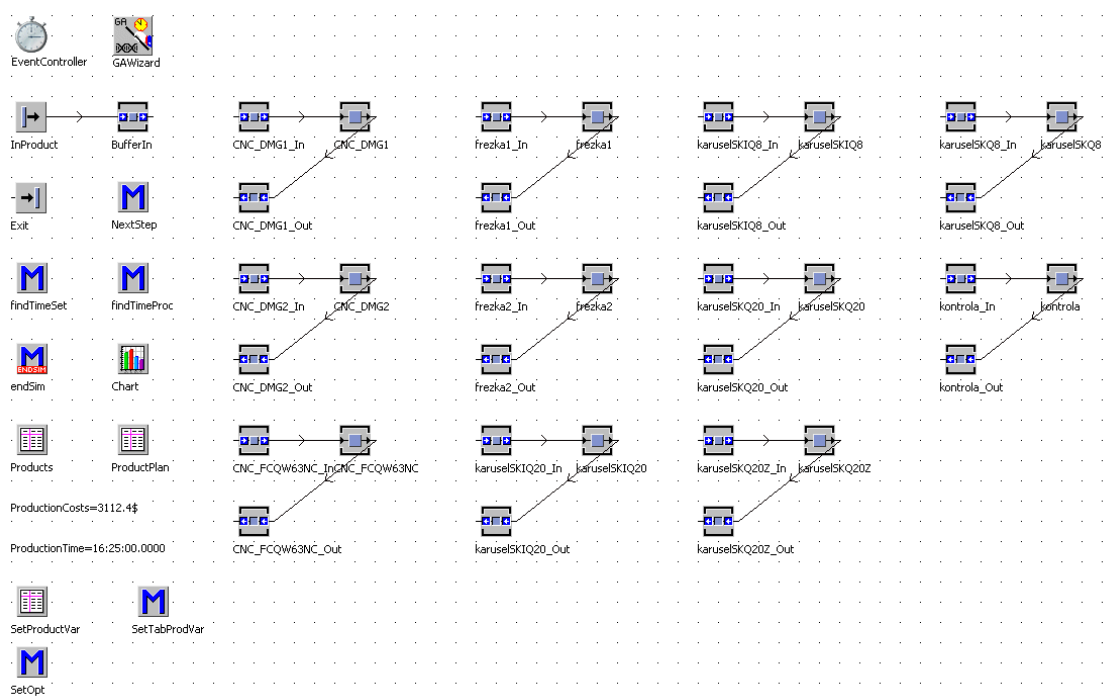
Tabulka 9-4 Technologický postup výrobku 8 [zdroj autor]

Při tvorbě modelu se hledaly odpovědi na následující otázky:

1. Jak bude realizován vstup a výstup výrobků do modelu?
2. Jak bude realizován pohyb výrobků dle technologických postupů v modelu?
3. Jak budou počítány výrobní náklady?
4. Jak budou nastavovány časy nastavení a výroby pro jednotlivé operace a pracoviště?
5. Jak bude určena nejvýhodnější varianta výroby?

Během tvorby modelu jsou všechny otázky zodpovězeny. Pro tvorbu modelu jsou použity standardní prvky softwaru Plant Simulation a pro chování modelu především tabulky a metody. Podrobný popis všech použitých tabulek a metod je v následujících podkapitolách. Pro vstup a výstup výrobků jsou použity standardní prvky „source“ a „drain“. Vstup do modelu je nastaven na konečný počet výrobků a je řízen pomocí tabulky **Products**. Jednotlivá pracoviště jsou tvořena prvkem „singleproc“ a opatřena vstupním a výstupním zásobníkem pomocí prvku „buffer“. Pohyb výrobků v modelu je řízen nastavením exitu ve výstupních bufferech pomocí metody **NextStep**, která podle technologického postupu uloženého v tabulce **ProductPlan** určuje, kam se má výrobek v dalším kroku přesunout. Aktuální hodnoty časů nastavení a výroby na jednotlivých pracovištích nastavují metody **findTimeSet** a **findTimeProc**. Celkové produkční náklady počítá metoda **endSim**.

Hledání nejvýhodnější varianty výroby je zjišťováno pomocí genetického algoritmu, který je standardní funkcí softwaru Tecnomatix Plant Simulation. Pro správný chod funkce genetického algoritmu je třeba nastavit vstupní parametry, které vytvářejí různé varianty nastavení modelu, kriteriální rovnici, počet generací a velikost generace. Vstupní parametry do genetického algoritmu zajišťují tabulka **SetProdductVar** a metody **SetTabProdVar** a **SetOpt**. V genetickém algoritmu je nastaven počet generací na 5 a velikost generace na hodnotu 10 (defaultní hodnoty). Optimalizovaná hodnota – kriteriální rovnice je nastavena na hledání minima celkových výrobních nákladů, minima průběžné doby výroby anebo obou současně. Celkový náhled modelu je vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 9-1 Zjednodušený model výroby [zdroj autor]

Použité tabulky

V modelu jsou využívány následující 3 tabulky:

- **Products** – tato tabulka obsahuje základní parametry vznikajících entit (výrobků) v modelu. Obsahuje informace o frekvenci vstupu výrobků do modelu, název výrobku, počet výrobků, který vstoupí do modelu, a nastavuje výchozí atributy, se kterými pracují použité metody.
- **ProductPlan** – v této tabulce jsou uloženy technologické postupy všech výrobků včetně variant výroby pro jednotlivé operace. V každém kroku technologického postupu je uloženo označení pracoviště, čas nastavení a výroby.
- **SetProductVar** – tato tabulka obsahuje souhrnné informace, které slouží k nastavení optimalizačního algoritmu – název výrobku, počet kroků technologického postupu a počet variant každého kroku. Pro provedení optimalizace obsahuje i výslednou nevhodnější variantu všech kroků technologických postupů.

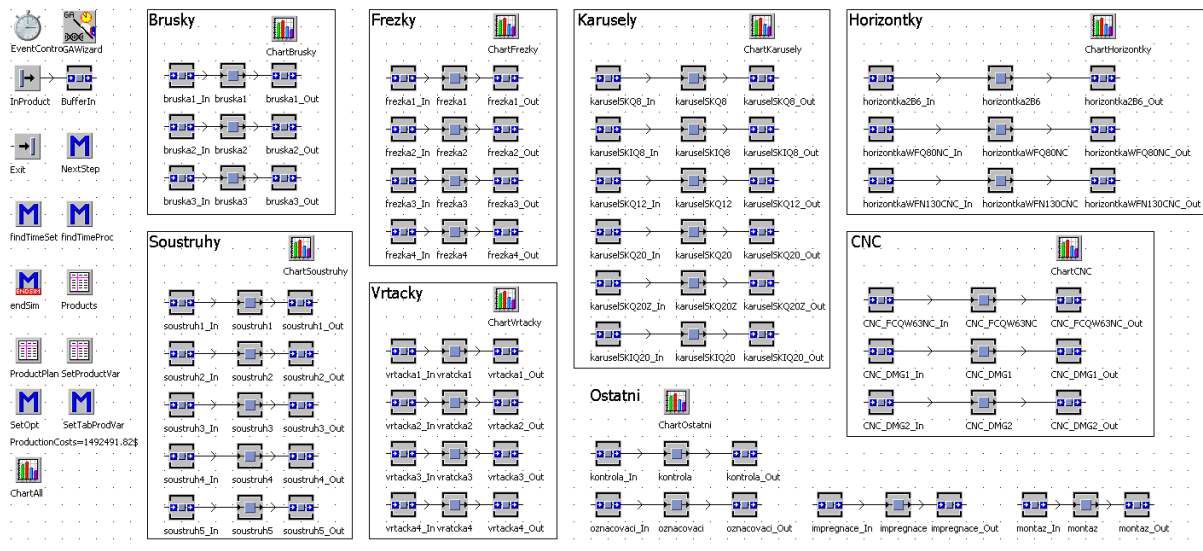
Použité metody

V modelu jsou využívány následující metody:

- **nextStep** – metoda řídí pohyb entit v modelu. Metoda si vytahuje informace z tabulek **Products** a **ProductPlan** a určuje, kam se má entita v dalším kroku přesunout.
- **findTimeProc** – tato metoda slouží k nastavení času výroby ve chvíli, kdy entita vstoupí do pracoviště. Tyto informace si vytahuje z tabulky **ProductPlan**.
- **findTimeSet** – tato metoda slouží k nastavení času nastavení pracoviště ve chvíli, kdy entita vstoupí do pracoviště. Tyto informace si vytahuje z tabulky **ProductPlan**.
- **SetTabProdVar** – pomocí této metody je naplněna tabulka **SetProductVar** daty, které si vytahuje z tabulek **Products** a **ProductPlan**.
- **SetOpt** – metoda slouží k nastavení optimalizačního algoritmu. Nastavuje, které parametry má algoritmus měnit, v jakém rozsahu a kam má výsledné řešení uložit. Potřebné informace si vytahuje s tabulky **SetProductVar**.
- **endSim** – tato metoda slouží k výpočtu celkových produkčních nákladů. Při pohybu výrobků v modelu sleduje na všech pracovištích časy výroby a nastavení, které jsou násobeny strojní hodinovou sazbou, která je nastavena jako další atribut přímo v prvku reprezentujícím pracoviště.

9.2.2 Kompletní model výroby

Dalším krokem je jednoduchý model rozšířit na kompletní model. Nejdříve jsou do modelu vložena všechna pracoviště definovaná v zadání a rozdělena do technologických skupin (jednotlivé skupiny jsou graficky odděleny). Dalším krokem je doplnění tabulek **Product** a **ProductPlan**, které nastavují vstupy výrobků a jejich pohyb ve výrobě. Dále je rozšířeno nastavení optimalizačního algoritmu – parametrů, které algoritmus během optimalizace mění. K rozšíření došlo především protože jsou nastavovány varianty výroby pro více výrobků (v zjednodušeném modelu je sledován 1 výrobek a 5 parametrů, ale v kompletním modelu je to 10 výrobků a 102 parametrů) a přidán další sledovaný parametr - čas vstupu výrobků do systému pro každý výrobek – rozsah 0 až 1 hodina. Celkem pracuje algoritmus ze 112 parametry. Proto je změněno nastavení počtu generací na 240 a velikost generace 50. Celkový náhled modelu je vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 9-2 Kompletní model výroby [zdroj autor]

9.3 Závěr

9.3.1 Vyhodnocení modelu

Vyhodnocení a návrhy na rozšíření se týkají jen kompletního modelu. Zjednodušený model byl také vyhodnocován, ale jen pro ověření jeho funkčnosti. Např. byla hledána nejvýhodnější varianta výroby 1 ks výrobku při minimálních nákladech a minimální průběžné době výroby, kde byly výsledky ověřovány výpočtem v MS Excel.

Při vyhodnocování modelu jsme sledovali především celkové výrobní náklady a průběžnou dobu výroby. Dále jsme při vyhodnocování modelu sledovali změny vytížení použitých pracovišť. Výsledky byly sledovány u výchozího neoptimalizovaného modelu, modelů po optimalizaci s různými cíli optimalizace a optimalizačními parametry a nakonec u modelu se zdvojením (ztrojením) vybraných pracovišť. Výchozím modelem se rozumí model před optimalizací, kdy je u všech kroků technologických postupů nastavena varianta1 a časy vstupů všech výrobků jsou 10 minut. Sledovány byly následující varianty modelu:

- Výchozí stav modelu – bez optimalizace
- Optimalizační parametr – varianta výroby
 - Optimalizace nákladů
 - Optimalizace průběžné doby výroby
 - Optimalizace nákladů a průběžné doby výroby
- Optimalizační parametr – varianta výroby a časy vstupu výrobků
 - Optimalizace nákladů
 - Optimalizace průběžné doby výroby
 - Optimalizace nákladů a průběžné doby výroby
- Optimalizační parametr – varianta výroby a časy vstupu výrobků – rozšíření pracovišť
 - Optimalizace nákladů a průběžné doby výroby

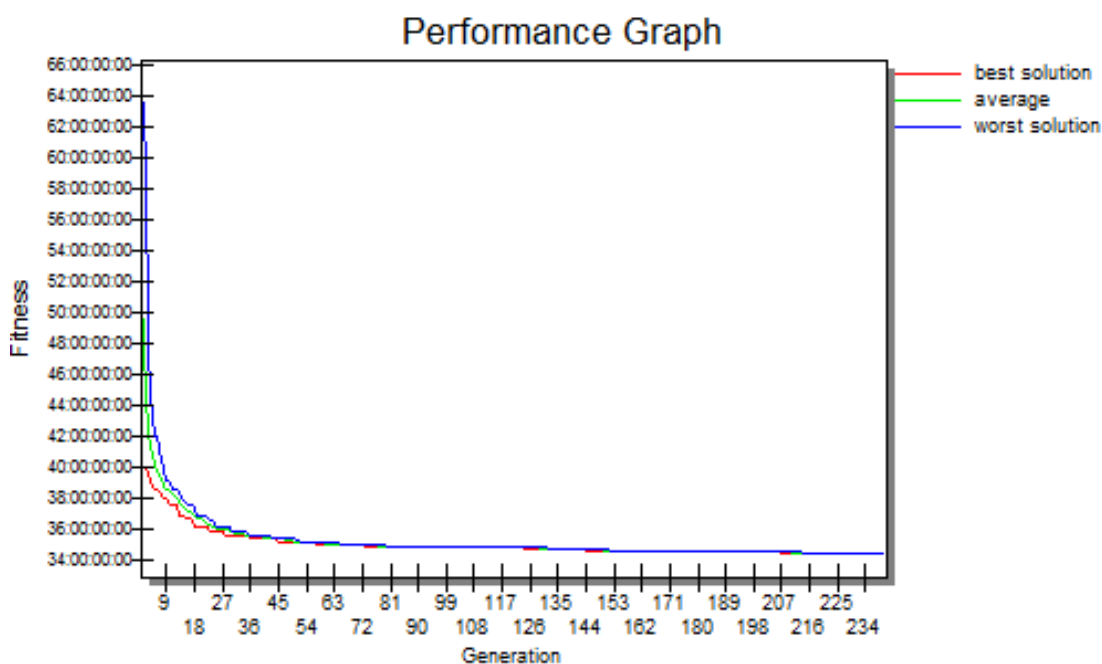
Výsledky sledovaných hodnot jsou uvedeny v následující tabulce. Je vidět, jak je pomocí optimalizace dosaženo výrazně lepších hodnot, které korespondují s typem optimalizace. Např. při minimalizaci výrobních nákladů vychází nejnižší hodnota ze všech variant. Mírně horších výsledků bylo dosaženo u variant, kde byly optimalizační parametry varianty výroby

i časy vstupů výrobků, jelikož algoritmus pracoval s větším počtem proměnných při totožném nastavení počtu generací a velikosti generace.

Porovnání variant modelů	náklady [Kč]	průběžná doba výroby [dd:hh:mm:ss]
Bez optimalizace	2 114 131,50 Kč	69:20:37:16,08
Optimalizační parametr: varianty postupu		
Optimalizace nákladů	1 723 828,93 Kč	40:08:31:55,56
Optimalizace průběžné doby výroby	2 131 733,70 Kč	14:03:38:00,60
Optimalizace nákladů a průběžné doby výroby	1 952 149,27 Kč	14:19:15:40,14
Optimalizační parametr: varianty postupů a časy vstupů		
Optimalizace nákladů	1 732 730,35 Kč	34:08:03:07,56
Optimalizace průběžné doby výroby	2 123 240,18 Kč	14:18:22:19,50
Optimalizace nákladů a průběžné doby výroby	1 927 432,67 Kč	15:10:41:10,50
Optimalizační parametr: varianty postupů a časy vstupů - rozšíření pracovišť		
Optimalizace nákladů a průběžné doby výroby	1 966 895,32 Kč	11:15:20:11,58

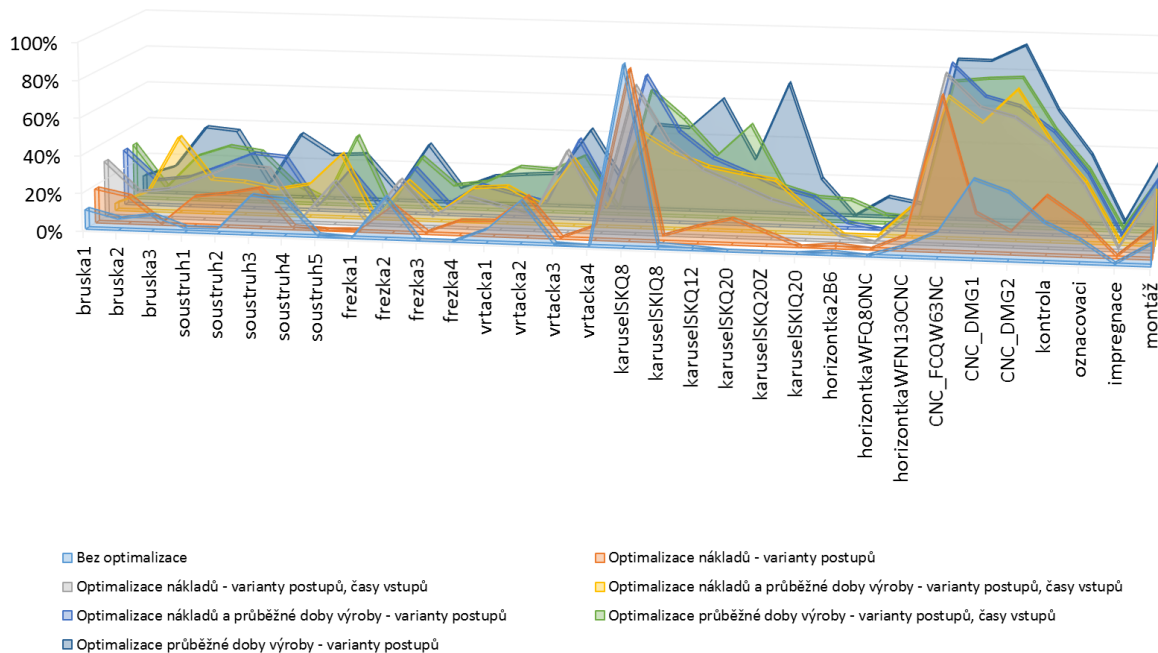
Tabulka 9-5 Porovnání variant modelů [zdroj autor]

Optimalizační algoritmus běžel cca 120 minut a na následujícím obrázku (viz Obrázek 9-3) je vidět průběh hledání optima. V grafu je na vodorovné ose uvedeno číslo generace a na svislé ose optimalizovaná hodnota – hodnota kritériální rovnice, která je buď přímo v jednotkách sledovaného kritéria (např. u minimalizace nákladů ve sledované měně), nebo je algoritmem přepočtena na společné jednotky (např. u minimalizace nákladů a průběžné doby výroby je hodnota nákladů převedena na čas a přičtena k hodnotě průběžné doby výroby). Do grafu jsou vynášeny hodnoty nejlepšího nalezeného řešení v generaci (best solution – červený průběh hodnot), nejhoršího nalezeného řešení v generaci (worst solution – modrý průběh hodnot) a průměrná hodnota nalezených řešení v generaci (average – zelený průběh hodnot). Je vidět, že jednotlivé průběhy se k sobě postupně přibližují a zhruba po třetině až polovině testovaných generací se algoritmus blíží k výsledku optimalizace. Z grafů je také patrné, že pravděpodobně nebylo dosaženo optimální hodnoty, ale bylo dosaženo přípustného řešení.

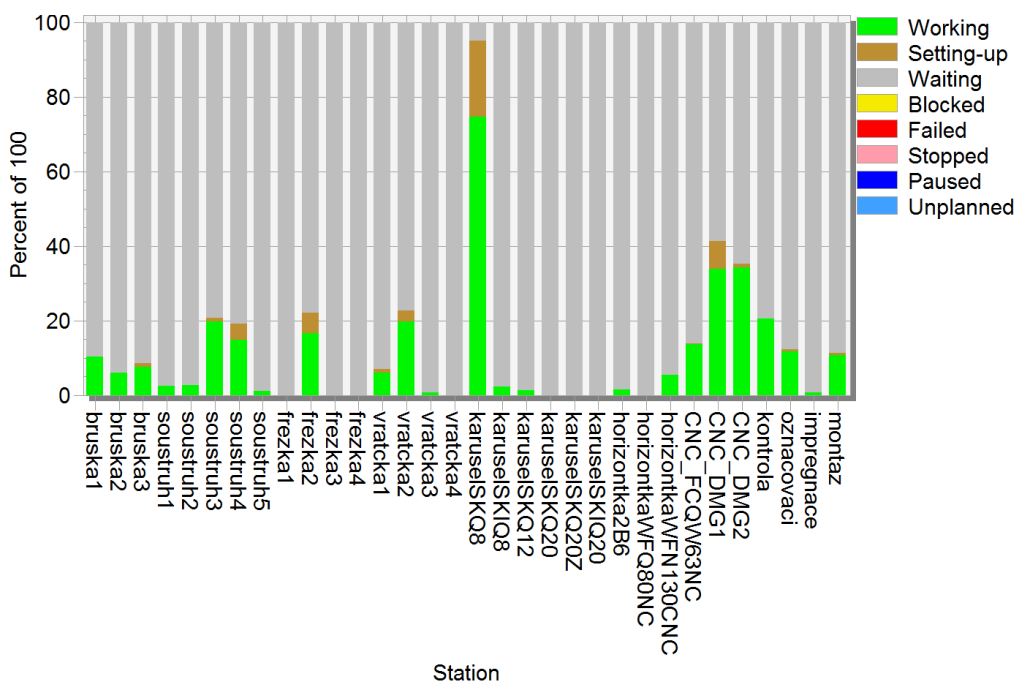


Obrázek 9-3 Průběh optimalizace: Optimalizace nákladů a průběžné doby výroby - varianty postupů, časy vstupů s rozšířením výroby [zdroj autor]

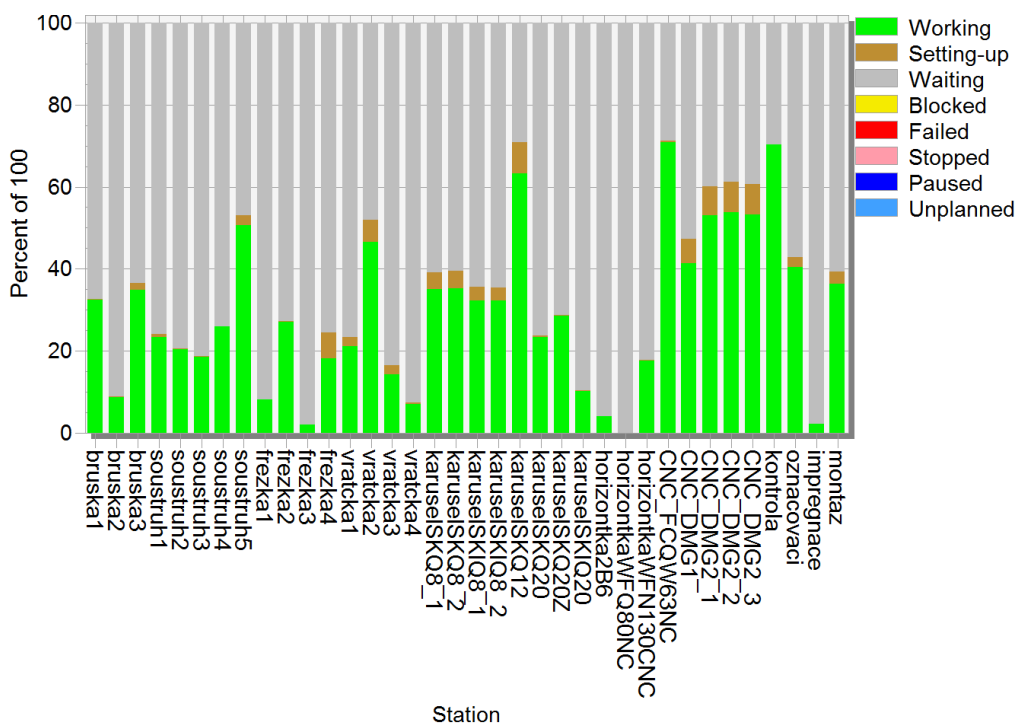
Dále bylo zajímavé porovnat vytížení výroby jednotlivých variant modelů, kde je jasné vidět, že po optimalizaci dochází k lepšímu rozložení výroby a vyššímu vytížení výroby. Nejvyšších hodnot vytížení je dosaženo u variant optimalizace průběžné doby výroby a u optimalizace nákladů a průběžné doby výroby. Celkové porovnání vytížení výroby vybraných variant je vidět na následujícím obrázku (Obrázek 9-4). Na dalších obrázcích je vidět vytížení u výchozí varianty (viz Obrázek 9-5) a u jedné z optimalizovaných variant (viz Obrázek 9-6), kde je vidět rozložení vytížení jednotlivých pracovišť a jak bylo vytížení pracovišť u optimalizované varianty zlepšeno.



Obrázek 9-4 Porovnání vytížení výroby vybraných variant [zdroj autor]



Obrázek 9-5 Vytížení pracovišť: Výchozí stav [zdroj autor]



Obrázek 9-6 Vytížení pracovišť: Optimalizace nákladů a průběžné doby výroby - varianty postupů, časy vstupů s rozšířením výroby [zdroj autor]

Vytvořením tohoto modelu je ověřeno, že pro hledání nejvýhodnější varianty výroby je možné využít simulační nástroje a optimalizačních algoritmů. Na výsledcích v této kapitole je jasně vidět, že optimalizační algoritmus umožňuje najít výhodnější variantu výroby. Zkušenosti z práce na tomto modelu jsou použity při tvorbě modelu výroby v síti podniků.

9.3.2 Návrhy na rozšíření modelu

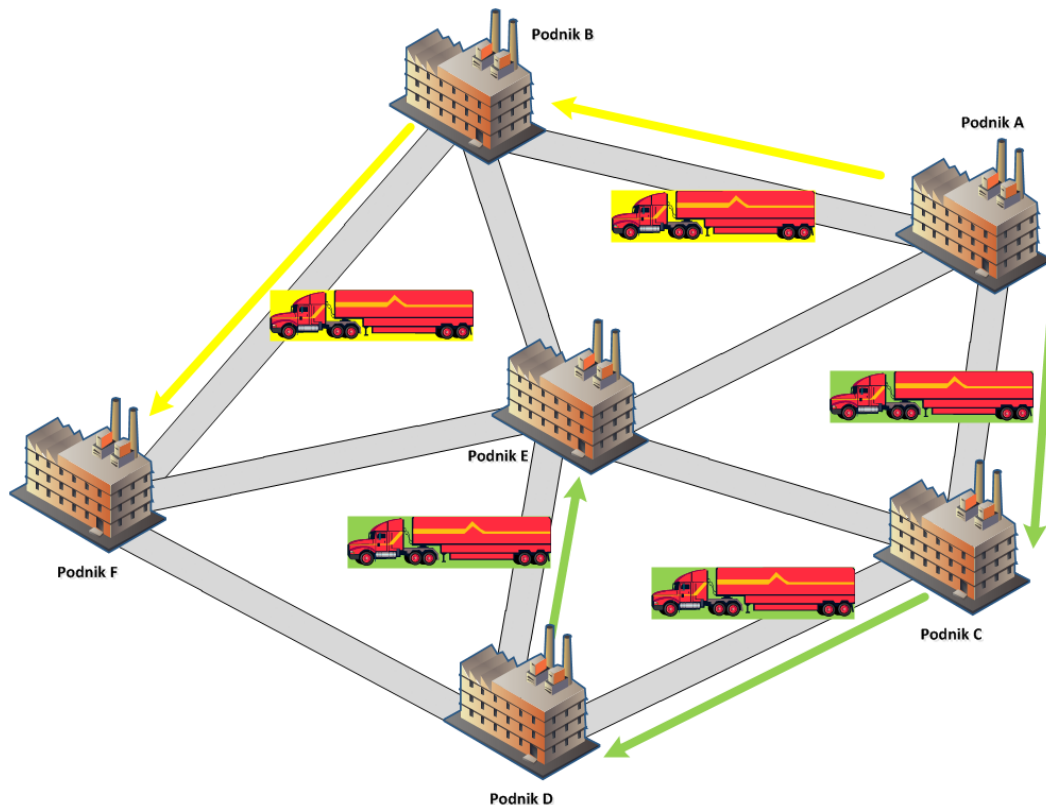
Jelikož se jedná o zjednodušený model výroby, je mnoho možností, jak model dále rozšiřovat, zvyšovat jeho složitost a přibližovat k chování reálného výrobního (a případně logistického) systému. Návrhy na rozšíření modelu jsou následující:

- Definovat manipulaci mezi pracovišti a dopravu mezi podniky – určit dobu, délku a rychlost manipulace/dopravy.
- Definovat velikosti manipulačních a výrobních dávek.
- Definovat kapacity a poruchovost strojů (pracovišť).
- Definovat směnnost a dobu práce.
- Definovat obsluhu pracovišť.
- Použít další optimalizační algoritmy – např. metodu simulovaného žihání.

10 Metodika plánování výrobních a logistických činností v síti podniků

10.1 Teoretická východiska pro návrh metodiky

Obsahem práce je problematika síťových organizací (např. klastrů), kdy cílem práce je nalézt, zda je výhodné vyrábět výrobky i v rámci několika podniků síťové organizace. Jedná se zde tedy o propojení více výrobních systémů v rámci síťové organizace (Obrázek 10-1).



Obrázek 10-1 Schéma propojení podniků v síťové organizaci s příklady výrobních postupů [zdroj autor]

Na obrázku jsou vidět dvě varianty výroby, kdy v jedné jsou pro výrobu využity tři podniky a u druhé varianty jsou využity čtyři podniky. Ale můžeme uvažovat i variantu, kdy je výroba realizována jen v jednom podniku.

Vstupy při určování optimální varianty jsou parametry a dispozice jednotlivých technologií v podnicích a parametry přepravních technologií používaných pro přepravu mezi jednotlivými podniky v síťové organizaci. Mezi parametry technologií patří např. především:

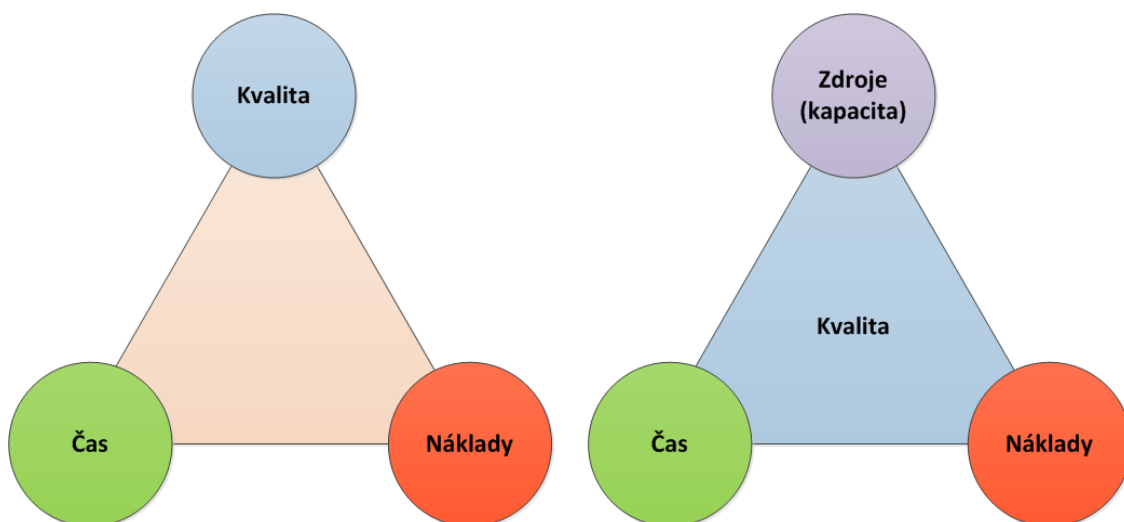
- Seznam technologií (výčet technologií, které jednotlivé podniky mají k dispozici)
- Kapacita technologií
- Kvalita technologií
- Časová náročnost výroby na daných technologiích
- Náklady výroby (náklady na výrobu 1 ks v daném podniku na dané technologii)

Mezi parametry přepravy patří např. především:

- Typ přepravního prostředku
- Délka trasy
- Kapacita přepravy
- Doba přepravy
- Náklady přepravy

Jelikož k těmto zakázkám můžeme přistupovat, jako k jednotlivým projektům, vycházíme při hodnocení variant z projektového trojúhelníku, nebo modifikovaného projektového trojúhelníku (Obrázek 10-2). Základní kritéria hodnocení projektů jsou:

- Kvalita – kvalita zpracování zakázky
- Čas – časová realizace zakázky
- Zdroje – kapacita strojů, pracovní síly, materiálu, pracoviště,...
- Náklady – Ekonomická vyhodnocení zakázky



Obrázek 10-2 Projektový trojúhelník a modifikovaný projektový trojúhelník [zdroj autor]

Projektový trojúhelník představuje stanovený limit vyjmenovaných kritérií projektu a vazbu mezi nimi. Je důležité sledovat vyváženost těchto kritérií a nezaměřovat se pouze na jednotlivá kritéria. To může vést např. při kladení důrazu na minimalizaci nákladů, ke snížení kvality a neúměrnému prodloužení délky realizace zakázky.

Tato kritéria rozdělujeme do dvou skupin – omezující podmínky a variabilní složky. U omezujících podmínek sledujeme, zda jsou splněna či nesplněna. Variabilní složky jsou pohyblivé a sledujeme poměr mezi nimi, kdy obě složky mají své limity. Do omezujících podmínek patří kapacita a kvalita a do variabilních složek patří náklady a čas.

Omezující podmínky:

Kapacitou rozumíme schopnost zdrojů (strojů, pracovníků, atd.) být k dispozici na daném místě, čase a v potřebném množství pro zajištění výkonu (v našem případě výroby, manipulace, dopravy, atd.). U kapacity sledujeme, zda u vytvořené varianty výroby budou

veškeré potřebné zdroje k dispozici tak, aby nedošlo k neúměrnému prodloužení průběžného času realizace zakázky.

Kvalitou rozumíme především splnění norem jakosti (např. ISO 9000, ISO 9001, atd.). Kvalitu můžeme rozdělit do dvou skupin – technická kvalita a relativní kvalita. Technickou kvalitou rozumíme splnění technických specifikací výrobků – právě pomocí technických norem např. ISO 9000, ISO 9001. Relativní kvalitou rozumíme splnění požadavků zákazníka, které jsou nad rámec technických norem. U kvality sledujeme, zda jsou splněny normy ISO a případně speciální požadavky zákazníka.

Variabilní složky:

Při vyvažování variabilních složek – náklady a čas – mohou nastat dva mezní stavy:

- Hledání „nejkratší trasy“
Cílem je nalézt takovou variantu výroby, která bude mít minimální možnou průběžnou dobu realizace zakázky i za cenu vyšších nákladů, kdy limit nákladů je prodejní cena s nulovým ziskem.
- Hledání „nejlevnější trasy“
Cílem je nalézt takovou variantu výroby, která bude mít minimální možné náklady realizace zakázky i za cenu vyšších průběžné doby realizace zakázky, kdy limit doby realizace je termín dodání zákazníkovi.

U obou mezních stavů může být řešení i výroba v rámci jen jednoho podniku.

Časem rozumíme celkovou dobu realizace zakázky – tj. mezi vstupem (vstupní sklad) u prvního podniku, který se podílí na realizaci, a výstupem (expedice) u posledního podniku, který se podílí na realizaci zakázky. Dobu realizace zakázky vypočteme jako součet technologických a netechnologických časů, kdy je třeba dávat pozor na paralelní operace (obdobně jako při řešení projektu). Při výpočtu technologických časů vycházíme z kusovníků a technologických postupů. Do technologických časů počítáme celkovou dobu, kterou stráví výrobek na pracovišti – výrobní čas, přípravný čas, zakončení, atd. Technologický čas tedy vychází z normy spotřeby času (t_{ac} , t_{bc} , atd.), kdy pracujeme s časem dávkovým, případně časem kusovým, který je násoben velikostí výrobní dávky a je k němu přičten čas přípravy a zakončení. Do netechnologických časů patří zbylá část z doby realizace zakázky uvnitř podniku (např. manipulace, skladování, atd.) a i doba převozu mezi podniky v rámci sítě, pokud je realizována v rámci technologického postupu.

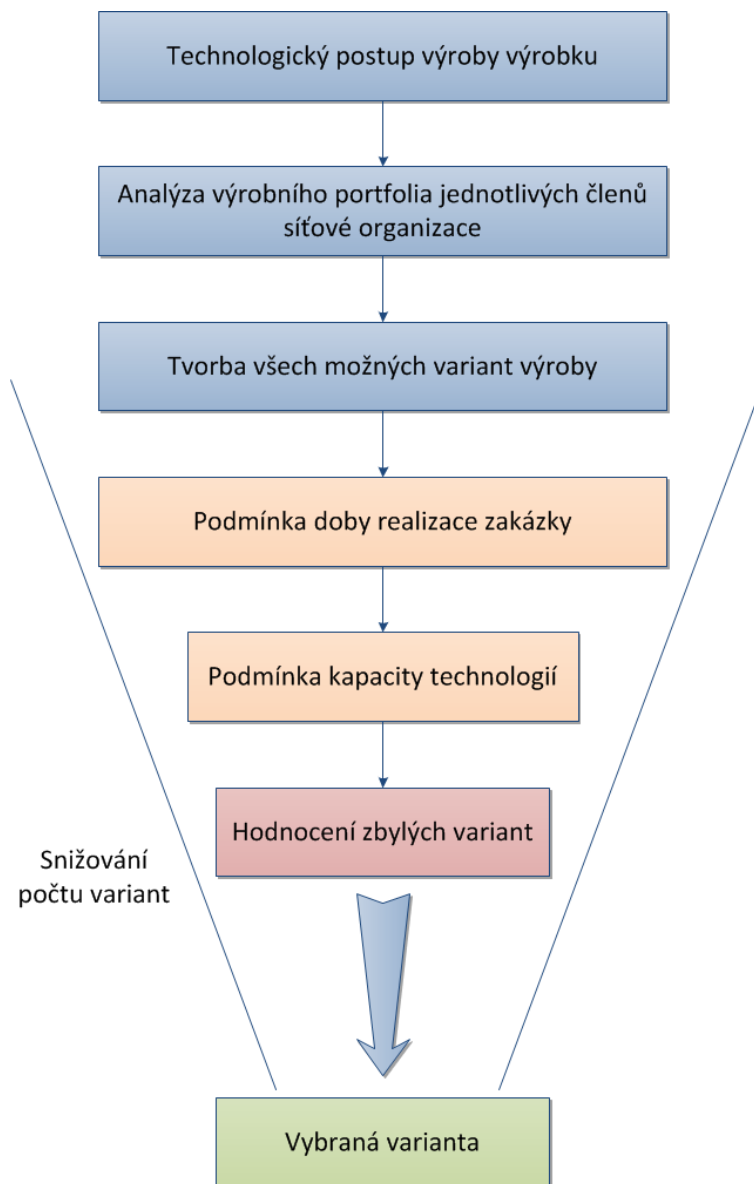
Náklady rozumíme vlastní náklady výroby, které rozdělujeme na dvě hlavní skupiny:

- Náklady na výrobu – vlastní náklady výroby v rámci konkrétního podniku (přímé mzdy, materiálové náklady, pracovní hodinová sazba, logistické náklady – skladování, manipulace, atd.).
- Náklady na dopravu mezi podniky - náklady na dopravu mezi podniky v rámci technologického postupu.

Při uvažování o výrobě v rámci několika podniků (sítě podniků), musíme počítat se zvýšeným rizikem včasného dodání zakázky z důvodů vyšších nároků na dopravu mezi podniky a počítat s technologickou zásobou z převozu. Tato zásoba nám zvyšuje náklady na realizaci zakázky – náklady spojené se skladováním a správou zásob.

Postup hodnocení variant je zjednodušeně uveden v následujících krocích (viz Obrázek 10-3). V prvním kroku bude analyzován technologický postup výroby a dispozice technologií v jednotlivých podnicích. Na základě této analýzy budou vytvořeny veškeré kombinace postupu výroby. Jelikož těchto kombinací bude pro hodnocení velké množství a může obsahovat nereálné kombinace, bude provedena redukce počtu variant na základě

omezujících podmínek (např. doba realizace zakázky, kapacita technologií, atd.). V posledním kroku budou redukované varianty porovnány a vybrána nejvhodnější.



Obrázek 10-3 Schéma postupu výběru varianty výroby v síťové organizaci [zdroj autor]

10.2 Návrh metodiky

Návrh metodiky vychází z teoretického základu plánování výroby s ohledem na mezipodnikovou dopravu se zaměřením na hodnocení variant mezipodnikové dopravy s dopadem na efektivní spolupráci v síti podniků na výrobě a jejich vzájemné vazby s ohledem na variabilní složky a omezující podmínky plánu výroby.

Omezující podmínky – kvalita a kapacita – slouží především k eliminaci počtu možných variant, jelikož nám vyřadí plány výroby, které by bylo neefektivní v dalších krocích vyhodnocovat. Naopak variabilní složky plánu výroby – náklady a čas na zakázku (zakázky) – se přímo promítají do kritériální rovnice, na jejímž základě je zvolena nejvýhodnější varianta plánu výroby z možných variant řešení. Jelikož lze dnes většinu parametrů převést na nákladové položky, lze tedy říci, že návrh plánu výroby je hodnocen především pomocí ekonomických kritérií. **Kritériální rovnice je tedy měřítkem hospodárnosti plánu výroby.**

Metodika je určena především pro tvorbu plánu výroby v síti podniků při realizaci zakázek v rámci sítě podniků, tedy v případě, kdy budou zakázky zpracovávány tak, že minimálně jedna z operací technologického postupu probíhá v jiném než výchozím podniku zakázky. Metodika je platná pro horizontální síť podniku, tedy podniky s podobným výrobním zaměřením, kde probíhá výroba neopakovatelná (kusová až malosériová) a na zakázku. Metodika je dále platná pro zakázky, které jsou podobného charakteru, kdy se podobným charakterem rozumí zakázka o podobné velikosti a s výrobky, které mají podobné znaky. Vzhledem k tomu, že při zakázkové výrobě je znalost parametrů jednotlivých zakázek známa v horizontu několika týdnů před zahájením zakázky, je metodika zaměřena na tvorbu operativních plánů výroby, tedy s délkou do několika týdnů. Metodika má za cíl vytvořit takový plán výroby, který povede ke snížení nákladů na realizaci výroby zakázky, ke snížení průběžné doby výroby zakázky, ke zvýšení využití výrobních kapacit a celkově splnění požadavků zákazníka (např. kvalita výrobků, termín dodání). Snížením nákladů na realizaci zakázek se rozumí snížení nákladů na výrobu s ohledem na vzniklé náklady na přepravu mezi podniky. Průběžnou dobou výroby se rozumí doba mezi zahájením výroby zakázky a expedicí k zákazníkovi. Metodika nemá za cíl optimalizovat výrobní či technologický postup, jelikož se zabývá možnou změnou lokace zpracování operace z výrobního či technologického postupu, tedy změnou toku materiálu.

V rámci sítě podniků můžeme uvažovat dva základní druhy zakázek, které se zde zpracovávají, tedy zakázky vyráběné jen v rámci jednoho člena sítě a zakázky vyráběné v rámci dvou a více členů sítě. Pak můžeme při použití metodiky mít dva základní stavy:

- 1) v rámci metodiky jsou plánovány pouze zakázky, u kterých je potenciál zpracovávat je v rámci dvou a více členů sítě,
- 2) v rámci metodiky jsou plánovány všechny zakázky, tedy zakázky jednotlivých členů a zakázky, u kterých je potenciál zpracovávat je v rámci dvou a více členů sítě.

Výhodnější je zpracovávat metodiku pro druhý z uvedených stavů, jelikož jsou v provedených plánech zohledněny všechny zakázky a nedochází k optimalizaci plánu pouze u zakázek, které jsou zpracovávány v rámci sítě podniků. Díky tomu, že jsou řešeny všechny zakázky, je variabilita plánu daleko vyšší – existuje větší počet stupňů volnosti (méně omezení), je možné docílit lepších výsledků. Nevýhodou je větší složitost řešení.

Při použití uvažované metodiky můžeme uvažovat z hlediska využití kapacit jednotlivých členů sítě několik následujících stavů:

- I. členové sítě mají nedostatečné kapacity,
- II. část členů sítě má nedostatečné kapacity a část volné kapacity,
- III. členové sítě mají volné kapacity.

V případě **varianty I.**, kdy mají členové sítě nedostatečné kapacity, se jedná o stav, kdy mají u významného podílu svých výrobních zařízení přetížené kapacity a tím je při zpracování zakázek dlouhá průběžná doba výroby. Hlavním cílem je pak provést přeplánování jednotlivých operací zakázek na ostatní členy sítě a vytvořit takovou variantu plánu výroby, která povede především k efektivnějšímu využití kapacit (snížení vytižení u přetížených pracovišť) a zároveň ke zkrácení průběžné doby výroby za podmínky nenavýšení nákladů na zpracování zakázek.

Další **varianta II.** představuje stav, kdy část podniků má u významného podílu svých výrobních zařízení přetížené kapacity a naopak část podniků má u svých zařízení volné kapacity. To má za důsledek, že je obtížné úspěšně realizovat zakázky v podnicích s přetíženými kapacitami a naopak u podniků s volnými kapacitami je skrytý potenciál pro efektivnější tvorbu plánu výroby. Hlavním cílem je pak provést přeplánování jednotlivých operací zakázek na ostatní členy sítě a vytvořit takovou variantu plánu výroby, která povede k efektivnějšímu využití kapacit, snížení nákladů na realizaci zakázek a zkrácení průběžné doby výroby.

Poslední uvedená **varianta III.** představuje stav, kdy členové sítě mají dostatek volných kapacit. To má za důsledek zvyšování nákladů za využití strojního vybavení a tedy i celkových nákladů na realizaci zakázek. Hlavním cílem je pak přeplánovat tok zakázek a vytvořit plán výroby, který povede ke snížení nákladů na realizaci zakázek za podmínky neprodlužování průběžné doby výroby a efektivního vytižení pracovišť.

Při použití uvažované metodiky je možné uvažovat tři základní výchozí stavy přístupu ke zpracování zakázek, které mohou při návrhu plánu výroby v síti podniků nastat:

- a) Síťové podniky řeší pouze svoje zakázky v rámci svých kapacit.
- b) Síťové podniky řeší svoje zakázky a společné zakázky
- c) Síťové podniky řeší pouze síťové zakázky

U všech uvedených variant je předpoklad, že existuje ochota zpracovávat zakázky v rámci sítě podniků a sdílet disponibilní kapacity výroby.

U **varianty a)** uvažujeme, že ve výchozím stavu má každý podnik svoje zakázky, které s větším či menším úspěchem realizuje dle zadání zákazníka a rád by využil potenciálu sítě a převedl vybrané operace z technologického postupu na ostatní členy sítě.

U **varianty b)** uvažujeme situaci, kdy jsou realizovány jak zakázky jen v jednotlivých podnicích, tak i zakázky v rámci sítě podniku. Podniky v rámci sítě požadují vytvoření efektivnější plánu výroby, kdy dojde k přesunu zakázek, které se řeší v rámci jednotlivých podniků, na ostatní členy sítě a případně i naopak, a to za splnění definovaných cílů, např. snížení nákladů.

U **varianty c)** uvažujeme zpracování pouze zakázek v rámci sítě, kdy požadavky sítě jsou totožné, tedy vytvořit efektivnější plán výroby.

Samozřejmě může nastat i situace, kdy je nutné vybrané operace zakázky zpracovávat mimo síť podniků. Tedy žádný s členů sítě není schopen danou operaci technologického postupu zpracovat. Pak můžeme uvažovat základní dvě varianty vypořádání se zakázkou. Buď může síť podniků (jednotlivý člen sítě) zakázku odmítnout a tím nebude zahrnuta do tvorby plánu výroby. V opačném případě je pro zpracování operace využíván externí dodavatel nebo nasmlouvaná kooperace, kdy je pak zakázka zahrnuta do plánu. Zohlednění využití externího partnera je pak možné dvěma způsoby:

- první možností je, že je zakázka rozdělena na více částí na základě počtu externích operací, respektive přerušení toku materiálu uvnitř sítě, kdy začátky a konce v těchto přerušeních jsou stanoveny na základě určených termínů s externími partnery. Pak

zůstává způsob řešení totožný. Např. zakázku A je nutné na jednu operaci převést k externímu partnerovi, kdy je termínována se zahájením 3. 6. 2015 a dodáním 25. 8. 2015, s externím partnerem bylo dohodnuto zpracování operace mezi termíny 28. 7. 2015 až 5. 8. 2015 => pak vzniknou pro plánování dvě zakázky: zakázka A1 s termíny 3. 6. 2015 až 28. 7. 2015 a zakázka A2 s termíny 5. 8. 2015 až 25. 8. 2015.

- druhou možností je zahrnutí externího partnera do hodnocení jako dalšího člena sítě a přiřadit (stanovit) pro něj všechny potřebné atributy. Výhodou je, že je možné zahrnout pro takto dotčené operace i více možných partnerů, respektive více variant toku materiálu. Nevýhodou je, že je nutný předpoklad úzké spolupráce mezi sítí podniků a tímto externím partnerem a ochota dodat potřebné údaje pro úspěšné vytvoření plánu výroby.

Z důvodu přehlednosti je metodika rozdělena do tří částí, které jsou následně popsány. Tyto jednotlivé tři části na sebe vzájemně navazují, viz Obrázek 10-4:

a) Přípravná část

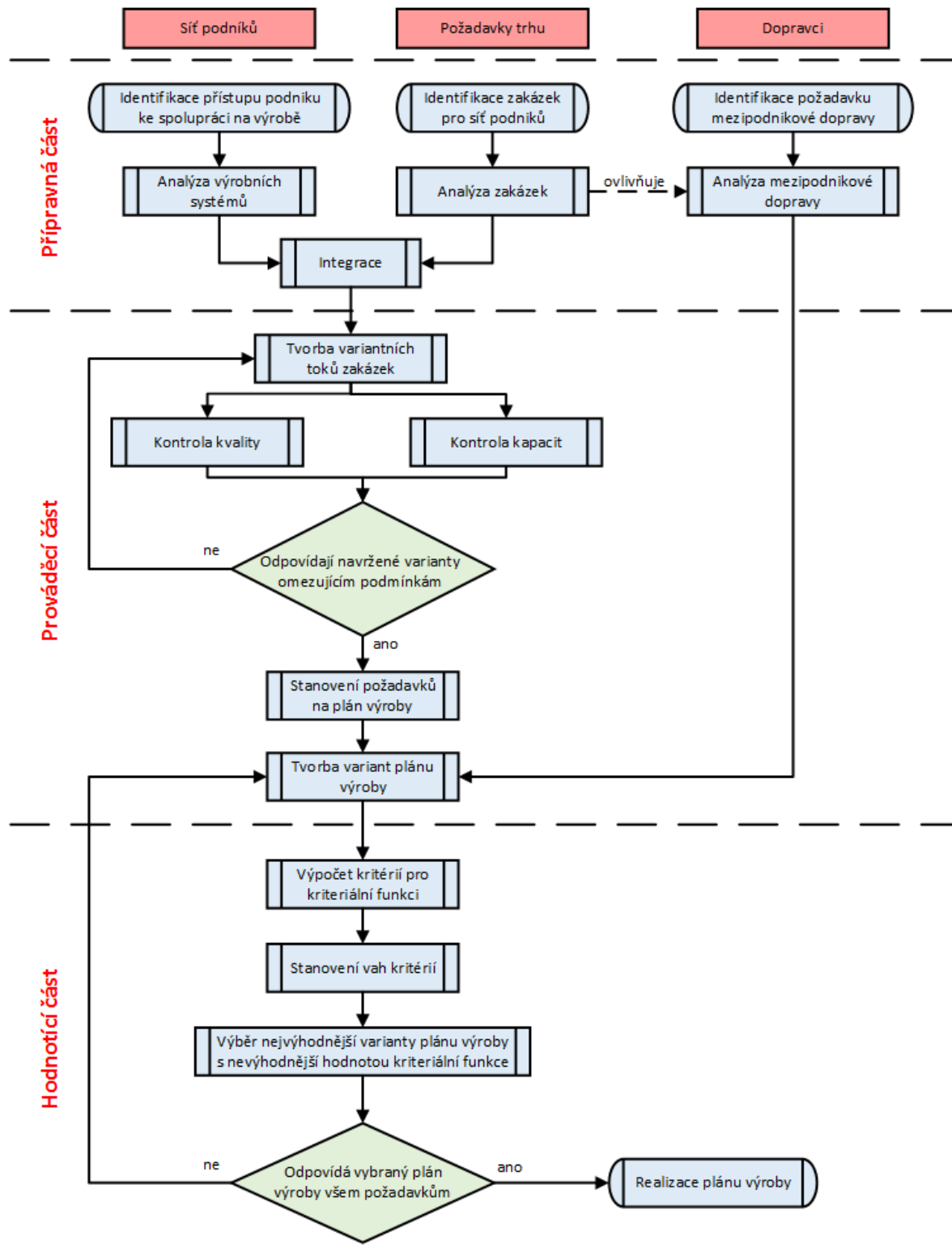
Přípravná část slouží k zajištění potřebných dat nezbytných pro realizaci dalších fází. Vzhledem k velkému rozsahu dat, která zasahují do různých oblastí, je nutné, aby k jejich zajištění byla požádána účast odborníků z jednotlivých oddělení a oborů. V této fázi dochází k analýze jednotlivých vstupních parametrů – parametrů výrobních systémů, požadovaných výstupů výroby – zakázek a podpůrných činností – doprava, ovlivňujících návrh plánu výroby. Plánovač musí v této fázi mít k dispozici informace o používaných výrobních zařízeních (pracovištích), jejich zaměnitelnosti, výrobních nákladech a disponibilních kapacitách. Plánovač musí mít k dispozici informace o realizovaných zakázkách, jejich velikosti, termínech a sledu technologických operací. A v neposlední řadě musí mít informace o možnostech přepravy mezi podniky, jejich kapacitě, sazbě za dopravu a parametrech tras mezi podniky (vzdálenost a doba přepravy).

b) Prováděcí část

Tato část čerpá informace ze souboru dat, který byl vytvořen v předchozí (přípravné) fázi a představuje stěžejní část metodiky. Pomocí této části metodiky, na základě získaných dat za přímé účasti odborníků vytvoříte technologické postupy jednotlivých zakázek s variantními toky zakázek. Tyto technologické postupy musí být kontrolovány na základě daných omezujících podmínek – kvalita zakázky a kapacita výroby. Po eliminaci nevyhovujících zakázek nebo variant toku zakázek je možné podle metodiky vytvořit varianty plánu výroby. Dále je nutné v rámci této části stanovit požadavky na tvořený plán výroby – např. snížení nákladů na výrobu zakázek.

c) Hodnotící část

Poslední, hodnotící část, slouží plánovači k vyhodnocení všech navržených variant plánu výroby v síti podniků z hlediska vyhodnocení všech multikriteriálních hledisek. Vychází ze stanovení všech uvažovaných kritérií (náklady realizace zakázky, průběžná doba výroby, využití kapacit a splnění parametrů zakázek) dle vydefinovaných rovnic. Následně musí být jednotlivým kritériím stanovena jejich významnost (váha) pro posouzení výsledku multikriteriální rovnice. Výběr jednotlivých variant řešení je prováděn na základě multikriteriální rovnice.



Obrázek 10-4 Metodika plánování výrobních a logistických činností v síti podniků [zdroj autor]

Navržená metodika se pak skládá s kroků, které jsou uvedeny v následujících kapitolách 10.2.1 až 10.2.3.

10.2.1 Přípravná část

Úvodní částí metodiky je přípravná část, která slouží ke sběru a zjišťování dat. Tato část je velmi důležitá a nesmí být podceňována, protože pokud jsou získána chybná nebo nepřesná data, tak může být značně ovlivněna správnost výsledku celé metodiky. Vstupní data nemusí zjišťovat zpracovatel metodiky, naopak je žádoucí, aby byly zapojeny příslušní odborníci nebo specializovaná oddělení. Přípravnou část jako multidisciplinární část lze proto rozdělit do několika oblastí podle toho, které oddělení podniku ji zajišťuje.

Výchozí data pro navrhovanou metodiku lze rozdělit podle objektů sítě, kterých se týká, následovně:

- Síť podniků/členové sítě – výrobní systémy: seznam pracovišť, informace o pracovištích, atd.
- Zakázky – produkty: seznam zakázek, termíny zakázek, objem zakázky, výrobní informace, atd.
- Mezipodniková doprava – přepravní zařízení: přepravní prostředky, trasy, kapacita dopravních prostředků, atd.

Úvodními impulsy pro zahájení řešení metodiky jsou identifikace přístupu podniku ke spolupráci na výrobě a identifikace zakázky (zakázek) pro síť podniků. Tyto kroky musí být strategickým rozhodnutím vedoucích pracovníků (majitelů) sítě podniků. V důsledku těchto kroků vzniká i požadavek na využívání mezipodnikové dopravy v rámci sítě podniků. Následkem toho jsou zahájeny jednotlivé analýzy a provedena integrace získaných dat:

- analýza zakázek,
- analýza výrobních systémů/sítě podniků,
- analýza mezipodnikové dopravy,
- integrace dat.

V tabulce (Tabulka 10-1) jsou uvedeny jednotlivé hlavní vstupní informace, které jsou výsledkem práce jednotlivých odborných útvarů členů sítě podniků a které slouží jako vstup pro prováděcí fázi. Výčet vstupních parametrů se může měnit nebo spíše rozšiřovat na základě kritériální rovnice. Např. pokud bude jedno z kritérií použitých v rovnici zohledňovat úroveň dopadu na životní prostředí, může být vstupní parametr spotřeba elektrické energie, objem tvorby odpadů na pracovišti za dané období (např. 15 litrů chladicí kapaliny / hod). V tabulce je uveden k parametru příklad formy parametru, přiřazení k dané oblasti (analýzy) a odborný útvar, který pravděpodobně bude dané informace připravovat.

Většinu získaných dat je nutné při každém použití metodiky získat znovu nebo aktualizovat (ověřit), jelikož se budou v průběhu času dle situace na trhu měnit. Například informace o zakázkách bude ve většině případů nutné zjišťovat vždy znovu, jelikož se předpokládá, že budou zakázky neopakovatelné, tedy každá zakázka bude unikátní. Informace, které je nutné získat vždy znovu, jsou označeny **červenou** barvou. Další kategorie jsou informace, které bude nutné kontrolovat a případně aktualizovat, tedy mění se v případě změny situace uvnitř nebo vně podniku. Jedná se například o informace o mezipodnikové dopravě, konkrétně výši sazeb za přepravu, které se budou měnit v závislosti na poptávce a nabídce, nákladech na paliva, apod. Tato kategorie je označena **žlutou** barvou. Poslední kategorie jsou informace, které jsou prakticky neměnné. Budou se měnit jen ojediněle a bude nejčastěji nutné konkrétní informace buď vyřadit, nebo doplnit. Jedná se například o informace o disponibilních pracovištích a jejich technických specifikacích a omezeních. Tato kategorie je označena **zelenou** barvou.

Parametr	Příklad formy dat	Oblast	Odborný útvar
seznam zakázek	-	Analýza zakázek	Obchodní oddělení
termín zahájení	15. 2. 2015		
termín dokončení	30. 4. 2015		
počet kusů v zakázce	10 ks		TPV
rozměry produktu	1000 x 500 x 400 mm		
hmotnost produktu	12,35 kg		
sled technologických operací	-		
seznam pracovišť	-	Analýza výrobních systémů/sítě podniků	Ekonomické oddělení
technické parametry pracovišť	1500 otáček/min ø 500 mm		
kapacita pracoviště	7 hodin/den 123 hodin/období		
pracovní hodinová sazba	248 Kč/hod	Analýza mezipodnikové dopravy	Ekonomické oddělení
sazba za nakládku a vykládku	120 Kč/hod		
sazba za přepravu	15 Kč/km		Logistické oddělení
seznam přepravních prostředků	-		
délka přepravní trasy	125 km		
doba jízdy	12 hodin 32 minut		
kapacita přepravního prostředku	16 paletových míst		

Tabulka 10-1 Přehled základních vstupních parametrů [zdroj autor]

Analýza zakázek

Analýzu zakázek provádí nejprve obchodní oddělení, které jako první identifikuje požadavek na zpracování zakázky. Obchodní oddělení připraví základní informace o zakázce, tedy například identifikační údaje zakázky (číselné nebo slovní označení zakázky, údaje o objednateli – pro identifikaci zakázky), termíny zakázky, aby bylo možné kontrolovat a plánovat zakázku dle požadavků zákazníka, a případně finanční ukazatele zakázky – předkalkulované náklady na zakázku, cena zakázky, náklady spojené s prodlžením zakázky.

Následně ve spolupráci s oddělením technické přípravy výroby připraví základní informace o předmětu zakázky (výrobku) – jeho počet, rozměry, váhu a především výkresovou dokumentaci nebo specifikovaný sled technologických operací či technické požadavky zákazníka, které technické oddělení výroby dále rozpracuje podle úrovně údajů dodaných od zákazníka. Úkolem technické přípravy výroby je tedy připravit základní dokumenty nutné pro výrobu zakázky – tedy podle dodaných dokumentů zkontroluje nebo vyhotoví výkresovou dokumentaci, sled technologických operací (nebo přímo technologický postup výroby). A nakonec na základě vlastností výrobku stanoví ve spolupráci s logistickým oddělením manipulační a přepravní návodku, tedy v jakém množství a na jaké přepravní (či manipulační) jednotce bude prováděn přesun výrobků (zakázky).

Do metodiky musí být zahrnuty všechny zakázky, které jsou v plánovaném období realizovány, a to jak zakázky zahajované v daném období, tak i zakázky rozpracované. Ty mohou do metodiky vstupovat dvěma způsoby:

- Prvním způsobem je zavedení rozpracované zakázky tak, že bude rozpracovaná zakázka zkrácena o kroky, které mají nebo proběhly před začátkem plánovaného období.
- Druhým způsobem je, že rozpracované zakázky je nutné odečíst od disponibilních kapacit, tedy kapacity ponížít o práce, které je nutné provést na těchto zakázkách. Z pohledu variantnosti plánu je výhodnější první způsob, tedy tvořit plán i s těmito zakázkami a mít možnost u nich měnit tok zakázek. Naopak nevýhodou je zvýšení složitosti zpracování metodiky.

Analýza výrobních systémů

V návaznosti na analýzu zakázek je prováděna analýza výrobních systémů, kterou provádí především oddělení technické přípravy výroby. Prvním krokem je připravit seznam výrobních zařízení (strojů, pracovišť), který bude obsahovat pracoviště disponibilní pro zpracování zakázek v síti podniků. Tedy pracoviště, o kterých člen sítě ví, že je možné je využít pro zpracování zakázek v síti podniků. Dále musí být o pracovištích zjištěny základní technické údaje a omezení pracoviště, aby bylo možné je přiřadit k jednotlivým krokům sledu technologických operací. U typické strojírenské výroby se jedná především o informace, jaké nástroje lze na pracovišti využít, jakých výroků, rychlostí obrábění a posuvu lze dosáhnout, jaká rozměrová omezení mají pracoviště, apod.

Dále musí být pro jednotlivá pracoviště stanovena jejich disponibilní kapacita. Tedy musí se určit, kolik jsme schopni na daném pracovišti za dané časové období vyrobit výrobků – nejvhodnější a běžné je vyjádření pomocí disponibilních hodin práce. Běžné je při jednosměnné výrobě denně k dispozici 8 hodin práce, od které se musí odečíst čas na přípravu a zakončení směny (t_c – směnový čas), který může být např. i cca 1 hodinu, dále je nutné případně odečíst čas na zákonnou přestávku (pokud pracoviště nemůže pracovat i v době přestávky), který představuje 30 minut, nakonec je nutné odečíst čas nutný na pravidelnou plánovanou a neplánovanou údržbu, který může být např. dalších 30 minut. Tím je na daném pracovišti stanovena denní kapacita – podle uvedeného příkladu 6 hodin. V případě, že nejsou do metodiky zahrnuty všechny prováděné práce (zakázky), je nutné ještě odečíst čas práce nutný na zpracování těchto zakázek.

Posledním krokem analýzy výrobních systémů je stanovení potřebných nákladů za využití pracoviště, které obvykle stanovuje ekonomické oddělení. Obvykle jsou tyto náklady vyjádřeny pomocí strojní hodinové sazby, která se skládá z fixních nákladů na odpisy a prostory, a z variabilních nákladů na energie a údržbu. Aby bylo možné vyjádřit náklady na využití pracoviště přesněji, je nutné do nákladu na použití pracoviště zahrnout i náklady na pracovníka. Dnes je v průmyslové praxi běžně využívána sazba označovaná jako pracovní hodinová sazba (zkratka PHS), která v sobě zahrnuje i náklady na pracovníka – především formou hodinového tarifu (nebo hodinové mzdy).

Analýza mezipodnikové dopravy

V návaznosti na tyto analýzy musí být provedena analýza mezipodnikové dopravy, kdy na základě specifických vlastností zakázek – objemu, rozměrových a hmotnostních vlastností výrobků, jsou určeny možné druhy dopravy. Tedy je prvotním úkolem vytvořit seznam přepravních prostředků použitelných pro mezipodnikovou přepravu. Dále je nutné pro jednotlivé způsoby dopravy stanovit její kapacitu, kdy je obvykle stanovena pomocí kapacity standardních europalet či případně pomocí ložné plochy (prostoru). Dále je na základě specifických vlastností produktů v zakázkách nutné stanovit omezující podmínky přepravy

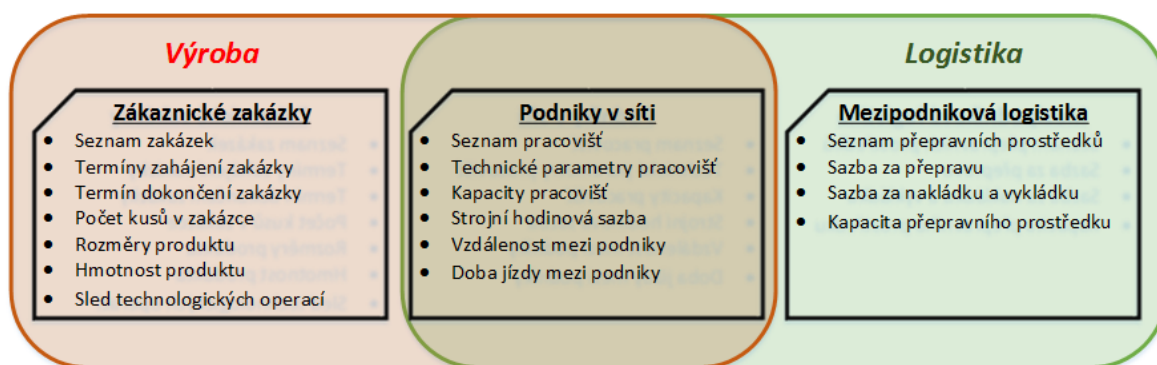
(dopravních prostředků) – např. nosnost přepravního prostředku (povolenou hmotnost, kterou může přepravní prostředek převážet), stohovatelnost výrobků (přepravních obalů – palet) a jiná další omezení vzniklá od výrobku – např. pro bezpečnost přepravy.

V dalším kroku musí být stanoveny pro jednotlivé druhy dopravy sazby za přepravu a sazba za čekání (nakládku a vykládku), které musí dojednat oddělení logistiky s podporou dalších oddělení s dodavatelem (dodavateli) služby. Posledním krokem je na základě polohy jednotlivých podniků stanovení tras přepravy pro jednotlivé druhy přepravy – především délky trasy a doby přepravy.

Integrace dat

Následným krokem metodiky je integrace dat, která se skládá z propojení informací z provedených analýz a tím rozšiřuje množství dat pro následující části metodiky. Jak je vidět na následujícím obrázku (Obrázek 10-5), jsou data z jednotlivých oblastí propojena do dvou celků – informace pro výrobu, respektive plánování výrobních činností, a informace pro logistiku, respektive plánování logistických činností. Data pro logistiku jsou známa již z analýz a nejsou proto součástí integrace dat. Integrace dat se zabývá propojením informací zjištěných z analýzy zakázek a analýzy výrobních systémů. Integrace dat se skládá z následujících dvou kroků:

1. Kontrola přehledu pracovišť.
2. Tvorba skupin pracovišť.



Obrázek 10-5 Data zjištěna v jednotlivých analýzách s přiřazením k oblasti výroby a logistiky [zdroj autor]

Prvním krokem je propojení informací o disponibilních pracovištích se sledem operací, které je nutné provést pro úspěšnou realizaci zakázky. Tedy je nutné z kompletního seznamu pracovišť vyřadit pracoviště, které není možné a potřeba využít pro úspěšnou realizaci daných zakázek. V tuto chvíli je pak vytvořen seznam pracovišť, která jsou potřeba pro další práci v následujících fázích.

Dalším navazujícím krokem je zjištění, která pracoviště se mohou vzájemně zastupovat. Tedy pokud bude jedno z pracovišť např. vytížené nebo přetížené, která z pracovišť ho mohou nahradit. Jedná se tedy o to vytvořit z disponibilních pracovišť skupiny, v rámci kterých je možné měnit tok zakázek dle technologického postupu zakázky. Zastupitelnost pracovišť se provádí u pracovišť, které jsou u ostatních členů sítě, ale i u pracovišť v rámci jednoho člena sítě. Pro konkrétní pracoviště je pak možné nalézt např. jednu alternativu v rámci stejného podniku a několik alternativ u ostatních členů sítě.

Toto rozřazení pracovišť do skupin provádí oddělení technologické přípravy výroby, které dokáže určit, která pracoviště dokáží zpracovávat podobné výrobní operace. Při slučování

těchto pracovišť se nemusí uvažovat se 100% zastupitelností. Například může být vytvořena skupina pracovišť ze všech soustruhů, které mají jednotliví členové sítě, kdy ale tyto soustruhy jsou určeny např. pro různé maximální obráběné průměry a využívají různé druhy soustružnických nožů. Pak se může vyskytnout v zakázce výrobní operace, kterou je možné zpracovat na všech těchto soustruzích, ale může se i vyskytnout operace, kterou je možné zpracovat pouze na polovině strojů, jelikož ostatní nesplní limit průměru obrobku. Cílem je tedy vytvořit skupiny pracovišť, která se mohou vzájemně zastupovat, ale konkrétní tvorba variant toku zakázek v jednotlivých technologických postupech je součástí až následujícího kroku. Tyto skupiny mají pouze ulehčit následující krok a zúžit výběr alternativních pracovišť při tvorbě variant toku zakázek.

Vytvoření skupin strojů je možné například pomocí matice, kde budou vzájemně označena pracoviště, která se mohou vzájemně zastupovat (viz Obrázek 10-6 a Obrázek 10-7). V matici jsou vyznačena všechna pracoviště, která jsou uvažována pro zpracování zakázek. U každého pracoviště se zaznamená, které z ostatních pracovišť ho může zastoupit (viz Obrázek 10-6). V dalším kroku je provedeno sdružení pracovišť do skupin. (Obrázek 10-7).

Přehled nahraditelnosti pracovišť

název pracoviště	podobnost pracovišť																														
	1_01	1_06	2_07	3_04	4_02	4_08	4_12	1_03	2_01	2_03	2_05	3_01	4_05	4_10	1_02	1_04	2_04	3_02	4_03	4_07	4_09	4_11	1_05	2_02	3_06	3_03	4_01	4_04	4_06		
pracoviště 1_01	x																														
pracoviště 1_06	x	x																													
pracoviště 2_07	x	x	x																												
pracoviště 3_04	x	x	x	x																											
pracoviště 4_02	x	x	x	x	x																										
pracoviště 4_08	x	x	x	x	x	x																									
pracoviště 4_12	x	x	x	x	x	x	x																								
pracoviště 1_03							x	x	x	x	x	x	x	x	x																
pracoviště 2_01							x	x	x	x	x	x	x	x	x																
pracoviště 2_03							x	x	x	x	x	x	x	x	x																
pracoviště 2_05							x	x	x	x	x	x	x	x	x																
pracoviště 3_01							x	x	x	x	x	x	x	x	x																
pracoviště 4_05							x	x	x	x	x	x	x	x	x																
pracoviště 4_10							x	x	x	x	x	x	x	x	x																
pracoviště 1_02							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 1_04							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 2_04							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 2_08							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 3_02							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 4_03							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 4_07							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 4_09							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 4_11							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 1_05							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 2_02							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 2_06							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 3_03							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 4_01							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 4_04							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															
pracoviště 4_06							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x															

skupiny pracovišť

Obrázek 10-7 Vytvoření skupin pracovišť [zdroj autor]

Veškerá data získaná analýzou zakázek, výrobních systémů a mezipodnikové dopravy vytvářejí soubor dat, který je vstupními daty pro následné prováděcí a hodnotící části metodiky.

10.2.2 Prováděcí část

Prováděcí část slouží k návrhu variant plánu výrobních a logistických činností v síti podniků. Tato část navazuje na přípravnou část a využívá data získaná v předešlé části. Prováděcí část se skládá ze čtyř základních kroků, které jsou následující:

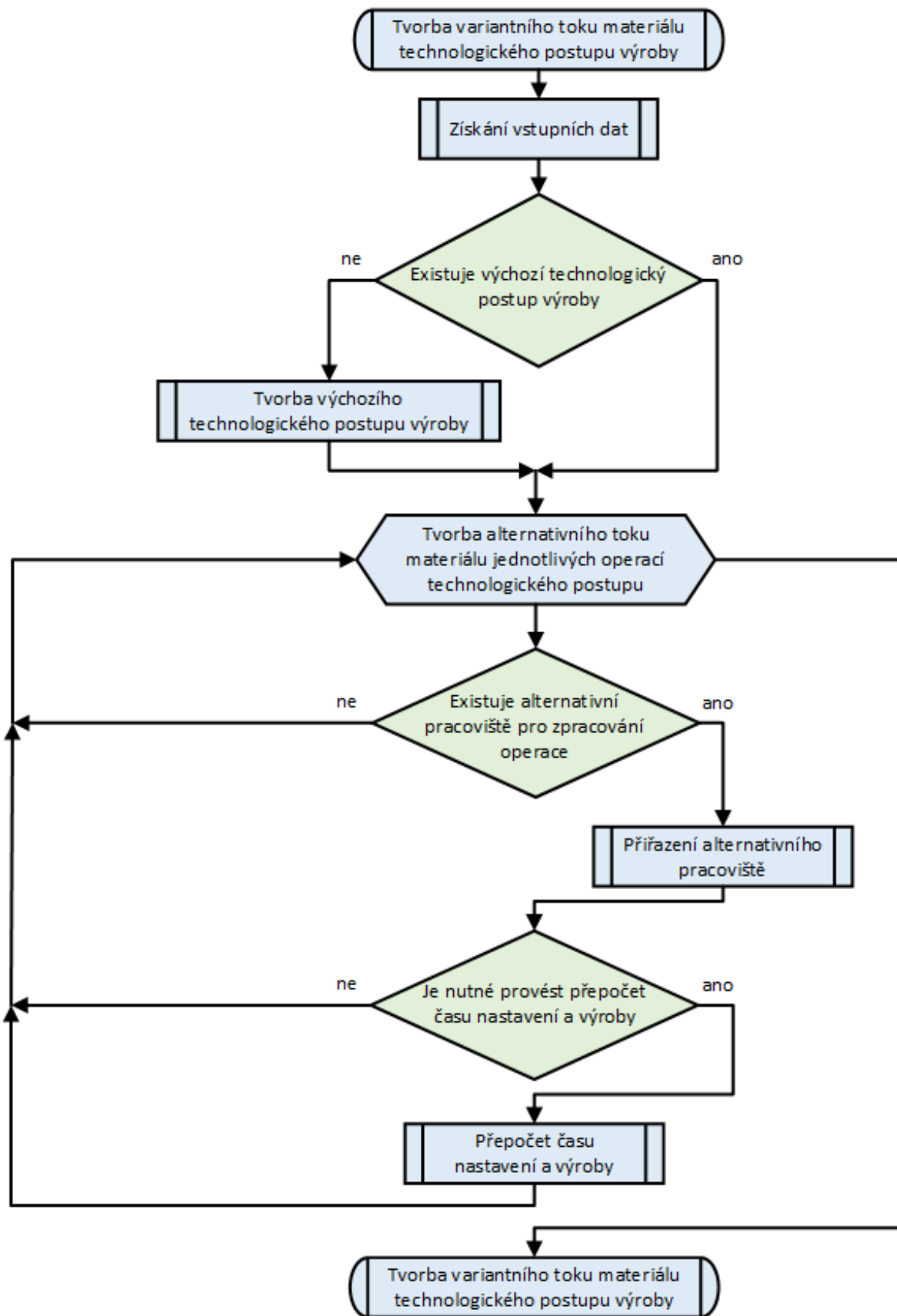
- tvorba variantních toků zakázek,
- kontrola omezujících podmínek – kvalita a kapacita,
- stanovení požadavků na plán výroby a výchozí varianty,
- tvorba variant plánu výroby.

Tvorba variantních toků zakázek

Hlavním předpokladem metodiky plánování výrobních a logistických činností v podniku je existence technologického postupu, ve kterém je možné využívat pro jednotlivé operace více pracovišť v síti podniku, tedy mezi jednotlivými výrobními kroky provádět mezipodnikovou přepravu a tím nalézt efektivnější plán výroby – např. z pohledu zlepšení využití kapacit, úspory nákladů, apod. Z tohoto důvodu je prvním krokem prováděcí části tvorba variantního toku materiálu u jednotlivých technologických postupů. Úkolem této části je vytvořit alternativní technologické postupy výroby, kdy ale není cílem optimalizovat technologický postup, ale měnit místo realizace jednotlivých operací a tím vytvářet alternativní tok zakázky (rozpracované výroby, výrobků, apod.).

Výchozími informacemi pro tento krok jsou data o výrobních zařízeních – jednotlivých pracovištích a pak především možnost jejich zastupitelnosti. Další vstupní informací je sled technologických operací, které je nutné na dané zakázce vykonat. Tento sled technologických informací může být ve formě seznamu jednotlivých technologických kroků, které je nutné vykonat, nebo ve formě technologického postupu, který ale neobsahuje variantní tok zakázky. Pokud je ve formě sledu technologických operací, je nutné nejprve vytvořit technologický postup, který neobsahuje variantní tok zakázky. Tento výchozí technologický postup bude sloužit pro tvorbu výchozí varianty plánu výrobních a logistických činností v síti podniků, jelikož bude tvořen přímo u člena sítě podniků, který zakázku získal a bude tedy vytvořen pro pracoviště tohoto podniku, případně pro minimum pracovišť ostatních členů sítě. Obsahem technologického postupu je pořadí jednotlivých kroků, popis postupu v jednotlivých krocích, pracoviště, na kterém mají být jednotlivé operace zpracovány, stanovení výrobního času (t_a) a přípravného času dávky (t_b).

Následně jsou všechny kroky technologického postupu prověřovány a zjišťována alternativní pracoviště pro jejich zpracování, k čemuž slouží vytvořené skupiny pracovišť, kdy nemusí být z dané skupiny využity všechny pracoviště, ale jen ta, která splňují technické požadavky zpracování dané operace. Po nalezení alternativního pracoviště musí být zjištěno, jak se promítne změna pracoviště na výrobním postupu v jednotlivých operacích především na změně doby zpracování. Úkolem není měnit technologický postup výroby, ale vytvořit alternativní tok zakázky. Změna technologického postupu bude provedena pouze s ohledem na technické podmínky na daném pracovišti a bude provedeno určení času výroby t_a a času přípravy (nastavení) pracoviště t_b . Tímto způsobem jsou určeny technologické postupy výroby s variantami toku materiálu pro všechny uvažované zakázky (viz Obrázek 10-8).



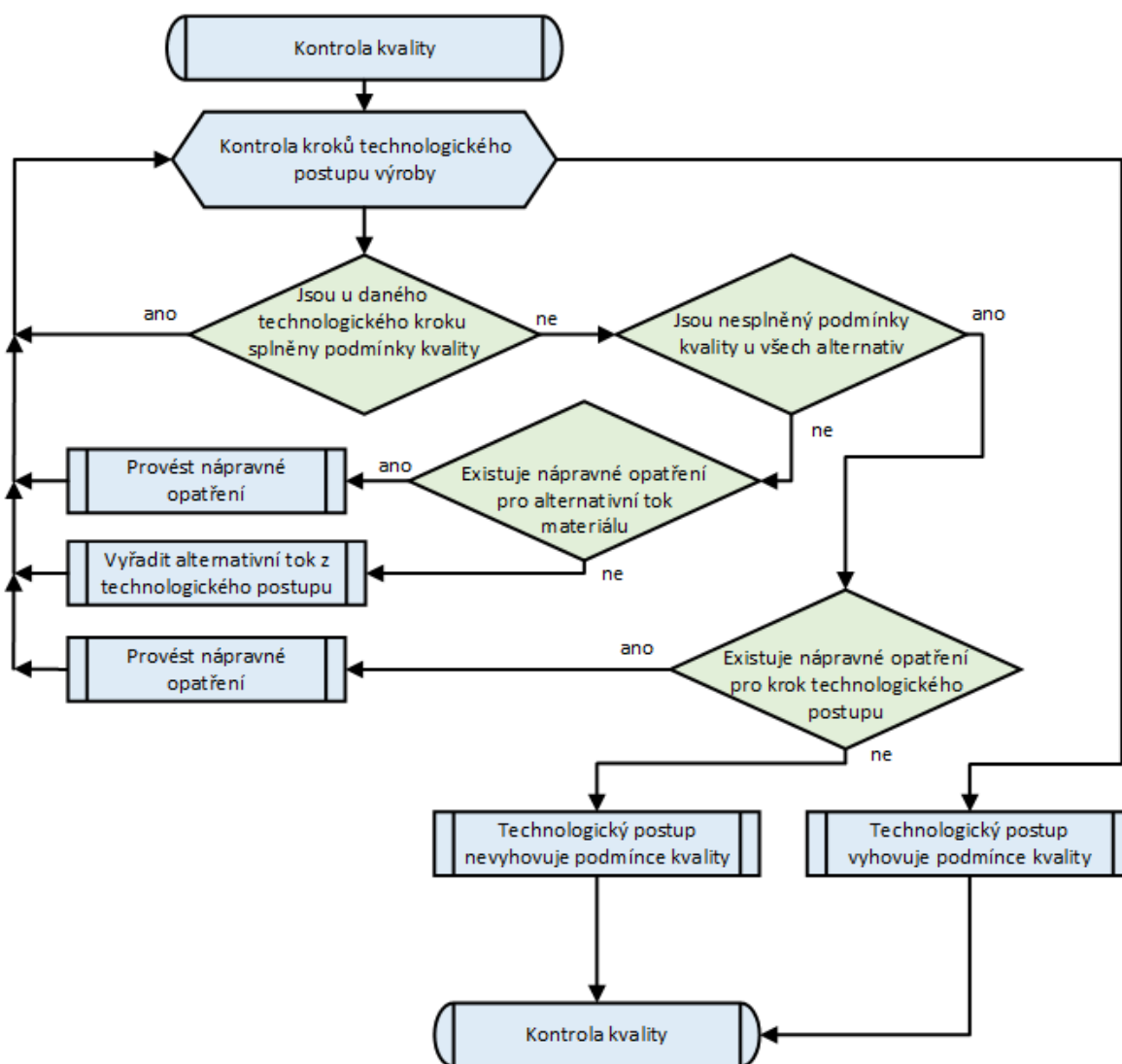
Obrázek 10-8 Tvorba variantního toku materiálu technologického postupu [zdroj autor]

Kontrola kvality výroby

Následujícím krokem je provedení kontroly technologických postupů, zda splňují požadavky kvality, tedy splnění norem ISO (např. ISO 9000) a splnění požadavků zákazníka. V tomto kroku jsou kontrolovány všechny části technologického postupu, kdy výsledek mohou být následující:

- technologický postup splňuje podmínky kvality,
- v technologickém postupu nesplňují některé varianty toku materiálu podmínky kvality,
- technologický postup nesplňuje podmínku kvality.

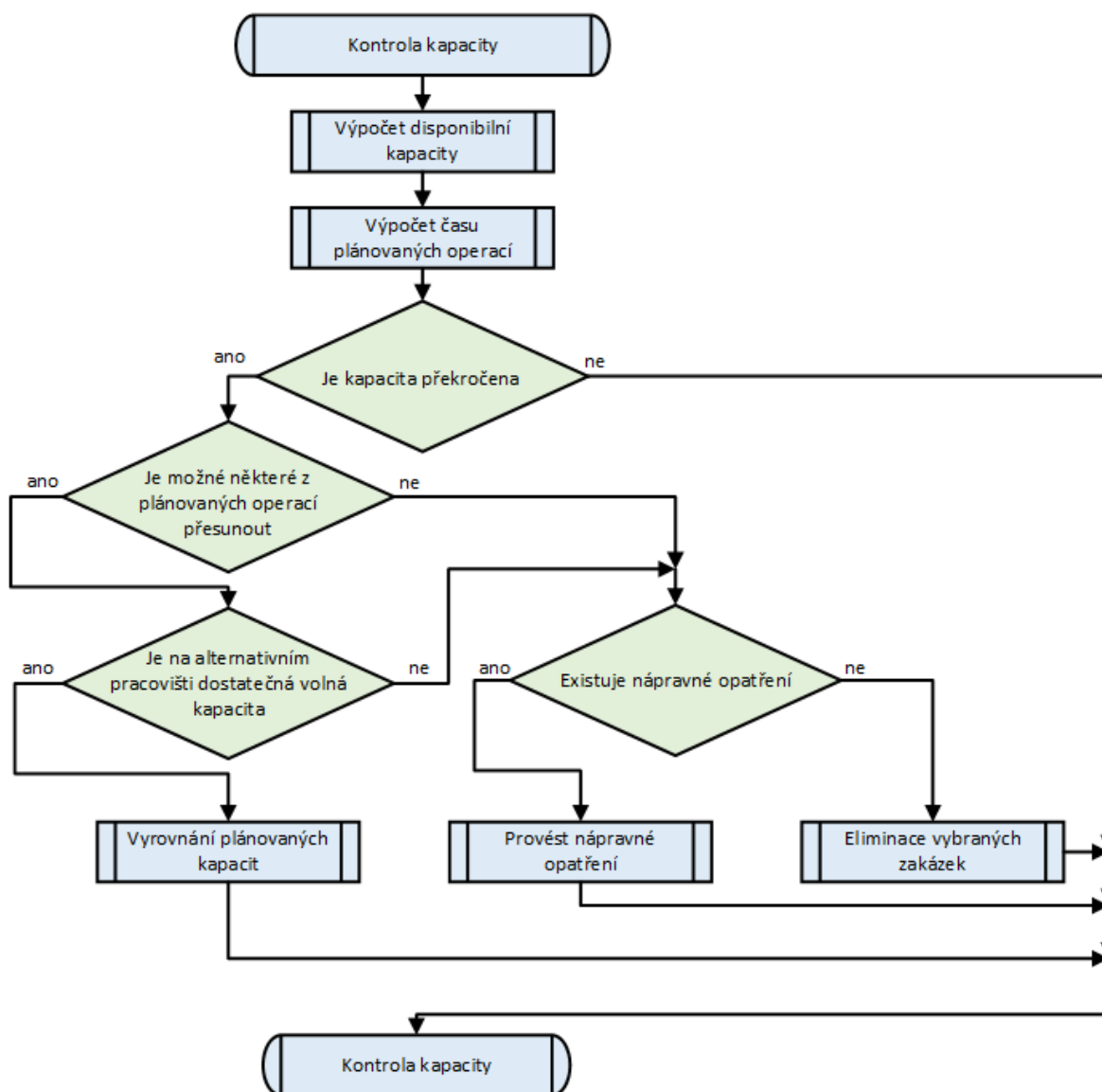
Pokud splňují dané technologické postupy podmínky kvality, může být přistoupeno k dalšímu kroku metodiky. V případě, že je nalezena varianta toku materiálu, která nesplňuje podmínku kvality, je tato varianta zrušena, nebo je možné hledat nápravné opatření. Pokud nastane poslední případ, kdy technologický postup nebo některý z jeho kroků nesplňuje podmínky kvality, je možné danou zakázku odřeknout nebo hledat nápravné opatření. Mezi nápravná opatření může patřit např. korekce technologického postupu, hledání externího partnera, využití rozdílné technologie zpracování. Celý postup kontroly kvality je na následujícím schématu (viz Obrázek 10-9).



Obrázek 10-9 Kontrola omezujících podmínek – kvalita [zdroj autor]

Kontrola kapacity výroby

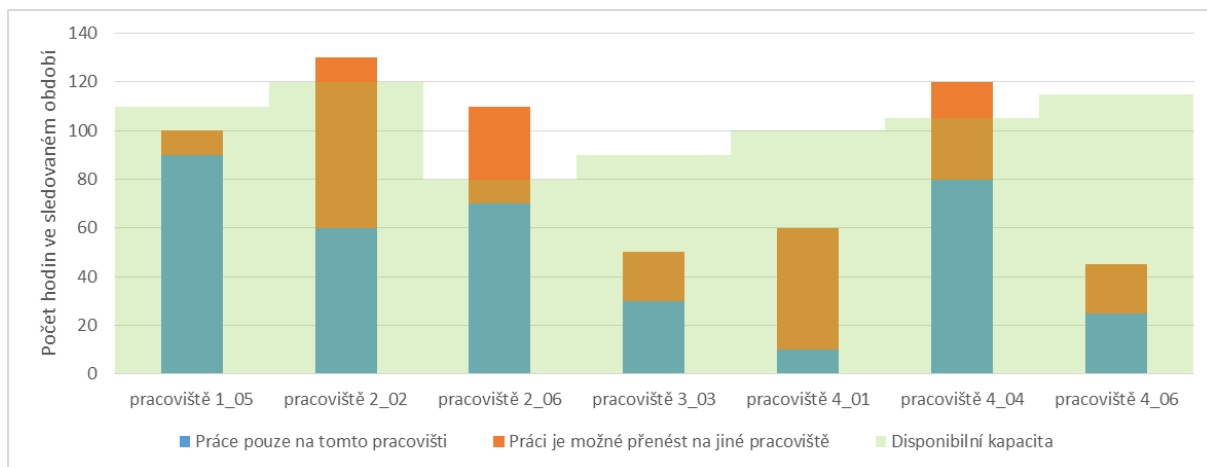
Dalším bodem kontroly omezujících podmínek je předběžná kontrola kapacit. V rámci této kontroly musí být proveden hrubý propočít kapacit, kdy je určeno, zda je možné dané zakázky na disponibilních zařízeních zpracovat. V přípravné fázi byly zjištěny disponibilní kapacity všech uvažovaných pracovišť. Dále byla v úvodním kroku přípravné části určena časová náročnost zpracování jednotlivých zakázek včetně všech variant toku materiálu, který představuje hlavní objekt kontroly kapacit. Celý postup kontroly kapacit je na následujícím schématu (viz Obrázek 10-10).



Obrázek 10-10 Kontrola omezujících podmínek – kapacita [zdroj autor]

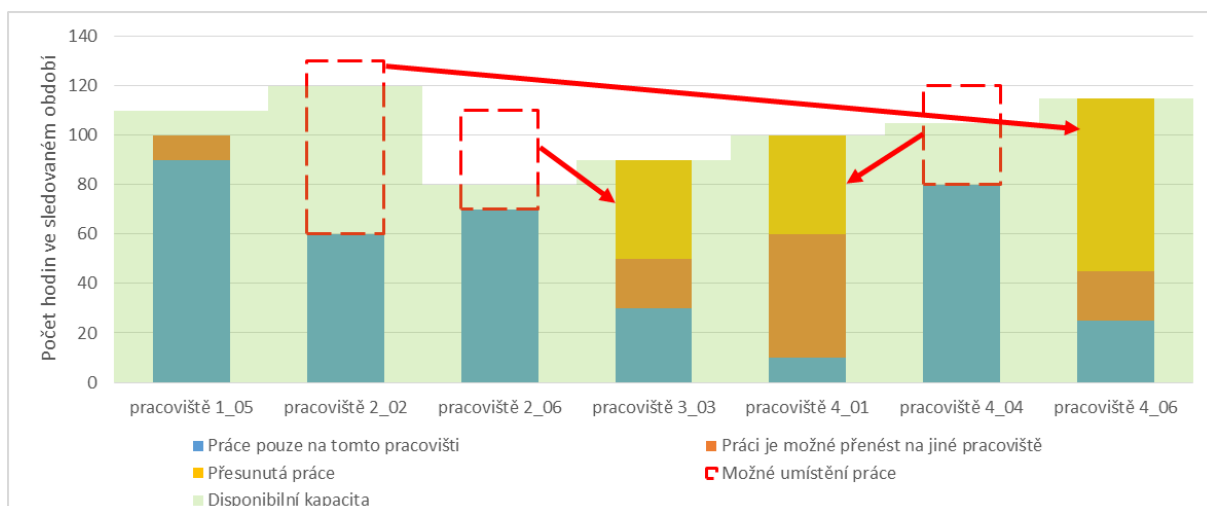
Nejprve je proveden součet všech činností, které mají být na daném zařízení za sledované období vykonány, kdy musí být odlišeny činnosti, které je nutné zpracovávat pouze na tomto pracovišti a činnosti, které je možné vykonat na alternativních pracovištích. Požadavky na volnou kapacitu (časy zpracování) je vhodné připravit vždy pro konkrétní skupinu pracovišť a každý požadavek na kapacitu započítat pouze jednou. V tomto kroku není nutné zohledňovat výhodnost toku materiálu technologického postupu, ale pouze jestli je

teoretická možnost zpracovat všechny zakázky v daném období. Součet těchto časů je pak porovnám s disponibilní kapacitou ve sledovaném období (viz Obrázek 10-11).



Obrázek 10-11 Porovnání volných kapacit s plánovanými operacemi

Pokud je zjištěno, že jsou překročeny kapacity pracoviště nebo pracovišť, je nejprve zjišťováno, zda je možné některé operace přesunout na alternativní pracoviště a tím vyrovnat kapacity (viz Obrázek 10-12). Při přesunu plánovaných operací je nutné uvažovat s tím, že na alternativním pracovišti může být doba zpracování rozdílná, a proto musí být přesun vybraných činností případně přepočítán. Pokud není možné přemístit výrobu jinam, musí se zvážit, jestli vybranou zakázku nevyřadit, nebo jestli je možné provést nápravné opatření – např. se dohodnout se zadavatelem na změnách termínů, využít externího dodavatele. Samozřejmě může být zjištěno, že je překročena kapacita pracoviště, kdy kapacita je překročena již operacemi, které nelze přesunout na alternativní pracoviště. Pak je samozřejmě nutné zvážit, zda vybrané zakázky neodmítnout nebo provést nápravné opatření (některé z již uvedených).



Obrázek 10-12 Vyrovnání plánovaných kapacit [zdroj autor]

Např. na pracovišti je měsíční disponibilní kapacita 100 hodin, je zde plánováno využít toto pracoviště v daném období v čase 120 hodin. Jak je vidět, je kapacita v daném období překročena, když se podrobněji podíváme na jednotlivé činnosti, např. zjistíme, že na tomto

pracovišti je nutné vykonat činnosti v čase 70 hodin a zbylých 50 hodin je možné přesunout na alternativní pracoviště. Pak je nutné zjistit, jestli je na ostatních alternativních pracovištích volná kapacita 50 hodin práce.

Stanovení požadavků na plán výroby a výchozí varianty

Všechny předchozí kroky metodiky vedou k tomu, že jsou připravena všechna vstupní data metodiky a je možné začít tvořit varianty plánu výrobních a logistických operací. Před tvorbou variant a zahájením hodnocení je nutné stanovit výchozí variantu, ke které bude prováděno porovnávání variant, a stanovit požadavky, které jsou očekávány od aplikace metodiky.

Stanovením výchozího plánu výroby se rozumí vytvořit plán výroby z výchozích variant toků materiálu technologických postupu výroby. Tyto varianty toku materiálu technologických postupů jsou tvořeny převážně pro zpracování pouze u jednoho člena sítě. Jedná se tedy o plán výroby, který obsahuje převážně zpracování zakázek v rámci jednoho podniku, tedy bez nebo s minimem mezipodnikové dopravy. Tato výchozí varianta může být po aplikování metodiky vyhodnocena na základě kritériální rovnice jako nejvýhodnější.

V následující hodnotící části bude probíhat vyhodnocování jednotlivých variant, kdy se bude hledat varianta s nejlepším výsledkem kritériální rovnice. Tato varianta bude pak porovnávána s výchozí variantou plánu výrobních a logistických činností. Pro toto hodnocení je nutné si stanovit požadavky, které očekáváme od aplikace metodiky. Tedy podmínky, za kterých budeme akceptovat vybranou variantu. Tyto požadavky reflektují očekávání zpracovatele metodiky. Můžeme stanovit např. následující požadavky, respektive předpoklady aplikace vybrané varianty plánu výrobních a logistických činností:

- snížit náklady na realizaci zakázek o 20 %
- zvýšit využití všech zařízení na minimální úroveň 50 %
- zvýšit celkové využití kapacit o 10 %
- snížit průběžnou dobu výroby o 15 %
- docílit plánu s nesplněnými zakázkami na úrovni 3 %

Ve chvíli, kdy není požadavek splněn, nastává hledání další varianty plánu výrobních a logistických činností v síti podniků.

Tvorba variant plánu výroby

Tvorba variant plánu výroby představuje poslední krok prováděcí části metodiky. Jejím cílem je vytvořit varianty plánu výrobních a logistických činností v síti podniků. Jednotlivé navržené varianty musí splňovat podmínku sledu a počtu operací. Liší se pouze místem zpracování dané operace. Návrh variant plánu výroby se provádí pomocí několika základních činností:

1. Výběr pracoviště
2. Výběr operace
3. Nalezení alternativního pracoviště
4. Výběr mezipodnikové dopravy
5. Přeplánování vybrané operace
6. Přeplánování všech ostatních operací
7. Vytvoření varianty
8. Kontrola, zda jsou vytvořeny všechny relevantní varianty plánu

Ad1. Výběr pracoviště – Nejdříve dojde k výběru pracoviště, na které je nutné se nejdříve zaměřit. Prioritně dochází k výběru pracovišť, která dle výchozího plánu nebo varianty, ze které se vychází, mají překročenou svoji disponibilní kapacitu. Teprve po vyčerpání těchto pracovišť se přistupuje na ostatní pracoviště. Samozřejmě je zde předpoklad, že na

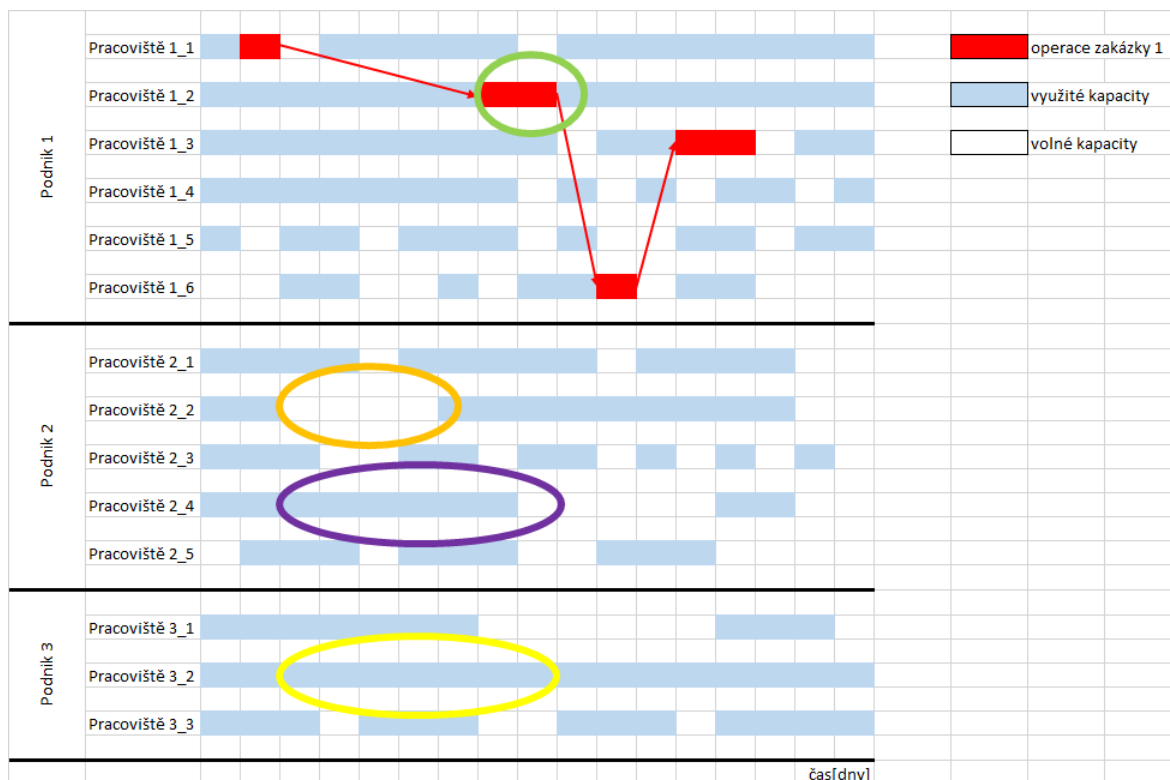
pracovišti jsou prováděny operace, které lze přesunout na jiné pracoviště, což by mělo být splněno kontrolou kapacit.

Ad2. Výběr operace – Provádíme kontrolu, které zakázky jsou na daném pracovišti zpracovávány, kdy se nejdříve zaměříme na zakázky, které dle výchozího plánu nebo varianty, ze které se vychází, nesplňují termíny dané zákazníkem. Teprve po vyčerpání těchto zakázek se přistupuje ke změně plánu ostatních operací na pracovišti.

Ad3. Nalezení alternativního pracoviště – Následně provedeme u dané operace kontrolu stavu alternativních pracovišť, kdy je důležité zjistit především, jak je pracoviště kapacitně vytíženo, kdy musíme především vědět, kdy bude dokončena předchozí operace a kdy má být zahájena následující operace. Na alternativním pracovišti mohou nastat následující případy:

- pracoviště má v období mezi předchozí a následující operací dostatečnou volnou kapacitu,
- pracoviště má v období mezi předchozí a následující operace nedostatečnou volnou kapacitu, ale celkově není kapacitně přetíženo,
- pracoviště má v období mezi předchozí a následující operací nedostatečnou volnou kapacitu a celkově je kapacitně přetíženo.

Změnu pracoviště provádíme ve stejném sledu, v jakém jsou napsány předchozí stavy, tedy primárně vytváříme varianty přeplánování toku materiálu na pracoviště s dostatečnou volnou kapacitou. Teprve až pokud jsou tyto varianty vyčerpány, můžeme plánovat změnu toku materiálu na pracoviště s překročenou disponibilní kapacitou, kdy tato varianta pak má zvýšené riziko, že bude vyhodnocena jako nevhodná. Zde pak můžeme tuto variantu vytvořit, nebo hledat další možnosti.



Obrázek 10-13 Výběr operace pro přeplánování a určení alternativních pracovišť [zdroj autor]

Předchozí tři činnosti jsou ukázány na předchozím obrázku (Obrázek 10-13), kde je zeleně zakroužkována operace, pro kterou budeme hledat jinou variantu toku materiálu. Modrá barva představuje ostatní výrobu, která probíhá na těchto pracovištích. Pomocí oranžové, fialové a žluté barvy jsou zakroužkována alternativní pracoviště a předběžná poloha přeplánování operace. Dle daného postupu by nejdříve bylo provedeno přeplánování operace na pracoviště označené oranžovou barvou, které má v daném období volnou kapacitu. Následovalo by pracoviště označené fialovou barvou, které má volnou kapacitu v jinou dobu. Poslední by byla zvažována varianta označena žlutou barvou, kde pracoviště nemá žádnou volnou kapacitu.

Ad4. Výběr mezipodnikové dopravy – V tuto chvíli je zřejmé, jaká bude provedena změna toku materiálu, respektive změna pracoviště pro zpracování operace. Proto musí být určeno, zda je nutné i se změnou pracoviště provést naplánování mezipodnikové přepravy, jelikož může probíhat změna pracoviště v rámci jednoho podniku, ale i v rámci celé sítě podniků. V případě, kdy je nutné využít mezipodnikovou přepravu, musíme také zvážit, jakou variantu přepravy využijeme. Jelikož každý druh dopravy může mít různě stanovené sazby za přepravu, kapacitu, vzdálenost přepravy a dobu přepravy. Primárně volíme druh přepravy, který maximálně využije svoji kapacitu, má nejnižší náklady, je nejdříve k dispozici a má nejkratší dobu přepravy. Samozřejmě mohou existovat takové varianty přepravy, kdy každá splňuje jen vybrané ze zde vyjmenovaných podmínek, proto uvažujeme různé varianty přepravy.

Ad5. Přeplánování vybrané operace – Jelikož již známe všechny informace nutné k přeplánování vybrané operace, tedy čas ukončení předchozí operace, čas zahájení následující operace, dobu zpracování vybrané operace na alternativním pracovišti, a pokud je potřeba, dobu a termíny přepravy mezi podniky, provedeme na základě těchto informací přeplánování vybrané operace.

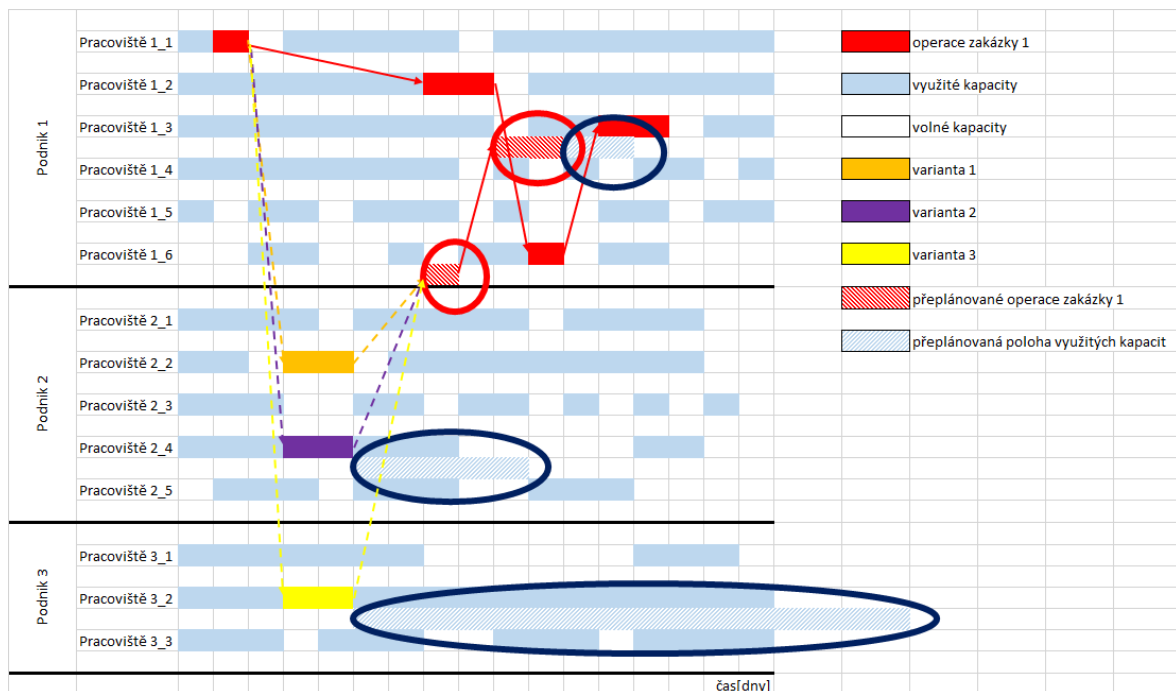
Ad6. Přeplánování všech ostatních operací – Následně po přeplánování vybrané operace provedeme kontrolu, zda nejsou touto změnou ovlivněny další operace a je možné nebo naopak nutné provést jejich přeplánování. Mohou nastat následující dva základní případy:

- po uvolnění kapacity pracoviště přesunem operace je možné následující operace na tomto pracovišti přeplánovat na dřívější termín,
- přesunem operace na nové pracoviště je nutné přeplánovat následující operace na pozdější termín.

Přesun operací v rámci dotčených pracovišť má samozřejmě dopad na celý plán a je nutné sledovat i vlivy na další operace v rámci všech zakázek. Také je možné v případě, kdy není nutné operaci přesouvat, ji nepřesunout, ale tím nebude do plánu zahrnut celý efekt z přesunu vybrané operace.

Ukázka postupu činností ad4. až ad6. jsou ukázány na následujícím obrázku (Obrázek 10-14). Nejprve provedeme navržené nové polohy zpracování operace s ohledem na mezipodnikovou dopravu, kdy uvažujeme délku mezipodnikové dopravy jeden den. Přeplánování u varianty 1 – oranžově je možné bez zásahu do plánu pracoviště, kam je činnost přesunuta. Situace u varianty 2 a 3 je rozdílná, zde je nutné přesunout jiné operace na pozdější dobu, kdy u varianty 3 dojde k překročení kapacit. Dále je pak možné přeplánovat následující operace zakázky 1 na dřívější dobu, kdy v případě 3. operace je využita dřívější volná kapacita a u následující 4. operace je přeplánování možné pokud dojde k posunu jiné operace o jeden den. Ve schématu jsou červeně zakroužkovány změněné polohy plánu zpracování zakázky 1 a modře jsou zakroužkovány změněné polohy využívaných kapacit. Dalším krokem pak musí být prověření dalšího vlivu na celkový plán výroby, zda

vzhledem k provedeným změnám není nutné přeplánovat další operace na pozdější čas, nebo zda je naopak možné přeplánovat vybrané operace na dřívější čas.



Obrázek 10-14 Vytvoření tří variant plánu výrobních a logistických činností [zdroj autor]

Ad7. Vytvoření varianty – Po absolvování všech předchozích kroků máme vytvořenu další variantu plánu výrobních a logistických činností v síti podniků. Takto vzniklou variantu je v tuto chvíli možné podrobit vyhodnocení. Vytvořená varianta nemusí být lepší než původní (výchozí) varianta plánu. Samozřejmě je cílem hledat variantu, která povede např. ke snížení nákladů, k lepšímu využití kapacit a ke zkrácení průběžné doby výroby, a proto je během výběru operace zaměřena pozornost na pracoviště a operace, kde je větší pravděpodobnost, že její přesun povede ke zlepšení plánu.

Ad8. Kontrola – Poslední činností tvorby variant plánu výrobních a logistických činností v síti podniků je kontrola, zda máme již vytvořený potřebný počet variant. V případě, že rozhodneme, že vytvořený počet variant je nedostatečný, pokračujeme znovu od **činnosti 1**. Naopak v případě, že rozhodneme, že je počet vytvořených variant dostatečný, přistupujeme k následující části metodiky, tedy k hodnotící části. Přijetí rozhodnutí, že počet vytvořených variant je dostačující, může nastat ve dvou následujících případech:

- počet vytvořených variant je totožný s počtem všech možných variant plánu výroby,
- počet vytvořených variant splňuje podmínky určené před tvorbou variant.

Výpočet všech možných variant vychází z teorie výpočtu variací [30], kdy vycházíme z výpočtu možných variací jednotlivých operací.

Počet variant s opakování se vypočte podle následujícího vzorce:

$$V \cdot (k, n) = n^k \quad (1)$$

V – počet variant,

k – počet členů skupiny, respektive kolik prvků vybíráme z množiny n prvků,

n – počet prvků,

Např. zakázka je složena ze dvou operací, kdy každá operace má 3 varianty. S použitím vzorce lze toto pojmut tak, že máme množinu n , která obsahuje 3 prvky a vytváříme variaci 2-členné skupiny, tedy k je 2. Po dosazení do vzorce dojdeme k následující hodnotě:

$$V(2,3) = 3^2 = 9 \quad (2)$$

Lze tedy vytvořit u dané zakázky 9 variant.

V případě, že jsou u předchozí zakázky u prvního kroku 2 varianty a u druhého kroku 3 varianty, je nutné vypočítat výsledek odlišným způsobem.

$$V = V(1,2) \cdot V(1,3) = 2^1 \cdot 3^1 = 6 \quad (3)$$

U této zakázky je tedy možné vytvořit 6 variant.

Vzorec pro výpočet počtu variant výroby zakázky je následující:

$$PVVZ = \prod_{i=1}^k PVVO_i \quad (4)$$

PVVZ – počet variant výroby zakázky,

PVVO – počet variant výroby operace,

k – počet operací v zakázce.

Obdobně lze určit i počet variant dopravy, kdy je nutné počítat jako variantu i to, že přeprava mezi podniky nebude realizována.

$$PVDZ = \prod_{i=1}^k PVDO_i \quad (5)$$

PVDZ – počet variant dopravy zakázky,

PVDO – počet variant dopravy operace,

k – počet operací v zakázce.

Na základě těchto vzorců je pak možné určit počet variant zakázky.

$$PVZ = PVVZ \cdot PVDZ = \prod_{i=1}^k (PVVO_i \cdot PVDO_i) \quad (6)$$

PVZ – počet variant zakázky

k – počet operací v zakázce.

Celkový počet variant plánu pak vychází z počtu variant jednotlivých zakázek.

$$PVP = \prod_{i=1}^l PVZ_i = \prod_{i=1}^l \left(\prod_{j=1}^k (PVVO_j \cdot PVDO_j) \right)_i \quad (7)$$

PV – počet variant plánu

k – počet operací v zakázce

l – počet zakázek.

Tento teoretický počet možných variant ale může být se zvyšujícím se počtem variantních operací značně vysoký. Např. pro 10 zakázek, kdy každá má 10 operací s třemi variantami, je počet možných variant **5,15378E+47**. Takový počet variant je obtížné stanovit bez softwarové podpory, ale i se softwarovou podporou. Proto není cílem nutně vytvořit a hodnotit všechny varianty.

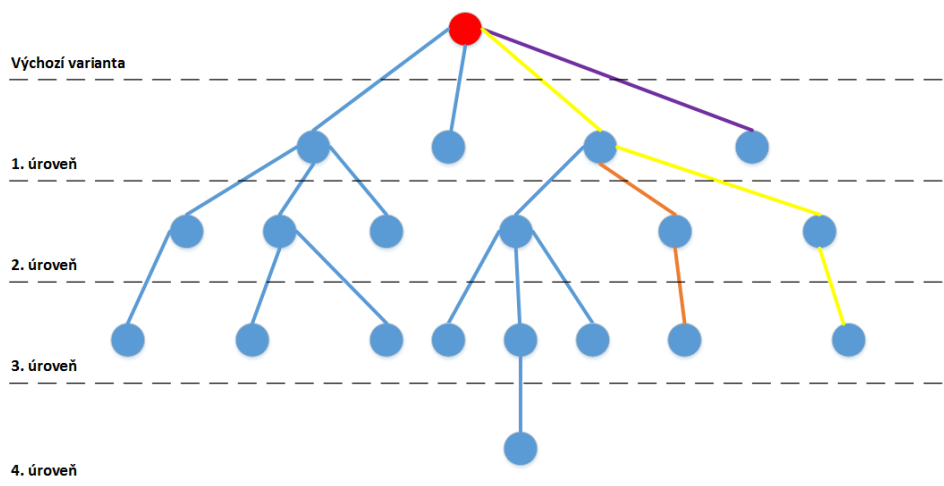
Ve druhém případě si stanovíme omezující podmínku, zda danou variantu dále upravovat. Tyto podmínky mohou být různého charakteru a je velmi vhodné, aby kopírovaly charakter požadavků, které očekáváme od aplikace metodiky. Tyto podmínky ale budou mít opačné vyjádření. Může se jednat např. o následující podmínky:

- navýšení nákladů na realizaci zakázek o 20 % (*místo snížit náklady na realizaci zakázek o 20 %*)
- snížení využití všech pracovišť pod 50 % (*místo zvýšit využití všech zařízení na minimální úroveň 50 %*)
- snížení celkového využití kapacit o 10 % (*místo zvýšit celkové využití kapacit o 10 %*)
- počet nesplněných termínů zakázek nad úrovní 10 % (*místo docílit plánu s nesplněnými zakázkami na úrovni 3 %*)

Při použití metodiky bez softwarové podpory musí být stanovena taková podmínka, kterou je jednoduché určit, jestli ji daná varianta splňuje. Např. z výše uvedených je vhodné sledovat počet zakázek, u kterých je nesplněný termín realizace. V případě využití softwarové podpory je možné prakticky pracovat s libovolnou podmínkou a případně i s kombinací několika požadavků.

Na základě zjištění této skutečnosti je nutné před zahájením tvorby variant stanovit podmínky, za kterých budou varianty dále rozvíjeny. A také sled činností doplnit před **1. činností** další činností, ve které je nutné ověřit, zda varianta, ze které se vychází, splňuje dané podmínky. Pokud ne, je zkoumání této varianty ukončeno a vracíme se na předchozí krok varianty a hledáme, zda je možné ji dále rozvíjet. Musí ale platit, že výchozí varianta splňuje tyto podmínky.

Sled postupu tvorby jednotlivých variant je patrný z následujícího obrázku (Obrázek 10-15). Červený bod představuje výchozí variantu, na základě které jsou tvořeny další varianty. Každá úroveň představuje provedení jedné změny vybrané operace. Fialovou barvou je naznačeno hledání varianty 1. Následně je od výchozí varianty hledána po žlutě vyznačené větvi varianta 2 až 4 a následně od varianty 2 je hledána varianta 5 a 6. Poté následuje hledání dalších variant, než je nalezeno požadované množství variant.

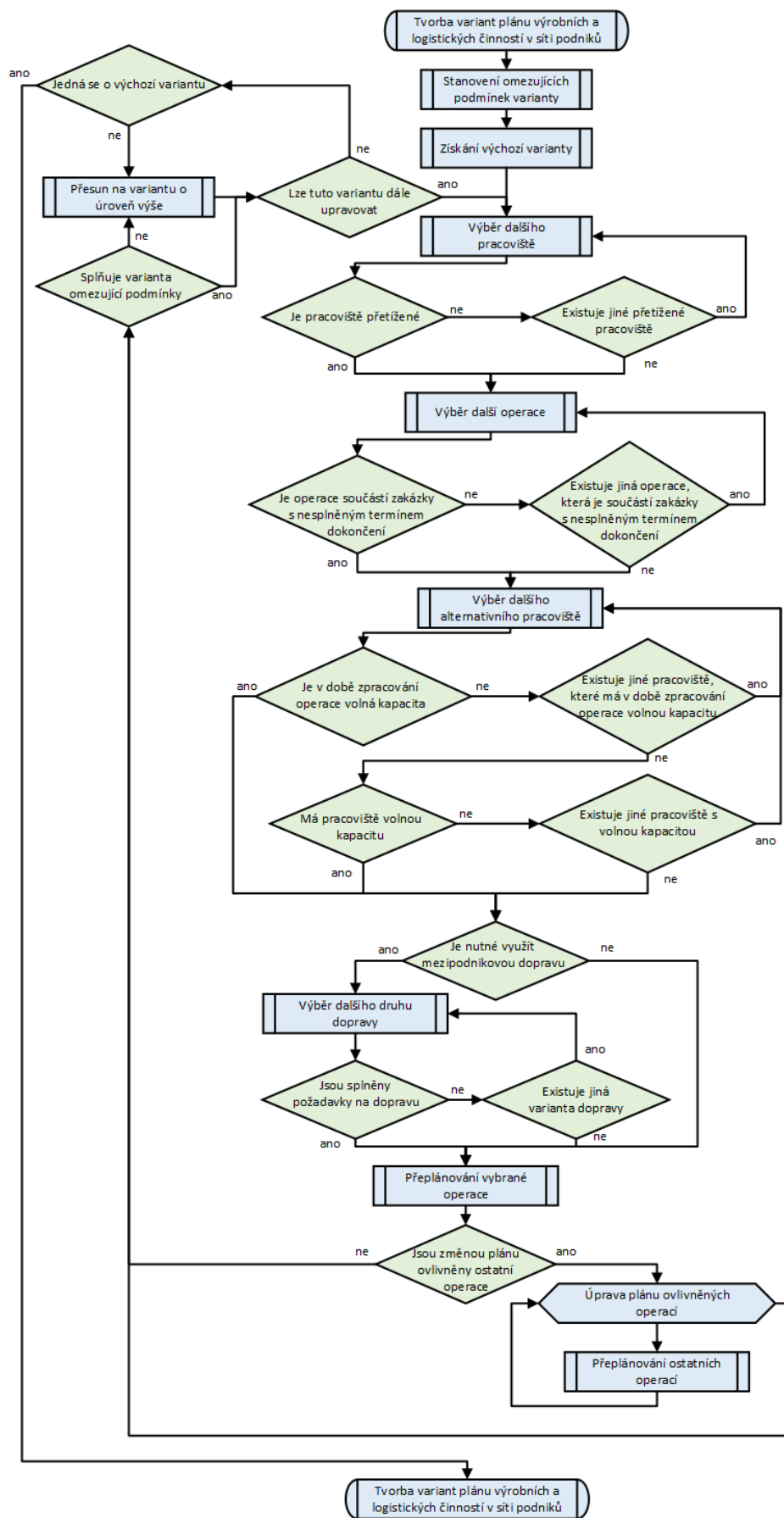


Obrázek 10-15 Schéma vývoje variant [zdroj autor]

Na následujícím schématu (Obrázek 10-16) je vidět celkový postup tvorby variant dle pospaných činností 1 až 8, respektive 0 až 8. Ze schématu je patrný postup, kdy musíme nejprve stanovit omezující podmínky pro stanovení proveditelného počtu variant plánu výrobních a logistických činností. Následně jsou v jednotlivých variantách hledány možnosti změny plánu – tedy výběr pracoviště, výběr operace, nalezení alternativního pracoviště, zohlednění mezipodnikové dopravy, přeplánování operace, přeplánování dalších ovlivněných operací a kontrola, zda varianta splňuje zadaná omezení. Následně je proveden test, z jaké varianty má být v následujícím cyklu pokračováno a zda není již výčet variant kompletní.

Metodika je navržena nezávisle na použitém nástroji pro testování jednotlivých variant plánů výrobních a logistických činností v síti podniků. Při zvyšujícím se počtu vstupních parametrů a tím se navyšující variantnosti a složitosti celého systému by bylo zpracování bez použití softwarové pomoci v praxi nerealizovatelné – doba zpracování metodiky by přesáhla dobu, po kterou známe vstupní data metodiky před realizací plánu výroby. Metodika proto umožňuje využít pro testování variant různé simulační nástroje, které tento proces výrazně urychlí a tím umožní rozhodování v reálném čase. V praxi je možné pro testování jednotlivých variant využít simulační softwarový nástroj Rockwell software Arena, Siemens Plant Simulation, apod. Tyto softwarové nástroje umožňují vytvoření velkého množství variant a zároveň provedení výpočtu hodnoty kritériální rovnice a tím výrazně napomáhají s hledáním výsledné varianty plánu výrobních a logistických činností v síti podniků.

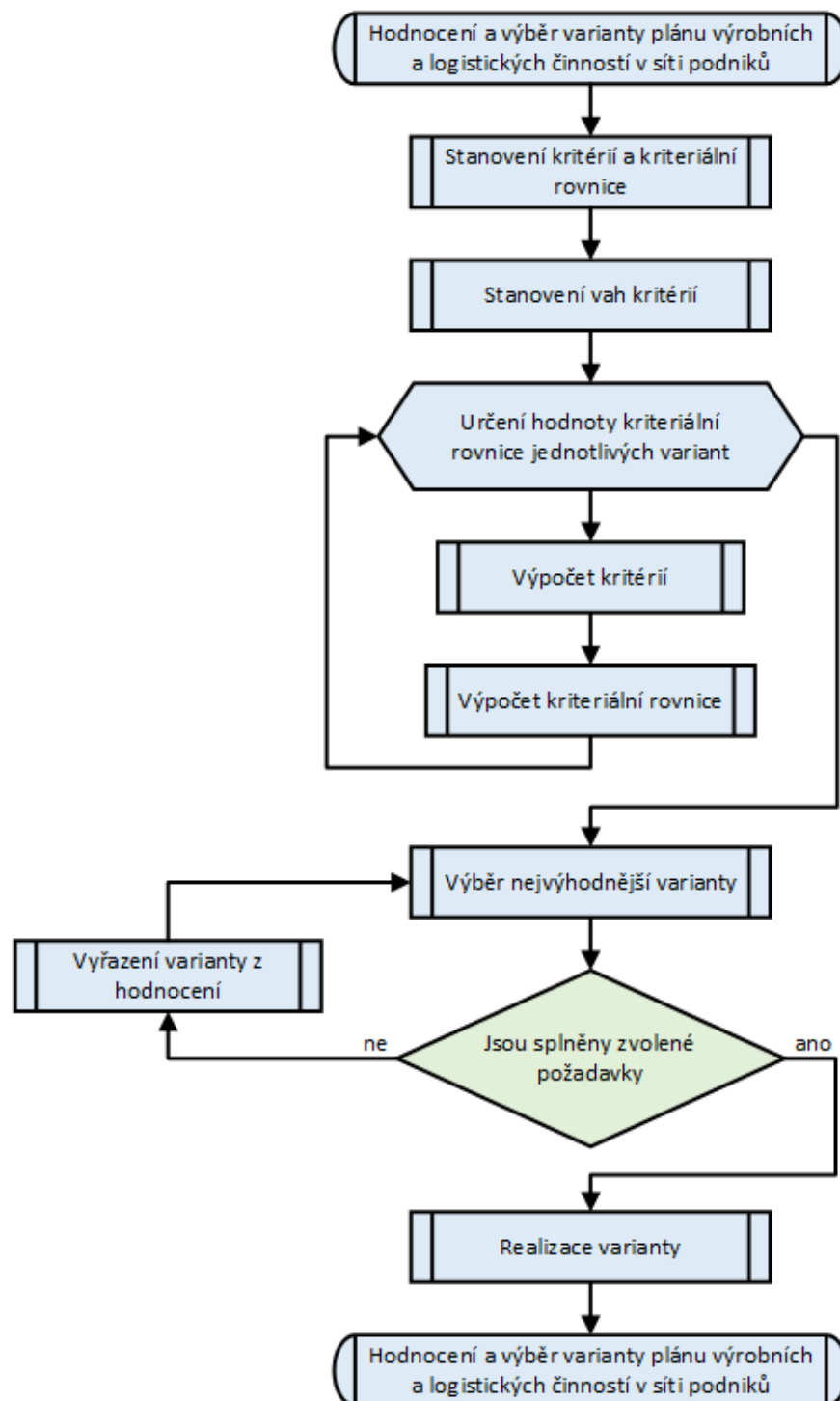
V této kapitole byly charakterizovány kroky, které je nutné provést pro využití metodiky v prováděcí části. Výstupem prováděcí části jsou varianty plánů výrobních a logistických činností v síti podniků, které jsou vstupem do následující hodnotící části metodiky, kdy jsou varianty porovnávány z hlediska navržené kritériální rovnice.



Obrázek 10-16 Tvorba variant plánu výrobních a logistických činností v síti podniků [zdroj autor]

10.2.3 Hodnotící část

Hodnotící část navazuje na předchozí část prováděcí a slouží k zhodnocení a výběru nejvýhodnější varianty plánu výrobních a logistických činností v síti podniků navržené v předchozí části. Pro úspěšné zpracování této části metodiky musí být z prováděcí fáze stanoveny varianty plánu výroby, stanovena výchozí varianta a stanoveny požadavky na výběr varianty, respektive zlepšení vybraného parametru oproti výchozí variantě. Celý postup zpracování této části metodiky je uveden na následujícím schématu (Obrázek 10-17), kde je vidět pořadí a návaznost všech uvedených kroků.



Obrázek 10-17 Hodnocení variant plánu výroby a výběr výsledné varianty [zdroj autor]

Hodnotící část se provádí pomocí několika základních kroků:

1. Stanovení kritérií a kritériální rovnice
2. Stanovení vah kritérií
3. Ohodnocení variant:
 - a. výpočet kritérií
 - b. výpočet kritériální rovnice
4. Výběr nejvýhodnější varianty
5. Kontrola splnění zvolených požadavků
6. Určení výsledné varianty

Ad1. Stanovení kritérií a kritériální rovnice – Prvním krokem hodnotící části je stanovení kritérií, na základě kterých budou hodnoceny jednotlivé varianty plánu výroby. Za kritéria je vzhledem k tomu, že se jedná o multikritériální hodnocení variant, možné zvolit prakticky jakákoli kritéria, která jsou relevantní pro hodnocení plánů výrobních a logistických činností. Tato kritéria mohou být ekonomického i neekonomického charakteru, ale musíme je být schopni kvantifikovat. Počet kritérií není nijak omezen. Výčet kritérií musí být minimálně totožný s požadavky na výběr varianty, jelikož musíme být schopni zkontrolovat splnění definovaných požadavků. Samozřejmě mohou být stanovena kritéria ve větší šíři, než jsou stanoveny požadavky na výběr varianty.

Při stanovování kritérií je vhodné vycházet s magického trojúhelníku čas – náklady – kvalita a volit kritéria např. v podobě nákladů na výrobu, průběžného času výroby, vytížení pracovišť, apod. Samozřejmě je možné volit i kritéria z jiných oblastí. Např. pokud podnik bude vyznávat filozofii lean – clean – green, mohou být zvolena například kritéria ve formě spotřeby elektrické energie (pracovišť), objemu odpadů (pracovišť), apod.

V okamžiku, kdy máme stanovena všechna požadovaná kritéria, musíme stanovit, zda mají charakter minimalizační či maximalizační, tedy jestli je výhodnější varianta s nižší nebo naopak vyšší hodnotou tohoto kritéria. V tuto chvíli je možné sestavit kritériální rovnici, kdy je nutné na základě charakteru kritérií určit, zda se jedná o minimalizační nebo maximalizační multikritériální rovnici. Kritériální rovnice bude obecně vypadat v případě minimalizace následovně:

$$\min Z = \text{minimalizační kritéria} - \text{maximalizační kritéria} \quad (8)$$

nebo naopak u maximalizace:

$$\max Z = \text{maximalizační kritéria} - \text{minimalizační kritéria} \quad (9)$$

Při minimalizační multikritériální rovnici je pak vhodné maximalizační kritéria převést na minimalizační, nebo naopak při maximalizační multikritériální rovnici převést minimalizační kritéria na maximalizační. [50] Např. pokud je zvoleno kritérium maximalizace výnosu ze zakázek, je možné ho převést na minimalizaci nákladů.

Ad2. Stanovení vah kritérií – Ve chvíli, kdy máme hotovou podobu multikritériální rovnice, je nutné stanovit významnost jednotlivých kritérií, respektive jejich váhu. Tyto váhy je nutné stanovit, jelikož jednotlivá kritéria nejsou pro výsledek kritériální rovnice stejně důležitá, respektive nejsou důležitá pro zpracovatele metodiky – např. při kritériální rovnici, která obsahuje kritéria náklady výroby a spotřeba energie je výrazně významnější kritérium nákladů, které má vliv na efektivní fungování podniku, respektive celé sítě podniků.

Jednotlivé váhy kritérií jsou dle [50] značeny v_j , kde j nabývá hodnot 1 až n a n představuje počet všech uvažovaných kritérií. Aby váhy byly srovnatelné, musí být stanoveny tak, že jsou stanoveny jako nezáporná čísla a jejich součet je roven jedné.

Metod pro stanovení vah kritérií existuje několik. Základní metody lze rozdělit podle informace, která je nutná pro stanovení vah:

- **rozhodovatel nemůže určit preference** – v případě, že rozhodovatel není schopen rozlišit důležitost jednotlivých kritérií, všem kritériím je přiřazena stejná váha. Např. při pěti kritériích je všem kritériím přiřazena totožná váha $v_j = 0,2$.
- **rozhodovatel má ordinální informaci o kritériích** – v takovém případě je rozhodovatel schopen určit pořadí důležitosti kritérií. Mezi metody vyžadující ordinální informaci o kritériích patří **metoda pořadí** a **Fullerova metoda**.
- **rozhodovatel má kardinální informace o kritériích** – rozhodovatel zná nejen pořadí, ale i rozestupy v pořadí preferencí mezi jednotlivými kritérii. Mezi metody založené na tomto principu patří **bodovací metoda** a **Saatyho metoda**.

Pro vlastní hodnocení variant stačí, aby si rozhodovatel vybral jednu metodu, tou spočítal váhy a s těmito váhami počítal dále. [50]

V tuto chvíli je stanovena multikriteriální rovnice včetně vah všech kritérií, která má v případě minimalizace při stanovení čtyř kritérií následující podobu:

$$\min Z = v_1 \cdot K_1 + v_2 \cdot K_2 + v_3 \cdot K_3 + v_4 \cdot K_4 \quad (10)$$

Ad3. Ohodnocení variant – Dalším krokem je ohodnocení všech variant, kdy je nejprve nutné vypočítat nebo stanovit hodnoty jednotlivých kritérií, na jejímž základě vypočítáme hodnotu kritériální rovnice. Výpočet kritérií probíhá na základě zjištěných vstupních informací a dopočetných hodnot v průběhu návrhu variant plánu výrobních a logistických činností v síti podniků. Mezi zjištěné informace v přípravné části mohou patřit například hodnoty sazeb za dopravu mezi podniky a sazba za využití pracoviště. Hodnoty, které jsou určovány v průběhu prováděcí fáze, jsou například čas zpracování na jednotlivých pracovištích, kdy tyto hodnoty se mohou pro jednotlivé varianty toku materiálu lišit, jelikož doba zpracování zakázky na jednotlivých strojích může být rozdílná v závislosti na jejich technických parametrech. Na základě těchto informací pak můžeme stanovit tato kritéria – např. na základě četnosti mezipodnikové dopravy, vzdálenosti mezi podniky a sazbě za dopravu, stanovíme náklady za mezipodnikovou dopravu.

Následně provedeme výpočet kritériální rovnice pro jednotlivé varianty, kdy můžeme postupovat dvěma základními způsoby:

- pro výpočet kritériální rovnice využijeme přímo hodnoty kritérií,
- pro výpočet kritériální rovnice převedeme hodnoty kritérií pomocí metod stanovení variant [50]

Ad4. Výběr nejvýhodnější varianty – Na předchozí krok následně navazuje porovnání jednotlivých variant. V předchozím kroku jsou uvedeny dva možné způsoby vyjádření hodnoty multikriteriální rovnice. V prvním případě musí být kritéria stanovena ve stejných jednotkách, nebo musíme být schopni je na tyto jednotky převést. Například můžeme všechna stanovená kritéria vyjádřit pomocí ekonomických ukazatelů – např. náklady. U takto stanovených kritérií je pak možné provést jednoduchý součet, kdy hodnoty jednotlivých kritérií stanovují i váhu kritéria a není nutné mít stanovenou významnost jednotlivých kritérií – např. máme stanovena kritéria výrobní náklady a náklady za

mezipodnikovou dopravu. Výrobní náklady se pohybují v rozmezí od 100 000 Kč do 250 000 Kč a náklady za dopravu od 5 000 Kč do 50 000 Kč. Pak se na výsledku kriteriální rovnice promítnou daleko významněji výrobní náklady.

V druhém případě máme jednotlivá kritéria stanovená v různých jednotkách a pro ně stanovenou významnost, respektive váhu kritéria. Následně jsou v rámci jednotlivých kritérií ohodnoceny jednotlivé varianty, např. pomocí pořadí, obodování hodnoty kritérií, apod. Tedy je převedena hodnota kritéria na společnou jednotku. Následně je za pomoci vah vypočtena hodnota kriteriální rovnice. Mezi metody stanovení pořadí variant patří dle [50] např. následující:

- metoda pořadí,
- metoda bodovací,
- metoda váženého součtu,
- metoda bazické varianty,
- metoda AHP (Analytic Hierarchy Process),
- metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution),

Příklad (zdroj [50]): Máme vyhodnotit tři varianty, u kterých máme stanovená 4 kritéria. Pro vyhodnocení variant máme stanovená pro jednotlivá kritéria jejich váhy a máme použít metodu pořadí.

Nejdříve sestavíme matici pořadí pro všechna kritéria bez vah:

	K_1	K_2	K_3	K_4	Součet pořadí	Pořadí
A	1	3	2	1	7	1.
B	3	1	3	3	10	2.
C	2	2	1	2	7	1.

Tabulka 10-2 Matice pořadí bez vah [50]

S váhami je pak matice upravena následovně:

	K_1	K_2	K_3	K_4	Vážený součet pořadí	Pořadí
A	0,5	0,6	0,5	0,05	1,65	1.
B	1,5	0,2	0,75	0,15	2,6	3.
C	1	0,4	0,25	0,1	1,75	2.
Váhy	0,5	0,2	0,25	0,05		

Tabulka 10-3 Matice pořadí s váhami [50]

V předchozí matici je vidět, jak je provedeno ohodnocení variant pomocí stanovení pořadí a zohlednění vah jednotlivých kritérií. Při porovnání obou tabulek je i vidět, že je ovlivněno pořadí variant stanovenými váhami.

Ad5. Kontrola splnění zvolených požadavků – V tuto chvíli je vybrána varianta, která je z multikriteriálního hlediska nejvýhodnější. Před zahájením tvorby variant byla stanovená

výchozí varianta plánu výroby v síti podniků a požadavky, které jsou kladeny na výsledek použití metody, respektive jakých minimálních zlepšení chceme oproti výchozí variantě dosáhnout. V tomto kroku tedy provedeme porovnání vybrané varianty s výchozí variantou a kontrolujeme, jestli jsou splněny stanovené požadavky. Např. je stanovený požadavek snížení nákladů na zpracování zakázek (výrobní a logistické náklady na zakázku) o 20 %. Pokud má výchozí varianta tyto náklady např. v hodnotě 1 milion Kč, musí mít vybraná varianta tyto náklady na úrovni 800 tisíc Kč, nebo nižší. Pokud jsou tyto požadavky splněny, můžeme tuto variantu určit jako výslednou a přikročit k její realizaci.

Samozřejmě existuje i možnost, že výsledná varianta nebude splňovat stanovené požadavky, nebo některý z nich. Pak tuto variantu vyřazujeme z hodnocení a přistupujeme k variantě, která je následující v pořadí, kdy tento proces můžeme opakovat do vyčerpání všech variant.

Po vyčerpání všech variant, respektive ve chvíli, kdy zjistíme, že žádná z vytvořených variant nesplňuje námi stanovené požadavky, můžeme pokračovat následujícími třemi způsoby:

- provést kontrolu, zda byla vytvořena dostatečná množina variant k hodnocení,
- provést přehodnocení požadavků a stanovit nové požadavky,
- konstatovat, že nelze vytvořit takový plán, který by přinesl požadovaný efekt a případně použít výchozí plán výroby, zrušit vybrané zakázky, použít kooperaci, apod.

Ad6. Určení výsledné varianty – Jelikož je určena výsledná varianta, která splňuje všechny stanovené požadavky, nic nebrání tomu, aby bylo přistoupeno k realizaci plánu výroby v síti podniků.

Součástí hodnotící části mohou být i doporučení pro síť podniků. Např. u zařízení, která jsou dlouhodobě přetížená, doporučit rozšíření počtu pracovišť, navýšení směnnosti, apod. Naopak u zařízení, která jsou dlouhodobě nevyužívaná, zvážit, zda dané pracoviště potřebují a navrhnout snížení směnnosti, zrušení pracoviště a případné převedení prací na externího dodavatele, hledat využití zařízení dalšími zakázkami.

Samozřejmostí je pak provádění kontroly realizace plánu výroby a především sledování rozdílů mezi plánem a skutečností, aby byla funkční zpětná vazba pro zpřesnění dalšího plánování.

Výstupem hodnotící části je nejvýhodnější varianta plánu výrobních a logistických činností v síti podniků ve vztahu k hodnotě kritériální rovnice.

Základní a nejvýznamnější částí navrhované metodiky je prováděcí část, ve které za pomoci daného postupu, vytváříme varianty plánu výroby v síti podniků. Na tuto část navazuje hodnotící část, v níž na základě zvolené kritériální rovnice nalzáme nejvýhodnější variantu plánu výroby pro zvolené zakázky výroby. V této disertační práci bylo zvoleno hodnocení variant podle multikritériálních kritérií při dodržení požadované kvality a předpokladu, že kapacity pro zpracování zakázek jsou v celkovém kontextu dostatečné, tedy lokálně na určitých pracovištích mohou u některých variant být překročeny. To znamená, že byla zvolena multikritériální rovnice pro hodnocení variant.

Pro hodnocení variantních návrhů plánu výroby v síti podniků může být zvoleno jakékoli relevantní kritérium, kdy je vhodné, aby byla zvolena minimálně kritéria, která jsou ve vztahu k magickému trojúhelníku čas, kvalita a náklady, nebo alespoň jejich část. To znamená, že hodnotící fáze navrhované metodiky je flexibilní a lze ji upravit podle požadavků na hodnocení a výběr nejvhodnějšího návrhu plánu výroby v síti podniků.

10.3 Stanovení konkrétních kritérií a kritériální rovnice

V předchozím textu byl popsán postup stanovení a vyhodnocení kritérií a multikritériální rovnice v obecné rovině. Obsahem této kapitoly je stanovení jedné z podob multikritériální rovnice. Jak bylo uvedeno v kapitolách 4.3 a 10.1, je hodnocení plánu výroby prováděno na základě nákladů, kapacity, kvality, průběžné doby výroby a plnění požadavků zákazníka, která představují základní obvyklá kritéria hodnocení. Kvalita je v případě této metodiky hodnocena jako omezující podmínka a je předpoklad, že všechny navrhované varianty splňují dané podmínky kvality. Proto byly určena následující kritéria pro hodnocení variant:

- náklady na realizaci zakázek,
- průběžná doba výroby zakázek,
- využití kapacity výroby,
- plnění termínu realizace zakázek.

Jak již bylo uvedeno v předchozím textu, je samozřejmě možné daná kritéria měnit, či je rozšířit.

Náklady na realizaci zakázek

Jedním z nejvýznamnějších cílů podnikání je vytváření zisku, tedy dosáhnout takových nákladů, které jsou nižší než výnosy, respektive prodejní ceny výrobků, případně služeb. Z tohoto důvodu je hodnocen plán výroby z pohledu nákladů. Kalkulační vzorec pro výpočet nákladů v podniku je dle [10] ve zjednodušené formě následující:

$$\begin{aligned} \text{úplné vlastní náklady} &= \text{vlastní náklady výroby} \\ &+ \text{správní režie} + \text{odbytová režie} \end{aligned} \quad (11)$$

Vzhledem k tomu, že plánování výroby významně ovlivňuje především realizaci výroby, zaměříme se dle kalkulačního vzorce uvedeného v [10] na vlastní náklady výroby, které jsou vyjádřeny následujícím vztahem:

$$VNV = PMa + PMz + \underbrace{SN + RMa + L + Ost}_{\text{výrobní režijní náklady}} \quad (12)$$

<i>VNV</i> vlastní náklady výroby	[Kč]
<i>PMa</i> přímý materiál	[Kč]
<i>PMz</i> přímé mzdy	[Kč]
<i>SN</i> strojí náklady	[Kč]
<i>RMa</i> náklady na režijní materiál	[Kč]
<i>L</i> logistické náklady	[Kč]
<i>Ost</i> ostatní výrobní náklady	[Kč]

Vzhledem k tomu, že předmětem plánování výrobních a logistických činností v podniku je změna toku materiálu a není zde uvažována změna technologického postupu, neuvažujeme

o změně vstupního materiálu, tedy budou přímé náklady na materiál neměnné a můžeme je pro stanovení kritéria nákladů na realizaci zakázky zanedbat.

Logistické náklady jsou náklady spojené se zabezpečením požadované úrovně logistických služeb a můžeme je dle [11] rozdělit na následující typy nákladů:

- náklady na řízení a systém,
- náklady na zásoby,
- náklady na skladování,
- náklady na dopravu a manipulaci.

Do výsledné hodnoty kritéria budou zahrnuty především náklady na dopravu mezi podniky, respektive náklady na transport, jelikož v rámci navrhované metodiky se budou u jednotlivých variant plánu měnit či vznikat požadavky na dopravu mezi podniky. Ostatní logistické náklady budou zahrnuty pomocí zbytkových výrobních režijních nákladů jednotlivých podniků.

Doprava může být zajištěna dvěma způsoby a to interně (zajištění vlastními silami) a externě (zajištění pomocí smluvního dopravce). V případě, že bude doprava zajištěna externě, jsou náklady ve většině případů stanoveny na základě sazby za dopravu. Naopak u interní dopravy jsou náklady na dopravu stanoveny ve většině případů na základě kalkulací vlastních nákladů. Proto rozlišujeme v této práci dva základní způsoby určování nákladů na dopravu a manipulaci:

- Náklady za dopravu na základě sazby – externí dopravce
- Náklady za dopravu na základě kalkulace – interní doprava [12]

V případě stanovení nákladů na základě sazby jsou náklady za dopravu určeny cenou stanovenou dodavatelem služby – externím dopravcem. Cena je určena především vzdáleností přepravy, vlastnostmi přepravovaného produktu a použité dopravní techniky, proto je sazba uváděna v Kč/km, Kč/kg (Kč/t), Kč/tkm, atd. K této ceně je nutné, pokud to není již součástí služby, připočítat další náklady za úkony přímo spojené s dopravou. [12]

Jedním ze způsobu stanovení ceny za dopravu je dle [3] součet základní (výchozí) sazby za využití dopravy, sazby za čekání a sazby za jízdu. Náklady na dopravu jsou pak vypočteny následujícím způsobem:

$$NTR = \sum_{i=1}^n (k_B + n_{ST} \cdot k_{ST} + l_{DW} \cdot k_{DW})_i \quad (13)$$

NTR	náklady na transport	[Kč/přeprava]
k_B	základní sazba	[Kč]
n_{ST}	doba čekání	[min, h]
k_{ST}	sazba za čekání	[Kč/h]
l_{DW}	délka trasy	[km]
k_{DW}	sazba za jízdu	[Kč/km]
n	počet transportů	

Dalším způsobem stanovení nákladů za dopravu je na základě kalkulace vlastních nákladů. Takto se určují náklady za dopravu, pokud je zajišťována vlastními silami – interně. Touto

metodou jsou obecně stanovovány nižší náklady za dopravu než u nákladů stanovených na základě sazby, protože není započítán zisk externího dopravce. Tato metoda má ale určité obtíže. Především podnik musí být schopen vyčíslit své náklady a umět je správně přiřadit k výrobkům, procesům, atd. Pak je možné vyjádřit obdobně jako u externího dopravce sazbu za přepravu (obdoba strojní hodinové sazby, respektive pracovní hodinové sazby). Výpočet nákladů pak proběhne následujícím způsobem:

$$NTR = \sum_{i=1}^n (l_{DW} \cdot TS)_i \quad (14)$$

<i>NTR</i>	náklady na transport	[Kč/přeprava]
l_{DW}	délka trasy	[km]
<i>TS</i>	sazba za jízdu	[Kč/km]
<i>n</i>	počet transportů	

Zbylé náklady – přímé mzdy, strojní náklady, náklady na režijní materiál, ostatní logistické náklady a ostatní výrobní náklady – lze pomocí kalkulačních metod přiřadit k výkonu jednotlivých pracovišť, tedy stanovit tzv. náklady na pracoviště (pracovní náklady), respektive stanovit pracovní hodinou sazbu. Tyto náklady vycházejí ze strojních nákladů (strojní hodinové sazby), ke kterým jsou připočteny náklady na přímé mzdy a zbylá výrobní režie. Hodnotu pracovní hodinové sazby jsou dnes v praxi schopni určit ve většině podniků. Pak je upravený kalkulační vzorec pro stanovení vlastních nákladů výroby následující:

$$VNV = PMa + PN \quad (15)$$

<i>VNV</i>	vlastní náklady výroby	[Kč]
<i>PMa</i>	přímý materiál	[Kč]
<i>PN</i>	pracovní náklady	[Kč]

Výpočet nákladů na pracoviště provádíme pomocí následujícího vztahu:

$$PN = \sum_{i=1}^n (Nč \cdot PHS)_i \quad (16)$$

<i>PN</i>	pracovní náklady	[Kč/kalkulační jednici]
<i>Nč</i>	norma času na operaci	[h]
<i>PHS</i>	pracovní hodinová sazba	[Kč]
<i>n</i>	počet operací	

kde jako kalkulační jednice jsou myšleny všechny zakázky zpracovávané v daném období. Při výpočtu těchto nákladů je kalkulační jednice pracoviště, kdy předpokládáme na pracovišti vždy zpracovat celou výrobní dávku, respektive celou zakázku, proto je výpočet

normy času na operaci (zpracování operace v zakázce) stanoven dle [10] následujícím vztahem:

$$N\check{c} = t_{AC} \cdot d_v + t_{BC} \quad (17)$$

t_{AC}	norma jednotkového času s podílem času směnového	[Nmin /ks]
t_{BC}	norma času dávkového s podílem času směnového	[Nmin /dávka]
d_v	velikost výrobní dávky	[ks/dávka]

Pak lze stanovit celkové náklady na realizaci zakázek, které jsou součtem nákladů na výrobu jednotlivých zakázek včetně nutných operací uvnitř podniku a nákladů na mezipodnikovou logistiku. Vztah pro výpočet těchto nákladů je následující:

$$NRZ = \sum_{i=1}^n PN_i + \sum_{k=1}^m NTR_j \cdot p_j \quad (18)$$

NRZ	náklady na realizaci zakázek	[Kč]
PN	pracovní náklady	[Kč/pracoviště]
n	počet pracovišť	
NTR	náklady na transport	[Kč/přeprava]
p	počet realizovaných přeprav	
m	počet přepravních prostředků	

Na základě uvedených vztahů je pak možné vypočítat hodnotu kritéria náklady na realizaci zakázek, které vychází z vlastních nákladů výroby, od kterých jsou odečteny přímé náklady na materiál. Je zde možné namítnout, že náklady na logistiku, respektive na mezipodnikovou dopravu nelze zahrnout do vlastních nákladů výroby, ale spíše by měly být obsahem odbytové režie. Vzhledem k tomu, že považujeme síť podniků za jeden podnikatelský subjekt, je nutné náklady za mezipodnikovou dopravu uvnitř této sítě zahrnout do vlastních nákladů výroby, jelikož představují ekvivalent dopravy mezi pracovišti v podniku, akorát ve větším měřítku.

Průběžná doba výroby zakázek

Dalším kritériem pro hodnocení efektivnosti plánu výroby je průběžná doba výroby, která představuje čas mezi impulsem k zahájení zpracování zakázky a expedováním zakázky. Průběžná doba výroby je čas, za který projde výrobek celým výrobním procesem od zahájení příprav na výrobu, samotné výroby, skladování mezi operacemi, manipulace mezi operacemi, po expedici zákazníkovi. Průběžná doba výroby se skládá z následujících skupin časů:

- čas technologických operací – čas, po který probíhá výroba, nastavení pracoviště, apod.,
- čas netechnologických operací – čas manipulace,
- čas přerušení – čas přestávek, přerušení výroby, organizačních nedostatků, apod.

Čas technologických operací vlastně představuje sumu technologických operací, které jsou na zakázce prováděny. Čas netechnologických operací představuje manipulaci a dopravu zakázky uvnitř i vně podniku, respektive manipulaci uvnitř podniku a dopravu mezi jednotlivými podniky sítě. Čas přerušení je čas povinných přestávek, organizačních přerušení (např. doba mezi směnami), přerušení výroby (čekání na uvolnění pracoviště – uložení do meziskladu). Vztah pro výpočet průběžné doby výroby pak vypadá následovně:

$$PDV = \check{C}TO + \check{C}NTO + \check{C}P \quad (19)$$

<i>PDV</i>	průběžná doba výroby	[min, h]
<i>ČTO</i>	čas technologických operací	[min, h]
<i>ČNTO</i> ...	čas netechnologických operací	[min, h]
<i>ČP</i>	čas přerušení	[min, h]

Jednotlivé položky výpočtu průběžné doby zpracování zakázek lze pak vypočítat zvlášť pro všechny zakázky sledované v rámci tvorby plánu výroby. Pro výpočet technologických časů je nutné určit sumu technologických časů na jednotlivých pracovištích. Vztah pro výpočet technologických časů lze vyjádřit následovně:

$$C\check{C}TO = \sum_{i=1}^n (t_{AC} \cdot d_v + t_{BC})_i \quad (20)$$

<i>CČTO</i> ...	celkový čas technologických operací	[min, h]
<i>t_{AC}</i>	norma jednotkového času s podílem času směnového	[Nmin /ks]
<i>t_{BC}</i>	norma času dávkového s podílem času směnového	[Nmin /dávka]
<i>d_v</i>	velikost výrobní dávky (zakázky)	[ks/dávka]
<i>n</i>	počet operací na pracovišti	

Obdobným způsobem lze určit časy na netechnologické operace, respektive manipulaci a přepravu, kdy se určuje suma časů pro jednotlivé manipulační či přepravní prostředky. Vztah pro výpočet netechnologických časů lze vyjádřit následovně:

$$C\check{C}NTO = \sum_{i=1}^n (t_{NO} \cdot p_{NO})_i \quad (21)$$

<i>CČNTO</i>	celkový čas netechnologických operací	[min, h]
<i>t_{NO}</i>	čas netechnologického času	[min, h]
<i>p_{NO}</i>	počet opakování netechnologického času	
<i>n</i>	počet manipulací daným prostředkem	

Nakonec analogicky určíme časy přerušení, kdy určujeme sumu časů přerušení na daném místě (to může být doba skladování, přerušení na pracovišti z důvodu přestávky nebo ukončení směny, apod.). Vztah pro výpočet časů přerušení lze vyjádřit následovně:

$$C\check{C}P = \sum_{i=1}^n (t_p \cdot p_p)_i \quad (22)$$

$C\check{C}P$ celkový čas přerušení [min, h]

t_p čas přerušení [min, h]

p_p počet opakování času přerušení

n počet časů přerušení na daném místě

Na základě uvedeného vztahu je pak možné vypočítat průběžné doby výroby všech sledovaných zakázek. Pro hodnocení musí být sečteny všechny vypočtené časy, jelikož požadujeme snižování průběžné doby výroby pro všechny plánované zakázky, respektive zakázky, které se v rámci metodiky přeplánovávají (mění tok zakázek přes pracoviště). Vztah pro výpočet kritéria je pak následující:

$$CPDV = \sum_{i=1}^n C\check{C}T O_i + \sum_{j=1}^m C\check{C}N T O_i + \sum_{k=1}^r C\check{C}P_k \quad (23)$$

$CPDV$... suma průběžných dob výroby [min, h]

n počet pracovišť

n počet manipulačních a přepravních prostředků

n počet míst přerušení

Pokud požadujeme snižování průběžné doby výroby pouze u části zakázek, můžeme do kritéria zahrnout pouze tyto vybrané zakázky, nebo vytvořit další samostatné kritérium, kdy je pak možné sledovat celkové snižování průběžné doby výroby, ale i snižování u vybraných zakázek.

Využití kapacity výroby

Dalším ze způsobů, jak hodnotit efektivitu plánování, je pomocí využití kapacit pracovišť. Kapacita pracoviště je vypočítávána vždy na časové období, např. rok, měsíc, týden, den a případně i hodinu. Dále se zaměříme na výpočet pro delší časové období, tedy pro rok až týden. Nejprve je nutné stanovit efektivní využitelný časový fond pracoviště, který představuje dobu, po kterou je možné na pracovišti vyrábět. Efektivní časový fond lze stanovit různými způsoby.

Pro výpočet efektivního časového fondu použijeme dle [28] vztah pro výpočet efektivního časového fondu pro technologické místo, jelikož předpokládáme, že pracoviště může obsahovat výrobní zařízení:

$$F_{vT} = (P_D - P_{ND} - P_{CD} - P_{PO}) \cdot h_D - P_{HZ} \quad (24)$$

F_{vT} efektivní časový fond pracoviště (technologického místa) [h]
 P_D počet dní v daném období (např. kalendářní rok = 365 dní)
 P_{ND} počet nepracovních dní (např. kalendářní rok = 52 sobot a 52 nedělí), svátky
 P_{CD} počet dní celozávodní dovolené
 P_{PO} počet dní plánovaných oprav
 P_{HZ} počet hodin ztrátových hodin
 h_D počet hodin v pracovním dnu [h]

Dalším ze způsobů je stanovování efektivního časového fondu pracoviště na základě evidovaných statistických údajů, kdy se provádí výpočet podle následujícího vztahu:

$$F_{vT} = P_{PD} \cdot h_D \cdot k_v \quad (25)$$

P_{PD} počet pracovních dní ve sledovaném období
 h_D počet hodin v pracovním dnu [h]
 k_v koeficient využitelnosti pracovní doby

Koeficient využitelnosti pracovní doby je stanoven z historických údajů, které jsou vedeny k uvedenému pracovišti. Vychází z evidence např. přerušení z důvodu oprav, přerušení na údržbu, celozávodní dovolené. Koeficient určuje podíl času, který je možné využít pro pracovní činnosti.

Ve chvíli, kdy známe efektivní časový fond pracoviště, respektive disponibilní kapacitu pracoviště, musíme zjistit objem výkonů, které chceme na pracovišti realizovat, respektive jejich časovou náročnost. Tento objem označujeme jako plánovanou odpracovanou dobu, která vychází z normy času, která je vypočítávána pomocí vztahu uvedeného v předchozím textu. Plánovanou odpracovanou dobu spočítáme podle následujícího vztahu, kdy je nutné provést sumarizaci normy času na všechny plánované operace na pracovišti:

$$T_{PD} = \sum_{i=1}^n (t_{ACi} \cdot d_{vi} + t_{BCi}) \quad (26)$$

t_{ACi} norma jednotkového času i-té operace s podílem času směnového [Nmin /ks]
 t_{BCi} norma času dávkového i-té operace s podílem času směnového [Nmin /dávka]
 d_{vi} velikost výrobní dávky i-té operace [ks/dávka]
 n počet plánovaných operací na pracovišti

V tuto chvíli je možné porovnat vzájemně obě zjištěné veličiny a zjistit, v jakém podílu je využítá časová disponibilní kapacita. Výpočet využití časových kapacit je možné provést dle následujícího vztahu:

$$k_{PC} = \frac{T_{PD} \cdot 100}{F_{vT}} \quad (27)$$

k_{PC} koeficient celkového plánovaného časového využití kapacity pracoviště [%]

Na základě uvedeného vztahu je vypočteno využití kapacity pracoviště. Pro hodnocení musí být sečteny všechny hodnoty vypočtených využití kapacit, jelikož požadujeme zvyšování využití kapacit pro všechny pracoviště. Vztah pro výpočet kritéria je pak následující:

$$CVK = \sum_{i=1}^n k_{PCi} \quad (28)$$

CVK suma využitých kapacit pracovišť [%]

n počet sledovaných pracovišť

Plnění termínu realizace zakázek

Posledním kritériem je sledováno plnění termínů zakázek, respektive kolik zakázek podle plánu bude vyhotoveno do termínu, který je domluven se zákazníkem. Musí být provedeno porovnání termínů domluvených se zákazníkem a plánovaných termínů realizace, kdy musí platit následující podmínka:

$$T_{realizace\ zakázky} \leq T_{dodání\ zákazníkovi} \quad (29)$$

$T_{realizace\ zakázky}$ plánovaný termín dokončení zpracování zakázky

$T_{dodání\ zákazníkovi}$ domluvený termín předání zákazníkovi

Výpočet kritéria je pak proveden součten počtu zakázek, které splňují danou podmínku. U tohoto kritéria je požadováno, aby co největší počet zakázek byl vyhotoven dle domluvených podmínek, tedy i v domluveném termínu. Kritérium je pak možné vypočítat na základě následujícího vztahu:

$$CSZ = \sum_{i=1}^n SZ_i \quad (30)$$

CSZ suma splněných zakázek

SZ logický člen určující zda je plánováno splnění zakázky [hodnoty 0 a 1]

n počet plánovaných zakázek

Kritériální rovnice

Předchozí souhrn rovnic slouží k výpočtu jednotlivých kritérií, která jsou součástí multikritériální rovnice. Jednotlivá kritéria jsou odvozena z magického (projektového) trojúhelníku a z požadavků na efektivní plán, které jsou uváděny v odborné literatuře.

Při zachování podmínky kvality a celkových předběžných volných kapacit je sestavena následující minimalizační multikritériální rovnice pro určení nejvhodnější varianty plánu výrobních a logistických činností v síti podniků:

$$\min(K) = \underbrace{v_1 \cdot NRZ + v_2 \cdot CPDV}_{\text{minimalizační kritéria}} - \underbrace{v_3 \cdot CVK - v_4 \cdot CSZ}_{\text{maximalizační kritéria}} \quad (31)$$

<i>NRZ</i>	náklady na realizaci zakázek	[Kč]
<i>CPDV</i>	suma průběžných dob výroby	[min, h]
<i>CVK</i>	suma využitých kapacit pracovišť	[%]
<i>CSZ</i>	suma splněných zakázek	
v_1 až v_4	váhy jednotlivých kritérií	

Jednotlivá stanovená kritéria mají jak minimalizační, tak i maximalizační charakter. Dle [50] je vhodné před hodnocením multikritériální rovnice převést všechna kritéria na jeden společný typ, respektive v tomto případě převést maximalizační kritéria na minimalizační. Je tedy nutné převést následující kritéria:

- využití kapacit pracovišť
- splněné zakázky

Při hodnocení využití kapacit požadujeme u tohoto kritéria jeho maximalizaci. Pokud hledáme minimum, lze považovat u kapacit za minimalizační položku nevyužité kapacity, respektive zbývající volné kapacity. Pak můžeme vypočítat zbývající volné kapacity pomocí následujícího vztahu:

$$CNK = \sum_{i=1}^n (n \cdot 100 - k_{PCi}) \quad (32)$$

<i>CNK</i>	suma zbývajících volných kapacit	[%]
k_{PCi}	koeficient celkového plánovaného využití kapacity pracoviště	[%]
n	počet sledovaných pracovišť	

V případě hodnocení počtu splněných zakázek, které je maximalizačním kritériem, je jeho logickým opakem hodnocení počtu nesplněných zakázek. Výpočet lze provést pomocí následujícího vztahu:

$$CNZ = n - \sum_{i=1}^n SZ_i \quad (33)$$

CNZ suma nesplněných zakázek

SZ..... logický člen určující, zda je plánováno splnění zakázky [hodnoty 0 a 1]

n..... počet plánovaných zakázek

Na základě provedeného převodu maximalizačních kritérií lze upravit tvar minimalizační multikritériální rovnice následovně:

$$\min(K) = v_1 \cdot NRZ + v_2 \cdot CPDV + v_3 \cdot CNK + v_4 \cdot CNZ \quad (34)$$

Dalším krokem je úprava kritérií v multikritériální rovnici tak, aby bylo možné je vyjádřit pomocí totožných jednotek. Univerzální a velmi názorné je použití finančních ukazatelů, respektive vyjádření pomocí nákladových položek. Převod je nutný u následujících kritérií:

- průběžná doba výroby zakázek,
- zbývající volné kapacity,
- nesplněné zakázky.

Rozborem jednotlivých kritérií rovnice docílíme jejich převodu na nákladové položky. Kritérium náklady na realizaci zakázky není nutné jakýmkoliv způsobem upravovat. Výpočet hodnot ostatních kritérií je nutné provést následujícím způsobem.

Průběžná doba výroby zakázek

Sledováním toku materiálu zakázky v síti podniků lze vysledovat základní druhy činností, které budou probíhat. Jejich přehled je následující:

- příjem materiálu a uskladnění – čas strávený na vstupním skladu – náklady na skladování ve vstupním skladu,
- manipulace do výroby – čas strávený manipulací v podniku – náklady na manipulaci v poměru s ostatními činnostmi má nízký význam,
- výroba – čas výroby a nastavení výrobního zařízení – nákladově vyjádřen v položce náklady na realizaci zakázky,
- uskladnění mezi operacemi – čas uskladnění v meziskladu – náklady na skladování rozpracované výroby
- doprava mezi podniky – čas přepravy – nákladově vyjádřen v položce náklady na realizaci zakázky,
- uskladnění hotové výroby a expedice – čas v expedičním skladu – náklady na skladování hotové výroby

Jak je patrné z předchozího textu, lze z řetězce vyjmout dobu výroby a přepravy mezi podniky, jelikož je vyjádřena již v jiné nákladové položce. Dále je možné zanedbat dobu manipulace, jelikož manipulace představuje řádově minuty a zakázka je zpracovávána

řádově dny až týdny a vzhledem k tomu je její vliv zanedbatelný. U těchto činností je sledována minimalizace pomocí minimalizace nákladů na realizaci.

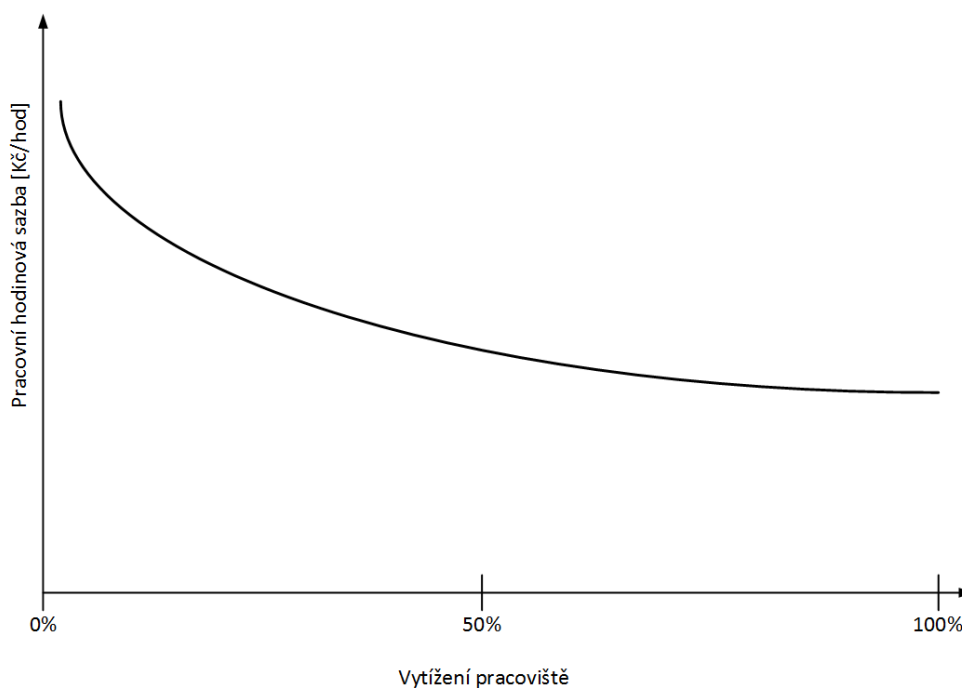
Zbývající činnosti představují dobu, po kterou jsou zakázky uloženy ve skladu příjmu, rozpracované výroby a expedice. Tyto činnosti můžeme souhrnně nazvat doba skladování. Právě tyto činnosti chceme minimalizovat a v ideálním případě je mít nulové. Tento čas je možné převést na náklady, jelikož je možné určit náklady na skladování a ty lze přiřadit k jednotce místa ve skladu z hlediska času – např. pomocí sazby za využití paletového místa v Kč/den. Ze vztahu pro výpočet průběžné doby výroby se jedná o část časů přerušení, respektive výběr časů, který představuje skladování. Vztah pro výpočet je následující:

$$NPDV = \sum_{i=1}^n (t_s \cdot p_p \cdot S_s)_i \quad (35)$$

$NPDV$	náklady za použití skladovacího místa	[Kč]
t_s	čas skladování	[min, h]
p_p	počet použitých skladovacích míst	
S_s	sazba za využití skladovacího místa ve skladu	[Kč/h/skladovací místo]
n	počet činností skladování	

Zbývající volné kapacity

Využívání kapacity pracoviště lze vyjádřit v nákladových položkách pomocí pracovní hodinové sazby za využití pracoviště. Tato sazba se mění v závislosti na využití pracoviště, např. u využití pracoviště 50% a 75% jsou pracovní hodinové sazby rozdílné (viz Obrázek 10-18) a lze říci, že čím vyšší vytížení stroje, tím nižší pracovní hodinová sazba.



Obrázek 10-18 Změna pracovní hodinové sazby v závislosti na vytížení pracoviště [zdroj autor]

Pracovní hodinová sazba se skládá z variabilních složek sazby (energie, mzda pracovníka, apod.) a z fixních složek sazby (odpisy pracoviště, údržba, apod.). Variabilní složky se mění s objemem výroby, ale fixní položky jsou vzhledem k objemu výroby neměnné (případně se mění skokově).

Nevyužitím výrobní kapacity dochází i k nevyužití fixních nákladů. Ta část celkových fixních nákladů, která odpovídá nevyužitým výrobním kapacitám, se nazývá nevyužitá (volná) fixní náklady (viz Obrázek 10-19). I když jde o teoretické rozdělení fixních nákladů (ve skutečnosti nejsou fixní náklady dělitelné, protože jsou vyvolány nutností zabezpečit chod podniku jako celku), dává nám důležitou informaci o efektivnosti vázání fixních nákladů. Pro řízení podniku z toho vyplývá, že je nutné budovat takové kapacity, které budou dostatečně využívány.[26]

Nevyužitá fixní náklady vypočteme pomocí vztahu:

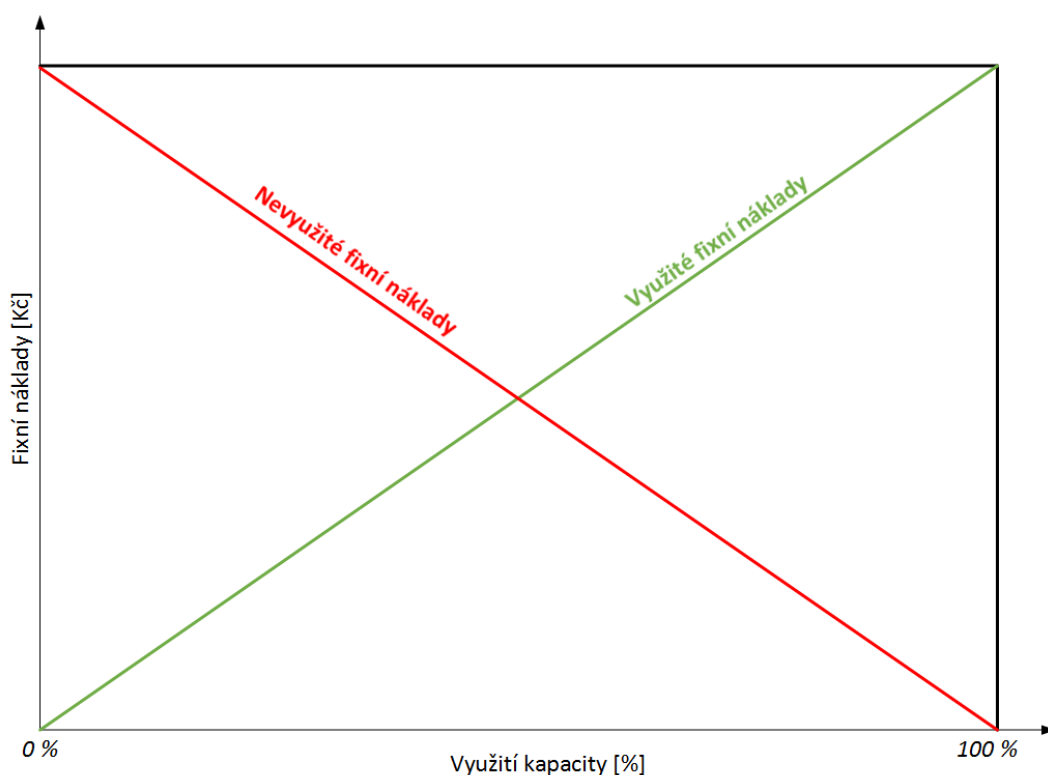
$$CFN_n = \sum_{i=1}^n FN_i \cdot \frac{100 - k_{PCi}}{100} \quad (36)$$

CFN_n suma nevyužitých fixních nákladů [Kč]

FN fixní náklady i-tého pracoviště [Kč]

k_{PCi} koeficient celkového plánovaného využití kapacity pracoviště [%]

n počet sledovaných pracovišť



Obrázek 10-19 Změna poměru využitých a nevyužitých fixních nákladů vzhledem ke změně využití kapacity [17]

Nesplněné zakázky

Nesplněné zakázky lze vyjádřit v nákladových položkách pomocí penalizačních poplatků spojených s nesplněním parametrů zakázky – v našem případě především z prodlení dodání zakázky. Tedy je možné zahrnout náklady za prodlení dodání zakázky. V rámci ujednání podmínek s dodavatelem jsou stanoveny sazby za nesplnění dodávky, které jsou udávány v Kč/den, nebo případně v % z ceny zakázky/den.

$$CNNZ = \sum_{i=1}^n (t_{pen} \cdot S_{pen})_i \quad (37)$$

$CNNZ$.. suma nákladů z nesplněných zakázek	[Kč]
t_{pen} čas překročení termínu dodání zakázky	[dny]
S_{pen} sazba za neplnění podmínek zakázky	[Kč/den]
n počet nesplněných zakázek	

Na základě provedeného převodu kritérií na nákladové položky lze upravit tvar minimalizační multikritériální rovnice následovně:

$$\min(K) = v_1 \cdot NRZ + v_2 \cdot NPDV + v_3 \cdot CFN_n + v_4 \cdot CNNZ \quad (38)$$

Pomocí takto upravené multikritériální rovnice lze hledat z pohledu stanovených kritérií nejvýhodnější, respektive nejehospodárnější variantu plánu výrobních a logistických činností v síti podniků. Vzhledem k tomu, že jsou kritéria stanovena v totožných jednotkách, je možné případně zanedbat váhy jednotlivých kritérií, jelikož je váha kritéria určena již jeho konkrétní hodnotou. Samozřejmě i u takto stanovené multikritériální rovnice je nutné sledovat plnění požadavků stanovených před tvorbou variant plánů výroby.

Takto navržený postup stanovení hodnot jednotlivých kritérií, respektive stanovení výsledné hodnoty multikritériální rovnice představuje pouze jednu z možností, jak hodnotit navržené varianty. Analogickým způsobem lze vytvořit multikritériální rovnici pro rozdílnou skladbu kritérií. Z uvedených kroků úpravy multikritériální rovnice je nutné provést převod kritérií na totožný charakter. Další krok – převod kritérií na společné jednotky – doporučujeme v případech, ve kterých je to požadováno, nebo by to bylo vhodné pro názornější představení efektů (přínosů) vzniklých díky využití metodiky.

11 Ověření navrhované metodiky

Jedním z úkolů autora je ověření správnosti metodiky. Ověření správnosti metodiky je nespolehlivější pomocí ověření v praxi, kdy zjistíme, zda je metodika sestavena správně a má nejen teoretický, ale i praktický přínos.

Metodika byla se zohledněním specifických podmínek prakticky ověřována v průmyslovém klastru v České republice. Jelikož jsou součástí metodiky i ověření metodiky citlivé údaje, respektive ekonomické ukazatele (náklady na zpracování, sazby za dopravu, apod.) a je součástí klastru více samostatných podnikatelských subjektů, bylo nutné po dohodě utajit název klastru a jednotlivých společností. Dále bylo nutné některé informace záměrně upravit z důvodu utajení citlivých dat a know-how společností klastru.

Jelikož je členů klastru několik desítek a ne všichni členové se zabývají strojírenskou výrobou, bylo pro ověření metodiky vybráno **pět členů klastru**, kteří se zabývají strojírenskou výrobou a kde je potenciál na spolupráci při zpracování zakázek. Dále byly při ověřování metodiky zahrnuty zakázky, které probíhají v jednotlivých podnicích, ale i zakázky, které mají potenciál být zpracovány v rámci sítě těchto podniků. V metodice jsou zahrnuty i zakázky, které jsou rozpracované. Zakázky vždy obsahovaly jeden druh výrobku. Jednotlivé vybrané podniky se nacházejí v dostatečné vzdálenosti, aby bylo nutné pro převoz zakázek využívat mezipodnikovou dopravu. Jelikož se jedná o běžné vzdálenosti v rámci České republiky, jsou pro dopravu voleny přepravní prostředky běžné v silniční dopravě. Využití jiných druhů přepravy by nebylo efektivní z hlediska objemů zakázek, času přepravy a nákladů na přepravu. Pro hodnocení bylo zvoleno období tří měsíců na začátku roku 2015, kdy bylo plánováno dostatečné množství zakázek.

Ověření metodiky probíhalo za pomoci simulačního nástroje Tecnomatix Plant Simulation, který slouží pro simulaci procesů probíhajících v průmyslu. Je tedy možné a vhodné ho využít pro simulaci výrobních a logistických činností v síti podniků. Tento softwarový nástroj dokáže vygenerovat výsledný plán výroby a je schopen pomocí genetického algoritmu tvořit jednotlivé varianty plánu výroby a provádět jejich vyhodnocování z multikriteriálního hlediska.

Cílem projektu s využitím navrhované metodiky bylo optimalizovat výrobní plán z pohledu nákladů, využití kapacit a plnění požadavků na zakázky. Jedná se změnu plánu výroby, respektive toku zakázek, kdy není měněn technologický postup a je využívána kapacita výroby u ostatních členů sítě.

Jednotlivé body ověření byly strukturovány tak, aby odpovídaly nadefinovaným krokům metodiky.

11.1 Přípravná část

Dle navrhované metodiky je tato úvodní část zaměřena na sběr dat a jejich zpracování do podoby vhodné pro použití v metodice. Této části je nutné věnovat značnou pozornost, neboť platí pravidlo „Garbage In – Garbage Out“, které vyjadřuje, že na základě nekvalitních vstupních dat mohou vytvořit pouze chybný model. Tato etapa je dle metodiky rozdělena do následujících základních kroků:

- sestavení odborného týmu,
- analýza zakázek,
- analýza výrobních systémů/sítě podniků,
- analýza mezipodnikové přepravy,
- integrace zjištěných dat.

Sestavení odborného týmu

Prvotním úkolem bylo sestavit z pracovníků všech dotčených podniků tým, ve kterém byli pracovníci všech oddělení, která jsou schopná dodat požadované informace. Jednalo se o pracovníky obchodních oddělení, TPV, ekonomických oddělení a logistiky, kteří dodali potřebné informace pro jednotlivé analýzy. Samozřejmě se zúčastnili i pracovníci, kteří provádějí plánování výroby, jelikož měli znalost místních podmínek při plánování výroby. Tyto pracovníci připravili požadovaná data a účastnili se přípravné a prováděcí části.

Analýza zakázek

Po sestavení podpůrného týmu odborníků bylo možné začít provádět jednotlivé analýzy. První byla provedena analýza zakázek, kdy byly do ověření navrhované metodiky zahrnuty všechny zakázky, které měly být v daném období zpracovány. Jednalo se o zakázky rozpracované, probíhající pouze v tomto období a i zakázky, které měly být v tomto období pouze zahájeny. Dále byly zařazeny zakázky, které byly zpracovány pouze v jednotlivých podnicích, ale i zakázky, které byly vhodné pro zpracování v síti podniků. U jednotlivých zakázek byly zjišťovány následující základní údaje:

- seznam zakázek a jejich jednoznačná identifikace,
- předpokládaný termín zahájení zakázky,
- termín dokončení/předání zakázky dle požadavků zákazníka,
- počet kusů výrobků v zakázce,
- sled operací.

Ukázka přehledu základních zjištěných údajů je uvedena v následující tabulce (Tabulka 11-1), kde z pochopitelných důvodů není uveden sled potřebných operací. Zakázky byly identifikovány podle evidenčního čísla, které dostávají při přijetí objednávky – v tabulce sloupec označený *název*. Toto číslo bylo pro potřeby ověření změněno, kde zakázky označené písmenem „S“ (např. Zakazka_S_01) jsou zakázky určené pro síť podniků a zakázky označené „PX“ (např. Zkazka_P01_01) jsou zakázky pro jednotlivé podniky, kde číslo u písmene vyjadřuje označení konkrétního podniku. Dále byl pomocí pracovníků plánování stanoven předpokládaný termín zahájení zpracování zakázky – v tabulce sloupec označený *začátek*. Od obchodního oddělení byla předána informace o požadovaném termínu dokončení zakázky – v tabulce sloupec označený *konec*. Počet kusů výrobků v zakázce byl zjištěn na základě požadavků zákazníka, který zároveň představoval výrobní, manipulační i přepravní dávku, kdy přepravní dávka byla uváděna pomocí počtu paletových míst – v tabulce sloupce označený *objem* (počet kusů výrobků) a *počet palet* (přepravní dávka). V neposlední řadě byl za pomoci pracovníků TPV stanoven sled nutných operací pro zpracování zakázky.

Zakázky síť				
Název	Objem	Počet palet	Začátek	Konec
Zakazka_S_01	6	11	5.1.2015	16.2.2015
Zakazka_S_02	7	13	5.1.2015	16.2.2015
Zakazka_S_03	3	10	5.1.2015	26.1.2015
Zakazka_S_04	5	19	5.1.2015	4.2.2015
Zakazka_S_05	20	22	9.1.2015	18.2.2015
Zakazka_S_06	6	16	9.1.2015	18.2.2015
Zakazka_S_07	9	26	12.1.2015	11.2.2015

Tabulka 11-1 Základní údaje o zakázkách [zdroj autor]

Pro ověření metodiky bylo použito 50 zakázek, které jsou prováděny v jednotlivých podnicích, kde rozložení zakázek je následující:

- podnik 1 – 18 zakázek,
- podnik 2 – 4 zakázky,
- podnik 3 – 12 zakázek,
- podnik 4 – 6 zakázek,
- podnik 5 – 10 zakázek.

Dále bylo pro ověření metodiky použito 56 zakázek, které mohou být zpracovány v síti podniků, kdy byly původně zadány jednotlivým podnikům. Rozložení zakázek je následující:

- podnik 1 – 28 zakázek,
- podnik 3 – 16 zakázek,
- podnik 5 – 12 zakázek.

Kompletní seznam zakázek je součástí přílohy práce (viz Příloha č. 1: Kompletní přehled zakázek.).

Analýza výrobních systémů/sítě podniků

V návaznosti na přehled zakázek byla prováděna další analýza výrobních systémů, respektive podniků v síti. Hlavními cíli této analýzy bylo zjistit základní údaje o jednotlivých podnicích, a to především základní identifikační údaje a údaje o pracovištích, která mají k dispozici.

Nejprve byly určeny základní identifikační údaje jednotlivých podniků, tedy název podniku (pro účely ověření utajeny), poloha podniku a jeho velikost, která měla pouze informativní charakter. Veškeré zjištěné údaje jsou uvedeny v následující tabulce (Tabulka 11-2).

Podniky sítě		
Název	Adresa	Velikost
Podnik 1	Hrušové Dvory, Jihlava	velký
Podnik 2	Křemencova 182/15, Praha 1	malý
Podnik 3	Horní, Havlíčkův Brod	střední
Podnik 4	E. Beneše, Hradec Králové	malý
Podnik 5	Studentská, Pardubice	střední

Tabulka 11-2 Identifikační údaje podniků [zdroj autor]

Následně byly zjišťovány údaje o pracovištích, které podniky mají k dispozici, kdy pro ověření byla zahrnuta všechna pracoviště v podnicích. U jednotlivých pracovišť byly zjišťovány následující základní údaje:

- seznam pracovišť,
- pracovní hodinová sazba,
- kapacita pracovišť,
- technické parametry pracovišť.

V následující tabulce (Tabulka 11-3) je ukázka zjišťovaných údajů, kdy v tabulce není uvedena kapacita pracoviště, jelikož je pro všechny pracoviště totožná. Název pracoviště je z důvodu utajení upraven. Pracovní hodinové sazby představují náklady na hodinu práce na daném pracovišti. Kapacita pracoviště se odvíjí od pracovní doby, která je v pracovní dny od 6:00 do 14:00 s přestávkou od 10:00 do 10:30, tedy pracovní doba je 7,5 hodiny. Jelikož

se jedná o plán výroby, jsou zahrnuty ztrátové časy (opravy, údržba, apod.) a časy směny v časech zpracování jednotlivých operací. Technické parametry vzhledem ke svému rozsahu nejsou uvedeny, ale jsou zohledněny v následujících krocích.

Podnik 1	
Název pracoviště	PHS [Kč/hod]
Pracoviste_1_1	278
Pracoviste_1_2	223
Pracoviste_1_3	187
Pracoviste_1_4	170

Tabulka 11-3 Základní údaje o pracovištích [zdroj autor]

Pro ověření metodiky bylo použito celkem 82 pracovišť. Počty pracovišť v jednotlivých podnicích jsou následující:

- podnik 1 – 30 pracovišť,
- podnik 2 – 6 pracovišť,
- podnik 3 – 20 pracovišť,
- podnik 4 – 8 pracovišť,
- podnik 5 – 18 pracovišť.

Kompletní seznam zakázek je součástí přílohy práce (viz Příloha č. 2: Kompletní přehled pracovišť.).

Analýza mezipodnikové dopravy

Poslední prováděnou analýzou bylo zjištění údajů o mezipodnikové dopravě, kde analyzujeme dvě základní oblasti, a to informace o přepravních prostředcích a trasách mezi podniky.

Při analýze možných přepravních prostředků byly analyzovány jak různé možnosti dopravy, tak i různí poskytovatelé. Letecká, lodní a železniční přeprava byly na začátku vyloučeny, jelikož není jejich pružnost vzhledem k dané vzdálenosti podniků dostatečná, náklady na jejich použití jsou neúměrně vysoké a bylo by nutné dopravu kombinovat s jiným druhem dopravy, což by celou přepravu prodražilo a zkomplikovalo. Proto bylo zacíleno pouze na různé formy silniční dopravy, kdy byl pro každou z možností přepravy vybrán jeden poskytovatel, který byl schopen zajistit dostatečný počet přepravních prostředků dané kategorie.

U přepravních prostředků byly zjišťovány následující údaje:

- název/typ přepravního prostředku,
- kapacita přepravního prostředku,
- sazba za přepravu,
- sazba za nakládku a vykládku (čekání).

V následující tabulce (Tabulka 11-4) jsou uvedeny veškeré zjištěné údaje. Pro přepravu zakázek byly určeny tři základní druhy silničních přepravních prostředků s různou kapacitou a cenou za přepravu. Kapacita přepravních prostředků je uvedena v paletových místech, kdy je uváděn počet paletových míst bez stohování. Uvedené ceny za přepravu a čekání jsou uvedeny v Kč za kilometr, respektive za hodinu.

Dopravní prostředky			
Název	Kapacita[palety]	Cena přepravy [kč/km]	Cena čekání [kč/hod]
Dodávka	8	10	0
Nákladní automobil	16	16	100
Kamionová souprava	32	27	200

Tabulka 11-4 Základní údaje o přepravních prostředcích [zdroj autor]

Následně byly na základě polohy jednotlivých podniků a konzultace s dohodnutými dopravci stanoveny délky tras přepravy a doba přepravy mezi podniky. Jednotlivé údaje jsou uvedeny v následujících tabulkách (Tabulka 11-5 a Tabulka 11-6).

Vzdálenost [km]					
Podnik	1	2	3	4	5
1	x	120	23	112	89
2	120	x	123	120	144
3	23	123	x	89	66
4	112	120	89	x	23
5	89	144	66	23	x

Tabulka 11-5 Přepravní vzdálenosti mezi jednotlivými podniky [zdroj autor]

Vzdálenost [hh:mm]					
Podnik	1	2	3	4	5
1	x	1:17	0:22	1:39	1:25
2	1:17	x	1:20	1:19	1:20
3	0:22	1:20	x	1:20	1:06
4	1:39	1:19	1:20	x	0:23
5	1:25	1:20	1:06	0:23	x

Tabulka 11-6 Doba jízdy mezi jednotlivými podniky [zdroj autor]

Aktivace mezipodnikové přepravy probíhá dle navrženého plánu výroby, kdy přepravní prostředek je přistaven v okamžiku uložení rozpracované zakázky do expedice. Počty jednotlivých přepravních prostředků nejsou řešeny, jelikož je dohodnuto, že bude k dispozici dostatečný počet prostředků pro zajištění mezipodnikové dopravy.

Integrace zjištěných dat

Posledním úkolem přípravné části bylo provést integraci zjištěných dat. V navržené metodice je uvedeno, že musí být provedena selekce pracovišť, která nejsou potřeba pro zpracování daných zakázek, a vytvoření skupin pracovišť pro tvorbu variantního toku zakázek.

Selekce pracovišť nemusela být provedena, jelikož jsou pro metodiku všechna použitá pracoviště potřebná pro zpracování zakázek.

Dále byla ve spolupráci s pracovníky TPV provedena tvorba skupin pracovišť, kdy byla hledána pracoviště, která je možné vzájemně zaměňovat. Pracoviště v těchto skupinách nejsou zcela zaměnitelná, ale slouží pro usnadnění tvorby variantního toku zakázek. Zaměnitelnost je závislá na konkrétních požadavcích v daném kroku technologického

postupu výroby zakázky a technických parametrech pracoviště. Tvorba skupin pracovišť probíhala pomocí zaznamenání zaměnitelnosti do matice pracovišť, která je elektronickou přílohou této práce – viz Příloha č. 3: Matice zastupitelnosti pracovišť. Celkem bylo vytvořeno 13 skupin pracovišť, kdy jejich přehled je uveden v následující tabulce (Tabulka 11-7).

Skupiny pracovišť						
1	2	3	4	5	6	7
Pracoviste_1_1	Pracoviste_1_4	Pracoviste_1_6	Pracoviste_1_10	Pracoviste_1_12	Pracoviste_1_15	Pracoviste_1_18,
Pracoviste_1_2	Pracoviste_1_5	Pracoviste_1_7	Pracoviste_1_11	Pracoviste_1_13	Pracoviste_1_16	Pracoviste_1_19
Pracoviste_1_3	Pracoviste_3_3	Pracoviste_1_8	Pracoviste_3_6	Pracoviste_1_14	Pracoviste_1_17	Pracoviste_1_20
Pracoviste_2_1	Pracoviste_3_4	Pracoviste_1_9	Pracoviste_3_7	Pracoviste_3_8	Pracoviste_3_10	Pracoviste_1_21
Pracoviste_3_1	Pracoviste_4_1	Pracoviste_2_2	Pracoviste_5_6	Pracoviste_3_9	Pracoviste_3_11	Pracoviste_2_3
Pracoviste_3_2	Pracoviste_5_3	Pracoviste_3_5	Pracoviste_5_7	Pracoviste_5_8	Pracoviste_4_2	Pracoviste_3_12
Pracoviste_5_1		Pracoviste_5_4		Pracoviste_5_9	Pracoviste_5_10	Pracoviste_4_3
Pracoviste_5_2		Pracoviste_5_5			Pracoviste_5_11	Pracoviste_5_12
						Pracoviste_5_13
8	9	10	11	12	13	
Pracoviste_1_22	Pracoviste_1_24	Pracoviste_1_27	Pracoviste_1_28	Pracoviste_1_29	Pracoviste_1_30	
Pracoviste_1_23	Pracoviste_1_25	Pracoviste_2_5	Pracoviste_3_19	Pracoviste_3_20	Pracoviste_2_6	
Pracoviste_2_4	Pracoviste_1_26	Pracoviste_3_17	Pracoviste_4_6	Pracoviste_4_7	Pracoviste_4_8	
Pracoviste_3_13	Pracoviste_3_15	Pracoviste_3_18	Pracoviste_5_16	Pracoviste_5_17	Pracoviste_5_18	
Pracoviste_3_14	Pracoviste_3_16	Pracoviste_4_5				
Pracoviste_4_4	Pracoviste_5_14	Pracoviste_5_15				

Tabulka 11-7 Skupiny pracovišť [zdroj autor]

V tomto okamžiku byla dokončena úvodní část metodiky a bylo možné přistoupit k další části, kterou představuje prováděcí část

11.2 Prováděcí část

V prováděcí části je dle navrhované metodiky provedena především tvorba variantního toku zakázek na základě technologického postupu a tvorba variant plánu výroby. Prováděcí část představuje stěžejní část metodiky a je proto nutné ji věnovat náležitou pozornost, jelikož jsou jejím hlavním výstupem varianty plánu výroby, které jsou následně hodnoceny v poslední části metodiky. Tato část je dle metodiky rozdělena do následujících kroků:

- tvorba variantních toků zakázek,
- kontrola omezujících podmínek – kvalita a kapacita,
- stanovení požadavků na plán výroby a výchozí varianty,
- tvorba variant plánu výroby.

Tvorba variantních toků zakázek

Prvním úkolem této části bylo vytvořit technologický postup s alternativami zpracování jednotlivých operací na různých pracovištích, kdy byli využiti pro toto zpracování pracovníci TPV. Tyto varianty byly samozřejmě vytvořeny pro zakázky, které jsou plánovány pro zpracování v síti podniků. Ale i u zakázek pro jednotlivé podniky byly tvořeny varianty, pokud byla možná zastupitelnost pracovišť v rámci jednoho podniku. U jednotlivých operací byly tvořeny vždy maximálně tři varianty, ale v některých případech mohlo být určeno více alternativ. Pro účely ověření metodiky ale byl stanoven maximální

počet tři varianty pracovišť pro zpracování dané operace. Výchozí varianta toku zakázky byla stanovena vždy v podniku, který zakázku přijal. Například pokud zakázku přijal podnik 1, je varianta 1 toku zakázky sestavena pouze z pracovišť nacházejících se v tomto podniku. Pro účely ověření metodiky nebyly podstatné všechny údaje, které jsou běžně součástí technologických postupů. Například pro tvorbu variant není podstatný podrobný popis zpracování dané operace. Naopak pro tvorbu variant je důležité určit pro jednotlivé operace následující údaje:

- místo zpracování operace,
- čas nastavení pracoviště - t_{BC} ,
- čas výroby 1 kusu - t_{AC} .

Tyto údaje musí být stanoveny pro všechny varianty toku materiálu. Místo zpracování dané operace bylo určeno za pomoci vytvořených skupin pracovišť a je určeno s ohledem na technické parametry pracoviště. Čas nastavení a čas výroby byly stanoveny na základě technických parametrů stroje, popisu zpracování dané operace, normativů a zkušenosti pracovníků TPV. Ukázka zpracování technologického postupu s variantami toku materiálu pro jednu ze zakázek je uvedena v následující tabulce (Tabulka 11-8).

Název	varianta 1				varianta 2				varianta 3			
	Pracoviště		Čas [min]		Pracoviště		Čas [min]		Pracoviště		Čas [min]	
	Název	Podnik	Nastavení	Výroba	Název	Podnik	Nastavení	Výroba	Název	Podnik	Nastavení	Výroba
Zakazka_S_01	Pracoviste_1_20	1	17	18	Pracoviste_5_12	5	33	115	Pracoviste_4_3	4	42	89
	Pracoviste_1_21	1	14	26	Pracoviste_5_12	5	49	85	Pracoviste_2_3	2	9	75
	Pracoviste_1_10	1	54	18	Pracoviste_1_11	1	39	21				
	Pracoviste_1_4	1	53	62	Pracoviste_5_3	5	35	60				
	Pracoviste_1_30	1	33	108	Pracoviste_2_6	2	36	43				
	Pracoviste_1_19	1	46	119	Pracoviste_5_12	5	22	115				
	Pracoviste_1_26	1	43	112	Pracoviste_3_16	3	19	68	Pracoviste_5_14	5	28	13
	Pracoviste_1_15	1	44	10								
	Pracoviste_1_16	1	14	40	Pracoviste_4_2	4	34	44	Pracoviste_3_10	3	38	48
	Pracoviste_1_23	1	19	112	Pracoviste_3_13	3	23	21				
	Pracoviste_1_16	1	59	69								
	Pracoviste_1_30	1	5	14								
	Pracoviste_1_13	1	52	32	Pracoviste_3_8	3	18	9	Pracoviste_5_9	5	22	70
	Pracoviste_1_21	1	16	81	Pracoviste_2_3	2	10	65				

Tabulka 11-8 Ukázka zpracování technologického postupu s variantami toku zakázky [zdroj autor]

Kompletní technologické postupy jsou součástí elektronické přílohy této práce – viz Příloha č. 4: Variantní technologické postupy zakázek jednotlivých podniků a Příloha č. 5: Variantní technologické postupy zakázek sítě.

Kontrola omezujících podmínek – kvalita a kapacita

Dalším krokem dle navrhované metodiky je kontrola omezujících podmínek, které jsou kvalita zpracování zakázek a kapacita výroby. Kontrola kvality probíhala průběžně během tvorby technologického postupu výroby, kdy byla volena pracoviště s ohledem na požadavky zákazníka a norem ISO. Proto nebylo nutné provést celkovou kontrolu vytvořených technologických postupů.

Kontrola, zda je na dané zakázky disponibilní kapacita výroby, proběhla za pomoci expertního odhadu pracovníků plánování a TPV, kteří mají dostatečné zkušenosti s určením počtu a rozsahu zakázek, které jsou jednotlivé podniky schopny v daném období zpracovat. Taková kontrola není ovšem dostatečná, a proto byla kontrola částečně převedena do následujících kroků, kdy je hledána nejlepší varianta. Tento krok bylo možné takto zjednodušit, jelikož je pro hledání variant využíván simulační nástroj, který dokáže generovat podrobné údaje o využití kapacit a sledovat plnění termínů zakázek.

Stanovení požadavků na plán výroby a výchozí varianty

V tomto okamžiku byly připraveny všechny podstatné údaje pro tvorbu variant plánu výroby, respektive tvorbu simulačního modelu. Ale aby bylo možné provádět hodnocení jednotlivých variant, bylo nutné i dle navržené metodiky stanovit výchozí variantu plánu výroby a požadavků na plán výroby.

Pro určení výchozí varianty plánu výroby bylo nutné stanovit varianty technologických postupů. Výchozí varianta plánu výroby vychází z první varianty toku zakázek v technologických postupech. Jedná se technologický postup výroby, který by byl zpracováván a plánován v případě, že by nebyly zakázky zpracovávány v síti podniků.

Posledním krokem před zahájením tvorby variant bylo stanovení požadavků na plán výroby, tedy jakých rozdílů požadujeme dosáhnout u výsledné varianty oproti výchozí variantě plánu výroby. Po konzultaci s pracovníky zúčastněných podniků byly stanoveny požadavky, které vycházejí z jejich hlavních cílů, proč by metodiku aplikovali, a z problémů, které se vyskytují při realizaci zakázek. Jedná se o následující požadavky:

- snížit náklady na realizaci zakázek o 10 %,
- podíl nesplněných termínů zakázek musí být maximálně 10 %.

Tvorba variant plánu výroby

Tvorba variant plánu výrobních a logistických činností probíhala za pomoci simulačního nástroje Tecnomatix Plant Simulation. Díky využití simulačního nástroje bylo možné zautomatizovat některé činnosti uvedené v této části metodiky a některé vynechat. Bylo možné vynechat činnost stanovení omezujících podmínek při tvorbě variant plánu výroby, jelikož simulační nástroj pomocí optimalizačního genetického algoritmu automaticky hledá pouze cesty, které vedou pouze ke zlepšení plánu výroby dle zadaných kritérií. Dále bylo možné vynechat činnost kontroly počtu vytvořených variant, jelikož algoritmus končí ve chvíli, kdy je proveden dostatečný počet pokusů. Zautomatizování je provedeno u všech ostatních činností, tedy např. výběr operace, výběr pracoviště, stanovení formy mezipodnikové dopravy, provedení přeplánování vybrané operace a ostatních operací.

Pro tvorbu simulačního modelu byly v předchozích krocích připraveny dostatečné údaje, a proto bylo možné začít tento model tvořit. Bylo nutné vytvořit model takovým způsobem, aby bylo možné správně zachytit chování výroby na dostatečné úrovni, aby bylo možné vytvořit plán výroby. Proto jsou určitá chování simulačního modelu zjednodušena, jelikož nebylo nutné testovat chování výrobního systému na úrovni jeho nastavení, ale pouze na úrovni, jakým způsobem zpracovat zakázky. V modelu není řešena např. poruchovost pracovišť (je zohledněna ve vstupních informacích – času nastavení a času výroby), nestabilita časů (běžně v praxi jednotlivé operace netrývají totožnou dobu, ale pohybují se v určitém rozmezí), vnitropodniková logistika (zanesena pomocí expertního odhadu), apod.

Chování modelu je zajištěno pomocí standardních objektů softwarového nástroje, který představuje pracoviště, zakázky, sklady a mezisklady, přepravní prostředky, přepravní trasy, apod. Dále jsou pro strukturované uchování vstupních dat a evidenci výstupních dat využívány tabulky, které softwarový nástroj obsahuje. A pro nastavení správného chování modelu jsou využívány metody, které představují „mini“ programy a řídí chování jednotlivých činností, výpočty a nastavení standardních objektů. Popis chování modelu lze rozdělit do několika základních kategorií:

1. vstupní data,
2. vnitřní logika modelu,
3. tvorba variant plánu výroby a vyhodnocení.

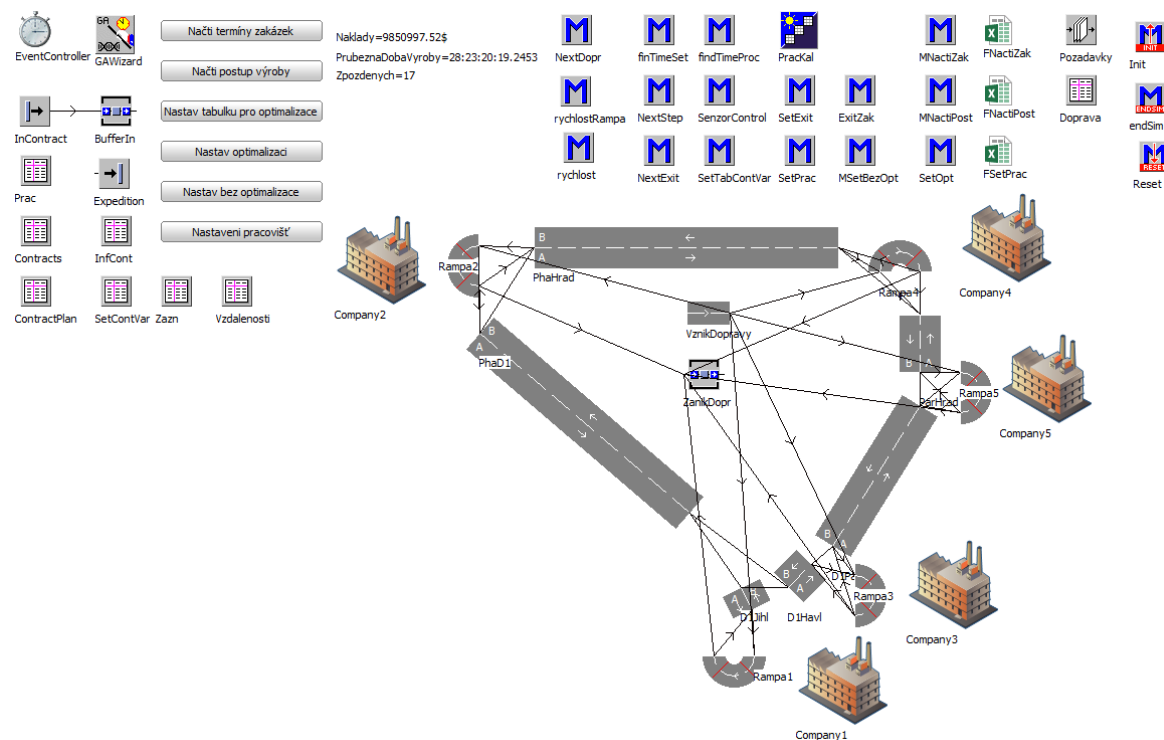
1. Vstupní data

Vstupní data do modelu lze rozdělit do dvou skupin podle jejich množství. První skupina jsou data, která jsou v malém množství. Jedná se o například o identifikační údaje o podnicích, vzdálenost mezi podniky, informace o přepravních prostředcích, apod., která jsou do modelu pevně nastavena. Druhou skupinou dat jsou hromadná data. Jedná se typicky například o technologické postupy a informace v nich obsažené, informace o zakázkách a informace o pracovištích, které jsou do modelu nahrávány dávkově pomocí vytvořených metod. Lze je tedy v případě, že je struktura těchto dat změněna, velmi jednoduše znovu nahrát. V některých případech je možné je nahrát i v případě, že je změněn rozsah těchto dat - např. se rozšíří počet zakázek, na kterých se provádí simulace plánu výroby. Naopak u některých dat je nutné upravit strukturu modelu – např. v případě rozšíření počtu pracovišť.

Do modelu jsou vloženy všechny zjištěné informace z úvodní části metodiky – tedy informace o zakázkách, výrobních systémech, respektive pracovištích a polohách podniků a o mezipodnikové logistice.

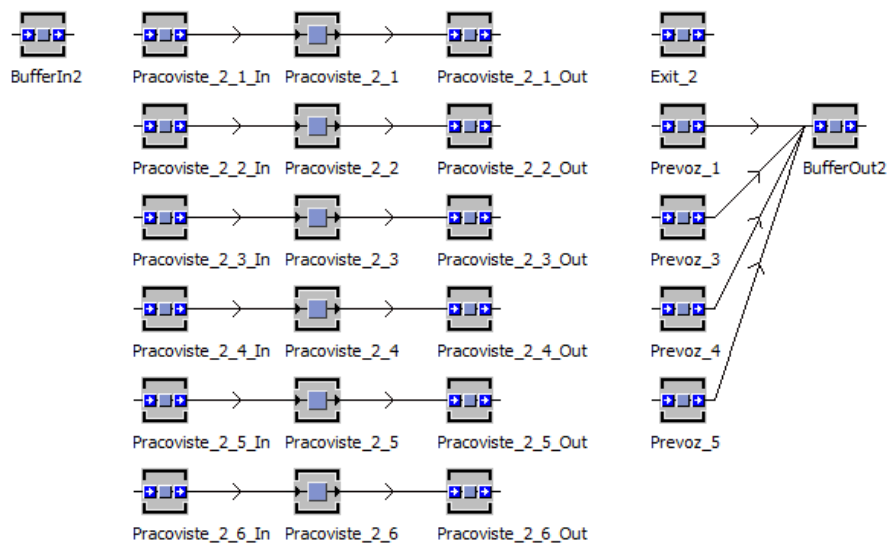
2. Vnitřní logika modelu

Vnitřní logika modelu vlastně představuje jádro chování modelu. Celý model je rozdělen do dvou úrovní, kdy každá představuje jiný pohled na síť podniků. První úroveň představuje síť podniků (Obrázek 11-1) a obsahuje kromě řízení mezipodnikové dopravy i řízení všech dalších činností v modelu. Obsahuje vlastně veškeré prvky od vstupních dat, přes nastavení vnitřní logiky modelu pomocí metod a tabulek, až po generování variant a vyhodnocování jednotlivých variant.



Obrázek 11-1 Simulační model – síť podniků [zdroj autor]

Druhá úroveň představuje jednotlivé podniky (Obrázek 11-2), kde má každý podnik přidělen svůj objekt v modelu. Na této úrovni je řízen vstup zakázky do podniku, jeho zpracování a manipulace a expedice do jiného podniku nebo k zákazníkovi.



Obrázek 11-2 Simulační model – podnik 1 [zdroj autor]

Vnitřní logiku modelu si vysvětlíme na základě pohybu zakázky v simulačním modelu, jelikož v rámci simulačního modelu musí být zohledněny všechny činnosti, které probíhají v rámci toku materiálu. Přehled těchto činností je následující:

1. Načtení vstupních dat – tento bod je již popsán v předchozím textu, ale je potřeba zdůraznit, že musí proběhnout ještě před spuštěním simulačního modelu. Musí se tedy nejdříve nahrát všechna vstupní data a provést nastavení modelu do výchozího stavu.
2. Nastavení varianty plánu výroby – představuje krok metodiky **Tvorba variant plánu výroby**. Tento postup je podrobněji popsán dále v textu. Představuje tedy fakt, že musíme mít v okamžiku spuštění simulace modelu nastavenou variantu plánu výroby.
3. Generování zakázek – impulsem pro aktivování chování simulačního modelu je vygenerování entit, respektive zakázek, které se v modelu pohybují. Zakázky jsou generovány na základě vstupních informací o zakázkách, kdy je počítáno s variabilitou zahájení zakázky. Zadané datum zahájení je pouze určené pomocí předpokladů od obchodních oddělení a plánovačů, ale je možné s ním pohybovat v celém sledovaném období tedy od 5. 1. 2015 po 31. 3. 2015.
4. Pohyb zakázek – pohyb zakázek v simulačním modelu, respektive zpracování podle varianty toku zakázek, je realizován na základě nastaveného technologického postupu, kdy je proveden přesun na další pracoviště dle technologického postupu.
5. Manipulace zakázek – představuje interní logistiku, která je v simulačním modelu zohledněna tak, že za každou operací je nastaven pevný čas, který vyjadřuje expertním odhadem stanovený čas na manipulaci uvnitř podniku. Tato hodnota je stanovena na základě velikosti podniku následovně:
 - velký – 10 minut,
 - střední – 7 minut,
 - malý – 5 minut.
6. Skladování zakázek – představuje skladování materiálu na vstupu, skladování rozpracované výroby a expedici, respektive se jedná o čekání mezi operacemi a je

provedeno prostým faktem, že je pracoviště, kam zakázka následně postupuje, zaplněno a tím zajištěno zohlednění skladování zakázek.

7. Přeprava zakázek - mezipodniková přeprava reaguje v okamžiku, kdy jsou operace na dané zakázce ukončeny a v tomto okamžiku je již k dispozici požadovaný přepravní prostředek. Nakládka a vykládka byly stanoveny na základě konzultace s pracovníky na jednu hodinu. Přeprava jako taková probíhá po objektech, které představují přepravní trasy do požadovaného cílového místa.

Takto je zajištěna vnitřní logika simulačního modelu a chování dle daných předpokladů.

3. *Tvorba variant plánu výroby a vyhodnocení*

Tvorba variant plánu výroby je zajištěna pomocí optimalizačního genetického algoritmu, do kterého jsou nastaveny všechny varianty jednotlivých kroků technologického postupu a varianty zahájení zpracování zakázky. Tento algoritmus pak provádí generování jednotlivých variant plánu výroby a po jeho simulování provede vyhodnocení varianty dle zadaných kritérií. Následně provádí nastavení další varianty plánu výroby až po prověření dostatečného počtu variant.

Takto nastavený simulační model byl využíván pro hledání nejvýhodnější varianty plánu výroby v síti podniků. V modelu bylo možné sledovat různé statistiky, které byly použity v následující části metodiky.

11.3 Hodnotící část

Poslední část metodiky – hodnotící část – představuje proces vyhodnocení jednotlivých variant a vybrání nejvýhodnější varianty. Tato varianta musela také splňovat požadavky na vybranou variantu. Dle navrhované metodiky se skládá hodnotící část z následujících kroků:

1. Stanovení kritérií a kritériální rovnice,
2. Stanovení vah kritérií,
3. Ohodnocení variant,
4. Výběr nejvýhodnější varianty,
5. Kontrola splnění zvolených požadavků,
6. Určení výsledné varianty.

Zde uvedené kroky 3 a 4 lze zautomatizovat pomocí simulačního softwaru, ale ostatní kroky musí zpracovatel provést sám mimo softwarový nástroj. Jak bylo provedeno, zautomatizování ohodnocení variant a výběr nejvýhodnější varianty je uvedeno již v předchozím textu.

Stanovení kritérií a kritériální rovnice

Tento krok je potřeba provést, jelikož představuje jeden z hlavních parametrů, které je potřeba nastavit v uvedeném genetickém algoritmu. Kritéria pro hodnocení variant byla zvolena totožně s kritérii uvedenými v kapitole 10.3. Jedná se tedy o následující kritéria:

- náklady na realizaci zakázek,
- průběžná doba výroby zakázek,
- plnění termínu realizace zakázek.

kdy kritériální rovnice byla použita v upraveném tvaru podle rovnice (34), která má následující tvar:

$$\min(K) = v_1 \cdot NRZ + v_2 \cdot CPDV - v_3 \cdot CNK - v_4 \cdot CNZ \quad (39)$$

Proto bylo nutné zadaná kritéria upravit do následující podoby:

- náklady na realizaci zakázek,
- průběžná doba výroby zakázek,
- počet nesplněných zakázek z důvodu pozdního vyhotovení.

Kriteriální rovnice je upravena následujícím způsobem:

$$\min(K) = v_1 \cdot NRZ + v_2 \cdot CPDV + v_3 \cdot CNZ \quad (40)$$

V takovéto podobě byla nastavena kriteriální rovnice v genetickém algoritmu.

Stanovení vah kritérií

Dále bylo nutné v kriteriální rovnici stanovit váhy jednotlivých kritérií, jelikož ne všechna kritéria mají stejný význam. V síti podniků byla vyvolána diskuse nad jednotlivými kritérii a bylo určováno, které kritérium má vyšší význam. Před zahájením stanovení vah kritérií bylo již patrné, že za velmi významné pokládají podniky v síti náklady na realizaci zakázek a plnění zakázek.

Pro stanovení vah kritérií byla využita Saatyho metoda párového srovnání, jelikož pracovníci podniků byli schopni určit při porovnání dvou kritérií, které má vyšší význam a nakolik. Z jednotlivých parametrů byla sestavena následující tabulka (Tabulka 11-9). Kritéria jsou zjednodušeně označena následovně:

- K1 - náklady na realizaci zakázek,
- K2 - průběžná doba výroby zakázek,
- K3 - počet nesplněných zakázek z důvodu pozdního vyhotovení.

Označení kritéria	K1	K2	K3	Geometrický průměr	Váha kritéria
K1	1	7	5	3,271	0,715
K2	1/7	1	1/5	0,306	0,067
K3	1/5	5	1	1	0,218
<i>Součet</i>				4,577	1

Tabulka 11-9 Stanovení vah kritérií pomocí Saatyho metody [zdroj autor]

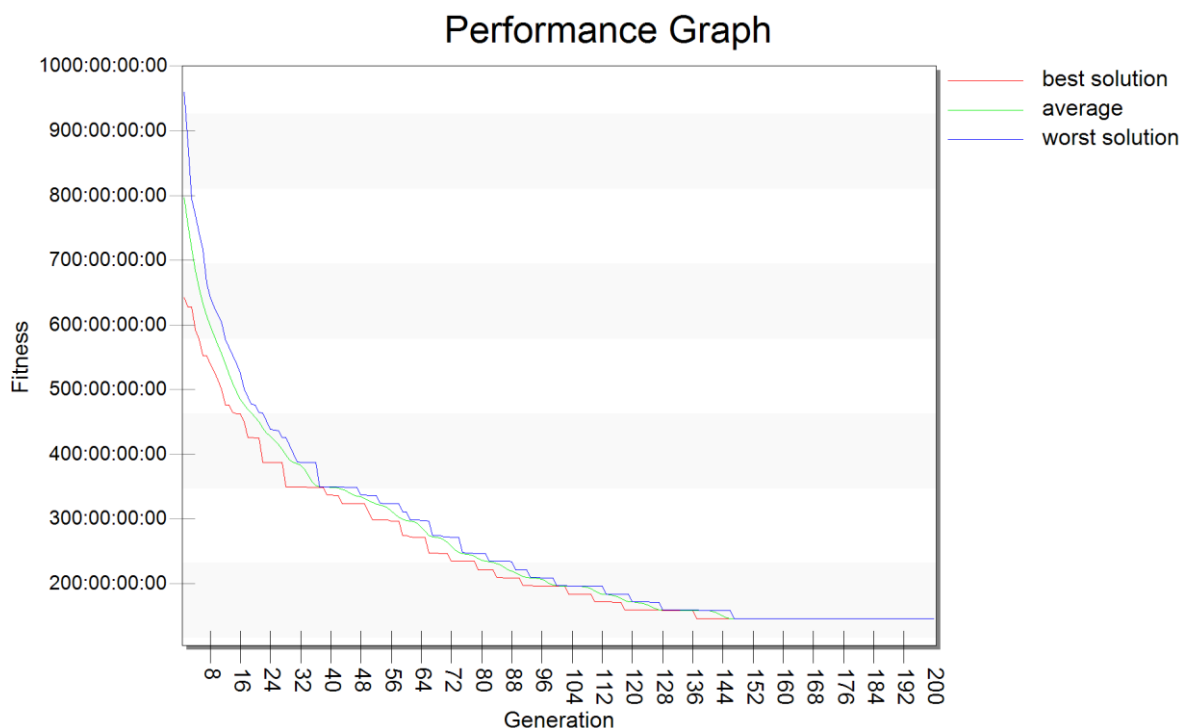
Z tabulky je patrné, že nejvýznamnější je kritérium nákladů na realizaci zakázek, které je následováno kritériem počtu nesplněných zakázek.

Se stanovenou kriteriální rovnicí s určením vah jednotlivých kritérií mohlo být započato testování jednotlivých variant plánu výroby v síti podniků.

Ohodnocení variant

Jak již bylo uvedeno, ohodnocení jednotlivých vzniklých variant bylo prováděno pomocí simulačního nástroje, kde za využití optimalizačního genetického algoritmu byly tvořeny a hodnoceny jednotlivé varianty plánu výroby. Výpočet hodnoty kriteriální rovnice probíhal automaticky. V genetickém algoritmu byl po značném počtu pokusů nastaven potřebný rozsah testování, kdy bylo v simulačním softwaru otestováno několik desítek tisíc variant plánu výroby, kdy pro tvorbu variant byly upravovány termíny zahájení zpracování jednotlivých zakázek a varianty umístění zpracování daných operací zakázky, respektive na kterém pracovišti má dojít ke zpracování dané operace.

Průběh provádění experimentů a hledání výsledné varianty je znázorněn na následujícím obrázku (Obrázek 11-3), kde je vidět, jak jsou postupně testovány jednotlivé varianty a algoritmus neustále směřuje k výsledné variantě.



Obrázek 11-3 Průběh hledání výsledné varianty pomocí genetického algoritmu [zdroj autor]

Výběr nejvýhodnější varianty

Po otestování dostatečného množství variant plánu výroby byla vybrána varianta s nejnižší hodnotou kritériální rovnice. Jednalo se o variantu plánu výroby v síti podniků, která má následující hodnotu kritérií:

- Náklady na realizaci zakázky – **8887843,43 Kč**
- Průběžná doba výroby – **21 dní 16:02:21,0706**
- Počet nesplněných zakázek – **5 zakázek**

Kontrola splnění zvolených požadavků

U výsledné varianty plánu výroby v síti podniků musela být dle metodiky provedena kontrola stanovených požadavků. Jednalo se o to zvolená kritéria porovnat s hodnotami výchozí varianty. Výchozí varianta měla hodnotu kritérií následující:

- Náklady na realizaci zakázky – 9850997,52 Kč
- Průběžná doba výroby – 28 dní a 23:20:19,2453
- Počet nesplněných zakázek – 17 zakázek

V hodnotící části metodiky byly stanoveny dva požadavky na výslednou variantu plánu výroby. Jednalo se o snížení nákladů na realizaci zakázek o **10 %** a mít v plánu výroby podíl nesplněných zakázek pod **10 %**, při 106 zakázkách vložených do plánu výroby to znamená 10 až 11 nesplněných termínů zakázek. V následující tabulce je uvedeno porovnání varianty výchozí a výsledné (viz Tabulka 11-10).

Porovnání variant modelů	náklady [Kč]	průběžná doba výroby [dd:hh:mm:ss]	nesplněné zakázky [ks]
Výchozí varianta	9 850 997,52 Kč	28:23:20:19,2453	17
Výsledná varianta	8 887 843,43 Kč	21:16:02:21.0706	5
Úspora	963 154,09 Kč	7:07:17:58.1747	12
Procentuální úbytek	9,78%	25,21%	70,59%

Tabulka 11-10 Porovnání výsledků výchozí a výsledné varianty plánu výroby [zdroj autor]

Pokud se jedná po požadavek mít v plánu zaneseno maximálně 10 % zakázek, u kterých je riziko nesplnění zakázky, výsledná varianta obsahuje **pět zakázek**, které jsou naplánovány i s rizikem nesplnění termínu realizace, což představuje zhruba 5 % celkového počtu zakázek. Tento požadavek byl u výsledné varianty splněn.

Jelikož tyto zakázky překračují termín dohotovení od 20 do 50 kalendářních dní, bylo doporučeno tyto zakázky odmítnout či případně využít kooperace pro zpracování vybraných operací technologického postupu.

Dalším požadavkem bylo snížení nákladů na realizaci zakázek o 10 %. Z tabulky (Tabulka 11-10) je patrné, že bylo provedeno snížení o **963154,09 Kč**, což představuje pokles o 9,78 %. Tato hodnota byla uznána jako akceptovatelná, jelikož další varianty vykazovaly horší výsledky.

Určení výsledné varianty

Vzhledem k tomu, že výsledná varianta plánu výroby v síti podniků splňuje zadané požadavky a byla pomocí simulačního modelu určena jako nejvýhodnější varianta, bylo možné přistoupit k její realizaci.

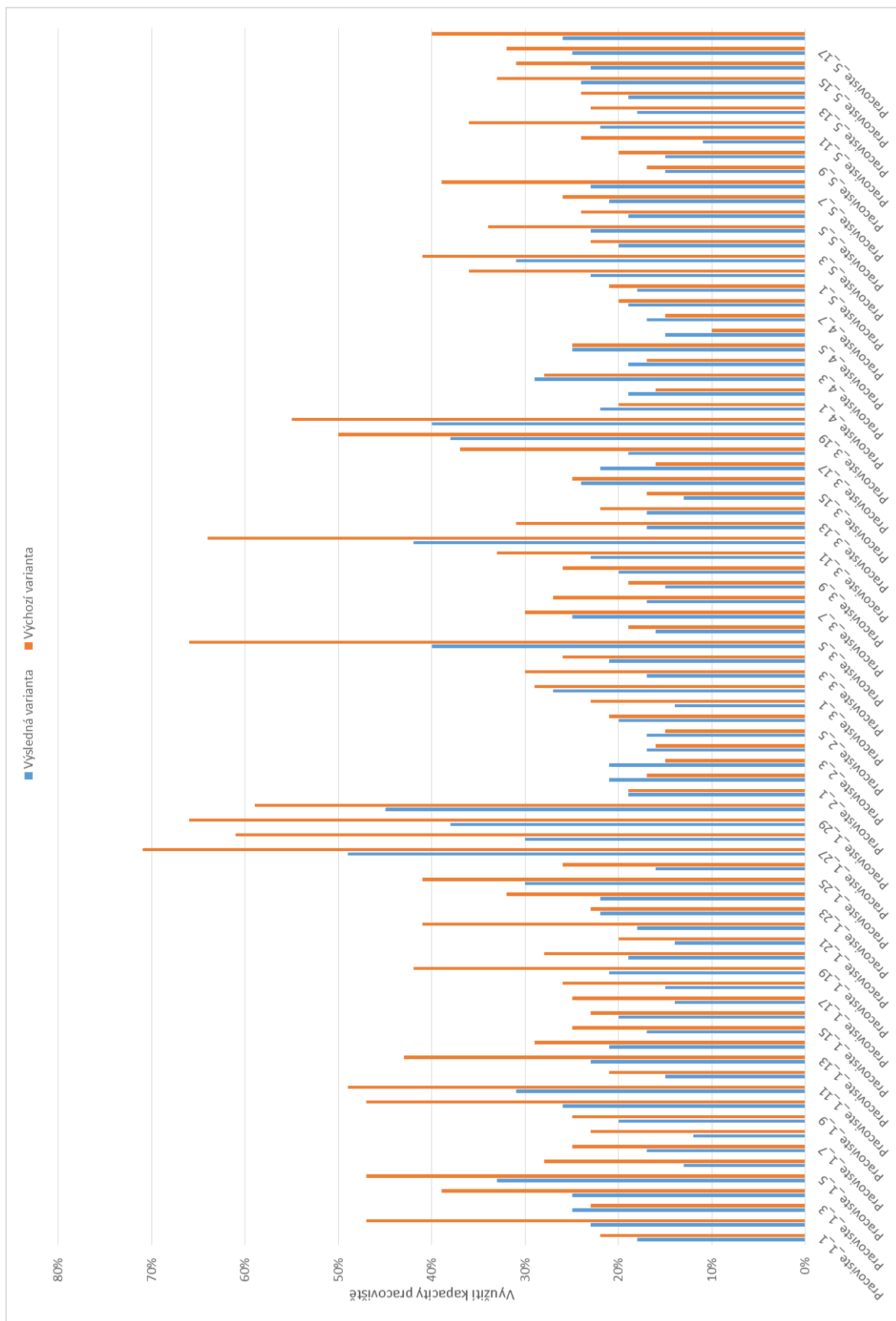
U výsledné varianty bylo nutné proti výchozí variantě provést u 100 zakázek ze 106 zakázek korekci termínu zahájení zakázky, respektive zahájení zpracování. Dále bylo nutné u 532 operací technologických postupů provést změnu místa zpracování dané operace. Tento fakt vedl k tomu, že bylo nutné uvažovat s určitým objemem mezipodnikové dopravy. Objem mezipodnikové dopravy je uveden v následující tabulce (Tabulka 11-11), kde je vidět, v jaké výši vznikly náklady spojené s touto dopravou.

Typ dopravního prostředku	Četnost přepravy	Celkové náklady [Kč]
Dodávka	58	41470
Nákladní auto	186	268672
Kamion	259	648622
Celkem	503	958764

Tabulka 11-11 Přehled využití jednotlivých typů přepravních prostředků [zdroj autor]

Dále bylo zajímavé porovnat u obou variant i další parametry, jelikož simulační model nesledoval a negeneroval pouze data pro určení hodnoty kritériální rovnice. Jedním z těchto parametrů bylo využití kapacity pracovišť (viz Obrázek 11-4), kde je vidět porovnání využití pracovišť obou variant. Na obrázku je vidět, že výchozí varianta více vytěžovala pracoviště v síti podniků. Naopak díky použití výsledného plánu výroby v síti podniků jsou uvolněny další kapacity pro další výrobu. Výsledné využití pracovišť na úrovni mezi 30 % až 50 % není u těchto podniků neobvyklé, jelikož svoje zařízení nevyužívají trvale a jsou využívána dle potřeby, kdy jsou pracovníci univerzální a jsou kompetentní obsluhovat více druhů pracovišť.

Kompletní simulační model sítě podniků je součástí elektronické přílohy této práce – Příloha č. 6: Simulační model sítě podniků.



Obrázek 11-4 Porovnání využití kapacit u východzí a výsledné varianty plánu výroby [zdroj autor]

11.4 Vyhodnocení ověření navrhované metodiky

Při ověřování metodiky vyplynulo, že je třeba nepodceňovat žádnou z uvedených částí metodiky. Velmi důležitá je již úvodní část, kdy jsou zjišťována potřebná data, která je nutné mít pro efektivní použití metodiky. Během získávání těchto dat bylo zjištěno, že velké množství dat není evidováno, nebo jsou tato data určována na základě zkušeností odborných pracovníků. Zjišťování veškerých údajů bylo velmi problematické i z toho důvodu, že se jednalo o zakázky, které nejsou ve stejné podobě opakovány. Doporučením pro výrobní podniky, které chtějí plánovat výrobu v síti podniků, je data evidovat pro další použití, a to v totožné formě.

Dále je velmi důležité zvolit na základě rozsahu dat správnou formu využití metodiky, respektive jestli využívat softwarový nástroj a který by bylo v dané situaci nejvýhodnější využít. Obecně platí, že čím větší objem dat a s větší variabilitou, tím bude pro metodiku nutné využít sofistikovanější nástroj.

V neposlední řadě je velmi důležité stanovení způsobu hodnocení variant, respektive podobu multikriteriální rovnice, jelikož se mohou nastavená kritéria vzájemně v určitých situacích vylučovat. Např. v případě, kdy je neúměrně prodlužována průběžná doba výroby z důvodu dlouhé doby zpracování na jednotlivých pracovištích, může být jedním s cílů tuto dobu zkrátit přesunem na pracoviště, která zvládnou dané operace rychleji. V tomto případě není vhodné volit kritérium zvýšení využití pracovišť, jelikož zkrácení průběžné doby výroby pomocí přesunu na jiná pracoviště povede spíše k opaku.

Na základě spolupráce se síti podniků byla ověřena správnost metodiky a její využití. Zvolená kritéria reflektovala hlavní požadavky podniků, tedy snižovat náklady a plnit úspěšně zakázky. Z ověření také vyplynulo, že efektivita takto vytvořeného plánu je závislá na způsobu aplikace metodiky, množství a variabilitě vstupních dat, a pak především na potenciálech přesunu výroby na jiná pracoviště, která v ověření byla vyjádřena pomocí nákladů na realizaci.

12 Vyhodnocení výsledků a verifikace hypotéz disertační práce

Hlavním cílem disertační práce bylo vytvořit metodiku pro výběr nejvýhodnější varianty výroby v síti podniků z multikriteriálního hlediska (čas, náklady, využití pracovišť). Tento cíl byl ověřen pomocí simulačního modelu, kde byl tvořen plán výroby na základě dat z reálné sítě podniků.

Kromě naplnění hlavního cíle byly taktéž ověřeny hypotézy disertační práce:

- **H1:** Při variantním technologickém postupu lze optimalizovat plán výroby z multikriteriálního hlediska.

Hypotéza H1 byla ověřena pomocí simulačního modelu síťové organizace a plánu zakázek, které bylo potřeba naplánovat na dané časové období v reálné síti podniků. Simulační model byl vytvořen pomocí simulačního nástroje Tecnomatix Plant Simulation, jehož součástí je optimalizační algoritmus. Pomocí tohoto algoritmu byly tvořeny a hodnoceny varianty plánu výroby v síti podniků. Tím byla nalezena nejvýhodnější varianta plánu výroby a potvrzena hypotéza, že je možné optimalizovat plán výroby z multikriteriálního hlediska.

- **H2:** Při variantním technologickém postupu lze dosáhnout rovnoměrnějšího využití pracovišť.

Hypotéza H2 byla potvrzena vytvořeným simulačním modelem. Ten ukazuje, že optimalizací plánu výroby je možné dosáhnout lepšího využití pracovišť, respektive rovnoměrnějšího využití pracovišť.

- **H3:** V rámci sítě podniků lze optimalizovaným plánováním zpracování zakázek snížit náklady na jejich realizaci.

Hypotéza H3 byla rovněž potvrzena vytvořeným simulačním modelem. Z výsledků je patrné, že změnou toku zakázek v síti podniků lze dosáhnout snížení celkových nákladů na realizaci zakázek i přes vzniklé náklady na mezipodnikovou dopravu.

- **H4:** V rámci sítě podniků lze optimalizovaným plánováním zpracování zakázek snížit průběžnou dobu zpracování zakázek.

Hypotéza H4 byla opět potvrzena vytvořeným simulačním modelem. V souvislosti se změnou plánu a rovnoměrnějším využitím kapacit bylo dosaženo i větší úspěšnosti plnění termínu zakázek a tím i zkrácení průběžné doby výroby. Bylo možné i naplánovat začátek na pozdější dobu než v původním plánu výroby.

- **H5:** Lze vytvořit model pro určení nejvýhodnější varianty plánu výroby v síti podniků.

Hypotéza H5 byla ověřena pomocí případové studie a i ověřením navrhované metodiky. Byly vytvořeny modely výroby v síti podniků, které lze opakovaně používat pro různé vstupní parametry. Tento model je nutné upravit při změně výrobního systému, kdy je nutné přenastavit parametry těchto výrobních systémů.

13 Ekonomické zhodnocení

Vyčíslit ekonomický přínos práce není snadné. Záleží především na rozdílech v jednotlivých podnicích, respektive jaké jsou hodinové náklady zaměnitelných pracovišť a i rozdíly v době zpracování jednotlivých kroků technologických postupů na těchto pracovištích. Tím bude určena úspora nákladů na zpracování jednotlivých technologických operací. Dále jsou významné i náklady na mezipodnikovou dopravu, tedy jestli náklady na tuto dopravu nepřevýší úsporu ze změny toku materiálu.

Je ale bezesporu, že optimalizací plánů výroby v síti podniku lze dosáhnout úspory nákladů na realizaci zakázek. Další z efektů je především efektivnější využití kapacit, kdy je sekundární přínos v efektivnějším promítnutí fixních nákladů na pracoviště (např. odpisy). Dalším přínosem je i lepší využití personálu a tím snížení nákladů na mzdy. Dalším přínosem může být i uvolnění kapacit na zpracování více zakázek a zpracování zakázek, které není jednotlivý člen sítě schopen zpracovat, jelikož nemá vhodné výrobní technologie. Tyto přínosy vedou ke snižování celkových nákladů, které označujeme jako vlastní náklady výroby a vytváříme tím prostor pro navýšení zisku.

Při vyjádření ekonomických přínosů je nutné zvážit vznikající náklady spojené s tvorbou plánu, kdy se jedná především o zpracování vstupních dat, tvorbu variant a vyhodnocení variant, kdy je vhodné pro efektivní použití metodiky využívat jako podporu softwarový nástroj či nástroje, které mohou mít i poměrně vysokou pořizovací cenu. Tyto kroky naopak zvyšují náklady podniku, respektive podniků.

Obecně lze říci, že optimalizace plánu výroby v síti podniků zvyšuje konkurenceschopnost podniku, respektive sítě podniků, a přispívá ke snižování nákladů na realizaci výroby, respektive náklady na realizaci zakázek. Je ale nutné zvážit všechny konkrétní podmínky v síti podniků a porovnat potenciálně uspořené náklady s náklady vzniklými s aplikací metodiky, tedy jestli dosažená úspora vyváží vzniklé náklady spojené např. s vyčleněním pracovníka na tvorby plánu výroby a pořízením softwarového nástroje.

14 Přínosy disertační práce

Přínosy této práce jsou jak v rovině teoretické, tak i v rovině praktické. V rámci této práce vznikla nová metodika, která popisuje tvorbu plánu výroby v síti podniku s ohledem na mezipodnikovou dopravu. V prostudované literatuře je tvorba plánu popisována pouze pro jednotlivé podniky a není uvažováno plánování s ohledem na mezipodnikovou dopravu. Obecně existuje řada publikací, které popisují teorii k problematice plánování výroby a popisují obecné doporučení a rady, nicméně konkrétní metodika či instrukce v době, kdy autor začal zpracovávat toto téma dle provedených rešerší, neexistovala.

V průmyslové praxi je plánována výroba v síti podniků pouze na úrovni jednotlivých podniků a záleží především na ochotě spolupracovat na tvorbě plánu výroby přes síť podniků. Pomocí metodiky je navržen postup tvorby efektivního plánu výroby v síti podniků.

14.1 Přínosy pro teorii

Přínosy v teoretické rovině mají širší význam než je samotná metodika plánování výrobních a logistických činností v síti podniků. Souhrn přínosů pro teorii je popsán v následujících bodech:

- ***Rešerše dostupných vědeckých poznatků na téma Metodika plánování výrobních a logistických činností v síti podniků***

V rámci teoretické části práce byla provedena rešerše literatury a veřejně dostupných poznatků na téma plánování výroby v síti podniků. Teoretická část předkládané práce tedy slouží jako obecný přehled o informacích týkajících plánování výroby v síti podniků s ohledem na mezipodnikovou dopravu.

- ***Obecné požadavky na tvorbu plánu výroby v síti podniků***

Podařilo se definovat základní požadavky nutné pro tvorbu efektivního plánu výroby v síti podniků. Metodika obsahuje základní přehled vstupních dat, informace o tom, jaká odborná oddělení v podniku jsou nám tato data schopna připravit, jak s těmito daty nakládat, respektive jak je upravit pro úspěšné použití v metodice.

- ***Vytvoření efektivnějšího přístupu k plánování v síti podniků***

Metodika popisuje tři definované části procesu tvorby plánu výrobních a logistických činností v síti podniků. Pomocí této metodiky je možné efektivněji zvládnout proces plánování výroby, kdy je výroba realizována ve více jak jednom podniku v síti podniků. Díky použití metodiky lze nalézt efektivnější plán výroby dle hodnocení z multikriteriálního hlediska.

- ***Vytvoření multikriteriálního hodnocení plánu výroby v síti podniků***

Poslední hodnotící část metodiky obsahuje postup, jak přistupovat k hodnocení navržených variant z multikriteriálního hlediska. Součástí metodiky je i konkrétní vyjádření postupu pro hodnocení na základě kritérií náklady na realizaci zakázky, průběžné doby zpracování, využití kapacity pracovišť a plnění termínu zakázek, kde je ukázán postup výpočtu jednotlivých kritérií a stanovení multikriteriální rovnice.

- ***Propojení logistického a výrobního systému při plánování výroby***

V rámci metodiky je zahrnuto provázání logistického systému, respektive mezipodnikové dopravy a výrobních systémů jednotlivých podniků. V metodice je

uvedeno, jak je nutné zohlednit mezipodnikovou dopravu nejen pro tvorbu jednotlivých variant plánu výroby, ale i pro hodnocení jednotlivých variant.

14.2 Přínosy pro praxi

Úskalím plánování v síti podniků je značná složitost tvorby plánu výroby v síti podniků, kdy jsou zakázky realizovány ve více jak jednom podniku. Zvládnutí tvorby plánu je velmi závislé na ochotě podniku spolupracovat a vyčlenit pracovníky na přípravu těchto plánů. Neúspěšné zvládnutí přípravy těchto plánů má za následek vzniknutí vícenákladů, prodlužování zpracování zakázky, neplnění termínů zakázek, neefektivní využití kapacit, apod.

Pomocí navrhované metodiky je možné připravit efektivní plán výrobních a logistických činností v podniku, který je možné hodnotit z multikriteriálního hlediska. Přínosy pro praxi jsou proto především závislé na zvolených multikriteriálních kritériích. Souhrn hlavních přínosů pro praxi je popsán v následujících bodech:

- ***Efektivní přístup k plánování výroby v síti podniků***

Významným přínosem této práce je ucelený postup, respektive metodika, jak tvořit plány zpracování zakázek v síti podniků. V rámci této metodiky je možné si nastavit libovolná relevantní kritéria hodnocení jednotlivých variant plánu výroby a tím docílit vytvoření efektivního plánu výroby dle požadavků konkrétní sítě podniků.

- ***Snížení nákladů na realizaci a zpracování zakázky***

Jedním z nejvýznamnějších kritérií, která obvykle průmyslové podniky používají pro hodnocení svých aktivit, jsou náklady, a proto je součástí metodiky i hodnocení tohoto aspektu. Pomocí využití metodiky lze docílit významné úspory nákladů na realizaci zakázek, kdy je hledána varianta toku zakázek, která má i s ohledem na další kritéria hodnocení nejnižší hodnotu těchto nákladů.

- ***Zkrácení průběžné doby výroby zakázky***

Pomocí využití metodiky je tvořen takový plán výroby v síti podniků, kdy jsou eliminovány ztrátové časy v průběžné době zpracování zakázky, respektive je hledáno následné pracoviště pro zpracování zakázky, které má nejdříve volnou pracovní kapacitu. Tím jsou zkracovány průběžné doby zpracování zakázky.

- ***Lepší využití kapacit výroby v síti podniků***

Tvorba efektivního plánu výroby v síti podniků pomocí navrhované metodiky má jako jeden z efektů lepší využití kapacit, jelikož jsou plánovány zakázky takovým způsobem, kdy jsou hledány volné kapacity jednotlivých pracovišť a tím je jejich kapacita lépe využívána. Sekundárním efektem je pak efektivnější promítnutí nákladů na využívání zařízení do kalkulovaných nákladů na realizaci zakázek.

- ***Lepší vyvážení zdrojů u jednotlivých podniků***

Dalším z přínosů pro praxi je i hodnocení využívání zdrojů jednotlivých podniků, kdy pomocí opakovaného používání metodiky lze odvodit, která zařízení jsou více nebo naopak méně využívána s ohledem na multikriteriální hodnocení.

Výčet přínosů pro praxi není samozřejmě kompletní, jelikož při hodnocení pracovišť např. z hlediska velikosti spotřeby energie je pak přínos i na úrovni snižování spotřeby energie jednotlivých zařízení a prezentace podniku jako ekologického. Je možné si zvolit široké

portfolio parametrů, respektive kritérií, která je možné použít pro hodnocení variant plánu výroby v síti podniků.

14.3 Možnosti navazujícího výzkumu

Oblast síťového podnikání je neustále se rozvíjející oblastí v průmyslu, kdy to dokazují nejen aktivity podpory této formy podnikání ze strany českého státu a Evropské unie. Tato oblast je i jedním z pilířů rozvoje aktivit v aktuální iniciativě Industrie 4.0, která představuje čtvrtou průmyslovou revolucí a je aktuálním hlavním trendem v německém průmyslu.

V této práci se autor zaměřuje na základní stavební kámen tvorby plánů výroby v síti podniků. Tento základ se skládá z tvorby plánu výroby, kdy je pro zpracování využíváno více podniků v síti podniků. V práci je brána zakázka jako celek a přeprava je aktivována vždy v okamžiku, kdy je potřeba ji využít pro efektivní průběh plánu výroby.

Jako další možné rozšíření a zkoumání metodiky se nabízí podrobnější zaměření na zpracování zakázek a mezipodnikovou dopravu v síti podniků. Souhrn možných rozšíření a úprav metodiky je uveden v následujících bodech:

- ***Sdružování zakázek s pohledu výroby***

V rámci plánu výroby řadit zakázky v takovém pořadí, kdy je seřazení pracoviště mezi těmito zakázkami jednodušší. Tedy, aby se nemuselo mezi zakázkami provádět kompletní seřazení, nebo se nemusely vyměňovat všechny nástroje. Pozitivní vliv to pak bude mít na čas seřazení, což povede ke snížení nákladů na realizaci zakázek a zkrácení průběžné doby výroby.

- ***Dělení zakázek***

Pro větší variabilitu nastavení plánu výroby provádět dělení zakázek na menší výrobní dávky, a to z pohledu volných kapacit, a tím docílit zpracování zakázek na více vytížených pracovištích a tím tato pracoviště efektivněji využívat. Negativní důsledek dělení zakázek může být v podobě prodloužení průběžné doby výroby a navýšení potřeby mezipodnikové dopravy. Také je samozřejmě možné dělením docílit zpracování jednotlivých kroků zakázek na různých pracovištích – např. každá část zakázky je v určitém kroku zpracována v různých podnicích sítě podniků.

- ***Sdružení zakázek z pohledu logistiky***

Dalším logickým rozšířením je sdružování zakázek do přepravních dávek v jednom přepravním prostředku, kdy přepravujeme více zakázek v jednom termínu. Musíme ale sledovat vliv na prodloužení průběžné doby výroby. Výhoda je zvyšování efektivity využití mezipodnikové přepravy a tím i snižování nákladů (nákladní auto pojedje za stejné náklady plné z poloviny i při plné kapacitě).

Další možné pokračování výzkumu je v oblasti rozdělení efektů z tvorby plánu výroby v síti podniků, respektive jakým způsobem je dále provedeno spravedlivé přerozdělení vzniklých úspor nákladů. Může nastat situace, že změna toku materiálu povede k převedení operací takovým způsobem, že výhody bude těžit jen část členů. Je proto nutné najít postup, kterým provedeme přepočtení úspor (zisku) na členy sítě spravedlivým způsobem.

V neposlední řadě je vhodné pro řešení metodiky navázat tvorbou softwarové podpory, která zjednoduší tvorbu simulačního modelu, či softwarové podpory určené speciálně pro tvorbu efektivních plánů výroby v síti podniků. Tento softwarový nástroj by měl obsahovat následující funkce:

- do softwarového nástroje jsou zadávány základní informace o síti podniků,

- softwarový nástroj si je z informačního systému schopen automaticky načíst další potřebné základní informace,
- softwarový nástroj si automaticky na základě vstupních informací vytvoří v simulačním nástroji (např. Arena, Plant Simulation) simulační model,
- do simulačního modelu vloží potřebné informace a provede nastavení modelu,
- softwarový nástroj provede spuštění modelu, vytvoření variant plánu, jejich testování a vyhodnocení,
- softwarový nástroj ze simulačního modelu načte výstupní informace a provede jejich vhodnou interpretaci,
- softwarový nástroj provede základní vyhodnocení výsledků ze simulačního modelu,
- softwarový nástroj vygeneruje plán výroby ve vhodné formě pro jeho realizaci.

Jelikož se oblast síťového podnikání dále rozvíjí, možnosti rozšiřování této práce budou nadále narůstat.

Závěr

Hlavním cílem disertační práce byla tvorba metodiky plánování výrobních a logistických činností v síti podniků. Řešení této problematiky se zaměřilo hlavně na plánování výroby se zohledněním mezipodnikové logistiky, neboť bylo nutné navrhnout postup, jak přistupovat k plánování výroby v síti podniků. Hlavním výstupem této disertační práce je pak navržená metodika plánování výrobních a logistických činností v síti podniků.

Navržená metodika v sobě zahrnuje poznatky z prostudovaných publikací a literatury, kdy tyto publikace a literatura neobsahují ucelený postup při tvorbě plánu výroby v síti podniků, ale pouze obecně známé rady a postupy, jak přistupovat k plánování výroby a řešení mezipodnikové logistiky. Proto bylo přistoupeno k tvorbě návrhu metodiky plánování výrobních a logistických činností v síti podniků, aby bylo možné vytvářet efektivní plány výroby v síti podniků.

Metodika je navržena pro podniky, které jsou členy sítě podniků a jsou ochotny spolupracovat na zpracování zakázek. Zaměřena je také na podniky s podobným charakterem výroby, kdy je možné vytvářet variantní toky zakázek přes pracoviště nacházející se v síti podniků. Správnost metodiky byla ověřena v reálné síti podniků v České republice. V ověření jsou jasně vidět přínosy vytvořeného plánu výroby v síti podniků.

Při zpracování metodiky a ověřování bylo zjištěno několik možností, jak dále metodiku rozšiřovat, a kterým by bylo vhodné dále věnovat pozornost. V současné době je síťové podnikání součástí konceptu Industrie 4.0, a proto by mu měla být i nadále věnována náležitá pozornost.

Seznam použité literatury

- [1] BERGMAN, E. M., FESER, E., J.: *Industrial and Regional Clusters: Concepts and Comparative Applications*. Regional Research Institute, WVU 1999
- [2] GREGOR, M., MIČIETA, B., BUBENÍK, P.: *Plánovanie výroby*, Žilinská univerzita v žilinė, Žilina, 2005, ISBN 80-8070-427-9
- [3] GUDEHUS, T., KOTZAB, H.: *Comprehensive Logistics*, Springer, Berlin, 2009, ISBN 978-3540-30722-8
- [4] GROS, I.: *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*, Grada Publishing, Praha, 2003, ISBN 80-247-0421-8
- [5] HORVÁTH, G.: *Logistika ve výrobním podniku*, Plzeň, ZČU, 2007, ISBN 978-80-7043-634-9
- [6] HOLLANDER, S.: *The Sources of Increased Efficiency: A Study of Dupont rayon plants*, Cambridge, MIT Press, 1965, ISBN 978-02-62582-35-3
- [7] CHRISTOPER, M.: *Logistika v marketingu*, Praha, Management Press, 2000, ISBN 978-80-7261-007-5
- [8] JABLONSKÝ, J.: *Operační výzkum – kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*, Professional Publishing, Praha, 2007, ISBN 978-80-86946-44-3
- [9] JÁČ, I., RYDVALOVÁ, P., ŽIŽKA, M., *Inovace v malém a středním podnikání. 1. vyd. monografie*, Brno: Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0853-8.
- [10] KLEINOVÁ, J.: *Ekonomické hodnocení výrobních procesů*, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 2005, ISBN 80-7043-364-7
- [11] KRAJČOVIČ, M., RAKYTA, M., KRÍŽOVÁ, E., BUBENÍK, P., GREGOR, M.: *Priemyselná logistika*, Žilinská univerzita, Žilina, 2004, ISBN 80-8070-226-8
- [12] LAMBERT, D., M., STOCK, J., R., ELLRAM, L., M.: *Logistika*, CP Books, Brno, 2005, ISBN 80-251-0504-0
- [13] LEEDER, E., SYSEL, Z., LODL, P.: *Klastr: Základní informace*, Plzeň, IPM s.r.o., 2008
- [14] LÍBAL, V.: *Organizace a řízení výroby*, SNTL, Praha, 1971, ISBN 80-03-00050-5
- [15] MAINZOVÁ, E., ZBORNÍK, T.: *Základy operační analýzy*, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 2001, ISBN 80-7082-765-3
- [16] MAREŠ, D.: *Kooperativní strategie – klastry a podnikatelské sítě*, Nakladatelství Oeconomica, Praha, 2007, ISBN 978-80-245-1264-8
- [17] OLFERT, K.: *Kostenrechnung*, Friedrich Kiehl Verlag, Rhein, 2001, ISBN 3-470-51102-0
- [18] PERNICA, P.: *Logistika (supply chain management) pro 21. století*, Radix, Praha, 2005, ISBN 80-86031-59-4
- [19] PERNICA, P., *Logistický management*, Praha, Radix, 1998, ISBN 80-86031-13-6
- [20] ROELANDT, T., den HERTOOG, P.: *Cluster Analysis & Cluster Based Policy in OECD Countries*. Hague Utrecht, OECD Focus Group, 2002
- [21] SIXTA, J., MAČÁT, V.: *Logistika: teorie a praxe*, Brno, CP Books, 2005, ISBN 80-251-0573-3

- [22] SIXTA, J., ŽÍŽKA, M.: *Logistika: používané metody*, CP Books, Brno, 2009, ISBN 978-80-251-2563-2
- [23] SKOKAN, K.: *Konkurenceschopnost, inovace a klastry v regionálním rozvoji*, Repronis, Ostrava, 2004, ISBN 80-7329-059-6
- [24] SÖLVELL, Ö., LINDQVIST, G., KETELS, Ch.: *The Cluster initiative Greenbook, Závěrečná zpráva*, vydána při příležitosti TCI Global Conference, Gothenburg, 2003
- [25] STEHLÍK, A., KAPOUN, J.: *Logistika pro manažery*, Ekopress, Praha, 2008, ISBN 978-80-86929-37-8
- [26] SYNEK, M., DVOŘÁČEK, J., DVOŘÁK, J., KISLINGEROVÁ, E., TOMEK, J.: *Manažerská ekonomika*, Grada Publishing, Praha, 2003, ISBN 80-247-0515-X
- [27] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V.: *Řízení výroby*, Grada Publishing, Praha, 2000, ISBN 80-7169-955-1
- [28] ZELENKA, A., VOLF, L., POSKOČILOVÁ, A.: *Projektování výrobních systémů: návody na cvičení*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2009, ISBN 978-80-01-04394-3

Ostatní zdroje:

- [29] ČERNÝ, Z.: *Logistika a její role v prostředí mezipodnikových sítí*, práce ke státní doktorské zkoušce, ZČU v Plzni, 2008
- [30] <http://carolina.mff.cuni.cz/~jana/kombinatorika/02kombinace.htm> [cit. 2015-07-28]
- [31] http://lsa.vse.cz/kniha/pokrocile_metody_vedecke_prace.pdf [cit. 2011-07-10]
- [32] KLEKNER, J.: *Metodika stanovení nákladů na přepravní procesy ve výrobě*, disertační práce, ZČU v Plzni, 2010
- [33] KUDRNA, J.: *Využití metod průmyslového inženýrství pro zvýšení znalostního potenciálu lidských zdrojů v prostředí strojírenských podniků*, práce ke státní doktorské zkoušce, ZČU v Plzni, 2012
- [34] LEEDER, E., SYSEL, Z., LODL, P.: *Klastr*, Příspěvek na mezinárodní konferenci MOPP, Plzeň, 2004, ISBN 80-7043-267-5
- [35] LEEDER, E., a kol.: *Klastry a jejich role pro zvyšování konkurenceschopnosti malých a středních podniků*, Report vydaný u příležitosti konference MOPP, ZČU, Plzeň, 2004, ISBN 80-7043-269-1
- [36] MILLER, A.: *Kritéria a efekty prostorového uspořádání výrobních systémů*, diplomová práce, Západočeská univerzita v Plzni, 2009
- [37] MPO ČR, Sekce fondů EU, výzkumu a vývoje, *Zpráva o vývoji malého a středního podnikání a jeho podpoře v roce 2011*, Praha: autor neznámý, 2012.
- [38] SKALICKÝ, J., VACEK, J.: *Výzvy konkurence a spolupráce*, 2002
- [39] SKOKAN, K.: *Industry clusters - Odvětvová seskupení firem v rozvoji Moravskoslezského kraje*, V. mezinárodní kolokvium o regionálních vědách, Ekonomicko-správní fakulta MU Brno, 2002
- [40] SYSEL, Z.: *Metodika identifikace a rozvoje průmyslových regionálních klastrů*, disertační práce, ZČU v Plzni, 2006
- [41] ŠIMON, M.: *Ebook – Průmyslové inženýrství*, ZČU v Plzni, 2007

- [42] TROBLOVÁ, P.: *Síťové podnikání a jeho přínosy jako jeden z nástrojů konkurenceschopnosti pro malý a střední podnik*, práce ke státní doktorské zkoušce, ZČU v Plzni, 2005
- [43] TROBLOVÁ, P.: *Informační a komunikační systém pro vytváření a řízení virtuálních firem*, ZČU v Plzni, 2005
- [44] ULRYCH, Z.: *Ebook – Modelování a simulace a DP - úvodní*, ZČU v Plzni, 2012
- [45] ULRYCH, Z.: *Ebook – Modelování a simulace a DP - základní*, ZČU v Plzni, 2012
- [46] ULRYCH, Z.: *Ebook – Simulace výrobních systémů a procesů – cvičení – PlantSimulation*, ZČU v Plzni, 2012
- [47] VOTAVA, V.: *Ebook – Simulace výrobních systémů a procesů – přednášky*, ZČU v Plzni, 2013
- [48] www.czechinvest.org, [cit. 2012-10-15]
- [49] www.kvs.tul.cz/download/simulace/_08_PVS_3_simulace_tisk.pdf [cit. 2013-05-03]
- [50] www2.ef.jcu.cz/~jfrieb/tspp/data/teorie/Vicekritko.pdf [cit. 2015-06-29]
- [51] Zákon č. 513/1991 Sb. ČR, obchodní zákoník, ve znění pozdějších předpisů,

Přehled publikační činnosti

Stat' ve sborníku D:

- [1] Miller, A., Bureš, M.: *New approach to industrial engineering education with the help of interactive tools*. In *Procedia Social and Behavioral Sciences*. neueden: Elsevier, 2015. s. 3413-3419. ISSN: 1877-0428
- [2] Čechura, T., Broum, T., Miller, A., Kleinová, J., Šimon, M.: *Standardization of Cluster Members Processes*. In *Proceedings of the 2014 International Conference on Computer, Communications and Information Technology*. Beijing: Atlantis Press, 2014. s. 302-305. ISBN: 978-90-78677-97-0
- [3] Miller, A., Šimon, M.: *Lean layout – Material flow management and production spatial arrangement optimization*. In *Proceedings of The 24th International Business Information Management Association Conference*. Milan: International Business Information Management Association (IBIMA), 2014. s. 1723-1730. ISBN: 978-0-9860419-3-8
- [4] Miller, A., Šimon, M.: *Model planning production and logistics activities in business networks*. In *Procedia Engineering*. Vienna: Elsevier, 2014. s. 370-376. ISSN: 1877-7058
- [5] Miller, A., Šimon, M., Januška, M.: *Case Study: Optimizing of capacity utilization of machines in the production process variants*. In *Proceedings of The 22nd International Business Information Management Association Conference*. Rome: International Business Information Management Association (IBIMA), 2013. s. 1513-1519. ISBN: 978-0-9860419-1-4
- [6] Broum, T.; Kurkin, O.; Miller, A.; Šimon, M.: *Determination of commodities suitable for coordination within the cluster*. In *ICIL 2012 Conference Proceedings*. Zagreb: Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture Zagreb, Croatia, 2012. s. 62-69. ISBN 978-953-7738-16-7
- [7] Miller, A.; Kleinová, J.; Šimon, M.: *Proposal for evaluating variants of inter-company transport in business networks*. In *Innovation and Sustainable Economic Competitive Advantage*. Istanbul: International Business Information Management Association (IBIMA), 2012. s. 2785-2792. ISBN 978-0-9821489-7-6
- [8] Kudrna, J.; Miller, A.; Edl, M.: *Methods of industrial engineering in network organizations*. In *Creating Global Competitive economies - A 360-degree Approach*. Milan: International Business Information Management Association (IBIMA), 2011. s. 2037-2042. ISBN 978-0-9821489-6-9
- [9] Miller, A.; Bureš, M.; Šimon, M.: *Proactive approach during desing and optimization of production system*. In *Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of The 22nd International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity"*. Vienna: DAAAM International Vienna, TU Wien, 2011. s. 559-560. ISBN 978-3-901509-83-4, ISSN 1726-9679
- [10] Miller, A.; Kudrna, J.; Šimon, M.: *Proposal for a joint production planning in network organizations*. In *Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of The 22nd International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Power of Knowledge and Creativity"*. Vienna: DAAAM International Vienna, TU Wien, 2011. s. 561-562. ISBN 978-3-901509-83-4, ISSN: 1726-9679

- [11] Januška, M.; Kurkin, O.; Miller, A.: *Communication environment for small and medium enterprises* In: The 14th International Business Information Management Association Conference, Istanbul, International Business Information Management Association (IBIMA) 2010. s. 217-226. ISBN 978-0-9821489-3-8
- [12] Miller, A.; Šrajter, V.: *Modified assessment of material flows in terms of time transport*. In: Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21th international DAAAM symposium. Vienna, Austria: DAAAM International, 2010, s. 789-790, ISBN 978-3-901509-73-5
- [13] Šrajter, V.; Miller, A.; Šimon, M.: *Importance of the proposal layout for increasing competitiveness enterprise*. In: Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21th international DAAAM symposium. Vienna, Austria: DAAAM International, 2010. s. 787-788. ISBN 978-3-901509-73-5
- [14] Šrajter, V.; Miller, A.: *Effective design of production systems*. In: The IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). Singapore, IEEE Technology Management Council Singapore Chapter, 2010. S. 2371-2374. ISBN 978-1-4244-8502-4.
- [15] Miller, A.; Šrajter, V.: *Raising the performance of a company by creating an appropriately designed production system*. In: The 20th International DAAAM SYMPOSIUM "Intelligent Manufacturing & Automation: Theory, Practice & Education", Vienna, DAAAM International Vienna 2009. s. 649-650. ISBN 978-3-901509-70-4

Stat' ve sborníku O:

- [16] Miller, A., Pešl, J., Bureš, M.: *Moderní nástroje pro výuku průmyslového inženýrství*. In Průmyslové inženýrství 2013. Plzeň: SmartMotion, 2013. s. 125-133. ISBN: 978-80-87539-54-5
- [17] Miller, A., Šimon, M.: *Plánování výrobních a logistických činností v podniku*. In Průmyslové inženýrství 2013. Plzeň: SmartMotion, 2013. s. 134-142. ISBN: 978-80-87539-54-5
- [18] Kudrna, J.; Miller, A.; Edl, M.: *Použití metod průmyslového inženýrství v síťových organizacích*. In Modelování a optimalizace podnikových procesů 2011. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011. s. 1-7. ISBN 978-80-261-0060-7
- [19] Miller, A.; Bureš, M.; Šimon, M.: *Design and optimization of production system layout and workplace ergonomics*. In Industrial Engineering of the Future - InvEnt 2011. Žilina: EDIS - Printing House of the University of Žilina, 2011, s. 76-79, ISBN 978-80-554-0409-7
- [20] Miller, A.; Šimon, M.: *Stupně propojení podnikových procesů při společném plánování*. In: Modelování, simulace a optimalizace podnikových procesů v praxi, Zlín, ČSOP, 2011. s. 287-291. ISBN 978-80-260-0023-5.
- [21] Miller, A.; Šimon, M.: *Případová studie uspořádání výrobních prostor ve Škoda Transportation a.s.* In: 4. Ročník mezinárodní konference „Výrobní systémy dnes a zítra 2009“, Liberec: Technická Univerzita v Liberci, 2009. s. 1-10. ISBN 978-80-7372-541-9

Článek v časopisu O:

- [22] Šimon, M., Miller, A.: *Kanban - Výroba tahem*. IT Systems - speciální vydání pro výrobní podniky 2014, 2014, č. Květen 2014, s. 19-21. ISSN: 1212-4567

- [23] Šimon, M., Miller, A.: *Štíhlá logistika*. IT Systems - speciální vydání pro logistiku 2014, 2014, č. Březen 2014, s. 16-18. ISSN: 1212-4567
- [24] Šimon, M., Miller, A.: *Štíhlý layout, Řízení hmotných toku ve výrobě*. IT Systems, 2014, roč. 15, č. 1-2, s. 16-18. ISSN: 1802-002X
- [25] Broum, T.; Kurkin, O.; Miller, A.; Šimon, M.: *Determination of commodities suitable for coordination within the cluster*. In: Annals of faculty engineering Hunedoara – International journal of engineering. 2013, vol. 11, no. 1, s. 143-148. ISSN 1584-2665
- [26] Šimon, M.; Kleinová, J.; Kostelný, V.; Miller, A.: *Racionalizace prostorového uspořádání zefektivní výrobu*. In: Logistika. 2013, vol. 19, no. 5, s. 34-35. ISSN 1211-0957
- [27] Ulrych, Z., Miller, A.: *Simulace logistických toku a zásobování materiálem*. IT Systems, 2013, roč. 15, č. 11, s. 36-38. ISSN: 1802-002X
- [28] Januška, M., Kurkin, O., Miller, A.: *Communication Environment for Small and Medium Enterprises*. In: Ibima Business Review. 2011, s. 1-8. ISSN 1947-3788

Knihy:

- [29] Miller, A., Bureš, M., Kurkin, O., Pešl, J.: *Projektování výrobní základny - praktická část. 1. vyd.* Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-31-6
- [30] Miller, A., Bureš, M., Šrajfer, V., Pešl, J.: *Projektování výrobní základny - teoretická část. 1. vyd.* Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-30-9
- [31] Šimon, M.; Miller, A.; Čechová, L.; Černý, Z.: *Logistika a DP. 1. vydání*, Plzeň: SmartMotion, 2012, ISBN 978-80-87539-13-2

Ověřená technologie:

- [32] Šimon, M.; Miller, A.: *Rozměrová a hmotnostní analýzy zásob*, 2010

Souhrnné výzkumné zprávy:

- [33] Šimon, M., Bureš, M., Görner, T., Sekulová, K., Miller, A.: *Ergonomická analýza krátké a dlouhé střelné zbraně*. Česká zbrojovka a.s., 2014.
- [34] Šimon, M., Miller, A.: *Uspořádání pracovišť výrobního prostoru*. ZVVZ MACHINERY, a.s., 2014.
- [35] Šimon, M., Miller, A.: *Uspořádání pracovišť výrobního prostoru k výrobě rámu a návěsů*. ZVVZ MACHINERY, a.s., 2014.
- [36] Šimon, M., Miller, A.: *Vývoj logistického systému*. CIE, s.r.o, 2014.
- [37] Ulrych, Z., Miller, A.: *Analýza a optimalizace nastavení výrobní linky*. 3P TOOLS s.r.o., 2013.

Nepublikované práce:

- [38] Miller, A., Kleinová, J., Čechura, T., Kostelný, V., Kamaryt, T.: *Integrovaný návrh výrobního systému jako metaprojektu s multidisciplinárním přístupem a využitím prvku virtuální reality – Systém inteligentního řízení logistiky – Řízení externí logistiky*, výzkumná zpráva IG, ZČU, Plzeň, 2014
- [39] Miller, A.: *Model pro plánování výrobních a logistických činností v síti podniků*, Práce ke státní doktorské zkoušce, 2013, Plzeň

- [40] Miller, A.: *Případová studie: Optimalizace variantního rozvrhování výroby pomocí simulace*, Práce ke zkoušce z předmětu Modelování podnikových procesů, 2013, Plzeň
- [41] Miller, A.: *Rešerše externí logistiky*, Práce ke zkoušce z předmětu Aplikace logistiky ve výrobním podniku, 2013, Plzeň
- [42] Miller, A.: *Logistické náklady a metody vhodné pro hodnocení variant mezipodnikové dopravy v síti podniků*, Práce ke zkoušce z předmětu Řízení výrobních a výrobných nákladů, 2012, Plzeň
- [43] Miller, A.: *Závěrečná zpráva GAČR, Optimalizace multidisciplinárního navrhování a modelování výrobního systému virtuálních firem*, výzkumná zpráva GAČR, ZČU, Plzeň, 2011

Přílohy

Příloha č. 1: Kompletní přehled zakázek.

Příloha č. 2: Kompletní přehled pracovišť.

Příloha č. 3: Matice zastupitelnosti pracovišť – elektronická příloha na CD.

Příloha č. 4: Variantní technologické postupy zakázek jednotlivých podniků – elektronická příloha na CD.

Příloha č. 5: Variantní technologické postupy zakázek sítě – elektronická příloha na CD.

Příloha č. 6: Simulační model sítě podniků – elektronická příloha na CD.

Příloha č. 1: Kompletní přehled zakázek.

Zakázky sítě				
Název	Objem	Počet palet	Začátek	Konec
Zakazka_S_01	6	11	5.1.2015	24.2.2015
Zakazka_S_02	7	13	5.1.2015	24.2.2015
Zakazka_S_03	3	10	5.1.2015	4.2.2015
Zakazka_S_04	5	19	5.1.2015	4.2.2015
Zakazka_S_05	20	22	9.1.2015	2.3.2015
Zakazka_S_06	6	16	9.1.2015	2.3.2015
Zakazka_S_07	9	26	12.1.2015	23.2.2015
Zakazka_S_08	9	32	12.1.2015	23.2.2015
Zakazka_S_09	9	24	15.1.2015	24.2.2015
Zakazka_S_10	7	28	15.1.2015	6.3.2015
Zakazka_S_11	11	9	19.1.2015	10.3.2015
Zakazka_S_12	4	6	19.1.2015	2.3.2015
Zakazka_S_13	10	28	19.1.2015	2.3.2015
Zakazka_S_14	8	19	26.1.2015	17.3.2015
Zakazka_S_15	7	14	26.1.2015	17.3.2015
Zakazka_S_16	5	10	26.1.2015	9.3.2015
Zakazka_S_17	8	17	2.2.2015	24.3.2015
Zakazka_S_18	23	24	26.1.2015	27.3.2015
Zakazka_S_19	6	20	2.2.2015	16.3.2015
Zakazka_S_20	12	17	9.2.2015	31.3.2015
Zakazka_S_21	2	21	9.2.2015	2.3.2015
Zakazka_S_22	4	7	9.2.2015	11.3.2015
Zakazka_S_23	9	25	9.2.2015	31.3.2015
Zakazka_S_24	9	26	16.2.2015	30.3.2015
Zakazka_S_25	12	24	2.2.2015	24.3.2015
Zakazka_S_26	5	14	23.2.2015	25.3.2015
Zakazka_S_27	6	21	23.2.2015	25.3.2015
Zakazka_S_28	9	25	27.2.2015	30.3.2015
Zakazka_S_29	3	9	5.1.2015	4.2.2015
Zakazka_S_30	10	11	5.1.2015	24.2.2015
Zakazka_S_31	3	17	12.1.2015	11.2.2015
Zakazka_S_32	4	17	19.1.2015	18.2.2015
Zakazka_S_33	18	23	19.1.2015	10.3.2015
Zakazka_S_34	25	15	26.1.2015	9.3.2015
Zakazka_S_35	3	23	26.1.2015	25.2.2015
Zakazka_S_36	19	11	12.1.2015	13.3.2015
Zakazka_S_37	11	13	9.2.2015	31.3.2015
Zakazka_S_38	6	7	9.2.2015	31.3.2015
Zakazka_S_39	15	7	26.1.2015	17.3.2015
Zakazka_S_40	4	16	23.2.2015	25.3.2015
Zakazka_S_41	6	11	23.2.2015	25.3.2015
Zakazka_S_42	19	30	19.1.2015	20.3.2015
Zakazka_S_43	18	19	19.1.2015	20.3.2015
Zakazka_S_44	12	29	13.2.2015	25.3.2015

Příloha č. 1: Kompletní přehled zakázek.

Zakázky sítě				
Název	Objem	Počet palet	Začátek	Konec
Zakazka_S_45	5	17	5.1.2015	16.2.2015
Zakazka_S_46	6	7	12.1.2015	2.2.2015
Zakazka_S_47	5	11	19.1.2015	2.3.2015
Zakazka_S_48	7	16	26.1.2015	17.3.2015
Zakazka_S_49	6	7	16.2.2015	18.3.2015
Zakazka_S_50	8	15	16.2.2015	30.3.2015
Zakazka_S_51	6	13	9.2.2015	31.3.2015
Zakazka_S_52	11	21	2.2.2015	24.3.2015
Zakazka_S_53	5	15	9.2.2015	23.3.2015
Zakazka_S_54	4	31	9.2.2015	31.3.2015
Zakazka_S_55	8	26	9.2.2015	31.3.2015
Zakazka_S_56	7	18	9.2.2015	31.3.2015

Příloha č. 1: Kompletní přehled zakázek.

Název	Zakázky podniků			
	Objem	Počet palet	Začátek	Konec
Zakazka_P1_01	5	7	5.1.2015	16.2.2015
Zakazka_P1_02	6	26	5.1.2015	4.2.2015
Zakazka_P1_03	6	20	5.1.2015	4.2.2015
Zakazka_P1_04	10	15	12.1.2015	23.2.2015
Zakazka_P1_05	5	25	12.1.2015	23.2.2015
Zakazka_P1_06	6	11	19.1.2015	2.3.2015
Zakazka_P1_07	10	23	19.1.2015	2.3.2015
Zakazka_P1_08	7	23	19.1.2015	18.2.2015
Zakazka_P1_09	27	21	26.1.2015	17.3.2015
Zakazka_P1_10	9	10	26.1.2015	17.3.2015
Zakazka_P1_11	4	27	2.2.2015	4.3.2015
Zakazka_P1_12	3	16	2.2.2015	23.2.2015
Zakazka_P1_13	6	17	2.2.2015	24.3.2015
Zakazka_P1_14	7	30	9.2.2015	11.3.2015
Zakazka_P1_15	9	15	9.2.2015	11.3.2015
Zakazka_P1_16	15	18	9.2.2015	23.3.2015
Zakazka_P1_17	5	29	16.2.2015	30.3.2015
Zakazka_P1_18	4	29	16.2.2015	18.3.2015
Zakazka_P2_01	8	13	5.1.2015	16.2.2015
Zakazka_P2_02	5	21	19.1.2015	18.2.2015
Zakazka_P2_03	5	32	2.2.2015	4.3.2015
Zakazka_P2_04	10	11	9.2.2015	31.3.2015
Zakazka_P3_01	12	13	5.1.2015	16.2.2015
Zakazka_P3_02	6	5	5.1.2015	16.2.2015
Zakazka_P3_03	9	22	12.1.2015	23.2.2015
Zakazka_P3_04	6	9	12.1.2015	11.2.2015
Zakazka_P3_05	7	17	19.1.2015	2.3.2015
Zakazka_P3_06	10	28	19.1.2015	18.2.2015
Zakazka_P3_07	4	14	26.1.2015	25.2.2015
Zakazka_P3_08	2	29	2.2.2015	23.2.2015
Zakazka_P3_09	7	30	2.2.2015	16.3.2015
Zakazka_P3_10	5	10	9.2.2015	11.3.2015
Zakazka_P3_11	4	21	16.2.2015	9.3.2015
Zakazka_P3_12	7	29	16.2.2015	30.3.2015
Zakazka_P4_01	7	23	5.1.2015	16.2.2015
Zakazka_P4_02	12	21	12.1.2015	23.2.2015
Zakazka_P4_03	5	26	19.1.2015	9.2.2015
Zakazka_P4_04	25	8	26.1.2015	17.3.2015
Zakazka_P4_05	10	28	9.2.2015	23.3.2015
Zakazka_P4_06	6	17	16.2.2015	18.3.2015
Zakazka_P5_01	7	12	5.1.2015	16.2.2015
Zakazka_P5_02	4	20	5.1.2015	26.1.2015
Zakazka_P5_03	4	13	12.1.2015	11.2.2015
Zakazka_P5_04	15	6	12.1.2015	23.2.2015

Příloha č. 1: Kompletní přehled zakázek.

Zakázky sítě				
Název	Objem	Počet palet	Začátek	Konec
Zakazka_P5_05	10	10	19.1.2015	10.3.2015
Zakazka_P5_06	9	8	26.1.2015	9.3.2015
Zakazka_P5_07	8	29	2.2.2015	24.3.2015
Zakazka_P5_08	6	30	2.2.2015	4.3.2015
Zakazka_P5_09	9	19	9.2.2015	11.3.2015
Zakazka_P5_10	15	16	16.2.2015	7.4.2015

Příloha č. 2: Kompletní přehled pracovišť.

Podnik 1	
Název pracoviště	PHS [Kč/hod]
Pracoviste_1_1	1178
Pracoviste_1_2	1496
Pracoviste_1_3	568
Pracoviste_1_4	516
Pracoviste_1_5	982
Pracoviste_1_6	1142
Pracoviste_1_7	522
Pracoviste_1_8	1079
Pracoviste_1_9	735
Pracoviste_1_10	770
Pracoviste_1_11	783
Pracoviste_1_12	782
Pracoviste_1_13	1229
Pracoviste_1_14	1043
Pracoviste_1_15	845
Pracoviste_1_16	767
Pracoviste_1_17	511
Pracoviste_1_18	1140
Pracoviste_1_19	709
Pracoviste_1_20	1215
Pracoviste_1_21	1413
Pracoviste_1_22	1250
Pracoviste_1_23	933
Pracoviste_1_24	1016
Pracoviste_1_25	922
Pracoviste_1_26	1245
Pracoviste_1_27	1293
Pracoviste_1_28	1327
Pracoviste_1_29	939
Pracoviste_1_30	853

Podnik 2	
Název pracoviště	PHS [Kč/hod]
Pracoviste_2_1	878
Pracoviste_2_2	612
Pracoviste_2_3	1106
Pracoviste_2_4	1179
Pracoviste_2_5	1378
Pracoviste_2_6	1079

Příloha č. 2: Kompletní přehled pracovišť.

Podnik 3	
Název pracoviště	PHS [Kč/hod]
Pracoviste_3_1	714
Pracoviste_3_2	561
Pracoviste_3_3	1264
Pracoviste_3_4	520
Pracoviste_3_5	1488
Pracoviste_3_6	954
Pracoviste_3_7	779
Pracoviste_3_8	986
Pracoviste_3_9	1014
Pracoviste_3_10	1242
Pracoviste_3_11	1275
Pracoviste_3_12	808
Pracoviste_3_13	1380
Pracoviste_3_14	1274
Pracoviste_3_15	1405
Pracoviste_3_16	1300
Pracoviste_3_17	1322
Pracoviste_3_18	959
Pracoviste_3_19	1079
Pracoviste_3_20	794

Podnik 4	
Název pracoviště	PHS [Kč/hod]
Pracoviste_4_1	605
Pracoviste_4_2	581
Pracoviste_4_3	1298
Pracoviste_4_4	1253
Pracoviste_4_5	596
Pracoviste_4_6	1257
Pracoviste_4_7	913
Pracoviste_4_8	589

Příloha č. 2: Kompletní přehled pracovišť.

Podnik 5	
Název pracoviště	PHS [Kč/hod]
Pracoviste_5_1	1397
Pracoviste_5_2	809
Pracoviste_5_3	995
Pracoviste_5_4	811
Pracoviste_5_5	954
Pracoviste_5_6	563
Pracoviste_5_7	765
Pracoviste_5_8	1070
Pracoviste_5_9	1390
Pracoviste_5_10	1405
Pracoviste_5_11	1459
Pracoviste_5_12	1324
Pracoviste_5_13	724
Pracoviste_5_14	1157
Pracoviste_5_15	790
Pracoviste_5_16	1173
Pracoviste_5_17	903
Pracoviste_5_18	806

