

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: P2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301V007 Průmyslové inženýrství a management

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

Uspořádání výrobního systému s ohledem na  
konstrukčně-technologické řešení produktu

Autor: **Ing. Vladimír Šrajer**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jana Kleinová CSc.**

Akademický rok 2013/2014

## ANOTAČNÍ LIST DISERTAČNÍ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Ing. Šrajcr	<b>Jméno</b> Vladimír
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301V007 „Průmyslové inženýrství a management“	
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Kleinová, CSc.	<b>Jméno</b> Jana
<b>PRACOVISTĚ</b>	ZČU - FST - KPV	
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DISERTAČNÍ</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Uspořádání výrobního systému s ohledem na konstrukčně-technologické řešení produktu	

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2013
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	124	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	105	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	19
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	----

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL</b></p> <p><b>POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>V dnešním turbulentním prostředí, kdy nabídka převyšuje poptávku, musí podniky hledat konkurenční výhody. Zákazník požaduje dodání produktu v co nejkratší době, za co nejméně peněz a v požadované kvalitě. Toho lze dosáhnout různými způsoby. Jednou z možností jak zefektivnit proces výroby výrobního systému je zaměřit se na vliv prostorového uspořádání, resp. výrobního layoutu, na procesy výroby.</p> <p>Cílem této disertační práce je vytvořit metodiku návrhu výrobního layoutu s ohledem na hospodárnost výrobního systému.</p> <p>Práce je rozdělena do několika částí. Úvodní část této práce obsahuje teoretické poznatky z oblasti návrhu prostorového uspořádání výrobních systémů, konstrukčně - technologický návrh výrobku a řízení nákladů, které slouží jako základ pro další postup práce. V další části jsou vydefinované faktory ovlivňující návrh výrobního layoutu a vzájemné vazby mezi nimi.</p> <p>Hlavní část práce je zaměřená na samotnou tvorbu metodiky návrhu výrobního layoutu s ohledem na hospodárnost výrobního systému. Ta je rozdělena do tří základních fází. Tato metodika je koncipována tak, aby spojovala návrh výrobního layoutu s konstrukčně-technologickým návrhem produktu. Tímto spojením dochází k provázanosti obou dvou oblastí v jeden kompaktní celek, což umožňuje výběr nejvhodnějšího uspořádání výroby z pohledu hospodárnosti na základě posouzení variantních návrhů výrobního layoutu dle kritériální funkce.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Prostorové uspořádání, návrh tvorby prostorového uspořádání, materiálové toky, náklady, kvalita, průběžná doba výroby, hospodárnost

## SUMMARY OF Ph.D. THESIS

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Ing. Šrajcar	<b>Name</b> Vladimír
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301V007 „Industrial Engineering and Management“	
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Kleinová, CSc.	<b>Name</b> Jana
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>Ph.D. THESIS</b>	
<b>TITLE OF THE WORK</b>	The arrangement of the production system with regard to the technological-design of a product	

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2013
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	124	<b>TEXT PART</b>	105	<b>GRAPHICAL PART</b>	19
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>In today's turbulent environment, where supply exceeds demand, manufacturing companies must seek competitive advantages. Customers request the shortest delivery time, at lowest price and required quality. This can be achieved in various ways. One way to streamline the production process of system is to focus on the effect of spatial arrangement, i.e. manufacturing layout on production processes.</p> <p>The aim of this thesis is to develop a methodology of production layout design with regard to the efficiency of the entire production system in relation to technological-design of a product.</p> <p>The work is divided into several parts. The introductory part of this thesis contains theoretical knowledge of manufacturing systems layout design, technological-design of a product and cost management, which serves as a basis for further work. The next section discusses the defined factors influencing production layout design and interactions between them.</p> <p>The main part of the work is focused on methodology development. It is divided into three phases. This methodology is designed to connect layout design with technological-design of a product design. Using this combination we get the interdependence of two areas in one compact unit, which allows us to select the most suitable arrangement in terms of production efficiency based on assesment of alternative proposals of manufacturing layout.</p>
<b>KEY WORDS</b>	Spatial arrangement, manufacturing layout, materialflows, costs, quality, time, economy

## KURZFASSUNG

<b>AUTOR</b>	Nachname Ing. Šrajcr	Vorname Vladimír
<b>STUDIENFACH</b>	2301V007 „Industrielle Engineering und Management“	
<b>ARBEITSLEITER</b>	Nachname Doc. Ing. Kleinová, CSc.	Vorname Jana
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPv	
<b>ARBEITSTYPE</b>	<b>DISSERTATION</b>	
<b>TITEL</b>	Die Anordnung des Produktionssystems im Hinblick auf dem konstruktions-technischer Entwurf des Produkts	

<b>FAKULTÄT</b>	MASCHINENBAU	<b>LEHRSTUHL</b>	KPv	<b>ABGEGEBEN</b>	2013
-----------------	--------------	------------------	-----	------------------	------

### SEITENZAHL (A4 und äq. A4)

<b>TOTAL</b>	124	<b>TEXTTEILE</b>	105	<b>GRAPH. TEILE</b>	19
--------------	-----	------------------	-----	---------------------	----

<b>KURTZBESCHREIBUNG</b>	<p>In dieser wirbligen Umgebung, wenn das Angebot die Nachfrage übersteigt, müssen die Betriebe die Wettbewerbsvorteile suchen. Der Kunde fordert die Produktlieferung schnellstmöglich, für die geringsten Kosten und in die geforderte Qualität. Das kann man auf verschiedene Weise erreichen. Eine Möglichkeit der Effektivierung des Fertigungsablaufs ist die Zielrichtung auf den Einfluss der Raumgestaltung bzw. des Produktionslayouts auf den Fertigungsablauf. Das Ziel dieser Dissertation ist die Bildung der Planungsmethodik des Produktionslayouts im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit des ganzen Fertigungssystems alles in Verbindung mit dem konstruktions-technologischen Entwurf des Produktes. Diese Dissertation ist in einige Teile unterteilt. Die Einführung enthält die theoretischen Erkenntnisse aus dem Bereich der Raumgestaltung der Fertigungssysteme und den konstruktions-technologischen Entwurf des Produktes und Kostensteuerung. Dies dient als Basic für den weiteren Arbeitsablauf. Im nächsten Teil sind die Faktoren, welche den Entwurf des Produktionslayouts beeinflussen und gegenseitige zusammen Hange definiert. Der Hauptteil der Dissertation ist auf die Methodikbildung gerichtet. Dies ist in drei Hauptphasen geteilt. Die Methodik ist so konzipiert, dass den Entwurf des Produktionslayouts mit dem konstruktions-technologischen Entwurf des Produktes verbunden sind. Damit kommt es zur Verknüpfung der beiden Bereiche zur einer kompakten Einheit. Dies ermöglicht die optimale Auswahl des Produktionslayouts aufgrund der Untersuchung der Variantenentwürfe des Produktionslayouts.</p>
<b>SCHLÜSSELWÖRTER</b>	Materialfluss, Fabrikplanung, Kosten, Zeit, Qualität, Wirtschaftlichkeit

# Obsah

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>7</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>9</b>
<b>PŘEHLED POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>10</b>
<b>PŘEHLED POUŽITÝCH ODBORNÝCH VÝRAZŮ .....</b>	<b>12</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>13</b>
<b>1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ .....</b>	<b>14</b>
1.1 POŽADAVKY NA VÝROBNÍ SYSTÉM .....	14
1.2 PROCESY.....	16
<i>Členění výrobních procesů .....</i>	<i>17</i>
1.3 ČLENĚNÍ VÝROBY .....	20
<i>Podle míry plynulosti technologického procesu .....</i>	<i>20</i>
<i>Podle charakteru technologie.....</i>	<i>20</i>
<i>Podle typu výroby (množství a počet druhů výrobků).....</i>	<i>20</i>
1.4 ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY ROZMISŤOVÁNÍ STROJŮ A PRACOVIŠŤ.....	23
<i>Základní struktury výrobních systémů .....</i>	<i>23</i>
<i>Technologické uspořádání.....</i>	<i>23</i>
<i>Předmětné uspořádání.....</i>	<i>24</i>
<i>Modulární uspořádání .....</i>	<i>24</i>
<i>Buňkové uspořádání .....</i>	<i>25</i>
<i>Volné a pevné uspořádání .....</i>	<i>27</i>
1.5 P-Q ANALÝZA.....	27
<b>2 ROZMISŤOVACÍ METODY PRO TVORBU LAYOUTŮ.....</b>	<b>29</b>
2.1 OBECNÉ CHARAKTERISTIKY ROZMISŤOVACÍCH METOD .....	29
2.2 NEJČASTĚJI POUŽÍVANÉ ROZMISŤOVACÍ METODY .....	29
<i>Šachovnicová tabulka .....</i>	<i>29</i>
<i>Trojúhelníková metoda .....</i>	<i>30</i>
<i>Metoda souřadnic .....</i>	<i>30</i>
<i>Metody síťové analýzy .....</i>	<i>30</i>
<i>Sankeyův diagram.....</i>	<i>30</i>
<i>Metoda CRAFT.....</i>	<i>30</i>
<i>Postupové schéma.....</i>	<i>31</i>
<i>Těžištní metoda .....</i>	<i>31</i>
<i>Metoda vážených průměrů.....</i>	<i>31</i>

	<i>Analýza toku produkce</i> .....	32
	<i>Modified material flow (MMF)</i> .....	32
	<i>Metody založené na lineárním programování</i> .....	33
	<i>Systematic layout planning (SLP)</i> .....	33
<b>3</b>	<b>NAVRHOVÁNÍ PRODUKČNÍCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>STANOVENÍ VÝROBNÍCH NÁKLADŮ</b> .....	<b>40</b>
4.1	KALKULACE NA BÁZI ÚPLNÝCH NÁKLADŮ.....	41
4.2	KALKULACE NA BÁZI NEÚPLNÝCH NÁKLADŮ.....	43
4.3	KALKULACE PODLE ČINNOSTÍ (ABC) .....	44
4.4	PROCESNÍ NÁKLADOVÉ ÚČETNICTVÍ (PKR).....	45
4.5	TARGET COSTING .....	47
<b>5</b>	<b>SOFTWAREVÉ NÁSTROJE PRO TVORBU PROSTOROVÉHO USPOŘÁDÁNÍ</b> .....	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>SHRNUTÍ POZNATKŮ</b> .....	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE</b> .....	<b>55</b>
<b>8</b>	<b>POUŽITÉ VĚDECKÉ METODY</b> .....	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>METODIKA NÁVRHU VÝROBNÍHO LAYOUTU S OHLEDEM NA HOSPODÁRNOST VÝROBNÍHO SYSTÉMU</b> .....	<b>59</b>
9.1	TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRO NÁVRH METODIKY .....	59
	<i>Kvalita</i> .....	59
	<i>Průběžná doba výroby</i> .....	61
	<i>Náklady</i> .....	61
9.2	NÁVRH METODIKY .....	63
	<i>I. Přípravná (analytická) fáze</i> .....	68
	<i>II. Prováděcí fáze</i> .....	71
	<i>III. Hodnotící fáze</i> .....	78
	<i>Ekonomické hodnocení technologických procesů</i> .....	82
	<i>Ekonomické hodnocení netechnologických procesů</i> .....	86
<b>10</b>	<b>OVĚŘENÍ NAVRHOVANÉ METODIKY</b> .....	<b>94</b>
<b>11</b>	<b>PŘÍNOS TEORIE A PRAXI</b> .....	<b>115</b>
11.1	PŘÍNOS PRO TEORII.....	115
11.2	PŘÍNOS PRO PRAXI .....	116
	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>118</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .....	<b>119</b>
	<b>PŘEHLED PUBLIKAČNÍ ČINNOSTI</b> .....	<b>121</b>

## Seznam obrázků

<i>Obr. 1-1 Výrobní systém [11]</i> .....	14
<i>Obr. 1-2 Výrobní systém a jeho okolí - různé pohledy na stanovení hranic systému [11]</i> .....	15
<i>Obr. 1-3 Schéma výrobního procesu [41]</i> .....	17
<i>Obr. 1-4 Základní tvary uspořádání pracovišť ve výrobním systému [50]</i> .....	23
<i>Obr. 1-5 Technologické uspořádání [16]</i> .....	24
<i>Obr. 1-6 Předmětné uspořádání [16]</i> .....	24
<i>Obr. 1-7 Modulární uspořádání[16]</i> .....	25
<i>Obr. 1-8 Buňkové uspořádání [16]</i> .....	25
<i>Obr. 1-9 Volné uspořádání [16]</i> .....	27
<i>Obr. 1-10 Graf závislosti druhu layoutu na vyráběném množství - [modifikováno dle 50]</i> .....	28
<i>Obr. 3-1 Fáze návrhu výrobního systému [11]</i> .....	35
<i>Obr. 3-2 Hlavní fáze plánování výrobních systémů [40]</i> .....	36
<i>Obr. 3-3 Základní problémy strategického plánování [25]</i> .....	37
<i>Obr. 3-4 Rámcové schéma předprojektové a projektové etapy technologického projektování [25]</i> .....	38
<i>Obr. 4-1 Typový kalkulační vzorec [22]</i> .....	42
<i>Obr. 4-2 Kalkulační techniky [22]</i> .....	43
<i>Obr. 4-3 Kalkulace na bázi neúplných nákladů [42]</i> .....	44
<i>Obr. 4-4 Princip kalkulace nákladů podle způsobu rozvržení na nositele nákladů [37]</i> .....	46
<i>Obr. 4-5 Přiřazení dílčích procesů k hlavním[37]</i> .....	47
<i>Obr. 4-6 Systém řízení na bázi cílových nákladů (Target Costing) [6]</i> .....	48
<i>Obr. 9-1 Magický trojúhelník - kvalita, náklady, čas [zdroj autor]</i> .....	59
<i>Obr. 9-2 Metodika návrhu výrobního layoutu s ohledem na hospodárnost celého výrobního systému [zdroj autor]</i> .....	64
<i>Obr. 9-3 Úpravy výrobního layoutu v závislosti na inovacích [zdroj autor]</i> .....	67
<i>Obr. 9-4 Schéma návrhu výrobního layoutu [zdroj autor]</i> .....	74
<i>Obr. 9-5 Změny vyvolané změnou prostorového uspořádání [zdroj autor]</i> .....	75
<i>Obr. 9-6 Změny vyvolané změnou výrobního zařízení [zdroj autor]</i> .....	77
<i>Obr. 9-7 Změny vyvolané změnou výrobního postupu [zdroj autor]</i> .....	78
<i>Obr. 10-1 Pohled 2D výrobní úsek CADA</i> .....	97
<i>Obr. 10-2 Pohled 3D výrobní úsek CADA</i> .....	98

<i>Obr. 10-3 Spaghetti diagram zobrazující jednotlivé pohyby a úkony pracovníka na pracovišti DA 31 .....</i>	<i>99</i>
<i>Obr. 10-4 Výrobní layout varianta 2 s materiálovými toky pohled 2D .....</i>	<i>104</i>
<i>Obr. 10-5 Výrobní layout varianta 2 pohled 3D .....</i>	<i>104</i>
<i>Obr. 10-6 Kittingový vozík.....</i>	<i>105</i>
<i>Obr. 10-7 Převážná manipulační jednotka tzv. „Spurmaus“ AGV vozík.....</i>	<i>105</i>
<i>Obr. 10-8 Výrobní layout varianta 1 s materiálovými toky pohled 2D.....</i>	<i>106</i>
<i>Obr. 10-9 Výrobní layout varianta 1 pohled 3D .....</i>	<i>106</i>



## Seznam tabulek

<i>Tab. 1-1 Porovnání jednotlivých typů výroby [54]</i> .....	22
<i>Tab. 2-1 Vzájemný vztah rozmisťovacích metod a minimalizovaných položek [zdroj autor].....</i>	32
<i>Tab. 5-1 Porovnání vlastností a funkcí softwarových nástrojů process Designer a VisTable [45]</i> .....	52
<i>Tab. 9-1 Integrace vstupních dat pro prováděcí fázi [zdroj autor].....</i>	69
<i>Tab. 9-2 Výrobní portfolio [55].....</i>	70
<i>Tab. 9-3 Podobnostní pole [55].....</i>	70
<i>Tab. 10-1 Naměřené časy pohybů a úkonů jednoho pracovníka na pracovišti DA 31 .....</i>	99
<i>Tab. 10-2 Technologické a netechnologické časy jednotlivých pohybů a úkonů ..</i>	100
<i>Tab. 10-3 Čas celé operace na pracovišti DA 31 .....</i>	100
<i>Tab. 10-4 Čtyři navrhované montážní buňky .....</i>	101
<i>Tab. 10-5 Navrhovaný výrobní takt na jednu sprchu ED2 v pěti pracovnících ....</i>	101
<i>Tab. 10-6 Nově stanovené výrobní taktů s počty pracovníků pro jednotlivé týmy</i>	102
<i>Tab. 10-7 Mzdové náklady pro jednotlivé produkty .....</i>	108
<i>Tab. 10-8 Náklady na manipulaci pro jednotlivé produkty.....</i>	109
<i>Tab. 10-9 Přehled velikosti výrobních prostor pro jednotlivé varianty .....</i>	109
<i>Tab. 10-10 Náklady na společné výrobní prostory.....</i>	110
<i>Tab. 10-11 Náklady na výrobní prostory.....</i>	111
<i>Tab. 10-12 Příklady porovnání variant pro produkt Ed2.....</i>	112
<i>Tab. 10-13 Celkové porovnání nákladů ovlivněných změnou výrobního layoutu pro jednotlivé varianty a pro jednotlivé typy .....</i>	113
<i>Tab. 10-14 Přehled celkové úspory pro jednotlivé varianty.....</i>	114

## Přehled použitých zkratk a symbolů

$C_j$	jednotková cena [Kč/kg]
$c$	průměrná cena energie resp. pohonných hmot [Kč/l]
$d_v$	velikost výrobní dávky [ks/dávka]
FSM	Flaxible Manufacturing System
$k$	počet výrobních dávek na zakázku
$l$	délka přepravních tras/rok [km/rok]
$l_c$	celková délka přepravních tras/rok [km/rok]
$MzT$	mzdový tarif [Kč/h]
$n$	jednotlivé druhy materiál dle konstrukční dokumentace
$N_{\xi}$	norma času na operaci [h]
$N_{eng.}$	náklady na energie [Kč/rok]
$N_{kont}$	náklady na kontrolu [Kč]
$N_{manc}$	celkové náklady na manipulaci za rok pro určité man. zařízení [Kč/rok]
$N_{man}$	náklady na manipulaci [Kč]
$NN$	náklady na nástroje [Kč]
$NN_T$	náklady na provoz nástroje vztažené na jednu trvanlivost[Kč]
$N_{netech}$	náklady na netechnologické operace [Kč]
$n_o$	počet operací
$N_{odpisy}$	odpisy manipulační techniky [Kč/rok]
$N_{ost.}$	náklady ostatní (pojištění, atd. ...) [Kč/rok]
$N_{prost}$	náklady na (volné) prostory[Kč]
$NS_{ma}$	norma spotřeby materiál [Kg]
$N_{tech}$	náklady na technologické operace [Kč]
$N_{údr.a.servis}$	náklady na údržbu a servis man. techniky [Kč/rok]
$NVA$	Non-Value Added (proces hodnotu nepřidávající)
$P$	velikost prostoru [m <sup>2</sup> resp. m <sup>3</sup> ]
$PC$	pořizovací cena[Kč]
$P_h$	počet hodin v jedné směně [hod/směna]
$P_{hd}$	počet hodin v jednom pracovním dni [hod/den]
$P_k$	průměrná výše dovolené [den/rok]
$PM_a$	přímý materiál [Kč]
$PM_z$	přímé mzdy[Kč]

$P_p$	průměrná neplánovaná absence [den/rok]
$r$	druh nástroje
$RMa$	náklady na režijní materiál[Kč]
$s$	spotřeba energie resp. pohonných hmot [l/km, atd.]
$S_{man}$	sazba na manipulaci[Kč/km]
$S_{mzdy}$	hodinová sazba [Kč/hod]
$S_{prost}$	sazba na m <sup>2</sup> resp. m <sup>3</sup> (el. energie, údržba, revize, daně, pojištění, atd... ) [Kč/m <sup>2</sup> resp. Kč/ m <sup>3</sup> ]
$SN$	strojní náklady[Kč]
$t_{AC}$	norma jednotkového času s podílem času směnového [Nmin /ks]
$t_{BC}$	norma času dávkového s podílem času směnového [Nmin /dávka]
$t_E$	doba odpisování[rok]
$T_N$	počet pracovních dnů v roce [den/rok]
$TPV$	technická příprava výroby
$T_v$	využitelný časový fond dělníka [hod/rok]
$VA$	Value Added (proces hodnotu přidávající)
$VNV$	vlastní náklady výroby[Kč]
$ZN$	zpracovací náklady na výrobní úkol [Kč]
$z_v$	počet výměn nástroje na daném stroji za období

## Přehled použitých odborných výrazů

Dassault Systèmes	<i>Francouzská společnost vyvíjející a distribuující software Delmia [1].</i>
Delmia	<i>Software od společnosti Dassault Systèmes s rozsáhlou funkcionalitou pro plánování a optimalizaci výroby [1].</i>
Hospodárnost	<i>Pod pojmem hospodárnost se rozumí snaha dosáhnout žádaného výsledku s nejmenšími náklady.</i>
I-D diagram	<i>Jedná se o graf vyjadřující závislost intenzity přepravy (I-intensity), tj. množství přepravovaného materiálu na dané pracoviště za jednotku času, na vzdálenosti (D-distance) daného pracoviště od zdroje dodávky [1].</i>
Layout	<i>Layout (angl. plán, rozvrh) představuje grafické rozvržení prostorového uspořádání výrobního systému [1].</i>
Materiálové toky	<i>Materiálové toky představují pohyb materiálu, polotovarů nebo hotových výrobků ve výrobním systému [1].</i>
Muda	<i>Pojem používaný pro označování všech typů plýtvání a ztrát způsobujících snížení efektivity organizace [13].</i>
Mura	<i>Pojem používaný pro označení nerovnoměrnosti kapacitního vytížení jednotlivých pracovišť, zařízení, strojů.</i>
Muri	<i>Pojem používaný pro přetížení systému, které způsobuje úzké místo ve výrobě.</i>
Systémový přístup	<i>Systémový přístup představuje řešení problému s ohledem na všechny prvky a možnosti a zvažuje všechny děje a části systému ve významných souvislostech [1].</i>
Tok jednoho kusu	<i>Způsob výroby, při kterém výrobek prochází jednotlivými operacemi procesu bez přerušování a čekání. V daný časový okamžik je tedy vyráběn na příslušné operaci pouze jeden výrobek, který je bezprostředně předán na operaci následující.</i>
Vistable	<i>Software od společnosti Plavis, určený pro návrh dispozičního řešení a optimalizaci materiálových toků [1].</i>
Výrobní systém	<i>Výrobní systém lze v obecném pojetí charakterizovat jako věcné, technologicky, časově, prostorově a organizačně jednotné seskupení hmotných zdrojů (materiálů, energií, výrobních a pracovních prostředků) a pracovních sil určených pro výrobu vybraného sortimentu výrobků [11]</i>

## Úvod

V současné době, kdy trh je tzv. nasycen, respektive výše nabídky silně převyšuje výši poptávky, jsou střední a malé výrobní podniky, chtějí-li se svými produkty proniknout na trh a efektivně je zhodnotit, nuceny nabízet produkty takové, které budou splňovat určitá konkurenční kritéria. Snahou podniků je snižovat náklady ve všech činnostech, zejména tam, kde nedochází k tvorbě hodnoty budoucího produktu. Vzhledem ke stále větší propracovanosti výrobních technologií a výrobních zařízení jsou náklady na technologické činnosti velmi podrobně sledovány. Již ne tak velká pozornost je věnována činnostem nepřidávajícím hodnotu, ať již ve výrobě či v ostatních oblastech činnosti podniku jako celku. Z hlediska výroby pak v netechnologických činnostech. Z toho důvodu by se měly podniky zaměřit na snižování objemu činností nepřidávajících hodnotu, zejména těch, které nejsou podpůrné pro hodnototvorné činnosti. Jednou z možností je zaměřit se na vytvoření takového uspořádání výroby, které je schopno snížit tyto náklady a odpovídá vyráběnému produktu. Z tohoto důvodu se disertační práce zaměřuje právě na vazbu mezi konstrukčně-technologickým návrhem produktu a nejehospodárnějším uspořádáním výroby, a to prostřednictvím tvorby variantních výrobních layoutů a nastavením produkčního systému.

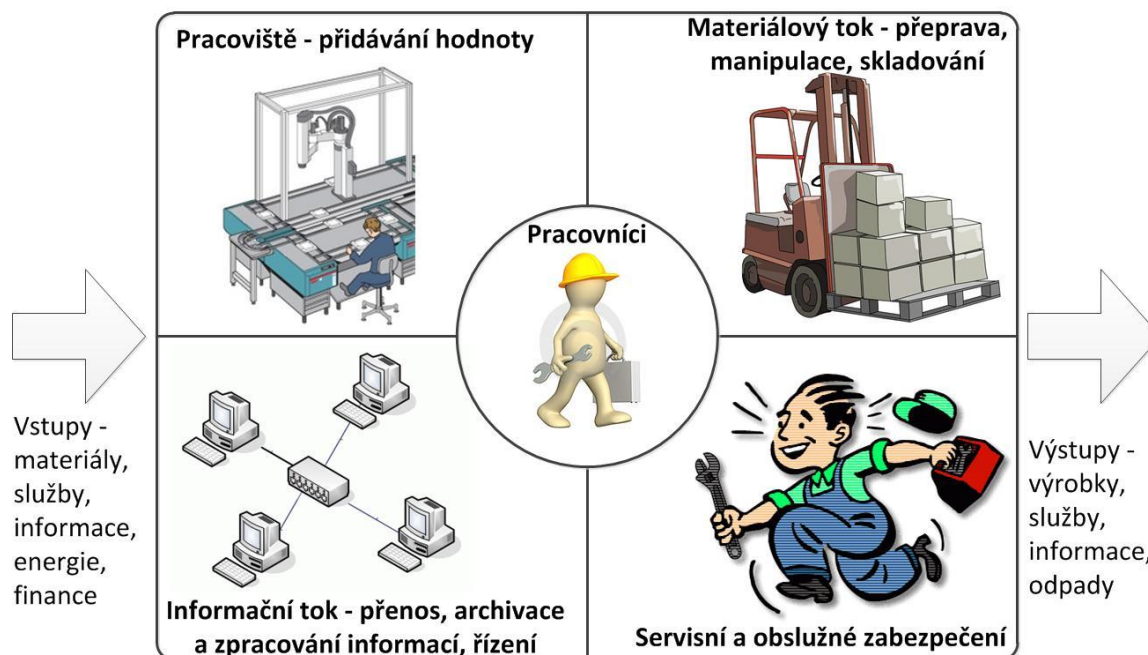
Efektivní nastavení produkčního systému je jedním z faktorů ovlivňujících konkurenceschopnost podniku. Základními výkonovými ukazateli podniku, které zvyšují či snižují jeho konkurenceschopnost, jsou: kvalita, čas, náklady. U středních a malých podniků není možné, aby zásadně ovlivnily jejich konkurenceschopnost jiné prvky (politická situace, ekonomická situace, postavení firmy, atd.) než prvky, které mohou být ovlivněny nastavením produkčního systému.

Dosáhnout efektivního nastavení celého produkčního systému znamená efektivní nastavení procesů a dílčích činností.

# 1 Obecná charakteristika výrobních systémů

## 1.1 Požadavky na výrobní systém

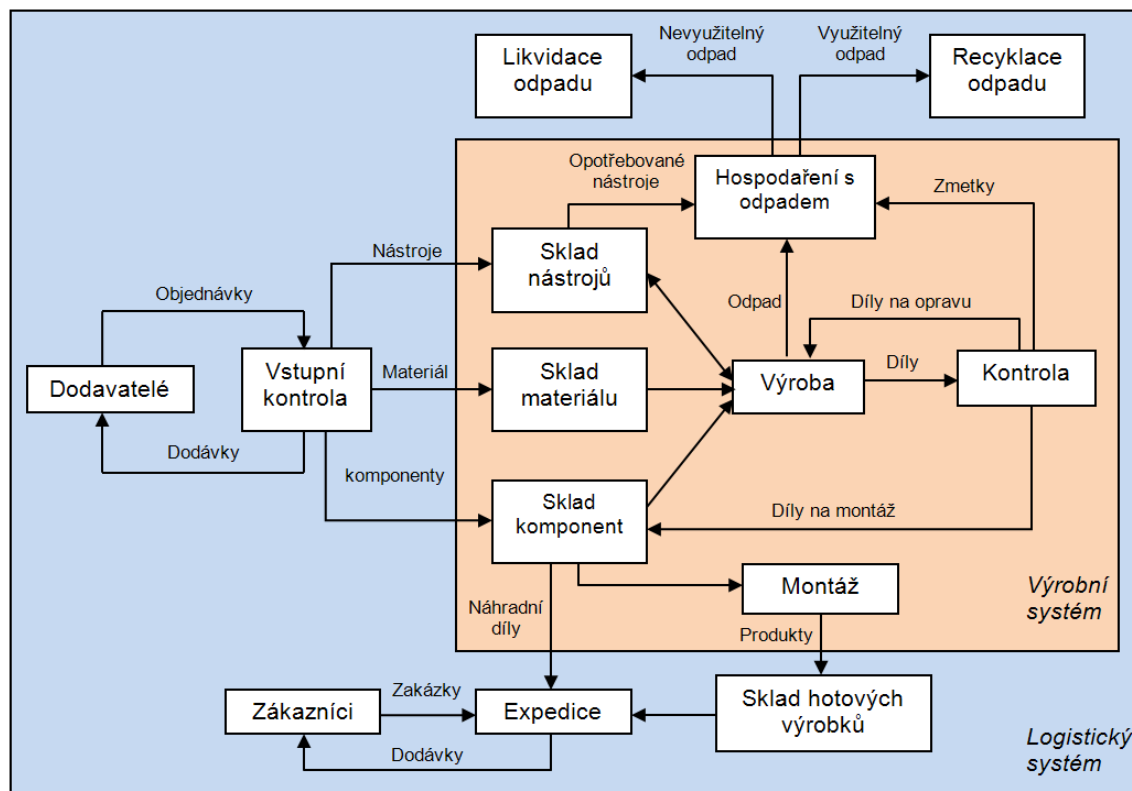
Výrobní systém lze v obecném pojetí charakterizovat jako věcné, technologicky, časově, prostorově a organizačně jednotné seskupení hmotných zdrojů (materiálů, energií, výrobních a pracovních prostředků) a pracovních sil určených pro výrobu vybraného sortimentu výrobků [11].



Obr. 1-1 Výrobní systém [11]

Dle prof. Gregora [11] se výrobní systém skládá ze základních podsystémů, které jsou zobrazené na Obr. 1-1.

Jak ukazuje Obr. 1-1 výrobní systém se skládá z pracovišť, kde se přidává hodnota (např. stroje, montážní pracoviště), z materiálového toku, který zabezpečuje přepravu materiálu a výrobků mezi pracovištěm, manipulaci s nimi na pracovištích a jejich skladování, z informačního toku, který zajišťuje přenos, uchování a zpracování informací, ze servisního a obslužného zabezpečení (údržba, nástrojové hospodářství, zásobování, péče o zaměstnance, zpracování odpadů, energetiky apod.). Centrálním prvkem, který tyto čtyři oblasti integruje jsou pracovníci (manažeři, mistři, údržbáři, dělníci, zásobovači atd.). Právě na jejich způsobu práce, organizaci, komunikaci, dodržování norem a domluvených pravidel závisí nejvíce, jak efektivně bude celý systém pracovat. Celý výrobní systém je ovlivněn svým okolím a skládá se z mnoha činností a oblastí, které jsou detailněji uvedené na Obr. 1-2.



Obr. 1-2 Výrobní systém a jeho okolí - různé pohledy na stanovení hranic systému [11]

## Základní požadavky na výrobní systémy jsou:

### 1. Pružnost

I bez toho bychom výrobní systém nazývali „pružný“, je jeho pružnost jedním ze základních požadavků. Na pružnost se můžeme dívat z několika různých úhlů pohledů – rozličné typy výrobků, které v daném systému můžeme vyrábět, rozličné výrobní množství, které dokážeme vyrábět, rozličné pořadí, v kterém můžeme jednotlivé dávky zadat do výroby, rychlost, se kterou dokážeme reagovat na požadavky zákazníka. V pružných výrobních systémech (FSM – Flexible Manufacturing System), u kterých pružnost vycházela hlavně z pružných NC řízených strojů (bezobslužné stroje, obráběcí centra), se definoval sortiment součástek, který takovýto systém dokáže efektivně vyrábět. Dnešním problémem je, že v mnohých případech není možné přesně definovat ani tento sortiment a je třeba očekávat, že výrobní systém bude muset být ve svém provozu schopný plnit i takové úlohy, se kterými se ve fázi projektování nepočítalo. I ve výrobních systémech, které byly v minulosti zařazovány mezi hromadnou a sériovou výrobu, se dnes mění sortiment tak, jako nikdy předtím. Vyžaduje si to ve stále kratších cyklech přestavovat výrobní systém, který na to musí být uzpůsobený už v projekční fázi.

### 2. Produktivita

Produktivita je často v přímém rozporu s pružností. Čím větší je variabilita ve výrobním programu, tím větší požadavky jsou kladené na pružnost zařízení (funkce, nástroje, přípravky), materiálů a komponentů ve skladě, lidí, složitosti zařízení apod. Zvyšovat produktivitu znamená zvyšovat výstupy a snižovat vstupy do výroby – znamená to tedy víc produktivních činností, které přidávají hodnotu výrobku, méně plýtvání

prostory, časem, materiálem apod. Mezi pružností a produktivitou se musí hledat kompromis. Vysoká produktivita tedy znamená hlavně nízké náklady a vysokou úspornost.

### 3. Kvalita

Kvalita je dnes standard, o kterém není potřeba diskutovat. Jde o to, aby výrobní systém byl navrhnout tak, že kvalita je zabudována přímo v něm a nebude potřebné dalších dodatečných opatření a nákladů na její udržení, resp. zlepšování (výstupní kontrola, opravy apod.). Nástroje, které zabezpečují kvalitu ve výrobním systému, jsou dnes všeobecně známé a jejich používání je ve většině firem předmětem certifikace ISO 9000 atd.

Pro japonské výrobní systémy je typické, že projektanti, ale i přímo personál ve výrobě, vymýšlí množství jednoduchých zařízení, které dokážou rychle odhalit abnormalitu, signalizovat ji řídicímu personálu a zastavit výrobu (jidoka), tak i pomůcek, které zamezí výrobě zmetků [11].

## 1.2 Procesy

Ve výrobním systému probíhá mnoho procesů. Ty lze rozlišovat dle různých pohledů jednotlivých autorů. Jako příklad uvádíme definice procesu dle různých:

Proces je definován jako „soubor vzájemně souvisejících činností nebo vzájemně působících činností, který přeměňuje vstupy na výstupy [dle EN ISO 9000:2000].

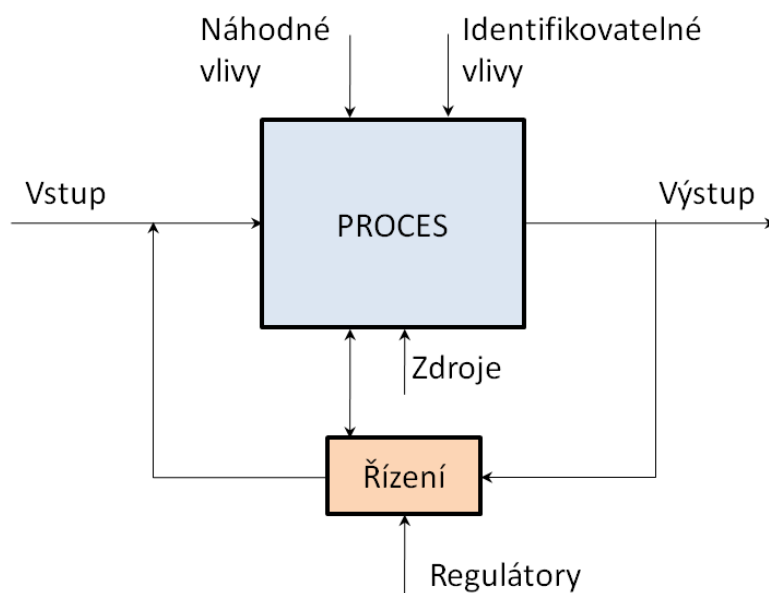
Výrobní proces je souhrn pracovních, technologických a přírodních procesů, jejichž účelem je měnit tvar, složení, jakost a spojení pracovních předmětů za účelem získání užité hodnoty, tj. výrobku [25].

Proces je jednou ze základních složek produkčního systému. Proces se skládá z propojených operací, které je možno brát za elementární transformace dílčích vstupů na dílčí výstupy. Každá operace začíná a končí událostí, která znamená umístění operací v reálném čase [7].

Proces se definuje jako „Transformace vstupů do konečného produktu prostřednictvím aktivit přidávajících tomuto produktu hodnotu, za kterou zákazník zaplatí“ nebo také „Soubor úkonů a aktivit, které vedou k dodání výrobku a služeb zákazníkovi“ [41].

Schéma procesu je uvedeno na *Obr. 1-3*.





Obr. 1-3 Schéma výrobního procesu [41]

#### Vstupy:

- Zařízení
- Práce
- Materiál
- Informace

#### Výstupy:

- Produkty nebo služby pro zákazníka

## Členění výrobních procesů

Dle prostudované literatury týkající se této problematiky je zřejmé, že je několik pohledů na členění výrobních procesů. Procesy byly dříve členěny podle několika hledisek, nebyl však kladen takový důraz na netechnologické operace resp. na činnosti (procesy) hodnotu nepřidávající. Toto dělení se objevilo v souvislosti zavedení štíhlé výroby vycházející z *Toyota Production System* (TPS), jejíž hlavní myšlenkou je zaměřit se na optimalizaci výroby z pohledu činností (procesů) nepřidávající hodnotu. V současné době se většina úspěšných výrobních podniků řídí touto filozofií a člení procesy na dvě základní skupiny, a to na činnosti (procesy) přidávající hodnotu a činnosti (procesy) hodnotu nepřidávající.

### 1) Klasický pohled na členění výrobních procesů

Výrobní proces můžeme členit z hlediska:

1. Charakteru složek výrobního procesu
2. Vztahu k výrobku
3. Vztahu k výrobnímu programu

Ad 1. Podle charakteru složek výrobního procesu se dělí na:

- *Technologický proces*
- *Pracovní proces*
- *Technologické i pracovní činnosti.*

Ad 2. Ve vztahu k výrobku členíme výrobní procesy na:

- *Hlavní výrobní*
- *Pomocný výrobní proces*
- *Vedlejší (obslužný) výrobní proces [26].*

## 2) Pohled na členění výrobních procesů dle „Štíhlé výroby“

Při pozorném zkoumání jednotlivých procesů zjistíme, že mnoho procesů hodnotu vůbec nepřidává – zákazníkovi jednoduše nepřináší užitek, a tudíž by jejich existenci neoceníl.

Budeme-li vycházet „*filozofie štíhlé výroby*“, kde stěžejní myšlenkou je zbavení se všeho přebytečného resp. procesů, které nepřináší zákazníkům užitek, a tudíž za ně nejsou zákazníci ochotni zaplatit, jsou procesy ve výrobním systému rozděleny do dvou skupin, a to na procesy:

- přidávající hodnotu (angl. "VA = value added")
- nepřidávající hodnotu (angl. "NVA = non-value added")

Kritériem pro označení činnosti přidávající hodnotu jsou tři podmínky, přičemž tyto tři podmínky musí být splněny zároveň:

- zákazník tuto činnost požaduje a platí za ni,
- tato činnost přetváří materiál nebo informaci,
- tato činnost je udělána správně a na poprvé.

Vše ostatní jsou činnosti, které nepřidávají hodnotu, tzv. plýtvání. Tyto činnosti lze dále rozdělit do dvou kategorií, a to:

- čisté plýtvání (angl. "NVA-PW = non-value added - pure waste"), což jsou činnosti, které lze úplně eliminovat (čekání, nadvýroba, atd.),
- nezbytné činnosti nepřidávající hodnotu (angl. "NVAN = non-value added necessary"), které nelze úplně odstranit, ale lze je minimalizovat (přeprava, kontrola, atd.).

Tyto hodnotu nepřináší procesy tvoří nezbytné procesy, jako např. legislativou nařízené (účetnictví, BOZP apod.), ale také procesy více či méně zbytečné – Taiichi Ohno je jednoduše nazval plýtváním (tzv. muda). Jsou to veškeré činnosti, které přímo či nepřímo zbytečně spotřebovávají zdroje. Cílem štíhlé výroby je tyto zbytečnosti eliminovat [36].

3 Mu je třeba neustále vyhledávat a eliminovat z výrobního systému. 3 Mu jsou bariéry efektivního fungování JIT strategie. Tyto pojmy pochází z japonštiny a začínají na Mu:

- **Muda** – termín pro činnosti, které nepřidávají hodnotu, jsou nevhodné/  
plýtvání

- **Mura** – termín pro označení nerovnoměrnosti jednotlivých pracovišť, zařízení, strojů a tedy nutnost využívat meziskladů, které jsou hlavním problémem při tvorbě JIT systémů.
- **Muri** – termín používaný pro přetížení, které způsobuje úzké místo ve výrobě a vytváří Mura a Muda. K odstranění Muri se využívá standardizace pracovních činností, rozdělení těchto činností na základní operace (rozdělení těchto dílčích, základních činností na jiné pracoviště, při zachování správného sledu procesů a jejich standardizaci cílem dosáhnout stejného produktu v požadované kvalitě.

Štíhlá výroba rozlišuje **7 základních druhů plýtvání (muda)** ve výrobním procesu, v současné době se však uvádí ještě osmý:

- 1) **Plýtvání způsobené nadprodukcí**
- 2) **Plýtvání způsobené nadbytečnými zásobami**
- 3) **Plýtvání způsobené opravami a zmetky**
- 4) **Plýtvání způsobené zbytečnými pohyby**
- 5) **Plýtvání způsobené špatným zpracováním**
- 6) **Plýtvání způsobené prostoji (čekáním)**
- 7) **Plýtvání v oblasti dopravy**
- 8) ***Nevyužitá tvořivost zaměstnanců (Creativity and Motivation)*** – ztráta nápadů a příležitosti k zlepšování [50].

Vhodným návrhem prostorového uspořádání výrobních systému lze do určité míry tyto hodnoty nepřidávající procesy odstranit či alespoň minimalizovat.

### 3) Rozdělení z hlediska přeměny vstupů

-výrobní procesy se člení na operace, které se dělí na dvě základní skupiny, a to na technologické a netechnologické operace

#### **Technologické operace**

- jedná se o operace, kdy je vykonávána strojová nebo lidská práce včetně přípravy výroby a dalších činností, bez nichž nelze získat konečný efekt z prodeje výrobku.

*Technologické operace* jsou dány konstrukcí produktu, technologickým postupem (procesy), tedy technologií výroby a mohou být ovlivněny technickým parkem (stroje a zařízení) a ostatními zdroji. Chceme-li tyto operace ovlivnit, je nutné zasáhnout do tvorby technologických postupů resp. změnit konstrukci výrobků.

#### **Netechnologické operace**

- nazývané také logistické operace, jako jsou přesuny, kontrola, skladování atd. Jsou to operace, které nezvyšují hodnotu vytvářenou pro zákazníka, ale v rámci výrobního procesu podporují efektivnost technologických operací. Tyto procesy jsou z velké míry ovlivnitelné prostorovým uspořádáním výroby, tedy layoutem [39].

Zjednodušeně můžeme říci, že pokud chceme sestavit efektivní výrobní systém, musíme nastavit technologické a netechnologické operace tak, aby respektovaly významné vazby mezi výrobkem, procesem výroby a výrobním systémem. Tyto tři entity jsou spolu silně spjaty a pro návrh výrobního systému nepostradatelné.

### 1.3 Členění výroby

#### Podle míry plynulosti technologického procesu

- **plynulá** – (hutě, chemie), nepřerušovaná, mizí přestávky, propojení technologických a manipulačních procesů, hromadnost, vysoká automatizace; značné náklady při rozběhu a zastavení
- **přerušovaná (diskrétní)** – (strojírenství, stavebnictví), proces přerušovaný netechnologickými operacemi
- **cyklická** – katalytické procesy (čpavek)

V závislosti na plynulosti přeměny materiálu nebo polotovaru na finální produkt (technologická transformace) rozlišujeme:

- výrobu plynulou (kontinuální),
- výrobu přerušovanou (diskrétní).

Uvedené rozdělení je důležité z hlediska výrobní logistiky. V plynulé výrobě jsou technologické a manipulační procesy bezprostředně spojeny. Příkladem je hutní nebo chemická výroba. Ve výrobě přerušované je technologický proces kombinován s manipulačními procesy, pomocí kterých je materiál nebo polotovary, přemísťován z jednoho pracoviště na druhé. Příkladem přerušované výroby je výroba strojírenská.

#### Podle charakteru technologie

- **mechanická** - mění se tvar, jakost součástek, výrobků, vlastnosti látkové podstaty produktu
- **chemická** – změny vlastností látkové podstaty
- **biologická a biochemická** – využívá přírodní procesy, mění se látková podstata surovin a materiálů, zemědělství, potravinářský průmysl [53].

#### Podle typu výroby (množství a počet druhů výrobků)

Významnou charakteristikou pro výrobní logistiku je typ výroby. Typ výroby charakterizuje výrobu z hlediska počtu vyráběných výrobků a také z hlediska množství jednotlivých druhů, což má vliv na opakovatelnost výroby [53]. Podle rozsahu výroby a opakovatelnosti výrobku rozeznáváme 3 typy výroby:

### **1. Kusová**

Dle dané projektové dokumentace se vyrábí velký počet druhů v malém počtu kusů (jen jeden kus nebo max. do 10 ks výrobků) v nepravidelných časových intervalech, používají se univerzální stroje, vysoká kvalifikace pracovníků. Jedná se o zakázkovou výrobu.

### **2. Sériová**

Sériová výroba nebo také masová výroba je výroba velkého množství stejných produktů (menší počet druhů v různém počtu kusů od 100 ks do 100 000) s použitím zaměnitelných standardizovaných součástek a dílů (též zvaných modulů). Významným způsobem se zapojují moderní technologie, automaty, roboty, montážní linky. Vyžaduje velmi přesné řízení a plánování výroby včetně navazující logistiky. To je dnes velmi často zajišťováno pomocí počítačů a specializovaného software. Výroba stejného druhu se opakuje v sériích.

Podle velikosti série se dále dělí na malosériovou, středně sériovou a velkosériovou. Velikost série není pevně stanovená a je různá podle výrobního odvětví.

### **3. Hromadná**

Hromadná výroba je charakterizována tím, že vyrábí málo druhů výrobků v „neomezeném“ množství (jednoduchá hromadná výroba). Jeden a tentýž výrobní proces se tedy nepřetržitě opakuje, aniž je stanoven jeho konec. V hromadné výrobě mohou být také vyráběny mnohé výrobky vedle sebe (vícesortimentní hromadná výroba). Vícesortimentní hromadná výroba nutně vzniká u příbuzných výrobků (sdružené výrobky). Dochází k vytváření výrobních linek, zpracování výrobků je jednoduché (rohlíky, obuv, oblečení, spojovací materiál), je tu nejvyšší produktivita práce, je vysoce využité výrobní zařízení. Podle dané projektové dokumentace se vyrábí 100 000 ks a víc.

Podíl ruční práce bývá pod 10 %. Vysoká je úroveň automatizace, ale zase nízká úroveň robotizace [17] [27] [39] a [54]. V *Tab. 1-1* autora [54] je uvedeno stručné porovnání jednotlivých typů výroby.

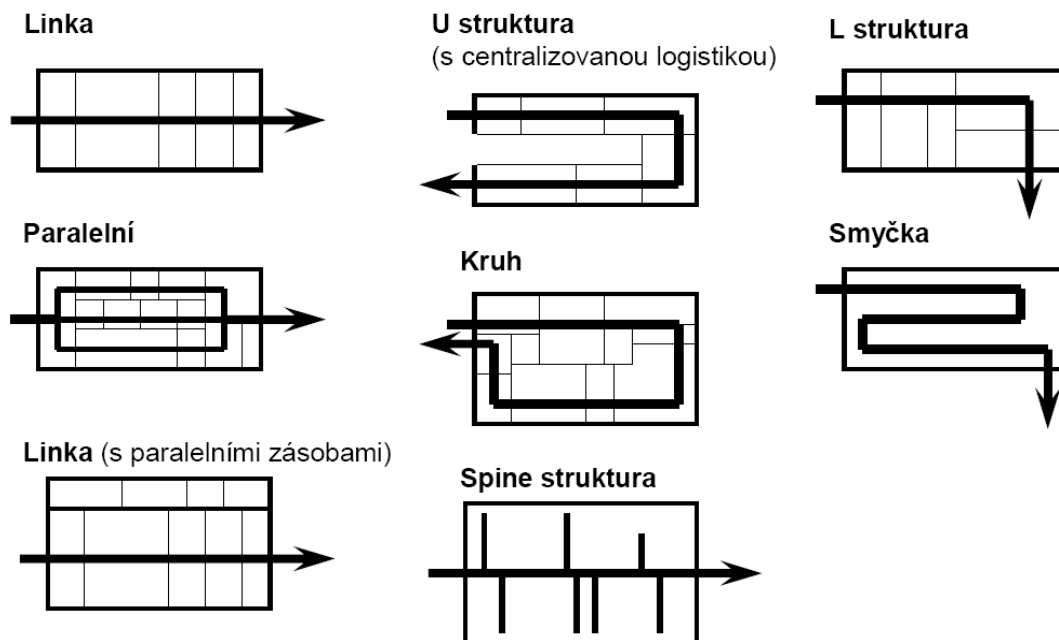
<b>Ukazatel</b>	<b>Kusová výroba</b>	<b>Sériová výroba</b>	<b>Hr. výroba</b>
Mn. výrobků jednoho typu za rok	desítky	sta až tisíce	statisíce
Počet druhů výrobků	stovky	desítky	kusy
Počet typů výrobků	desítky	3 – 10	1 – 3
Opakování výroby výrobku téhož typu	nepravidelné, případně žádné	pravidelné (např. měsíční)	nepřetržitá výroba (několik měsíců až roky)
Uspoř. dílen	technol., výjimeč. předmětné	předmětné, někdy technol.	předmětné
Výrobní a dopravní zařízení	univerzální, unikátní	univerzální, někt. součásti na linkách	specializ., jednoúčel. linky
Kvalifikace dělníků	multikvalifikovanost	dobrá	nízká, jen zaučení
Průběžná doba výroby	měsíc – rok	týden – měsíc	den – týden
Specializace pracovišť	malá	částečná	úplná
Možnost změny výrobního programu	snadná	obtížná	velmi obtížná
Plánování a řízení	náročné	středně obtížné	snadné
Využití vyr. zařízení	nízké	dobré	vysoké
Náklady na jednici	vysoké	poměrně nízké	nízké
Výr. zásoby	relativně vysoké	malé	minimální
Mat. toky	dlouhé	krátké	minimální

Tab. 1-1 Porovnání jednotlivých typů výroby [54]

## 1.4 Základní způsoby rozmíst'ování strojů a pracovišť

### Základní struktury výrobních systémů

Při návrhu prostorového uspořádání výrobních systémů je nutno uvažovat různé tvary hlavního materiálového toku viz *Obr. 1-4*. Tyto tvary určují uspořádání pracovišť ve výrobním systému.



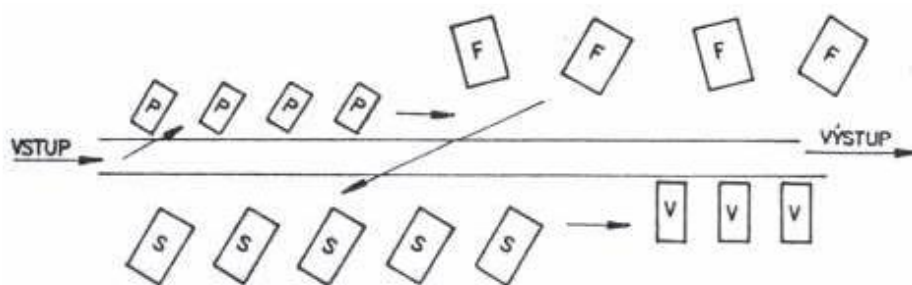
*Obr. 1-4 Základní tvary uspořádání pracovišť ve výrobním systému [50]*

Při rozmíst'ování strojů a pracovišť vycházíme z výsledků předchozích rozborů a řešení rozmíst'ovacích metod. Výsledek rozmístění by měl být optimální vzhledem k základním požadavkům. V současné době rozlišujeme následující způsoby uspořádání [16].

- Volné
- Technologické
- Předmětné
- Modulární
- Buňkové
- Pevné uspořádání

### Technologické uspořádání

Řadí se k nejstarším způsobům uspořádání. Stroje jsou stavěny podle operací v technologických postupech, které jsou slučovány podle příbuznosti. Při tomto způsobu uspořádání tvoříme skupiny stejných druhů strojů. Sortiment vyráběných součástek je zde tak různorodý, že není možno určit jednotný směr materiálového toku. S tímto uspořádáním se setkáváme v kusové a malosériové výrobě těžkého a středního strojírenství. Schematický náčrt technologického uspořádání je na *Obr. 1-5*.

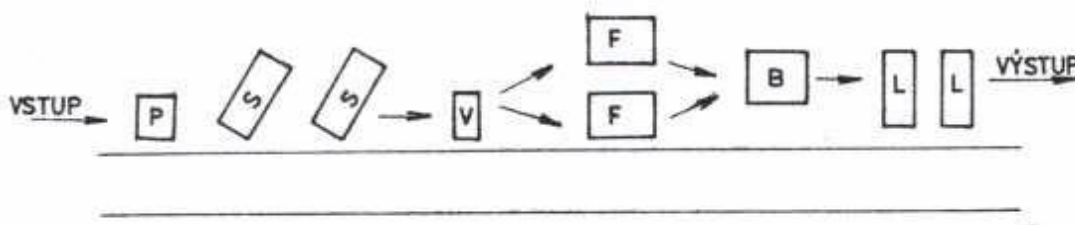


Obr. 1-5 Technologické uspořádání [16]

## Předmětné uspořádání

Předmětné uspořádání se používá při opakované výrobě malých sérií nebo při vyšší sériovosti výroby. Pracoviště jsou seřazena podle operací technologického postupu výrobku, který se zde vyrábí. Uspořádání podle zhotovovaného předmětu se promítlo i do pojmenování tohoto způsobu. Pohyb součástí zde má stejný směr a vzniká tak výrobní proud. Ideální předmětné uspořádání je možno sestavit pro skupinu technologicky a tvarově podobných součástí, nebo jednu určitou součástku. Výrobní linka je dokonalejším stupněm předmětného uspořádání pracovišť [16].

Automatická synchronizovaná linka, která je složená ze speciálních jednoúčelových strojů se společným dopravníkem ovládaným řídicím panelem nebo řídicí technikou je nejvyšším stupněm předmětného uspořádání. Předmětné uspořádání pracovišť se používá ve všeobecném a středně těžkém strojírenství, ve velkosériové a hromadné výrobě. Náčrt předmětného uspořádání je na Obr. 1-6.



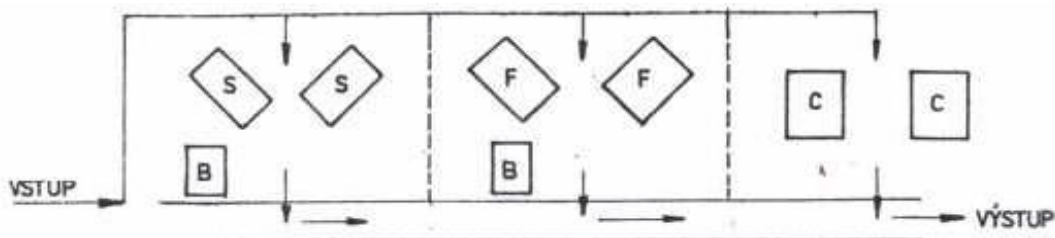
Obr. 1-6 Předmětné uspořádání [16]

## Modulární uspořádání

Řadí se k nově vzniklým způsobům uspořádání, které se rozšířily se zaváděním modernější techniky (NC, CNC strojů). Toto uspořádání je charakteristické seskupováním stejných technologických bloků, z nichž každý plní více technologických funkcí. Celý provoz se skládá se stejných nebo podobných modulů – skupin pracovišť. Charakteristickým příkladem modulárního uspořádání je skupinové nasazení NC strojů v klasicky řízené dílně, nebo soustředění více obráběcích center. Modulární pracoviště mají vyšší produktivitu práce, a proto mají v dílně prioritní postavení jak z hlediska obsluhy strojů materiálem, nářadím, tak z hlediska plánování výroby a přípravy zakázek [16].



S ohledem na vyšší produktivitu práce je nutno modulární pracoviště využít ve dvou až třisměnném provozu. Tento způsob uspořádání pracoviště se používá ve všeobecném, středně těžkém i těžkém strojírenství, v kusové a malosériové výrobě. Modulární uspořádání je na *Obr. 1-7*.



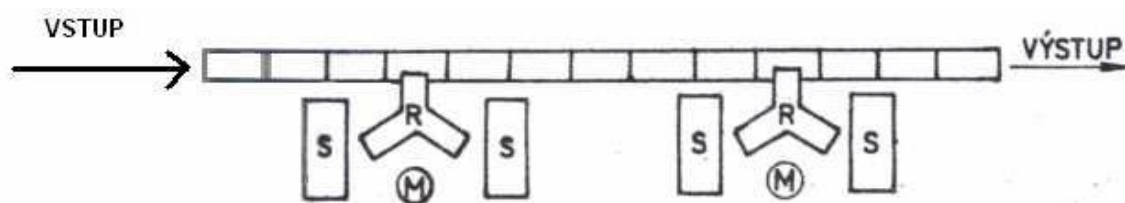
*Obr. 1-7 Modulární uspořádání[16]*

### Buňkové uspořádání

Jedná se zde o moderní uspořádání strojů do buněk, které dokážou vyrábět výrobky s příbuznými výrobními požadavky. Buňka je vlastně zmenšená, samostatná a flexibilní obdoba předmětné výroby. Uspořádání v buňce je s minimálními požadavky na přepravu. Podobné výrobky v buňce cestují po stejné trase a produkt může přeskočit operaci, kterou nepotřebujeme. Kombinuje v sobě výhody technologického a předmětného uspořádání, kterého lze dosáhnout za podmínek dobře fungujícího řídicího informačního systému výroby.

Buňka je obvykle tvořena vysoce produktivním strojem s mechanizovaným nebo automatizovaným okolím. Úplné a trvalé využití buňky musí být zabezpečeno stálým, dostatečně objemným výrobním programem. U buňkového uspořádání se provádějí přípravné operace na pomocném pracovišti, a to i v čase chodu hlavního pracoviště. Takto uspořádaná pracoviště by měla fungovat v třisměnném provozu.

Buňkové uspořádání je znázorněno na *Obr. 1-8*.



*Obr. 1-8 Buňkové uspořádání [16]*

### **Další konfigurace buňkového uspořádání**

#### **Pružné výrobní systémy:**

Jedná se zde o automatizovanou verzi buňkové výroby, kdy je celý proces řízen automaticky pomocí počítače. Ceny těchto systémů jsou vzhledem k ceně systému s lidskou prací neúměrně vysoké. Lidské zásahy jsou prováděny omezeně. Při dobrém řízení mohou dosáhnout ekonomicky na výhody předmětného uspořádání, a to převážně v oblasti malých, často se opakujících výrobních dávek.

Heragu a kol. [15] zmiňují, že existující konfigurace stávajících výrobních systémů nevyhovují požadavkům společností, které produkují hodně druhů výrobků. Proto je zde potřeba nových typů výrobních systémů, které jsou flexibilní, modulární a snadno nekonfigurovatelné. Tyto jejich vlastnosti jsou vhodné pro podniky, které potřebují měnit prostorové uspořádání pokaždé, když se změní požadavky na jejich produkty. Tyto rekonfigurace by jinak byly vysoce nákladné a rušily by celou výrobu v případě, kdy by se musela zastavit celá výroba. Pro továrny produkující mnoho variant produktů nebo pro výroby v rychle se měnícím výrobním prostředí Heragu navrhuje tři řešení.

#### **Distribuované uspořádání výrobních systémů**

Jsou založeny na myšlence rozkladu velkých funkčních celků na menší pracoviště. To dovoluje mít některá významná pracoviště duplicitně a vhodně je rozmístit v různých částech výroby. To má za následek, že je výroba lépe schopna čelit budoucím změnám v požadavcích na ni a v objemech výroby. Rozmístění stejných pracovišť ve výrobním systému zvyšuje jejich přístupnost z různých míst. To pomáhá zlepšit délku toku materiálu u výroby s velkým množstvím různých druhů výrobků.

#### **Modulární uspořádání výrobních systémů**

Tento přístup se zaměřuje na výroby s mnoha typy produktů. Je založen na konstrukci výrobního systému jako sítě základních modulů. To je vhodné pro výroby, kde je dlouhodoběji znám mix produktů. Jak se postupem času mění požadavky na výrobu, tak se layout rekonfiguruje přidáváním a odebráním určitých modulů. Použití modulů je motivováno tím, že žádná z běžných konfigurací prostorového uspořádání (funkční, buňkové ...) nemůže jednotlivě popsat komplexní materiálový tok ve výrobě s mnoha druhy produktů.

#### **Rekonfigurovatelné uspořádání výrobních systémů**

Je založeno na předpokladu, že zdroje pro jednotlivá pracoviště mohou být jednoduše přesunovatelná. To umožňuje jejich jednoduchou relokaci. Tento přístup je vhodný zejména pro výroby, kde převažuje kompletace a montáž. To jsou například odvětví jako spotřební elektronika, textilní průmysl atd. Uvažuje se používání mobilních pracovišť z lehkých materiálů, které by nahradily těžší varianty. Potom je možné představit si továrnu, kde se její prostorové uspořádání může jednoduše měnit několikrát do roka na základě použití lehkého a mobilního vybavení a vhodně přizpůsobené výrobní haly (například zabudované tratě pro přesun vybavení).

Posledním typem prostorového uspořádání, který Heragu a spol. zmiňují je **agilní uspořádání**. Většina stávajících přístupů je podle nich založena na statickém měření nákladů na pohyb materiálu. Ale tento přístup bere v úvahu vliv prostorového uspořádání na výrobní výkon, čas výrobního cyklu, hromadění se rozpracované výroby, čekací časy na stanovištích atd. Tato měřítka se stávají důležitými ve výrobě, kde je zkracování výrobního cyklu a udržování nízkých skladových zásob klíčové k udržení konkurenční schopnosti. Tento přístup je pro většinu výrobních odvětví velmi žádaný. Nicméně zachycení vztahů

mezi konfigurací prostorového uspořádání a výrobního výkonu je podle autora citované literatury [15] obtížné.

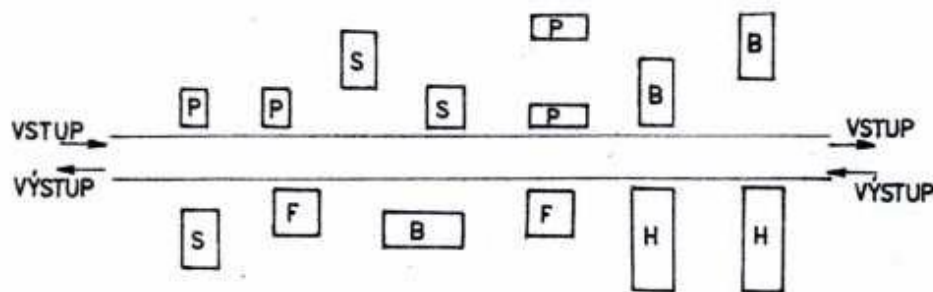
## Volné a pevné uspořádání

Kromě standardních prostorových uspořádání existují mezní případy a to:

### a) Volné uspořádání

Stroje a pracoviště jsou seskupeny v dílně náhodně. Volné uspořádání je voleno tam, kde nebylo možno před ustavením strojů určit materiálový tok, návaznost operací, organizační a řídicí vztahy. Bývá často v údržbářských dílnách a dílnách s kusovým charakterem výroby. Tento způsob uspořádání je z dnešního hlediska nevyhovující a prakticky se od něj upustilo.

Volný způsob uspořádání je na Obr. 1-9.



Obr. 1-9 Volné uspořádání [16]

### b) Pevné uspořádání

Pevným, někdy také pohyblivým uspořádáním nazýváme takové uspořádání, kdy velikost daného produktu dosahuje velkých rozměrů a v rámci výrobních prostor není možné s tímto objektem pohybovat a je tedy nutné, aby výrobní stroje či zařízení postupně dle výrobních postupů přijížděly k danému objektu. Výrobní zařízení se přizpůsobuje místu vytvoření zakázky. Např. stavba obchodního domu, výroba nákladního letadla, apod. [16].

## 1.5 P-Q analýza

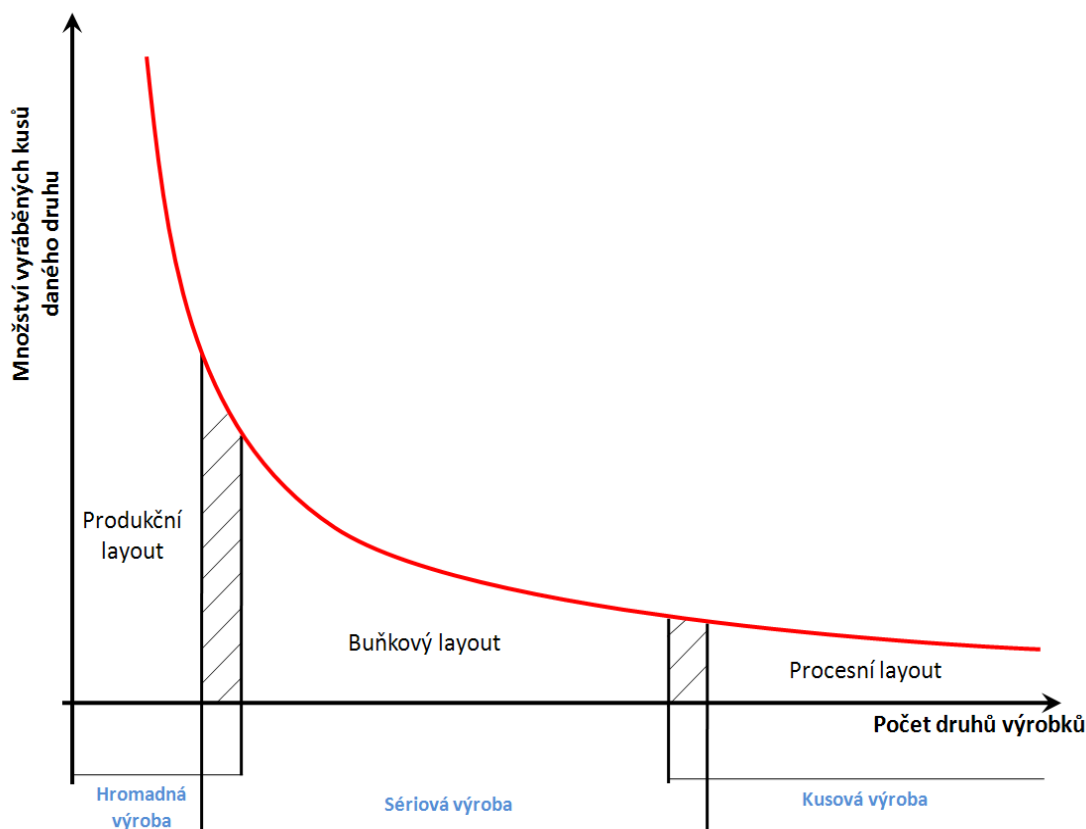
Pro přiřazení způsobu uspořádání výrobního systému v závislosti na typu výroby lze využít P-Q analýzu. Na ose x je uveden počet druhů výrobků a na svislé ose je vynesena opakovanost výroby každého druhu, na základě těchto údajů je výroba rozdělena do tří základních typů (hromadná, sériová a kusová) a těmto typům je přiřazen nejvhodnější způsob prostorového uspořádání výrobního systému.

Sumarizuje výrobní množství pro jednotlivé typy výrobků v určitém časovém období (např. rok).

P-Q analýza patří ke klasickým nástrojům projektanta výrobních systémů. Tento diagram mu může poskytnout první velice užitečné informace o typu výroby a organizaci výroby, stupni automatizace, manipulaci s materiálem, ale i způsobu plánování a řízení výroby. Hlavním problémem použití P-Q analýzy v současnosti je spolehlivost údajů. Na

současném stále se měnícím trhu, je pro podniky velmi těžké v dlouhodobějším časovém úseku přesně stanovit jak výrobní sortiment (osa P) tak i výrobní množství (osa Q) [50].

V závislosti na počtu druhů výrobků resp. na množství vyráběných kusů daného druhu je možné přiřadit dle Obr. 1-10 vhodný způsob prostorového uspořádání výrobních strojů a zařízení.



Obr. 1-10 Graf závislosti druhu layoutu na vyráběném množství - [modifikováno dle 50]

## 2 Rozmíst'ovací metody pro tvorbu layoutů

### 2.1 Obecné charakteristiky rozmíst'ovacích metod

Za optimální řešení se považuje takové, u kterého zpracováváný výrobek prochází nejkratší cestou, čímž řešíme minimalizaci dopravních nákladů. Hlavní roli při návrhu rozmístění objektů (strojů, skladů apod.) hraje zejména velikost materiálového toku v závislosti na délce trasy. Metody, které jsou uvedeny v této kapitole, slouží k návrhu vhodného prostorového uspořádání s ohledem na velikost materiálového toku resp. optimalizaci transportního výkonu ve vazbě na typ výroby. Dispoziční řešení jednotlivých strojů a zařízení nebo jednotlivých provozních souborů, výrobních středisek atd. je jednou z rozhodujících částí projektové dokumentace nezbytné pro realizaci nově navrhovaných nebo modernizovaných výrobních systémů. Stroje a výrobní zařízení, jejichž druh a typ jsme určili na základě výrobních postupů, jejichž počet byl stanoven statistickými kapacitními propočty a jejichž vzájemné kooperační vztahy byly určeny z analýzy materiálových a informačních toků, máme zpravidla rozmístit v předem vymezeném prostoru tak, aby např. celkové přepravní výkony (PV) byly minimální [16].

$$PV = \sum_i \sum_j I_{ij} l_{ij} \rightarrow \min. [t \cdot m / \text{čas}, \text{kg} \cdot m / \text{čas}] \quad (1)$$

kde  $I_{ij}$  - intenzita materiálových toků [t/čas, kg/čas] mezi prvky i-j

$l_{ij}$  – vzdálenosti mezi prvky i, j i=j [m]

i,j – index prvku

Rozmístění výrobního zařízení v prostoru je závislé např. na podmínkách:

- technologických, tj. na hmotnosti a velikosti strojů, přesnosti výroby, hlučnosti strojů apod.
- stavebně energetických, tj. nosnosti podlah, rozporách sloupů, šířce a výšce hal, formě rozvodů energie atd.
- investičně-ekonomického charakteru, např. při racionalizaci nebo modernizaci při rozmístování strojů
- materiálových toků, tj. na dodržení pravidel pro tok materiálu, dopravní uličky, odsun odpadu apod.

Z uvedených podmínek jsou ovlivnitelné z pohledu optimalizace rozmístování pouze dvě poslední podmínky. Ostatní podmínky nedávají zpravidla možnost volitelnosti.

### 2.2 Nejčastěji používané rozmíst'ovací metody

#### Šachovnicová tabulka

Šachovnicová tabulka se používá především pro analýzu materiálového toku, kde přehledně znázorňuje materiálové přesuny uskutečněné za určité časové období mezi jednotlivými vnitropodnikovými útvary nebo mezi podnikem a jeho okolím. Dále se tato metoda používá pro stanovení vhodnějšího prostorového uspořádání z hlediska významu a četnosti přepravovaného množství [46].

## **Trojúhelníková metoda**

Tato metoda vychází z Šachovnicové tabulky. Trojúhelníková metoda vychází z principu postupného rozmístování jednotlivých strojů (pracovních míst) v závislosti na intenzitě kooperačních vztahů, tzn., že stroje s nejintenzivnějšími materiálovými toky mají být umístěny co nejbližší u sebe. Rozmístění „m“ výrobních prvků na „n“ disponibilních míst musí být provedeno tak, aby celkový přepravní výkon v řešeném systému byl minimální. Trojúhelníková metoda je v podstatě metodou grafickou. Tato metoda se používá tam, kde jeden vztah (např. množství přepravovaného materiálu mezi pracovišti) je výrazně rozhodující a ostatní vztahy jsou podřadné. Metoda je založena na principu minimalizace vzdáleností mezi pracovišti s největším vztahem (materiálovým tokem) [16].

## **Metoda souřadnic**

Je to univerzální metoda, která se používá především v případech, kde k pracovištím (objektům) hledáme vhodné umístění objektu, majícího silný vztah k více pracovištím. Tedy metoda pro umístění centrálního objektu, např. ústředního skladu, nářadovny, výdejny apod. Metoda je založena na využití matematicko-grafického řešení. Metoda souřadnic se používá pro spotřebitelské a dodavatelské vztahy. Centrální dodávající popř. odbírající se umístí do souřadnicového systému a další objekty se umístí na souřadnice, které jsou váženým průměrem souřadnic výchozího objektu. Váhou je zpravidla přepravované množství [16].

## **Metody síťové analýzy**

Metoda síťové analýzy se používá především při plánování jednorázových projektů, kde známe počáteční termín zadání a konečný termín odevzdání. Podle kusovníku, případně i postupu a norem spotřeby času se sestrojí síťový graf. Nejprve se graf sestaví bez jakýchkoli omezení (materiálových, kapacitních). Nejdříve možný konec ukončení projektu získáme tak, že do grafu dosazujeme nejdříve možné konce jednotlivých činností. Nejdříve možný konec projektu je dán součtem dob trvání činností na kritické cestě. Kritická cesta je větev grafu, která je z hlediska doby trvání jednotlivých činností nejdelší. V dalším kroku určíme nejdříve možné začátky a konce jednotlivých činností. Rozdíl mezi nejpozději možným a nejdříve možným začátkem je maximální časová rezerva.

## **Sankeyův diagram**

Sankeyův diagram graficky znázorňuje délku, tvar, směr druh a intenzitu materiálového toku. Délka čar vyjadřuje vzdálenost přepravovaného množství, tvar čáry, přímočarost, popřípadě členitost materiálového toku, šipka směr, šrafování druh přepravovaného materiálu (suroviny, polotovary, hotové výrobky, odpad ...), tloušťka objem přepravy za určité období.

## **Metoda CRAFT**

Zkratka CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique) ve volném překladu znamená „Technika stanovení vzájemné polohy výpočtem“. Jde o metodu určující vzájemnou polohu pracovišť na základě stanovení celkových nákladů na manipulaci s materiálem. Cílem je najít takové prostorové uspořádání, kde tyto náklady budou minimální. Každý produkt musí během své výroby projít sekvencí pracovišť dle technologického postupu. Vzdálenost mezi pracovišti se mění podle jejich umístění.

Celkové náklady na přepravu jsou dány součinem vzdálenosti mezi pracovišti a náklady na uražení jednotkové vzdálenosti. Obecně se pracoviště přesouvají a vyměňují tak dlouho, dokud není nalezeno optimální řešení – řešení, které není možné zlepšovat.

Kriteriální funkce:

$$N = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \times l_{ij} \quad (2)$$

$n$  – počet pracovišť  $i$  a  $j$

$c_{ij}$  – náklad na manipulaci mezi pracovišti  $i$  a  $j$  na jednotkovou vzdálenost

$l_{ij}$  – vzdálenost mezi pracovišti  $i$  a  $j$

Tato funkce je minimalizační – optimální řešení je minimalizace kriteriální funkce (2) [27] [16].

## Postupové schéma

Postupové schéma je v praxi často používanou metodou zobrazení prostorového uspořádání. Jedná se o jednoduchou metodu znázorňující tok vyráběných dílů po jednotlivých pracovištích. První číslicí je označována váha materiálu, druhou délkou materiálového toku.

## Těžištní metoda

Těžištní metoda slouží především k začleňování takového pracoviště do řady, které má více dopravních vztahů k ostatním pracovištím v této řadě. Dopravní vztahy mohou být jednosměrné i obousměrné. Princip této metody spočívá v tom, že dopravní vztahy považujeme za rovnoběžné síly působící v daném směru. K těmto silám hledáme těžnici neboli výslednici sil. Velikost jednotlivých sil odpovídá velikosti přepravovaného množství mezi začleňovaným pracovištěm a pracovišti mezi které se pracoviště začleňuje. Poloha těžnice určuje polohu začleňovaného pracoviště.

## Metoda vážených průměrů

Metoda vážených průměrů je jednoduchá metoda, kterou lze použít pouze pro prostorová uspořádání, kde všechny stroje zaujímají téměř stejnou plochu. Stroje mohou být umístěny za sebou v různém pořadí. Úkolem je najít takové prostorové uspořádání, kde bude manipulace s materiálem minimální.

V následující tabulce (*Tab. 2-1*) jsou znázorněny jednotlivé rozmisťovací metody, které fungují na principu minimalizace jednotlivých položek, jako jsou přepravní vzdálenost, objem přepravy a přepravní náklady. Symbolem ✓ jsou v této tabulce označeny položky, které řeší daná metodika.

<i>Rozmíst'ovací metoda</i>	<i>Přepavní vzdálenost</i>	<i>Objem přepravy</i>	<i>Přepavní náklady</i>
<b>Šachovnicová tabulka</b>	✓	✓	
<b>Trojúhelníková metody</b>	✓	✓	
<b>Metoda souřadnic</b>	✓	✓	
<b>Metody síťové analýzy</b>			
<b>Sankeyův diagram</b>	✓	✓	
<b>Metoda CRAFT</b>	✓	✓	✓
<b>Postupové schéma</b>	✓		
<b>Těžištní metoda</b>	✓	✓	
<b>Metoda vážených průměrů</b>	✓		

Tab. 2-1 *Vzájemný vztah rozmíst'ovacích metod a minimalizovaných položek [zdroj autor]*

V následujících bodech ještě uvedeme několik metod, které slouží především pro návrh prostorového uspořádání buňkového typu.

### **Analýza toku produkce**

PFA (Production Flow Analysis) je metoda, která se využívá k analýze sledu jednotlivých kroků pracovního procesu a analýze pracovního postupu v daném oddělení. Potom jsou součástky s podobným nebo stejným pracovním postupem zaneseny do PFA matice, která vyjadřuje vztah stroj-součástka. Tak je zajištěno, že tok materiálu je optimalizován. Výsledek zpracování matice může být použit pro zformování jednotlivých buněk layoutu. Aby mohl být utvořen buňkový layout, musí být v PFA matici identifikovány podobné výrobní skupiny. Toho může být dosaženo přepsáním původní matice podle nového vzoru, který seskupuje součásti s podobným výrobním postupem a tak seskupit stroje do jednotlivých buněk.

### **Modified material flow (MMF)**

Podle [4] je zde velmi silná závislost mezi objemem materiálového toku a vzdálenosti jednotlivých pracovišť, takže pokud je tok mezi některými místy větší než jinde, měly by být umístěny blíže sebe. Tento přístup není v praxi vždy jednoduše realizovatelný, protože ne vždy jde umístit vše ideálně. Proto Djassemi [5] přichází s metodou MMF, která využívá pro tok materiálu většinou nevyužitý prostor pod stropem výrobní haly.



## **Metody založené na lineárním programování**

Metoda plánování layoutu, kterou zmiňuje například Khan [13] nebo Mungwattana [34], je založená na analýze materiálového toku. Z existujícího layoutu nebo z návrhu se vytvoří se from-to diagram a jeho analýza umožní odhalit problémy v směřování produktu během výrobního procesu. Vlastně se s jeho pomocí určují vztahy mezi jednotlivými stanovišti. Tato metoda patří mezi tzv. distribuční úlohy lineárního programování. Je to aplikace metod na řešení dopravního problému.

## **Systematic layout planning (SLP)**

Další metodou, kterou popisuje například Khan a Gwee [13] je systematické plánování layoutu SLP (Systematic Layout Planning). Tato metoda kombinuje relační diagram a A-E-I-O-U-X hodnocení (Absolutely necessary, Especially important, Important, Ordinary close, Unimportant and X for undesirable), které umožňuje rychle zobrazit důležitost blízkosti jednotlivých pracovišť nebo oddělení a důvod jejich spolupráce. Metoda je opět založena na principu, že místa s největším vzájemným vztahem musí ležet co nejbližší. Vyjádření vztahu však může být různé: Graficky sestavíme vzájemné umístění pracovišť (objektů) tak, aby pracoviště s nejsilnějšími vztahy (spojené čtyřmi čarami) byla co nejbližší a pracoviště s nežádoucím kontaktem co nejdále.

Použití těchto metod je však v praxi ve většině případů velice komplikované a proto nejsou tak hojně využívány. Nejčastěji využívanou metodou je Sankeyův diagram, který je svou jednoduchostí a názorností velice dobře aplikovatelný a je využíván i v softwarových nástrojích sloužících k zefektivnění výrobních systémů resp. prostorového uspořádání výrobních systémů. Tyto softwary (viz kapitola 5) však nejsou schopny navrhnout „optimální řešení“ daného výrobního systému. Slouží především ke znázornění výrobních procesů a výrobních prostor a jejich následnému vyhodnocování.

### 3 Navrhování produkčních systémů

Jak je zřejmé z provedených rešerší, je postup návrhu výrobních systémů resp. jejich prostorového uspořádání v základu u všech autorů stejný, jen s menšími rozdíly, které ale nemají podstatný vliv na finální podobu výrobního systému. Návrh je u jednotlivých autorů [7, 11, 12, 14, 16, 25, 26, 27, 38, 40, 46, 47] rozdělen velice podobně do několika fází, které v zásadě vycházejí z požadavků trhu a konstrukčně-technologického návrhu daného produktu. V dalších fázích se jednotliví autoři shodně zabývají výběrem vhodné technologie výroby a návrhem odpovídajících výrobních procesů s ohledem na typ výroby, který vychází z množství požadované produkce resp. požadavků trhu. Tyto informace jsou východiskem pro výběr vhodného prostorového uspořádání a v kombinaci s procesem výroby pro tvorbu variantních návrhů výrobních layoutů. V závěrečné fázi dochází na základě zvolených kritérií k výběru vhodné varianty a realizaci.

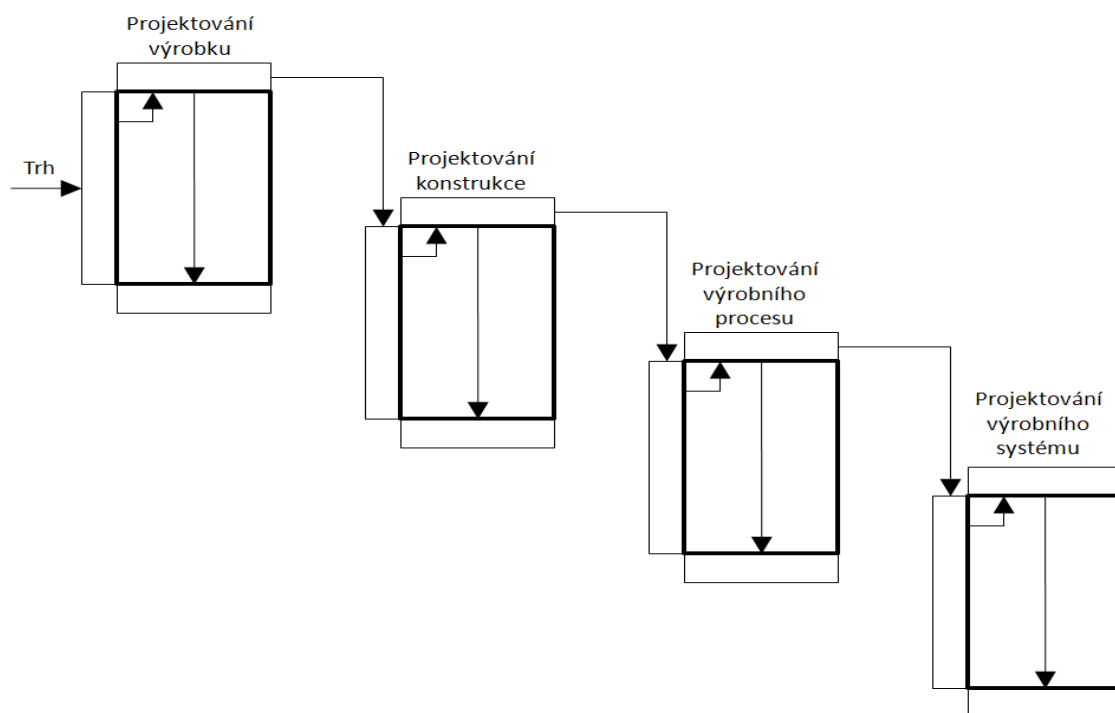
V této kapitole je na základě prostudovaných materiálů nastíněno několik způsobů návrhu produkčních systémů dle jednotlivých autorů.

V literatuře [7] uvádí autor Fiala sedm základních aktivit, které vedou k návrhu výrobních systémů:

- 1) **Prognózování**
- 2) **Návrh produktu**
- 3) **Návrh procesu**
- 4) **Plánování kapacit**
- 5) **Rozmístění zařízení**
- 6) **Prostorové uspořádání**
- 7) **Navrhování pracovních činností**

Jak autor uvádí, základními složkami produkčních systémů jsou produkt a proces. Tyto dvě složky se vzájemně ovlivňují a je nutno sladit navrhování produktu a procesu. Navrhování produkčních systémů obsahuje další aktivity, jako je plánování kapacit, rozmístění zařízení a navrhování pracovních činností. Všechny aktivity jsou ovlivněny prognózami vývoje systému a okolí.

Autoři Gregor, Košturiak a spol. [11] uvádějí návrh výrobního systému v těchto 4 fázích. Tyto fáze jsou znázorněné na *Obr. 3-1*.

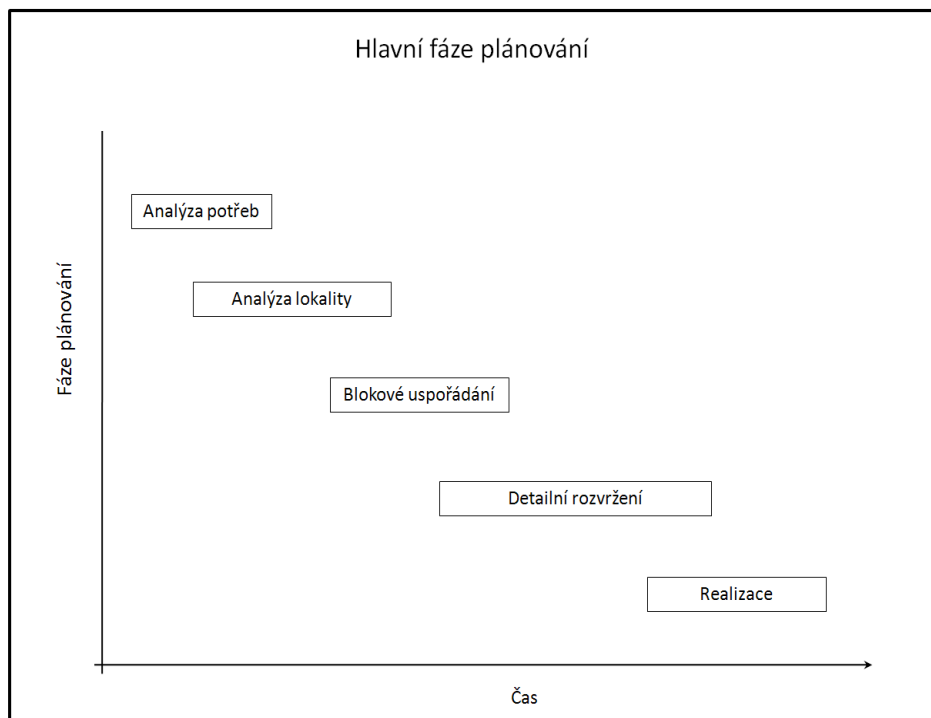


*Obr. 3-1 Fáze návrhu výrobního systému [11]*

Autor [40] Phillips, E., ve své knize „Manufacturing plant layout: fundamentals and fine points of optimum facility Design“ uvádí 5 základních fází tvorby prostorového uspořádání výrobního systému:

- 1) **Fáze - Analýza potřeb**
- 2) **Fáze - Analýza lokality**
- 3) **Fáze - Blokové uspořádání**
- 4) **Fáze - Detailní rozvržení**
- 5) **Fáze - Realizace**

Autor se v uvedené literatuře přímo nekoncentruje na část týkající se konstrukčně-technologického návrhu produktu, ale je intenzivně zaměřen na návrh prostorového uspořádání. Jednotlivé fáze jsou zaznamenány v závislosti na čase realizace jednotlivých fází na *Obr. 3-2*.



Obr. 3-2 Hlavní fáze plánování výrobních systémů [40]

V jiných zdrojích, např. [16], autor Hlavenka uvádí mezi fázemi 2 a 3 fázi další fázi, a to „generel závodu“. V této části pojednává o základním rozložení závodu.

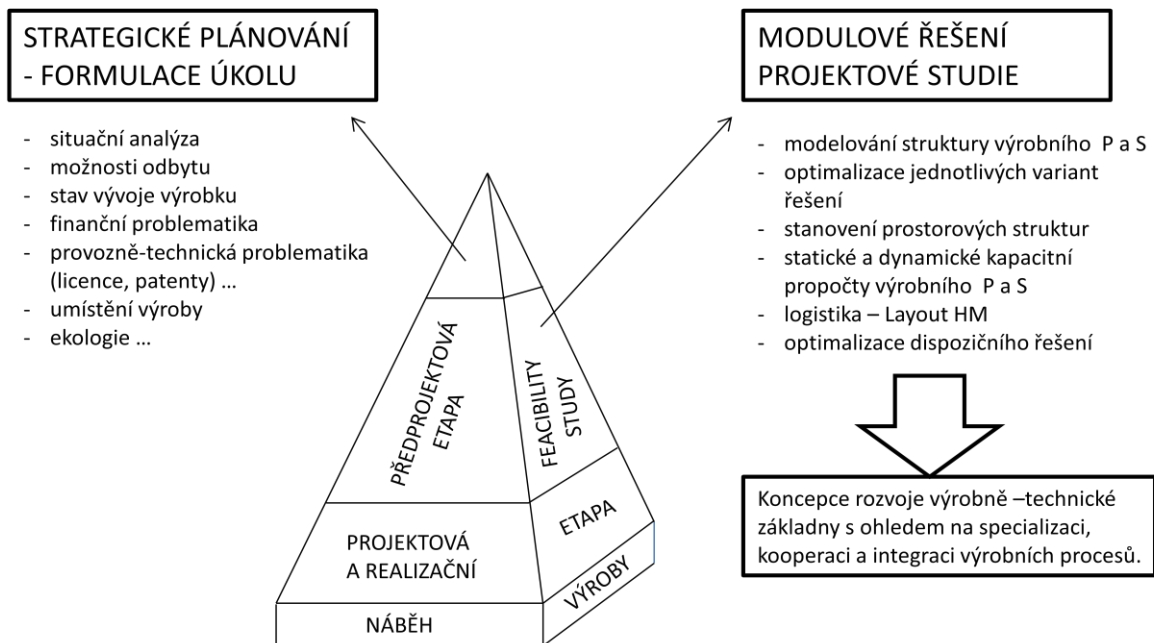
Jako nejkompexnější metodiku návrhu výrobního systému resp. výrobního layoutu lze na základě provedených rešerší považovat návrh prof. Zelenky uvedený v literatuře [25] „Projektování výrobních procesů a systémů“. Autor zde rozděluje činnost do dvou časově návazných, ale obsahově rozličných etap [25].

- 1) Etapa předprojektová, zaměřená především na otázky koncepce budoucího výrobního systému, tj. stanovení výchozích předpokladů rozvoje výrobně technické základny z hlediska systémového a komplexního přístupu.

V etapě předprojektové je nutné věnovat pozornost především otázkám:

- Konstruktivně-technologických koncepcí výrobků s ohledem na snižování materiálové, tvarové, energetické i nákladové náročnosti.
- Optimalizace struktur výrobních programů s ohledem na snižování sortimentu, především součástkové základny cestou konstruktivně-technologické standardizace, hospodárné specifikace a kooperace výroby.
- Perspektivy, stability výrobního programu a jeho proporcionality k výrobnímu profilu.
- Uplatňování progresivních technologií s ohledem na snižování pracnosti, materiálové a energetické náročnosti výroby.
- Základní koncepce a strategie z hlediska automatizace a integrace výroby, stanovení optimálních prostorových forem výrobních struktur, metod plánování a řízení výroby apod.
- Stanovení časových limitů pro realizaci stavby atd.

Podklady pro předprojektovou etapu můžeme především získat (podle rozsáhlosti akce) od útvary vrcholového managementu, který v rámci „strategického plánování“ analyzuje základní podmínky rozvoje a formuluje vstupní podmínky pro řešení technického projektu viz Obr. 3-3.



Obr. 3-3 Základní problémy strategického plánování [25]

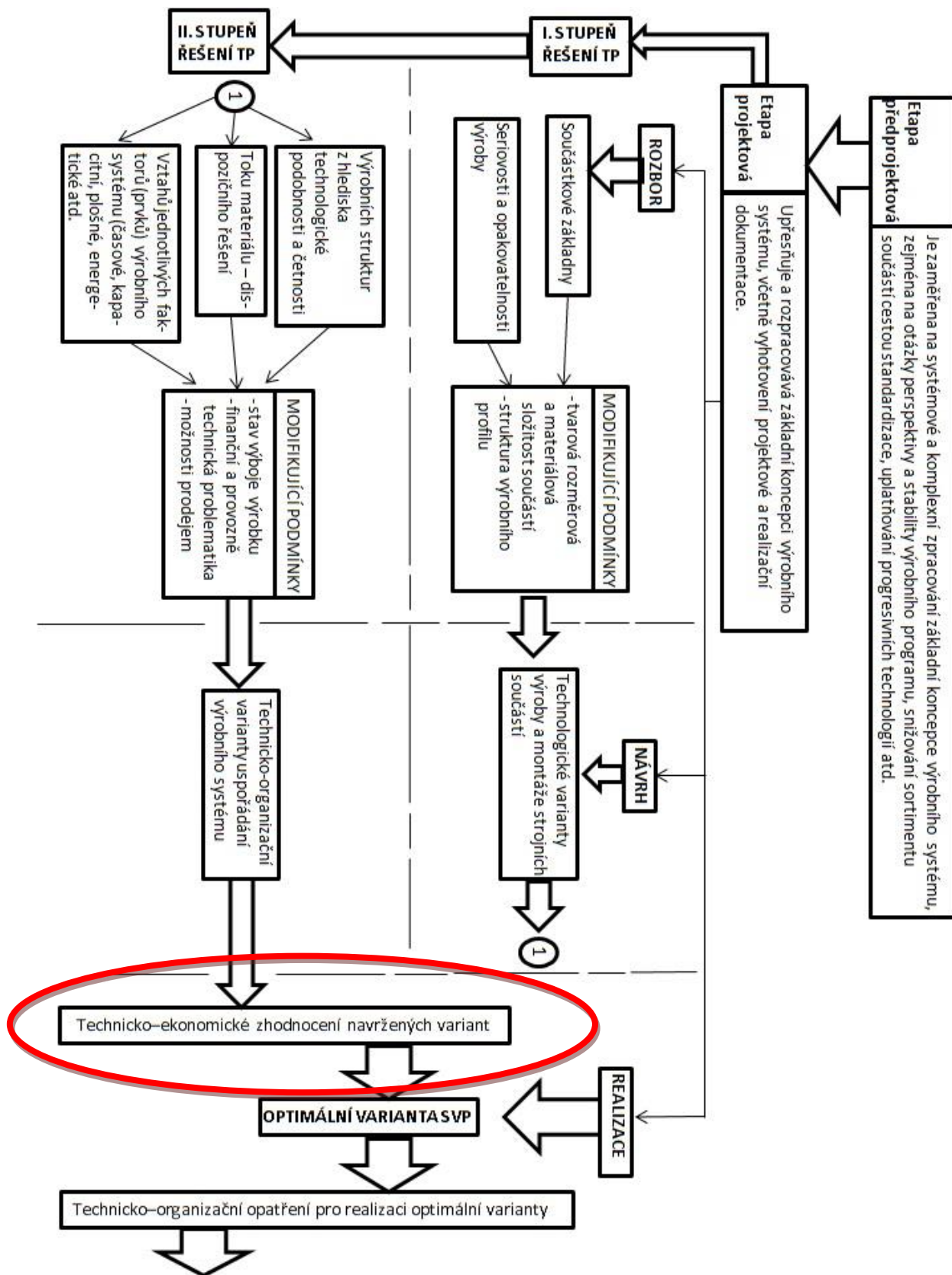
Výstupem z této etapy je jednoznačná formulace parametrů cílového řešení a stanovení optimálních způsobů jejich docílení v požadovaném množství, kvalitě a čase.

- 2) Etapa projektová a realizační, která v podstatě upřesňuje a rozpracovává základní koncepci výrobního systému včetně zpracování technické, projektové a realizační dokumentace.

Tato etapa je rozdělena do 3 částí (rozborová, návrhová, realizační) a 2 stupňů. Toto schéma je uvedeno na Obr. 3-4. Ze schématu je patrné, že:

- I. Stupeň projektové etapy se zaměřuje především na otázky konstrukčně-technologické, tj. analyzuje součástkovou základnu z hlediska tvarů, rozměrů, jakosti, sériovosti a opakovatelnosti výroby a vyhledává technicky přijatelné varianty technologií.
- II. Stupeň – upřesňuje a doplňuje řešení I. stupně se zaměřením na otázky technicko-organizačního charakteru, tj. na návrh specializačních, časových a prostorových struktur, materiálových a informačních toků, pracovního prostředí atd.

Výstupem projektové a realizační fáze je technická, projektová a realizační dokumentace pro realizaci výrobního systému a zahájení výroby [25].



Obr. 3-4 Rámcové schéma předprojektové a projektové etapy technologického projektování [25]

Na základě provedených rešerší bylo zjištěno, že jednotlivé fáze návrhu výrobního systému resp. výrobního layoutu jsou v obecném kontextu velice podobné a většina autorů uvádí jako základní kritérium ekonomické zhodnocení, to však je pouze zmíněno a postup ekonomického zhodnocení není v dostupné literatuře rozpracován. Jak bylo uvedeno za nejkompexnější metodiku návrhu výrobního systému resp. výrobního layoutu lze na základě provedených rešerší, považovat návrh výrobního systému uvedený v literatuře [25]. Ani tento přístup však nemá podrobněji zpracovanou část ekonomického hodnocení a právě na tuto oblast se chceme v práci zaměřit.

## 4 Stanovení výrobních nákladů

Aby bylo možné zpracovat metodiku do požadovaného tvaru, je důležité provázat popsané oblasti v předcházejících kapitolách s oblastí týkající se hospodárnosti výrobních systémů. Je nutné stanovit jakým způsobem je hospodárnost výrobního systému měřitelná, jaká jsou kritéria a jakým způsobem je možné hospodárnost měřit.

Vlastní náklady výroby lze považovat za rozhodující kritérium pro posouzení hospodárnosti výroby a za jeden z důležitých faktorů pro zajištění ekonomicky optimální výroby. Z tohoto důvodu má velký význam řízení nákladů. Podstata řízení spočívá v analýze všech procesů, v hodnocení jejich průběhu, ať již z hlediska kvality či času. Právě vhodné nastavení všech procesů ve výrobě se v konečném důsledku promítne ve výši celkových nákladů na výrobu. Řízení nákladů je vždy spojeno se snahou o jejich snižování. V této souvislosti hovoříme o optimalizaci nákladů tj. dosažení co možná nejnížší hodnoty nákladů při zachování zákazníkem požadované kvality a termínu realizace [23].

Vlastní náklady výroby lze definovat jako účelově zaměřenou spotřebu faktorů na vytvoření určitého výkonu ve výrobě.

### Kalkulace výrobních nákladů

Kalkulace, resp. kalkulační systém představují základní prostředek řízení nákladů v podniku. V nejobecnějším slova smyslu se kalkulací rozumí propočet nákladů, marže, zisku, ceny nebo jiné hodnotové veličiny na výrobek, práci nebo službu, na činnost nebo operaci, kterou je třeba v souvislosti s jejich uskutečněním provést, na podnikovou investiční akci nebo na jinak naturálně vyjádřenou jednotku výkonu. Nejčastěji využívanou formou kalkulací jsou propočty orientované na zjištění nebo stanovení nákladů na konkrétní výrobek, práci nebo službu, které jsou předmětem prodeje externím zákazníkům [24].

Pojem kalkulace se užívá ve třech základních významech [24]:

- jako činnost vedoucí ke zjištění či stanovení nákladů na výkon (kalkulační jednotici), který je přesně druhově, objemově a jakostně vymezen
- jako výsledek této činnosti
- jako vydělitelná část informačního systému

Účelem kalkulace je poskytování takových informací, které mohou manažeři využít zejména pro:

- tvorbu vnitropodnikových cen a oceňování výkonů jednotlivých útvarů podniku, nedokončených výrobků, polotovarů vlastní výroby a výrobků
- sestavování rozpočtů střediskových nákladů a výnosů
- měření zásluh střediska nebo jeho zodpovědnosti za náklady
- úvahy o výrobním a prodejním zaměření hospodářských aktivit podniku
- rozhodování o investičních záměrech (alternativní kalkulace)
- finanční řízení firmy v oblasti nákladů, výnosů, zisku a investičních rozpočtů
- srovnávání firem angažovaných v obdobných aktivitách



Předmětem kalkulace mohou být všechny druhy dílčích i finálních výkonů, které podnik vyrábí nebo provádí. V praxi se tato zásada často modifikuje s ohledem na rozsah prováděného sortimentu, složitost podnikatelského procesu i využitelnost kalkulací v řízení - v řadě podniků se tak kalkulují náklady pouze nejdůležitějších druhů výkonů nebo jejich skupin. Na druhou stranu však dochází i k rozšiřování rozsahu kalkulovaných výkonů, které je umožněno vzrůstající úrovni automatizace. Předmět kalkulace je vymezen kalkulačními jednotkami a kalkulovaným množstvím.

Kalkulační jednotka je konkrétní výkon, vymezený měrnou jednotkou a druhem, kalkulované množství zahrnuje určitý počet kalkulačních jednotek, pro něž se stanovují nebo zjišťují celkové náklady [24].

Podle použitelného způsobu kalkulace lze kalkulační systémy rozdělit na:

- **Kalkulace na bázi úplných nákladů**
- **Kalkulace na bázi neúplných nákladů**
- **ABC, Kalkulace podle činností**
- **Procesní nákladové účetnictví**
- **Cílová kvantifikace nákladů**

#### **4.1 Kalkulace na bázi úplných nákladů**

Jedním z měřítek efektivnosti podnikových procesů je výše nákladů, které musí být vynaloženy k tomu, aby podnik svými výkony uspokojil požadavky zákazníka. Celková výše nákladů na výkon je dána jak náklady, které vznikají ve výrobních procesech, tak náklady z ostatních podnikových procesů.

Kalkulace na bázi úplných nákladů je součástí systému řízení na bázi úplných nákladů. Jedná se o tradiční systém řízení nákladů, při kterém vycházíme z předpokladu, že náklady jsou vždy spojeny s výkony. Výkony pak lze charakterizovat jako výstupy z průmyslové činnosti podniku. Vlastní řízení nákladů je založeno na analýze a propočtech nákladů ve vztahu k výkonům za určité časové období.

Obecně lze kalkulační systém na bázi úplných nákladů charakterizovat následovně:

- 1) Vyčíslení se zde jednotlivé složky nákladů a jejich úhrn na kalkulační jednotici.
- 2) Vyčíslení ex ante (předběžné kalkulace).  
Vyčíslení ex post (výsledné kalkulace).
- 3) Jednotlivé položky nákladů jsou dány tzv. kalkulačním vzorcem.
- 4) Přímé náklady (položky kalk. vzorce) se zjišťuje přímo z účetní evidence či jiných dokladů na kalkulační jednotici.
- 5) Nepřímé náklady, které jsou společné pro více kalkulačních jednotek, se musí rozečíst na kalkulační jednotici vhodnými technikami kalkulace.

## Princip kalkulace

Jednotlivé položky nákladů jsou dle kalkulačního členění rozděleny na náklady přímé (jednicové) a náklady nepřímé (režijní). Jejich úhrn, stanovený dle zvoleného kalkulačního vzorce, pak představuje úplné náklady na kalkulační jednici. Za základní kalkulační vzorec pro kalkulaci na bázi úplných nákladů je považován tzv. typový kalkulační vzorec. Typový kalkulační vzorec obsahuje doporučené kalkulační položky při kalkulaci na bázi úplných nákladů. Není však jediným používaným vzorcem pro kalkulaci na bázi úplných nákladů. Jednotlivé průmyslové podniky často používají různé modifikace typového kalkulačního vzorce, které se odlišují v různém členění režijních (nepřímých) nákladů. Všechny tyto modifikace musí splňovat podmínku vyčíslení veškerých nákladů ve vztahu k jejich nositeli, tedy kalkulační jednici [22].

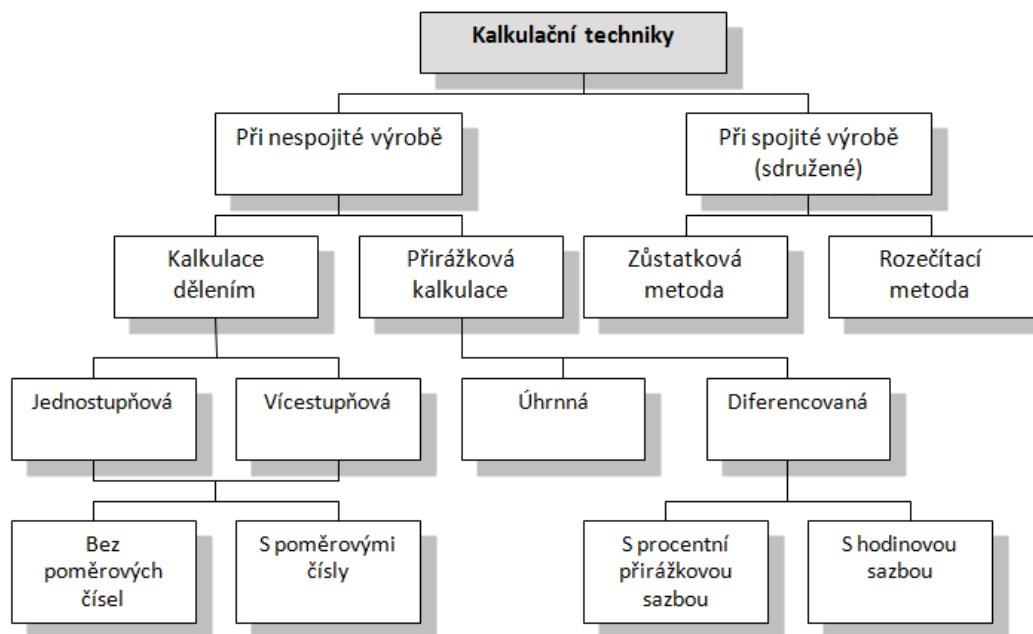
Doporučené kalkulační položky obsahuje **typový kalkulační vzorec**:

Přímý materiál
+ Přímé mzdy
+ Ostatní přímé náklady
+ Výrobní režie
<hr/>
= <b>Vlastní náklady výroby</b>
+ Správní režie
<hr/>
= <b>Vlastní náklady výkonu</b>
+ Odbytová režie
<hr/>
= <b>Úplné vlastní náklady</b>

Obr. 4-1 Typový kalkulační vzorec [22]

## Techniky kalkulace

Technikou kalkulace rozumíme způsob propočtu nepřímých (režijních) nákladů na kalkulační jednici. Rozpočet režijních nákladů se provádí podle zvolené techniky, která musí odpovídat předmětu činnosti podniku, typu a charakteru výroby, která v něm probíhá.



Obr. 4-2 Kalkulační techniky [22]

## 4.2 Kalkulace na bázi neúplných nákladů

Pod tímto pojmem jsou zahrnuty takové postupy propočtu nákladů, u nichž se nepřeučtovávají všechny náklady jednotce výkonu. V tomto případě klasifikujeme náklady podle z hlediska jejich chování ve vztahu ke **změněm objemu produkce** v příslušném časovém období. Z tohoto pohledu lze některé výrobní činitele považovat za neměnné a jiné za proměnné. To se pak odráží i v nákladech vznikajících při spotřebě těchto činitelů výroby.

**Variabilní náklady** jsou náklady, jejichž výše se mění v závislosti na změně objemu produkce. S rostoucím objemem produkce vždy rostou. Za variabilní náklady lze považovat náklady jednicové a proměnnou část nákladů režijních.

**Fixní náklady** jsou náklady nezávislé na změnách objemu produkce, tj. bezprostředně na ně nereagující. Jejich neměnnost je však pouze relativní, mění se v čase, a to zpravidla skokem, např. při změnách kapacity či výrobního programu. Fixní náklady tvoří převážná část nákladů režijních.

Při kalkulaci na bázi neúplných nákladů dochází k oddělení fixních a variabilních nákladů, neboť fixní náklady příčinně nesouvisejí s nositeli nákladů, ale s daným časovým obdobím. Ve vztahu k výkonům se sledují pouze náklady variabilní, zatímco fixní náklady se řídí a evidují jako celek ve vztahu ke všem produktům daného časového období. Fixní náklady je pak nutné uhradit z rozdílu mezi výnosy z prodeje výkonů daného období a variabilními náklady na tvorbu těchto výkonů. Tento rozdíl se nazývá **celkový příspěvek na úhradu fixních nákladů a zisku** (celkový příspěvek na úhradu).

U jednotlivých výrobků se pak nezjišťuje zisk (na ten se pohlíží jako na výsledek hospodářské činnosti podniku jako celku), ale **příspěvek na úhradu fixní režie a zisku** (příspěvek na úhradu), který se zjišťuje jako rozdíl prodejní ceny výrobku a jeho variabilních nákladů. Příspěvek na úhradu připadající na jeden výrobek je veličina stabilnější než zisk, protože se nemění se změnami vyráběného množství.

Při tomto způsobu kalkulace vznikají největší problémy při rozdělování celkových nákladů na náklady závislé a nezávislé na objemu produkce, což je důležité nejen pro kalkulaci samotnou, ale zejména pro plánování a řízení nákladů.

Protože praxe zpravidla neumí přesně vyjádřit variabilní náklady na výrobek, využívá zjednodušení, že za variabilní náklady považuje pouze náklady přímé. Nehovoříme pak o příspěvku na úhradu, ale o **hrubém rozpětí**.

Tržby
– Variabilní náklady
<hr/>
= <b>Příspěvek na úhradu</b>
– Fixní náklady
<hr/>
= <b>Hospodářský výsledek</b>

Obr. 4-3 Kalkulace na bázi neúplných nákladů [42]

Kalkulace na bázi neúplných nákladů vychází z neměnnosti fixních nákladů, tedy předpokládá krátkodobý časový horizont. Při změně fixních nákladů (např. nové investice) je třeba provést novou kalkulaci. Metodika kalkulace na bázi neúplných nákladů se využívá zejména v manažerském účetnictví, kde účelně doplňuje metodu bodu zvratu [42].

### 4.3 Kalkulace podle činností (ABC)

Na rozdíl od tradičních kalkulačních metod nevyužívá alokaci nákladů na kalkulační jednici (například výrobek) přes nákladová střediska, ale přes aktivity, které jsou pro tvorbu výkonů nezbytné.

Důvody, které vedly k tomuto posunu v přiřazování nákladů, lze nalézt ve změnách (vysoká diverzifikace výrobních portfolií, diferenciaci služeb, krátké životní cykly výrobků, rostoucí požadavky zákazníků na rozmanitost a kvalitu výrobků, růst síly dodavatelů i odběratelů), které provázejí podnikatelskou činnost. Kalkulace ABC se vrací ke vztahu příčina – následek. Opouští tradiční předpoklad, že příčinou vzniku nákladů je především objem (např. spotřeba času, hodnota materiálu). V popředí pozornosti kalkulací ABC je příčinná souvislost mezi náklady a nákladovými objekty, mezi tyto dvě kategorie ale vsouvá ještě jeden prvek a tím jsou činnosti (aktivity).

Základním smyslem kalkulace ABC je tedy co nejpřesněji vyjádřit vztah nákladů k příčině jejich vzniku, a to zejména v případě, kdy příčinou růstu nákladů není zvýšený objem prováděných finálních výkonů. Z metodického hlediska jde v podstatě o kalkulaci s úplnými náklady (absorpční metoda), kterou je možné kombinovat s neabsorpční.

Pokud pracujeme s modelem ABC, používáme pojmy, jako jsou procesy, činnosti, aktivity, zdroje, nákladové objekty.

**Aktivita** je prvkem procesu firmy. Je jí míněna činnost, kterou je nutné vykonat, aby mohl vzniknout nákladový objekt (obvykle výrobek). Jedná se například o výběr dodavatelů, uzavření smluv, objednání materiálu, přejímku materiálu, kontrolu kvality atd.

**Proces** je sledem aktivit. Hierarchicky lze procesy uspořádat jako hlavní (například vývoj, zásobování, výroba, prodej) a dílčí (například v rámci zásobování by to byly tvorba nákupní strategie, hodnocení a výběr dodavatelů, řízení dodavatelů, identifikace požadavků výroby, nákup materiálu, přejímka, realizace platby).

**Zdroje** jsou vstupem do modelu ABC. Jsou to tedy základní výrobní faktory, které vykonávají aktivity, při které jsou spotřebovávány a opotřebovávány a tím je vyvolán vznik nákladů.

**Nákladové objekty** jsou výstupem modelu ABC. Jedná se nejen o tradiční produkt, může jím být i zákazník, dodavatel, služba, distribuční cesta – tedy jakýkoli výstup, na který je potřeba alokovat náklady.

Postup vytváření modelu ABC je možné rozdělit do několika základních etap:

**První základní etapou** je identifikace aktivit a procesů, které v podniku probíhají.

**Druhou etapou** je identifikace zdrojů aktivit a přiřazení aktivit ke zdrojům. Zdroje – tedy nákladové druhy jsou seskupovány tak, jak se váží k vykonávaným aktivitám, kterými jsou spotřebovávány. Výsledkem této etapy je tedy klasifikace aktivit, která může být využita pro eliminaci aktivit neefektivních, hledání řešení, kdy aktivity s vysokými spotřebami zdrojů by mohly být nahrazeny aktivitami jinými.

**Následující etapa** by měla být zaměřena na definování nákladových objektů (tedy předmět alokace). Jimi jsou například produkty, zákazníci, výkony, služby, dodavatelé, segmenty trhu aj. či jakákoli jejich kombinace – existuje tedy velmi volná možnost tyto objekty definovat. Hlavní zásada však je, že nákladové objekty musí být příčinou toho, proč je nutné vykonávat aktivity, které tím spotřebovávají zdroje. Jako nákladový objekt má smysl sledovat jen to, co má bezprostřední efekt pro daný podnik.

**Závěrečnou etapou** je alokace procesních nákladů na nákladové objekty, je tedy provedeno ocenění nákladových objektů. Alokační proces probíhá pomocí tzv. cost driverů, které reprezentují příčinu toho, kolik z dané aktivity se spotřebuje na určitý nákladový objekt [60].

#### 4.4 Procesní nákladové účetnictví (PKR)

Jelikož metoda ABC vychází z obecně používaných praktik řízení a propočtu nákladů v USA, které vykazují určité odlišnosti od přístupů využívaných v evropských zemích, byla odvozena Horváthem a Mayerem [37] tzv. **německá metodika** procesního řízení a propočtu nákladů – Prozesskostenrechnung (PKR).

Hlavní odlišnosti obou metodik spočívají v následujícím:

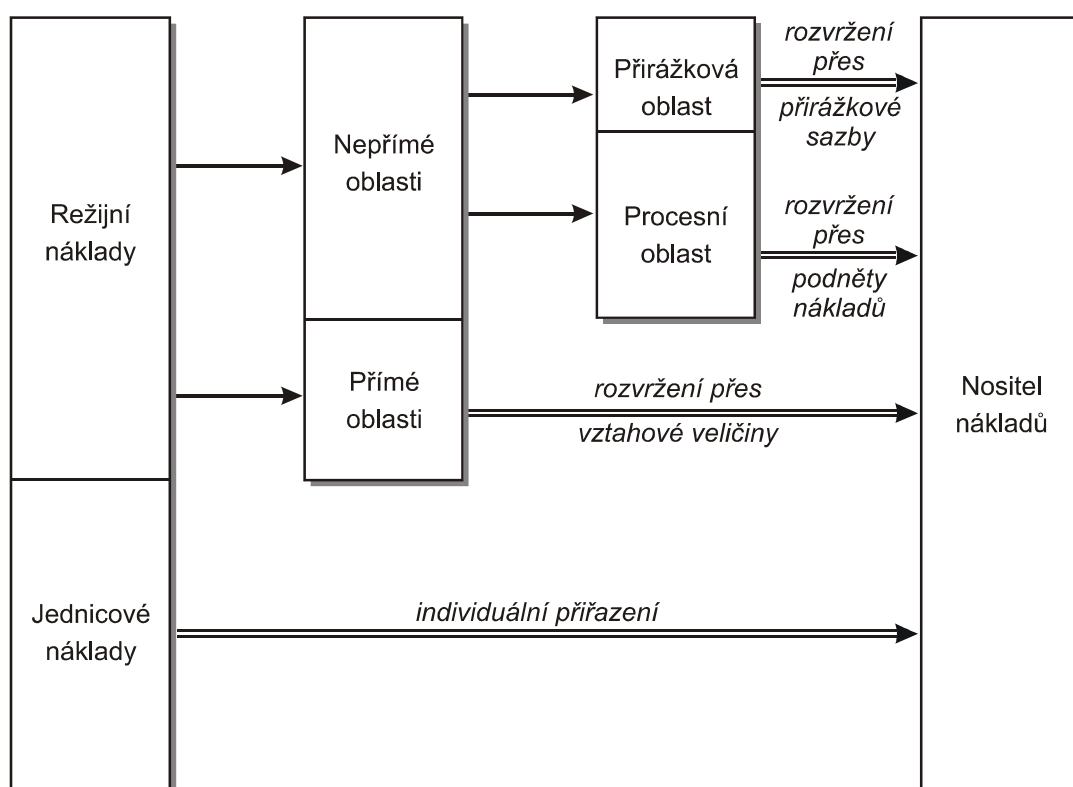
- 1) ABC vychází ze všech účtovaných nákladů a pokouší se do propočtu zahrnout všechny oblasti podniku. Německá verze považuje za základ náklady v oblastech nepřímých výkonů.
- 2) ABC nezná na bázi procesů dělení společných nákladů do nákladových druhů. Německá metodika člení procesy a jejich náklady na výkonově vyvolané (lmi – procesy) a výkonově neutrální (lmn – procesy).
- 3) ABC nevychází z nákladů nákladových míst, zatímco německá verze ano.

- 4) ABC shrnuje nalezené aktivity do homogenních funkcí společných nákladů, v německé verzi se spojují aktivity do hlavních procesů přes procesy dílčí.

Z tohoto pohledu na nákladové propočty vyplývá, že je nutné nejprve stanovit, pro které výkony podniku je vhodné využít procesní propočet nákladů. Ukazuje se, že procesní propočty nákladů mají velký význam v oblasti nepřímých výkonů, a to u opakovaných výkonů v nevýrobních činnostech podniku. Tyto činnosti jsou charakteristické tím, že v nich vznikají společné (režijní) náklady, jejichž rozdělení na přímé výkony (kalkulační jednice) je obvyklými technikami poměrně nepřesné. Prostřednictvím procesních propočetů nákladů lze zvýšit nejen transparentnost propočetů v této oblasti, ale i zpřesnit kalkulace nákladů na finální produkty.

Vlastním nástrojem ke kalkulaci nákladů na výrobek s využitím metody PKR je procesně orientovaná výrobová kalkulace.

**Procesně orientovaná výrobová kalkulace** omezuje rozvrhování režijních nákladů na nositele nákladů přes procesy jen na oblast nepřímých výkonů s procesně závislými činnostmi. V tomto případě výrobová kalkulace přes procesní náklady tvoří jen část rozvrhové metodiky režijních nákladů ve výrobové kalkulaci. Princip této kalkulace vyjadřuje Obr. 4-4.



Obr. 4-4 Princip kalkulace nákladů podle způsobu rozvržení na nositele nákladů [37]

Procesní propočty nákladů dle metody PKR mají dvouступňovou hierarchii. To znamená, že každé nákladové místo se dělí do dílčích procesů, dílčí procesy se pak sdružují do procesů hlavních.

Procesní propoččet nákladů probíhá v několika návazných krocích:

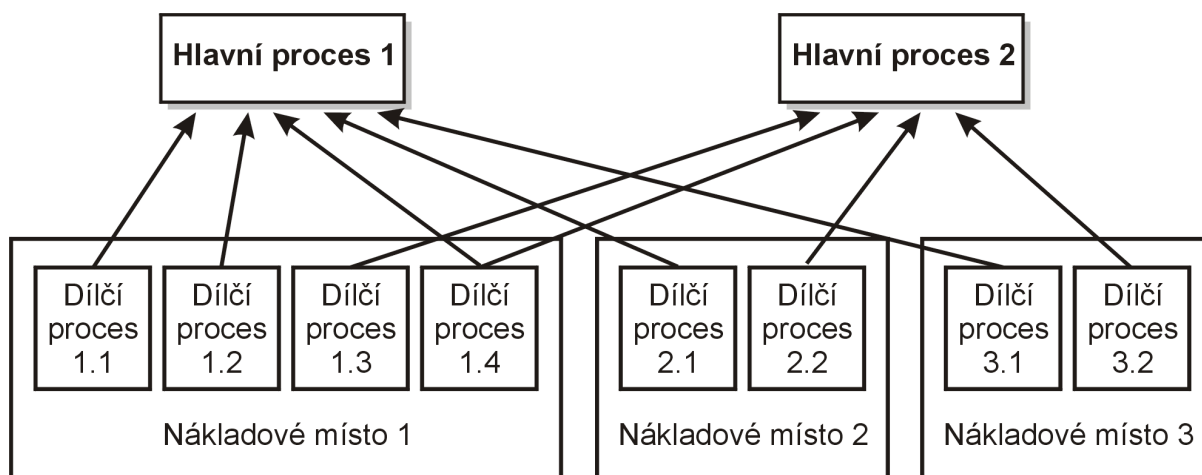
Nejprve na základě analýzy činností se stanoví dílčí procesy na úrovni nákladových míst.

Paralelně k tomu probíhá zjišťování procesních veličin a příslušných procesních množství. Analýza dokumentů obsahujících statistické údaje o opakovaných nevýrobních činnostech podniku jako je např. zásobování, manipulace apod. je zdrojem dat pro stanovení procesního množství. Právě pro tyto oblasti je pak možné zjištění procesních veličin dílčích procesů a jejich kvantifikace.

Dále je nutné stanovit věcnou příslušnost dílčích procesů k hlavním, přičemž je třeba si uvědomit, že dílčí procesy je možné přiřadit k jednomu či více procesům hlavním.

Pro každý dílčí proces se stanoví náklady a nákladové sazby. Nákladové sazby dílčích procesů udávají (plánované) náklady pro jediné provedení lmi - procesu. Slouží nejen ekonomickému posouzení výkonu nákladového místa, ale též jako účtovací sazba pro hlavní procesy.

Posledním krokem v procesním propočtu nákladů je sumarizace dílčích procesů k procesům hlavním, přičemž je určující věcná příslušnost. Tvorba hlavních procesů přesahuje jednotlivá nákladová místa a nepožaduje se identita podnětu nákladů.



Obr. 4-5 Přiřazení dílčích procesů k hlavním [37]

V rámci této sumarizace pak probíhá zúčtování nákladů na příslušný hlavní proces. Dílčí procesy se přiřazují k hlavním procesům se svým podílem nákladů. Součtem těchto podílů nákladů vznikají náklady hlavního procesu a na základě stanoveného procesního množství vyvolaného příslušným podnětem nákladů, se určí nákladová sazba. Podněty nákladů hlavních procesů jsou např. počet zpracovaných zakázek, počet změn výrobků či počet vyexpedovaných zakázek [37].

## 4.5 Target costing

Jedním z moderních přístupů k řízení nákladů v oblasti vývoje a konstrukce nového produktu je **cílové řízení nákladů- Target Costing**. Jediné náklady, které jsou při tomto způsobu řízení nákladů považovány za relevantní, jsou náklady akceptované trhem.

Princip tohoto přístupu k řízení nákladů vychází z poznatku, že každý produkt je charakterizován určitými **náklady**, které vyjadřují spotřebu jednotlivých zdrojů

vynaložených na jeho vývoj, výrobu, distribuci a likvidaci a určitým **užitkem**, který je vyjádřen stupněm uspokojení zákazníka. Vlastní řízení nákladů spočívá ve srovnávání nákladů a užitku produktu a dosahování takové výše nákladů, která odpovídá užitku produktu požadovanému zákazníkem. To vyžaduje úzké propojení s oblastí marketingu, neboť právě v této oblasti se provádí průzkum požadavků zákazníka a hodnocení přínosů jednotlivých funkcí.

Pro každý produkt existuje na trhu realizovatelná cena, tj. cena, kterou je zákazník ochoten zaplatit za produkt, který mu přinese požadovaný užitek. Tato cena je pak východiskem cílového řízení nákladů, z níž po odečtení požadovaného zisku, získáme výši **cílových nákladů**, tj. nákladů, které nesmí být překročeny. Koncepce nového produktu pak musí odpovídat jak požadovanému užitku, tak realizovatelné ceně. Řízení nákladů tedy začíná již ve vývojové a konstrukční fázi životního cyklu produktu, které musí být provázeny kalkulací nákladů.

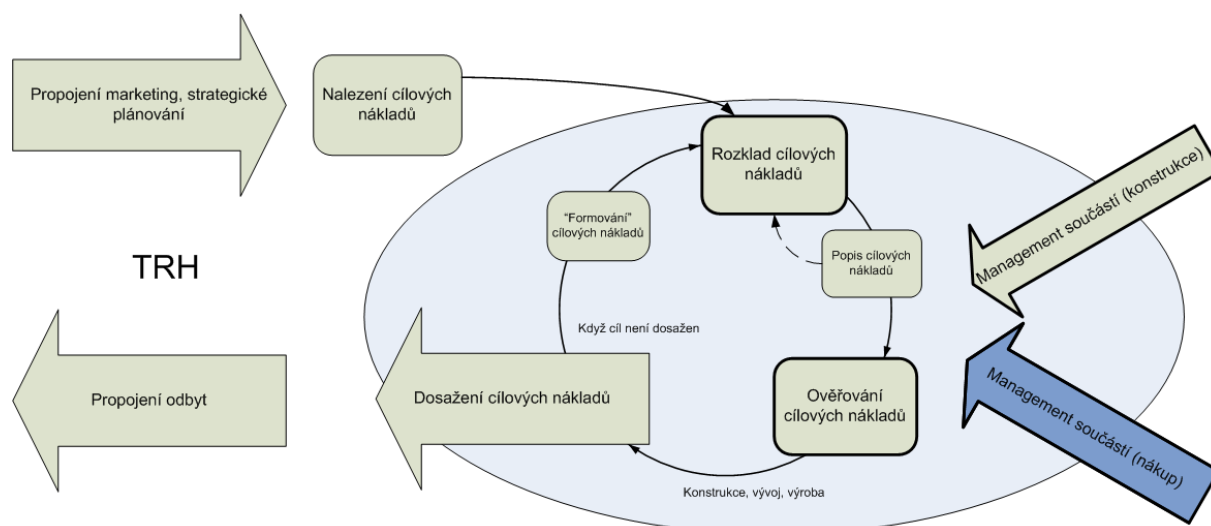
**Primární úlohou** cílového řízení nákladů je podpora predikce nákladů ve vztahu k výkonům podniku jak ve formě produktů, tak jejich částí, kterými jsou např. montážní skupiny, komponenty a díly. Při této predikci je důležité přihlížet k užitku pro zákazníka.

Výpočet nákladů se odvíjí od hodnoty přiřazené zákazníkovi jednotlivým komponentám produktu v rámci hodnocení užítosti. Tato hodnota představuje *horní hranici (Target)* pro náklady, které smí být vyvolány prostřednictvím zajištění jednotlivých funkcí produktu.

**Předpoklady** pro úspěšný management cílových nákladů jsou následující [37]:

- exaktní znalosti o trhu,
- transparentní struktura nákladů,
- provázanost dodavatelů,
- cílová finanční data.

System řízení na bázi cílových nákladů (Target Costing) je znázorněn na Obr. 4-6:



Obr. 4-6 System řízení na bázi cílových nákladů (Target Costing) [6]

Jak již bylo výše uvedeno, Target Costing představuje účinný nástroj řízení nákladů produktu v rámci jeho životního cyklu, zejména v předvýrobních etapách. Výsledkem jeho použití by měl být takový návrh produktu, který odpovídá požadavkům zákazníků a jehož



náklady jsou akceptované trhem, tj. při tržně realizovatelné ceně zajistí podniku požadovaný zisk [6].

Pro stanovení vlastních výrobních nákladů budeme využívat kalkulaci na bázi úplných nákladů, neboť potřebujeme zachytit veškeré náklady, které ve výrobě vznikly.

Výše těchto nákladů pak charakterizuje hospodárnost či nehospodárnost daného výrobního procesu, neboť tyto náklady obsahují jak náklady na technologické procesy, tak i náklady na netechnologické procesy.

Zejména náklady netechnologických procesů jsou ovlivňovány uspořádáním výrobního systému resp. výrobním layoutem.

## 5 Softwarové nástroje pro tvorbu prostorového uspořádání

Pro vlastní návrh výrobních systémů, resp. výrobních layoutů, a jejich grafického vyjádření existuje v současné době řada softwarů. Tyto softwarové nástroje lze rozdělit do dvou základních skupin.

První skupinu tvoří softwary sloužící ke kompletní reprezentaci reálné výroby, které zobrazují výrobní procesy ve virtuálním prostředí. Jedná se o koncepci tzv. digitálních podniků. Tento typ softwarů se používá především k procesnímu plánování, simulaci a optimalizaci výrobních procesů složitých produktů (automobily, vlaky, letadla, lodě...), nebo produktů, u kterých je nemožné nebo velice nákladné vytvořit model prototypu (jaderná energetika atd.). Pomocí softwarových nástrojů digitálního podniku je také možné plánovat a řídit životní cyklus produktu. Ve své podstatě tento koncept (digitálního podniku) řadí celý výrobní podnik do kategorie velmi komplexních produktů s dlouhou životností, jež se v krátkém časovém intervalu musí postarat o optimální inovaci svých výrobků, s ohledem na reakce trhu [51].

Druhou skupinu tvoří softwary, které slouží především ke grafickému znázornění prostorového uspořádání výrobního systému, resp. výrobního layoutu, s možností znázornění materiálových toků. Tyto nástroje nemají funkce simulace procesů, procesního plánování a ani nejsou schopny vyčíslit náklady spojené s výrobním procesem.

Zde je stručné shrnutí vybraných softwarových nástrojů:

### Dassault systémes

- Delmia - slouží pro sestavování layoutu, pro ergonomické analýzy, normování a taktování časů jednotlivých procesů, tvorbě technologických postupů, robotické simulace, apod.

### Siemens PLM Software

- *Process Designer* – slouží pro sestavování layoutu, normování, tvorbě kusovníků a technologických postupů.
- *Proces Simulate* – sestavování layoutu, ověřování procesů, ergonomické analýzy, robotické simulace apod.
- *FactoryCad* – sestavování layoutů, parametrické modelování objektů

### Plavis GmbH

- *visTable* – slouží pro sestavování layoutů, materiálových toků (zakreslení, vyhodnocení), přezkoušení a dodržení minimálních vzdáleností

### Autodesk

- *Autocad* – vytváření 2D layoutů,
- *Factory design suite* – vytváření 3D layoutů

Jednotlivé softwary byly podrobně prostudovány a zhodnoceny. V rámci této disertační práce však není nutné je uvádět. Podrobný rozbor a zhodnocení jednotlivých softwarových nástrojů je uveden v citované literatuře disertační práci Ing. Kleknera Ph.D. [20]. Součástí této disertační práce by však mělo být posouzení zástupců jednotlivých skupin.

Za představitele těchto skupin lze na jedné straně považovat Siemens PLM Software a na straně druhé software visTable od firmy Plavis GmbH. Tyto softwarové nástroje byly na základě přesně vydefinovaných kritérií posouzeny na katedře průmyslového inženýrství a managementu na ZČU v Plzni v rámci bakalářské práce s názvem „Porovnání softwarových nástrojů pro tvorbu layoutu“ studenta Davida Šuláka [45].

Autor ve své práci uvádí, že přestože jsou oba softwarové nástroje vhodné pro tvorbu výrobního layoutu, který dokážou oba softwary po vizuální stránce vytvořit téměř totožně, jejich vedlejší a doplňkové funkce se značně liší. Nelze tedy jednoznačně určit, který z oněch softwarů je lepší či horší, protože jejich pole působnosti je velmi rozdílné. To vychází především z konceptu obou programů. Zatímco visTable je samostatný software, od relativně malé společnosti Plavis GmbH, zaměřující se především na využití ploch a zobrazení materiálových toků, Tecnomatix Process Designer je pouze segmentem z mnohem většího uskupení od společnosti Siemens, zabývajícím se řízením životního cyklu produktu. Proto do něj lze zadávat daleko větší množství dat, které následně mezi sebou jednotlivé softwary sdílejí. Process Designer je tedy vhodný pro opravdu velké a silné podniky, zabývající se sériovou, linkovou či vysoce náročnou výrobou. Pro jiné podniky nabízí tento produkt funkce, které by ani nemusely využít, a to za poměrně vysokou cenu. Naproti tomu visTable se hodí pro všechny typy výroby a cenově je daleko dostupnější. Nenabízí sice tolik funkcí jako Process Designer, jeho použití při plánování materiálových toků je však velmi nápomocné.

Následující tabulka obsahuje souhrnný seznam již zmíněných vlastností a funkcí obou softwarových nástrojů v přehledné formě, přičemž rozdělujeme funkce na vizuální, funkční a ostatní.

Vlastnosti / funkce		Process Designer	VisTable
Vizuální	3D zobrazení výrobního layoutu	✓	✓
	2D zobrazení výrobního layoutu	✗	✓
	2D schéma výrobního layoutu	✓	✗
	Otevřené knihovny zdrojů	✓	✓
	Základní knihovny zdrojů	✗	✓
Funkční	Výrobní časy	✓	✗
	Přepavní časy	✓	✗
	MTM metody	✓	✗
	Požizovací náklady zdrojů	✓	✗
	Náklady na operace	✓	✗
	Materiálové toky	✗	✓
	Přepavní vzdálenost	✗	✓
	Členění výrobních ploch	✗	✓
	Progrese u polotovaru	✓	✗
	Kontrola kolizí	✓	✓
Ostatní	Intuitivní ovládání	✗	✓
	Stabilní systém	✓	✗
	Nízké hardwarové požadavky	✗	✓
	Nízké pořizovací náklady na software	✗	✓
	Možnost uživatelského členění výstupů	✓	✗
	Možnost vytvořit makra	✓	✗

Tab. 5-1 Porovnání vlastností a funkcí softwarových nástrojů process Designer a VisTable [45]

Software Tecnomatix Process Designer má velké spektrum vlastností a funkcí včetně částečného ekonomického hodnocení. Pomocí těchto funkcí je možné vytvořit komplexní model výrobního systému a zhodnotit ho, neřeší však materiálový tok, který je pro malé a střední podniky ve fázi návrhu výrobního layoutu velice podstatný. Tento software je také z hlediska pořizovací ceny velice náročný a pro využití těmito podniky nedostupný a většina funkcí tohoto softwaru by nebyla dostatečně využita.

Na druhé straně hodnocení stojí software visTable, který je svou cenou již mnohem dostupnější, což je ale způsobeno mnohem omezenějším spektrem funkcí daného softwaru. VisTable slouží především ke grafickému znázornění výrobního layoutu společně s vyhodnocením materiálového toku, tento software však postrádá ekonomické hodnocení. Malé a střední výrobní podniky však do těchto softwarů, i přes možnost využití jednotlivých funkcí, které vedou k efektivnímu nastavení výrobního systému resp. výrobního layoutu, nechtějí investovat, a tedy tyto softwary nevyužívají.

Většina těchto podniků však využívá pro práci např. konstruktérů softwarové produkty CAD, které lze využít i jako nástroj pro tvorbu výrobních layoutů. Tento software však nemá žádnou jinou funkci, než grafické 2D (v některých případech i 3D) znázornění. Materiálové toky tak musí být zpracovány pomocí I-D diagramů například v Microsoft Excel a ekonomické hodnocení jednotlivých variant tak musí být provedeno také samostatně.

## 6 Shrnutí poznatků

Na základě prostudované literatury bylo zjištěno, že většina autorů zakončuje projekt návrhu výrobního systému resp. výrobního layoutu technicko-ekonomickým hodnocením, které se týká výběru vhodné varianty na základě technických a ekonomických charakteristik. V žádné z prostudované literatury nebyla nalezena spojitost mezi návrhem prostorového uspořádání a hospodárností výroby. Nejkomplexněji je zpracován postup návrhu profesorem Zelenkou v citované literatuře „Projektování výrobních procesů a systémů“ [25], kde se autor zaměřuje zejména na vlastní proces projektování a jeho metody. Jako součást celého procesu uvádí také ekonomicko-technické zhodnocení navržených variant, které probíhá na základě technických a ekonomických kritérií, avšak není v dané literatuře rozpracováno. V této literatuře je dále uvedeno schéma s názvem „Rámcovém schéma předprojektové a projektové etapy technologického projektování“, které lze považovat za jedno z možných východisek pro tvorbu metodiky s názvem „Návrh výrobního layoutu a ohledem na hospodárnost výrobního systému“ řešené v rámci této disertační práce.

Po prostudování dostupných zdrojů týkajících se návrhu výrobního systému, resp. prostorového uspořádání výrobního systému, jsem dospěl k závěru, že návrh prostorového uspořádání výrobního systému je ovlivněn dvěma oblastmi.

První oblast se týká velikosti sortimentu a počtu vyráběných kusů daného sortimentu. Tyto dva ukazatele rozhodují o tom, o jaký **typ výroby** se bude jednat, zdali o kusovou, sériovou či hromadnou výrobu. Na základě informace o jaký typ výroby se jedná, je možné koncipovat hrubý návrh prostorového uspořádání výrobního systému. Jak je patrné z kap. 1.4, při kusové výrobě bude nejvýhodnější použít technologické uspořádání, při sériové výrobě kombinaci technologického a předmětného (buňkového) uspořádání a při hromadné výrobě předmětné uspořádání. Typ výroby a zvolený typ prostorového uspořádání nám určují některé netechnologické operace, které jsou pro daný typ výroby a prostorového uspořádání specifické. Ostatní netechnologické operace souvisí s volbou výrobní technologie resp. technologickými operacemi.

Druhou oblastí, která má významný vliv na návrh výrobního systému, resp. prostorového uspořádání výrobního systému, je **konstrukčně-technologický návrh produktu**. Na základě požadavků zákazníka resp. trhu je navržen daný produkt. Ten musí splňovat kritéria jako jsou: materiál, tvarová a rozměrová přesnost, funkčnost, spolehlivost atd. Dalším krokem je návrh technologie výroby či montáže. V této fázi dochází k výběru strojů, zařízení a nástrojů a k návrhu technologických a netechnologických operací. Tato fáze má na celý výrobní systém velice významný vliv.

Výsledného efektu v podobě finálního produktu lze dosáhnout řadou různých způsobů výroby. Každá technologie výroby má své specifické technologické operace, které určují kvalitu produktu, průběžnou dobu výroby, náklady na tyto technologické operace atd. To vede v důsledku k tomu, že pro výrobu daného produktu existují variantní technologické postupy.

Z těchto variant by měla být vybrána taková, která povede k efektivnímu nastavení celého systému, tedy taková, která bude splňovat technologické podmínky v synergii s požadavky prostorového uspořádání daného výrobního systému. Chceme-li výrobní systém navrhnout tak, aby byl co nejefektivnější a mohl konkurovat ostatním konkurenčním výrobním systémům, musíme vybrat vhodnou kombinaci všech technologií využívaných v daném systému.

Některé výrobní systémy jsou navrženy tak, aby použité technologie výroby zajišťovaly co „nejnižší“ výrobní technologické náklady, ale již neuvažují silný vliv výrobních netechnologických nákladů, jejíž součástí jsou náklady související s prostorovým uspořádáním výrobního systému, resp. nákladů na netechnologické operace. Tyto výrobní technologie však mohou i přes své nízké technologické náklady znamenat vysoké výrobní náklady vlivem nákladů na netechnologické operace (náklady spojené s layoutem). Návrh výrobního systému musí být tedy prováděn nejen s ohledem na co nejnižší náklady na technologii výroby, ale musí uvažovat i volbu technologie s ohledem na prostorové uspořádání a musí splňovat i ostatní kritéria specifická pro efektivní výrobní systém.

Nedílnou součástí změny technologie výroby a zdrojů zajišťujících proces výroby je nutnost splnění požadavků na vlastnosti produktu. Pokud by došlo ke změně vlastností produktu, je nutné ověřit, zdali dané změny produktu neovlivní jeho aplikovatelnost. Pokud ano, je nutné provést změnu technologie tak, aby byly splněny všechny požadavky.

Jak je zřejmé z předchozího shrnutí, chceme-li dosáhnout efektivního a hospodárného nastavení výrobního systému s ohledem na prostorové uspořádání, je nutné vytvářet prostorové uspořádání s ohledem na výše uvedené oblasti.

## 7 Cíle disertační práce

Po prostudování literatury dané problematiky byly stanoveny tyto teze:

- Konstrukčně-technologický návrh výrobku ovlivňuje volbu strojů a zařízení
- Typ výroby ovlivňuje prostorové uspořádání
- Výrobní náklady souvisí s prostorovým uspořádáním výrobního systému

V prostudované literatuře nebyla nalezena komplexní metodika, která by popisovala celý proces návrhu výrobního systému resp. layoutu od konstrukčně-technologického návrhu produktu až po vyhodnocení z hlediska hospodárnosti. Neexistuje tedy ucelená metodika, která by sloužila k efektivnímu návrhu výrobního layoutu a zajišťovala tím hospodárnou výrobu z hlediska nejvhodnějších materiálových toků při zajištění kapacitních a časových požadavků. Neexistuje tedy metodika, která by v sobě propojovala návrh výrobního layoutu a kalkulaci technologických a netechnologických nákladů ve vazbě na konstrukčně-technologický návrh výrobku.

Cílem této disertační práce je vytvořit *metodiku návrhu výrobního layoutu s ohledem na hospodárnost výrobního systému*.

Východiskem pro návrh metodiky bylo „Rámcové schéma předprojektové a projektové etapy technologického projektování“ uvedené v literatuře [19] „Projektování výrobních procesů a systémů“ a citované v této disertační práci na straně 37. Tato disertační práce tedy není zaměřena na vytvoření nových metod sloužících k projektování, ale vytvoření určitých metodických kroků, které by měly být dodrženy při změnách prostorového uspořádání výrobního systému vyvolaných různými podněty s důrazem na vlastní hodnocení hospodárnosti.

Aby bylo možné dosáhnout požadovaného cíle disertační práce, je nutné splnit několik dílčích cílů a vhodně stanovit strukturu a postup práce. Jednotlivé dílčí cíle představují i postupné kroky, které je třeba vykonat k naplnění celkového cíle disertační práce.

1. Rozdělit proces projektování na fázi přípravnou, prováděcí a hodnotící
2. Vydefinovat obsah jednotlivých fází z hlediska navrhované metodiky
3. V prováděcí části posoudit vztahy mezi podněty změn ve výrobě (změna výrobního portfolia, změna technologie, atd.) a změnami výrobního systému
4. Vydefinovat nové materiálové toky
5. V hodnotící fázi sestavit kritériální funkci jako měřítko hospodárnosti
6. Posoudit nákladovost výrobního layoutu z hlediska materiálových toků (dle kritériální funkce)
7. Zpracovat metodiku pro výběr nejvhodnějšího prostorového uspořádání výrobního systému z hlediska hospodárnosti
8. Verifikace

Předpokládané přínosy navrhované metodiky:

- Snížení nákladů na netechnologické operace
- Transparentnost režijních nákladů ve výrobě
- Zvýšení konkurenceschopnosti výrobního podniku

**Hypotézy:**

- Změna prostorového uspořádání výrobních systémů obvykle vede ke změně nákladů na výrobu daného produktu
- Volba strojů a zařízení ovlivňuje prostorové uspořádání výrobního systému a tím i náklady na výrobu daného produktu



## 8 Použité vědecké metody

Znalost obecných vědeckých metod je předpokladem pro vědeckou práci v každém vědním oboru. Tyto metody neslouží jen k určitému vymezenému účelu, což umožňuje jejich využití i v souvislosti s problematikou řešenou v této disertační práci. Nejpoužívanějšími obecnými vědeckými metodami dle prof. Molnára [57] jsou následující.

Metody vědecké práce můžeme rozdělit do dvou skupin:

**A) Metody empirické**, které jsou založeny na bezprostředním živém obrazu reality. Do těchto metod se zahrnují takové metody, v nichž se odraz jevů uskutečňuje prostřednictvím smyslových počitků a vjemů zdokonalovaných úrovní techniky. Jedná se tedy o metody, kterými 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 na:

- pozorování
- měření
- experimentování

**B) Metody logické**, které zahrnují množinu metod využívajících principy logiky a logického myšlení. Patří k nim trojice „párových metod“

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

V další části jsou uvedeny základní logické metody vědecké práce, které se samozřejmě v praxi konkrétního vědeckého výzkumu vzájemně doplňují, kombinují a samozřejmě se ve svém účinku překrývají a tím vytvářejí i určitou synergii. V práci byly použity základní obecné metody:

**Abstrakce** je 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 otázky, které si klademe.

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

**Analýza** je proces faktického nebo myšlenkového rozčlenění celku (jevu, objektu) na části. Je to rozbor vlastností, vztahů, faktů postupující od celku k částem. Analýza umožňuje odhalovat různé stránky a vlastnosti jevů a procesů, jejich stavbu, vyčleňovat etapy, rozporné tendence apod. Analýza umožňuje oddělit podstatné od nepodstatného, odlišit trvalé vztahy od nahodilých.

**Syntéza** znamená postupovat od části k celku. Dovoluje poznávat objekt jako jediný celek. Je to spojování poznatků získaných analytickým přístupem. Syntéza tvoří základ pro správná rozhodnutí.

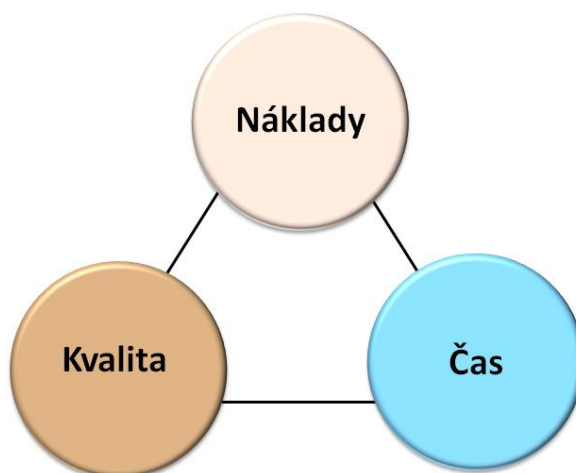
**Indukce** je proces vyvozování obecného závěru na základě poznatků o jednotlivostech. Indukce zajišťuje přechod od jednotlivých soudů k obecným. Induktivní závěr lze považovat za hypotézu, protože nabízí vysvětlení, i když těchto vysvětlení může být v praxi více. Závěry induktivních myšlenkových pochodů jsou vždy ovlivněny subjektivními postoji (zkušenostmi, znalostmi) a mají proto omezenou platnost.

**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 [57].

## 9 Metodika návrhu výrobního layoutu s ohledem na hospodárnost výrobního systému

### 9.1 Teoretická východiska pro návrh metodiky

Každý výrobní podnik má celou řadu podnikových cílů, jejichž realizace se odráží v kvalitě, čase a nákladech jako rozhodujících kritérií pro hodnocení výkonu všech podnikových procesů. Podnikové cíle lze znázornit jako tzv. magický trojúhelník *Obr. 9-1*. Toto tvrzení je platné nejen pro všechny podnikové procesy, ale totéž platí i pro oblast týkající se návrhu výrobního layoutu.



*Obr. 9-1 Magický trojúhelník - kvalita, náklady, čas [zdroj autor]*

Návrhem prostorového uspořádání výrobního systému resp. změnou parametrů nedokážeme samozřejmě ovlivnit všechny oblasti. Cenu výrobku můžeme ovlivnit především na úrovni výrobních nákladů. Kvalitu výrobku dokáže ovlivnit návrh prostorového uspořádání výrobního systému pomocí přehledného uspořádání pracoviště, respektive přehledného materiálového toku. Odlišnosti nabízených výrobků layout však ovlivnit nedokáže, toto ovlivňuje konstrukce a design výrobku a technologie výroby. Pružnost reagování a rozhodování může layout ovlivnit jen částečně pomocí dispozice technologie výroby, tj. jakým směrem se bude výrobní program ubírat (např. pekárna nemůže začít s výrobou turbín pro jaderné elektrárny, pokud razantně nepřemění svoje výrobní prostory), a typem prostorového uspořádání. Průběžnou dobu výroby můžeme ovlivnit pomocí zkracování dopravních vzdáleností mezi jednotlivými pracovišti a efektivitou využití přepravních kapacit. Vhodným uspořádáním výrobních prostor a využitím metod návrhu layoutu lze docílit zkracování a zpřesnění dodacích lhůt, popř. využít těchto metod k rychlé reakci na požadavky trhu z pohledu změny výrobní technologie, resp. nutnosti změny prostorového uspořádání. Můžeme tedy říci, že návrh prostorového uspořádání výrobního systému resp. parametry prostorového uspořádání výrobního systému, mají pouze sekundární vliv na konkurenceschopnost výrobního podniku.

### **Kvalita**

Kvalita je v současné době nepostradatelnou součástí všedního života, produkty a procesy, které nemají určitou míru kvality, nemají nárok se na trhu prosadit. Vhodným

návrhem prostorového uspořádání výrobního systému je možné určitým způsobem kvalitu ovlivnit. Standardní kvalita procesů výroby a výrobních systémů je v současné době dána normami a bezpečnostními předpisy, které musí výrobní podnik dodržovat. Tyto předpisy a normy zajišťují standardní kvalitu, která musí být uvažována i při tvorbě prostorového uspořádání výrobního systému resp. výrobního layoutu. Při nerespektování těchto standardních pravidel by mohla nastat tato rizika při realizaci výrobních procesů:

- *Riziko poškození při manipulaci* – jedná se o riziko, kdy může dojít především k mechanickému poškození materiálu, resp. výrobku, např. použitím nevhodné manipulační jednotky, nevhodnou šířkou uličky pro manipulační jednotky, křížením dopravních cest či nedodržením bezpečné vzdálenosti mezi jednotlivými stanovišti. Chceme-li, aby k poškození nedocházelo, je nutné navrhnout materiálové toky tak, aby byly přehledné a co možná nejjednodušší, tzn. dosáhnout minimálních počtů křížení přepravních cest a ve vztahu přepravovaného objemu co nejkratších přepravních cest při dodržení daných ergonomických vzdáleností.
- *Riziko záměny jednotlivých výrobků* – bude-li layout výrobního systému příliš složitý, je zde nebezpečí snížení přehlednosti materiálových toků. To může mít za následek vznik delších časů průchodnosti výrobku systémem, resp. možný vznik záměny přepravované jednotky popř. výrobků.
- *Riziko poškození materiálu resp. výrobků při skladování* – bude-li layout nevhodně navržen, může dojít k poškození materiálu resp. výrobku, proto musíme při navrhování skladovacích prostor určit vhodné skladovací prostory a jejich umístění, počítat s působením počasí, výrobních technologií a nebezpečím poškození manipulační technikou (vhodná vzdálenost odkládacích prostor od dopravních cest).
- *Riziko snížení kvality výroby* - chceme-li dosáhnout vysoké kvality výroby, musíme jednotlivá pracoviště rozmístit tak, aby se vzájemně tato pracoviště negativně neovlivňovala. Nemůžeme tedy pracoviště, která by se navzájem negativně ovlivňovala, umístit blízko sebe (např. lis, který způsobuje vibrace vedle pracoviště přesného obrábění, nebo kontroly pomocí přesného měření).

Aby byl návrh prostorového uspořádání výrobního systému resp. výrobní layout realizován, je nutné těmto rizikům předejít.

- *Ergonomie pracoviště* – je nedílnou součástí návrhu uspořádání výrobního prostoru, určuje prostor u jednotlivých pracovišť potřebný k tomu, aby bylo možné efektivně pracovat a nedocházelo k působení nežádoucích vlivů pracoviště na své okolí a tím i ke zhoršení kvality výroby. Při návrhu layoutu je nutné zabývat se především oblastí týkající se techniky prostředí, resp. mikroklimatem, a ergonomií pracoviště jako celku. Ve výrobním systému je nutné z hlediska kvantitativního i kvalitativního umístit jednotlivá pracoviště tak, aby se z pohledu mikroklimat vzájemně negativně neovlivňovala.

Mikroklima:

- Teplotně vlhkostní mikroklima
- Aerosolové mikroklima
- Odérová mikroklima
- Toxické mikroklima
- Elektrostatické mikroklima
- Elektromagnetické mikroklima
- Světelné mikroklima
- Akustické mikroklima
- Vibrační mikroklima

## **Průběžná doba výroby**

Průběžná doba výroby je dalším důležitým parametrem ovlivňujícím sekundárně konkurenceschopnost podniku. V současné době, chce-li být podnik konkurenceschopný, musí pružně reagovat na vývoj trhu a přizpůsobovat svoji výrobu jeho požadavkům. Podnik resp. výrobní systém musí být tedy schopný v co nejkratší době reagovat na tyto změny a přizpůsobit stávající uspořádání výrobních prostor požadavkům nové výroby. Samozřejmě v některých situacích toto není možné realizovat z důvodu složitosti systému či speciálního zaměření (vysokém pece ve slévárnách, několikatunové stroje, jejichž přesun je nemožný či velmi nákladný, atd.), v ostatních případech je však možné layout výrobních prostor přizpůsobit novému výrobnímu procesu a pomocí vhodných nástrojů prostorové uspořádání výrobního systému optimalizovat.

Průběžná doba výroby je velice důležitým parametrem jakéhokoli výrobního systému. Vhodným návrhem prostorového uspořádání výrobního systému lze dosáhnout určitého snížení průběžné doby výroby. Průběžná doba výroby se v podstatě skládá ze dvou druhů časů a to technologického času a netechnologického času (skladování, kontrola, manipulace s materiálem...).

- Technologické časy - tyto časy „přidávají“ hodnotu produktu. V mnoha případech je nelze redukovat, protože jsou dány technologií výroby.
- Netecnologické časy - jedná se o časy, kdy není přidávána hodnota výrobku, ale tyto nevýrobní operace jsou pro výrobu produktu takřka nepostradatelné. V této oblasti můžeme ovlivnit především manipulaci s materiálem. Doba manipulace je závislá na krátkých a přehledných materiálových tocích, kterých dosáhneme pomocí optimalizace dopravních cest a jejich zjednodušením.

## **Náklady**

Chceme-li, aby byl podnik konkurenceschopný, je nutné, aby vyráběl výrobky dostatečné kvality ve správném čase a s dostatečně nízkými náklady. K zajištění podnikové prosperity je nutné, aby výroba daného podniku byla ekonomicky optimální, tzn., aby při všech činnostech byl dodržován princip hospodárnosti. Princip hospodárnosti je pro

ekonomiku odvozen z obecně platného racionálního principu s tím, že je vztažen na typické systémové veličiny - vstup a výstup

Schematicky ho lze vyjádřit jako [22]:

$$\frac{Výstup}{Vstup} \Rightarrow Max \quad (13)$$

Maximalizace podílu lze dosáhnout:

- maximalizací výstupu při konstantním vstupu (maximalizační princip)
- minimalizací vstupu při konstantním výstupu (minimalizační princip)
- kombinací obou předchozích

Pod pojmem hospodárnost rozumí zpravidla hospodářská praxe dosažení žádoucího výstupu s nejmenšími náklady. Z toho důvodu je minimalizace nákladů charakteristickým rysem hospodárnosti v průmyslových podnicích. Jelikož všechny procesy ve výrobě, ať již technologické či netechnologické, lze ocenit určitými náklady, můžeme považovat vlastní náklady výroby za rozhodující kritérium při posouzení její hospodárnosti v daném výrobním systému.

Průběh výroby v rámci určitého výrobního systému lze znázornit pomocí příslušného materiálového toku. Tudiž vlastní náklady výroby jsou kalkulovány ve vztahu k jednotlivým činnostem vytvářejícím příslušný materiálový tok.

Teorie i praxe využívá celou řadu způsobů kalkulace nákladů. Pro vyjádření vlastních nákladů výroby je nejvýhodnějším způsobem kalkulace na bázi úplných nákladů, neboť jen ta umožňuje vyjádřit ve vztahu k vyráběnému produktu veškeré náklady, které vznikají v souvislosti s ním a zvoleným materiálovým tokem.

Aby prostorové uspořádání výrobního systému splňovalo podmínky hospodárnosti, musí být respektovány všechny vzájemné vazby tzv. magického trojúhelníku. Výrobní layout by měl být navržen tak, aby odpovídal požadované kvalitě při respektování stanovené průběžné doby výroby s co nejnižšími náklady. Z toho důvodu lze považovat princip hospodárnost, tedy minimalizaci výrobních nákladů, za rozhodující kritérium pro posouzení jednotlivých návrhů layoutů.

## 9.2 Návrh metodiky

Návrh metodiky vychází z teoretického základu tvorby výrobních systémů se zaměřením na vydefinování jednotlivých faktorů a činností výrobního systému s dopadem na prostorové uspořádání výrobního systému a jejich vzájemné vazby s ohledem na ekonomické aspekty.

Právě ekonomické aspekty se promítají do kritériální funkce, na základě níž je zvolena nejvhodnější forma výrobního layoutu z možných variant řešení. **Kritériální funkce je tedy měřítkem hospodárnosti výrobního systému.**

Metodika je určena především pro návrh výrobního layoutu strojírenské výroby při reorganizaci výrobních systémů či zavádění inovovaných, resp. zcela nových produktů, do stávajících výrobních systémů. Lze ji použít i pro návrh zcela nového výrobního systému s tím, že při jejím využití odpadnou některé omezující podmínky vyplývající ze stávajícího výrobního systému či při reorganizačních projektech. Metodika je obecně platná pro všechny typy výroby od kusové, resp. zakázkové výroby, až po výrobu hromadnou. Její uplatnění má význam především pro tvorbu layoutu pro zakázkovou (kusovou) a malosériovou výrobu, kde je vysoká variantnost layoutů oproti hromadné či velkosériové výrobě, kde je velmi malé výrobní portfolio a layout je postaven dle předmětného uspořádání a variantnost layoutu je velmi malá, resp. uspořádání výrobního layoutu je do linky.

Z důvodu přehlednosti je metodika koncipována do tří fází, které jsou následně popsány. Tyto jednotlivé tři fáze na sebe vzájemně navazují, viz *Obr. 9-2*:

### 1. Fáze – Přípravná (analytická) část

Přípravná fáze slouží k zajištění potřebných dat nezbytných pro další fáze. Z důvodu velkého rozsahu těchto vstupních dat je nutné, aby k jejich zajištění docházelo s podporou odborníků z jednotlivých oborů. V této fázi dochází k analýze jednotlivých vstupních parametrů, činností a faktorů ovlivňujících návrh výrobního systému. Projektant musí v této fázi získat informace o využívané technologii, konstrukčně technologickému návrhu výrobku, konstrukční dokumentaci, přesný výrobní layout stávající výroby, výkresovou dokumentaci jednotlivých zařízení, jejich kapacitní využití, výrobní parametry těchto zařízení atd. Projektant musí získat informace o všech produktech vyráběných v daném výrobním systému, o jednotlivých produktových skupinách a technologických skupinách.

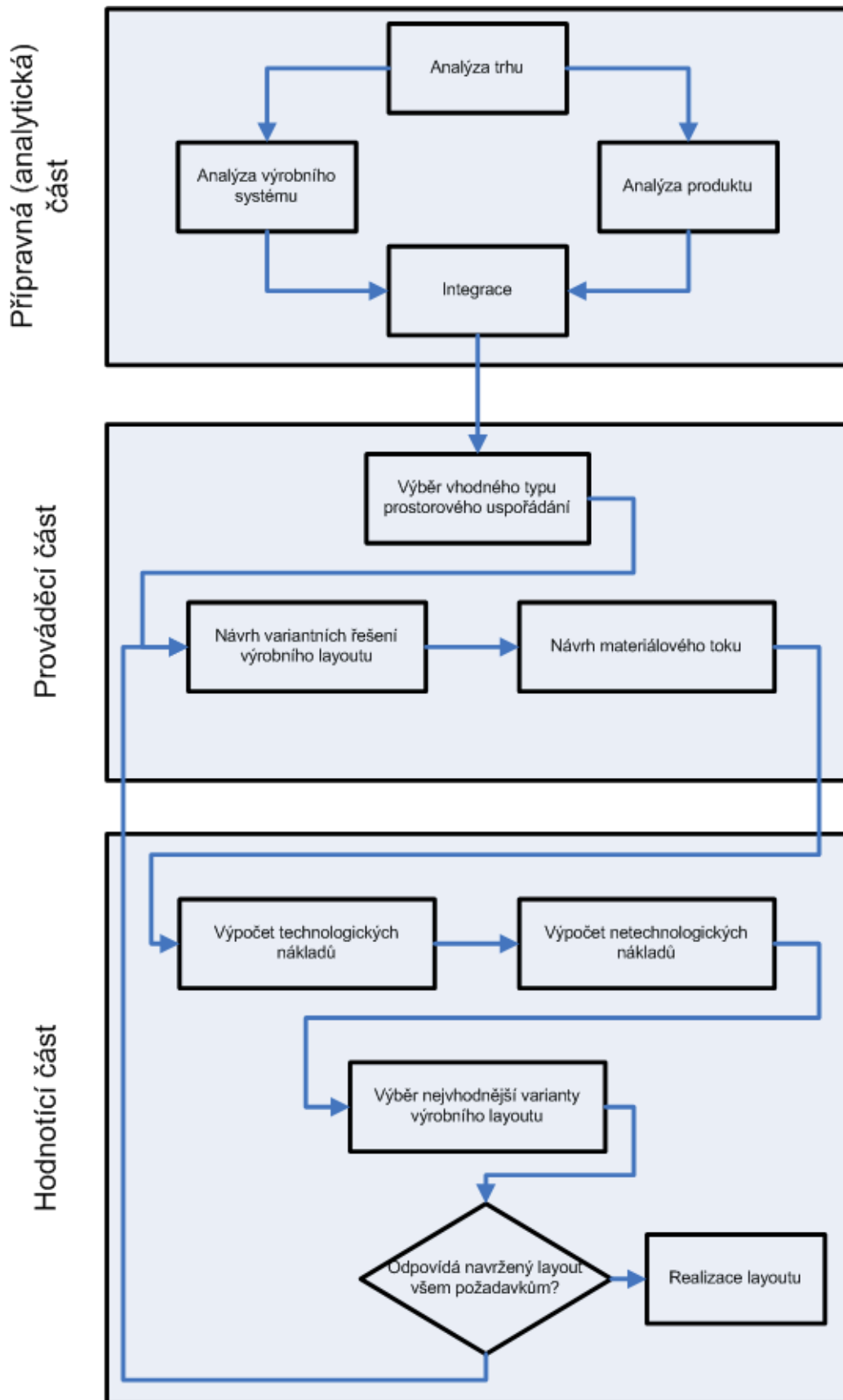
### 2. Fáze – Prováděcí část

V této fázi jsou popsány jednotlivé faktory ovlivňující návrh výrobního systému a jejich vzájemné vazby z hlediska návrhu prostorového uspořádání výrobního systému.

Tato fáze čerpá informace ze souboru dat, který je výstupem přípravné fáze. Na základě těchto dat je možno navrhnout několik variantních řešení výrobního layoutu. Postup tvorby jednotlivých variantních řešení probíhá dle *Obr. 9-4*.

### 3. Fáze – Hodnotící část

Hodnotící část slouží projektantovi ke zhodnocení jednotlivých navržených variant prostorového uspořádání výrobního systému z pohledu hospodárnosti. Vychází z ekonomického zhodnocení všech procesů, tedy jak technologických, tak i netechnologických dle vydefinovaných rovnic. Výběr jednotlivých variantních řešení je prováděn na základě kritériální funkce.



Obr. 9-2 Metodika návrhu výrobního layoutu s ohledem na hospodárnost celého výrobního systému [zdroj autor]



Navržená metodika se pak skládá z dílčích kroků, které jsou uvedeny v částech I, II a III.

Při použití této metodiky je nutné uvažovat dva různé stavy, které mohou při návrhu výrobního systému resp. výrobního layout nastat:

- a) Tvorba zcela nového výrobního systému
- b) Využití stávajícího výrobního systému

U varianty *a)* uvažujeme, že dochází k návrhu zcela nového výrobního systému tzv. „stavba na zelené louce“, která není limitována omezujícími podmínkami. Z tohoto důvodu předpokládáme, že návrh zcela nového výrobního systému resp. výrobního layoutu bude již od začátku koncipován tak, aby byl co nejefektivnější a nejhospodárnější. Projektant volí takové stroje a zařízení, která budou splňovat všechna kritéria s výrobou spojená a zajistí co nejhospodárnější a nejefektivnější produkci. Na základě zvoleného typu výroby a příslušných strojů a zařízení navrhne výrobní layout resp. výrobní systém. V tomto případě je k dispozici mnoho odborné literatury, která se zabývá danou problematikou a slouží jako návod při postupu práce návrhu výrobního systému a výrobního layoutu.<sup>1</sup>

Metodiku návrhu výrobního layoutu s ohledem na hospodárnost celého výrobního systému je možno použít i v tomto případě, ale to jen v modifikované verzi, kdy nebudou uvažovány omezující podmínky.

U varianty *b)* uvažujeme situaci, kdy dochází ke změně stávajícího výrobního systému resp. výrobního layoutu. Tato změna může být vyvolána několika různými faktory. Jednotlivé možné situace, které je možné rozdělit do dvou základních skupin, jsou uvedeny na *Obr. 9-3*.

### ***Inovace produktu***

Inovací produktu rozumíme změnu stávajícího produktu či výrobního portfolia dle požadavků trhu, resp. zákazníka tak, aby se daný produkt stal požadovaným zbožím a zvýšila se jeho konkurenceschopnost. Budeme-li vycházet z tradiční inovace, kde nedochází k drastické změně typu výroby, můžeme uvažovat, že dochází k úpravě či návrhu nového výrobního layoutu s využitím stávajícího výrobního systému. Inovace produktu vyvolá několik možností, jakým způsobem bude výrobní layout upraven *Obr. 9-3*. Použití metodiky v tomto případě je plnohodnotné. Metodika je koncipována právě pro tento případ, tedy pro návrh výrobního layoutu pro inovovaný či zcela nový produkt produkovaný ve stávajícím výrobním systému.

Při inovaci produktu, kdy se nemění typ výroby, nedochází u vysoce opakované výroby k žádné výrazné změně z pohledu výrobního layoutu resp. změny nákladů. V této situaci může dojít ke změně výrobních zařízení, které však budou zakomponovány opět do stávající výrobní linky. Z tohoto důvodu je navrhovaná metodika obecně použitelná, ale postrádá hlubší význam. Jedná-li se o výměnu pouze stroje za stroj, zůstává prostorové

---

<sup>1</sup> Touto problematikou se zabývá citovaná literatura [5, 6, 7, 11, 12, 13, 16, 19, 20, 25, 26, 27, 34, 35, 40, 45, 46, 47]

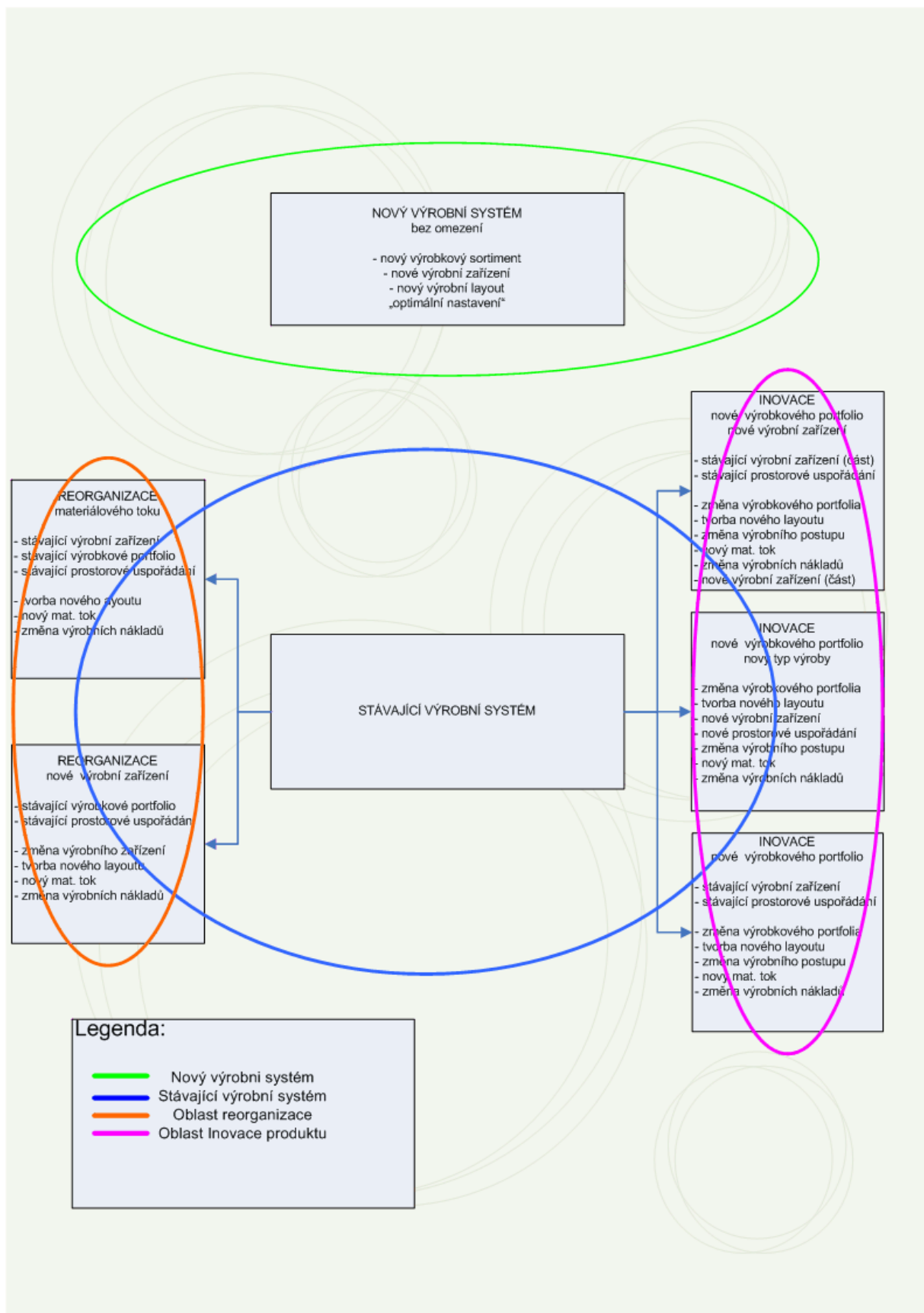
uspořádání resp. layout a jeho materiálové toky nezměněny. Ve změně nákladů se promítne pouze změna strojní hodinové sazby. Pokud by došlo ke změně několika strojů za jeden stroj, může nastat úspora ve formě nákladů na strojní hodinovou sazbu strojů, náklady na manipulaci, náklady mzdové atd. Tato změna musí být však porovnána s investičními náklady a návratností dané investice.

U málo opakované a neopakované výroby musíme provést nejprve rozřazení jednotlivých produktů do určitých skupin. Toho lze dosáhnout použitím metodiky založené na vytvoření podobnostních polí resp. určitých skupin technologicko-konstrukčně podobných produktů viz *přípravná fáze I*. Účelem je přiřadit nový či inovovaný produkt do vhodné skupiny produktů produkovaných na stejných strojích s podobným výrobním postupem a na tomto základě určit kapacitní vytížení jednotlivých zařízení. Ve výrobním systému musí být zajištěna dostatečná kapacita pro výrobu daného produktu, tu lze zajistit vhodným plánováním výroby, nákupem nových zařízení či outsourcingem dané operace či operací. Pokud by došlo při návrhu výrobního layoutu k využití výrobního zařízení, které je optimální z pohledu materiálového toku, ale nepříliš vhodné z pohledu kapacitního (přetížená kapacita stroje) musíme rozhodnout, zdali využít tohoto zařízení s tím, že přesuneme výrobu stávajícího produktu na jiné zařízení, nebo tuto variantu vůbec neuvažovat. Aby bylo možné posoudit vhodnost dané varianty, musí být provedeno ekonomické zhodnocení, to však není obsaženo v této metodice.

### ***Reorganizace výroby***

V tomto případě uvažujeme situaci, kdy dochází pouze k reorganizaci výroby resp. výrobního layoutu. Zde nedochází ke změně výrobního portfolia, dochází pouze k reorganizaci současného layoutu. Při reorganizaci mohou nastat dvě situace. V jedné z nich nedochází k žádné změně z pohledu výrobního zařízení a jedná se pouze o přeuspořádání výrobního zařízení tak, aby došlo ke zkrácení materiálového toku či k úpravě tvaru výrobního layoutu. V druhé situaci dochází k zakomponování nových výrobních zařízení nahrazujících jeden či více stávajících strojů do stávajícího layoutu. Dochází zde ke změnám jak výrobního layoutu, tak i materiálového toku, výrobního postupu a nákladů s výrobou daného produktu spojených. V případě reorganizace výroby resp. reorganizace technologie či výrobního zařízení je možné metodiku použít, ale pouze ve zjednodušené verzi.

Při racionalizaci výroby, kdy dochází ke změně výrobního zařízení, je nutné v málo opakované či neopakované výrobě brát v úvahu vhodnost zvoleného nového zařízení ve vztahu k danému představiteli výroby (zdali je výhodné změnit výrobní zařízení ve vztahu představiteli). Tvorbu výrobního layoutu je u málo opakované či neopakované výroby nutno navrhnout na nejdůležitější představitel vyráběné v daném výrobním systému.



Obr. 9-3 Úpravy výrobního layoutu v závislosti na inovacích [zdroj autor]

## I. Přípravná (analytická) fáze

Přípravnou fází jako multidisciplinární fází lze rozdělit do několika oblastí podle toho, který odborný útvar podniku ji zajišťuje.

Jako výchozí data pro navrhovanou metodiku jsou:

- a) **Konstrukční** – kusovníky, dílenské výkresy, podsestavy, technické podmínky atd.
- b) **Technologické** – výrobní postupy, technicko-hospodářské normy
- c) **Plánovací** – roční plány výroby, sériovost a opakovatelnost výroby

Analýzu trhu provádí marketingové oddělení podniku, základním výstupem této analýzy jsou informace o vlastnostech budoucího produktu. Ty slouží jako podklad pro jeho konstrukční řešení. Potřebná data o produktu získáme tedy z konstrukčního útvaru. Druhým výstupem analýzy trhu je předpokládaný odbyt budoucího produktu, na základě něhož se pak stanovuje typ výroby, který ovlivňuje celkové prostorové uspořádání výrobního systému. Na základě dat z analýzy trhu je prováděna analýza v oblasti TPV, která se týká možnosti využití stávajícího výrobního systému a předpokládaných změn v souvislosti s produktem. Pro budoucí hodnocení je nutné též získat data týkající se jednotlivých nákladových sazeb, které budou získány od ekonomického útvaru dané výrobní organizace. V *Tab. 9-1* jsou uvedeny jednotlivé vstupní informace, které jsou výsledkem práce jednotlivých úseků výrobního podniku a které slouží jako vstup pro prováděcí fázi.

Jak je zřejmé z parametrů, které je nutné využít v přípravné fázi, měly by do této fáze být zahrnuty položky „množství vyráběného produktu a vlastnosti produktu“, které jsou součástí **prováděcí fáze II**. Data jsou sice získávána v oblasti marketingu, což je přípravná fáze, ale jejich plné využití a zpracování je až ve fázi prováděcí. Tyto složky jsou součástí „Schéma návrhu výrobního layoutu“ *Obr. 9-4* a bylo by nevhodné je vyjímát z konceptu. Z důvodu vysvětlení principu návrhu výrobního layoutu jsou zařazeny v prováděcí fázi.

Marketingové oddělení	Analýza trhu	Druh výrobku
		Množství výrobku
TPV	Analýza výroby	Technologie výroby
		Výrobní zařízení
	Analýza výrobního layoutu	Prostorové uspořádání
		Druh přepravy
		Tvar výrobních prostor
		Rozměry (d x v x š)
		Rozvody
		Prvky konstrukce (sloupy, podpěry, rampy, základny strojů)
		Vstupy a výstupy (dveře, vrata, nájezdy, rampy)
Ekonomické oddělení	Analýza sazeb nákladů	Sazba strojní hodinová daných zařízení
		Sazba na mzdy (hodinová)
		Sazba na prostory (sazba na 1 m <sup>2</sup> , m <sup>3</sup> )
		Sazba na přepravu (sazba na 1m)
		Sazba na energii

*Tab. 9-1 Integrace vstupních dat pro prováděcí fázi [zdroj autor]*

Dalším důležitým úkolem projektanta v této fázi je rozřazení jednotlivých produktů do určitých produktových skupin, resp. podobnostních polí, která v sobě sdružují produkty, které si jsou svým konstrukčně-technologickým návrhem podobné. K tomu lze použít, mimo jiné např. metodu podobnostních polí [55]. Na základě takto vytvořených produktových skupin je možné efektivněji navrhnout výrobní layout a efektivněji využít kapacitní fond jednotlivých strojů.

Jako příklad tvorby podobnostních polí slouží *Tab. 9-2* a *Tab. 9-3*. V *Tab. 9-2* je znázorněno výrobní portfolio (důležité východisko pro tvorbu podobnostních polí) včetně technologie výroby resp. výrobní postup pro jednotlivé výrobky. Jedná se o třicet výrobků resp. součástí, které jsou zpracovány jednou či několika z možných 20 operací. *Tab. 9-3* udává rozdělení jednotlivých výrobků do podobnostních polí, dle technologie výroby a výrobního postupu. Některé výrobní operace nelze pro určitý produkt přiřazený do určitého podobnostního pole přiřadit (tyto operace jsou nezbytné pro výrobu dané součásti resp. produktu). Tyto operace nejsou přesně přiřazené a záleží na citu projektanta



- Celkové nároky na pracnost vybraného souboru součástí [Nh]
- Množství výrobních zařízení nutných pro zajištění požadované produkce
- Velikost potřebné výrobní plochy, skladovací plochy atd. [55]

Rozdělení součástí resp. produktů na základě konstrukčně-technologického návrhu do těchto podobnostních polí je velice přínosné především při zavádění nových produktů do výroby s ohledem na strojový park dané výroby a jeho kapacitní možnosti. Na tomto základě je možno rozhodnout, zdali je možné daný produkt na stávajících zařízeních vyrábět, danou operaci outsourcovat, upravit technologii výroby či investovat do nového zařízení.

Všechna data získaná analýzou produktu, analýzou výrobního systému a rozřazení produktů do podobnostních polí vytvářejí soubor dat, která jsou vstupními daty pro prováděcí fázi a následně hodnotící fázi.

## II. Prováděcí fáze

Prováděcí fáze slouží k návrhu variant výrobního layoutu. Tato fáze využívá dat získaných v předešlé fázi. Prováděcí fáze se skládá ze tří základních bodů, jejich naplňování plně koresponduje s postupem návrhu výrobního layoutu dle schématu na Obr. 9-4, kde jsou znázorněny vzájemné vazby mezi jednotlivými faktory a činnostmi ovlivňující tvorbu variantních layoutů výrobního systému.

Schéma návrhu výrobního layoutu se rozkládá do dvou základních oblastí, které vycházejí z požadavků zákazníků na vlastnosti produktu a odbytového množství.

Jak již bylo uvedeno, hlavním faktorem ovlivňujícím celý výrobní systém a v podstatě i fungování celého výrobního podniku, je *trh* resp. *požadavky trhu*. Ty se odvíjejí od ekonomické situace v daném období a kupní síly zákazníka. Podnik, chce-li být konkurenceschopný, musí být schopen pružně reagovat na požadavky trhu, resp. požadavky zákazníka. Musí být schopen vyrábět požadované výrobky v požadované kvalitě a za cenu, kterou je zákazník ochoten za daný produkt zaplatit. Proto je východiskem pro návrh výrobního systému důkladná analýza trhu.

Tak jak se neustále mění požadavky trhu, je nutné neustále vyvíjet nové produkty. Z toho důvodu je nutné přizpůsobovat i celý výrobní systém. Pokud se výrobní podnik rozhodne na základě požadavků trhu, resp. zákazníka vyrábět *nový resp. inovovaný produkt*, musí brát v úvahu požadavky na funkce a vlastnosti a předpokládané odbytové množství, jako vstupy pro konstrukčně-technologický návrh produktu a vyráběné množství produktu.

*Konstrukčně-technologický návrh produktu a množství vyráběného produktu* jsou dvě vzájemně se ovlivňující oblasti vycházející z požadavku trhu, od nichž se odvíjí návrh výrobního layoutu pro výrobu nového, resp. inovovaného produktu. Tyto požadavky trhu jsou pak zpracovány v celé řadě činností, viz Obr. 9-4.

*Množství vyráběného produktu* určuje typ výroby, jakým se bude daný produkt vyrábět. Zdali půjde o kusovou, sériovou či hromadnou výrobu, viz kapitola 1.3. Každému typu výroby odpovídá určité prostorové uspořádání.

*Prostorové uspořádání výrobního systému* je nejvýznačnějším projevem výrobního systému. V této práci uvažujeme prostorové uspořádání za jakýsi hrubý návrh umístění jednotlivých strojů a zařízení v závislosti na typu výroby. Jak je patrné z kapitoly 1.3 a Obr. 1-10, při kusové výrobě bude nejvýhodnější použít technologické uspořádání, při

sériové výrobě buňkové (kombinace technologického a předmětného uspořádání) a při hromadné či velkosériové výrobě předmětné uspořádání.

Abychom mohli sestavit kompletní výrobní layout, je nutné uvažovat nejenom oblast týkající se množství vyráběného produktu, ale také oblast konstrukčně-technologického návrhu produktu.

**Vlastnosti produktu** představují požadavky trhu, nebo zákazníka, které má splňovat daný produkt. Na základě těchto požadavků zákazníka, resp. trhu, je navrhnout daný produkt. Ten musí splňovat jak kritéria charakterizující jeho vlastnosti jako jsou: materiál, tvarová a rozměrová přesnost, funkčnost, spolehlivost atd., za které je zákazník ochoten zaplatit, tak i požadovaný zisk. Koncepce nového produktu musí dále také splňovat technické funkce a nesmí překročit náklady, které vycházejí z předchozích kritérií.

**Konstrukční příprava je** činnost zabývající se návrhem produktu tak, aby splňoval všechny požadavky zákazníka s ohledem na technologičnost, ergonomičnost a ekonomičnost konstrukce (TEE). Paralelně s konstrukcí může také probíhat technologická příprava výroby.

**Technologická příprava** výroby či montáže. V této fázi dochází k návrhu výrobních postupů, výběru strojů, výrobního zařízení, nástrojů a k návrhu technologických, resp. netechnologických operací. Při výběru strojů a zařízení je nutné, aby byly vybrány takové, které budou vyhovovat danému typu a rozsahu výroby při zajištění požadované kvality při co nejvyššímu provozu. Tato fáze má na celý výrobní systém velice významný vliv. Zde by měly být navrženy technologie výroby jednotlivých součástí a montážních skupin tak, aby byly dodrženy požadované funkce produktu v požadovaném množství a kvalitě při respektování hospodárnosti výroby. Každá technologie vyžaduje odpovídající výrobní zařízení tak, aby mohla být realizována.

**Výrobní zařízení** jsou stroje a zařízení sloužící k zajištění výroby či montáže daného produktu zvolené technologem v technologické přípravě výroby.

**Výrobní postup** je soupis sledu operací, slouží jako návod k činnostem vedoucím k tvorbě hodnoty (výrobě produktu). Výrobní postup obsahuje informace o jednotlivých činnostech, o jednotlivých strojích a zařízeních, které je nutné v rámci přeměny surovin či polotovaru na daný produkt použít. Dále informuje o výrobních podmínkách, pracovních časech atd.

**Máme-li stanoveno prostorové uspořádání, odpovídající typu výroby, výrobní postup a výrobní zařízení, můžeme navrhnout výrobní layout a stanovit materiálový tok pro výrobu nového produktu v dané výrobní jednotce.**

**Výrobní layout** je komplexní návrh prostorového uspořádání všech strojů a zařízení zajišťujících výrobu. Ve výrobním layoutu jsou již uvažovány konkrétní vazby mezi jednotlivými prvky výrobního systému (stroje, výrobní zařízení, manipulační zařízení apod.), jejich vliv na celkový výrobní proces, včetně materiálového toku nutného k zajištění dané produkce. Umístění jednotlivých strojů a zařízení je závislé na zvoleném typu prostorového uspořádání, které tvoří jakousi kostru či rastr. Detailní rozmístění je pak individuální pro danou výrobní jednotku a je závislé na omezujících podmínkách této výrobní jednotky. Jedná-li se o návrh zcela nového výrobního systému, jsou omezující podmínky v tomto směru nulové.



Pokud se nejedná o návrh zcela nového výrobního systému, pak je nutné uvažovat omezující podmínky.

Za obecně platné lze uvažovat následující:

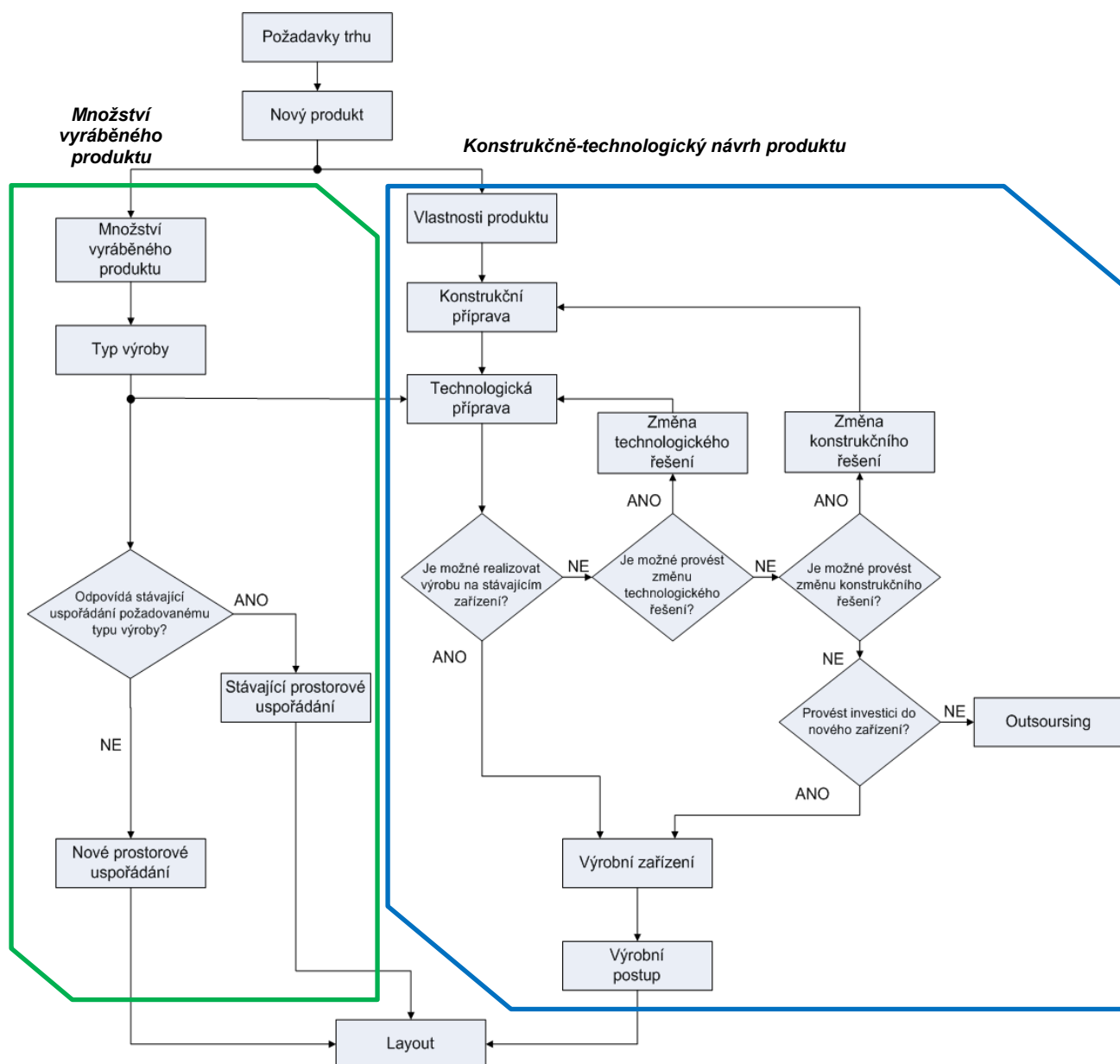
- Tvar výrobních prostor (tvar L, I, obdélník, čtverec, atd.)
- Rozměry výrobních prostor (délka, šířka, výška)
- Manipulační jednotky (manipulátory, koleje, jeřáby, atd.)
- Rozvody (el. energie, plyn, voda, vzduch, atd.)
- Prvky konstrukce (sloupy, podpěry, rampy, atd.)
- Vstupy a výstupy (dveře, vrata, nájezdy, atd.)
- Výrobní stroje a zařízení
- ...

Kromě těchto základních omezujících podmínek mohou v konkrétní výrobní jednotce existovat specifické omezující podmínky, které musíme respektovat.

Mezi tyto specifické omezující podmínky lze zařadit např. velký karusel – nelze s ním manipulovat (základy stroje, zvýšený strop haly). Pro nový hospodárnější výrobní layout by bylo výhodnější tento karusel přesunout, ale z důvodu omezujících podmínek není přesun možný.

*Pozn. Na základě omezujících podmínek je zřejmé, že každá výrobní jednotka je jiná a proto i jeden a ten samý výrobní systém realizovaný v různých výrobních jednotkách bude zcela odlišný a bude respektovat právě jeho omezující podmínky!!!*

Na následujícím schématu uvedeném na Obr. 9-4, který obsahuje zmíněné faktory, je možné názorně vidět jejich vzájemné vazby z hlediska návrhu prostorového uspořádání výrobního systému.



Obr. 9-4 Schéma návrhu výrobního layoutu [zdroj autor]

Přestože se vychází ze dvou základních požadavků zákazníka, a to množství vyráběného produktu a vlastností produktu, které vytvářejí dvě základní větve schématu uvedené na Obr. 9-4, je zřejmé, že existují vzájemné vazby mezi těmito oblastmi, které ovlivňují konečnou podobu výrobního layoutu.

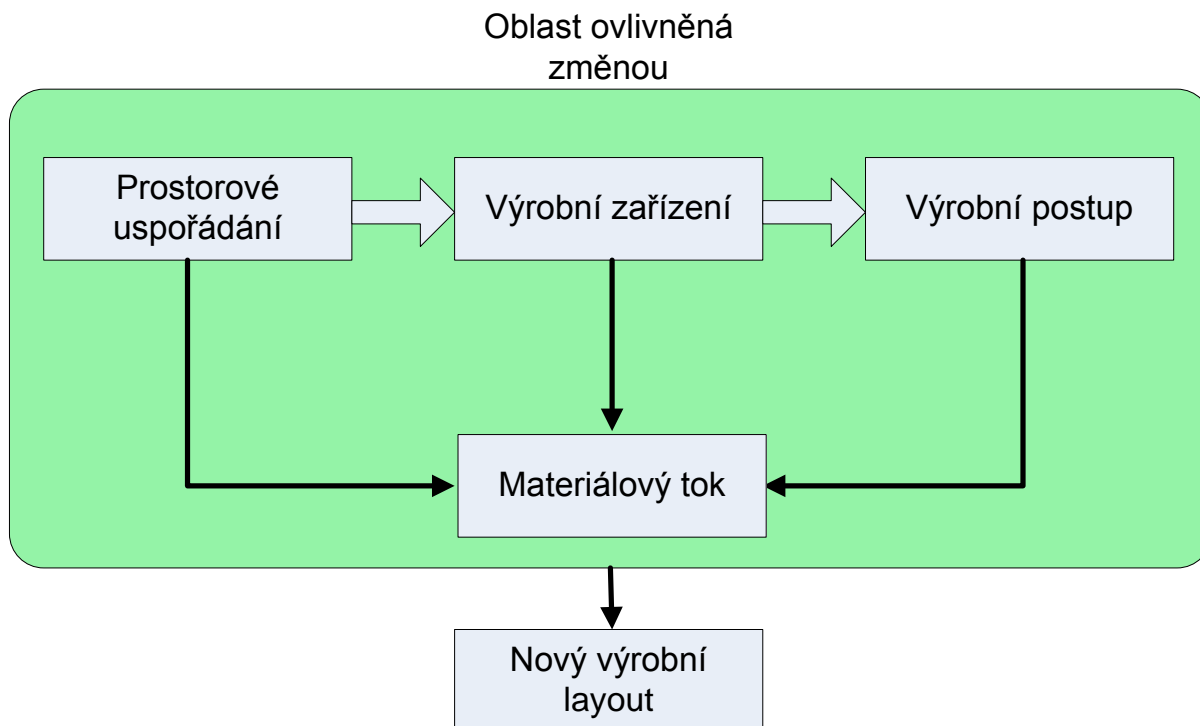
Konkrétní podoba návrhu výrobního layoutu včetně materiálového toku je dána:

- Prostorovým uspořádáním
- Výrobním zařízením
- Výrobním postupem

Dojde-li ke změně jednoho z daných 3 faktorů, vyvolá tato změna změnu některého z ostatních, případně změnu všech, tyto změny se promítnou i do změny materiálového

toku a v konečném důsledku do nákladů, které charakterizují hospodárnost výrobního layoutu pro funkční produkt.

- 1) **Změna prostorového uspořádání** je vyvolána změnou množství vyráběného produktu. Ta vyvolá ve většině případů změnu výrobního zařízení (některé stroje a zařízení mohou zůstat stejné) a následnou změnu celého výrobního postupu daného produktu. V tomto případě změna jednoho faktoru ovlivní faktory zbývající. Výrobní layout je ovlivněn všemi třemi faktory a dochází tak k zásadní změně.



Obr. 9-5 Změny vyvolané změnou prostorového uspořádání [zdroj autor]

Ve většině případů, budeme-li měnit typ výroby, resp. prostorové uspořádání (závislé na typu výroby), změníme celou koncepci výrobního systému. To znamená, že se vždy budeme snažit přecházet z nižší úrovně na vyšší, což si vyžádá změnu všech oblastí (prostorového uspořádání, volby výkonnějších strojů vhodných pro daný typ výroby, změna technologických postupů) s ohledem na hospodárnost daného systému při zachování požadované kvality.

Z toho důvodu není ani možné provést hodnocení jednotlivých výrobních systémů, protože tyto systémy jsou zcela odlišné.


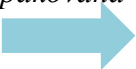

2) **Změna výrobního zařízení** může být vyvolána několika různými podněty, jako jsou:

- a) *Modernizace* – výměna stroj za stroj
- b) *Komplexnost* – výměna několika strojů za jeden (např. CNC, atd.)
- c) *Nový či inovovaný produkt* – nutnost investice do stroje, který není k dispozici a je nezbytně nutný pro výrobu daného produktu

*Pozn.: Nový či inovovaný produkt, který se odlišuje pouze v některých výrobních operacích, které neovlivňují funkčnost daného produktu a vyžadovaly by změnu výrobního layoutu, která by byla nákladově náročná, je třeba podrobit produkt novému konstrukčně-technologickému zpracování, které by vedlo k odstranění těchto operací a bylo by možno využít stávajícího výrobního layoutu.*

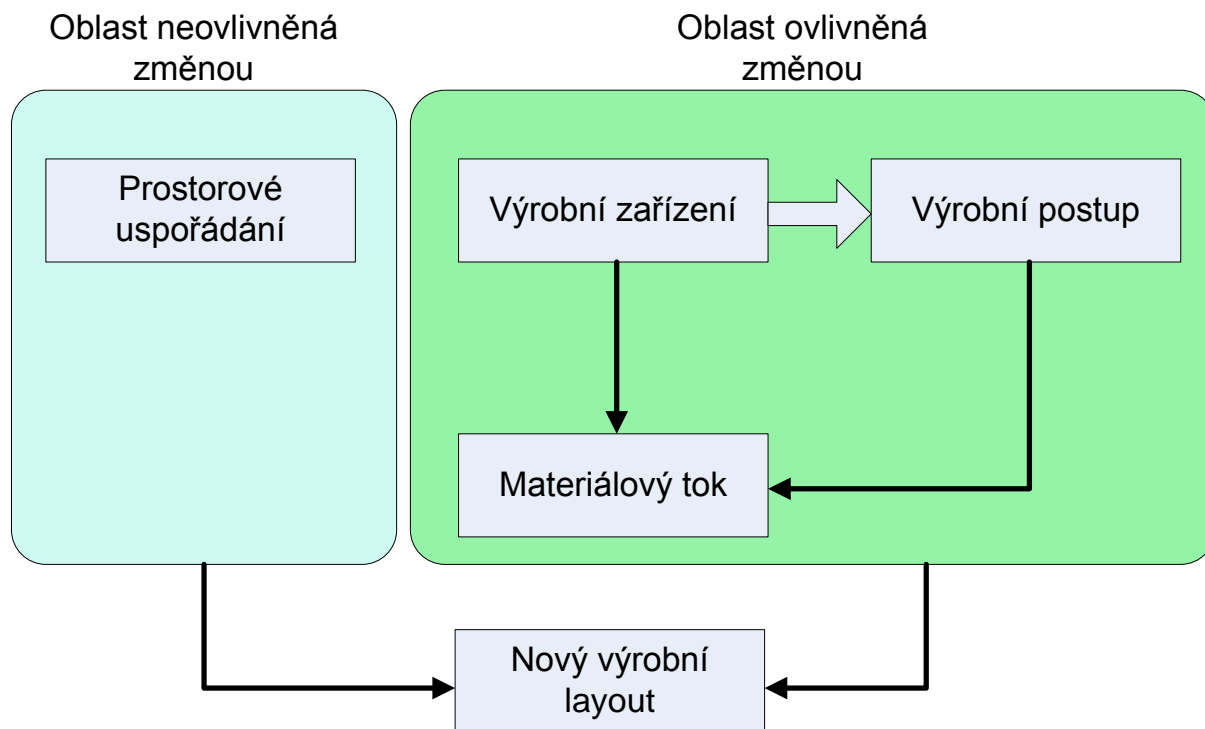
*Pro nové konstrukčně technologické zpracování lze s výhodou využít, pokud jsou k dispozici, odpovídající moduly softwarových nástrojů sloužících k tvorbě digitálního modelu podniku. Změny produktu provedené ve virtuálním prostředí mohou přinést úsporu nákladů již v přípravné fázi, kdy náklady na prováděné změny nejsou příliš vysoké oproti změnám v realitě.*

*Jako příklad uvedeme dvě situace:*

- *Vysoce opakovaná výroba (výrobní linka)  nelze či není výhodné linku přestavit  návrh výrobku dle této výrobní linky*
- *Ve výrobním systému je nevyužitý stroj, který je ale vhodně umístěn  návrh výrobku tak, aby byl tento stroj využit*

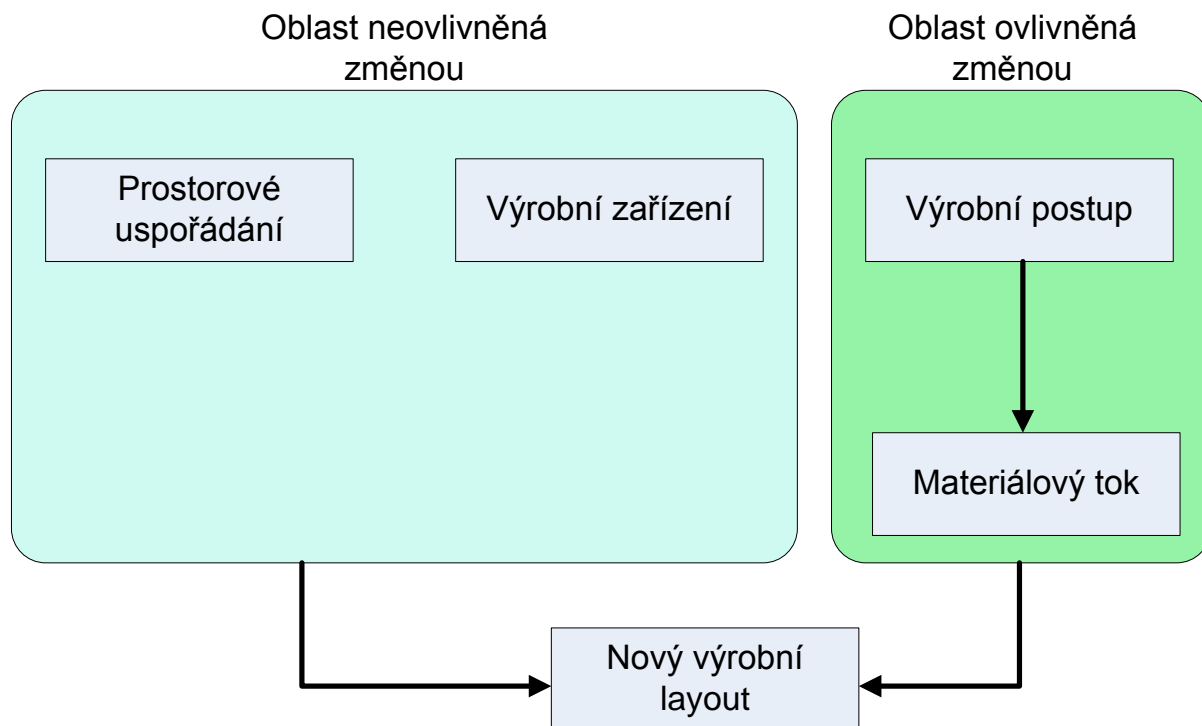
Při změně výrobního zařízení nedochází ke změně prostorového uspořádání, změna se týká jen výrobního postupu, a to jen v některých případech (b, c), ale vždy vyvolá změnu nákladů.

Výrobní layout je ovlivněn změnou výrobního zařízení a u výrobního postupu v tomto případě nedochází k zásadní změně.



Obr. 9-6 Změny vyvolané změnou výrobního zařízení [zdroj autor]

- 3) **Změna výrobního postupu** představuje záměnu jednotlivých operací v rámci výrobního postupu při využití stejných technologií výroby. Změna výrobního postupu nevyvolá žádnou změnu zbývajících dvou faktorů, tedy prostorového uspořádání a výrobního zařízení. Jedním z důvodů úprav výrobního postupu je možnost touto změnou snížit velikost materiálového toku. Jedná se o případ, kdy je výrobní systém již uspořádán a probíhá zde výroba stávajících produktů. Nově navržený či inovovaný produkt má však jiný výrobní postup při použití stejných strojů. Při dodržení tohoto výrobního postupu s využitím layoutu, který je koncipován na jiné výrobky, by docházelo k poměrně složitému a velkému materiálovému toku. Z toho důvodu je možné pokusit se o úpravu výrobního postupu tohoto nového výrobku dle stávajícího výrobního layoutu. Docílíme tím snížení velikosti materiálového toku, a tím i snížení netechnologických nákladů, resp. nákladů na výrobu.



Obr. 9-7 Změny vyvolané změnou výrobního postupu [zdroj autor]

V této kapitole byly charakterizovány všechny možnosti využití metodiky v prováděcí části. Výstupem prováděcí části jsou variantní návrhy výrobních layoutů, které jsou vstupem pro následující hodnotící fázi. V této fázi jsou návrhy layoutu porovnávány z hlediska hospodárnosti.

### III. Hodnotící fáze

Hodnotící fázi lze považovat za nejvýznamnější část navrhované metodiky. Hodnotící fáze slouží ke zhodnocení a výběru nejehospodárnější varianty výrobního layoutu navrženého v předešlé fázi. Ekonomické zhodnocení výrobního layoutu vychází z ekonomického zhodnocení všech procesů uvedeného v kapitole 9.2.1.1, týkajících se daného výrobního systému. V této fázi jsou vydefinovány náklady na jednotlivé procesy, tedy jak na netechnologické, tak i na technologické procesy. Výběr nejehospodárnější varianty je prováděn na základě kritériální funkce, viz kapitola 9.2.1.2.

#### 9.2.1.1 Ekonomické hodnocení výrobního systému

Při podnikání je základním cílem, aby náklady byly nižší než prodejní cena výrobku. Toho lze dosáhnout především snížením výrobních nákladů, a to již od předvýrobních fází, které určují budoucí výrobní náklady.

V této práci předpokládáme již hotové produkty, a proto se zaměřujeme na redukcí konkrétních nákladů, vznikajících ve výrobě.

Vlastní náklady výroby lze považovat za rozhodující kritérium pro posouzení hospodárnosti výroby a jeden z nejdůležitějších faktorů pro zajištění ekonomicky optimální výroby. Podstata řízení spočívá v analýze procesů, v hodnocení jejich průběhů, ať již

z hlediska kvality, nákladů či času. Právě vhodnost výrobního procesu pro zajištění příslušného výkonu se odráží ve výši nákladů na výrobu.

***Za optimální výrobní proces pro daný výkon lze považovat takový, který na daný produkt vykazuje nejnižší výrobní náklady při zachování požadované kvality a dodržení termínů dodání.***

Ekonomické ohodnocení procesů týkajících se výroby daného produktu lze vyjádřit jako:

- a) vlastní výrobní náklady, kdy uvažujeme, že **dojde** při návrhu nového výrobního layoutu a návržení technologie výroby ke změně spotřeby materiálu<sup>2</sup>
- b) zpracovací náklady, kdy uvažujeme, že **nedojde** při návrhu výrobního layoutu a návržení technologie výroby ke změně spotřeby materiálu

### ***Vlastní náklady výroby:***

Lze definovat jako účelově zaměřenou spotřebu výrobních faktorů na vytvoření určitého výkonu ve výrobě [42].

Pro stanovení vlastních nákladů výroby budeme využívat kalkulaci na bázi úplných nákladů, neboť potřebujeme zachytit veškeré náklady, které ve výrobě vznikly.

Výrobní náklady se na základě kalkulace stanovují jako součet přímého materiálu, přímých mezd a výrobní režie, která je následně rozdělena do jednotlivých položek.

Vlastní náklady výroby jsou vztaženy buď k určitému časovému období, nebo přesně vydefinované kalkulační jednici.

Výpočtové vztahy pro jednotlivé složky vlastních nákladů výroby byly použity dle literatury [21, 24, 39, 42, 43].

Vyjádření vlastních nákladů výroby a jejich jednotlivé složky (náklady na technologické operace a náklady na netechnologické operace) vycházejí z následujícího vztahu:

$$VNV = PMa + PMz + RMa + SN + NN + N_{netech} \quad (14)$$

<i>VNV</i> ... vlastní náklady výroby	[Kč]
<i>PMa</i> ... přímý materiál	[Kč]
<i>PMz</i> ... přímé mzdy	[Kč]
<i>RMa</i> ... náklady na režijní materiál	[Kč]
<i>SN</i> ... strojní náklady	[Kč]
<i>NN</i> ... náklady na nástroje	[Kč]
<i>N<sub>netech</sub></i> ... náklady na netechnologické operace	[Kč]

---

<sup>2</sup> Jedná se o případy, kdy změna především technologie výroby vyvolá změnu spotřeby materiálu a změny výrobního layoutu, například změna výroby plastové hřídele, kdy v prvním případě obrábíme na soustruhu a na frézce zhotovujeme drážku. U druhé varianty výroby je například možno danou plastovou hřídel zhotovit vstřikem do formy.

Přesně definovaný výkon pak z hlediska kalkulace nákladů nazýváme kalkulační jednicí. Ve strojírenské výrobě se za kalkulační jednici považuje produkt, výrobní dávka nebo zakázka.

Přímý materiál představuje spotřebu materiálu (základní materiál, suroviny, polotovary, subdodávky, apod.) na výrobu dané kalkulační jednice (součásti, výrobku, dávky, zakázky, apod.) vyjádřenou v peněžních jednotkách. Stanovuje se na základě norem spotřeby materiálu.

Pro součást či jednoduchý produkt z jednoho druhu materiálu se stanoví:

$$PM_a = NS_{ma} * C_j \quad (15)$$

$PM_a$ – přímý materiál	[Kč]
$NS_{ma}$ – norma spotřeby materiálu	[Kg]
$C_j$ – jednotková cena	[Kč/kg]

Pro výrobky z více druhů materiálu se stanoví:

$$PM_a = \sum_{i=1}^m (NS_{ma} * C_j)_i \quad [Kč] \quad (16)$$

Pokud je kalkulační jednicí výrobní dávka ( $d_v$ ), pak přímý materiál dávky ( $PM_{a_{d_v}}$ ) stanovíme následujícím způsobem:

$$PM_{a_{d_v}} = PM_a * d_v \quad [Kč] \quad (17)$$

Pokud je kalkulační jednicí zakázka, vynásobíme přímý materiál počtem výrobních dávek ( $k$ ), které zakázka obsahuje:

$$PM_{a_z} = PM_{a_{d_v}} * k \quad [Kč] \quad (18)$$

**Vstupy:**

$NS_{ma}$ – norma spotřeby materiál	[Kg]
$C_j$ – jednotková cena	[Kč/kg]
$n$ – jednotlivé druhy materiál dle konstrukční dokumentace	
$d_v$ – výrobní dávka	[ks]
$k$ – počet výrobních dávek na zakázku	



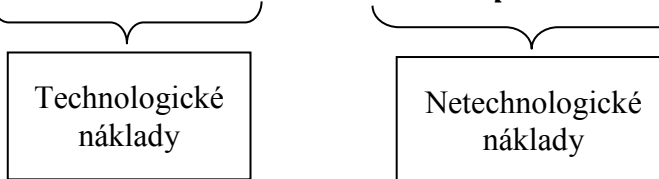
### Zpracovací náklady:

Nedojde-li při návrhu výrobního layoutu a navržení technologie výroby ke změně spotřeby materiálu, je možné složku přímý materiál  $PM_a$  považovat za konstantní (a do výpočtové fáze ji nezapočítávat) a nadále pracovat se zpracovacími náklady ( $ZN = VNV - PM_a$ ).

$$ZN = PM_z + RM_a + SN + NN + N_{netech} \quad (19)$$

Po rozepsání ZN:

$$ZN = PM_z + RM_a + SN + NN + N_{man} + N_{prost.} + N_{kont} \quad (20)$$



$$N_{tech.} = PM_z + RM_a + SN + NN \quad (21)$$

$$+ N_{netech.} = N_{man} + N_{prost.} + N_{kont} \quad (22)$$

ZN

kde,

$ZN$	... zpracovací náklady na výrobní úkol	[Kč]
$N_{tech.}$	... technologické náklady	[Kč]
$N_{netech.}$	netechnologické náklady	[Kč]
$PM_z$	... přímé mzdy	[Kč]
$RM_a$	... náklady na režijní materiál	[Kč]
$SN$	... strojní náklady	[Kč]
$NN$	... náklady na nástroje	[Kč]
$N_{man.}$	... náklady na manipulaci	[Kč]
$N_{prost.}$	... náklady na (volné) prostory	[Kč]
$N_{kont.}$	... náklady na kontrolu	[Kč]

úprava pro další zpracování:

$$ZN = N_{tech.} + N_{netech.} \quad [Kč] \quad (23)$$

Úpravou prostorového uspořádání výrobního systému lze ovlivnit zpracovací náklady.

Zpracovací náklady musí být vždy vztaženy k určitému výrobnímu úkolu.

Zpracovací náklady v oblasti výroby můžeme rozdělit do dvou základních skupin, a to na náklady na technologické operace a náklady na netechnologické operace.

$$ZN = N_{tech.} + N_{netech.} \quad [Kč] \quad (24)$$

## Ekonomické hodnocení technologických procesů

Tyto náklady jsou přímo spojené s výrobou, jsou dány výrobními procesy, technologií výroby, použitými výrobními stroji a jejich parametry. Tato oblast je z hlediska návrhu prostorového uspořádání výrobního systému neovlivnitelná.

**Přímé mzdy** představují spotřebu práce na danou kalkulační jednici, tj. základní mzdy výrobních dělníků. Stanovují se na základě výrobního postupu a norem času.

$$PM_z = \sum_{i=1}^n (N\check{c} * MzT)_i \quad (25)$$

PMz	...přímé mzdy	[Kč]
Nč	...norma času na operaci	[h]
MzT	...mzdový tarif	[Kč/h]
n	...počet operací	

Pokud je výrobní jednicí jedna výrobní dávka, pak normovaný čas na operaci  $N_{\check{c}}$  [Nmin] počítáme dle vztahu:

$$N_{\check{c}} = t_{AC} * d_v + t_{BC} \quad (26)$$

$t_{AC}$	...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]

Pokud je výrobní jednicí jeden produkt (součást), pak normovaný čas na operaci  $N_{\check{c}}$  [Nmin] počítáme dle vztahu:

$$N_{\check{c}} = t_{AC} + \frac{t_{BC}}{d_v} \quad (27)$$

Pokud je kalkulační jednicí zakázka, pak PMz výrobní dávky vynásobíme počtem dávek v zakázce (k).

**Vstupy:**

$N_{\check{c}}$	...norma času na operaci	[h]
MzT	...mzdový tarif	[Kč/h]
n	...jednotlivé operace dle výrobního postupu	

**Náklady na režijní materiál**, do kterého zahrnujeme např. mazací a řezné kapaliny, výrobní pomůcky, pomocný materiál, kancelářské potřeby apod., se většinou stanovují na kalkulační jednici pomocí přírážkové kalkulace s procentuální režijní přírážkou, kdy rozvrhovou základnu tvoří přímý materiál.

$$RMa = r_{RN} * PMa \quad [K\check{c}] \quad (28)$$

**Vstupy:**

PMa (nebo  $PMa_{dv}$  nebo  $PMa_z$ ) – přímý materiál [Kč] podle definované kalkulační jednice  $r_{RN}$  - režijní přírážka v % (podle spotřeby minulého období)

**Strojní náklady** představují náklady týkající se jednotlivých strojů a zařízení ve výrobní jednotce za dané časové období. Do výrobních nákladů na kalkulační jednici se rozpočítávají pomocí strojních hodinových sazeb.

$$SN = \sum_{i=1}^n (N_{\check{c}} * SHS)_i \quad (29)$$

SN	...strojní náklady	[Kč]
$N_{\check{c}}$	...norma času na operaci	[h]
SHS	...strojní hodinová sazba	[Kč/h]
n	...počet operací	

Pokud je výrobní jednicí jedna výrobní dávka, pak normovaný čas na operaci  $N_{\check{c}}$  [Nmin] počítáme dle vztahu:

$$N_{\check{c}} = t_{AC} * d_v + t_{BC} \quad (30)$$

$t_{AC}$	...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]

Pokud je výrobní jednicí jeden produkt (součást), pak normovaný čas na operaci  $N_{\xi}$  [Nmin] počítáme dle vztahu:

$$N_{\xi} = t_{AC} + \frac{t_{BC}}{d_v} \quad (31)$$

Pokud je kalkulační jednicí zakázka, pak SN výrobní dávky vynásobíme počtem dávek v zakázce (k).

Jednou z možných metodik používaných pro stanovení strojní hodinové sazby daného stroje či zařízení je následující metodika, která strojní náklady za období vyjadřuje tímto způsobem:

$$\begin{aligned} & \text{kalkulované odpisy} && [\text{Kč/období}] \\ & + \text{kalkulované úroky} && [\text{Kč/období}] \\ & + \text{prostorové náklady} && [\text{Kč/období}] \\ & + \text{náklady na energii} && [\text{Kč/období}] \\ & + \text{náklady na opravy} && [\text{Kč/období}] \\ & = \text{strojní náklady} && [\text{Kč/období}] \end{aligned}$$

$$\text{stojní hodinová sazba} = \frac{\text{strojní náklady} [\text{Kč/období}]}{\text{využitelný časový fond} [\text{h/období}]} \quad \left[ \frac{\text{Kč}}{\text{h}} \right] \quad (32)$$

*Pozn.*

*Prostorové náklady* jsou uváděny v [Kč] podle m<sup>2</sup> plochy technologických zařízení.

*Časový fond výrobního zařízení* je plánovaný počet dnů (hodin) jeho činnosti za rok.

*Kalendářní časový fond* je dán počtem dní v roce.

*Nominální časový fond* zjistíme z kalendářního fondu odečtením nepracovních dnů.

V hodinách jej vyjádříme prostřednictvím vynásobení počtem pracovních hodin ve dni.

*Využitelný (efektivní) fond* vypočteme z nominálního časového fondu odečtením plánovaných prostojů.

**Vstupy:**

$N_{\check{c}}$ ...norma času na operaci	[h]
SHS ...strojní hodinová sazba	[Kč/h]
$n$ ...jednotlivé operace dle výrobního postupu	

**Náklady na nástroje** představují náklady týkající se spotřeby nástrojů na jednotlivých strojích ve výrobní jednotce za dané časové období. Do výrobních nákladů na kalkulační jednici se rozpočítávají pomocí hodinových nákladových sazeb.

$$NN = \sum_{i=1}^n (N_{\check{c}} * HNS)_i \quad [\text{Kč}] \quad (33)$$

$N_{\check{c}}$ ...norma času na operaci	[h]
HNS ...hodinová nákladová sazba	[Kč/h]
$n$ ...jednotlivé operace dle výrobního postupu	

Pokud je výrobní jednicí jedna výrobní dávka, pak normovaný čas na operaci  $N_{\check{c}}$  [Nmin] počítáme dle vztahu:

$$N_{\check{c}} = t_{AC} * d_v + t_{BC} \quad (34)$$

$t_{AC}$ ...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]

Pokud je výrobní jednicí jeden produkt (součást), pak normovaný čas na operaci  $N_{\check{c}}$  [Nmin] počítáme dle vztahu:

$$N_{\check{c}} = t_{AC} + \frac{t_{BC}}{d_v} \quad (35)$$

Pokud je kalkulační jednicí zakázka, pak NN výrobní dávky vynásobíme počtem dávek v zakázce ( $k$ ).

$$HNS = \frac{\text{Náklady na nástroje [Kč/období]}}{\text{Využitelný časový fond [h/období]}} \quad [\text{Kč/h}] \quad (36)$$

Náklady na nástroje v daném období:

$$NN = \sum_{i=1}^r (z_v * NN_T)_i \quad [\text{Kč}] \quad (37)$$

$z_v$  ...počet výměn nástroje na daném stroji za období

$NN_T$  ...náklady na provoz nástroje vztažené na jednu trvanlivost [Kč/h]

$r$  ...druh nástroje

**Vstupy:**

$N_\xi$  ... norma času na operaci [h]

HNS ...hodinová nákladová sazba [Kč/h]

$n$  ...jednotlivé operace dle výrobního postupu

## Ekonomické hodnocení netechnologických procesů

Z hlediska uspořádání výrobního systému (layoutu) jedná se především o manipulační náklady, náklady na prostory a náklady na kontrolu. Náklady na kontrolu nelze změnou prostorového uspořádání výrobního systému ovlivnit, ale jsou součástí netechnologických nákladů. Zbývající netechnologické náklady lze rozdělit na dvě základní skupiny, s kterými budeme dále pracovat. Do jedné z těchto skupin můžeme zařadit náklady na manipulaci a do druhé skupiny náklady na „výrobní“ prostory. Tyto náklady se počítají podle kalkulačního členění do režijních nákladů. Optimálně navržený layout umožňuje tyto náklady snížit.

$$N_{netech.} = N_{man.} + N_{prost.} + N_{kontr.} \quad [\text{Kč}] \quad (38)$$

Nejvýznamnějšími náklady z pohledu návrhu výrobního layoutu a kritériální funkce jsou z netechnologických nákladů náklady na manipulaci.

### **Náklady na manipulaci**

Podle druhu výroby připadá až 90% času z celkové délky průběžných výrobních časů na logistické procesy. Součástí logistických procesů jsou též manipulační operace. Naším úkolem je tedy dosáhnout co nejefektivnějšího výkonu přepravy materiálu při co nejnižších nákladech za co nejkratší dobu. Toho lze dosáhnout vhodným nastavením dopravních cest bez zbytečného křížení a umístěním pracovišť s nejintenzivnějšími dopravními vztahy a největším objemem přepravovaného materiálu co nejbližší k sobě. Samozřejmě musíme počítat i s náklady na pořízení manipulační techniky a s tím spojenými náklady na provoz, údržbu, obsluhující zaměstnance atd. Dle objemu materiálového toku a možností manipulační techniky lze stanovit potřebný počet manipulační techniky.

**Náklady na manipulaci:**

$$N_{manc.} = N_{mzda} + N_{odpisy} + N_{údr.a ser.} + N_{ost.} + N_{eng.} \quad [\text{Kč/rok}] \quad (39)$$

$N_{manc.}$ .... náklady na manipulaci za rok pro určité man. zařízení [Kč/rok]

Jednotlivé složky manipulačních nákladů lze stanovit dle následujících vztahů:

**Náklady na mzdy** vztažené na určité časové období, jedná se o mzdové náklady pracovníka obsluhujícího manipulační techniku.

$$N_{mzda} = T_v * S_{mzdy} \quad (40)$$

$N_{mzda}$ ... mzda pracovníka obsluhujícího man. techniku (je-li nutný) [Kč/rok]

$T_v$  ... efektivní časový fond dělníka

$$T_v = (T_N - P_k - P_p) * P_h \quad (41)$$

kde

$T_v$  ... využitelný časový fond dělníka [h/rok]

$T_N$  ... počet pracovních dnů v roce (nominální časový fond) [den/rok]

$P_k$  ... průměrná výše dovolené [den/rok]

$P_p$  ... průměrná neplánovaná absence [den/rok]

$P_h$  ... počet hodin v jedné směně [h/směna]

$S_{mzdy}$  ... hodinová sazba [Kč/h]

Pokud je počet hodin v denních směnách různý, pak se využitelný časový fond vypočítá dle následujícího vztahu:

$$T_v = (T_N - P_k - P_p) * P_{hd} \quad (42)$$

kde

$P_{hd}$  ... počet hodin v jednom pracovním dni [h/den]

$S_{mzdy}$  ... hodinová sazba [Kč/h]

**Náklady na odpisy** daného manipulačního zařízení vztažené na určité období.

$$N_{odpis.} = \frac{PC}{t_E} \quad (43)$$

$N_{odpis.}$  ... odpisy manipulačního zařízení [Kč/rok]

PC ... pořizovací cena [Kč]

$t_E$  ... doba odpisování [rok]

**Náklady na údržbu a servis** manipulačního zařízení, do kterých jsou zahrnuté náklady na pravidelné i o nepředvídatelné opravy manipulačního zařízení.

$$N_{údr.a.servis} = \% \dots z\ opisů \quad (44)$$

$N_{údr.a.servis}$  ... náklady na údržbu a servis man. techniky [Kč/rok]

**Náklady ostatní** jsou náklady, do kterých jsou započítány náklady spojené s pojištěním, poplatky za licence, revize, zaškolení obsluhy atd.

$N_{ost.}$  ... náklady ostatní (pojištění, atd. ...) [Kč/rok]

**Náklady na energie** jsou náklady spojené s provozem daného manipulačního zařízení, spotřeba pohonných hmot, spotřeba elektrické energie atd.

$$N_{eng.} = (s * l * c) \quad (45)$$

$N_{eng.}$  ... náklady na energie [Kč/rok]

s ... spotřeba energie resp. pohonných hmot [v jednotkách spotřeby /km, atd.]

l ... délka přepravních tras/rok [km/rok]

c ... průměrná cena energie resp. pohonných hmot [Kč/za jednotku spotřeby]

Na základě celkových manipulačních nákladů a celkové ujeté dráhy daným manipulačním zařízením lze stanovit sazbu na jeden kilometr.

$$S_{nam.} = \frac{N_{manc}}{l_c} \quad (46)$$



kde,

$S_{nam}$ . ... sazba na manipulaci [Kč/km]

$N_{man}$ .... celkové náklady na manipulaci za rok pro určité man. zařízení [Kč/rok]

$l_c$  ... celková délka přepravních tras/rok [km/rok]

Vyjádření nákladů na manipulaci pokud je využíván jeden manipulační prostředek:

$$N_{man} = S_{nam} \cdot l \quad (47)$$

kde,

$N_{man}$ .... náklady na manipulaci pro určitý produkt určité man. zařízení [Kč]

$S_{nam}$ . .... sazba na manipulaci [Kč/km]

$l$  ... délka přepravních tras/rok pro určitý produkt [km]

Pokud je využíváno při manipulaci s produktem více manipulačních prostředků, pak:

$$N_{man} = \sum_{i=1}^n S_{nam} \cdot l \quad (48)$$

$N_{man}$ .... náklady na manipulaci pro určitý produkt [Kč]

$S_{nam}$ .... sazba na manipulaci [Kč/km]

$l$  ... délka přepravních tras/rok pro určitý produkt [km]

$n$  ... počet manipulačních zařízení použitých pro přepravu určitého produktu

Pokud je ve výrobě používáno více typů zařízení, musíme spočítat náklady pro každé zařízení zvlášť a sečíst je z hlediska celého materiálového toku.

### ***Náklady na společné výrobní prostory***

Společné výrobní prostory lze chápat jako 3D prostor a v některých případech ho lze zjednodušit na 2D prostor. Společné výrobní prostory jsou prostory, které nejsou zahrnuty do prostor náležející výrobním zařízením či prostor nutných k zajištění jejich funkčnosti. Náklady na společné výrobní prostory jsou dány především celkovou velikostí výrobních prostor udaných v jednotkách  $m^3$  resp.  $m^2$  a jsou dány určitou sazbou na jednotku bez ploch, na kterých jsou umístěna jednotlivá výrobní zařízení, ty jsou započítány do nákladů strojních.

Aby bylo možné správně přiřadit společné výrobní prostory jednotlivým produktům, je nutné vycházet z předpokladu, že velikost společných výrobní prostor daného produktu je úměrná velikosti materiálového toku daného produktu.

$$k_{\text{vedl.prost}} = \frac{N_{\text{na společné prostory celkové}}}{N_{\text{manipulaci celkové}}} \quad (49)$$

$k_{\text{společ.prost}}$	... koeficient využití společných prostor	
$N_{\text{na společné prostory celkové}}$	... celkové náklady na společné prostory	[Kč/rok]
$N_{\text{manipulaci celkové}}$	... celkové náklady na manipulaci	[Kč/rok]

Pro daný produkt stanovíme náklady na společné prostory navrženého layoutu takto:

$$N_{\text{společné prostory produktu A}} = N_{\text{manipulaci produktu A}} \times k_{\text{společ. prost}} \quad (50)$$

$N_{\text{spol. prostory produktu A}}$	... náklady na společné prostory např. produktu A	[Kč]
$N_{\text{manipulaci produktu A}}$	... náklady na manipulaci např. produktu A	[Kč]
$k_{\text{společ.prost}}$	... koeficient využití společných prostor	

### ***Náklady na výrobní prostory***

Náklady na výrobní prostory jsou náklady související s jednotlivými výrobními pracovišti. Pokud se jedná o strojní pracoviště, pak tyto náklady jsou součástí výpočtu strojních hodinových sazeb tzn., že jejich podíl ovlivňuje výši strojní hodinové sazby. V případě montážních pracovišť je nutné pro tyto náklady provést samostatný výpočet.

Náklady na výrobní prostory jsou udávány v jednotkách  $m^3$  resp.  $m^2$  a jsou dány určitou sazbou na jednotku plochy. Jedná se o plochy (např. u montážních pracovišť), které jsou jasně definovatelné pro určitý produkt a činnost a zároveň nejsou započítány do strojních nákladů.

$$N_{\text{výrobní prostory produktu A}} = S_{\text{velikost výrob. prostor produktu A}} \times S_{\text{výrobní prostor}} \quad (51)$$

$N_{\text{výrobní prostory produktu A}}$	... náklady na výrobní prostory např. produktu A	[Kč]
$S_{\text{velikost výrob. prostor produktu A}}$	... velikost výrobní prostor	[ $m^2$ resp. $m^3$ ]
$S_{\text{výrobní prostor}}$	... sazba na výrobní prostor	[Kč/ $m^2$ resp. $m^3$ ]

Tento ucelený souhrn rovnic slouží k výpočtu jednotlivých nákladů, které jsou součástí kritériální funkce. Ta slouží k výběru nejehospodárnější varianty daného výrobního layoutu.

### 9.2.1.2 Kritériální funkce

Prvotní zájem výrobních podniků je snižování celkových výrobních nákladů. Nemusí být vždy výhodnější zkracovat technologické operace, i když přinášejí hodnotu. Možností jak snížit celkové náklady je redukovat či minimalizovat netechnologické operace, protože nepřidávají hodnotu. Vhodným návrhem výrobního layoutu je možné tyto náklady redukovat, zejména náklady spojené s materiálovými toky.

Z hlediska hospodárnosti daného výrobního layoutu hodnotíme prostřednictvím nákladů příslušný materiálový tok. V tomto případě za materiálový tok považujeme pohyb předmětu výroby od skladu výrobních zásob přes jednotlivé pracoviště ke skladu hotových výrobků.

Kritériální funkce (K) byla odvozena na základě výpočtu VNV resp. ZN.

Při zachování funkčnosti a kvality daného produktu a dodržení termínu odevzdání za daných podmínek výroby by mělo platit pro nejehospodárnější výrobní layout:

*Dojde-li při návrhu výrobního layoutu a navržení technologie výroby ke změně spotřeby materiálu, pak kritériální funkce má následující tvar:*

$$\begin{aligned} & \text{Min}(K) = \text{Min}(VNV) \\ \text{Min}(K) = & \text{Min}(\underbrace{PMa + PMz + RMa + SN + NN + Nman}_{\text{Technologické náklady}} + \underbrace{Nprost. + Nkont}_{\text{Netechnologické náklady}}) \quad (52) \end{aligned}$$

*Nedojde-li při návrhu výrobního layoutu a navržení technologie výrob ke změně spotřeby materiálu, pak kritériální funkce má následující tvar:*

$$\begin{aligned} & \text{Min}(K) = \text{Min}(ZN) \\ \text{Min}(K) = & \text{Min}(\underbrace{PMz + RMa + SN + NN + Nman}_{\text{Technologické náklady}} + \underbrace{Nprost. + Nkont}_{\text{Netechnologické náklady}}) \quad (53) \end{aligned}$$

Postupným dosazováním do předepsaných rovnic s využitím uvedených výpočtových vztahů v kapitole 9 dostaneme vlastní náklady výroby či zpracovací náklady, resp. kritériální funkci pro jednotlivé návrhy výrobních layoutů zpracovaných v prováděcí fázi a hledáme ve vztahu k danému produktu takový návrh, který vykazuje nejnižší náklady. To znamená, že jednotlivé návrhy výrobního layoutu vzájemně porovnáváme z hlediska hospodárnosti a hledáme takový výrobní layout, který splňuje tuto kritériální funkci (52) resp. (53). Kritériální funkce nemusí být využívána vždy v plném rozsahu, resp. nemusí obsahovat všechny uvedené položky. V některých případech stačí porovnávat pouze ty položky kritériální funkce, u kterých dochází ke změně odpovídající příslušným změnám ve výrobním systému, charakterizovaným třemi základními faktory, a to prostorovým uspořádáním, výrobním zařízením a výrobním postupem uvedených v kapitole 9.2 (Návrh metodiky).

- 1) ***Změna prostorového uspořádání – je způsobena změnou typu výroby a tím dojde i ke změně technologie výroby resp. výrobním postupem. A dochází ke změně všech parametrů. V tomto případě se využívá kritériální funkce v celém rozsahu.***
- 2) ***Změna výrobního zařízení – v tomto případě zůstává stejný typ výroby a dochází k racionalizaci, kde mohou nastat 3 základní změny (modernizace, komplexnost a inovace). V tomto případě je nutné provést nákladovou analýzu a na jejím základě určit vztah racionalizačních změn a změn nákladů. Kritériální funkce pak obsahuje pouze ty položky nákladů, u kterých došlo ke změně.***
- 3) ***Změna pracovního postupu – vyvolá změnu nákladů jen v 3 složkách, a to nákladů na přímé mzdy, náklady na manipulaci a nákladů na prostory. Kritériální funkce pak obsahuje pouze tyto tři položky.***

Se změnou výrobního layoutu může docházet ke změně:

- Technologických i netechnologických nákladů popř. jejich složek  
nebo pouze:
- technologických nákladů či
- netechnologických nákladů

Výstupem hodnotící fáze je nejhospodárnější návrh výrobního layoutu ve vztahu ke konstrukčně-technologickému návrhu výrobku.

Jádrem navrhované metodiky je prováděcí fáze, ve které za pomoci schéma návrhu výrobního layoutu, podle povahy řešeného problému, vytváříme variantní návrhy výrobních layoutů. Na tuto fázi navazuje hodnotící fáze, v níž podle zvolené kritériální funkce nalézáme nejlepší variantu výrobního layoutu pro řešený problém. V této disertační práci bylo zvoleno jako nejdůležitější kritérium hospodárnosti při dodržení standardní kvality a dodržení požadované průběžné doby výroby tzn., že kritériální funkce byla charakterizována minimalizací nákladů.

Pokud pro hodnocení variantních návrhů layoutů je rozhodující jiné kritérium, např. ve vztahu k magickému trojúhelníku čas či kvalita, pak musí být vytvořeny jiné kriteriální funkce, které odpovídají požadavkům hodnocení. To znamená, že hodnotící fáze navrhované metodiky je flexibilní a lze ji upravit podle požadavků na hodnocení a výběr nejvhodnějšího návrhu layoutu.

## 10 Ověření navrhované metodiky

Ověření vytvořené metodiky v praxi je nejspolehlivějším ukazatelem, zda je metodika správně sestavena a má nejen teoretický, ale také praktický přínos.

Metodika byla se zohledněním specifických podmínek prakticky ověřována na několika případech v průmyslových podnicích Kermi Stříbro s.r.o., Loma Systems Dobřany atd.. Metodiku však nebylo možné v některých případech aplikovat v celém rozsahu z důvodu nedohledatelnosti některých nezbytných dat. Na základě těchto výsledků, resp. zjištění, je možné doporučit podnikům, aby tato data vytvářely a evidovaly je v takové formě, aby bylo možné tuto metodiku s úspěchem v reálném prostředí aplikovat.

Jako vhodný objekt k verifikaci dané metodiky byl zvolen projekt reorganizace výroby sprchových koutů ve společnosti Kermi Stříbro s.r.o. V rámci dlouhodobé spolupráce s tímto podnikem bylo možné dohledat potřebná data nutná při aplikaci vytvořené metodiky. Jedná se o výrobní závod v divizi topné techniky a sanitární techniky AFG Arbonia-Forster-Holding AG. AFG je akciová společnost, která sídlí v Arbonu ve Švýcarsku. Divize topné a sanitární techniky je největší z pěti divizí AFG Arbonia-Forster-Holding AG, v roce 2010 vytvořila obrát okolo 10,5 miliard CZK a zaměstnává okolo 2600 zaměstnanců [64]. Tato divize je vedoucím evropským prodejcem radiátorů a sprchových koutů. Tyto produkty jsou uvedeny na trh pod značkami Kermi, Arbonia, Prolux a Aqualux [63]. Kermi s.r.o. je druhým největším výrobním závodem v této divizi hned po závodu v Plattlingu (Německo), zaměstnává cca 750 pracovníků. Operuje na výrobní a logistické ploše přes 50 000 m<sup>2</sup> a produkuje ročně více než půl miliónu radiátorů a několik desítek tisíc sprchových koutů.

Sprchové kouty programu **CADA** se v podniku vyrábí v mnoho tvarových a rozměrových variacích (cca 17 různých typů), a to buď v odstínu stříbrné s vysokým leskem, nebo v barvě bílé. Výplně jsou z tvrzeného bezpečnostního nebo syntetického skla. Jedná se o výrobu středně sériovou, která je rozdělena do dvou oblastí - výroba polotovarů a v druhé části jejich následné zpracování (montáž finálních výrobků).

Cílem projektu s využitím navrhované metodiky bylo optimalizovat daný výrobní úsek z pohledu efektivity práce a redukce výrobních ploch. Jedná se o reorganizaci výroby při zachování stávajícího výrobního portfolia a s využitím současného strojního zařízení.

Jednotlivé body projektu byly strukturovány tak, aby v plném rozsahu odpovídaly nadefinovaným krokům navržené metodiky.

### I. PŘÍPRAVNÁ (ANALYTICKÁ) FÁZE

V této fázi byly zpracovány požadované výstupy z podkladů týkajících se oblasti konstrukce daných produktů, tedy výkresová dokumentace, kusovníky, technické podmínky atd., které byly společně s technologickými informacemi, jako jsou výrobní postupy, technologické normy a technologií výroby jako takovou, nepostradatelnou částí pro analytickou část projektu. Dalším bodem byl rozbor plánů výroby jednotlivých typů výrobků a predikce pro další časové období, která potvrzuje stávající typ výroby. Ve spolupráci s ekonomickým oddělením podniku byly vydefinovány jednotlivé nákladové sazby, které jsou nutné pro aplikaci metodiky. Dále byl ve spolupráci s TPV vytvořen přesný layout výrobního úseku obsahující nezbytné informace o prostorovém uspořádání jednotlivých strojů, zařízení, materiálu atd., prvků konstrukce (sloupy, podpěry, rampy, základny strojů), vstupů a výstupů (dveře, vrata, nájezdy, rampy), rozvodů, druhů přepravy

atd. Celý výrobní layout byl vytvořen v softwaru visTable, byl vytvořen model 2D a 3D pro lepší orientaci viz *Obr. 10-1 a Obr. 10-2*.

Stručný popis výrobního úseku (*Obr. 10-1 a Obr. 10-2*), který se rozkládá na celkové ploše 2527 m<sup>2</sup> a je rozdělen do dvou částí, je proveden následujícím způsobem:

***V první polovině haly (cca 1485 m<sup>2</sup>) se nachází tato pracoviště:***

- DA 70 – myčka,
- DA 71 – klínovačka,
- DA 10, 11, 12, 13 – pily,
- DA 20, 21, 22, 23, 24 – lisy,
- DA 39 – lepení,
- DA 40 – kompletace příslušenství,
- DA 41 – předmontáž,
- DA 42, 43 – předmontáž „rolničky“.

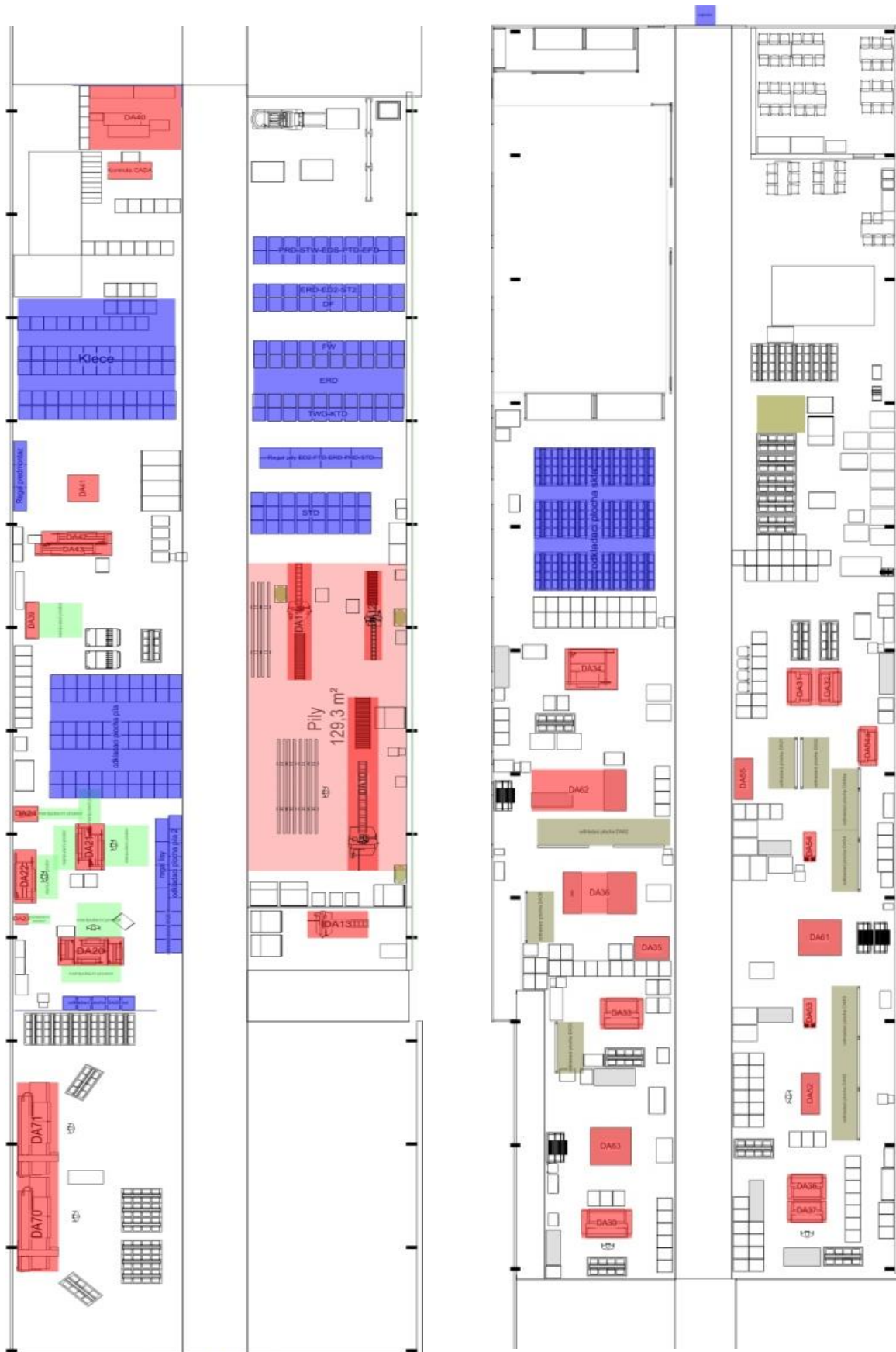
U všech pracovišť, která se nacházejí v této polovině haly, je uplatňován princip tlaku, tj. vyrábí se zde nezakázkově. Tato pracoviště nejsou znormována, není nastaven systém JIT a i proto se v tomto výrobním systému vytvářejí velmi vysoké mezioperační zásoby. Také je zde situován mezisklad, ve kterém jsou skladovány jednotlivé přepravní jednotky, v tomto případě koše s danými typy profilů, které jsou připraveny pro následnou montáž. Za pracovištěm pil jsou umístěny regály, ve kterých jsou uskladněny přepravky s krátkými profily. Celý tento mezisklad je zobrazen na 2D layoutu, a to modrou plochou a na 3D leteckém snímku je znázorněn pomocí zelených košů.

***Ve druhé polovině haly (cca 833 m<sup>2</sup>) se nachází především pracoviště montážní:***

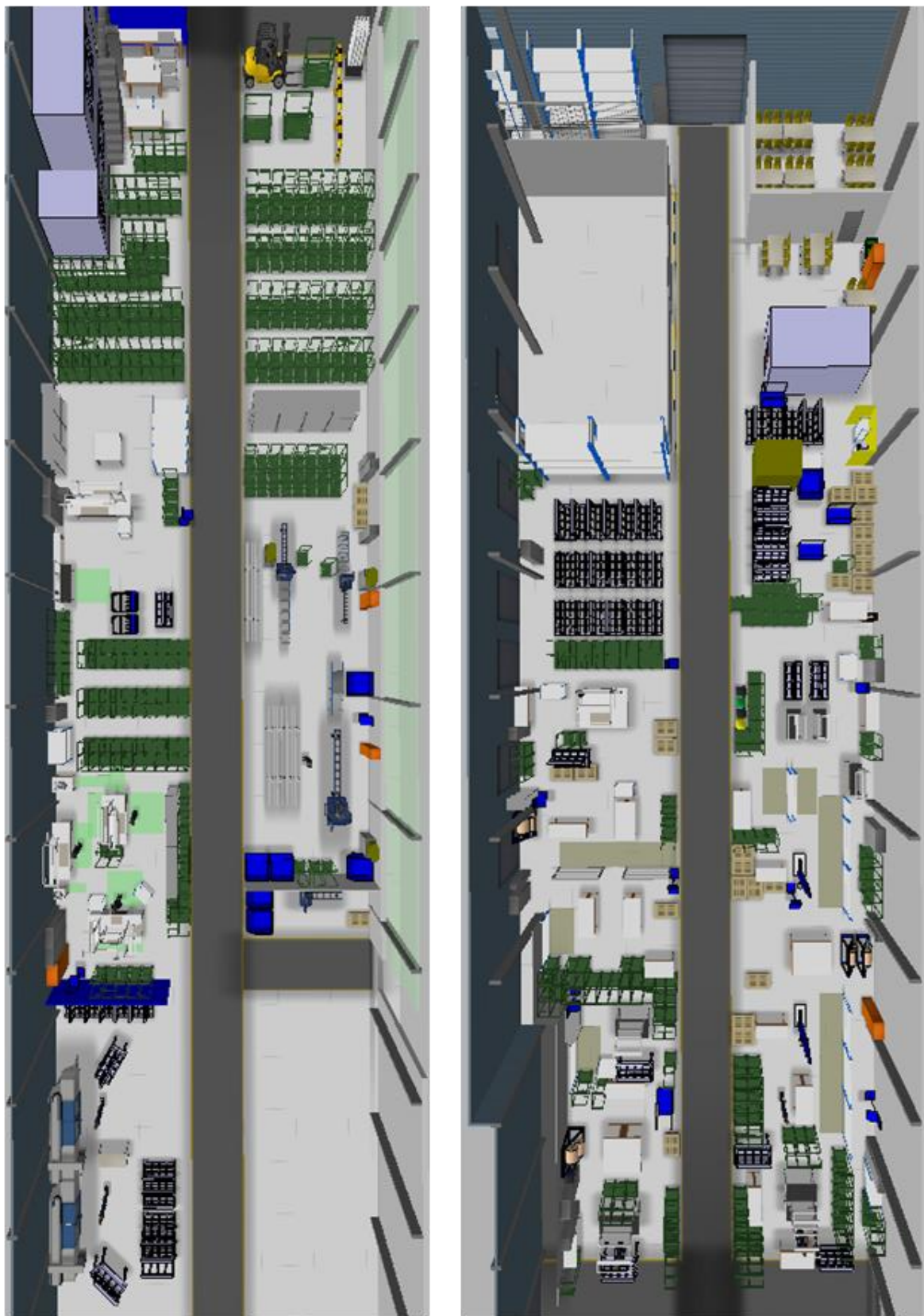
- DA 30 – montáž dveří PRD a ERD,
- DA 33 – montáž dveří PTD, EFD, EDS a rámu PRD, EFD, EDS,
- **DA 63 – balení ERD, PTD, PRD, EFD a EDS,**
- DA 34 – montáž dveří STW a stěn TWD,
- DA 55 – kompletace zástěn DF(T),(S),(E), dveří STW a rámu STW,
- DA 35 – montáž dveří FW2 a FW3,
- DA 36 – montáž dveří KTD, rámu KTD a kompletace zástěn FW2 a FW3,
- **DA 62 – balení TWD, KTD, DF(T),(S),(E), STW, FW2 a FW3,**
- DA 31 – montáž rámu ERD, ST2 a ED2,
- DA 32 – montáž dveří ED2, ST2 a rámu ERD,
- DA 54a – kompletace dveří ED2 a rámu ED2,
- DA 55 – kompletace dveří ST2 a rámu ST2,
- DA 54 – kontrola ED2 a ST2,
- **DA 61 – balení ED2, ST2, STD a FTD,**
- DA 37a – navlékání gumových těsnění na dveře STD,
- DA 37 – montáž dveří STD,
- DA 38 – montáž dveří FTD,
- DA52 – kompletace dveří STD, FTD a rámu STD, FTD,
- DA 53 – kontrola STD a FTD.

V druhé polovině haly se nacházejí především montážní, kompletační pracoviště a balení. Určitou plochu zde opět zabírá rozpracovaná výroba a díly určené ke kompletaci. V této části je uplatňován princip tahu, tj. vyrábí se zde zakázkově. Jednotlivá pracoviště jsou uspořádána tak, že po provedení určitých úkonů je daný rozpracovaný výrobek uložen na odkládací plochu a je zpracováván až po zpracování určité výrobní dávky. Mezi jednotlivými pracovišti jsou tak vytvářeny mezioperační sklady s rozpracovanou výrobou, které zabírají velkou část výrobní plochy. Stejně jako u první části zde není zaveden systém JIT či JIS, kterým by byly řízeny jednotlivé materiálové položky. Je zde uloženo velké množství rozpracované výroby a materiálu určeného ke zpracování. Ve výrobě je skladován i v současné době již nepoužívaný materiál či šrot. Výroba je značně nepřehledná a zabírá příliš mnoho prostoru, který by mohl být efektivněji využit. Na Obr. 10-1 a *Obr. 10-2* jsou uvedeny layouty výroby před provedením optimalizace.





Obr. 10-1 Pohled 2D výrobní úsek CADA



*Obr. 10-2 Pohled 3D výrobní úsek CADA*

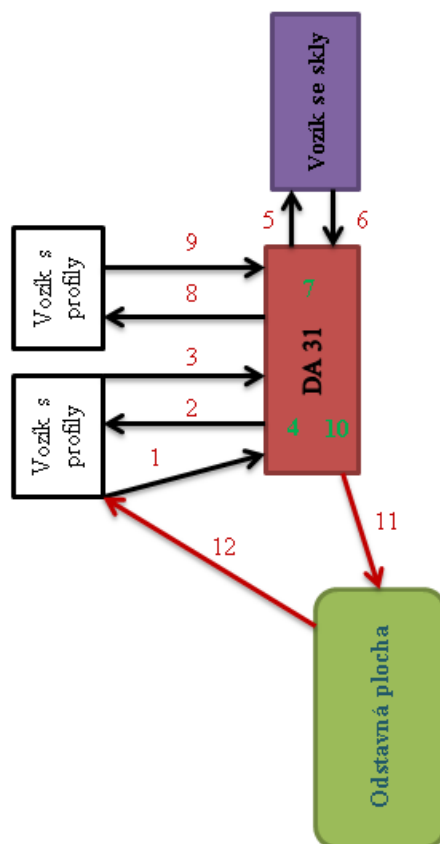
Jako další bod, který je stále součástí přípravné fáze, bylo provedení analýz jednotlivých výrobních pracovišť, resp. byly provedeny časové studie práce u všech montážních, kontrolních a balících pracovišť. Jednalo se konkrétně o **plynulé chronometráže**, při které byly sledovány a měřeny časy připadající na dané operace. Jako další nástroj při analýze pracovišť byl využit tzv. „*spaghetti diagram*“, který slouží k zaznamenání jednotlivých pohybů pracovníka na pracovišti. Kombinace těchto dvou nástrojů slouží k odhalení nadbytečných pohybů pracovníka a rozdělení činností na činnosti hodnotu přidávající a hodnotu nepřidávající. Což je dále východiskem pro optimalizace jednotlivých pracovišť.

Příklad vyhodnocení vybraného pracoviště DA 31 je uveden na *Obr. 10-3*.

### Pracoviště DA 31 – montáž rámů ED2

Pohyby a úkony	[s]					[s]	[s]	[s]	[s]
	1. náměř	2. náměř	3. náměř	4. náměř	5. náměř	Průměrná hodnota	Maximum	Minimum	Průměr bez extrémů
1	3	3	2	2	3	3	3	2	3
2	5	8	7	7	8	7	8	5	7
3	8	12	10	11	12	11	12	8	11
4	20	19	18	17	19	18	20	17	19
5	24	21	23	20	23	22	24	20	22
6	30	25	27	25	27	27	30	25	26
7	38	40	55	30	32	38	55	30	38
8	37	42	57	32	34	40	57	32	38
9	39	44	59	34	35	42	59	34	39
10	99	101	103	104	91	100	104	91	101
11	105	106	109	109	96	105	109	96	107
12	111	113	115	114	102	111	115	102	113

Tab. 10-1 Naměřené časy pohybů a úkonů jednoho pracovníka na pracovišti DA 31



Obr. 10-3 Spaghetti diagram zobrazující jednotlivé pohyby a úkony pracovníka na pracovišti DA 31

Pohyby a úkony		čas [s]	%
Technologický čas	4,7,10	74	68%
Netechnologický čas	1,2,3,5,6,8,9,11,12	34	32%

Tab. 10-2 Technologické a netechnologické časy jednotlivých pohybů a úkonů

Čas celé operace	
min	s
1	53
1 pracovník	

Tab. 10-3 Čas celé operace na pracovišti DA 31

Na základě provedených analýz byly zjištěny skutečné spotřeby časů na dané operace a bylo možné identifikovat plýtvání, která vznikají nevhodným návrhem výrobního layoutu a systému řízení pro všechna montážní, kompletační, kontrolní a balící pracoviště.

Získání všech relevantních dat v přípravné fázi je základním předpokladem pro účinnou aplikaci metodiky a výchozím bodem pro fázi prováděcí. Na základě těchto informací byl navržen vhodný výrobní systém, resp. výrobní layout. To vše s minimalizací plýtvání (Muda), které bylo odhaleno při provedených analýzách. Jako největší plýtvání lze označit skladování rozpracované výroby ve všech fázích výroby, neustálou manipulaci s rozpracovanou výrobou, transport, zbytečné pohyby a činnosti.

## II. PROVÁDĚCÍ FÁZE

Tato fáze slouží k návrhu variant výrobního layoutu, resp. výrobního systému jako celku. Po důkladné analýze ve fázi přípravné byl objeven velký potenciál v organizaci práce jednotlivých výrobních pracovišť, který má v konečném důsledku velký vliv na redukci nákladů.

Po zmapování současného stavu a provedených analýzách lze říci, že se jedná o malosériovou až středně sériovou výrobu, která je v současné době uspořádána kombinací technologického a předmětného uspořádání. V první polovině výrobního úseku jsou pracoviště uspořádána technologicky. Jedná se zejména o pracoviště myčky, klínovačky, pil a lisů. Naopak pracoviště umístěná ve druhé polovině haly jsou uspořádána předmětně dle materiálového toku. Jednotlivá pracoviště tvořící předmětné uspořádání nejsou vzájemně vybalancovaná, což způsobuje neefektivitu jednotlivých pracovišť a pracovníků a nutnost vytvářet odkládací plochy pro rozpracovanou výrobu. Na některých plochách je v určitém okamžiku dokonce i několik desítek rozpracovaných sprch. Z konstrukčního pohledu jsou jednotlivé sprchové kouty podobné, avšak není při jejich konstrukci uvažováno se standardizací jednotlivých dílů, což by přineslo možnost zpracovávat na stejných strojích různé typy, z toho důvodu jsou jednotlivé typy sprchových koutů vyráběny na několika různých strojích. Při rozřazení produktů do skupin lze použít již zmiňovanou metodu podobnostních polí, viz kap. 9, Tab. 9-3 *Podobnostní pole*.

V souhrnu, je pro 17 typů sprchových koutů nutno použít několik sesazovacích strojů, které tvoří 4 samostatné výrobní buňky.

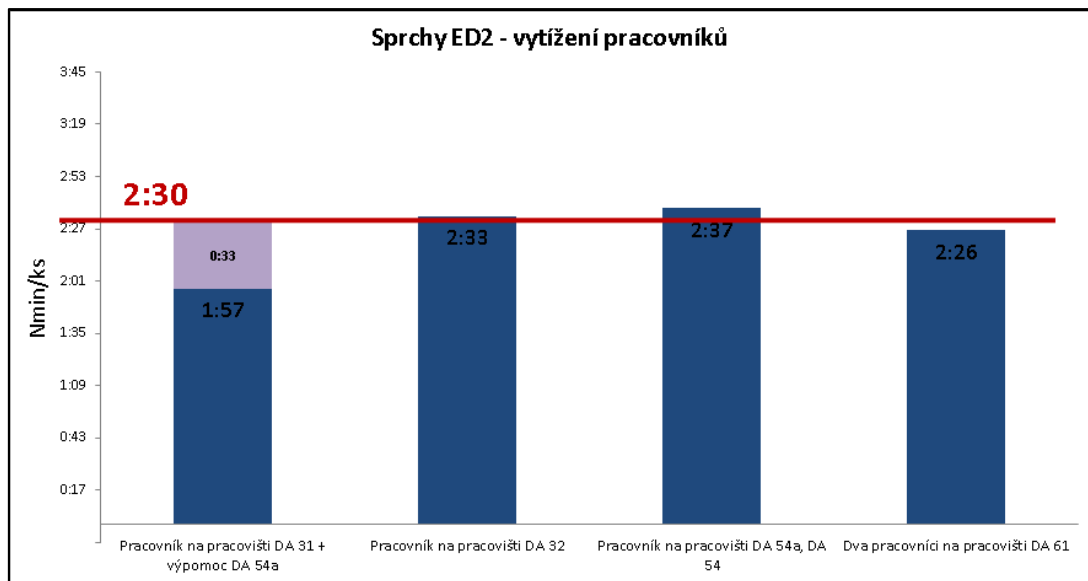
Tým	Varianta sprchy	Tým	Varianta sprchy
Zelený	ED2	Modrý	STD
	ST2		FTD
Červený	TWD	Žlutý	ERD
	KTD		PTD
	DF(T),(S),(E)		PRD
	STW		EDS
	FW3		EFD
	FW2		

Tab. 10-4 Čtyři navrhované montážní buňky

Po provedených analýzách a návrzích se jako nejlepší varianta pro tento typ výroby jeví zachování stávající kombinace technologického uspořádání pro první část výroby, tedy pracoviště myčky, klínovačky, pil a lisů, a předmětného uspořádání v části montáže, s tím rozdílem, že bude nastaven tok jednoho kusu, a to pro všechna pracoviště montážní, kompletační, kontrolní a balící. Výhoda tohoto způsobu výroby spočívá v minimalizaci mezioperačních zásob, rychlé reakci na vniklou nekvalitu a poměrně nízké průběžné době výroby. K tomuto systému musí být přesně nadefinován systém zavážení materiálu JIT či JIS, které jsou pro tento systém nepostradatelné. V systému toku jednoho kusu je dále nepostradatelné vybalancování jednotlivých výrobních operací tak, aby nedocházelo k čekání na následující operaci či operaci předcházející. Všechna pracoviště musí mít předem nadefinovaný takt výroby pro daný typ produktu. Balancování jednotlivých pracovišť a návržení výrobního taktu bylo součástí projektu a příklad je ukázán v Tab. 10-5 a Tab. 10-6.

Navrhovaný takt na výrobu sprchy ED2									
Pracoviště	Potřebný počet rámu na 1 sprchu	Potřebný počet dveří na 1 sprchu	Čas jednotkový (ta)	Ušetřené časy nadbytečných pohybů (tp)	Koeficient přírůžky směnového času	Stanovené normy časů na 1 sprchu (TAC)	TAKT (Nmin/ks)	Počet pracovníků na pracovištích	Poznámky
	(ks)	(ks)	(s)	(s)	(kc)	(Nmin/ks)			
DA 31	1	-	113	11	1,14	1 : 57	2:30	1	+ výpomoc DA 54a
DA 32	-	1	146	12	1,14	2 : 33		1	-
DA 54a	-	-	58	9	1,14	0 : 56		1	-
DA 54	-	-	98	10	1,14	1 : 41		2	-
DA 61	-	-	138	10	1,14	2 : 26			
Celkový potřebný počet pracovníků:								5	
Produktivita jednoho pracovníka (ks/směna):								34	
Produktivita celého týmu (ks/směna):								168	

Tab. 10-5 Navrhovaný výrobní takt na jednu sprchu ED2 v pěti pracovištích



Graf 1 Vytížení jednotlivých pracovníků na daných pracovištích

Tým	Varianta sprchy	Výrobní takty	Potřebný počet pracovníků
		(Nmin/ks)	
Zelený	ED2	2:30	5
	ST2	3:00	6
Červený	TWD	3:00	4
	KTD	3:00	5
	DF(T),(S),(E)	4:00	3
	STW	4:00	4
	FW3	8:00	3
	FW2	5:30	3
Modrý	STD	5:00	5
	FTD	5:00	5
Žlutý	ERD	10:30	3
	PTD	3:30	3
	PRD	5:30	4
	EDS	8:00	3
	EFD	8:00	3

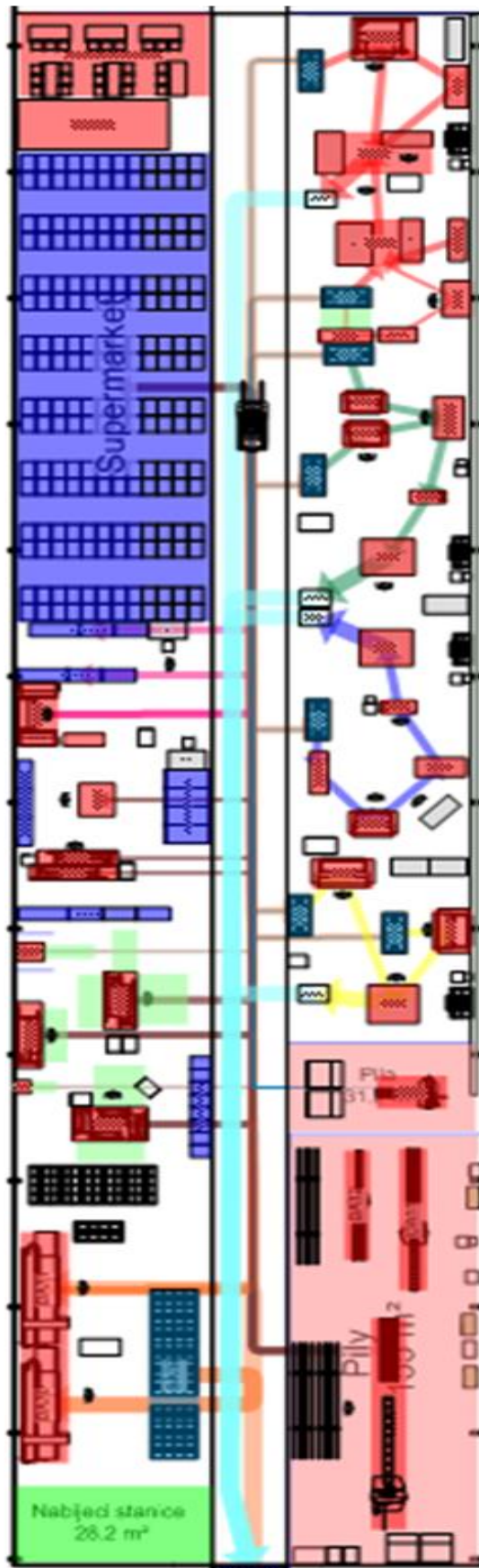
Tab. 10-6 Nově stanovené výrobní takty s počty pracovníků pro jednotlivé týmy

V rámci této části metodiky byly navrženy varianty vedoucí k optimalizaci současného stavu a odstranění jeho nedostatků.

## Navrhovaná varianta 1

Jak již bylo zmíněno, pro tento výrobní systém se jeví jako nejvhodnější, zachování stávající kombinace technologického uspořádání pro první část výroby, tedy pracoviště myčky, klínovačky, pil a lisů, a předmětného uspořádání v části montáže. Na základě vybalancování jednotlivých pracovišť bylo možné stanovit takt pro jednotlivé operace a nastavit výrobní systém tak, že na jednotlivých montážních pracovištích, pracovištích kompletace a balení bylo možné zavedení toku jednoho kusu. Tento systém organizace práce zajišťuje, že není zapotřebí tvořit mezi jednotlivými pracovišti jakékoli zásoby výrobního materiálu. Jednotlivá pracoviště byla navržena dle zásad 5S a tak, aby odpovídala ergonomickým požadavkům. Na jednotlivých pracovištích jsou umístěny jen potřebné nástroje a spojovací materiál. Materiál určený ke zpracování (profily dlouhé, profily krátké, skla, příslušenství, atd.) je uskladněn v meziskladu – supermarketu, který je stejně jako spojovací materiál řízen kanbanovým systémem. Do tohoto supermarketu jsou na základě požadavků systému dodávány jen finální díly zaručené kvality od jednotlivých pracovišť přípravy. Tento supermarket je centrálním skladem pro všechny díly připravené k montáži. Jedná se o výrobu systémem využívající systém JIT. Na jednotlivá pracoviště jsou tedy dovezeny stojany s díly (skla, profily krátké, profily dlouhé) pouze v počtu pro danou výrobní dávku a v požadovaném čase což zaručuje snížení mezioperačních zásob tedy efektivnější využití výrobní plochy. Po zpracování dané dávky je nutno vyměnit stojany za nově naplněné, připravené k další výrobě. Tento systém je poněkud náročnější na organizaci práce a systém řízení, kdy řídicí personál musí správně pracovat s plánem výroby a musí zajistit, aby materiál byl neustále k dispozici a byl dodržován takt výroby jednotlivých pracovišť.

Layout (*Obr. 10-4* a *Obr. 10-5*) u této varianty je nastaven tak, aby celkový materiálový tok šel po směru hodinových ručiček a měl tvar U. Z layoutu je zřejmé nové prostorové uspořádání jednotlivých výrobních pracovišť, jejichž plocha je z důvodu redukce mezioperačních zásob značně zredukována. Přehlednost systému je také dána vytvořením supermarketu, ve kterém jsou umístěny a řízeny všechny položky potřebné k montáži daného produktu. Tímto systémem jsou tedy odstraněny všechny mezioperační zásoby a odstraněno plýtvání v podobě neustálého hledání potřebného materiálu, zbytečných pohybů a činností, čekání na materiál, transportu a manipulace. Hlavními přínosy jsou však snížení výrobní plochy o 41%, snížení přepravní vzdálenosti (v navrhovaném layoutu nebude nutné využívat vysokozdvizný vozík k rozvozu materiálu po výrobní hale) a odstranění zbytečných pohybů na pracovišti a tím i zvýšení produktivity práce.



Obr. 10-4 Výrobní layout varianta 2 s materiálovými toky pohled 2D

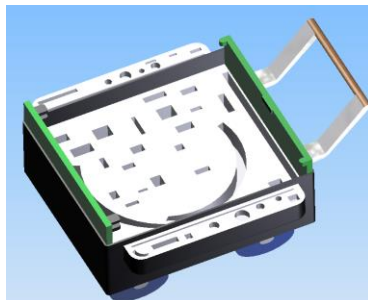


Obr. 10-5 Výrobní layout varianta 2 pohled 3D



## Navrhovaná varianta 2

Tato varianta vychází ze stejného základu jako varianta 1, který se pro tuto výrobu jeví jako nejvhodnější, tedy kombinace technologického a předmětného uspořádání se zavedením toku jednoho kusu pro pracoviště montáží, kompletace a balení, při nastavení stejného systému a taktů linky. Jedná se tedy také o stejný systém řízení meziskladu, resp. supermarketu, který slouží k zásobování jednotlivých kompletačních pracovišť s tím rozdílem, že u této varianty je využíván systém JIS. Na základě plánu výroby připravář připravuje potřebné profily a drobný materiál pro konkrétní zakázky do speciálních transportních vozíků. Kde jeden vozík slouží na montáž jedné sprchy. Takto připravené vozíky jsou připojeny v závislosti na skladbě zakázek k tzv. „Spurmausům“ neboli myším, které v jednotlivých taktech rozvázejí tyto „Kittingové boxy“ mezi jednotlivá pracoviště. Pracovník daného pracoviště vyjme z vozíku potřebný díl a použije jej k montáži daného sprchového koutu. Vozík přejezdě automaticky na další pracoviště, kde budou použity další díly. Jedná se o moderní automaticky řízené přepravní jednotky, viz Obr. 10-7. Celkem je pro tuto variantu zapotřebí nakoupit 12 speciálních „Kittingových vozíků“ a 6 automaticky řízených přepravních jednotek tzv. „Spurmausů“. Jedná se o AGV dopravní systém.



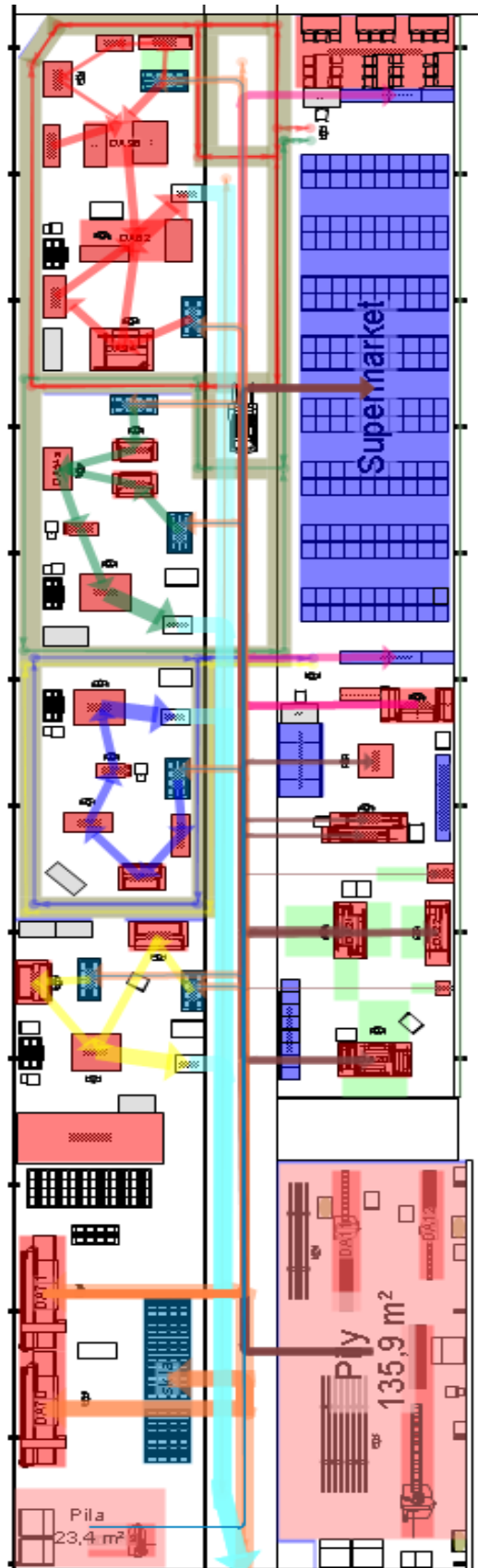
Obr. 10-6 Kittingový vozík



Obr. 10-7 Přepravní manipulační jednotka tzv. „Spurmaus“ AGV vozík [62]

Takto navržený výrobní layout resp. výrobní systém klade velký důraz na dodržování nastavených pravidel, dodržování výrobních taktů, JIT vhodného plánování výroby atd. Na druhé straně však zajišťuje stabilitu procesu, snížení mezioperačních zásob (tím i redukcí výrobní plochy) snížení záměny dílů (poka yoke), zpřehlednění výrobního procesu a zvýšení produktivity práce.

Nevýhoda tohoto návrhu je, že celkový materiálový tok jde proti směru hodinových ručiček což je způsobeno uspořádáním pil těsně před pracoviště lisů resp. supermarket a další omezující podmínkou je vytvoření prostoru pro dráhu AGV vozíků, což přináší mírné snížení výrobní plochy.



Obr. 10-8 Výrobní layout varianta 1 s materiálovými toky pohled 2D



Obr. 10-9 Výrobní layout varianta 1 pohled 3D

### III. HODNOTÍCÍ FÁZE

Tato fáze slouží k ekonomickému zhodnocení navržených variant výrobních layoutu, resp. výrobních systémů.

V tomto případě, jak již bylo zmíněno v předešlé části, se jedná pouze o reorganizaci současného výrobního systému při zachování stejného výrobního portfolia a se zachováním současného výrobního zařízení. Jedná se tedy o 3. typ změny – reorganizace, uvedené na str. 77, kap. 9.2, kdy nedochází ke změně technologie výroby, a tedy ani změně zpracovávaného materiálu. Reorganizace je tedy zaměřena především na změnu organizace práce a návrh nového výrobního layoutu s důrazem na snížení výrobní plochy, odstranění zbytečných pohybů pracovníka na pracovišti (zvýšení produktivity) a minimalizaci materiálového toku, resp. přepravního výkonu.

Jelikož nedojde při návrhu layoutu, resp. výrobního systému, ke změně spotřeby materiálu, není při hodnotící fázi nutné počítat s náklady na přímý materiál, který lze považovat za konstantní. Pro hodnotící fázi budeme tedy pracovat s kriteriální funkcí ve tvaru.

Kriteriální funkce po rozepsání:

$$\mathbf{Min}(K) = \mathbf{Min}(PMz + RMa + SN + NN + Nman + Nprost. + Nkont)$$

Z těchto nákladů je možné některé dále považovat za konstantní, protože při reorganizaci výroby nedošlo v jejich případě ke změně oproti původnímu stavu. Jedná se o:

**RMa** – náklady na režijní materiál, které jsou vypočítány jako procentuální vyjádření nákladů na materiál. Ty se při reorganizaci výrobního systému nemění a je možné je stejně jako náklady na přímý materiál považovat za konstantu.

**PMz** – mzdové náklady, ve kterých jsou obsaženy jak mzdové náklady obsluhy strojních zařízení, tak i mzdové náklady na montážních pracovištích. V dalším postupu počítáme pouze s tou částí mzdových nákladů, která se týká montážních prací, neboť tyto náklady jsou ovlivněny provedenou racionalizací. Ostatní mzdové náklady zůstávají konstantní.

**SN** – strojní náklady, nejsou tímto typem reorganizace žádným způsobem ovlivněny a zůstávají tedy beze změny. Jedná se tedy o stejný případ jako u předešlých dvou nákladových položek a při výpočtu úspory nákladů je můžeme považovat za konstantu.

**NN** – náklady na nástroje, jsou úzce spjaté se SN a nedošlo-li ke změně nástrojů či typu strojního zařízení zůstávají NN také beze změny.

**Nkont** – zůstávají u tohoto typu reorganizace také beze změny a v tomto případě nejsou ani započítány, z důvodu nulových nákladů na kontrolu ve všech variantních řešeních daného výrobního systému.

Kriteriální funkce po úpravách:

$$\mathbf{Min}(K) = \mathbf{Min}(PMz + Nman + Nprost.)$$

Takto upravený vzorec použijeme pro vyjádření nákladů pro jednotlivé variantní návrhy a k výběru nejehospodárnější varianty.

Kompletní výpočet pro všech 17 typů sprchových koutů byl proveden pomocí programu Microsoft Excel a je uveden v příloze 1. V následující části je naznačen postup kompletního propočtu podle jednotlivých nákladových položek kritériální funkce. Každá položka je vypočtena pro stávající stav a pro navrhované varianty 1 a 2.

## Postup výpočtu kritériální funkce

### 1) Výpočet nákladů na mzdy ( $PM_z$ )

$$PM_z = \sum_{i=1}^n (N\check{c} * MzT)_i$$

$$MzT = 3 \text{ Kč}/N\text{min}$$

Typ	Množství (ks/rok)	Mzdové náklady PMz (Kč/ks) ST	Mzdové náklady PMz (Kč/ks) Var. 1	Mzdové náklady PMz (Kč/ks) Var. 2
Ed2	19500,00	41,10	37,50	37,50
Twd	14165,00	36,45	36,00	36,00
Std	7150,00	81,30	75,00	75,00
Ktd	5500,00	45,57	45,00	45,00
Df(T),(S), (E)	4500,00	38,40	36,00	36,00
St2	5200,00	64,20	54,00	54,00
Erd	2300,00	101,85	94,50	94,50
Ptd	2700,00	39,15	31,50	31,50
Stw	3500,00	51,96	48,00	48,00
Prd	3250,00	73,80	66,00	66,00
Ftd	1000,00	78,42	75,00	75,00
Fw3	100,00	75,90	72,00	72,00
Fw2	80,00	53,40	49,50	49,50
Eds	275,00	79,50	72,00	72,00
Efd	150,00	79,50	72,00	72,00

Tab. 10-7 Mzdové náklady pro jednotlivé produkty

## 2) Výpočet nákladů na manipulaci

$$N_{man\ celk.\text{produktu } A} = S_{nam.} * l$$

$$S_{nam. vzv} = 4,75 \text{ Kč/km}$$

$$S_{nam. AGV} = 12,5 \text{ Kč/km}$$

Typ	Množství (ks/rok)	Náklady na manipulaci (Kč/ks) ST	Náklady na manipulaci (Kč/ks) Var. 1	Náklady na manipulaci (Kč/ks) Var. 2
Ed2	19500,00	0,08	0,07	0,78
Twd	14165,00	0,12	0,10	0,90
Std	7150,00	0,07	0,06	0,99
Ktd	5500,00	0,08	0,06	0,86
Df(T),(S), (E)	4500,00	0,08	0,06	0,86
St2	5200,00	0,08	0,07	0,78
Erd	2300,00	0,11	0,09	1,01
Ptd	2700,00	0,11	0,09	1,01
Stw	3500,00	0,08	0,06	0,86
Prd	3250,00	0,11	0,09	1,01
Ftd	1000,00	0,07	0,06	0,99
Fw3	100,00	0,08	0,06	0,86
Fw2	80,00	0,08	0,06	0,86
Eds	275,00	0,11	0,09	1,01
Efd	150,00	0,11	0,09	1,01

Tab. 10-8 Náklady na manipulaci pro jednotlivé produkty

## 3) Výpočet nákladů na prostory celkové

Pro výpočet nákladů na prostory celkem je nutné sečíst *společné výrobní prostory* a výrobní prostory. K tomuto výpočtu je uveden přehled jednotlivých prostor v Tab. 10-9.

	Výrobní prostory				Výrobní prostory celk.	Společné výrobní prostory
	tým 1	tým 2	tým 3	tým 4		
Stávající stav	154	112	167	130	563	1755
Varianta 1	92	88	113	65	358	1127
varianta 2	97	93	131	60	381	1104

Tab. 10-9 Přehled velikosti výrobních prostor pro jednotlivé varianty

### a) Náklady na společné výrobní prostory

$$N_{na\ společné\ výrobní\ prostory\ pro\ produkt\ A} = N_{manipulaci\ produktu\ A} \times k_{na\ spol.\ prost}$$

$$k_{na\ spol.\ prost} = \frac{N_{na\ spol.\ prostory\ celkové}}{N_{manipulaci\ celkové}}$$

$$roční\ odpis\ haly = 272 [Kč/m^2]$$

$$roční\ náklady\ na\ energie = 600 [Kč/m^2]$$

Typ	Množství (ks/rok)	N společná výrobní plocha (Kč/ks) ST	N společná výrobní plocha (Kč/ks) Var. 1	N společná výrobní plocha (Kč/ks) Var.2
Ed2	19500,00	19,00	12,60	11,94
Twd	14165,00	27,38	17,62	13,70
Std	7150,00	17,62	11,03	15,05
Ktd	5500,00	18,25	11,74	13,21
Df(T),(S), (E)	4500,00	18,25	11,74	13,21
St2	5200,00	19,00	12,60	11,94
Erd	2300,00	25,59	15,47	15,43
Ptd	2700,00	25,59	15,47	15,43
Stw	3500,00	18,25	11,74	13,21
Prd	3250,00	25,59	15,47	15,43
Ftd	1000,00	17,62	11,03	15,05
Fw3	100,00	18,25	11,74	13,21
Fw2	80,00	18,25	11,74	13,21
Eds	275,00	25,59	15,47	15,43
Efd	150,00	25,59	15,47	15,43

Tab. 10-10 Náklady na společné výrobní prostory

### b) Náklady na výrobní prostory

$$N_{\text{výrobní prostory Tým 1}} = S_{\text{velikost výrobní plochy Tým 1}} \times S_{\text{výrobní prostor}}$$

$$S_{\text{výrobní prostor}} = 872 \text{ [Kč/ m}^2\text{]}$$

Typ	Množství (ks/rok)	N výrobní plocha (Kč/ks) ST	N výrobní plocha (Kč/ks) Var.1	N výrobní plocha (Kč/ks) Var.2
Ed2	19500,00	5,23	3,12	3,29
Twd	14165,00	5,03	3,40	3,95
Std	7150,00	11,53	9,05	9,57
Ktd	5500,00	5,03	3,40	3,95
Df(T),(S), (E)	4500,00	5,03	3,40	3,95
St2	5200,00	5,23	3,12	3,29
Erd	2300,00	12,60	6,28	5,80
Ptd	2700,00	12,60	6,28	5,80
Stw	3500,00	5,03	3,40	3,95
Prd	3250,00	12,60	6,28	5,80
Ftd	1000,00	11,53	9,05	9,57
Fw3	100,00	5,03	3,40	3,95
Fw2	80,00	5,03	3,40	3,95
Eds	275,00	12,60	6,28	5,80
Efd	150,00	12,60	6,28	5,80

Tab. 10-11 Náklady na výrobní prostory

## Shrnutí výpočtové části

Pro názornou ukázkou změny jednotlivých nákladových položek pro daný produkt, viz Tab. 10-12 je vybrán sprchový kout typ Ed2. Výběr tohoto zástupce je dán jeho procentuelním zastoupením v celkovém objemu výroby. Z následující tabulky, která shrnuje jednotlivé vypočtené položky je zřejmé, že jednotlivé nově navrhované varianty jsou vůči stávajícímu stavu o 18,5 resp. 18,2 % levnější, z čehož největší vliv má změna nákladů na přímé mzdy a nákladů na prostory. Poměrně nízké jsou náklady na manipulaci, které jsou v tomto případě způsobené nastaveným systémem přepravy jednotlivých dílů. Ty jsou v rámci výrobního systému dopravovány v přepravních dávkách. Podíl nákladů na manipulaci se zvyšuje především u kusové výroby či při přepravě pouze několika kusů.

	<b>Stávající stav</b>	<b>Varianta 1</b>	<b>Varianta 2</b>
<b>PM<sub>z</sub></b>	41,1	37,5	37,5
<i>N<sub>maman celk.jednoho kusu produktu A</sub></i>	0,08075	0,06967	0,78217
<i>N<sub>na společné prostory jednoho kusu produktu A</sub></i>	18,9987	12,6027	11,9425
<i>N<sub>výrobní prostory jednoho kusu produktu A</sub></i>	5,23	3,12	3,29
<b>Náklady celkem [Kč]</b>	<b>65,41</b>	<b>53,29</b>	<b>53,51</b>

Tab. 10-12 Příklady porovnání variant pro produkt Ed2



V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty nákladů (Kč/ks) ovlivněných změnou výrobního layoutu pro všech 17 typů sprchových koutů a jejich vzájemné porovnání v rámci jednotlivých variant.

Typ	Množství (ks/rok)	Náklady celk. (Kč/ks) ST	Náklady celk. (Kč/ks) Var. 1	Náklady celk. (Kč/ks) Var. 2	Úspora (Kč/ks) ST vs. Var.1	Úspora (Kč/ks) ST vs. Var. 2
Ed2	19500,00	65,41	53,29	53,51	12,12	11,89
Twd	14165,00	68,98	57,11	54,55	11,86	14,43
Std	7150,00	110,53	95,14	100,61	15,39	9,92
Ktd	5500,00	68,93	60,21	63,02	8,72	5,91
Df(T),(S), (E)	4500,00	61,76	51,21	54,02	10,55	7,74
St2	5200,00	88,51	69,79	70,01	18,72	18,49
Erd	2300,00	140,15	116,33	116,74	23,82	23,41
Ptd	2700,00	77,45	53,33	53,74	24,12	23,71
Stw	3500,00	75,32	63,21	66,02	12,11	9,30
Prd	3250,00	112,10	87,83	88,24	24,27	23,86
Ftd	1000,00	107,65	95,14	100,61	12,51	7,04
Fw3	100,00	99,26	87,21	90,02	12,05	9,24
Fw2	80,00	76,76	64,71	67,52	12,05	9,24
Eds	275,00	117,80	93,83	94,24	23,97	23,56
Efd	150,00	117,80	93,83	94,24	23,97	23,56

Tab. 10-13 Celkové porovnání nákladů ovlivněných změnou výrobního layoutu pro jednotlivé varianty a pro jednotlivé typy

Jak je zřejmé Tab. 10-13 došlo změnou výrobního layoutu a organizace práce k výrazné redukci nákladů pro všechny vyráběné typy sprchových koutů.

Pro celkové zhodnocení navržených variant je nutné v následujícím kroku provést propočet ve vztahu k výrobnímu úkolu sledovaného období. V Tab. 10-14 jsou pak uvedeny úspory pro jednotlivé druhy produktů, podle plánovaného výrobního množství a celková úspora navrhované varianty.

Typ	Množství (Ks)	Úspora (Kč/ks) ST vs. Var. 1	Úspora (Kč/ks) ST vs. Var. 2	Celková úspora (Kč) Var. 1	Celková úspora (Kč) Var. 2
Ed2	19500	12,12	11,89	236283,10	231948,17
Twd	14165	11,86	14,43	168058,37	204371,43
Std	7150	15,39	9,92	110016,57	70893,68
Ktd	5500	8,72	5,91	47975,91	32506,91
Df	4500	10,55	7,74	47488,02	34831,56
St2	5200	18,72	18,49	97328,83	96172,85
Erd	2300	23,82	23,41	54782,99	53847,21
Ptd	2700	24,12	23,71	65120,46	64021,94
Stw	3500	12,11	9,30	42395,13	32551,21
Prd	3250	24,27	23,86	78873,24	77550,95
Ftd	1000	12,51	7,04	12506,93	7035,20
Fw3	100	12,05	9,24	1205,29	924,03
Fw2	80	12,05	9,24	964,23	739,23
Eds	275	23,97	23,56	6591,39	6479,50
Efd	150	23,97	23,56	3595,30	3534,27
$\Sigma$ úspor				<b>973185,75</b>	<b>917408,14</b>

Tab. 10-14 Přehled celkové úspory pro jednotlivé varianty

Celková úspora u *Varianty 1* vůči stávajícímu stavu je **973 185,8 Kč** za rok. U *Varianty 2* se jedná o úsporu **917 408,1 Kč** za rok. Pro realizaci navržené varianty 2 je nutná investice ve výši 4 250 000 Kč, což je z pohledu ušetřených nákladů nerentabilní, a z tohoto důvodu byla pro realizaci zvolena varianta 1, která splňuje všechny požadavky zadavatele projektu v rámci nákladového účetnictví.

### Shrnutí poznatků z aplikace metodiky v průmyslové praxi:

Při ověřování této metodiky nastaly problémy právě v úvodní fázi, kdy při zajišťování vstupních dat došlo ke zjištění, že výrobní podnik těmito daty v požadované formě nedisponuje a jejich následné dohledávání bylo velice komplikované. Doporučením pro výrobní podniky je tedy vytvářet jakousi databázi těchto stupních dat, ze které je možné poté dále vycházet. Nutností je však i maximální podpora vrcholového managementu. Z důvodu změny vykazování nákladových položek.

- Neúplný či neaktuální layout výroby
- Problémy s dohledáním sazeb pro výpočet jednotlivých nákladových položek
- Při velkém počtu výrobních položek ne zcela detailní rozpracování všech nákladových položek
- Nutná kooperace jednotlivých útvarů zajišťujících vstupní data

## 11 Přínos teorii a praxi

Tato disertační práce vznikla na základě závěrů vyplývajících z písemné práce ke státní doktorské zkoušce složené v září 2011. V rámci této práce bylo zjištěno, že v současné době není komplexně zpracována problematika týkající se návrhu výrobního layoutu s důrazem na hospodárnost výrobního systému. Hlavním cílem disertační práce bylo vytvořit vhodnou metodiku, která by spojovala návrh výrobního layoutu s konstrukčně-technologickým návrhem produktu a s ohledem na hospodárnost. Tímto spojením dochází k provázanosti obou oblastí v jeden kompaktní celek, což umožňuje výběr nejvhodnějšího uspořádání výroby z pohledu hospodárnosti na základě posouzení variantních návrhů výrobního layoutu.

Daná metodika slouží k vytvoření variantních návrhů výrobního layoutu na základě vydefinovaného postupu a vzájemných vazeb mezi jednotlivými faktory a činnostmi, které výrobní layout ovlivňují.

Metodika přispívá ke zjednodušení návrhu výrobního layoutu, zvýšení transparentnosti, zkvalitnění a zefektivnění podnikových procesů, což má v konečném důsledku významný vliv na konkurenceschopnost daného produktu, potažmo výrobního podniku.

Zpracovaná metodika je i pro nezainteresovaného pracovníka při získání potřebných dat jednoduchá a je možné tuto metodiku využívat v jakémkoli výrobním podniku.

Na závěr lze dodat, že snahou bylo, aby výsledky práce naplnily specifické požadavky kladené na disertační práci.

### 11.1 Přínos pro teorii

Teoretický přínos disertační práce se odvíjí od ucelení teoretického základu nutného při tvorbě výrobních layoutů, resp. návrhu celého výrobního systému. Do současnosti neexistovala komplexní metodika, která by v sobě propojovala oblast návrhu výrobního layoutu a konstrukčně technologického návrhu výrobku, a na základě ekonomického zhodnocení bylo možné vybrat nejhospodárnější variantu výrobního layoutu splňující požadavky kladené na výrobní systém.

Jedním z hlavních přínosů této metodiky je propojení na jedné straně oblasti týkající se výrobního layoutu s množstvím vyráběného produktu a typem výroby a na straně druhé, propojení výrobního layoutu a konstrukčně technologického návrhu produktu. Tyto vazby jsou z hlediska návrhu výrobního layoutu velice významné, a to nejen z pohledu hospodárnosti výroby.

Metodika dále slouží k ekonomickému zhodnocení všech procesů týkajících se výroby daného produktu.

Rozkrývá jednotlivé nákladové položky, které jsou součástí režijních nákladů a v praxi nebývají samostatně vyjadřovány. Zpravidla praxe využívá diferencované přírážkové kalkulace, kdy pomocí procentuální přírážky stanovuje podíl příslušné režie na jednotlivé produkty. V případě navržené metodiky je položka výrobní režie diferencovaná dle základních procesů, které vyvolávají její náklady. Tím dosahujeme vyšší transparentnosti výrobních režijních nákladů a umožňujeme odhalovat neopodstatněné náklady. Tyto

náklady jsou svázány s procesy, které nejsou nezbytně nutné k tvorbě produktu ani ji nepodporují, nepřinášejí tedy žádnou hodnotu.

Při určitém způsobu uspořádání výrobního procesu a použitím druhu zařízení nemusí vždy existovat pouze jeden materiálový tok, neboť tytéž technologické operace je možné provádět na stejném typu zařízení jinak umístěném, tzn., že zde může docházet ke změně nákladů jak na technologické, tak netechnologické operace. Totéž platí při změně výrobního zařízení, kde dochází zejména ke změně nákladů na technologické operace a méně často ke změně nákladů na netechnologické operace. V případě nového uspořádání se pak mohou odlišovat náklady na materiálový tok zejména vlivem netechnologických operací.

Ne vždy ale platí rovnost, že pokud zkrátíme technologické operace, dosáhneme snížení celkových nákladů (může totiž dojít ke změně nákladů na netechnologické operace). To samozřejmě platí i naopak.

Klíčovým prvkem metodiky je vytvoření kritériální funkce, na základě které dochází k výběru nejvhodnější varianty navržených výrobních layoutů.

### ***Souhrn přínosů pro teorii***

- vydefinování vazby mezi konstrukčně-technologickým návrhem výrobku, procesy výroby, typem výroby, uspořádáním výrobního systému a výrobním layoutem
- vydefinování vztahu mezi materiálovými toky a uspořádáním výrobního systému
- tvorba vývojového diagramu návrhu výrobního layoutu
- vydefinování nákladů na netechnologické operace a tím zvýšení transparentnosti režijních nákladů
- stanovení nákladů na produkt ovlivněné prostorovým uspořádáním výrobního systému
- nalezení vazby mezi výrobním layoutem a výrobními náklady
- vytvoření kritériální funkce pro výběr nejvhodnější varianty

### **11.2 Přínos pro praxi**

Z praktického hlediska přináší navržená metodika nový, inovativní pohled na problematiku návrhu výrobního layoutu. Tato problematika je v praxi velmi opomíjena i přesto, že vhodný návrh výrobního layoutu může, jak je z metodiky zřejmé, přinést poměrně velké úspory výrobních nákladů. Ve výrobních podnicích dochází často k situaci, kdy celý návrh produktu je realizován bez ohledu na skladbu výrobního systému, resp. na výrobním layoutu, a dochází k jakémusi direktivnímu řešení. Je navržen výrobní proces produktu a výrobní layout je nastaven dle tohoto návrhu bez ohledu na hospodárnost tohoto systému. Zavedení této metodiky do průmyslové praxe by umožnilo dosáhnout efektivního návrhu výrobního systému i pro nezainteresovaného pracovníka při získání

potřebných dat. Východiskem pro tvorbu layoutu je použití navrženého schéma návrhu výrobního layoutu, které je součástí metodiky a rozkrývá vzájemné vazby mezi faktory a činnostmi. Toto schéma by mělo sloužit jako návod jak navrhovat výrobní layout s uvědoměním si všech vztahů ovlivňujících návrh výrobního systému. Pomocí této metodiky obsahující uvedené schéma je výrobní podnik, resp. pracovník, který nemusí být odborníkem pro danou problematiku, schopen efektivně navrhnout výrobní layout, bude-li dodržovat jednotlivé fáze metodiky. Pro účinnou aplikaci této metodiky je nutné zajištění všech požadovaných vstupních dat, což je v praxi často velmi obtížné, neboť podniky tato data nevykazují v požadované struktuře.

Změny výrobních layoutů jsou nedílnou součástí života výrobních systémů. Z toho důvodu je nutné, aby podnik, chce-li snižovat výrobní náklady, byl schopen samostatně navrhnout a zvolit nejvýhodnější výrobní layout pro daný výrobní systém a výrobní portfolio.

Velkým přínosem pro praxi je i zvýšení transparentnosti jednotlivých nákladových položek, zejména na netechnologické procesy. Tyto nákladové položky jsou v rámci disertační práce rozklíčovány a umožňují výrobním podnikům je začít sledovat. Následně je možné je propočítávat a hledat možnosti snižování výrobních nákladů.

Dále by měla tato metodika pomoci výrobním podnikům uvědomit si vzájemnou souvislost mezi náklady na technologické a netechnologické procesy. Ne vždy přináší koncentrace na technologické procesy kýžený přínos při snižování výrobních nákladů.

### ***Souhrn přínosů pro praxi***

- snadná aplikovatelnost
- obecný postup práce při návrhu výrobního layoutu (schéma návrhu)
- modifikované postupy práce při návrhu výrobního layoutu, rozdělené dle rozsahu racionalizačních změn
- zvýšení transparentnosti technologických nákladů na výrobu
- zvýšení transparentnosti netechnologických nákladů na výrobu
- využití kritériální funkce sloužící k výběru nejvhodnější varianty výrobního layoutu
- změna struktury a standardizace dat

## Závěr

Cílem disertační práce bylo navrhnout a zpracovat metodiku, která by sloužila především malým a středně velkým výrobním podnikům, a efektivně navrhnout výrobní layout s ohledem na hospodárnost výrobního systému. Jak již bylo v předešlé části disertační práce zmíněno, v době neustálého konkurenčního boje mezi výrobními podniky hraje velkou roli efektivní nastavení všech výrobních i nevýrobních činností. Vzhledem ke stále větší propracovanosti výrobních technologií a výrobních zařízení vznikají vysoké náklady zejména v nevýrobních činnostech podniku jako celku. Z hlediska výroby pak vysoké náklady vznikají v netechnologických činnostech. Metodika vytvořená v rámci disertační práce slouží výrobním podnikům k návrhu a výběru nejvhodnější varianty výrobního layoutu resp. výrobního systému, která na základě ekonomického zhodnocení při použití kritériální funkce zajistí nejhospodárnější výrobu daných produktů. Toto v konečném výsledku povede k vyšší konkurenceschopnosti daného výrobního subjektu.

Impulem pro zpracování této problematiky byly jak poznatky získané při zpracovávání jednotlivých projektů pro podnikovou praxi, tak i rešerše odborné literatury, týkající se hodnocení a výběru výrobního layoutu s ohledem na hospodárnost výrobního systému, kdy nebyla nalezena komplexní metodika, která by v sobě propojovala návrh výrobního layoutu a ekonomické hodnocení technologických a netechnologických činností. Při tvorbě této práce nebyly využívány jen informace a názory z odborných literárních a internetových pramenů, ale i podněty a informace nasbírané v rámci aktivní účasti na českých i zahraničních konferencích (Čína, Chorvatsko, Rakousko, Itálie). V neposlední řadě byly využity i poznatky, znalosti a zkušenosti, které autor získal v rámci svého doktorského studia. Dosažené výsledky v disertační práci ukazují na určitý posun v teoretické i praktické oblasti řešené problematiky, která se týká snižování výrobních nákladů pomocí vhodného návrhu výrobního layoutu u malých a středně velkých výrobních podniků.

Při ověření navržené metodiky byl pro jednotlivé výpočty využíván standardní software - Microsoft Excel. Dalším možným krokem je rozšíření dané metodiky o kapacitní propočty. K tomu je nutné vytvoření sofistikovaného softwaru, který by nejen prováděl stávající propočty, ale který by také na základě kapacit jednotlivých strojů a zařízení, jejich vzdálenosti, jednotlivých sazeb a typu výrobku dokázal pomocí nadefinované kritériální funkce vybrat nejhospodárnější variantu výrobního layoutu. Vytvoření sofistikovaného softwaru by vedlo i k příjemnějšímu uživatelskému prostředí a tím i k lepší aplikovatelnosti v praxi.

## Použitá literatura

- [1] Becker, P., Lindner, A., Wertstromdesign, Carl Hanser Verlag München,, München, 2010, ISBN 978-3-446-42189-9.
- [2] Dammasch, C., Füermann, T., Prozessmanagement. Anleitung zur standigen Prozessverbesserung, Carl Hanser Verlag München, München 2008, ISBN 978-3-446-41571-3.
- [3] Dilworth, J., Production and operations management – third edition – Design, planning, and control for manufacturing and services, R.R. Donnelley&Sons company, USA 1992, ISBN 0-07-016988-8.
- [4] Dinger, H.: Target Costing, Hanser 2002, ISBN 3-446-2900-5.
- [5] Djassemi, M., Improving factory layout under a mixed floor and overhead material handling condition. In Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 18 No. 3., 2007. s. 281-291.
- [6] Ehrlenspiel,K., Kiewert,A., Lindemann,U.: Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren, Springer 2007, ISBN 978-3-540-74222-7.
- [7] Fiala, P Modelování a analýza produkčních systémů, Profesional Publishing, Praha, 2002, ISBN 80-86419-19-3.
- [8] Frolík, Z., Košťuriak, J. a kol.: Štíhlý a inovativní podnik, Alfa, Praha, 2012, ISBN 80-86851-38-9.
- [9] Geiger, G., Hering, E., Kummer, R., Kanban - Optimale Steuerung von Prozessen, Carl Hanser Verlag München, München, 2003, ISBN 978-3-446-21894-9.
- [10] Gorecki, P., Pautsch, P., Lean Management, Carl Hanser Verlag München, München, 2010, ISBN 978-3-446-42190-5.
- [11] Gregor, M., Košťuriak, J., Matuszek, J., Mičieta, B., Projektovanie výrobných systémov pre 21. Storočie, Žilinská univerzita v Žilíně v EDIS, Žilina, 2000, ISBN 80-7100-553-3.
- [12] Grundig C., G., Fabrikplanung-Planungssystematik- Methoden-Anwendungen, Deutchen Nationalbibliothek, München, 2009, ISBN 978-3-446-41411-2.
- [13] Gwee, S. H., Khan, M. K., Plant layout improvements to a medium volume manufacturing system using systematic techniques to form just-in-time manufacturing cells. In Proc Instn Mech Engrs Vol 211 Part B., 1997. s. 109-124.
- [14] Harmon. L., R., Peterson, D., L., Die neue Fabrik, Campus, Frankfurt/Main, 1990, ISBN 3-593-34392-4.
- [15] Heragu, S. S., et al., Next generation factory layouts: research chalanges and recent., 2001, s. 35.
- [16] Hlavenka, B., Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3.vyd. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o., Brno, 2005, ISBN 80-214-2871-6.

- [17] Horváth G., Logistika výrobních procesů a systémů, ZČU, Plzeň, 2000, ISBN 80-7082-625-8.
- [18] Kamiske, Gerd F., Prozessoptimierung mit Quality Engineering, Carl Hanser Verlag München Wien, München, 2004, ISBN 3-446-22879-9.
- [19] Kerr, D.C., Balakrishnan, J., Manufacturing cell formation using spreadsheet. In *International Journal of Operations and Production Management.*, 1996. s. 60-73.
- [20] Klekner, J., Metodika stanovení nákladů na přepravní procesy ve výrobě, Plzeň, ZČU, 2010.
- [21] Kleinová, J., Hodnocení výrobních variant, Výzkumná zpráva GAČR 101/05/2561.
- [22] Kleinová, J., Nákladový pohled na problematiku výroby, ZČU v Plzni 2003, Habilitační práce.
- [23] Kleinová, J., Broum, T., Čechura, T., Ekonomické analýzy a hodnocení výrobních procesů a produktů, Plzeň, ISBN 978-80-87539-53-8.
- [24] Král, B. a kol., Manažerské Účetnictví, Management Press, Praha, 2002, ISBN 80-7261-062-7.
- [25] Král, M., Zelenka, M., Projektování výrobních systémů, ČVUT, Praha, 1995, ISBN 80-01-01302-2.
- [26] Král, M., Vigner, M., Zelenka, A. Metodika projektování výrobních procesů, SNTL, Praha, 1984, ISBN 04-246-84.
- [27] Leeder, E., Němejc, J., Projektování strojírenské výroby, Ediční středisko VŠSE, Plzeň, 1970, ISBN 55-059-70.
- [28] Leeder, E., Ulrych, Z., Bureš, M., Černý, Z., Roubal, J.: Digitální fabrika – softwarové produkty pro oblast digitální fabriky, sborník konference PI 2006, Plzeň 2006.
- [29] Linczenyi, A.; Novaková, R & Slimák, I & Zgodavová, K., Profesionál kvality, TU Košice, TU Košice, Košice, 2001, ISBN 80-7099-845-8.
- [30] Mašín, I., Vytlačil, M., Cesty k vyšší produktivitě, IPI, Liberec, 1996.
- [31] Masaaki, I.: Gemba Kaizen - Řízení a zlepšování kvality na pracovišti, Computer Press, Brno, 2005, ISBN 80-251-0850-3.
- [32] Masaaki, I.: Kaizen: metoda, jak zavést úspěšnější a flexibilnější výrobu v podniku, Computer Press, Brno, 2004, ISBN 80-251-0461-3.
- [33] Michel, R., Torspecken, H-D., Jandt, J.: Neuere Formen der Kostenrechnung mit Prozeßkostenrechnung, Carl Hanser Verlag München Wien, 1998. ISBN 3-446-18555-0.
- [34] Mungwattana, Anan., Design of Cellular Manufacturing Systems for Dynamic and Uncertain Production Requirements. Blacksburg, Virginia, 2000. 252 s. Disertační práce.



- [35] Němejc, J., Cibulka, V.: Základní terminologie z oblasti manipulace s materiálem, robotika, ZČU Plzeň 1992, ISBN 80-7082-081-0.
- [36] Ohno, T., Toyota production system, Productivity Press, New York, 1988, ISBN 978-0-915299-14-0.
- [37] Olfert, K.: Kostenrechnung, Friedrich Kiehl Verlag 2001, ISBN 3-470-51102-12.
- [38] Pawellek, G., Ganzheitliche Fabrikplanung, Springer, Hamburg, 2008, ISBN 978-3-540-78402-9.
- [39] Pernica, P., Logistický management: Teorie a podniková praxe, 1. vyd., Radix, Praha, 1998, ISBN 80-7040-613-5.
- [40] Phillips, E., Manufacturing plant layout: fundamentals and fine points of optimum facility Design, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, 1997, ISBN 0872634841.
- [41] Řepa, V., Podnikové proces - procesní řízení a modelování, Grada Publishing, Praha, Praha, 2007, ISBN 978-80-247-2252-8.
- [42] Synek, M. a kol.: Manažerská ekonomika, Grada Publishing 2008, ISBN 978-80-247-1992-4.
- [43] Tomek, G., Vávrová, V.: Řízení výroby, Grada publishing, spol. s.r.o., Praha 2000, ISBN 80-7169-955-1.
- [44] Warnecke, H., J., Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure, Drücker München, München, 2003, ISBN 3-446-18593-3.
- [45] Zelenka, A., Projektování výrobních procesů a systémů. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2007, ISBN 8001039129.
- [46] Zelenka, A., Preclík, V., Racionalizace výroby. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2004, ISBN 80-01-02870-4.
- [47] Zelenka, A., Volf, L., Poskočilová, A., Projektování výrobních systémů: návody na cvičení. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2009, ISBN 978-80-01-04394-3.

### **Elektronické zdroje**

- [48] [http://web.flkr.utb.cz/cs/docs/VOL\\_pr\\_6.pdf](http://web.flkr.utb.cz/cs/docs/VOL_pr_6.pdf) [cit. 2010-08.-22]
- [49] <http://www.ipaslovakia.sk> [cit. 2011-02.-03]
- [50] <http://trilogiq.cz/filosofie-stihle-vyroby/7-druhu-plytvani-muda/> [cit. 2010-03.-14]
- [51] <http://www.digipod.zcu.cz> [cit. 2011-09.-07]
- [52] <http://cs.wikipedia.org> [cit. 2012-10.-28]
- [53] <http://www.janska.estranky.cz/clanky/ekonomika/> [cit. 2010-04.-28]
- [54] <http://vyztymdp.zcu.cz/courses> [cit. 2012-09.-08]
- [55] [http://u12134.fsid.cvut.cz/podklady/PVS/vyuziti\\_simulacnich\\_nastroju.docx](http://u12134.fsid.cvut.cz/podklady/PVS/vyuziti_simulacnich_nastroju.docx) [cit. 2012-11.-05]

- [56] <http://www.sciencedirect.com/> [cit. 2010-05.-03]
- [57] [http://lsa.vse.cz/kniha/Pokrocile\\_metody\\_vedecke\\_prace.pdf](http://lsa.vse.cz/kniha/Pokrocile_metody_vedecke_prace.pdf) [cit. 2011-06.-15]
- [58] <http://www.e-api.cz/> [cit. 2010-11.-05]
- [59] <http://www.businessinfo.cz> [cit. 2012-07.-17]
- [60] <http://www.strategosing.com> [cit. 2013-08.-14]
- [61] <http://www.vse.cz/polek/download.php?jnl=aop&pdf=127.pdf> [cit. 2013-05.-25]
- [62] [http://www.beewatec.de/wp-content/downloads/ANT\\_FTS.pdf](http://www.beewatec.de/wp-content/downloads/ANT_FTS.pdf) [cit. 2012-08.-02]
- [63] <http://www.kermi.cz/cs/Unternehmen/index.phtml> [cit. 2012-08.-02]

### **Další zdroje**

- [64] *KERMI s.r.o.* Sebehodnotící zpráva: *Model Excellence EFQM 2010* [Interní podklad].  
Stříbro, 1.5.2011.

## Přehled publikační činnosti

### Publikační činnost:

- [1] Šimon, M., Raška, P., Šrajer, V. Zvyšování výkonnosti klastrů využitím pokročilých metod řízení. In *Klustry a klastrové iniciativy v ČR*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2008. s. 1-7. ISBN: 978-80-7318-755-2
- [2] Šrajer, V., Horváth, G. Vliv layoutu na konkurenceschopnost podniku. In *Finance a výkonnost firem ve vědě, výuce a praxi*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. s. 1-9. ISBN: 978-80-7318-798-9
- [3] Šrajer, V., Miller, A. Raising the performance of a company by creating an appropriately designed production system. In *Annals of DAAAM for 2009 & Proceedings of the 20th international DAAAM symposium*. Vienna: DAAAM International, 2009. s. 649-650. ISBN: 978-3-901509-70-4
- [4] Miller, A., Šrajer, 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
- [5] Šrajer, 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
- [6] Šrajer, V., Miller, A. Effective design of production systems. In *The IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management IEEM 2010*. Singapore: IEEE Technology Management Council Singapore Chapter, 2010. s. 2371-2374. ISBN: 978-1-4244-8501-7 , ISSN: 2157-3611
- [7] Šrajer, V. Effektivní design of production systems. In *Soutěžní přehledka studentských a doktorských prací FST 2011.Plzeň, ČR: ZČU v Plzni, 2011, s.199-203, ISBN978-80-7043-995-1*
- [8] Šrajer, V., Broum, T. Hodnotový přístup k návrhu prostorového uspořádání výrobního systému s ohledem na hospodárnost. In *Modelování a optimalizace podnikových procesů 2011*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011. s. 1-8. ISBN: 978-80-261-0060-7
- [9] Šrajer, V., Kleinová, J. Effective manufacturing layout as a condition of economy of production. 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. 525-526. ISBN: 978-3-901509-83-4 , ISSN: 1726-9679
- [10] Šrajer, V., Broum, T., Kleinová, J. Design of the Spatial arrangement of a production system using value analysis. In *Creating Global Competitive economies - A 360-degree Approach*. Milan: International Business Information Management Association (IBIMA), 2011. s. 1051-1056. ISBN: 978-0-9821489-6-9
- [11] Bureš, M., Šrajer, V., Görner, T., Projektování výrobních systémů a DP. SmartMotion, Plzeň, 2012, ISBN 978-80-87539-10-1.
- [12] Miller, A., Bureš, M., Šrajer, V., Projektování výrobní základny – teoretická část. SmartMotion, Plzeň, 2013, ISBN 978-80-87539-30-9.

**Nepublikované práce:**

- [13] Šrajer, V. Racionalizace materiálových toků v podniku HP Pelzer k.s. Žatec, diplomová práce, Plzeň 2008
- [14] Šrajer, V. Řízení výrobních a výrobních nákladů, práce v rámci studia předmětu DRN, ZČU, Plzeň, 2011
- [15] Šrajer, V. Metodika tvorby prostorového uspořádání ve vazbě na konstrukčně technologický návrh výrobku, Písemná práce ke státní doktorské zkoušce, ZČU, Plzeň, 2011
- [16] Šrajer, V., Kurkin, O., Kleinová, J., Broum, T., Polášek, P. Multidisciplinární optimalizace návrhu a provozu výrobního systému v prostředí digitálního podniku, výzkumná zpráva IG, ZČU, Plzeň, 2011
- [17] Šrajer, V. Závěrečná zpráva GAČR, Optimalizace multidisciplinárního navrhování a modelování výrobního systému virtuálních firem, výzkumná zpráva GAČR, ZČU, Plzeň, 2011