

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a
management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Racionalizace materiálových toků v malosériové výrobě

Autor: **Bc. Ondřej Maurer**

Vedoucí práce: **Ing. Marek Bureš, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej MAURER**
Osobní číslo: **S13N0032K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**
Název tématu: **Racionalizace materiálových toků v malosériové výrobě**
Zadávající katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod do řešené problematiky
2. Charakteristika výrobního systému
3. Analýza současného stavu
4. Návrh řešení
5. Zhodnocení a přínosy nového návrhu
6. Závěr



Rozsah grafických prací: 0 výkresů
Rozsah kvalifikační práce: 50 - 70 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. KRÁL, M. *Metody a techniky užitě v ergonomii*. Praha: VÚBP, 2002.
2. HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s. r. o., 2005. ISBN 80-214-2871-6
3. ZELENKA, A., PRECLÍK, V. *Racionalizace výroby*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02870-4
4. KOŠTURIÁK, J. a kol. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina: EDIS, 2000. ISBN 80-7100-553-3
5. MILLER, A., BUREŠ, M., KURKIN, O., PEŠL, J. *Projektování výrobní základny - praktická část*, e book. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-31-6
6. BUREŠ, M., ŠRAJER, V., GÖRNER, T. *Projektování výrobních systémů a DP*, e book. Plzeň: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-10-1

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marek Bureš, Ph.D.
Regionální technologický institut
Konzultant diplomové práce: Ing. Jiří Hlach
Energetika servis, s. r. o.

Datum zadání diplomové práce: 21. září 2015
Termín odevzdání diplomové práce: 20. května 2016



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

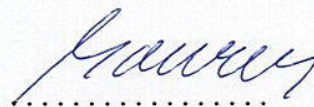
V Plzni dne 21. září 2015

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: 20.5.2016



.....
podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. Marku Burešovi, Ph.D. za odborné vedení, předané zkušenosti a čas, který mi věnoval při řešení této práce.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Maurer	Jméno Ondřej		
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Bureš, Ph.D.	Jméno Marek		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Racionalizace materiálových toků v malosériové výrobě			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	65	TEXTOVÁ ČÁST	52	GRAFICKÁ ČÁST	13
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Tato práce je zaměřena na racionalizaci materiálových toků v malosériové výrobě, zohledňující soudobé moderní nástroje průmyslového inženýrství. Teoretická část této práce vytváří informační základnu pro projektování výrobních systémů. V praktické části se provede rozbor stávajícího layoutu malosériového provozu ve společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o., s hlavním cílem analyzovat materiálové toky uvnitř haly. Po vyhodnocení současného provozu dojde k racionalizačním krokům provozu a k návrhu nového layoutu. V závěrečné části bude vyhodnocen nový návrh a jeho přínosy.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Výroba, výrobní proces, výrobní systém, analýza, racionalizace, optimalizace, layout, materiálové toky, malosériová výroba</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Maurer	Name Ondřej	
FIELD OF STUDY	2301T007 „Industrial Engineering and Management“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bureš, Ph.D.	Name Marek	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Workplaces improvement in production		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	65	TEXT PART	52	GRAPHICAL PART	13
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This work is focused on the rationalization of material flows in small-lot production, reflecting contemporary modern tools of industrial engineering. The theoretical part creates an information base for the design of production systems. In the practical part will be analyzed existing layout small-lot production in the company ENERGETIKA SERVIS Ltd., with the main objective to analyze the material flows inside the hall. After evaluating the current layout, the work will shift to streamlining actions of the current layout and design of new layout. The final section will evaluate the new proposal and its benefits.
KEY WORDS	Production, manufacturing process, manufacturing systems, analysis, rationalization, optimization, layout, material flows, small-lot production

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Úvod do řešení problematiky.....	11
2.1	Projektování výrobní základny	11
2.2	Historický vývoj projektování výroby	13
2.3	Systémový přístup projektování.....	13
2.4	Tvorba výrobního systému.....	14
2.4.1	Postup a pravidla návrhu výrobního systému.....	14
2.4.2	Dispoziční řešení.....	16
2.4.3	Základní typy výrobních systémů	16
2.4.4	Typy výrobních hal.....	16
2.4.5	Charakteristika a typy layoutu.....	18
2.4.6	Metody sestavování návrhů	22
2.4.7	Kapacitní výpočty.....	23
2.4.8	Vyhodnocení variant uspořádání	24
2.5	Moderní nástroje pro návrh výrobního layoutu.....	28
3	Praktická část	29
3.1	Představení společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o.	29
3.2	Analýza současnosti.....	30
3.2.1	Volba reprezentantů pro materiálové toky.....	31
3.2.2	Rozbor současného uspořádání výroby	33
3.2.3	Rozbor stávajících materiálových toků výrobku č. 1	36
3.2.4	Rozbor stávajících materiálových toků výrobku č. 2	39
3.2.5	Rozbor stávajících materiálových toků výrobku č. 3	40
3.2.6	Vyhodnocení současného layoutu	41
4	Návrh nového layoutu.....	42
4.1.1	Vyhodnocení nového layoutu pro výrobek č. 1.....	44
4.1.2	Vyhodnocení nového layoutu pro výrobek č. 2.....	45
4.1.3	Vyhodnocení nového layoutu pro výrobek č. 3.....	46
5	Zhodnocení nového layoutu.....	47
5.1	Vyhodnocení nového layoutu z pohledu materiálových toků.....	47
5.2	Vyhodnocení nového layoutu podle peněžní úspory.....	49
5.3	Vyhodnocení nového layoutu podle ostatních přínosů	50
6	Závěr	51

Seznam obrázků

Obrázek 2-1: 2D layout	19
Obrázek 2-2: Graf závislosti layoutu na vyráběném množství [8].....	20
Obrázek 2-3: Technologické uspořádání layoutu [6]	21
Obrázek 2-4: Předmětné uspořádání layoutu [6].....	22
Obrázek 2-5: Šachovnicová tabulka	23
Obrázek 2-6: Trojúhelníková metoda	23
Obrázek 2-7: Parametry konkurenceschopnosti[1]	26
Obrázek 2-8: Sankeyův diagram v 2D layoutu[1].....	27
Obrázek 2-9: ID diagram [1].....	27
Obrázek 2-10: Uživatelská plocha a její části [1].....	28
Obrázek 3-1: vlevo - ukázky nejčastěji používanějších konzol systému PAŘÁT-II,	29
Obrázek 3-2: vlevo: Globální pohled na okolí podniku,	30
Obrázek 3-3: Půdorysný generel areálu společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o.	34
Obrázek 3-4: Layout současné provozovny	34
Obrázek 3-5: Layout současné provozovny – nástrojárna a dělení materiálu.....	35
Obrázek 3-6: Layout současné provozovny – svařovací pracoviště	35
Obrázek 3-7: Blokové schéma pro optimalizaci dispozice pracovišť	36
Obrázek 3-8: Schéma prázdné haly společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o.....	36
Obrázek 3-9: Materiálové toky výroby konzoly 784-00.....	37
Obrázek 3-10: Obr. 20 – Materiálové toky výroby konzoly 784-00 – detailní náhled	38
Obrázek 3-11: I-D Diagram materiálových toků výrobku č. 1 - 78400 - Stávající layout.....	39
Obrázek 3-12: Materiálové toky výroby trafostanice 11111109	39
Obrázek 3-13: I-D Diagram materiálových toků výrobku č. 2 – 11111109 Stávající layout ..	40
Obrázek 3-14: Materiálové toky výroby žebříku 88000	40
Obrázek 3-15: I-D Diagram materiálových toků výrobku č. 3 – 88000 – Stávající layout	41
Obrázek 4-1: Návrh záměny pracovišť	42
Obrázek 4-2: Návrh záměny skladů	43
Obrázek 4-3: Nový průchod z kompletace do skladu spojovacího materiálu.....	43
Obrázek 4-4: Nový layout pro výroby výrobku č. 1- 784-00.....	44
Obrázek 4-5: I-D Diagram materiálových toků výroby 784-00 – Nový layout.....	44
Obrázek 4-6: Nový layout pro výroby výrobku č. 2- 11111109	45
Obrázek 4-7: I-D Diagram materiálových toků výroby 11111109 – Nový layout	45
Obrázek 4-8: Nový layout pro výroby výrobku č. 3- 88000	46
Obrázek 4-9: I-D Diagram materiálových toků výroby 88000 – Nový layout	46
Obrázek 5-1: Porovnání I-D Diagramů současného a nového layoutu	47

Seznam tabulek

Tabulka 3-1: Seznam skupin výrobků.....	31
Tabulka 3-2: Ukázka ABC Analýzy podílu výrobků na ročním obratu.....	32
Tabulka 3-3: Hodnocení reprezentantů pro rozbor materiálových toků	32
Tabulka 3-4: Volba reprezentantů pro rozbor materiálových toků	33
Tabulka 3-5: Strukturní kusovník konzoly PAŘÁT-III-JB-N (katalog. č. 784-00).....	37
Tabulka 3-6: Část Seznamu materiálových toků výroby 784-00	38
Tabulka 5-1: porovnání layoutu z hlediska dosažené celkové vzdálenosti.....	48
Tabulka 5-2: porovnání layoutů z hlediska průměrné délky jednoho materiálového toku.....	48
Tabulka 5-3: porovnání layoutů z hlediska dosažené celkové vzdálenosti na 100% výroby ..	48
Tabulka 5-4: porovnání layoutů z hlediska dosažené celk. vzdálenosti + zpětný chod jeřábu	48

1 Úvod

Tato práce byla vytvořena na základě požadavku společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o. najít optimální materiálové toky malosériového výrobního provozu za pomoci moderních metod průmyslového inženýrství.

Práce je rozdělena na dvě hlavní sekce, v té první je vytvořena teoretická základna nutná pro odborné zpracování tohoto projektu. Na tuto část navazuje praktická část, která se opírá o vědomosti nabyté v teoretické základně. Po důkladném zmapování současné situace se systematicky pokračuje v rámci moderních racionalizačních metod průmyslového inženýrství k návrhu optimálních řešení výrobního systému. Výsledkem této práce je návrh nového layoutu malosériového provozu a jeho vyhodnocení.

Hnacím motorem realizace projektů tohoto typu, je motivace naleznout optimální dispozice jednotlivých pracovišť v prostorách výrobního systému. Projekty mohou řešit jak nově navrhované systémy v přípravné fázi nových projektů, zavádění výroby, ale také optimalizace rozmístění stávajících pracovišť již provozovaných s cílem minimalizovat negativní vlivy nesprávně fungujícího procesu nedosahujícího požadovanou rentabilitu, získat chybějící prostor či snahou vybudovat jednoznačně a efektivně směřující materiálové toky. [5]

Správně vytvořený layout výrobního systému má zásadní význam, při optimalizaci materiálových toků. Umožní nejen minimalizace jejich křížení ve výrobním prostoru, čímž významně eliminuje ztrátu identifikace polotovarů a materiálu v průběhu výroby, omezení povědomí a orientaci o rozpracované výroby. Umožní také efektivněji plánovat a řídit proces, ale také snižuje prostorové potřeby a nutnost logistické podpory nezbytné pro správnou funkci systému. Dosažení výsledného efektu však může být také závislé na potřebné ploše a jejího využití v rámci daného pracoviště (umístění zásobníku dílů a polotovarů, náhradních sad přípravků, délka tras přechodů pracovníků při kumulativní obsluze více strojů a zařízení, vzdálenosti předávacích míst a podobně. Je proto třeba nejen dbát na celkovou dimenzi disponibilních prostor, ale také jednotlivých vazeb vnitřních potřeb a jejich náročnosti v daném návrhu řešení.[5]

2 Úvod do řešení problematiky

2.1 Projektování výrobní základny

V této práci se řeší racionalizace výroby soustředěna na malý podnik, a aby nestranný čtenář porozuměl tematice, zejména praktické části, kde dochází k návrhu nového pracoviště, je zapotřebí osvětlit několik základních definic a pojmů ze kterých se bude vycházet.

Výroba slouží k uspokojování potřeb zákazníka pomocí vytváření materiálních statků, (výrobků) i nemateriálních statků (služeb). Je to výsledek lidského chování, kdy přeměnou vstupních faktorů získáme za pomoci transformačního procesu hodnotný výstup.

Výrobní systém lze rovněž všeobecně popsat jako věcné, technologicky, časově, prostorově a organizačně jednotnou skupinu hmotných zdrojů (materiálu, energii, výrobních a pracovních prostředků) a pracovní síly určené pro výrobu vybraného programu výrobků. Realizace výroby se uskutečňuje pomocí podnikového výrobního systému, který lze zjednodušeně chápat jako jednoduchý proces s cílem přetvářet vstupy na výstupy a naplnit tak vize a strategie firmy.

V podobném duchu, ale podrobněji je význam vysvětlen na katedře průmyslového inženýrství ZCU. Výrobní systém je tvořen z pracovišť, kde se přidává hodnota (např. stroje, montážní pracoviště), z materiálových toků, které zabezpečují přepravu materiálů a výrobků mezi pracovišti, manipulace 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, energetika apod.) a centrálním prvkem, který tyto čtyři oblasti integruje (pracovníci, manažeři, mistři, údržbáři, dělníci, zásobovači atd.). Právě na způsobu jejich práce, organizačních schopnostech, komunikaci, dodržování stanovených norem, směrnic a domluvených pravidel závisí nejvíce, jak efektivně bude celý systém fungovat. Z toho pramení, že se výrobní systém dá popsat třemi body:

- Vstupy - výrobní faktory tvořící fyzickou podstatu výrobního systému,
- výstup - nejčastěji zboží povahy: materiální /nemateriální,
- transformační proces – pomocí přesně dodržených postupů přeměňuje vstupy na výstupy. [2]

Vlastností výrobních systému je mnoho, ale charakterizují jej především dva parametry: kapacita a elasticita.

Kapacita je schopnost realizace výkonu výrobní jednotky nebo výrobního systému v konkrétním časovém úseku. Schopnost je definována kvalitativními a kvantitativními parametry. Kvalitativní schopnost výkonu je dána druhem a jakostí výrobní jednotky (systému). Tím jsou míněny potenciální možnosti výrobní jednotky (systému) se zřetelem na provedení alternativních druhů výkonů.

„Kvantitativní komponenty, pokud jsou měřeny na vstupu, jsou maximální intenzita výroby, maximální užitečný kapacitní průřez a maximální možný čas nasazení ve vztahu k danému časovému prostoru, aby bylo možné učinit výpověď o rozsahu kapacity“. [7]

- Maximální intenzita výroby – zabývá se nejvyšší možnou rychlostí výroby vyjádřenou v maximálním množství odváděné výroby.
- Maximální užitečný kapacitní průřez – popisuje počet pracovních jednotek (systémů).
- Maximální možný čas nasazení během období – zabývá se počtem časových jednotek konkrétního období na výrobní jednotce. [7]

„Pod elasticitou si lze představit „přizpůsobivost, přestavitelnost a pohyblivost výrobní jednotky (systému) při změně pracovních úkolů. Kvalitativní aspekt vzniká z možností obsazení výrobního systému alternativními druhy použití. Zejména druhem výrobních prostředků (univerzální, víceúčelové, jednoúčelové) a schopností možnosti různorodosti zpracování druhů materiálů. Kvantitativními aspekty se rozumí schopnost reagovat na změny v objemu výroby.“ [7]

Rozlišují se následující typy: intenzivní, průřezové a časové přizpůsobení.

- Intenzivní - počítají s alternativními možnostmi rychlosti provádění operací.
- Průřezové - vychází z kapacity výrobní jednotky (systému).
- Časové - doba přerušování výroby při změně výrobního úkolu.

Nejčastěji je, ale spojována s rychlostí přestavby výrobního systému při změně výrobního úkolu. Nazývá se rychlostí přizpůsobení. Pokud se hovoří o elasticitě pracovní síly, pojednává se o možnost pracovníků provádět různorodé úkoly. [7]

Layout představuje grafické rozvržení, které je v případě výrobního podniku prostorové uspořádání výrobního systému, haly, závodu apod.[1]

Racionalizace se v obecném smyslu tváří, jako rozumové vládnutí pracovnímu úseku. Jejím základem je vyloučení zbytečných ztrát a využití existujících rezerv. Racionalizace zároveň směřuje k zavádění nových technických a organizačních opatření. [1] Cílem racionalizace je maximální zvýšení produktivity práce za pokud možno minimálních investic. Hranice dosaženého zvýšení produktivity práce jsou neomezené, jedná se o proces neustálého zlepšování.

Racionalizaci můžeme také chápat jako součást neustálého řízení zdokonalování stávajícího stavu. Základní postup racionalizace:

- 1) Poznání (analýza) pracovního systému
- 2) Posouzení funkce současného pracovního systému
- 3) Generování racionalizačních opatření
- 4) Realizace opatření
- 5) Vyhodnocení přínosů [1]

Optimalizace obecně je proces, pomocí něhož se zkracuje a zjednodušuje již nalezená cesta k cíli. Jde o to „vytvářet a používat jednodušší a rychlejší metody, operativnější vazby a struktury tak, aby výsledný systém pracoval rychleji a efektivněji, tedy s menší zdrojovou potřebou“ [1].

Optimalizace pracovišť a linek je „systematický proces snižování technologických procesů, odstraňování plýtvání a snížení výrobního času, vedoucí k růstu výkonu a produktivity práce. Nástrojem k tomu je implementace krátkodobých a dlouhodobých racionalizačních opatření, která jsou vybírána pomocí analýz a technik průmyslového inženýrství“ [1].

V rámci definice pojmu **racionalizace** se mluví o využití soudobé techniky a vědomostí, proto zde přichází relativně nový pojem současného trendu „digitalizace“, nebo také „digitální podnik“. Ve výrobním systému se odehrává mnoho procesů, informací, znalostí, metod, toků, zařízení, které musí součinně spolupracovat. A právě nárůst zpracovávaných informací ve výrobním systému, se v současné době již nemůže ovládat bez podpory informačních systémů a sofistikovaných nástrojů digitálního podniku.

Digitální továrna je komplexní projektový proces, který je podporován velkým spektrem navzájem kompatibilních softwarových nástrojů. „Cílem je digitálně zachytit a utvářet,

pomocí podpůrných softwarových nástrojů, celý cyklus života výrobku. Postupujeme od počátečních koncepčních stádií až k simulaci přesně navrženého dílenského hnízda nebo střediska.“ [3]

2.2 Historický vývoj projektování výroby

Princip současného projektování výrobních systému prošel několikanásobnou evolucí s vazbou na historické události. Vzhledem k tomu, že všeobecný pojem „projektování“ je řazen do vyšších sfér organizační struktury podniku, je rovněž všeobecným předpokladem, že je tento pojem úzce spjatý s řízením podniku a vrcholovým managementem. Ze způsobu řízení podniku lze tedy odvodit i současné myšlení projektování výrobního systému. Při krátkém nahlédnutí do historie lze charakterizovat vývoj řízení podniku v pěti stádiích, v některých publikacích nazývaných také jako stupních turbulence.

- I. Stádium: Objemový management – Tento způsob převládal v 50. letech 20. století, tedy těsně po 2. světové válce. Cílem tehdejších společností bylo maximalizovat dodávky chybějícího objemu sortimentu, který byl zničen válečnými operacemi.
- II. Stádium: Trend ekonomizace, tj. maximalizovat úsilí o minimalizaci nákladů. V poválečném období (60. léta 20. stol.) se začíná trh naplňovat sortimentem a zákazníci žádají nižší ceny.
- III. Stádium: Marketingový management - Odpovědí na nesčetné množství levných výrobků bylo pátrání zákazníků po vyšší kvalitě a spolehlivosti. Výrobce se snažil zviditelnit nad ostatními zaváděním jedinečných výrobků.
- IV. Stádium: Strategický management – Výrobní společnosti hledají úspory při lepším využívání času. Ve výrobních procesech je snaha separovat a eliminovat neproduktivní časy a rychleji provádět změny, to vynáší do popředí také obor logistiky.
- V. Stádium: Prostředí optimality – Přední výrobní společnosti již v 90. letech vstupují do konkurenčního boje v globálním trhu a kladou důraz na okamžitou maximalizaci své existence podniku v každém okamžiku jeho života. Vznikají sítě spolupracujících podnikatelských subjektů, které mají společný úkol a to okamžitý zisk. [1]

A je to právě prostředí optimality a globalizace, které nutí výrobní společnosti naučit se rychle a pružně reagovat na požadavky trhu a přitom neustále zvyšovat produktivitu práce za minimálních investic tj. přijmout racionalizační opatření vedoucí k neustálému dynamickému zdokonalování výrobního procesu. Na racionalizaci se kladou stále větší a náročnější požadavky. Hledají se veškeré možnosti ke zvýšení efektivnosti pracoviště, kanceláře, závodu, podniku i celého výrobního systému.

Současně se digitalizace využívá stabilně ve velkých společnostech, zabývajících se sériovou výrobou v oblasti automotive. V 21. stol. se ale rozvíjí velkým tempem informační technologie a sním i nové možnosti jak dostat šikovné nástroje i do menších společností, které si mohou dovolit pouze omezené investice.

2.3 Systémový přístup projektování

Projektování výrobních prostorů není v současné době něco mimořádného. Na činnost výrobního systému se nahlíží jako na mapu provázaných procesů, reprezentujících jednotlivá pracoviště. Jednotlivé procesy zohledňují spousty faktorů, ovlivňující prostorové uspořádání – layout výrobního systému. Bude-li se proces opakovat, předpokládá se, že veškeré kroky napříč procesy povedou ke stejnému cíli.

Systémový přístup v projektování pak spočívá v dekompozici systému na nejmenší prvotní procesy. Tyto zanalyzované dílčí elementy se následně seskupují do celků, čímž

vzniknou skupiny pracovišť a posléze layout celého systému. Přičemž se hlídá nejen efektivita práce samostatných elementů, ale i provázanost napříč spektrem celého layoutu.

Vhodné prostorového uspořádání výrobní základny je úloha technologického projektanta a nesprávné navrhování prostorového uspořádání má za následek nepřehledné a přebytečné materiálové toky, zbytečné pohyby pracovníků, plýtvání výrobními plochami apod. Ve výsledném součtu způsobují tyto různé ztráty zvýšené logistické náklady. Řešení dané problematiky definuje několik aspektů, kterými je potřeba se zabývat pro návrh funkčního výrobního organismu. V první řadě pohled projektanta musí směřovat ke dvěma následujícím prioritám:

- optimální řešení uspořádání pracovišť,
- minimální materiálové toky. [1]

Pouze efektivní výrobní systém zabezpečuje hladký tok práce, materiálu a informací přes celý výrobní systém. Návrh této struktury, který zahrnuje uspořádání osobních a věcných prvků výrobního procesu v daném prostoru zabezpečuje:

- pružnou adaptaci výroby na komerční a inovační změny,
- hospodárný průběh výrobního procesu,
- přehledný průběh výrobního procesu,
- využití progresivních manipulačních prostředků,
- vytvoření pracovních podmínek v souladu s požadavky, ergonomií, hygienou, apod.[1]

Výhody optimálně navrženého výrobního systému:

- Minimalizované náklady na manipulaci s materiálem.
- Efektivní využití veškerých prostorů.
- Efektivní využití pracovního prostoru - např. optimalizované využití prostoru skladů ve výrobních prostorech.
- Eliminované úzké uličky (průchody).
- Usnadněná komunikace a vzájemné působení mezi pracovníky, pracovníky a jejich nadřízenými, či mezi pracovníky a zákazníky.
- Redukované časy výrobního cyklu a doby obsluhy.
- Eliminované nadbytečné (promrhané) pohyby - omezení práce bez přidané hodnoty a minimalizování nepřímých mzdových nákladů.
- Usnadněné (ulehčené, zlepšené) vstupy, výstupy a umístění materiálu, produktů a lidí.
- Začleněné pojistné a ochranné opatření; podpora kvality produktu a servisu.
- Podpora aktivit pro řádnou údržbu.
- Vizualní kontrola nad operacemi a aktivitami - snazší organizace výroby.
- Flexibilní přizpůsobování se měnícím se podmínkám.
- Zvýšení stupně využití kapacit (výrobního zařízení i lidí). [1]

2.4 Tvorba výrobního systému

2.4.1 Postup a pravidla návrhu výrobního systému

V praxi jsou nejčastěji řešeny projekty s racionalizací stávající výroby a méně často s návrhem nové výrobní haly. Postup návrhu výrobní základny probíhá obvykle v následujících krocích:

- diagnostika
- sběr informací
- rozbor stávajícího stavu

- návrh [6]

Diagnostika obsahuje prvotní a rychlé seznámení s objektem řešení. Je nezbytná k usměrňování pozornosti na hlavní články problematiky a zároveň představuje etapu, která zabezpečuje racionální přístup k řešení problému. Diagnostiku provádějí obvykle nejzkušenější pracovníci, kteří znají vzájemné závislosti jevů a jejich příčin.

Sběr informací je někdy opomíjen a charakterizován jako pomocný, ale není možné ho vynechat, neboť bez něj nelze provádět další práci, tj. rozbor. V zájmu zkrácení průběžné doby (sestavení návrhu) je nutno sběr informací organizovat. Z diagnostiky vyplyne jak potřeba všech informací, tak i termíny jejich potřeby. Sběr informací je tedy nutno zorganizovat tak, aby vytypované podklady byly ve stanovené době k dispozici pro rozbor. V zásadě existují dvě skupiny informací. Informace z evidence a informace z pozorování. Informace z pozorování se mnohdy obtížně získávají, ale jsou čerstvé, konkrétně zaměřené na daný objekt řešení a objektivně zobrazují realitu.

Rozbor - Teprve po uskutečnění výše uvedených prací je možno přistoupit k rozboru. Z dobře provedeného rozboru vyplynou varianty možného řešení dané problematiky. V projektech je nutné řešit všechny faktory výrobního organizmu. Proto tedy i rozborová příprava se dotýká široké oblasti (výrobků, výrobního programu, organizace výrobního procesu, řízení). Základní rozbor prováděné před sestavením návrhu jsou například:

- rozbor standardizace,
- rozbor vybavenosti výroby stroji a zařízeními a jejich využití,
- rozbor technického stavu základních prostředků,
- rozbor vybavenosti výroby speciálním nářadím,
- rozbor úrovně mechanizace a automatizace výrobního procesu,
- rozbor toku materiálu a manipulačních prostředků,
- časové rozborů výroby a manipulace,
- rozbor stávajícího dispozičního řešení, stavu výrobních hal,
- rozbor ergonomických vlivů,
- rozbor úrovně řízení a použité řídicí techniky.

Rozbor by měli provádět vysoce kvalifikovaní pracovníci s odpovídajícími morálními vlastnostmi. V rozboru bilancujeme, hodnotíme, posuzujeme zkoumaný jev všestranně, tzn. z různých hledisek (např. z hlediska technického, ekonomického, psychologického, sociologického, ergonomického, atd.).

Návrh - V návrhové etapě je možno v maximální míře uplatnit vlastní tvůrčí talent řešitelů. Ze zkušeností víme, že téměř žádný projekt není v plné míře opakovatelný. Řešitel musí při zpracování používat vzorové řešení, řešerše literatury a pak za pomoci nejnovějších poznatků vědy a techniky rozpracovat jednotlivé směry řešení, vybrat nejlepší variantu a na ní propracovat technickou dokumentaci. I když projektant ve svém návrhu řeší část většího celku, nesmí zapomenout na respektování a řešení styčných vazeb s vyšším celkem (vstupní a výstupní vztahy systému). V této etapě je nutno rovněž připravit návrh náběhu výroby, který může podstatně ovlivnit efektivnost akce a dobu návratnosti podmětných nákladů. Důležitou součástí každého projektu je ekonomické zhodnocení návrhů, v němž porovnáváme náklady a přínosy. Do závěrečných projektových prací patří i vypracování časového plánu realizace, který se obvykle zpracovává ve formě síťového grafu.

Realizace akce je dovršením celého připravovaného procesu a zároveň zkušebním kamenem projektové práce. Nedostatky projektové přípravy se projeví v průběhu realizace a vady v koncepci a ekonomické hodnocení se neúprosně ozvou již v počátečním období provozu. Vlastní práce realizační etapy spočívá v instalaci a zavedení navrhovaného projektu.

Celý projekt je pak ukončen po zkušebním provozu předáním investorovi. I poté je prováděno ještě sledování a hodnocení zda jsou přínosy trvalé a neobjeví se nečekané problémy. [6]

2.4.2 Dispoziční řešení

V současné době, kdy je ve většině případů trh nasycen a nabídka převyšuje poptávku, podniky musí umět pružně reagovat na požadavky svých zákazníků, je nutné, aby podnik hledal konkurenční výhody a zvyšoval svou konkurenceschopnost. Konkurenceschopností se rozumí, že se podnik musí chovat tak, aby uměl pružně reagovat na různé impulsy z okolí, snižoval náklady na realizaci svých produktů, zvyšoval kvalitu svých produktů a snižoval průběžnou dobu výroby. Tyto podmínky nutí podniky, aby upravovali anebo rozšiřovali své výrobní programy. Z tohoto důvodu je nutné mít vhodné výrobní nebo skladovací prostory. Toho lze dosáhnout vhodným návrhem prostorového uspořádání výrobního podniku (layoutu) respektive dispoziční řešení výrobního systému. Tvorba a výběr vhodného prostorového uspořádání jsou záležitostmi projektanta. Jeho úkolem je navrhnout a zvolit optimální prostorové uspořádání, přičemž ho musí i neustále vylepšovat a měnit se změnou jednotlivých výrobních faktorů. Tyto změny mohou být od malých až po ty, které zásadně ovlivňují celý výrobní systém.

2.4.3 Základní typy výrobních systémů

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

- Kusová výroba
- Sériová výroba
- Hromadná výroba

Dále můžeme dělit podle počtu druhů výrobků (rozsah sortimentu) na výrobu jednoho produktu a více druhů výrobků a podle vztahu k odbytu na výrobu zaměřenou na zákazníka a na trh, ale často se vyskytují kombinace.

Další typ je podle vlastností produktu:

- druh zboží - materiální a nemateriální
- tvar a podoba zboží - neformovatelný plynule vystupující produkt (benzín), formovatelný plynule vystupující produkt (plech) a kusový produkt (šrouby)
- složitost zboží - jednoduchý (hřebík), složitý, zpravidla montovaný produkt (tramvaj)
- pohyblivost zboží - nepohyblivý produkt (most) a pohyblivý produkt [9]

2.4.4 Typy výrobních hal

V minulém článku bylo uvedeno, že na podniky "tlačí" konkurence a oni musí umět efektivně reagovat na podmínky z okolí podniku. Z těchto důvodů je třeba mít také vhodné výrobní nebo skladovací prostory. Zajistit dostatečné množství prostor pro výrobu či sklad není jednoduchá a snadná záležitost, neboť je zapotřebí abyste si uvědomili spoustu souvislostí:

- co budete vyrábět,
- kde budete skladovat výrobky a materiál,
- jaký typ manipulace bude zapotřebí
- jakého časového charakteru je zakázka (krátkodobé, střednědobé nebo dlouhodobé užití),
- jaké máte stávající výrobní či skladovací prostory,
- kde chcete postavit novou halu (např. na zelené louce, nebo na současném pozemku firmy),

- stavba bude novou samostatnou halou, nebo bude přístavbou k dosavadním prostorám,
- jaký druh dopravy budete využívat (nákladní automobilová doprava, železnice, případně jiné),
- jaký materiál využijete pro výstavbu,
- zda rozšíření výrobních nebo skladovacích prostor budete realizovat ve zcela nové hale, nebo zda využijete již stávajícího objektu, kde byste museli provést určitá opatření, jež by vyhovovala jak plánovanému využití, tak i ekologickým, bezpečnostním, ale i zdravotním předpisům.

Výše uvedené body ukazují náročnost přípravy pro výstavbu nové haly z pohledu investora a z hlediska logistické přípravy výroby. K tomu, aby se investor správně rozhodl, potřebuje univerzální návod, který mu snadno, rychle a názorně nastíní směr při výběru haly. Pro investora je podstatné mít jasnou představu o tom, co hodlá vyrábět nebo skladovat, aby si uvědomil jednotlivé souvislosti mezi jeho požadavky a technickými parametry hal např.:

- zabudování mostového jeřábu jako manipulačního zařízení při výrobě lze jen u hal s ocelovou a železobetonovou konstrukcí,
- různé manipulační vozíky (vysokozdvížený či programově řízený) potřebují k provozu určité plochy, které umožní jejich provoz a zároveň se dbá na bezpečnost uvnitř haly,
- při krátkodobé potřebě rozšíření skladových prostor bez použití těžkého manipulačního zařízení je za určitých okolností pro investora výhodnější postavit si halu s lehkou konstrukcí, než těžko demontovatelnou např. železobetonovou.

Zde se problematika dostává k tomu, že nabídka průmyslových hal není tak úzká a jednoznačná, jak by se zdálo na první pohled, ale že je velmi široká. Vybrat si z nabídky hal je velmi obtížné, a proto je nutné, aby se zmapovala současná situace na trhu průmyslových hal.

Obecné možnosti hal

Při výběru haly si musíme uvědomit základní parametry, které ovlivňují výběr konkrétní vhodné haly. Mezi tyto parametry patří především:

- účel užití,
- doby využití haly (životnost haly),
- klimatické podmínky (způsob zateplení),
- druh manipulačního zařízení (vysokozdvížený vozík, jeřáb, dopravník, atd.),
- logistické komponenty (vrata, dveře, přístřešky, atd.),
- typ konstrukce (ocel, beton, dřevo, kombinovaná, atd.).

Účel užití haly

Před počátkem výběru haly musíte mít jasnou představu, pro jaký účel bude hala využívána. Účel využití rozhoduje o typu a druhu haly, o vybavení interiéru, o lokalitě stavby apod. Základní rozdělení staveb z hlediska účelu (využití) je následující:

- výrobní haly,
- skladovací a montážní haly,
- prodejní, občanské a bytové haly.

Funkcí hal je nutné ochránit výrobu před klimatickými podmínkami a poskytnout vhodné technologické podmínky (např. konstrukce pro jeřáby). Z hlediska časového užití můžete haly budovy dělit na dlouhodobé (30 - 80 let), střednědobé (do 20 až 30 let) a krátkodobé (do 5 let). Životností se rozumí, jak dlouho je schopna stát a plnit svou funkci.

Podle doby užití hal, se velmi podstatně liší další parametry týkající se např. zateplení, manipulace a rozměrů hal, a proto se vždy u každého typu haly dle doby užití budeme samostatně zabývat ostatními ovlivňujícími faktory. [1]

Dlouhodobé průmyslové haly

Mezi dlouhodobé výrobní haly převážně zařazujeme železobetonové, skeletové, panelové objekty - typicky stavby realizované před rokem 1989 v podnicích těžkého průmyslu (např. Škoda Plzeň, Poldi Kladno). U těchto staveb se počítá s jejich využitím až 80 let, případně déle. Díky své technologii, ze které jsou vyráběny, nelze kalkulovat s tím, že je budete moci rozmontovat či nějak přemístit. Jednotlivé dlouhodobě užitné haly jsou náročnější na výstavbu, ale naopak snášejí maximální možné zatížení. Výhody těchto hal jsou spatřeny:

- možnost využití jeřábů (s nosností nad 15 tun),
- umístění poměrně náročných technologií na zatížení,
- odolnost vůči různým chemikáliím a žíravinám.

Střednědobé průmyslové haly

U těchto průmyslových hal sám výrobce dává garanci 20 až 30 let. Pak už se údržba stává velmi nákladnou, protože vyžaduje větší a častější opravy a začínají se projevovat korozní účinky, apod. Snahou je, aby se stavěly budovy z ocelových konstrukcí, neboť jejich montáž je poměrně rychlá. Dají se rozebrat a pak i třeba přemístit. Každý typ haly týkající se užití má určité výhody a omezení. K výhodám střednědobě užitných hal patří:

- minimální stavařské práce (základy),
- relativně rychlá montáž a demontáž,
- možnost využití jeřábů do omezené nosnosti a rozměrová variabilita.

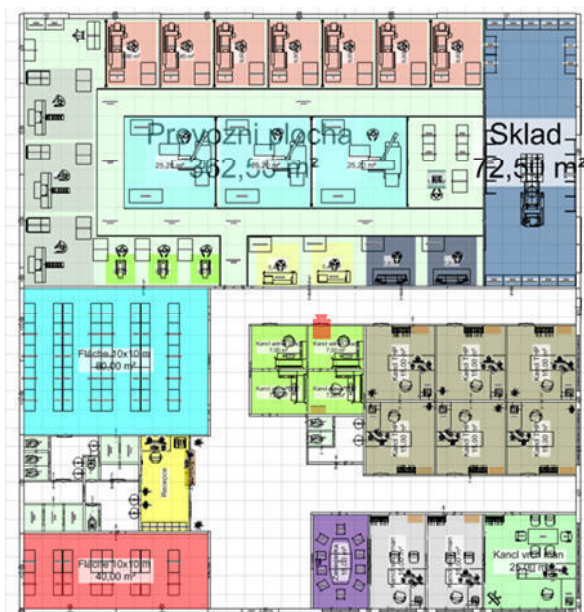
Krátkodobé průmyslové haly

Haly s krátkodobou životností se využívají buď na sezónu, nebo až na 5 let. Jsou to nenáročné stavby, které se přizpůsobí skoro jakémukoliv terénu. Stalo se také dobrým zvykem, že podnikatelské subjekty si tyto haly pronajímají na určité období, po kterém je vrací vlastníkov. U těchto hal se většinou nesetkáte s propracovanými prvky, opláštění bývá z textilu a hala je snadno a rychle smontovatelná. Některé typy hal jsou i průjezdné. Krátkodobě vám udělají dobrou službu převážně jako sklady, výrobní prostory, garáže, ale i jako restaurace, pivnice atd. Jednotlivé typy lehkých konstrukcí jsou následující:

- ocelová hala
- přetlaková hala
- dřevěná hala [1]

2.4.5 Charakteristika a typy layoutu

Pro zobrazení prostorové uspořádání výrobního systému se používá layout, viz následující obrázek č. 2.1.



Obrázek 2-1: 2D layout

Layout graficky vyjadřuje návrh prostorový sled jednotlivých pracovišť (stroje a zařízení i manuální pracoviště) a kromě toho také definuje dopravní cesty. S přihlédnutím na výrobní program resp. výrobní postupy, layout poskytuje informace o tvaru, délkách a intenzitě materiálových toků. Zmíněné parametry materiálových toků ovlivňují část logistických nákladů provozu /systému). Návrh layoutu vede ke dvěma prioritám. První je optimalizace rozmístění pracovišť (středisek, nebo útvarů) a nastavení výrobního zařízení, kdy předmětem optimality je produktivita. Další priorita spočívá v minimálních materiálových tocích a jejich vyváženost a plynulost.

Při návrhu layoutu vždy vycházíme z výrobního programu a jeho druhu. Dále je určující jaký druh layoutu se bude vytvářet – technologický/ předmětný/buňkový/ kombinovaný, popř. jiné speciální typy. Na základě určení výrobního programu jsou tvořeny kapacitní propočty. Tyto propočty určují potřebu strojů, pracovníků, výrobních a nevýrobních ploch.

Prostory layoutu se obvykle dělí na části, hodnocené podle jejich účelu. Nejstěžejnější je výrobní plocha. Ta se dále dělí na strojní výrobní plochy, plochy pro ruční práce a plochy pro montážní práce. Do strojní plochy se započítávají všechna strojní pracoviště, do ruční plochy se zahrnují všechna pracoviště, kde se koná manuální práce a do montážní plochy montážní pracoviště. Mezi těmito plochami vedou dopravní cesty, pomocné mezioperační sklady a jiné pomocné plochy, které dávají v součtu plochu pomocnou. Každý výrobní systém obsahuje také kanceláře pro THP pracovníky (mistři, technology, konstruktéry atd.), které jsou zahrnuty do správní plochy. Posledním typem jsou plochy správní, které zahrnují prostory pro zaměstnance jako např. toalety, šatna, jídelna, odpočívárna, sprchy atp.

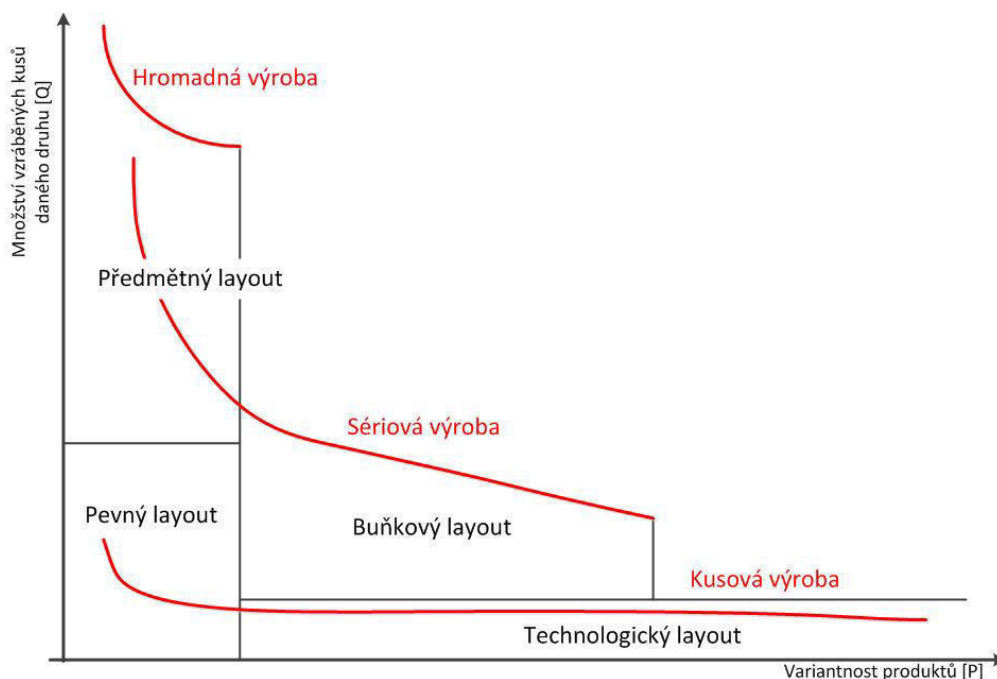
Základní typy výrobního layoutu:

- Technologicky uspořádaný layout (někdy také procesní)
- Předmětně uspořádaný layout (někdy také produkční)
- Pevný layout
- Volný layout

Tyto typy jsou ale krajní meze a proto se vyskytují v praxi spíše jejich kombinace. Vznikají na základě podmínek trhu a konkrétních provozů.

- Hybridní typy výrobního layoutu
- Buňkové uspořádání
- Pružné výrobní systémy
- Distribuované uspořádání výrobních systémů
- Modulární uspořádání výrobních systémů
- Rekonfigurovatelné uspořádání výrobních systémů
- Agilní uspořádání výrobních systémů
- Modulární uspořádání
- Kombinované uspořádání

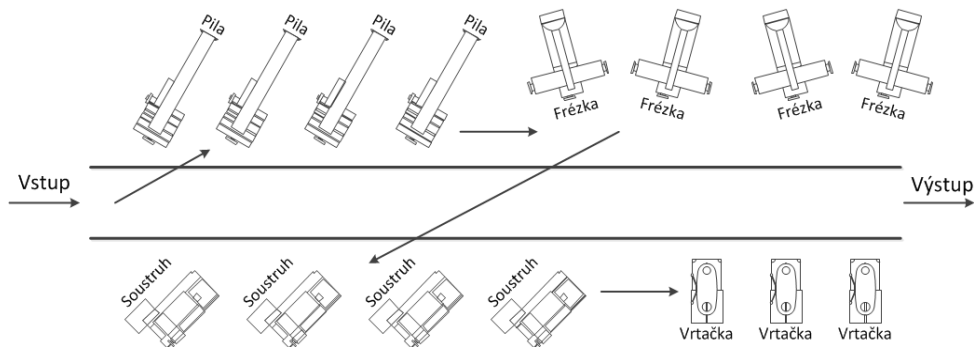
Layouty se dělí na různé typy hlavně podle typu výroby. Vycházejí z potřeb jednotlivých typů výrobních systémů. Jedním z možných způsobů určení typu layoutu je na základě množství druhů vyráběných výrobků a objemu výroby. K tomu slouží P-Q digram. Prvním krokem je sumarizace objemu výroby pro jednotlivé typy výrobků v přesně stanoveném časovém období (např. rok). P-Q diagram (na obr. 2-2) se řadí ke základním nástrojům projektantů výrobních systémů. Tento diagram mu může ukázat prvotní velice užitečné informace o typu výroby a organizaci výroby. Dále stupeň automatizace, manipulace s materiálem, ale i způsoby plánování a řízení výroby. V současnosti jsou velkým problémem nekvalitní a nespolehlivá vstupní data pro P-Q diagramy. Na současném stále se měnícím dynamickém trhu, je pro všechny podniky čím dál těžší v dlouhodobějším časovém úseku přesně definovat jak výrobní sortiment (osa P) tak i výrobní množství (osa Q) viz obr. 2-2.



Obrázek 2-2: Graf závislosti layoutu na vyráběném množství [8]

Technologické uspořádání layoutu

Je jedno z nejstarších způsobů uspořádání výrobního systému. Stroje jsou umístěny podle operací stanovených v technologických postupech. Stroje jsou slučovány podle jejich vzájemné příbuznosti. Tento způsob uspořádání tvoří skupiny stejných druhů strojů. Rozsah sortimentu vyráběných součástek má zde tak široký profil, že není možno určit jednotný směr materiálových toků. S tímto uspořádáním se setkáváme převážně v kusové a malosériové výrobě těžkého a středního strojírenství. Schematická skica technologického uspořádání je na obrázku č. 2-3.



Obrázek 2-3: Technologické uspořádání layoutu [6]

Výhody:

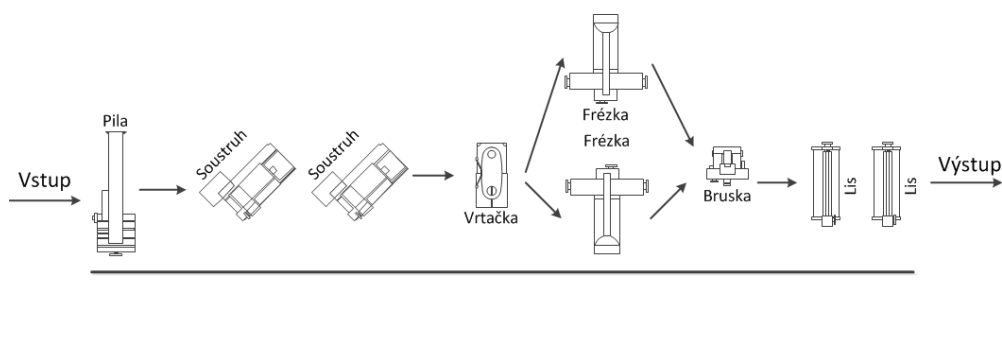
- pružnější výrobní proces (množství, změna sortimentu, čas)
- snadnější přizpůsobení pracovišť při změně výrobního programu
- vyšší odolnost proti poruchám
- snazší zajištění provozuschopnosti výrobního zařízení
- lepší využití kapacit výrobních strojů a zařízení

Nevýhody

- vyšší náročnost na operativní řízení výroby (vytěžování jednotlivých pracovišť s ohledem na maximální využití kapacit)
- vyšší náročnost na manipulaci s materiálem (delší materiálové toky)
- prodloužení výrobního cyklu
- vyšší zásoby rozpracované výroby
- potřeba univerzálnějších výrobních zařízení
- vyšší podíl času přerušení [6]

Předmětné uspořádání layoutu

Předmětné uspořádání je použito při opakované výrobě malých a vyšších sérií výroby. Pracoviště jsou rozřazena podle shodujících se operací technologického postupu výrobku, který se zde vyrábí. Uspořádání podle zhotovovaného předmětu se vneslo i do názvu tohoto způsobu. Pohyb výrobků zde má stejný směr a vzniká tak výrobní proud. Ideální předmětné uspořádání je možno sestavit pro skupinu technologicky a tvarově podobných výrobků (součástek). Výrobní linka je dokonalejším a rozpracovanějším stupněm předmětného uspořádání pracovišť. Nejvyšším stupněm předmětného uspořádání je automatická synchronizovaná linka, která je složená ze speciálních jednoúčelových strojů se společným dopravníkem ovládaným řídicím panelem nebo řídicí technikou.[6] Předmětné uspořádání pracovišť se hojně využívá ve všeobecném a středně těžkém strojírenství ve velkosériové a hromadné výrobě. Skica předmětného uspořádání je na obr. 2-4.



Obrázek 2-4: Předmětné uspořádání layoutu [6]

Výhody:

- zkrácení manipulačních drah
- snížení rozpracovanosti
- zkrácení průběžné doby výroby
- menší potřeba výrobní plochy
- nižší náklady na skladování (není potřeba centrální mezisklad)
- zlepšení operativního řízení výroby

Nevýhody:

- snížením objemu výroby poklesne využití strojů
- změna výrobního programu vyvolá značné změny ve strojním zařízení i uspořádání strojů
- vysoké nároky na řízení [6]

2.4.6 Metody sestavování návrhů

Před projektováním výrobní základny by se měl každý seznámit se základními metodami sestavování návrhu layoutu. Patří mezi ně následující metody:

- Šachovnicová tabulka
- Metoda souřadnic
- Trojúhelníková metoda
- Metoda těžiště
- Metoda S.L.P.
- Metoda návaznosti operací
- Metoda CRAFT a mnoho dalších

Tyto metody mohou sloužit jako jednoduché pomůcky před složitým modelováním procesu. V jednodušších případech lze sestavit i manuálně bez použití PC a jsou jejich výsledky dostačující, ovšem při tvorbě objemného výrobního systému složeného z mnohačetných pracovišť je efektivnější použít moderní software. [1]

Šachovnicová tabulka se používá v největší míře pro analýzu materiálových toků, kde jsou přehledně znázorněny materiálové přesuny realizované za konkrétní časové období mezi jednotlivými pracovišti (středisky/útvary apod.), nebo mezi podnikem a jeho okolím. Tato metoda se dále používá pro zjištění efektivnějšího prostorového uspořádání z hlediska významu a četnosti přepravovaného množství. Šachovnicová tabulka nám slouží jako vstup do většiny následujících metod (obr. 2-5).

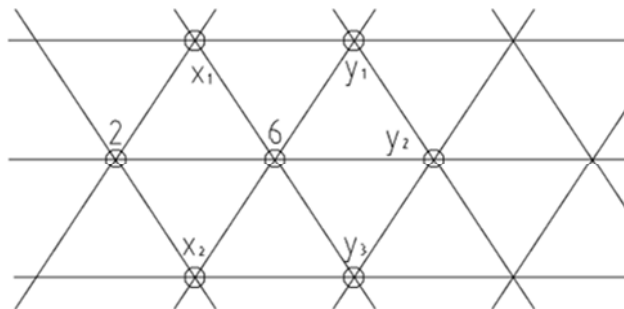
Pracoviště	1	2	3	4	5	6
1			6000	5000	200	700
2			2000			
3		1000		2000	2000	3000
4			200		1000	1000
5						200
6		400			300	

Obrázek 2-5: Šachovnicová tabulka

Trojúhelníková metoda se používá ve dvou verzích:

- z paměti - u jednoduchých případů s malým počtem prvků
- výpočtem - u složitých systémů s větším počtem prvků

Metodu používáme v případě, kdy jeden vztah (např. množství přepravovaného materiálu mezi pracovišti) výrazně rozhoduje nad ostatními vztahy. Metoda je na principu hledání minimálních vzdáleností mezi pracovišti s největším vztahem (materiálovým tokem).[1]



Obrázek 2-6: Trojúhelníková metoda

Metoda sestavení layoutu je nesčetné množství a není proto v této fázi nutné se se všemi do hloubky detailně seznamovat.

2.4.7 Kapacitní výpočty

Pro správné dimenzování velikosti výrobního systému a pozdější tvorbu dispozice jednotlivých pracovišť je zapotřebí provést kapacitní výpočty.

Časový fond pracovníka:

$$E_{fs} = (d_p - d_{no} - d_{do}) \cdot H_s$$

kde:

H_s - počet pracovních hodin stroje při 1- směnném provozu – 7,5 hodin, jedná se manuální obsluhu stroje

d_{no} - Neplánované odstávky, opravy

d_{po} - Neplánované odstávky, opravy

d_p – Počet pracovních dnů

Čas hlavní:

$$t_h = t_{hs} + t_{hsr} + t_{hpn} \text{ [min]}$$

kde:

t_{hs} [min] – čas hlavní strojní (např. úběr materiálu obráběním)

t_{hsr} [min] – čas hlavní strojně ruční (např. ruční posuv, sražení hran apod.)

t_{hpn} [min] – čas hlavní přejezdu, nájezdu, výjezdu)

Čas vedlejší: t_v [min]

Čas operační: $t_o = t_h + t_v$ [min]

Čas kusový: $t_k = k_{pn} \cdot t_o$ [min]

kde:

k_{pn} [/] – koeficient plnění norem (obvykle 1,1)

Čas přípravy a zakončení: t_{pz} [min]

Výrobní dávka:

$$d_v = \frac{t_{pz}}{\alpha \cdot t_k} \text{ [ks]}$$

kde:

α [/] – koeficient přípustných ztrát (pro sériovou výrobu 0,02)

Počet dávek:

$$D = \frac{Q}{d_v} \text{ [ks]}$$

kde Q [ks] – počet kusů za sledované období

Čas celkový: $T_c = D \cdot (t_{pz} + d_v \cdot t_k)$ [ks]

Počet strojů: $P_s = \frac{T_c}{E_{fs}}$ [ks]

2.4.8 Vyhodnocení variant uspořádání

Posuzovaný objekt je v těchto případech vybraný layout výrobního systému, jehož kritéria se zvolily na základě požadavků na zvýšení efektivity layoutu a z určených parametrů:

Náklady, zde se rozumí investice do manipulační techniky a náklady na provoz výrobního systému a manipulační techniky. Snaha je náklady snižovat.

Využití prostoru je optimální kombinace umístění výrobních a pomocných ploch. Působí na ně i „volné“ plochy na další rozvoj. Snaha je využívat celkovou plochu efektivně a snižovat podíl „volných“ ploch.

Délky netechnologických časů závisí na optimálním nastavení dopravních cest, rozmístění jednotlivých pracovišť a efektivním využívání přepravního výkonu manipulační techniky, tak aby manipulační časy byly co nejkratší.

Materiálové toky jsou průchod materiálu výrobním systémem. Pomocí optimalizace dopravních cest, tak aby byly co nejvíce přehledné a jednoduché.

Poloha a umístění materiálu a pracovišť je vhodné umístění jednotlivých pracovišť ve výrobním systému při dodržování ergonomie pracovišť, rozměrů uliček, podpory údržby, optimálním nastavení dopravních cest a bezpečnosti práce, tak aby to negativně neovlivňovalo výrobu. [1]

Vztah kritérií hodnocení a parametrů layoutu je následující:

Náklady:

- Náklady na spotřebu energie.
- Investiční náklady - jsou závislé na přepravním výkonu a velikosti materiálového toku (kolik bude potřeba využívat manipulační techniky).
- Náklady na údržbu a revize.
- Daň z nemovitosti a pozemku - zjišťuje se daň z nemovitosti a pozemku v závislosti na velikosti celkové plochy.
- Mzda zaměstnanců manipulační techniky - náklady na mzdy zaměstnanců, podle délky dopravních cest, počtu manipulační techniky a jejího využívání.
- Provozní náklady manipulační techniky - náklady na spotřebu pohonných energií závislé na délce dopravní cesty.

Využití prostoru:

- Výrobní plocha, pomocná plocha, „volná“ plocha - kombinací těchto parametrů zjistíme jaké je využití prostoru a jak je efektivní.
- Délky netechnologických časů:
- Délky dopravních cest a přepravní výkon - pokud délku dopravních cest snížíme a přepravní výkon zvýšíme (pokud má zvýšení potřebný efekt), dosáhneme snížení manipulačních časů.
- Doba manipulace - při vhodném uspořádání pracovišť se snižuje časovou náročnost při manipulaci na pracovišti.

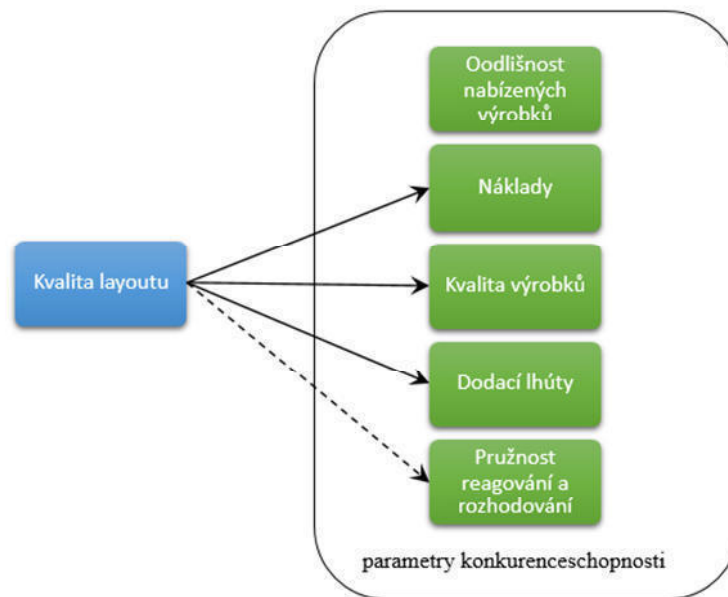
Materiálové toky:

- Délky dopravních cest - optimálním nastavením dopravních cest (krátké, jednoduché a bez zbytečného křížení) dosáhneme větší přehlednosti materiálových toků.
- Využití dopravních cest - rovnoměrnějším rozložením materiálových toků dosáhneme větší bezpečnosti, přímočarosti a efektivnosti.
- Přepravní výkon - určuje možnost maximálního využití manipulační techniky
- Rozměry uliček - určují možnosti maximálního vytížení dopravních cest
- Typ prostorového uspořádání - vytváří omezení pro optimalizaci dopravních cest

Poloha a umístění materiálů a pracovišť:

- Podpora údržby - působí na rozložení výrobních pracovišť, tak aby k nim byl snadný přístup.

- Vizualní kontrola nad operacemi a aktivitami - přehledně uspořádaná pracoviště, aby bylo možné bez problému zjistit stav výrobního systému, a tak ovlivňuje polohu a umístění materiálů a pracovišť.
- Bezpečnost práce - určuje bezpečnostní podmínky rozložení výrobního systému
- Ergonomie pracoviště - určuje potřebný prostor u jednotlivých pracovišť, aby bylo možné efektivně pracovat.
- Typ prostorového uspořádání - vytváří omezení pro rozmístění pracovišť. [1]



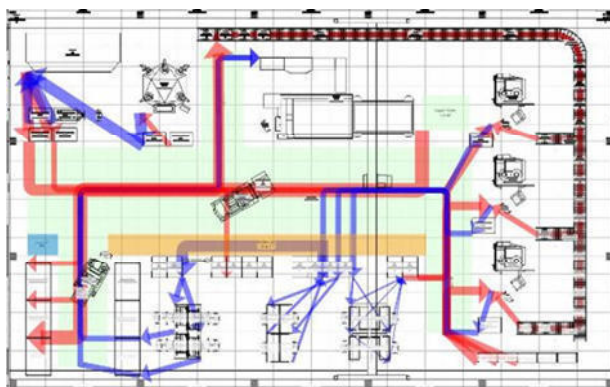
Obrázek 2-7: Parametry konkurenceschopnosti[1]

Sankeyův diagram

Pro vytvoření layoutu či pro jeho následnou optimalizaci existuje řada metod a pravidel. Nejdůležitějšími metodami je bezesporu Sankeyův diagram (obrázek č. 2-8) a I-D diagram. I-D diagram je popsán později.

Pomocí těchto metod se dají poměrně jednoduše a především přehledně řešit prostorová uspořádání výrobního systému. Obě tyto metody jsou založeny na grafickém znázornění materiálových toků. [1]

- Sankeyův diagram graficky znázorňuje délku, tvar, směr, druh a intenzitu materiálových toků. Délka čar znázorňuje vzdálenost přepravovaného množství, tvar čáry zobrazuje přímočarost, nebo členitost materiálového toku. Dalšími ukazateli jsou šipka směr a šrafování, které značí druh přepravovaného materiálu (nebo také suroviny, hotové výrobky, odpad apod.) a tloušťka pak značí objem přepravy za konkrétní období.
- Jedna z variant Sankeyova diagramu znázorňuje objem materiálu, který prochází výrobním systémem, a zobrazuje v jakém poměru je tento materiál - kolik procent je odpad, kolik procent je nakoupené zboží, kolik procent je rozpracovaná výroba, atd.
- Další varianta je zobrazení na obr. 8, jak prochází materiál celým prostorem výrobního závodu. [1]



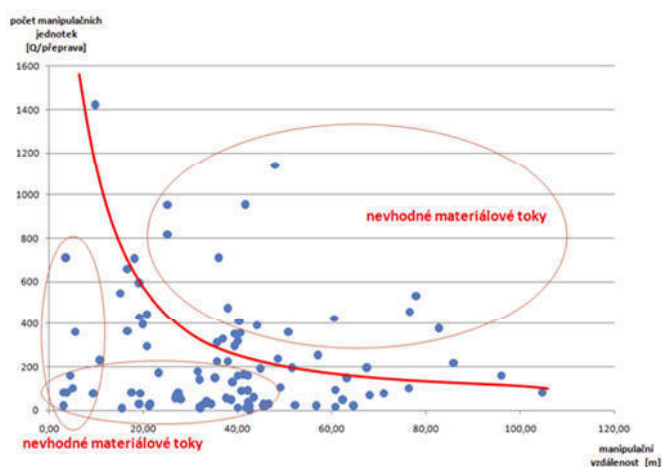
Obrázek 2-8: Sankeyův diagram v 2D layoutu[1]

I-D diagram

Jedná se o graf vyjadřující závislost intenzity přepravy (I-intensity), resp. množství přepravovaného materiálu za jednotku času (např. kvartál, rok, atd.), na vzdálenosti (D-distance) daného pracoviště od zdroje dodávky. Projektantovi poskytuje informaci o materiálových tocích a tím i informaci o efektivním rozmístění jednotlivých pracovišť. Základním požadavkem je, aby pracoviště vyžadující vysokou intenzitu zásobování byly umístěny co nejbližší k zásobujícímu pracovišti (co nejkratší vzdálenost pro zásobování). [1]

V I-D diagramu se na vodorovnou osu vynáší vzdálenost, na svislou osu pak intenzita toku. Každý pohyb materiálu má určitou vzdálenost a intenzitu, a tudíž může být v diagramu znázorněn bodem. Pokud je malý materiálový tok (nízká hodnota intenzity) přepravován na krátkou vzdálenost, nebo naopak pokud je velký materiálový tok přepravován na dlouhou vzdálenost, jsou materiálové toky neoptimálně vyvážené. Řešení je přiblížení bodů k tzv. fiktivní optimální křivce. Dosáhneme toho pomocí přehlánování prostorového uspořádání, kdy pracoviště, mezi kterými probíhá velký materiálový tok, přiblížíme k sobě, a pracoviště s malým materiálovým tokem naopak můžeme postavit na větší vzdálenost od sebe.

Protože v reálné výrobě probíhá mnoho pohybů, je optimalizace obtížná a úpravy často vedou pouze k částečnému řešení (je zapotřebí výkony přepočítat a vyhledat výhodnější variantu). I přesto je tato pomůcka velice vhodná pro optimalizaci layoutu podniku viz obr. 2-9.



Obrázek 2-9: ID diagram [1]

2.5 Moderní nástroje pro návrh výrobního layoutu

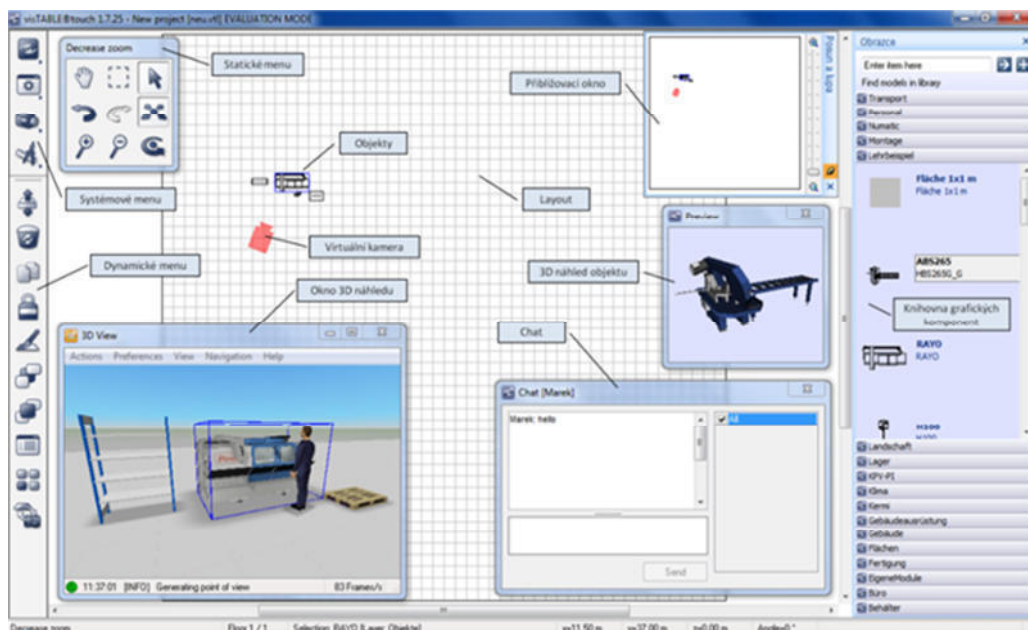
Tak jako se na počátku jednadvacátého století strhla lavina s vývojem ICT a dodávkami ERP systémů do výrobních podniků, tak na sebe nenechaly dlouho čekat i ostatní softwarové nástroje, výjimkou nebyly ani softwary pro projektování výrobních systémů.

V současné době je k vidění na trhu spousta sofistikovaných softwarů od renomovaných společností. Nástroje spadají do třech hlavních kategorií, první z nich jsou komplexní a obsahují kromě standardního režimu navrhování a plánování výrobního systému i modul CADu (NX, Catia). Druhá kategorie je specializovaná pouze pro návrh dispozic výrobních systémů (VisTable, Autodesk Factory Design Suite). Do třetí kategorie spadají nástroje univerzální, které byly primárně vyvinuty pro CAD, ovšem obsahují nástavbové moduly pro návrhy prostorového uspořádání.

V této práci je vyzdvížen nástroj visTable, sloužící jako podpůrná aplikace pro statický návrh výrobních systémů a to z důvodu špatné dostupnosti konkurenčních produktů.

Tento software je charakterizován zvláště jeho snadným obsluhovaním. Nicméně zahrnuje aplikace, které projektantovi usnadní práci a rozhodování při návrhu dispozice pracovišť a celého výrobního layoutu, ale i při návrhu ostatních prostor, jako například kancelářské, veřejné atd. [4]

Pro návrh výrobní základny existuje celá řada softwarových nástrojů. I přesto, že většina těchto nástrojů nabízí pouze statickou optimalizaci (méně náročná než dynamická simulace a většinou s dostatečně uspokojujícími výstupy), přinášejí projektantovi během návrhu metodicky strukturované plánování a včasné rozpoznání veškerých rizik, vystupující ze špatného návrhu výrobního layoutu, dispozice pracovišť a s tím i souvisejícími materiálovými toky. Včasná eliminace těchto rizik je díky možnosti detailního pohledu (a pohledu ve virtuálním 3D prostředí) na výrobní systém již v počátečních fázích návrhu bez jakéhokoliv zásahu do reálné výroby. Například na katedře Průmyslového inženýrství a managementu je k dispozici software visTable od německé společnosti Plavis GmbH. [4]. Pro návrh layoutu však postačí jakýkoliv CAD software. V rámci této práce je kvůli omezené přístupnosti visTablu využit SolidEdge (Siemens).



Obrázek 2-10: Uživatelská plocha a její části [1]

3 Praktická část

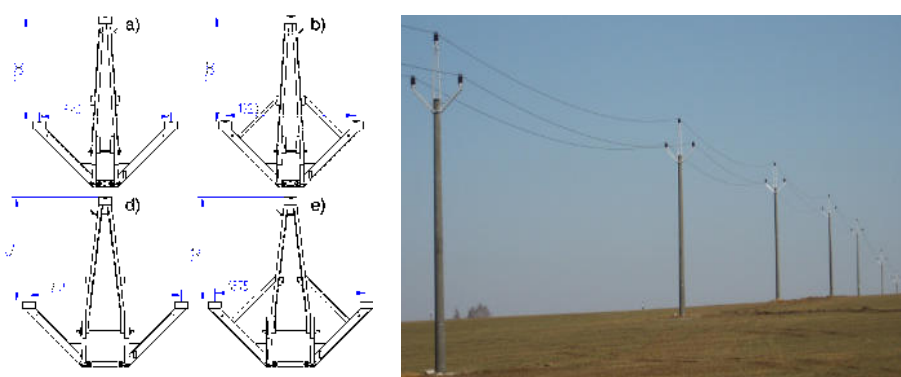
3.1 Představení společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o.

Společnost ENERGETIKA SERVIS s.r.o. (dále jen ES) je certifikovaný výrobce ocelových konstrukcí v energetickém průmyslu. ES byla založena v roce 1996 v Českých Budějovicích, jako dceřiná společnost energetické skupiny JČE a.s. Na počátku disponovala společnost patnácti zaměstnanci a využívala pro své sídlo i technické zázemí pronajaté prostory v Českých Budějovicích. V roce 2003 se stala ES z 80% součástí skupiny E.ON ČR s.r.o., která převzala majoritní podíly akcií JČE a.s. V současné době je ENERGETIKA SERVIS s.r.o. vlastněna skupinou CARBOUNION BOHEMIA, spol. s.r.o., a aktuálně zaměstnává 37 zaměstnanců.

ES klade velký důraz na jakost a kvalitu výrobků, kterou prokazuje vydáním příslušných prohlášení o vlastnostech výrobků v souladu s Nařízením o stavebních výrobcích (Zákon 305/2011 CPR – platný od 1. 7. 2013 v rámci celé EU).

Měřítkem kvality je držení a neustálé zlepšování systémů managementu kvality ČSN EN ISO 9001:2009, environmentálního managementu ČSN EN ISO 14001:2005 a hlavně systému řízení výroby podle ČSN EN 1090-1:2009+A1. Filosofí společnosti je kvalitu nekontrolovat, ale přímo ji vyrábět. Konstrukce jsou navrženy v souladu se širokým spektrem požadavků tak, aby společně s dalšími prvky soustavy venkovního vedení byla zaručena celková vysoká provozní bezpečnost. Elektrické požadavky plynou převážně z podnikové norma energetiky - PNE 33 3301 - Elektrická venkovní vedení s napětím nad 1kV do 45kV včetně, která navazuje na evropskou normu EN 50 423:2005 - Elektrická venkovní vedení s napětím nad 1kV AC do 45kV. Samozřejmostí výrobků je i zajištění bezpečné práce ve výškách dle vyhlášky č. 363/2005 Sb. Konstrukce, zejména konzoly, jsou vybaveny kotevním místem osobního zajištění pracovníka proti pádu z výšky.

Hlavní výrobní program tvoří konzoly venkovního vedení VN, konstrukce pro distribuční trafostanice, konstrukce pro kabelové svody, konstrukce pro odbočné linky, provozní žebříky, objímky závěsných kabelů a různé technologické konstrukce pro energetiku v ČR a SR



Obrázek 3-1: vlevo - ukázky nejčastěji používanějších konzol systému PARÁT-II,
Vpravo - linka venkovního vedení VN 22kV – systém konzol PARÁT-II.

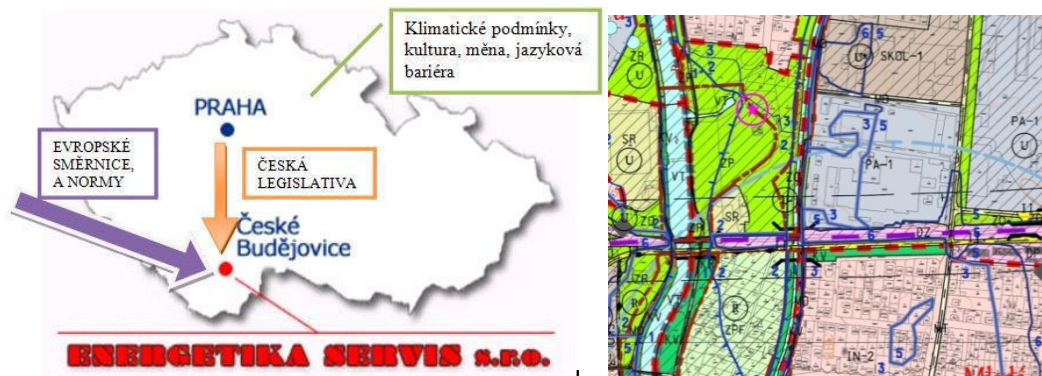
3.2 Analýza současnosti

Důvodů, proč se soustředit na reorganizaci stávajícího provozu ve společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o., je hned několik. Současná provozovna se vyvíjela od roku 1996 neřízeně, nesystematicky a bez jakéhokoliv inženýrského přístupu. Během let se pořizovaly nové stroje a umístily se tam, kde zrovna bylo místo, bez ohledu na návaznost procesů.

Dalším důvodem je nedávná rozsáhlá rekonstrukce haly, která se týkala nového zateplení haly, včetně nových oken a rekonstrukce kanceláří. V dalších letech je naplánována rekonstrukce podlah uvnitř haly a nové odsávací zařízení s rekuperační jednotkou. I zde je příležitost navrhnout nový layout provozu a při rekonstrukci podlah přemístit některé stroje. Vedení společnosti stojí o setrvání provozu ve stávajícím areálu, přesto že za pomoci dotačních programů lze v současné době výhodně postavit novou halu na tzv. zelené louce.

Z výše uvedených odstavců plyne závěr, že je zde velký potenciál k vylepšení současného layoutu z hlediska materiálových toků. V rámci této práce je proto provedena analýza současného stavu. Výsledky analýzy se posléze použijí pro návrh nového layoutu. Analýza současnosti se řídí základními kroky technického projektování, proto byly provedeny rozborů od makroměřítká, resp. globálního pohledu, detaily komunikací v bezprostředním okolí určeného místa až po zaměření na vztahy mezi pracovišti, zásobování strojů materiálem ze skladů, efektivnost přepravy, až po ergonomii samotného pracoviště.

V prvním kroku se provedl průzkum areálu podniku a jeho okolí. V katastru nemovitostí se získaly informace o druhu pozemku, věcných břemenech a informace o sousedních pozemcích. Pro případné větší rekonstrukce, nebo přístavbu, je nutné zjistit, pro jaký účel se smí pozemek využívat a v jaké leží zóně. Dále se berou na vědomí místní klimatické podmínky, kultura, úroveň infrastruktury, nabídka práce atp. Zajímavý je pohled na lokální okolí podniku, kam lze zařadit místní komunikace, napojení na dálniční uzly, železniční tratě, dostatečně dimenzované inženýrské sítě, nejbližší logistická překladiště, lokální průměrné počasí, hustota obyvatel, životní úroveň a jiné ukazatele.



Obrázek 3-2: vlevo: Globální pohled na okolí podniku,
vpravo: náhled do katastrální mapy dané lokality

Společnost Energetika servis s.r.o. vyrábí přes 300 typů výrobků rozdělených do 11 kategorií viz. tabulka č. 3-1. Výrobky obsažené v jedné kategorii jsou si tvarově i funkčně podobní. Několik výrobků se vyrábí sériově, zbytek spíše kusově.

Tabulka 3-1: Seznam skupin výrobků

Skupina zboží	Název
101	Konzoly VN
102	Odbočné linky
103	Kabelové svody
104	Díly pro odbočky a svody
105	Trafostanice
106	Skříně rozvaděčů
107	Provozní žebříky
108	Objímky
109	Odpínače a pohony
110	Ochrana ptactva
190	Zakázková výroba

3.2.1 Volba reprezentantů pro materiálové toky

K provedení analýzy materiálových toků, by bylo časově velmi náročné a neefektivní se zabývat všemi výrobky a je proto důležité zvolit několik pečlivě vybraných reprezentantů a aproximovat jejich množství na celkový objem výroby. Hodnocení reprezentantů se realizuje podle postupu výrobkové analýzy následovně:

- Výběr hodnocených produktů
- Volba kritérií pro hodnocení
- Selekce výrobků podle zvolených kritérií [12]

Základním efektivním nástrojem pro výběr vhodných reprezentantů je ABC (Paretova) analýza výrobku. ABC analýzu lze zaměřit na různé ukazatele, nejčastějším ekonomickým ukazatelem je podíl reprezentanta na ročním obratu společnosti. Z hlediska materiálových toků je dále žádoucí pronést do ABC analýzy další parametry. Pokud by se tak neučinilo, hrozila by situace, kdy se navrhnu dopravní cesty layoutu na základě výrobků, jejichž prodejní cena je velmi vysoká (obsahují například vzácné kovy: měď, stříbro, zlato apod.), ale jejich výroba je velmi jednoduchá a může probíhat pouze na jednom pracovišti, nebo může z větší části probíhat mimo řešený layout formou externích kooperací. Proto je nutné se zaměřit na vícero technicko-ekonomických vlivů, jako jsou: obtížnost výroby, hmotnost výrobku, ziskovost, opakovaná četnost výroby. Obtížnost výroby lze dále cílit například na počet dílů, ze kterých se výrobek skládá, počet operací, časový průtok layoutem (průběžná doba výroby), počet zaměstnanců, kteří se na výrobě podílí apod. Mustr pro volbu reprezentanta byl zvolen následovně:

- ABC - Podílu výrobků na ročním obratu:** Výrobky se seřadí sestupně podle dosažených tržeb a stanoví se kategorie „A“, ve které maximálně 20% výrobků odpovídá 80% tržbám. Mezi výrobky v kategorii „A“ se rozdělí 100% podle dosaženého, procenta se pak převedou na bodové hodnocení (1% = 3 body, význam vlivu obratu je ohodnocen trojnásobnou vahou). Výrobky, které se objeví v kategorii B a C, obdrží 0 bodů.
- ABC - Četnosti výroby:** ABC probíhá stejným způsobem jako v předešlém bodě - a, akorát se zde přihlíží na vliv četnosti výroby pouze dvojnásobnou vahou (1% = 2 body)

- c) **ABC – Obtížnosti výroby:** ABC probíhá stejným způsobem, akorát se zde přihlíží na obtížnost výroby pouze jednonásobnou vahou (1% = 1 bod) Obtížnost = počet dílců v jednom výrobku.
- d) **ABC – Hmotnosti výrobků:** ABC probíhá stejným způsobem, akorát se zde přihlíží na hmotnost výrobku jednonásobnou vahou (1% = 1 bod).

Po sečtení bodů z jednotlivých ABC analýz se první tři nejlépe ohodnocení reprezentanti použijí pro rozbor materiálových toků v layoutu společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o.

Tabulka 3-2: Ukázka ABC Analýzy podílu výrobků na ročním obratu

Skupina výrobků	Číslo výrobku	Název výrobku	Tržby 2014	podíl na celkových tržbách [%]	kumulace %	ABC
1	784-00	Konzola PAŘÁT-III-JB-N	23 921 180	30,47073%	30,47073%	A
2	11111109	Trafostanice SK400kVA JB	7 115 368	9,06354%	39,53427%	A
4	880-00	Provozní žebřík 500/8 ÚO	4 025 000	5,12703%	44,66130%	A
1	785-00	Konzola PAŘÁT-III-JB-R	2 251 200	2,86757%	47,52888%	A
5	520-00	Skříň SVS-U s krytem kabelů	2 000 700	2,54849%	50,07736%	A
1	788-00	Konzola PAŘÁT-III-DBW-R	1 918 200	2,44340%	52,52076%	A
2	508-00	Konz.pojist.VN s omezovači přepětí	1 890 058	2,40755%	54,92831%	A
1	784-02	Konzola PAŘÁT-III-JB-N-kot.	1 841 760	2,34603%	57,27434%	A
2	709-10	Konz.poj.s omez. přepětí ST-PS	1 758 364	2,23980%	59,51414%	A
2	508-10	Konz. pojistek VN ST-TSB 22kV	1 533 892	1,95387%	61,46801%	A
2	11111108	Trafostanice SK100kVA JB	1 489 240	1,89699%	63,36500%	A
1	789-00	Konzola PAŘÁT-III-DBW-K	1 473 320	1,87671%	65,24171%	A
4	882-00	Provozní žebřík 500/8 JB, DS-J	1 282 100	1,63314%	66,87484%	A
3	845-00	Konzola odbočná přímá JB/DB 860	1 255 500	1,59925%	68,47410%	A
1	784-01	Konzola PAŘÁT-III-JB-N-2xZ	1 241 940	1,58198%	70,05608%	A
3	11111135	Odpínací kabelový svod Fla 25kV ES-PS	989 778	1,26078%	71,31685%	A
1	791-00	Ptačí doseďací tyč 1300 PAŘÁT-III	981 690	1,25047%	72,56733%	A
2	107-01	Trubka 75 vývodová 9m	938 400	1,19533%	73,76266%	A
3	11111121	Odpínací kabelový svod Fla 25kV DBW10	895 980	1,14130%	74,90395%	A
5	602-01	Skříň SVS-P kryt 150/150/1500	763 820	0,97295%	75,87691%	A
4	633-00	Žebřík 500/4 JB/DB	742 250	0,94548%	76,82238%	A
2	11111111	Trafostanice SK100kVA 2xJB	716 300	0,91242%	77,73480%	A
3	681-00	Konzola svis.odpínače 22kV ES-PS	710 080	0,90450%	78,63930%	A
2	108-01	Trubka 75 vývodová 10,5m	709 920	0,90429%	79,54360%	A
1	787-00	Konzola PAŘÁT-III-DBW-N	704 461	0,89734%	80,44094%	A

12% výrobků tvoří 80,5% tržeb

Tabulka č. 3-2 zobrazuje výsledky ABC analýzy podílu výrobků na ročním obratu, a je z ní patrné, že ze širokého sortimentu (přes 300 typů výrobků) se v popředí drží s výrazným odstupem pouhé tři výrobky. Celé ABC analýzy jsou vyobrazeny v přílohách č. 2, 3. Po zahrnutí všech stanovených vlivů na výrobky byl proveden součet jejich dílčích ohodnocení viz. tabulka č. 3-3.

Tabulka 3-3: Hodnocení reprezentantů pro rozbor materiálových toků

Číslo výrobku	Název výrobku	ABC - tržby	ABC - kusy	náročnost - díly	hmotnost	souma bodů
784-00	Konzola PAŘÁT-III-JB-N	114	36	36	51	237
880-00	Provozní žebřík 500/8 ÚO	19	11	9	8	47
11111109	Trafostanice SK400kVA JB	34		7	5	46
150-01	Třmen vázací Fe 35mm2		43	1		44
791-00	Ptačí doseďací tyč 1300 PAŘÁT-III	5	15	2	2	24
150-17	Třmen vázací Fe 25mm2		24			24
785-00	Konzola PAŘÁT-III-JB-R	11	2	4	4	21

Z hodnocení v tabulce 3-3 je patrné, že nejdůležitějším výrobkem je konzola venkovního vedení pod obchodním názvem „Konzola PAŘÁT-III-JB-N“ s identifikačním katalogovým číslem 784-00. Výrobek 784-00 tvoří 30,47% obrátu a je zároveň druhý nejprodávanější výrobek o ročním objemu výroby 5000 ks. S přihlédnutím na jeho hmotnost - 67kg a pracnost – 47 dílců, se řadí v daných kritériích k těm hmotnějším a pracnějším.

Další výrobky v bodovém hodnocení jsou „Provozní žebřík 500/8 ÚO - katalog. č.880-00“ a „Trafostanice SK400kVA JB – katalog. č. 11111109“. Tyto tři jmenované výrobky se v dalších částech této práce podrobí rozboru v technologickém postupu výroby.

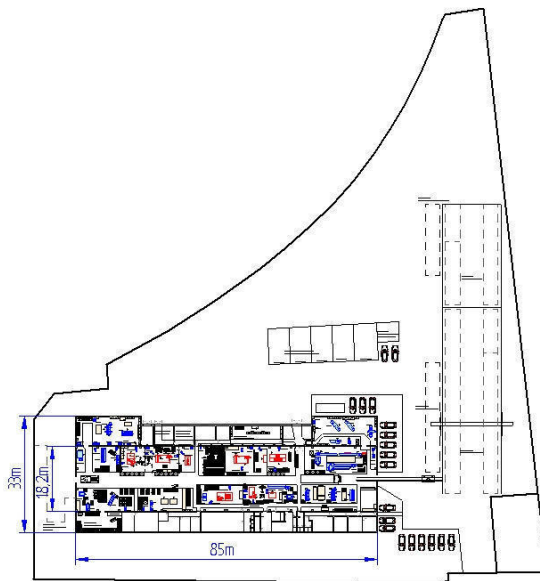
Tabulka 3-4: Volba reprezentantů pro rozbor materiálových toků

Katalog. č.	Název výrobku	Q (množství/rok)	d (výrobní dávka)	d/Q
784-00	Konzola PAŘÁT-III-JB-N	5000	500	10
111 111 09	Trafostanice SK400kVA JB	200	20	10
880-00	Provozní žebřík 500/8 ÚO	1600	100	16

3.2.2 Rozbor současného uspořádání výroby

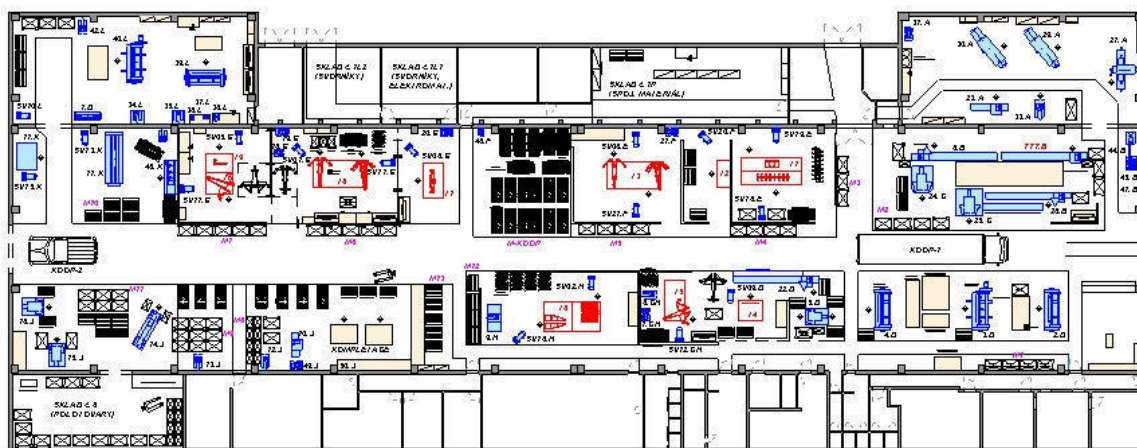
Nyní je přesunuta veškerá pozornost na generel podniku, resp. areál, ve kterém se stávající výrobní hala nachází. Generel firmy ENERGETIKA SERVIS s.r.o. je na následujícím obrázku č. 3-3. Generel graficky vysvětluje dispozici haly, propojení mezi halou a skladovacími prostory, venkovní jeřábové dráhy, příjezdové trasy a jiných technologické objekty uvnitř areálu podniku. Areál má rozlohu 13200 [m²]. Výrobní hala o rozměrech hlavní lodi 85x18,2 [m] zaujímá 2690 [m²].

Výrobní hala, ve které je soustředěn veškerý stávající výrobní provoz, byla postavena v osmdesátých letech dvacátého století a roce 1997 doznala několika rekonstrukcí a přístavbu kanceláří. Do areálu vstupuje z pozemní komunikace jedna jediná hlavní příjezdová cesta dimenzovaná pro kamionovou přepravu. Venkovní sklady hutního materiálu a sklady hotových výrobků jsou pokryty venkovním portálovým jeřábem. Propojení mezi vnitřním mostovým jeřábem a venkovním portálovým jeřábem zajišťuje pojízdná nosná plošina vedoucí po kolejích. Kromě výrobní haly se v areálu nachází ještě malé kryté sklady, garáže a venkovní zkušebna konstrukcí (polygon). Vzhledem k asymetrickému tvaru pozemku a důležitému faktu, že je společnost nájemcem areálu, se hned v počátku nabízí řešení. A to kromě návrhu reorganizace stávajícího pracoviště, navrhnout také layout celé nové haly, která nebude limitována prostorem ani historickou dispozicí objektů. Stavba nové haly však není v krátkém časovém horizontu na pořadu dne majitelů a proto se tato práce zaměří pouze na projekt, který by se v praxi mohl realizovat a tím bude racionalizace stávajícího provozu.



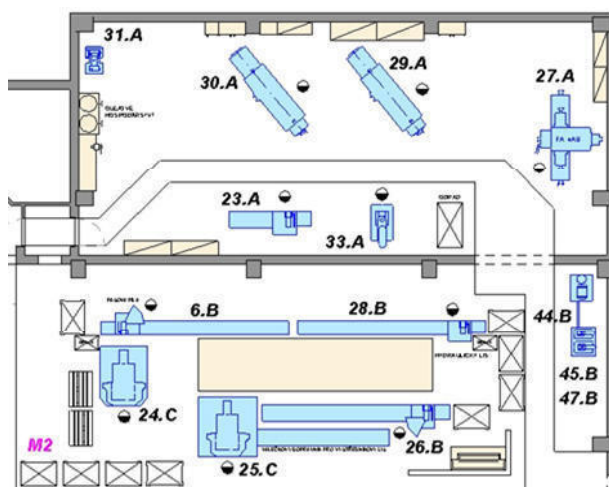
Obrázek 3-3: Půdorysný generel areálu společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o.

Na dalším obrázku č. 3-4 je layout současné provozovny, který byl v rámci této práce zkreslen. Jak již říká všeobecná teorie projektování výrobních systémů, čím větší je variantnost produktů, tím pravděpodobnější je, že jsou jednotlivá pracoviště usazena v technologicky uspořádaném layoutu, tak tomu je i v tomto případě. Hlavní loď by se dala velice zjednodušeně rozdělit na tři úseky. V pravé a levé části jsou stroje pro zpracování jednotlivých dílců, kam se převážejí z venkovních skladů polotovary (tyče, tabulce plechů apod.). Uprostřed se nachází svařovací pracoviště oddělené zástěnami a pracoviště kompletace. Materiál se zpracovává převážně na konvenčních strojích z obou stran haly a směřuje na svařovací pracoviště, kde dojde ke svaření výrobků. Svařené povrchově nezpracované „černé“ výrobky putují na mezisklad určený pro kooperaci, ze kterého jsou následně přemístěny na stanoviště nakládky. Naložené výrobky putují na externí kooperaci do zinkovny. Pozinkované výrobky se vrací na stanoviště vykládky a mostovým jeřábem se přenáší na pracoviště kompletace, kde dojde k paletizaci a doplnění spojovacího materiálu. Po paletizaci se hotové výrobky mostovým jeřábem přenášejí na konec haly, kde se umístí na pojízdnou plošinu. Pojízdná plošina je převezve k venkovnímu skladu hotových výrobků, kde je uklidí venkovní portálový jeřáb. Ve shrnutí se v provozu nachází pracoviště zabývající se technologií: dělení, stříhání, ohýbání, vrtání, lisování, svařování a kompletační pracoviště. Detailní seznam strojů je uveden v příloze č. 1.



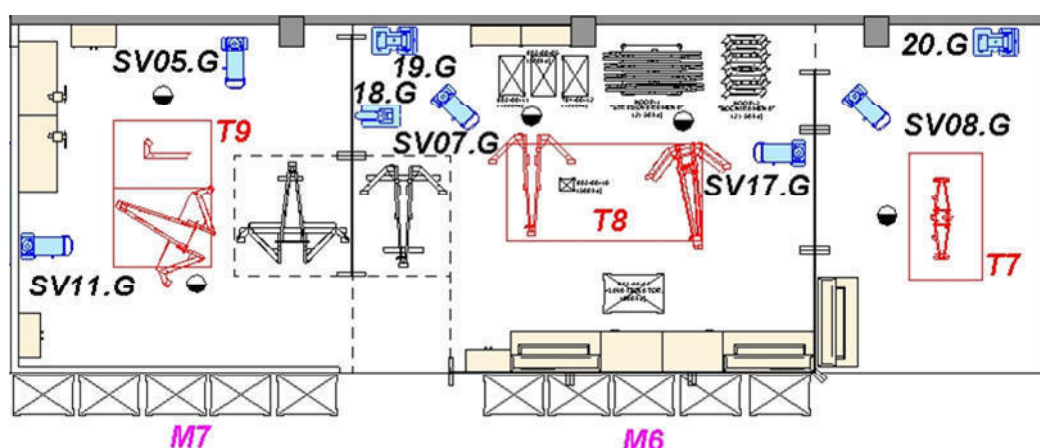
Obrázek 3-4: Layout současné provozovny

Na obrázku č. 3-5 je zobrazeno pracoviště „dělení materiálu“. Stroje lze rozpoznat kódem obsahujícím písmeno, podle pracoviště na jakém se nachází a identifikačním číslem.



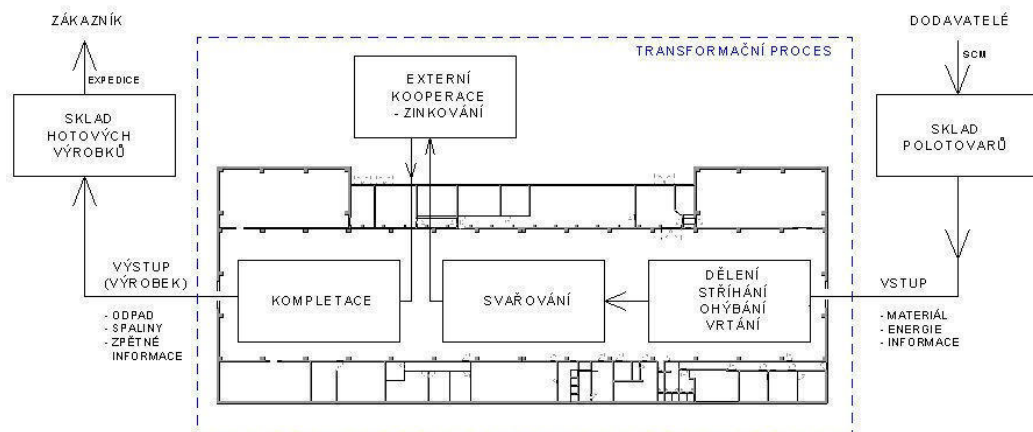
Obrázek 3-5: Layout současné provozovny – nástrojárna a dělení materiálu

Obrázek č. 3-6 charakterizuje svařovací pracoviště. Většina svařovacích pracovišť je dimenzována pro dva svářeče operující na jednom svařovacím stole.



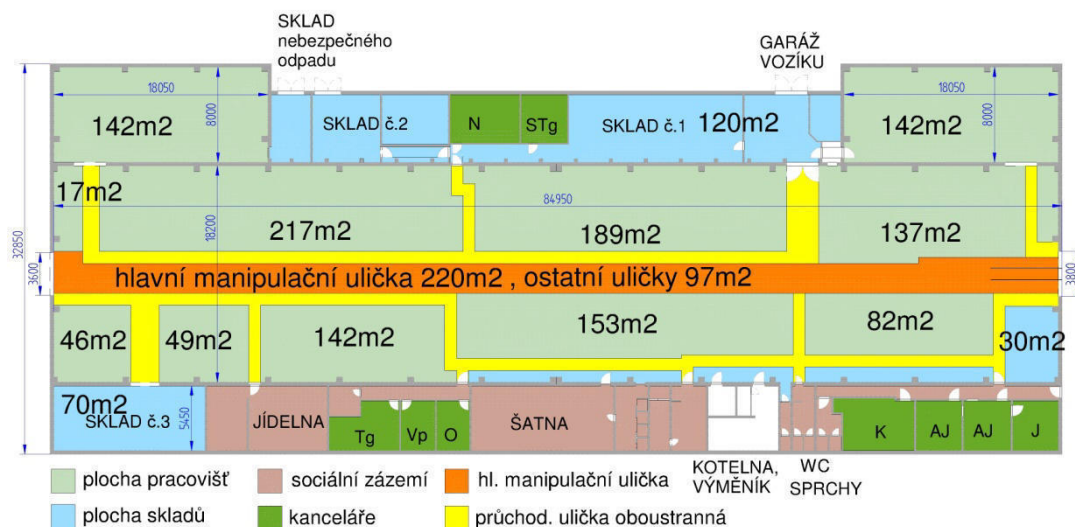
Obrázek 3-6: Layout současné provozovny – svařovací pracoviště

Po zkreslení současného layoutu vedou další kroky přes důkladné systematické pochopení výrobního systému. Je nutné pochopit funkce nejen mezi pracovišti, ale také samotná pracoviště v závislosti na celém provozu. To lze dobře rozpoznat z blokového schéma na následujícím obrázku. Na počátku je výhodné vnímat výrobu jako mechanismus černé skřínky („black box“ – Obrázek č. 3-7), tedy jako systém, uvnitř kterého se nachází transformační proces, jež převádí vstupy na požadované výstupy. Vstupem lze chápat materiál, který vstoupí do transformačního procesu a podstoupí veškeré technologické operace, aby na druhém konci vystoupil hotový výrobek. Další nezbytné vstupy do systému jsou energie a zdroj lidské práce.



Obrázek 3-7: Blokové schéma pro optimalizaci dispozice pracovišť

Pro racionalizaci procesu je nutné získat přehled také o rozměrech haly a pracovišť. Hlavní manipulační ulička je propojena s ostatními komunikacemi, které zajišťují průchody do kanceláří a jiných místností viz obrázek č. 3-8 a je nutné je v každém návrhu zachovat z důvodu bezpečnosti práce. Po vyznačení všech nezbytně nutných komunikací se hala rozdělila na plochy určené pro pracoviště. Kancelářské prostory THP a řídicích pracovníků se nachází v postranních přístavcích uprostřed lodě. Užité vnitřní plocha výrobní haly má obsah $84,95 \times 18,2\text{m} = 1546,09 \text{ [m}^2\text{]}$. Těžší materiál uvnitř haly je přenášen mostovým jeřábem (v jeho dosahu), drobnější materiál paletovým vozíkem. Další části haly tvoří vnitřní sklady a sociální zázemí pro zaměstnance.



Obrázek 3-8: Schéma prázdné haly společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o.

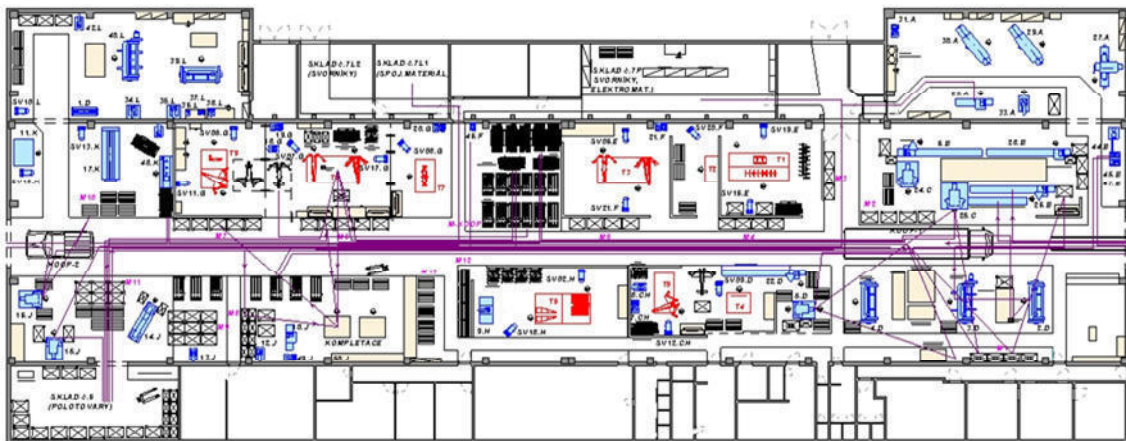
3.2.3 Rozbor stávajících materiálových toků výrobku č. 1

Dalším krokem v analýze současného layoutu je rozbor materiálových toků a vzájemných vazeb mezi pracovišti. Rozboru se podrobí výrobky z dříve provedené selekce ABC analýz. Výrobek 784-00 je vytvořen z dílů viz tabulka 3-5. Jako výchozí data pro analýzu materiálových toků byly použity strukturální kusovníky z podnikového informačního systému Helios. Kusovník poukazuje na členitost výrobků, které se rozpadají až do čtvrté úrovně. Ke každému řádku byl přiřazen typ dílce (finální výrobek/polotovary/materiál apod.), množství dílců na jeden finální výrobek a celkové množství všech dílců na roční objem výroby.

Tabulka 3-5: Strukturní kusovník konzoly PAŘÁT-III-JB-N (katalog. č. 784-00)

Strom	SKP	Název 1	Materiál/Polotovary	Ks na 1 výrobek	MJ	Q=5000
1.	78400	Konzola PAŘÁT III-JB-N	Finální výrobek	1,00	KS	5000
1.1.	78404	Konzola PAŘÁT III-JB-N	Podsestava - svařenec	1,00	KS	5000
1.1.1.	1000110	Výztuha ramena III č.784-00-12	PLO 100x5-250	2,00	KS	10000
1.1.2.	1000114	Hlava izolátoru č.v.803-00-03	Profil 4HR 90x90x4-160	1,00	KS	5000
1.1.3.	K1-78404	Sestava bočního ramena	Svařenec	2,00	KS	10000
1.1.3.1.	1000204	Rameno I.	Profil 4HR 100x100x3-700	2,00	KS	10000
1.1.3.2.	1000205	Rameno II.	Profil 4HR 100x100x3-200	2,00	KS	10000
1.1.3.3.	1000114	Hlava izolátoru č.v.803-00-03	Profil 4HR 90x90x4-160	2,00	KS	10000
1.1.4.	K2-78404	Sestava středového ramena	Svařenec	2,00	KS	10000
1.1.4.1.	1000202	Střed PAŘÁTU	Profil U100x50x5-2000	2,00	KS	10000
1.1.4.2.	1000111	Držák stupačky č.v.803-00-08	Profil U100x50x4-100	2,00	KS	10000
1.1.4.3.	1000112	Podpěra P č.v.803-00-07	Profil U100x50x5-200	2,00	KS	10000
1.1.4.4.	1000697	Opěrná deska-pař.II ES	PLO 60x10-80	4,00	KS	20000
1.1.5.	1000657	Kotevní úchyt-JB-pař.II ES	KR16-250	1,00	KS	5000
1.1.6.	1000698	Zemnicí pásek-pař.II ES	P3-30x100 S235	1,00	KS	5000
1.1.7.	1000704	Výztužný pásek 30/5-pař.II ES	PLO 30x5-95	2,00	KS	10000
1.1.8.	1000845	Hlava 100/5 531-08-00	PLO 100x5-100	2,00	KS	10000
1.1.9.	1000528	Matice M20 Zn	Spojovací materiál	2,00	KS	10000
1.1.10.	1000554	Podložka 21 DIN 125 Zn	Spojovací materiál	2,00	KS	10000
1.1.11.	1000701	Svorník M20x400/90/90 Zn	Spojovací materiál	1,00	KS	5000
1.1.12.	87054	Objímka segmentová JB	Podsestava	1,00	KS	5000
1.1.12.1.	1000528	Matice M20 Zn	Spojovací materiál	4,00	KS	20000
1.1.12.2.	1000555	Podložka 22 DIN 7989 Zn	Spojovací materiál	4,00	KS	20000
1.1.12.3.	1000702	Svorník U M20x470/115/115 Zn	Spojovací materiál	2,00	KS	10000
1.1.13.4.	1000706	Těleso objímky JB-pařát II	Svařenec	2,00	KS	10000

Materiálové toky výroby konzoly 784-00 byly zakresleny do layoutu v měřítku 1:1 v softwaru Solid Edge (Siemens) viz obrázek č. 3-9. Každému toku byla změřena jeho délka a zapsala se do tabulky č. 3-6. Délka toku byla zaznamenána pro zjednodušení pouze v jednom směru.



Obrázek 3-9: Materiálové toky výroby konzoly 784-00

Po vynásobení délky jednoho toku četností toků za rok vyšla celková vzdálenost toku mezi jednotlivými pracovišti. Do I-D diagramu pak vstupují následující hodnoty z již zmíněné tabulky č. 3-6 (celá tabulka je v příloze č. 4):

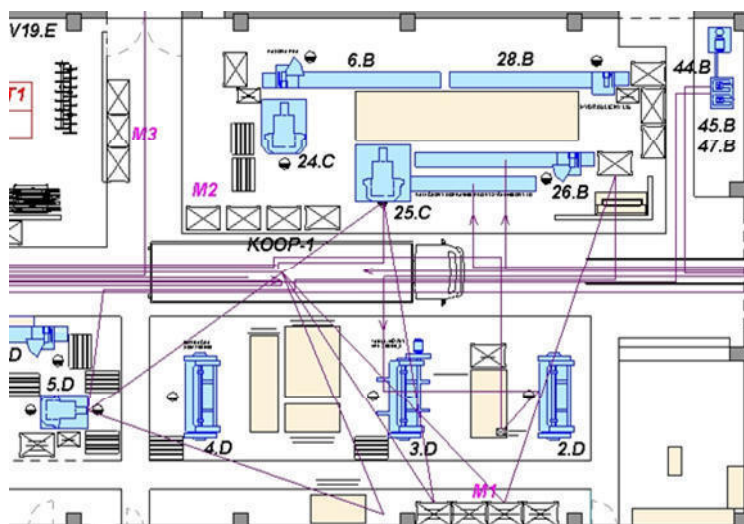
- Intensity = Počet přeprav za sledované období
- Distance = Vzdálenost toku mezi pracovišti

Další sledované parametry jsou:

- Celková vzdálenost jednoho materiálového toku za sledované období
- Průměrná vzdálenost jednoho materiálového toku za sledované období
- Celková vzdálenost toků celého layoutu

Tabulka 3-6: Část Seznamu materiálových toků výroby 784-00

Reprz.	Strom	SKP	MJ	Q=5000	Přepř.Množ.	Přepravní medium	Způsob přepravy	Počet přeprav/Q	Distance	OUT	IN	Celková D/Q
1.		78400	KS	5000	8	balík spoj. přípravkem	Most. jeřáb/ploš./Vys.Vozík	625	89	Kompl.	Sklad HV	55625
2	1.1.	78404	KS	5000	8	balík spoj. přípravkem	Mostový jeřáb	625	23	T8	MKOOP	14375
3	1.1.	78404	KS	5000	8	balík spoj. přípravkem	Mostový jeřáb	625	35	MKOOP	KOOP-1	21875
4	1.1.	78404	KS	5000	8	balík spoj. přípravkem	Mostový jeřáb	625	49	KOOP-1	Kompl.	30625
5	1.1.1.	1000110	KS	42	21	Balík 21ks tyčí 6m	Portál.jeřáb/ploš/Most.jeřáb	2	107	Sklad1	25C	214
6	1.1.1.	1000110	KS	10000	1000	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	10	13	25C	5D	130
7	1.1.1.	1000110	KS	10000	1000	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	10	12	5D	M1	120
8	1.1.1.	1000110	KS	10000	1000	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	10	61	M1	T8	610
9	1.1.2.	1000114	KS	5000	500	Bedna 800x1200	Vys.vozík/Most.jeřáb	10	157	Sklad2	16J	1570
10	1.1.2.	1000114	KS	5000	500	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	10	8	16J	M10	80
11	1.1.2.	1000114	KS	5000	500	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	10	3	M10	T8	30
12	1.1.3.	K1-78404	KS	10000	50	Paleta 800x1200	Mostový jeřáb	200	40	KOOP-2	MKOOP	8000
13	1.1.3.	K1-78404	KS	10000	50	Paleta 800x1200	Mostový jeřáb	200	23	MKOOP	T8	4600
14	1.1.3.1.	1000204	KS	10000	100	Paleta 800x1200	Vys.vozík/Most.jeřáb	100	100	Sklad2	45B	10000
15	1.1.3.1.	1000204	KS	10000	100	Paleta 800x1200	Mostový jeřáb	100	91	45B	16J	9100
16	1.1.3.1.	1000204	KS	10000	100	Paleta 800x1200	Mostový jeřáb	100	4	16J	KOOP-2	400
17	1.1.3.2.	1000205	KS	10000	100	Bedna 800x1200	Vys.vozík/Most.jeřáb	100	157	Sklad2	16J	15700
18	1.1.3.2.	1000205	KS	10000	100	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	100	4	16J	KOOP-2	400
19	1.1.3.3.	1000114	KS	10000	100	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	100	157	Sklad2	16J	15700
20	1.1.3.3.	1000114	KS	10000	100	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	100	8	16J	M10	800
21	1.1.3.3.	1000114	KS	10000	100	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	100	3	M10	KOOP-2	300
22	1.1.4.	K2-78404	KS	10000	50	Stoh.paleta 1000x1200	Mostový jeřáb	200	40	KOOP-2	MKOOP	8000
23	1.1.4.	K2-78404	KS	10000	50	Stoh.paleta 1000x1200	Mostový jeřáb	200	23	MKOOP	T8	4600
24	1.1.4.1.	1000202	KS	10000	100	Stoh.paleta 1000x1200	Vys.vozík/Most.jeřáb	100	163	Sklad2	48K	16300
25	1.1.4.1.	1000202	KS	10000	100	Stoh.paleta 1000x1200	Mostový jeřáb	100	18	48K	MKOOP	1800
26	1.1.4.1.	1000202	KS	10000	100	Stoh.paleta 1000x1200	Mostový jeřáb	100	35	MKOOP	KOOP-1	3500
27	1.1.4.2.	1000111	KS	84	21	Balík 21ks tyčí 6m	Portál.jeřáb/ploš/Most.jeřáb	4	107	Sklad1	28B	428
28	1.1.4.2.	1000111	KS	10000	1000	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	10	13	28B	M1	130
29	1.1.4.2.	1000111	KS	10000	1000	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	10	10	M1	KOOP-1	100
30	1.1.4.3.	1000112	KS	42	21	Balík 21ks tyčí 6m	Portál.jeřáb/ploš/Most.jeřáb	2	107	Sklad1	26B	214
31	1.1.4.3.	1000112	KS	10000	1000	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	10	27	26B	5D	270
32	1.1.4.3.	1000112	KS	10000	1000	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	10	12	5D	M1	120
33	1.1.4.3.	1000112	KS	10000	1000	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	10	10	M1	KOOP-1	100
34	1.1.4.4.	1000697	KS	27	27	Balík 27ks tyčí 6m	Portál.jeřáb/ploš/Most.jeřáb	1	107	Sklad1	25C	107
35	1.1.4.4.	1000697	KS	20000	1000	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	20	11	25C	M1	220
36	1.1.4.4.	1000697	KS	20000	1000	Bedna 800x1200	Mostový jeřáb	20	10	M1	KOOP-1	200
37	1.1.5.	1000657	KS	210	21	Balík 21ks tyčí 6m	Paletový vozík/Most.jeřáb	10	24	7P	23A	240
38	1.1.5.	1000657	KS	5000	1000	Bedna 500x800	Mostový jeřáb	5	60	23A	46F	300
39	1.1.5.	1000657	KS	5000	1000	Bedna 500x800	Mostový jeřáb	5	42	46F	16J	210
40	1.1.5.	1000657	KS	5000	1000	Bedna 500x800	Mostový jeřáb	5	9	16J	Sklad6	45
41	1.1.5.	1000657	KS	5000	1000	Bedna 500x800	Mostový jeřáb	5	34	Sklad6	T8	170

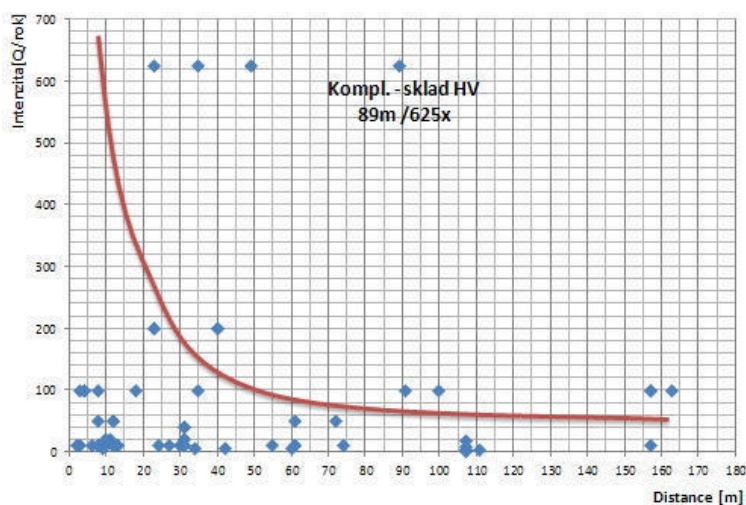


Obrázek 3-10: Obr. 20 – Materiálové toky výroby konzoly 784-00 – detailní náhled

Vyhodnocení současného layoutu výrobku č. 1 – Katalog. č. 78400:

- Roční produkce (Q): 5000 [ks]
- Dávka: 500 [ks]
- Počet výrobních dávek: 10 [ks]
- Počet toků: 62 [ks]
- Celková naměřená vzdálenost manipulací za rok: 245 549 [m]

- Průměrná délka jedné trasy: 48,34 [m]
- Nejkratší trasa: 2 [m] (mezi pracovišti 2D a M1)
- Nejdelší trasa: 163m (mezi venkovním skladem 2 a pracovištěm 48K)

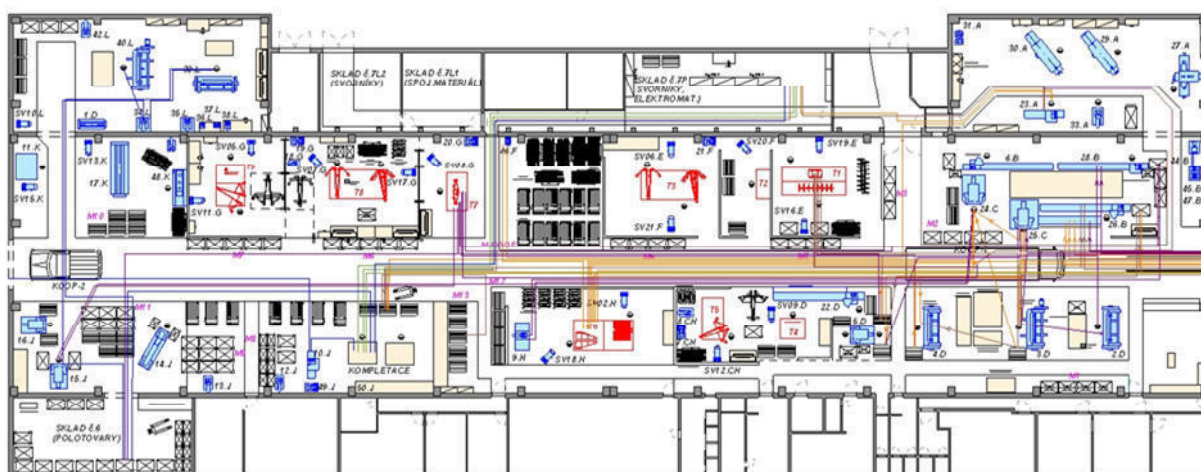


Obrázek 3-11: I-D Diagram materiálových toků výrobku č. 1 - 78400 - Stávající layout

Nejkritičtější vyšly materiálové toky č. 1 mezi kompletací a skladem hotových výrobků. Dále mezi pracovištěm kompletace a místem pro nakládku/vykládku na externí kooperaci (KOOP-1). Ostatní toky z pohledu I-D diagramu jsou poměrně efektivní (Obrázek č. 3-11). Je to způsobeno dělením tyčových polotovárů (tabulí plechů) na krátké/malé dílce, které se uvnitř haly transportují na další pracoviště již jen v optimálních dávkách v bednách. Vzhledem k tvarové složitosti výrobku 78400 a jeho hmotnosti (67 kg/ks) se nemůže zajistit vyšší přepravní dávka v kritických tocích.

3.2.4 Rozbor stávajících materiálových toků výrobku č. 2

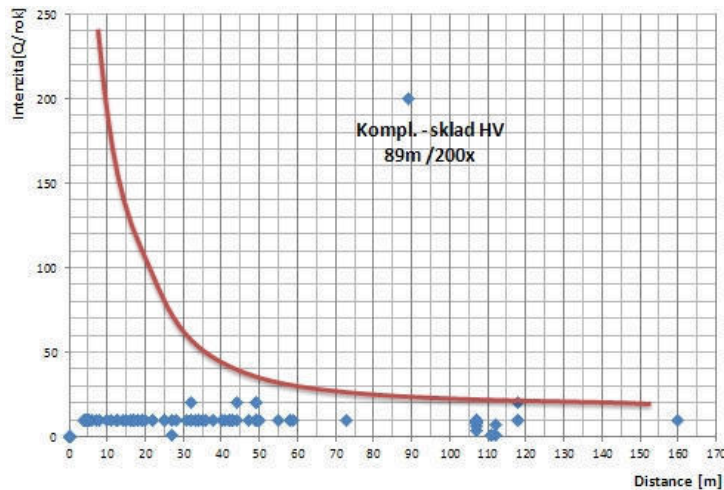
Strukturální kusovník reprezentanta č. 2 je uveden pro velký rozsah v příloze č. 5. Tabulka materiálových toků je v přílohách č. 6 a 7. Materiálové toky jsou graficky znázorněny na obrázku č. 3-12.



Obrázek 3-12: Materiálové toky výroby trafostanice 1111109

Vyhodnocení současného layoutu výrobku č. 2 – Katalog. č. 11111109:

- Roční produkce (Q): 200 [ks]
- Dávka: 20 [ks]
- Počet výrobních dávek: 10 [ks]
- Počet toků: 121 [ks]
- Celková naměřená vzdálenost manipulací za rok: 56 963 [m]
- Průměrná délka jedné trasy: 42,97 [m]
- Nejkratší trasa: 4 [m] (mezi pracovišti 25C a 24C)
- Nejdelší trasa: 160 [m] (mezi venkovním skladem 1 a kompletací)

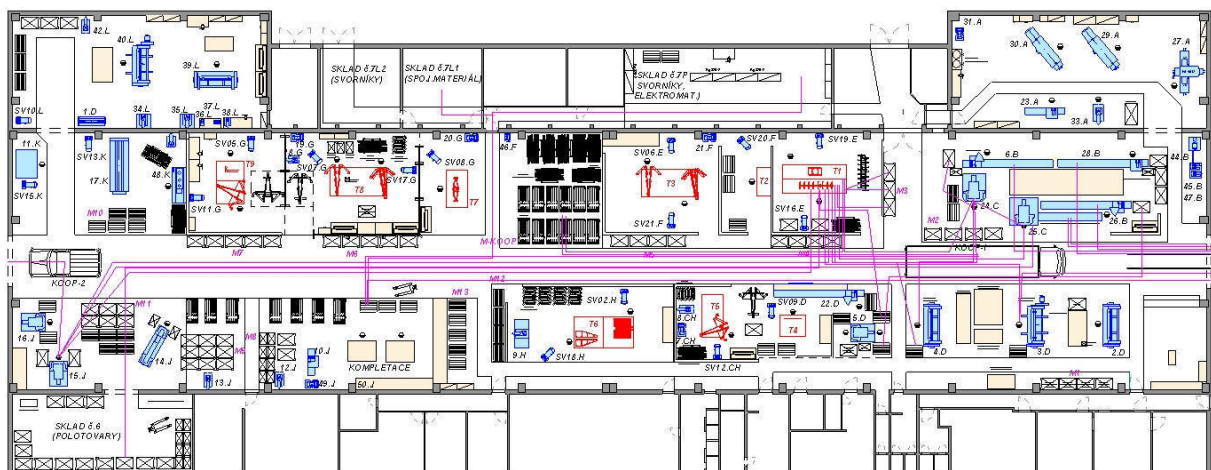


Obrázek 3-13: I-D Diagram materiálových toků výrobku č. 2 – 11111109 Stávající layout

Nejkritičtější vyšel jeden pouhý materiálový tok č. 1 (Obrázek č. 3-13) opět mezi kompletací a skladem hotových výrobků. Na této vzdálenosti 89 [m] se přepraví dvousetkrát paleta sestavy finálního výrobku trafostanice. Tato kritická transportní dávka nelze zvýšit na vyšší množství, kvůli tvarové složitosti výrobku. Ostatní toky se nachází v přijatelných oblastech I-D Diagramu, díky správně nastavených optimálních transportních dávkách menších dílců.

3.2.5 Rozbor stávajících materiálových toků výrobku č. 3

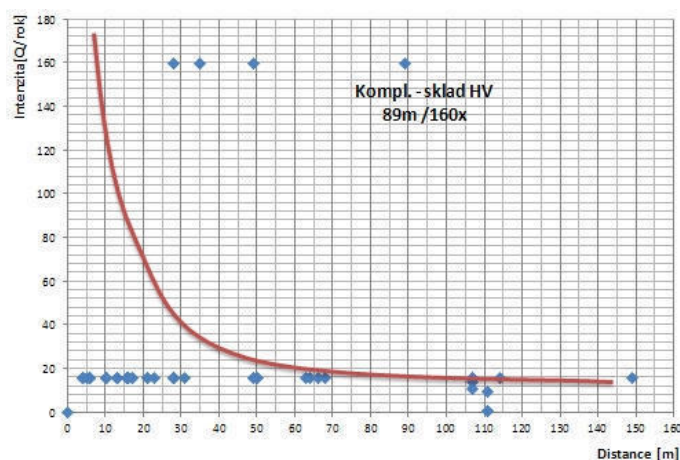
Strukturální kusovník reprezentanta č. 3 je uveden pro velký rozsah v příloze č. 7. Tabulka materiálových toků je v příloze č. 8. Materiálové toky jsou graficky znázorněny na obrázku č. 3-14.



Obrázek 3-14: Materiálové toky výroby žebříku 88000

Vyhodnocení současného layoutu výrobku č. 3 – Katalog. č. 880-00:

- Roční produkce (Q): 1600 [ks]
- Dávka: 100 [ks]
- Počet výrobních dávek: 16 [ks]
- Počet toků: 51 [ks]
- Celková naměřená vzdálenost manipulací za rok: 60 265 [m]
- Průměrná délka jedné trasy: 45,26 [m]
- Nejkratší trasa: 4 [m] (mezi pracovišti 25C a 24C)
- Nejdelší trasa: 149 [m] (mezi venkovním skladem 2 a pracovištěm 15J)



Obrázek 3-15: I-D Diagram materiálových toků výrobku č. 3 – 88000 – Stávající layout

Kritické materiálové toky byly identifikovány stejně jako v předchozích výrobcích hlavně mezi kompletací a skladem hotových výrobků. Dále mezi pracovištěm kompletace a místem pro nakládku/vykládku na externí kooperaci (KOOP-1). Ostatní toky z pohledu I-D diagramu nejsou nevhodné ze stejných příčin jako u předešlých reprezentantů.

3.2.6 Vyhodnocení současného layoutu

Z ID Diagramů současného layoutu jednoznačně vyplývá, kde se nachází nejnepříznivější materiálové toky. Kritické toky u všech reprezentantů se odehrává při přenášení balíků hotových výrobků z pracoviště kompletace do skladu hotových výrobků. Je to dáno tím, že jsou výrobky tvarově složité a jsou paletizovány do omezeného počtu kusů, kvůli skladnosti při přepravě. Přepravní množství z těchto důvodů nelze navýšit. Druhým kritickým tokem je přesun „balíků/palet“ pozinkovaných výrobků ze stanoviště vykládky KOOP-1 na pracoviště kompletace. Kompletace je od nakládky příliš daleko, stejně tak jako vzdálenost mezi kompletací a skladem hotových výrobků. Zde se jednoznačně vyplatí se zaměřit na přepracování layoutu ve prospěch sblížení těchto pracovišť. Dle diagramu ID je zbytek pracovišť v rámci možností v přijatelných mezích.

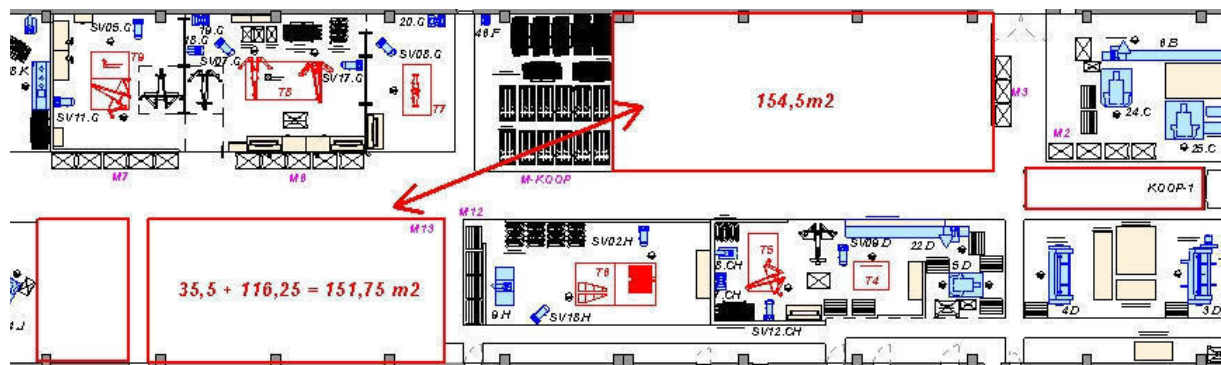
Sblížit pracoviště kompletace se skladem hotových výrobků lze provést několika způsoby. Lze hýbat s pracovištěm kompletace uvnitř haly, stejně jako se skladem hotových výrobků vně haly, popřípadě oběma pracovišti současně. Vzhledem ke složité situaci v okolí haly v areálu ENERGETIKY SERVIS s.r.o, z důvodu že by venkovní sklady při přemístění blokovaly stávající infrastrukturu, se řešení omezuje pouze na přemístění pracovišť uvnitř haly.

4 Návrh nového layoutu

Cílem této práce je respektovat následující kritéria a požadavky vedení společnosti

- Zachovat stávající halu,
- zachovat stávající stroje,
- provoz nelze plně zastavit, pouze částečně omezit,
- pracoviště přizpůsobit stávajícímu mostovému jeřábu,
- dodržet uličky mezi pracovišti pro vstupy do kanceláří a vedlejších prostor,
- minimalizovat manipulaci s materiálem kritických materiálových toků,
- udržet pracoviště kvůli kusovému typu výroby v pružném technologickém layoutu,
- dodržet nízké investiční náklady,
- nehybat s venkovními sklady kvůli blokování stávající infrastruktury.

Na obrázku č. 4-1 je graficky znázorněna příprava pro záměnu pracovišť. Oba sektory mají téměř shodnou rozlohu. Potřebné velikosti pracovišť proto není třeba propočítávat. Na pracovištích byla provedena kontrola strojů a jejich energetická náročnost. Na svařovacích pracovištích se však nacházejí pouze svařovací stroje a na pracovišti kompletace drobné konvenční stroje viz vytvořené inventáře pod obrázkem č. 26.



Obrázek 4-1: Návrh záměny pracovišť

Aktuální pracoviště kompletace má rozlohu 151,75 [m²] a je zapotřebí jej vměstnat do nové vymezeného prostoru v přední části haly o rozloze 154,5 [m²].

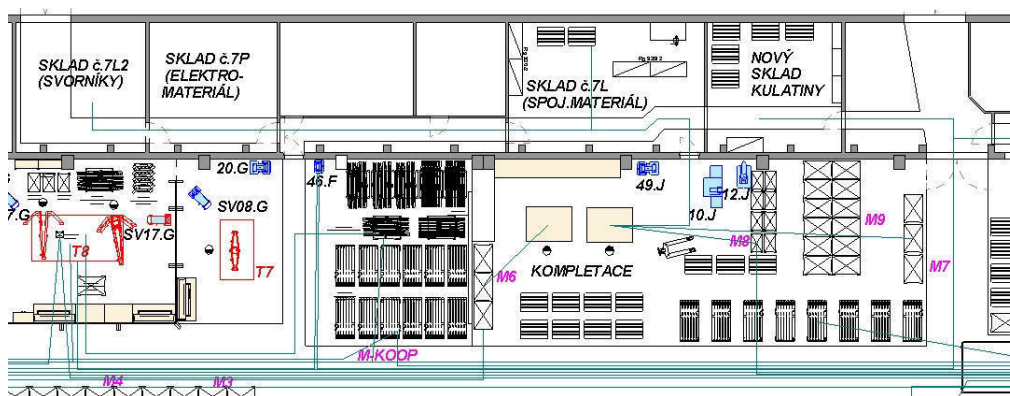
Soupis strojů a vybavení pracoviště kompletace:

- Stroj 49.J – pásová pila AGR105 mobil
- Stroj 10.J – kotoučová pila MEC/250
- Stroj 12.J – vrtačka VS32B
- Pracovní stůl 2 ks 2,0x1,5m, 1ks 5,5x0,8 m a 1ks 6,5x1,0 m
- Odkládací prostor M9 - 3,7 x 2,5 m
- Odkládací prostor M10 - 3,5 x 2,5 m
- Odkládací prostor pro montáž rozměrných výrobků cca 112x 1,8 m
- Odkládací prostor M3 – 5 x 1,5 m
- Odkládací prostor M12 – 5,5 x 1,0 m

Soupis strojů a vybavení svařovacích pracovišť T1, T2 a T3

- Svářečka SV19.E
- Svářečka SV20.F
- Svářečka SV06.E

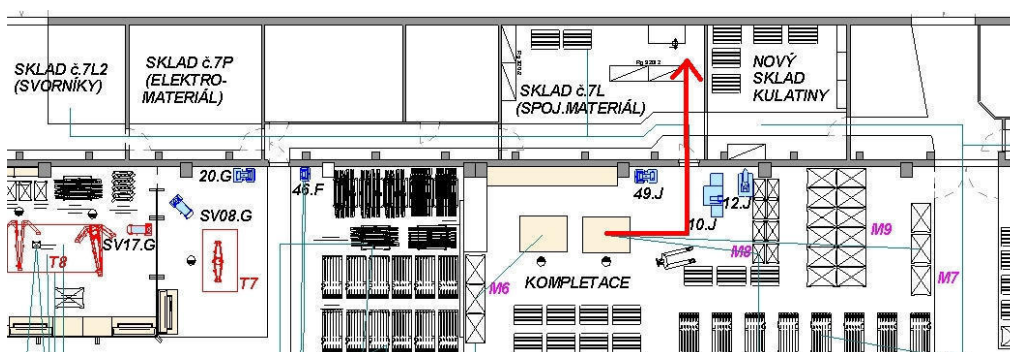
- Bruska kotoučová B-500
- Svařovací stoly T3- 4,0x2,0 m, T2 – 1,0x2,0 m a T1 4,5x2,0 m
- Plenty proti oslnění, oddělující jednotlivé stoly
- Pracovní stůl 4,0x1,0 m
- Odkládací prostor M5 – 5,5 x 1,0 m
- Odkládací prostor M4 – 5,5 x 1,0 m
- Odkládací prostor M3 – 4,0 x 1,0 m
- Prostor okolo stolů na bedny a palety s materiálem



Obrázek 4-2: Návrh záměny skladů

Z analýzy současného stavu a s přihlédnutím na požadavky vedení společnosti na návrh nového layoutu vyšlo najevo, zabývat se kritickými materiálovými toky mezi pracovištěm kompletace a stanovištěm pro vykládku/nakládku KOOP-1. Jako výhodné řešení se nabízí zaměnit kompletaci za svařovací pracoviště se stoly T1, T2 a T3 a tím přiblížit kompletaci ke KOOP-1. Z hlediska stěhování pracovišť se jedná o snadný logistický úkol, svařovací stroje nevykazují vyšší požadavky na dimenzi podlah, ani speciální požadavky na elektroinstalaci. Pracoviště kompletace nevyžaduje pro přestěhování žádné speciální požadavky.

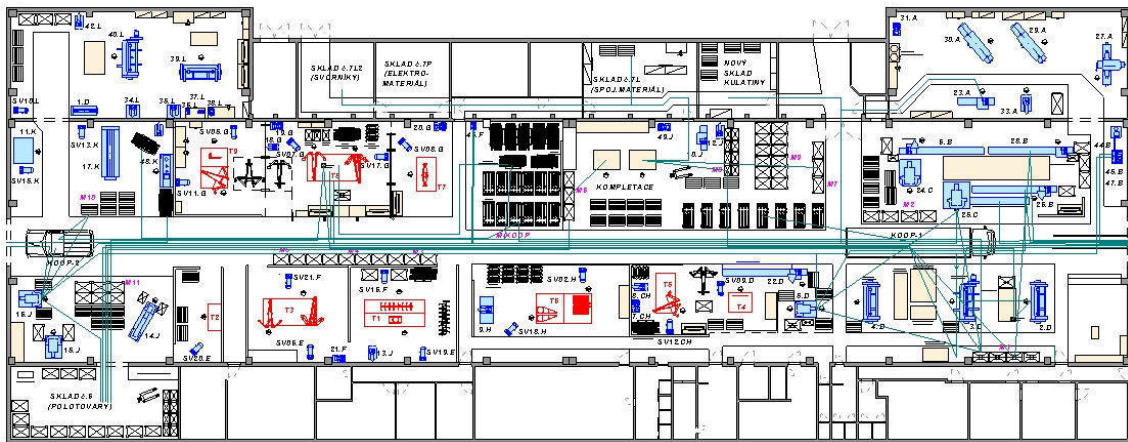
V rámci této záměny pracovišť byla zjištěna zhoršená návaznost nově umístěné kompletace od skladu spojovacího materiálu. Proto byl dále navržen nový vstup z pracoviště kompletace do skladu spojovacího materiálu 7L. Sklad 7L byl dále rozdělen novou příčkou, kvůli přesunu drobné kulaté tyčoviny do uzamčeného prostoru.



Obrázek 4-3: Nový průchod z kompletace do skladu spojovacího materiálu

4.1.1 Vyhodnocení nového layoutu pro výrobek č. 1

Do nového layoutu byly zakresleny materiálové toky při výrobě konzoly 784-00 o stejném ročním objemu 5000 [ks]. Výsledky nového návrhu jsou zobrazeny graficky na obrázku č. 4-4 a toky jsou popsány v příloze č. 9.

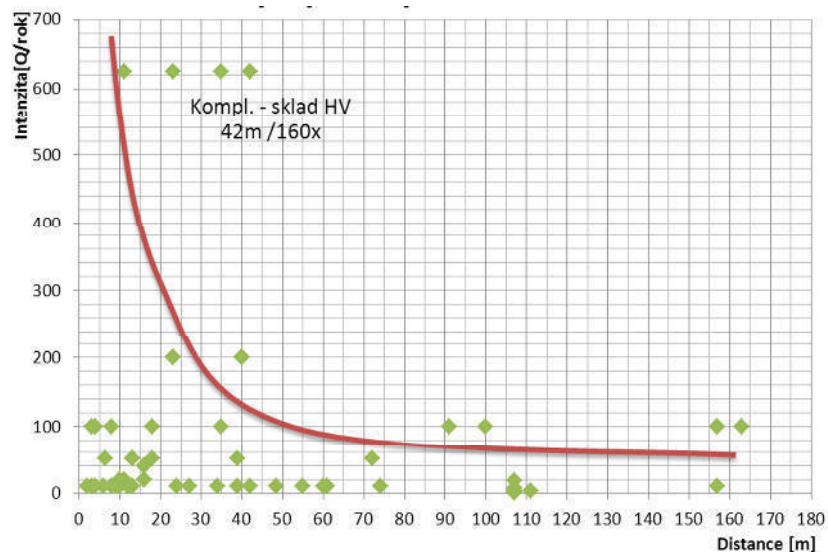


Obrázek 4-4: Nový layout pro výrobu výrobku č. 1- 784-00

Vyhodnocení současného layoutu výrobku č. 1 – Katalog. č. 78400:

- Roční produkce (Q): 5000 [ks]
- Dávka: 500 [ks]
- Počet výrobních dávek: 10 [ks]
- Počet toků: 62 [ks]
- Celková naměřená vzdálenost manipulací za rok: 191 131 [m]
- Průměrná délka jedné trasy: 34,18 [m]
- Nejdelší trasa: 163 [m] (mezi venkovním skladem 2 a pracovištěm 48K)
- Úspora materiálových toků:

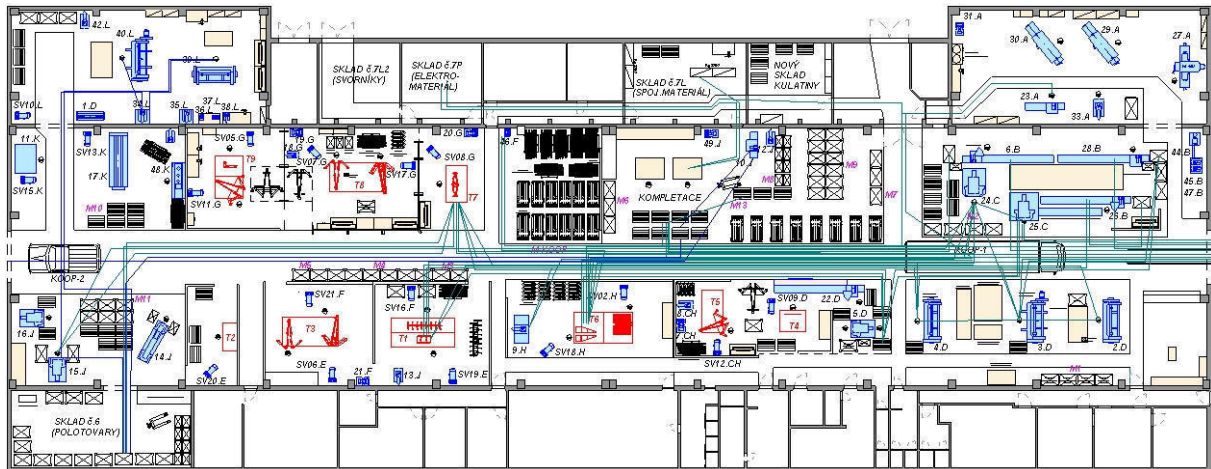
Na I-D diagramu dle obrázku č. 4-5 je vidět, že se kritické materiálové toky zlepšily a přiblížily se křivce optimality směrem doleva. Přivést toky k vyšší optimalitě by znamenalo přiblížit venkovní sklady k hale.



Obrázek 4-5: I-D Diagram materiálových toků výroby 784-00 – Nový layout

4.1.2 Vyhodnocení nového layoutu pro výrobek č. 2

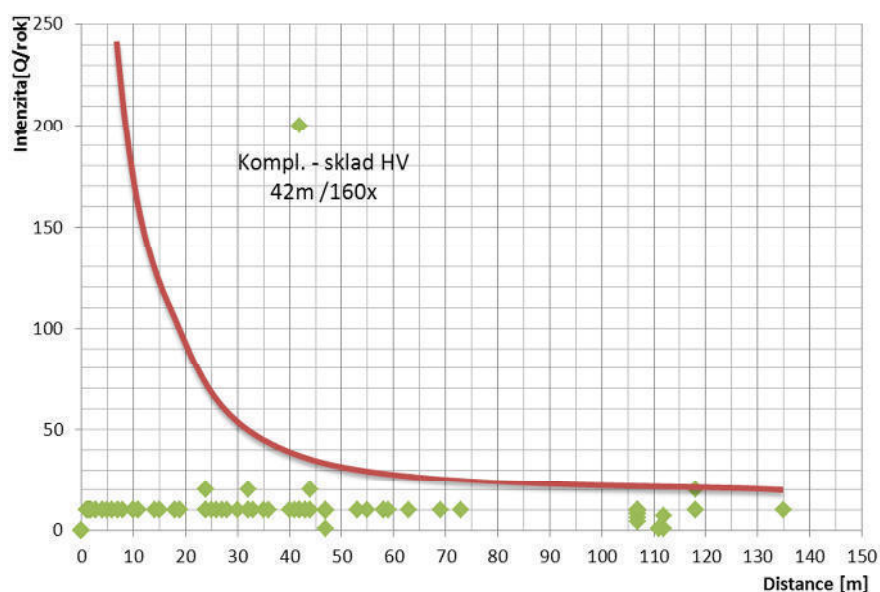
Do nového layoutu byly zakresleny materiálové toky při výrobě trafostanice č. 11111109 o ročním objemu 200 [ks]. Výsledky nového návrhu jsou zobrazeny graficky na obrázku č. 4-6 a toky jsou popsány v příloze č. 10.



Obrázek 4-6: Nový layout pro výrobu výrobku č. 2- 11111109

Vyhodnocení současného layoutu výrobku č. 2 – Katalog. č. 11111109:

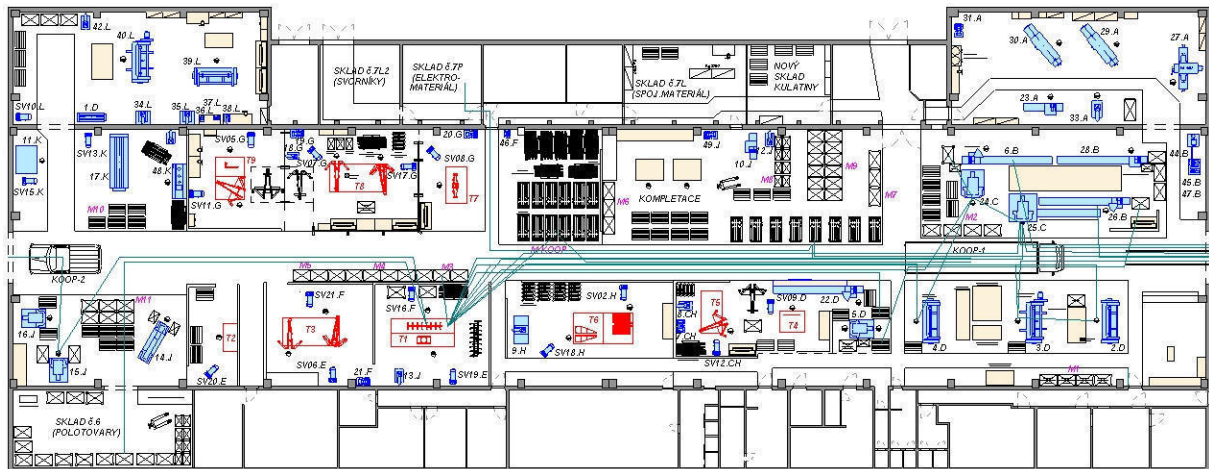
- Roční produkce (Q): 200 [ks]
- Dávka: 20 [ks]
- Počet výrobních dávek: 10 [ks]
- Počet toků: 121 [ks]
- Celková naměřená vzdálenost manipulací za rok: 44 250 [m]
- Průměrná délka jedné trasy: 33,37 [m]
- Nejkratší trasa: 4 [m] (mezi pracovišti M3 a T1, mezi pracovišti 24C a 25C)
- Nejdelší trasa: 135 [m] (mezi skladem 1 a kompletací)
- Úspora materiálových toků:



Obrázek 4-7: I-D Diagram materiálových toků výroby 11111109 – Nový layout

4.1.3 Vyhodnocení nového layoutu pro výrobek č. 3

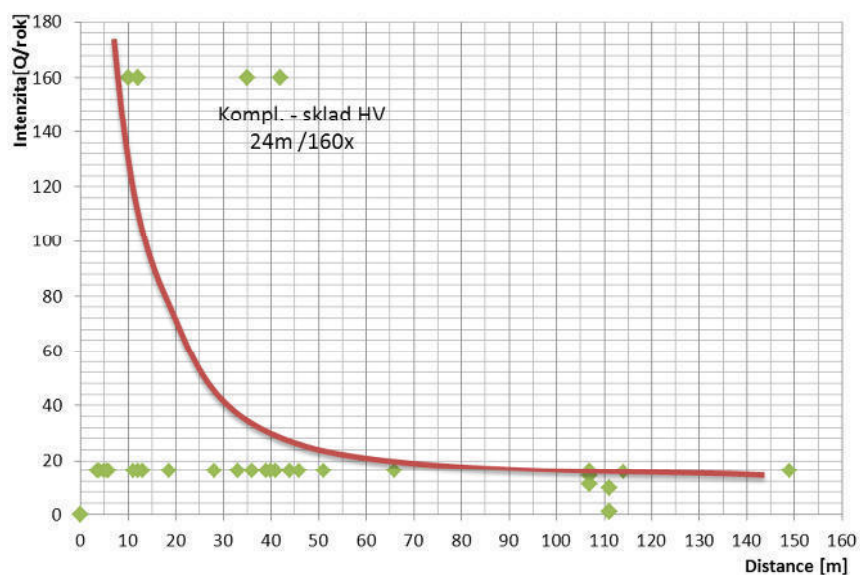
Do nového layoutu byly zakresleny materiálové toky při výrobě provozního žebříku o ročním objemu 1600 [ks]. Výsledky nového návrhu jsou zobrazeny graficky na obrázku č. 4-8 a toky jsou popsány v příloze č. 11



Obrázek 4-8: Nový layout pro výrobu výrobku č. 3- 88000

Vyhodnocení současného layoutu výrobku č. 3 – Katalog. č. 880-00:

- Roční produkce (Q): 1600 [ks]
- Dávka: 100 [ks]
- Počet výrobních dávek: 16 [ks]
- Počet toků: 51 [ks]
- Celková naměřená vzdálenost manipulací za rok: 43 438 [m]
- Průměrná délka jedné trasy: 32,61 [m]
- Nejkratší trasa: 4 [m] (mezi pracovišti 24C a 25C)
- Nejdelší trasa: 149 [m] (mezi venkovním skladem 2 a pracovištěm 15J)
- Úspora materiálových toků:



Obrázek 4-9: I-D Diagram materiálových toků výroby 88000 – Nový layout

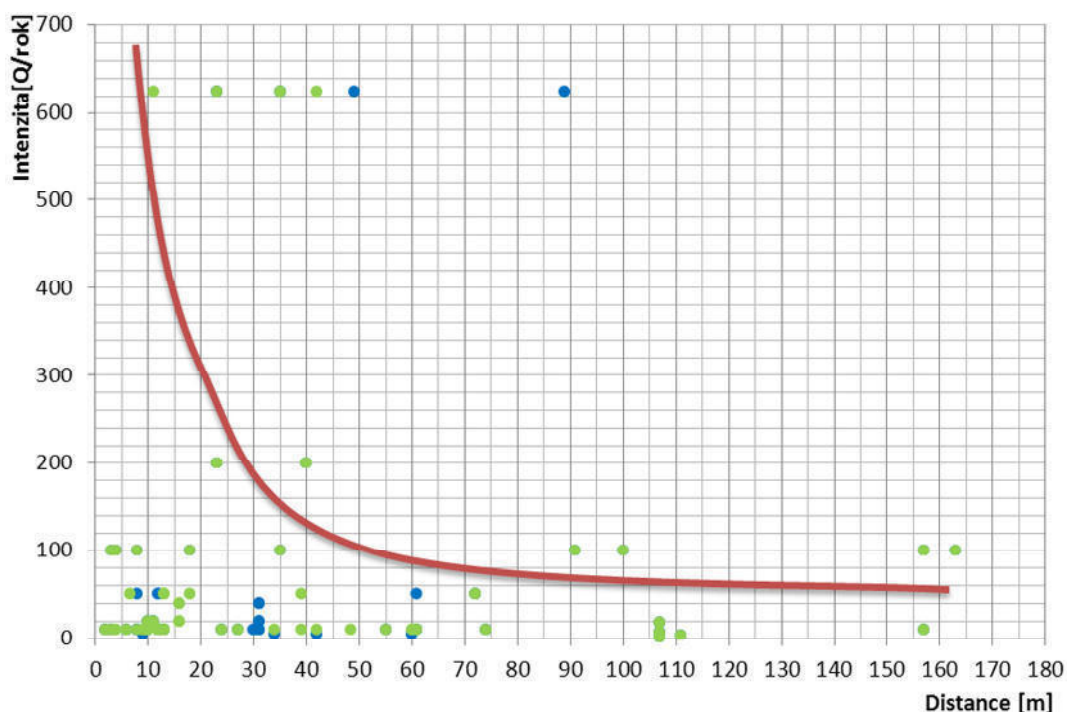
5 Zhodnocení nového layoutu

Nový layout lze vyhodnotit podle následujících kritérií s různými ukazateli:

- Podle úspory materiálových toků – v metrech [m]
- Podle peněžní úspory – v korunách [Kč]
- Ostatní přínosy (úspora času, plýtvání prostoji apod.)

5.1 Vyhodnocení nového layoutu z pohledu materiálových toků

Při porovnávání současného layoutu a nově navrženého layoutu došlo k celé řadě změn v materiálových tocích. U některých toků došlo sice k mírnému prodloužení, viz červená čísla v přílohách zobrazující přehledy materiálových toků (např. příloha č. 8, 9 a 10). Většina kritických toků, kvůli kterým došlo k racionalizaci pracoviště, se však viditelně zkrátila, viz I-D Diagram nového layoutu pro výrobek č. 1 na obrázku č. 5-1. Ostatní porovnání jsou v příloze č. 12.



Obrázek 5-1: Porovnání I-D Diagramů současného a nového layoutu

Při pohledu zpět na ABC analýzy tržeb bylo zjištěno, že vybraní 3 nejdůležitější reprezentanti tvoří dohromady 44,66% tržeb. Protože bylo v této práci aplikováno zjednodušení výroby skrze tři reprezentanty, celková výše úspor se bude následně aproximovat na 100% roční produkce.

Vzdálenost celkových materiálových toků během výroby klesla díky novému uspořádání výrobního systému z původních 362 777 [m] na 278 819 [m]. Úspora byla vyčíslena na 83 958 [m], při roční produkci 44,66 [%] viz tabulka č. 5-1.

Tabulka 5-1: porovnání layoutu z hlediska dosažené celkové vzdálenosti

Výrobek	1	2	3	Celkem [m]
Stávající layout	245549	56963	60265	362777
Nový layout	191131	44250	43438	278819
úspora	54418	12713	16827	83958

V tabulce č. 5-2 je znázorněna úspora na jednu průměrnou délku materiálového toku. Průměrná úspora nového layoutu činí 12,13 [%]. Aproximace výsledku layoutu na 100 [%] výroby je provedena v tabulce č. 5-3.

Tabulka 5-2: porovnání layoutů z hlediska průměrné délky jednoho materiálového toku

Výrobek	1	2	3	Průměr z A, B a C [m]
Stávající layout	48,34	42,97	45,26	45,52
Nový layout	34,18	33,37	32,61	33,38
úspora	14,16	9,6	12,65	12,13

Tabulka 5-3: porovnání layoutů z hlediska dosažené celkové vzdálenosti na 100% výroby

Výrobek	1	2	3	Celkem [m]
Stávající layout	549	130	138	
	784	445	007	818 236
Nový layout	437	101		
	690	333	99 473	638 496
úspora	112			
	094	29 113	38 534	179 741

Při sestavování materiálových toků bylo učiněno zjednodušení, kdy se kalkulovala pouze jednosměrnost toku, to znamená, že se nezohlednila cesta zpět. Speciálně u mostového jeřábu, u kterého došlo k největší úspoře celkové distance, se tento zpětný krok běžně vyskytuje. Paletový vozík je využíván převážně pro přesun spojovacího materiálu z vnitřních skladů, popřípadě na místech mimo dosah mostového jeřábu a jeho vliv na úsporu je minimální.

Proto se celková úspora může vynásobit dvěma a poté odečíst procentuální srážku 30 [%] pro možnost, že se jeřáb nebude vracet na původní místo. Finální výsledky jsou přepočtené v tabulce č. 5-4.

Tabulka 5-4: porovnání layoutů z hlediska dosažené celk. vzdálenosti + zpětný chod jeřábu

Výrobek	1	2	3	Celkem [m]
Stávající layout	934	221	234	
	633	757	612	1 391 002
Nový layout	744	172	169	
	073	265	104	1 085 442
úspora	190			
	560	49 492	65 508	305 559

5.2 Vyhodnocení nového layoutu podle peněžní úspory

Jak již bylo napsáno, většinu materiálových toků uvnitř haly zabezpečuje mostový jeřáb. Naměřená úspora v celkové distanci všech materiálových toků nového layoutu je 305 559 [m].

Rychlost pojezdu jeřábu je do 50 [m/min] = 3 [km/hod], rychlost pojezdu kočky jeřábu do 30 [m/min] a rychlost zdvihu do 12 [m/min]. S přihlédnutím na fakta, že se změnila pracoviště pouze v podélném směru jeřábu, tzn., že kočka jeřábu musí zajíždět z hlavní manipulační uličky do stran jako v současném layoutu, tak i v novém layoutu stejně a zrovna tak je to u zdvihu jeřábu, který bude ve všech layoutech stejný, se bude vycházet pro kalkulaci úspory času z rychlosti pojezdu v podélném směru.

- Ušetřeny čas za rok: $t = \frac{s}{v} = \frac{305,559}{3} = 101,853[hod]$

kde:

t [hod] – ušetřený čas

s [km] – ušetřená vzdálenost

v [km/hod] – rychlost pojezdu jeřábu v podélném směru

Cena za 1 kWhod se udává okolo 4,8 Kč. Z revizní zprávy mostového jeřábu VUDUT výrobce Vihorlat Snina vychází průměrný jmenovitý příkon $P_n=11,6kW$. Z těchto hodnot lze vyjádřit úsporu energie v Kč.

- Úspora energie za rok: $\dot{U}_E = P_N \cdot t \cdot c = 11,6 \cdot 101,853 \cdot 4,8 = 5671[Kč]$

kde:

\dot{U}_E [Kč] – úspora energie

P_n [kW] – udávaný příkon výrobcem

t [hod] – ušetřený čas chodu jeřábu

c [Kč] – cena 1 kWhod

- Úspora za mzdu jeřábníka: $\dot{U}_J = S_J \cdot t = 400 \cdot 101,853 = 40741,2[Kč]$

kde:

\dot{U}_J [Kč] – úspora jeřábníka

S_J [Kč] – Hodinová mzda jeřábníka

Úspora energie se zde nepředpokládala jako zásadní ukazatel výhodnosti layoutu. Při pohledu na celkový provoz jeřábu se však jedná o nemalé finanční úspory. Nehledě na další přínosy, které již nemusí být vyčíslitelné, ale slouží k celkovému objektivnímu vyhodnocení provozu, viz odstavec 5.3.

5.3 Vyhodnocení nového layoutu podle ostatních přínosů

Zkrácením dopravních cest lze ušetřit nemalé finanční prostředky. Ovšem peníze nejsou jediným pozitivním faktorem. Další důležitou nepeněžní úsporu přináší zrychlení průtoku výroby skrze provoz. Čím kratší jsou materiálové toky, tím je menší pravděpodobnost úrazu, způsobeného nesprávnou manipulací s břemenem. Speciálně u mostového jeřábu je zakázáno procházet pod kočkou jeřábu v době, kdy nese břemeno, tím je omezen v daný okamžik průchod po hale.

Ve zkoumaném provozu společnosti ENERGETIKA SERVIS s.r.o. bylo navíc zjištěno, že při vykládkách z kamionu, kdy dochází ke kritickým materiálovým tokům, mohou vzniknout prostoje, z důvodu, že kamion blokuje hlavní vrata a některé stroje v okolí.

Čím více je mostový jeřáb v provozu, tím více opotřebovává jeřábovou dráhu, pojezdová kola a zároveň se opotřebovávají vázací prostředky. Zrovna tak může platit, že čím větší je manipulace s břemeny, tím větší je riziko, že dojde k poškození výrobků.

6 Závěr

V tomto projektu byl zadán cíl snížit manipulační trasy v malosériovém provozu s požadavky minimální odstávky strojního zařízení, ponechat stávající halu a pokusit se reorganizovat pracoviště za účelem snížení výrobních nákladů, při minimálních investicích a časové zátěži realizace změny. Jak práce ukázala, je velice obtížné a specifické racionalizovat layout v malosériovém provozu, kde se očekává velké množství sortimentu, vyráběného po kusech maximálně menších sériích. Navíc je velice pravděpodobné, že se vloží energie do racionalizace výroby výrobku, která se již nikdy nemusí opakovat. I přes všechna zmíněná rizika je i v těchto typech provozu schovaný velký potenciál k optimalizaci výroby.

V úvodu experimentální části byly pečlivě vybrány nejvhodnější reprezentanti pro monitoring současného layoutu provozu za pomoci čtyř druhů ABC analýz. Dále byl graficky zpracován současný layout provozu, do kterého se zakreslily materiálové toky zvolených reprezentantů. Výstupem grafické analýzy jsou ID diagramy, které poukázaly na kritické materiálové toky tohoto specifického provozu. Byl navržen nový layout, který zaměnil některá pracoviště a pokusil se co nejvíce eliminovat kritické cesty.

Po vyhodnocení nového layoutu a porovnáním jej se současným stavem, byly zjištěny poměrně zajímavé úspory, který by mohla společnost ENERGETIKA SERVIS s.r.o. relativně snadno uplatnit. Materiálové toky mostového jeřábu se v novém layoutu zkrátily o 305,56 [km]. Pojezd jeřábu disponuje rychlostí kolem 3km/hod a z toho pramení časová úspora 101,9 hodin na obsluhu jeřábu. Po vynásobení ušetřeného počtu hodin příslušnou hodinovou sazbou jeřábníka byla vyčíslena úspora na 40 741 [Kč/rok]. Úspora za elektřinu byla vyčíslena na hodnotu 5671 [Kč/rok]. Ve vyhodnocení nového layoutu byly zmíněny i jiné nekvantifikovatelné přínosy jako je snížení rizika poškození výrobku během manipulace, snížení rizika pracovního úrazu, snížení prostojů vlivem kolizí různých dopravních prostředků apod. Dále se snižuje opotřebení jeřábových drah a vázacích prostředků.

Výsledné ID diagramy sice zobrazují určité zlepšení současného stavu, ale stále zobrazují toky, které se mírně odklánějí od tzv. křivky optimality. Tyto toky jsou negativně ovlivněny nepříznivému spojení mezi halou a venkovními sklady a mohou být předmětem dalších racionalizačních opatření. Ačkoliv se současný provoz vytvářel nekoncepčně, vykazuje poměrně efektivní výsledky. Výsledky

Závěrem lze subjektivně poznamenat, že malé podniky zabývající se malosériovou výrobou, jsou v ČR velice ohroženým druhem. S přihlédnutím na dynamicky se chovající trh, musí každý konkurenceschopný podnik sledovat náklady pokud možno v reálném čase, aby mohl pružně reagovat na vývoj trhu. Po vyčerpání možnosti úspor na variabilních nákladech výrobků (down sizing, low costing, racionalizace výroby), vyčerpání úspor na využití lidských zdrojů (zkracování norem, vyšší produktivita práce a optimalizace mezd), optimalizace finančního sektoru (daňová optimalizace, business intelligence v ERP systémech), optimalizace energetické zátěže (např. dotační programy na nákup nových úsporných strojů) zbývá výrobním organizacím už jen poslední dvě místa, kde lze očekávat potenciál úspory a to je v oblasti logistiky a v racionalizaci výrobního systému.

Výsledky tohoto projektu poukázaly na důležitost vědního oboru průmyslového inženýrství. A přestože výsledky tohoto projektu vykazovaly určité úspory a řadu nekvantifikovatelných přínosů v malosériovém provozu, v současné době nepředpokládám masivní nárůst využívání moderních softwarových nástrojů na podporu racionalizace materiálových toků v malosériovém provozu, z důvodu pracnosti analýzy velkého množství toků s malou opakovatelností.

Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] MILLER, A., ŠRAJER, V., BUREŠ M., PEŠL, B.: Projektování výrobní základny-teoretická část, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 2013
- [2] Diplomová práce: V. Drdová – Optimalizace výrobní linky ve vybraném výrobním podniku, 2007, Horažďovice
- [3] DIGITÁLNÍ PODNIK (cvičení PI) Courseware [online]. [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.courseware.zcu.cz/>
- [4] MILLER, A., KURKIN, O., BUREŠ M., PEŠL, B.: Projektování výrobní základny-praktická část, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 2013
- [5] RACIONALIZACE PRACOVIŠTĚ [online]. [cit. 2014-12-01]. Dostupné z <http://www.dynamicfuture.cz/priklady-z-praxe/rozmisteni-pracovist/>
- [6] HLAVENKA, B.: Projektování výrobních systémů. CERM, Brno, 2005, ISBN 80-214-2871-6
- [7] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V.: Řízení výroby, Grada Publishing, Praha, 2000, ISBN 80-7169-955
- [8] P-Q DIAGRAM[online]. [cit. 2014-10-01]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/>
- [9] BUREŠ M.: Prezentace z předmětu: Řízení a organizace práce - Manipulace s břemeny, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, 2013
- [10] Ruční manipulace s břemeny [online]. Dostupné z: [cit. 2015-04-05]. <http://www.guard7.cz/rucni-manipulace-s-bremenym/>
- [11] ZELENKA, A., VOLF, L., POSKOČILOVÁ, A.: Projektování výrobních systémů – Návod na cvičení. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 2009, ISBN 978-80-01-04394-3
- [12] KLEINOVÁ, J.: Ekonomické hodnocení výrobních procesů, ZČU v Plzni, 2005, ISBN 80-7043-364-7

Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1 - Seznam strojů provozovny

PŘÍLOHA č. 2 - ABC analýza podílu výrobků na ročním obratu a četnosti výroby

PŘÍLOHA č. 3 - ABC analýza obtížnosti výroby a hmotnosti výrobků

PŘÍLOHA č. 4 – Současný layout – materiál toky výrobku č. 1

PŘÍLOHA č. 5 – Strukturní kusovník výrobku č. 2 – 11111109

PŘÍLOHA č. 6 – Současný layout - materiál toky výrobku č. 2 – (část1/2)

PŘÍLOHA č. 7 – Současný layout - materiál toky výrobku č. 2 – (část2/2) a strukturní kusovník výrobku č. 3

PŘÍLOHA č. 8 – Současný layout - materiálové toky výrobku č. 3

PŘÍLOHA č. 9 – Nový layout - materiálové toky výrobku č. 1

PŘÍLOHA č. 10 Nový layout - materiálové toky výrobku č. 2

PŘÍLOHA č. 11 - Nový layout - materiálové toky výrobku č. 3

PŘÍLOHA č. 12 – I-D Diagramy – porovnání layoutů