

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 – Strojní inženýrství
Studijní specializace: Průmyslové inženýrství a management

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Analýza současného stavu a racionalizace pracoviště

Autor: Jan JENÍKOVSKÝ
Vedoucí práce: Ing. Filip RYBNÍKÁR
Konzultant: Ing. Matěj KRŇOUL

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jan JENÍKOVSKÝ**
Osobní číslo: **S19B0319P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Analýza současného stavu a racionalizace pracoviště**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Prostorové a časové studie
2. Plýtvání a jeho identifikace
3. Analýza vybraného pracoviště
4. Návrh nápravných opatření dle definovaných nedostatků
5. Závěr a zhodnocení přínosů

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **0**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. LANDA, Václav. *Základy normování práce: Praktická příručka pro začínající normovače, technology a začínající mistry výroby*. Louny: Rytmus-Václav Landa, 2019. ISBN 978-80-270-5483-1.
2. BUREŠ, Marek. *Tvorba a optimalizace pracoviště*. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013. ISBN: 978-80-87539-32-3.
3. JUROVÁ, Marie a kol. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada, 2016. ISBN 9788027193301.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Filip Rybníkář**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Matěj Krňoul**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2023**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

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

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Filipu Rybníkárovi za jeho čas, vstřícný přístup a především za věcné rady a připomínky při psaní této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval konzultantovi Ing. Matějovi Krňoulovi za cenné rady týkající se softwaru visTABLE. Velké díky patří také vedoucím pracovníkům společnosti Kermi s. r. o. za poskytnutí příležitosti k realizaci praktické části této bakalářské práce a jejich profesionální přístup.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Jeníkovský	Jméno Jan	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Rybníkář	Jméno Filip	
PRACOVIŠTĚ	ZČU – FST – KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Analýza současného stavu a racionalizace pracoviště		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	77	TEXTOVÁ ČÁST	57	GRAFICKÁ ČÁST	20
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p>STRUČNÝ POPIS</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce se zabývá analýzou a návrhem prostorového uspořádání pracoviště montáže elektra ve společnosti Kermi s. r. o. ve Stříbře. První část práce se věnuje teorii týkající se prostorového uspořádání výrobních systémů, měření práce, plýtvání a další související problematiky. Praktická část je zaměřena na analýzu současného stavu pracoviště, navrhuje nápravná opatření dle definovaných nedostatků a předkládá nové varianty prostorového uspořádání pracoviště. Nejvhodnější varianta je stanovena na základě multikriteriální analýzy. Přínosem této práce je kompletní návrh nového prostorového uspořádání pracoviště s následnou realizací.</p>
<p>KLÍČOVÁ SLOVA</p>	<p>prostorové uspořádání, layout, měření spotřeby času, plýtvání, nápravné opatření, materiálový tok, hodnotící kritérium, multikriteriální analýza</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Jeníkovský	Name Jan	
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Rybníkář	Name Filip	
INSTITUTION	ZČU – FST – KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Analysis of the current state and rationalisation of the workplace		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2023
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	77	TEXT PART	57	GRAPHICAL PART	20
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The bachelor thesis is focused on the analysis and design of the spatial arrangement of the workplace of electrical assembly in the company Kermi s. r. o. in Stříbro. The first part of the thesis deals with the theory concerning the spatial arrangement of production systems, measurement of work, waste and other related issues. The practical part is aimed at the analysis of the current state of the workplace, proposes corrective measures according to the defined deficiencies and presents new variants of the spatial arrangement of the workplace. The most suitable variant is determined on the basis of a multi-criteria analysis. The contribution of this thesis is a complete proposal of a new spatial arrangement of the workplace with subsequent implementation.</p>
KEY WORDS	<p>spatial arrangement, layout, time measurement, waste, corrective action, material flow, evaluation criterion, multi-criteria analysis</p>

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	11
Seznam obrázků	13
Seznam tabulek	14
Úvod.....	15
1 Prostorová studie	16
1.1 Výroba a její členění	16
1.1.1 Míra plynulosti technologického procesu	16
1.1.2 Charakter technologie	17
1.1.3 Typy výroby	17
1.1.4 Váha výrobku	19
1.1.5 Forma organizace výrobního procesu	19
1.1.6 Hledisko výrobního programu	19
1.2 Typy prostorových struktur výrobních systémů.....	19
1.2.1 Volné uspořádání.....	20
1.2.2 Technologické uspořádání.....	20
1.2.3 Předmětné uspořádání	21
1.2.4 Modulární uspořádání	22
1.2.5 Buňkové uspořádání.....	23
1.2.6 Kombinované uspořádání.....	23
1.3 Rozmísťovací metody pro návrh prostorového uspořádání (layout).....	24
1.3.1 Šachovnicová tabulka.....	24
1.3.2 Trojúhelníková metoda	24
1.3.3 Metoda těžiště	25
1.3.4 Moorova metoda	25
1.3.5 Metoda vážených průměrů.....	25
1.3.6 Metoda CRAFT.....	25
1.3.7 Sankeyův diagram.....	25
1.3.8 Spaghetti diagram.....	26
1.4 Softwarové nástroje pro návrh layoutu	26
1.4.1 visTABLE	26
1.4.2 Delmia	26
1.4.3 Tecnomatix.....	27
2 Měření práce.....	28

2.1	Přímé měření	30
	Časové studie.....	31
2.1.1	Snímek pracovního dne.....	32
2.1.2	Snímek operace	33
2.1.3	Metody momentového pozorování.....	34
2.1.4	REFA.....	35
2.2	Nepřímé měření.....	36
2.2.1	MTM (Methods Time Measurement)	36
2.2.2	MOST (Maynard Operation Sequence Technique)	38
3	Třídění spotřeby času	40
3.1	Spotřeba času v průběhu směny	40
3.2	Spotřeba času výrobního zařízení	41
3.3	Třídění času podle jednotlivých činností podniku	42
4	Plýtvání a jeho identifikace	43
5	Představení společnosti Kermi s. r. o.	46
5.1	Historie společnosti Kermi s. r. o.	46
5.2	Produkty společnosti Kermi s. r. o.	47
5.2.1	Produkty v oblasti vnitřního klimatu.....	47
5.2.2	Produkty v oblasti sanitty	48
6	Analýza současného stavu.....	49
6.1	Popis vybraného pracoviště.....	49
6.2	Prostorová studie současného stavu	52
6.2.1	2D layout současného stavu	52
6.2.2	3D vizualizace výrobní haly.....	53
6.2.3	Kontrola zásad rozmíst'ování strojů a zařízení.....	53
6.3	Časová studie současného stavu.....	53
6.3.1	Materiálové toky	56
6.4	Definování nedostatků získaných z analýzy současného stavu	58
	Nedostatky bezpečnosti a zásad rozmíst'ování strojů a zařízení	58
6.5	Návrh nápravných opatření dle definovaných nedostatků	59
7	Návrhy nového prostorového uspořádání pracoviště	61
7.1	Varianta A	61
7.2	Varianta B	64
7.3	Varianta C	67
7.4	Porovnání jednotlivých variant	70

8	Výběr nové varianty pomocí multikriteriální analýzy	72
8.1	Volba hodnotících kritérií	72
8.2	Stanovení vah důležitosti hodnotících kritérií.....	73
8.3	Stanovení pořadí variant a výběr nejlepší varianty	73
	Závěr.....	75
	Seznam použité literatury	76
	PŘÍLOHA č. 1	I

Přehled použitých zkratk a symbolů

3P	Production Preparation Process
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
AG	Aktiengesellschaft
CAD	Computer Aided Design
CNC	Computer Numerical Control
CRAFT	Computerized Relative Allocation of Facilities Technique
ČSN	Česká technická norma
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
$g_r(x_t)$	hodnota pořadové funkce r-tého kritéria přiřazená t-té variantě
HM	Hundert Minuten
MOST	Maynard Operation Sequence Technique
MTM	Methods Time Measurement
n	celkový počet momentů pozorování
NC	Numerical Control
p	předpokládaný relativní podíl základního druhu spotřeby času v celkovém čase
p_r	váha důležitosti r-tého kritéria
QR	Quick Response
REFA	Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung
s	počet kritérií
s. r. o.	společnost s ručením omezeným
SAP	Systeme, Anwendungen, Produkte in der Datenverarbeitung
Sb.	Sbírka zákonů
SMED	Single Minute Exchange of Die
T	čas směny
t_1	čas práce
t_2	čas obecně nutných přestávek
t_3	čas podmíněčně nutných přestávek
t_4	čas chodu
t_5	čas klidu
t_6	čas interference
t_{A1}	čas jednotkové práce
t_{B1}	čas dávkové práce
t_{C1}	čas směnové práce

t_D	osobní ztráty
t_E	technicko-organizační ztráty
t_F	ztráty zapříčiněné vyšší mocí
TMU	Time Measurement Units
T_N	čas normovatelný
TPM	Total Productive Maintenance
t_z	čas ztrátový
u_r	hodnota důležitosti r-tého kritéria
VSM	Value Stream Mapping
VZV	vysokozdvíhový vozík
w_t	hodnota pořadové funkce t-té varianty
y	poměrná chyba pozorování platná pro základní druh spotřeby času

Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Vzorové schéma volného uspořádání výroby	20
Obrázek 1-2 Vzorové schéma technologického uspořádání	21
Obrázek 1-3 Vzor materiálového toku technologického uspořádání	21
Obrázek 1-4 Vzorové schéma předmětného uspořádání	22
Obrázek 1-5 Vzor materiálového toku předmětného uspořádání	22
Obrázek 1-6 Vzorové schéma modulárního uspořádání	23
Obrázek 1-7 Vzorové schéma buňkového uspořádání	23
Obrázek 1-8 Vzorové schéma kombinovaného uspořádání	24
Obrázek 1-9 Ukázka Sankeyova diagramu	25
Obrázek 1-10 Ukázka prostředí v softwaru visTABLE	26
Obrázek 2-1 Analýza a měření práce	29
Obrázek 2-2 Schéma členění časových studií	31
Obrázek 2-3 Schéma momentu měření	33
Obrázek 2-4 Skladba a druhy časů dle metodiky REFA	35
Obrázek 3-1 Schéma třídění spotřeby času směny	41
Obrázek 3-2 Třídění času výrobního zařízení	42
Obrázek 4-1 Osm druhů plýtvání	44
Obrázek 5-1 Logo společnosti Kermi s. r. o.	46
Obrázek 5-2 Společnost Kermi s. r. o. ve Stříbře	46
Obrázek 5-3 Desková otopná zařízení Kermi	47
Obrázek 5-4 Profilový sprchový kout Kermi	48
Obrázek 6-1 Pracoviště montáže elektra 1. část	49
Obrázek 6-2 Zásobovací nádrže s teplovodícím médiem	50
Obrázek 6-3 Pracoviště montáže elektra 2. část	50
Obrázek 6-4 Magnetický manipulátor	50
Obrázek 6-5 2D layout současného stavu	52
Obrázek 6-6 3D vizualizace současného stavu	53
Obrázek 6-7 Grafické zastoupení jednotlivých pracovních činností pracovníka 1	54
Obrázek 6-8 Grafické zastoupení jednotlivých pracovních činností pracovníka 2	55
Obrázek 6-9 Spaghetti diagram pohybu pracovníka	56
Obrázek 6-10 Sankeyův diagram materiálového toku	57
Obrázek 7-1 2D layout varianty A	62
Obrázek 7-2 3D vizualizace varianty A	63
Obrázek 7-3 Materiálové toky varianty A	63

Obrázek 7-4 2D layout varianty B	65
Obrázek 7-5 3D vizualizace varianty B	65
Obrázek 7-6 Materiálové toky varianty B.....	66
Obrázek 7-7 2D layout varianty C	67
Obrázek 7-8 3D vizualizace varianty C	68
Obrázek 7-9 Materiálové toky varianty C.....	69
Obrázek 7-10 Procentuální porovnání celkových materiálových toků jednotlivých variant ...	70
Obrázek 7-11 Procentuální porovnání celkových přepravních výkonů jednotlivých variant..	71
Obrázek 7-12 Procentuální porovnání celkové plochy pracoviště jednotlivých variant.....	71
Obrázek 8-1 Grafické srovnání výhodnosti variant	74

Seznam tabulek

Tabulka 1-1 Srovnání jednotlivých typů výroby.....	18
Tabulka 2-1 Výběr metody měření spotřeby času	30
Tabulka 2-2 Formulář momentového pozorování.....	35
Tabulka 2-3 Převodové poměry mezi TMU a šedesátkovou soustavou	36
Tabulka 2-4 Značení pohybu rukou a ramen	37
Tabulka 2-5 Analytický formulář metody MTM 1	38
Tabulka 2-6 Sekvenční modely pro metodu Basic MOST	39
Tabulka 6-1 Srovnání plnicích zařízení	51
Tabulka 6-2 Přepravní výkon současného stavu	58
Tabulka 7-1 Materiálové toky a přepravní výkony varianty A.....	64
Tabulka 7-2 Materiálové toky a přepravní výkony varianty B	66
Tabulka 7-3 Materiálové toky a přepravní výkony varianty C	69
Tabulka 7-4 Porovnání materiálových toků a přepravních výkonů jednotlivých variant	70
Tabulka 7-5 Porovnání variant podle celkové plochy pracoviště	71
Tabulka 8-1 Stanovení vah kritérií metodou párového srovnání	73
Tabulka 8-2 Stanovení pořadí variant	74

Úvod

Cílem každého prosperujícího podniku je neustálá snaha o zlepšování. Z pohledu průmyslových inženýrů a Lean specialistů se tato snaha projevuje narůstáním požadavků na standardizaci pracovních postupů a činností, ale také růstem nároků na produktivitu práce. Aby mohlo dojít ke zlepšování, je nutné odhalit a odstranit neefektivnosti při vykonávání práce. V této oblasti nám pomáhají nástroje analýzy, měření práce a prostorového uspořádání. Tyto nástroje jsou jednoduché a velmi účinné v boji proti neefektivním procesům a plýtvání. Pomáhají nám také odhalit skrytý potenciál ke zlepšení a považujeme je za základní kámen standardizace.

Globalizace přináší firmám nové výzvy, protože se na trhu objevují nové společnosti. Díky tomu ve světě vzniká přirozená konkurence a každá firma usiluje o to, aby se v daném odvětví stala jedničkou na světovém trhu. Aby se jí opravdu mohla stát, musí své výrobní procesy neustále optimalizovat a snažit se hledat úzká místa svého podniku, která navyšují výrobní a režijní náklady společnosti. K tomu napomáhají prvky štíhlé výroby, racionalizace, studia práce a mnohé další. Využitím těchto prvků dochází ke zvýšení produktivity a snížení nákladů. Díky tomu může firma např. ponížít finální cenu produktu, které nebudou moci ostatní společnosti konkurovat.

Tato práce se věnuje analýze současného stavu a racionalizaci pracoviště montáže elektra ve společnosti Kermi s. r. o., která patří k předním evropským dodavatelům v oboru vytápění a sanita. Tato práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části je vysvětlena teorie nezbytná pro provedení analýzy současného stavu a racionalizace pracoviště. První kapitola se věnuje prostorové studii a dalším tématům s ní souvisejícím. Jedná se především o témata týkající se výroby a jejího členění, typu prostorových struktur výrobních systémů, rozmisťovacích metod a softwarových nástrojů pro návrh layoutu. Druhá kapitola se věnuje měření práce, přičemž je zde kladen důraz na jednotlivé metody měření přímého (metody časové studie) a nepřímého (metody předem stanovených časů). Teoretická část se dále zabývá kategorizací spotřeby času, plýtváním a jeho identifikací.

Praktická či analytická část práce obsahuje základní informace o společnosti Kermi s. r. o. a dále se věnuje analýze současného stavu pracoviště, ve které jsou aplikovány metody z teoretické části. Na základě této analýzy jsou definovány jednotlivé nedostatky, pro něž jsou navržena nápravná opatření. Vycházejí z požadavků společnosti a poznatků analýzy současného stavu jsou navrženy nové varianty prostorové uspořádání pracoviště. V závěrečné fázi jsou jednotlivé varianty porovnány a nejlepší varianta je zvolena na základě multikriteriální analýzy.

Cílem této práce je odhalit nedostatky a úzká místa pracoviště, v souvislosti s tím navrhnout jejich nápravná opatření a následně vytvořit novou variantu prostorového uspořádání pracoviště montáže elektra. Nový layout pracoviště by měl splňovat všechny požadavky zadávající společnosti a zároveň odstraňovat jednotlivé nedostatky objevené v rámci analýzy současného stavu. Součástí návrhu bude kompletní dokumentace obsahující 2D layout a 3D vizualizaci nového pracoviště.

1 Prostorová studie

Profesor Zelenka definuje výrobní proces jako souhrn technologických, manipulačních, kontrolních a řídicích činností, jejichž účelem je měnit tvar, rozměry, složení, jakost a spojení výchozích materiálů a polotovarů z hlediska požadovaných technicko-ekonomických podmínek vyráběného výrobku. Výrobní proces je realizován pomocí výrobního systému, který Zelenka obecně charakterizuje jako věcné, technologicky, časově, prostorově a organizačně jednotné seskupení hmotných zdrojů (materiálů, energií, výrobních a pracovních prostředků) a pracovních sil určených pro výrobu vybraného sortimentu výrobků. [1]

Správný návrh prostorového uspořádání neboli layoutu výrobního systému je základem pro zajištění efektivního výrobního procesu. Layout výrobního systému musí zajistit, aby průběh výrobního procesu byl přehledný a co možná nejhospodárnější. Dále by měl zabezpečit pružnost výroby v důsledku inovačních a komerčních změn, využití progresivních manipulačních prostředků, napojení na přímý materiálový tok, vhodné pracovní prostředí (hygiena a bezpečnost), snadné kontroly a řízení výrobního procesu apod. V opačném případě bude docházet k plýtvání. [1, 2, 3]

1.1 Výroba a její členění

Výrobu lze obecně definovat jako hospodářskou aktivitu výrobního subjektu směřující k zajištění vzniku výrobků či služeb přeměnou výrobních předmětů (materiál, polotovar ...) využitím výrobních prostředků a lidské práce. [4]

Obecně se výroba člení podle následujících hledisek:

1.1.1 Míra plynulosti technologického procesu

- **Plynulá výroba (kontinuální)**

Jedná se o nepřetržitou výrobu, při které nedochází k přerušení technologického procesu ani v případech pracovního volna. Zařízení, ve kterých probíhá výrobní proces, jsou vzájemně propojeny potrubními a skladovacími aparáty. Dochází tak ke spojení manipulačních a technologických procesů. Výrobky se vyrábějí obvykle hromadně, protože plynulá výroba umožňuje vysoký stupeň automatizace. Nevýhodou plynulé výroby jsou především značné náklady na její zastavení a opětovný rozběh. Příkladem kontinuální výroby je výroba chemická a hutní.

- **Přerušovaná výroba (diskontinuální)**

V tomto typu výroby dochází k přerušování technologického procesu vlivem potřebné realizace netechnologických procesů. Do netechnologických procesů patří především manipulační procesy – např. doprava materiálů, upnutí obrobku apod. Jedná se o operace, bez kterých nelze technologický proces vykonat. Samotné operace technologického procesu tvoří pouze malou část z průběžné výrobní doby. Diskontinuální výroba přináší oproti kontinuální výrobě možnost zastavení a opětovného rozběhu bez větších nákladů. Avšak má i své nevýhody v podobě horší aplikace automatizace vlivem velkého množství různorodých operací a výrobků. Diskontinuální výrobu najdeme ve strojírenství, stavebnictví, v elektrotechnice apod. [5]

1.1.2 Charakter technologie

- **Mechanická výroba**
V mechanické výrobě dochází ke změně tvaru a jakosti materiálu či polotovaru, avšak látková podstata se nemění.
- **Chemická výroba**
Na rozdíl od mechanické výroby zde dochází ke změně látkové podstaty materiálů.
- **Biologická a biochemická výroba**
Tyto druhy výroby využívají přírodní procesy ke změně látkové podstaty surovin a materiálů. Jedná se například o procesy kvašení, zrání atd. Biologická a biochemická výroba se nejčastěji objevuje v potravinářství. [5]

1.1.3 Typy výroby

Členění výroby podle jejího typu a váhy výrobků patří ve strojírenství k nejčastějšímu dělení výroby. Rozdělení výroby dle typu je dáno počtem vyráběných výrobků a množstvím jednotlivých druhů výrobků. [5, 6]

- **Kusová (zakázková) výroba**
Tato výroba je charakterizována tím, že se vyrábí pouze malá množství různých druhů výrobku. Jedná se většinou o unikátní výrobky či konstrukce, které se zpravidla vyrábějí jen jednou a k jejich výrobě se využívají univerzální výrobní prostředky (stroje, nářadí apod.). Technologické postupy se navrhují tak, aby bylo možné většinu operací realizovat na jednom výrobním zařízení. Nevýhodou kusové výroby je neustálá nutnost seřízení strojů, horší organizace, vyšší požadavky na kvalifikovanost pracovníků atd. U kusové výroby se nejčastěji volí technologické uspořádání strojů a pracovišť.
- **Sériová výroba**
Tato výroba je charakterizována výrobou většího počtu stejných výrobků v dávkách neboli sériích. Z hlediska velikosti série a s ohledem na velikost a tvar vyráběného výrobku rozlišujeme malosériovou výrobu (cca 5–50 ks), středněsériovou výrobu (cca 50–500 ks) a velkosériovou výrobu (cca 500 a více kusů). Oproti kusové výrobě jsou technologické postupy navrženy tak, aby každé pracoviště zpracovávalo menší množství operací. Začínají se užívat specializované stroje, nářadí a měřidla. Organizace a plánování výroby je snazší a není potřeba vysoká kvalifikace pracovníků. U sériové výroby se volí předmětné uspořádání strojů a pracovišť.
- **Hromadná výroba**
Tato výroba je charakterizována velkým počtem kusů od jednoho druhu výrobku, popřípadě od malého množství druhů výrobků. V hromadné výrobě jsou technologické postupy navrženy tak, aby jednotlivá pracoviště vykonávala pouze jednu operaci v určitém taktu. Využívají se jednoúčelné stroje a pracoviště, která jsou uspořádána do linek. Linky je potřeba dopředu zásobovat podle výrobních plánů. Nevýhodou je, že jakákoliv změna konstrukce a technologie výroby většinou zapříčiní přestavbu výrobní linky. O změnu a seřízení strojů se starají vyškolení specialisté. Hromadná výroba nepotřebuje oproti předchozím výrobám takřka žádnou kvalifikaci pracovníků a umožňuje detailní řešení pracovního postupu (např. možnost ergonomické studie), což přispívá např. k růstu produktivity či zlepšení pracovních podmínek. [5, 6]

Tabulka 1-1 Srovnání jednotlivých typů výroby [4]

Znak	Výroba		
	Kusová	Sériová	Hromadná
Výrobní postup	Rámcový, obsahuje přehled operací s hlavními údaji.	Podrobný a přesný, operace často s nákresem. Složité operace rozvedené na úseky a úkony.	Podrobné návodky na jednotlivé operace s nákresem. Operace rozvedené až na pohyby.
Obráběcí stroje	Univerzální, výjimečně speciální (zvláštní tvary, velké předměty).	Univerzální, specializované pomocí přípravků, velmi speciální stroje (několikanožové), speciální stroje (programové řízení).	Speciální stroje sestavené do linek, automatické linky.
Nástroje	Normální, výjimečně speciální.	Normální, převážně speciální, konstruované pro operace, sdružené nástroje.	Speciální.
Přípravky	Univerzální (strojní) svěráky, sklíčidla, výjimečně jednoduché speciální přípravky.	Speciální přípravky s rychloupínacím zařízením, přípravky s pneumatickým a hydraulickým upínáním.	Vysokovýkonné, speciální mechanizované, trvale spojené se strojem. Automatizované upínání.
Kvalifikace	Požaduje se vyšší stupeň kvalifikace.	Seřizovači – vyšší stupeň kvalifikace. Dělníci – nižší stupeň kvalifikace.	Seřizovači a údržbáři – vysoce kvalifikovaní. Dělníci – nižší stupeň kvalifikace.

1.1.4 Váha výrobku

Jedná se o rozdělení výroby podle váhy vyráběných výrobků.

- **Těžká výroba**
- **Středně těžká výroba**
- **Lehká výroba** [6]

1.1.5 Forma organizace výrobního procesu

V tomto členění výroby představuje významnou roli uspořádání a vybavení výrobního procesu.

- **Fázová výroba (job shop)**
Jedná se o výrobu s vysokým počtem typů produktů, kterých se vyrábí malé množství. Může se jednat jak o standardizované, tak o specializované výrobky pro konkrétní zákazníky. Jednotlivé výrobky se pohybují po odlišných trasách, protože pro fázovou výrobu je charakteristická různorodost tras i délka zpracovaných časů. Ve srovnání s proudovou výrobou je průběžná doba výroby delší.
- **Skupinová výroba**
Jedná se o výrobu s větším počtem typů produktů, kterých se vyrábí menší množství, přičemž tento počet produktů je z ekonomického hlediska stále nedostačující pro výrobu na lince. Jednotlivé výrobky se pohybují závodem po pevných trasách a jsou vyráběny stejnými výrobními zařízeními. Různé výrobní fáze skupinové výroby mohou být rozpojeny pomocí mezioperačních zásob, a proto je délka průběžné doby výroby ve srovnání s proudovou výrobou o něco delší.
- **Proudová výroba (line production)**
Jedná se o hromadnou výrobu jednoho výrobku nebo velmi příbuzných výrobků na výrobních linkách. Nedochozí zde k rozpojení výrobních fází jako u skupinové výroby. Je zde nejkratší průměrná doba výroby. [5]

1.1.6 Hledisko výrobního programu

- **Hlavní výroba**
Jedná se o výrobu věcí, které odpovídají hlavnímu podnikatelskému záměru.
- **Doplňková výroba**
Jedná se o výrobu, která je nad rámec hlavní výroby, umožňuje kooperaci a lepší využití výrobní kapacity.
- **Přidružená výroba**
Jedná se o výrobu, která se např. snaží zpracovat odpadní materiál z hlavní výroby. [4]

1.2 Typy prostorových struktur výrobních systémů

Dle profesora Zelenky určuje prostorová struktura proporcionální vztahy mezi jednotlivými prvky výrobního systému z hlediska:

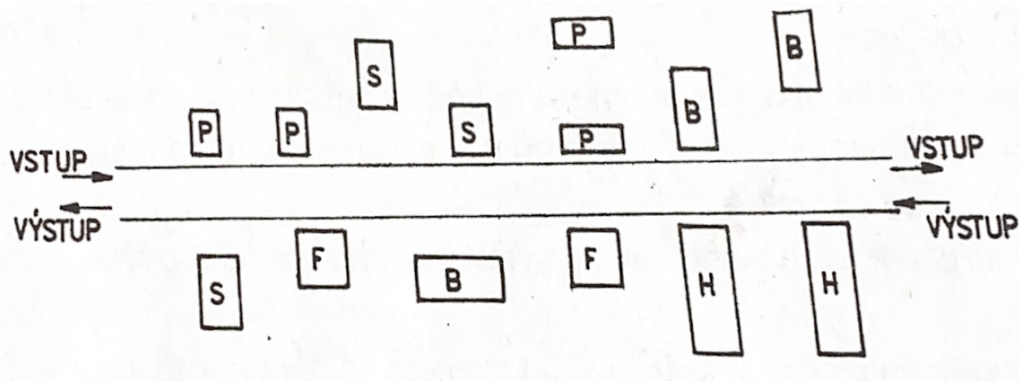
- forem uspořádání výrobních zařízení (strojů),
- rozmístění strojů, technologických a pracovních míst nebo provozů ve vymezeném prostoru,
- relativního rozdělení výrobních, pomocných, obslužných a ostatních ploch pro racionální výrobní proces. [1, 7]

Při řešení prostorové struktury výrobního systému se vychází z předchozích rozborů a řešení rozmisťovacích metod. Volba vhodných forem (typů) prostorových struktur, které určují

uspořádání strojů a pracovišť, závisí na druhu výroby, výrobním procesu, výrobním programu, materiálovém toku apod. V současnosti se rozlišují tyto formy prostorového uspořádání:

1.2.1 Volné uspořádání

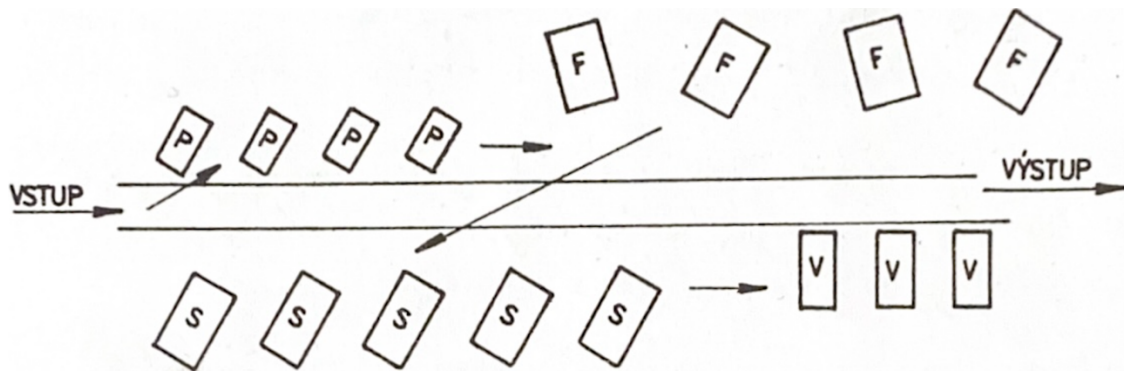
Pro volné uspořádání je typické, že jednotlivé stroje a pracoviště jsou v dílně uspořádány zcela náhodně – většinou tam, kde je zrovna volné místo. Jedná se většinou o místa, kde nebylo možné předem stanovit materiálový tok, organizační vztahy, návaznost operací apod. Tento typ výroby se obvykle uplatňuje v prototypových a údržbářských dílnách, které mají kusový charakter výroby. I když se jedná o volné uspořádání, je zapotřebí během rozmísťování strojů dbát na základní výrobní a hygienická kritéria. V současnosti se od této formy uspořádání upouští, protože je zcela nevyhovující pro současné požadavky výroby. Vzorové schéma této formy uspořádání je znázorněno na *Obrázku 1-1*. Jednotlivá písmena schématu označují určité druhy výrobních zařízení (P = pila, F = frézka atd.). [6]



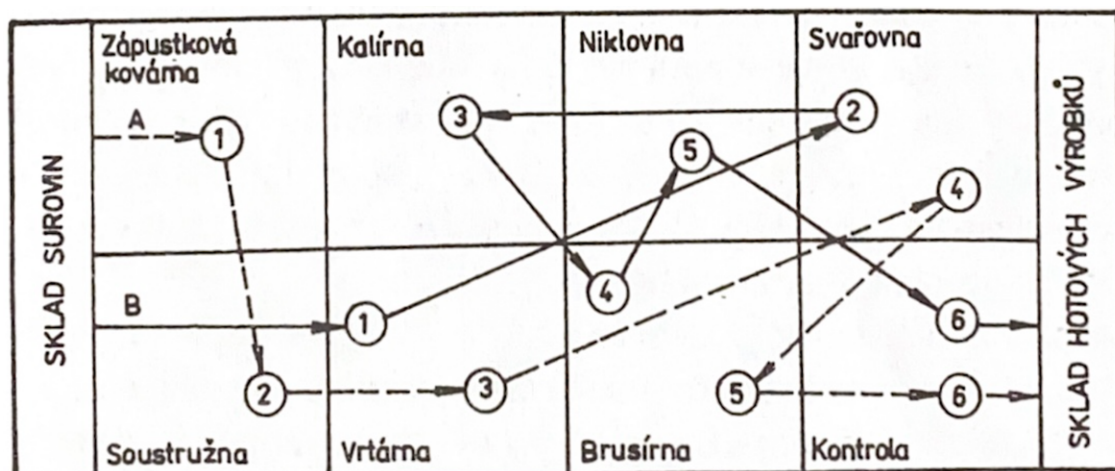
Obrázek 1-1 Vzorové schéma volného uspořádání výroby [6]

1.2.2 Technologické uspořádání

V tomto typu uspořádání jsou pracoviště uspořádána podle svých technologických specializací a podobností operací. Jednotlivá pracoviště jsou tedy tvořena skupinami stejných nebo podobných druhů strojů – např. obráběcí operace se provádí v obrobně, kde se nacházejí obráběcí stroje (soustruhy, frézky, brusky atd.). Vyráběné součástky se přesouvají mezi pracovišti ve složitém materiálovém toku, což je způsobeno různorodostí sortimentu vyráběných součástek. Technologické uspořádání se s oblibou využívá v kusové a malosériové výrobě těžkého a středního strojírenství a objevuje se také v prototypových dílnách. Jednou z výhod této formy uspořádání je, že v případě změny výrobního programu nedochází k narušení výroby. K dalším výhodám patří např. možnost snadného zavedení vícestrojové obsluhy, případné poruchy jednotlivých strojů nenarušují průběh výroby, snížení potřeby nástrojového vybavení (vybavení slouží více strojům současně), snadnější údržba strojů atd. Tento způsob uspořádání přináší i svá negativa, které jsou spojena se složitou materiálovou přepravou, náročnějším plánováním a řízením výroby, nutností vysokých zásob, vysokými náklady na dopravu či delší průměrnou dobou výroby. Dále rostou nároky na výrobní plochy a centrální mezisklady a zvyšuje se objem oběžných prostředků. [3, 6]



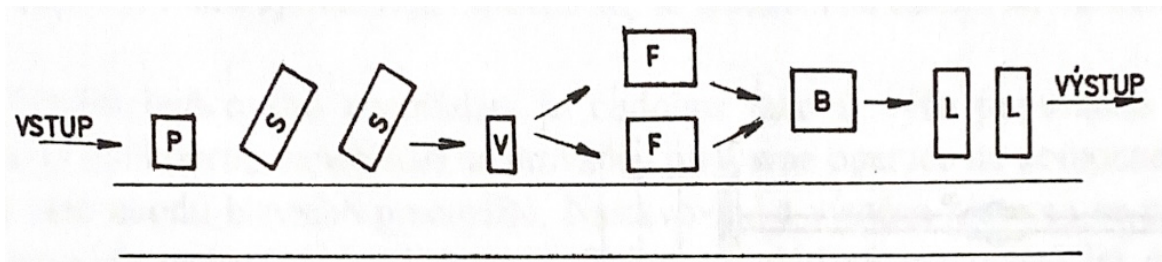
Obrázek 1-2 Vzorové schéma technologického uspořádání [6]



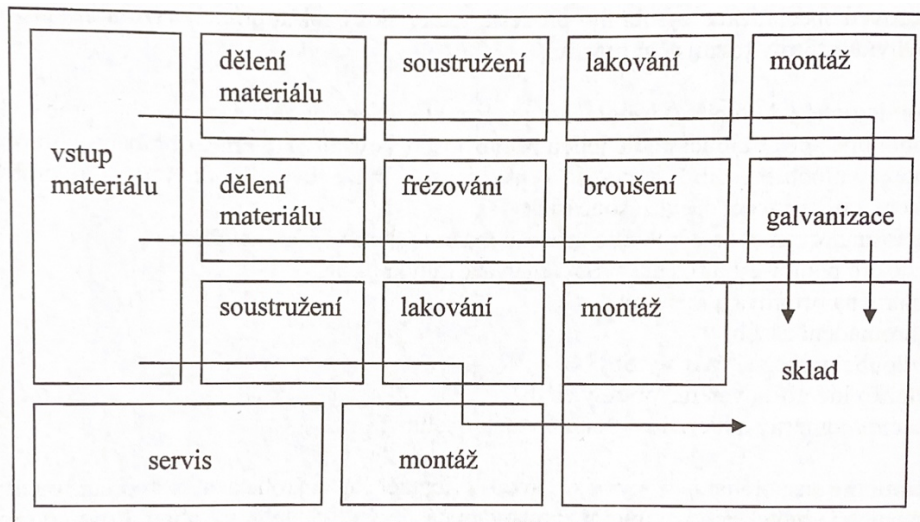
Obrázek 1-3 Vzor materiálového toku technologického uspořádání [6]

1.2.3 Předmětné uspořádání

Pro předmětné uspořádání je charakteristické, že jsou jednotlivá pracoviště uspořádaná chronologicky podle technologického postupu výrobního předmětu (výrobku), a proto dochází ke vzniku specializovaných dílen, které se velmi často označují podle vyráběného výrobku (např. hřídelárna), kde pohyb součástí mezi pracovišti sleduje stejný směr. Vzniká tak výrobní proud. Vysoká úroveň technické přípravy výroby (především standardizace) a její plánování umožní uplatnění efektivnějšího předmětného uspořádání pracovišť, což vede k zavedení proudové výroby. Nejvyšším stupněm předmětného uspořádání jsou především automaticky synchronizované linky. Vlivem použití specializovaných strojů jsou nároky na kvalifikaci zaměstnanců nižší. Nejčastěji se předmětné uspořádání využívá ve velkosériové a hromadné výrobě. Oproti technologickému uspořádání dochází k výraznému snížení průměrné doby výroby výrobku, zkrácení manipulačních drah a mezioperačních časů, snížení nákladů na manipulaci a celkovému zmenšení potřeby výrobních ploch. Nevýhodou tohoto uspořádání je špatná adaptace na změnu výrobního systému a pokles využití strojů vlivem snížení výroby. Dále je potřeba použití jednoúčelných strojů, které jsou náročnější na výrobu i údržbu z hlediska nákladů, přičemž o údržbu těchto strojů se musí starat kvalifikovaní seřizovači. [6]



Obrázek 1-4 Vzorové schéma předmětného uspořádání [6]

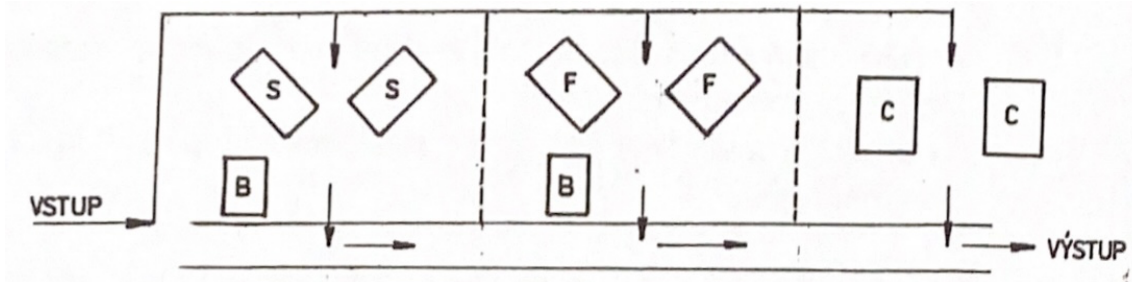


Obrázek 1-5 Vzor materiálového toku předmětného uspořádání [5]

V současnosti je technologické a prostorové uspořádání podniky nejhojněji využíváno.

1.2.4 Modulární uspořádání

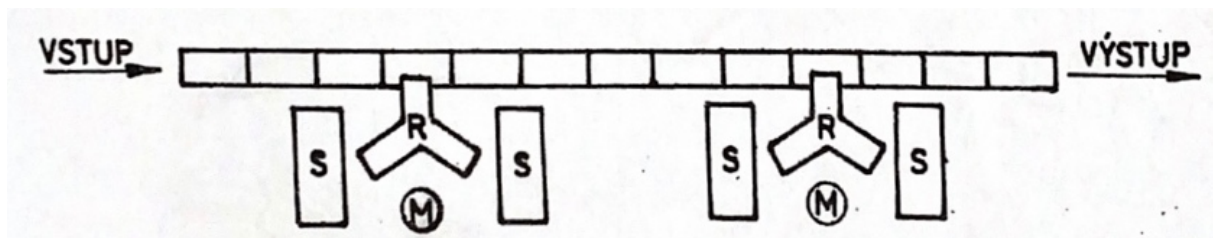
Tento typ uspořádání se rozvinul vlivem rozvoje NC a CNC strojů. Charakteristickým znakem tohoto uspořádání je seskupování stejných technologických bloků, které obstarávají více technologických funkcí. Celý výrobní provoz je složen ze stejných či podobných skupin pracovišť, které se nazývají moduly. Příkladem modulárního uspořádání může být soustředění více obráběcích center a nasazení skupin NC strojů v klasicky řízené dílně. Vyšší produktivita práce modulárních pracovišť vyvolává v dílně jejich prioritní postavení např. z hlediska řízení přípravy zakázek a systému plánování, údržby apod. Vysoká produktivita modulárních pracovišť se často zúročuje ve vícesměnných provozech. Pro zajištění maximální produktivity je zapotřebí provést reorganizaci návazných pracovišť. Při tomto typu uspořádání se velmi často využívají různé manipulátory v rámci mezioperačních manipulací. Modulární uspořádání se nejčastěji využívá v kusové a malosériové výrobě. Kvalifikovaní pracovníci jsou nutností, neboť v rámci technické přípravy je nově zapotřebí programovat jednotlivé stroje a nastavovat specializované nástroje. Mezi hlavní výhody modulárního uspořádání patří především vysoká produktivita, krátké výrobní časy, zkrácení operačních a mezioperačních časů a celkové zlepšení organizace a řízení výroby. Jako nevýhody shledáváme vysoké pořizovací ceny strojů a zařízení a větší náročnost technické přípravy. [6]



Obrázek 1-6 Vzorové schéma modulárního uspořádání [6]

1.2.5 Buňkové uspořádání

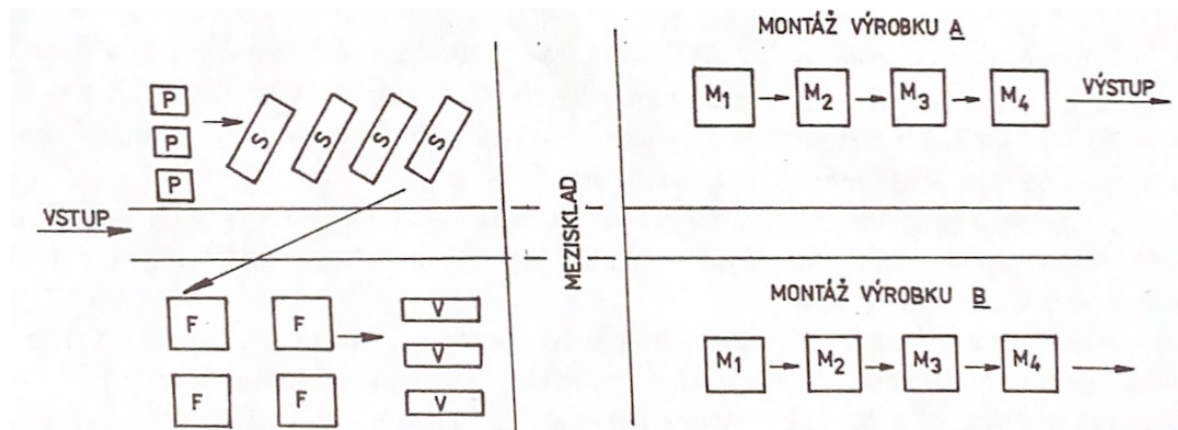
Samotná buňka v rámci buňkového uspořádání je nejčastěji tvořena nějakým vysoce produktivním strojem, který je obvykle obklopen mechanizovaným či automatizovaným okolím. Může jít např. o roboty, kolaborativní roboty, paletové systémy apod. Charakteristickým příkladem tohoto typu uspořádání jsou především plně mechanizovaná, automatizovaná a robotizovaná pracoviště. Aby bylo možné tuto formu uspořádání zavést, je zapotřebí provést pečlivou předprojektovou rozborovou přípravu a standardizaci. Výhodou je, že během času chodu hlavního pracoviště se mohou vykonávat přípravné operace na pomocném pracovišti. K dalším výhodám patří vysoká produktivita práce, minimalizovaná manipulace s materiálem, automatizovaná výměna a přísun nástrojů, zvýšení kvality a snížení zmetkovitosti, snížení potřeby oběžných prostředků atd., a proto je výhodné využití buňkového uspořádání ve třísměnných provozech. Využití a nevýhody tohoto typu uspořádání jsou velice podobné modulárnímu typu uspořádání. [6]



Obrázek 1-7 Vzorové schéma buňkového uspořádání [6]

1.2.6 Kombinované uspořádání

Kombinovaná uspořádání se nejčastěji využívají při projektování větších celků výroby, kde není možné nebo je neefektivní využít pouze jednoho způsobu uspořádání strojů a pracovišť. V současnosti se nejčastěji využívá kombinace technologického a předmětného uspořádání. Cílem kombinovaných forem uspořádání je využít výhody obou uspořádání a eliminovat jejich nevýhody. Tento typ uspořádání se nejčastěji objevuje ve středněsériové výrobě. [6]



Obrázek 1-8 Vzorové schéma kombinovaného uspořádání [6]

Při rozmisťování strojů a pracovišť je potřeba brát také zřetel na požadavky bezpečnosti práce a ergonomie. [5]

1.3 Rozmísťovací metody pro návrh prostorového uspořádání (layout)

Správné navržení prostorového uspořádání patří k základním klíčům správného fungování výrobního procesu. Cílem rozmísťovacích metod je navrhnout správné umístění jednotlivých strojů, výrobních zařízení, provozních souborů, výrobních středisek apod., které byly stanoveny např. v rámci kapacitních propočtů, ale může jít také o potřebu umístění nového stroje do stávající výrobní dispozice. Prostorové uspořádání výrobních zařízení je závislé nejčastěji na:

- **Technologických podmínkách**
Jde např. o velikost a hmotnost strojů, jejich hlučnost, přesnost ...
- **Stavebně energetických podmínkách**
Zde jde např. o rozměry hal, nosnost podlah, formu rozvodů energií ...
- **Podmínkách investičně-ekonomického charakteru**
Např. v rámci racionalizace nebo modernizace při rozmisťování výrobních zařízení.
- **Podmínkách materiálového toku**
Jde např. o dodržování pravidel pro tok materiálu, dopravní uličky, odsun odpadu ... [1]

K tvorbě layoutu slouží celá řada rozmísťovacích metod. K těm nejpoužívanějším patří:

1.3.1 Šachovnicová tabulka

Šachovnicová tabulka se zabývá rozbořem materiálového toku v rámci vnitropodnikových útvarů, ale i mezi podnikem a jeho okolím, a to v určitém časovém období. Slouží také jako podklad pro uspořádání jednotlivých pracovišť v dílně, kde se jednotlivá pracoviště uspořádají tak, aby se minimalizoval počet přeprav – pracoviště s intenzivním materiálovým tokem se umístí zpravidla co nejbliže. [3, 8]

1.3.2 Trojúhelníková metoda

Tato metoda vychází z principu postupného rozmisťování jednotlivých strojů (pracovních míst) v závislosti na intenzitě kooperačních vztahů. Jde především o to, že stroje s největší intenzitou materiálových toků jsou umístěny co nejbliže u sebe. Východiskem pro použití trojúhelníkové metody je sestavení šachovnicové tabulky. [1, 8]

1.3.3 Metoda těžiště

Tato metoda je založena na principu matematického výpočtu těžiště. Těžištní metoda se využívá k určení umístění stroje do stávajícího uspořádání výrobní linky, a to z hlediska intenzity materiálového toku mezi novým strojem a stávajícími stroji linky. Principem této metody je, že dopravní objemy doplňovaného stroje jsou brány jako rovnoběžné síly, ke kterým se hledá výslednice sil neboli těžnice. Vhodná poloha stroje je určena polohou těžnice mezi jednotlivými silami. [1, 6]

1.3.4 Moorova metoda

Tato metoda se využívá pro umístění nových strojů do vybraných volných míst v rámci stávajícího prostorového uspořádání strojů. [1]

1.3.5 Metoda vážených průměrů

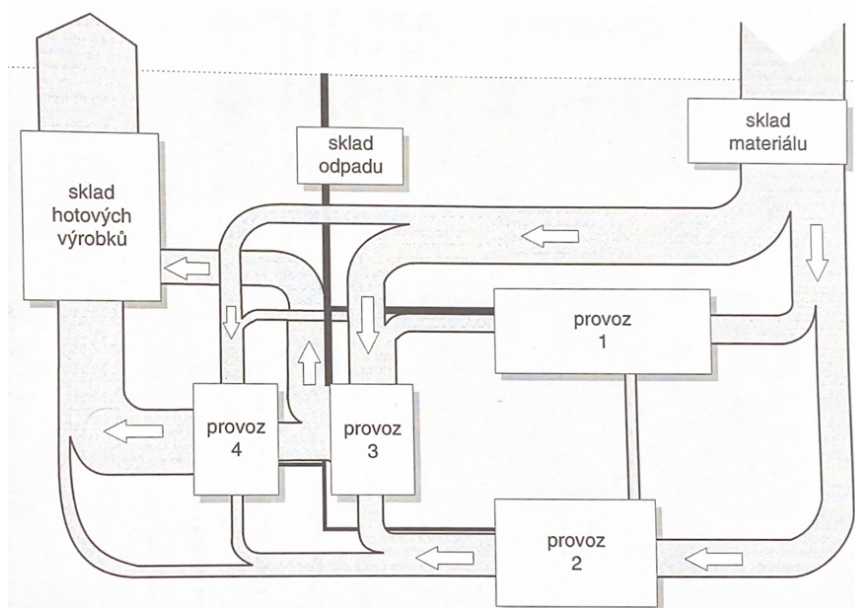
Metoda vážených průměrů či Noyova metoda se nejčastěji využívá pro uspořádání strojů v řadě. Každému stroji se vypočítá vážený průměr neboli pořadí stroje v lince. Pořadí je závislé na přepravovaném objemu materiálu a sledu vyráběných souborů součástí. Pro zjednodušení je mezi stroji stejná vzdálenost. [1]

1.3.6 Metoda CRAFT

Computerized Relative Allocation of Facilities Technique neboli technika stanovení vzájemné polohy strojů propočtem je matematická metoda, jejímž cílem je určit takové rozmístění pracovišť, aby celkové náklady na manipulaci materiálu byly minimální. Z důvodu velkého množství možných prostorových řešení při větším počtu rozmísťovaných pracovišť se výpočet provádí na počítačích. [6, 8]

1.3.7 Sankeyův diagram

Tento diagram graficky zobrazuje průběh materiálového toku mezi jednotlivými objekty. Tvary, délky, šrafy a směry čar znázorňují vlastnosti materiálového toku. Délka čáry označuje vzdálenost přepravy, tloušťka čar zobrazuje objem přepraveného materiálu za daný čas, šipky označují směr a šrafování druh transportovaného materiálu. [8]



Obrázek 1-9 Ukázka Sankeyova diagramu [8]

1.3.8 Spaghetti diagram

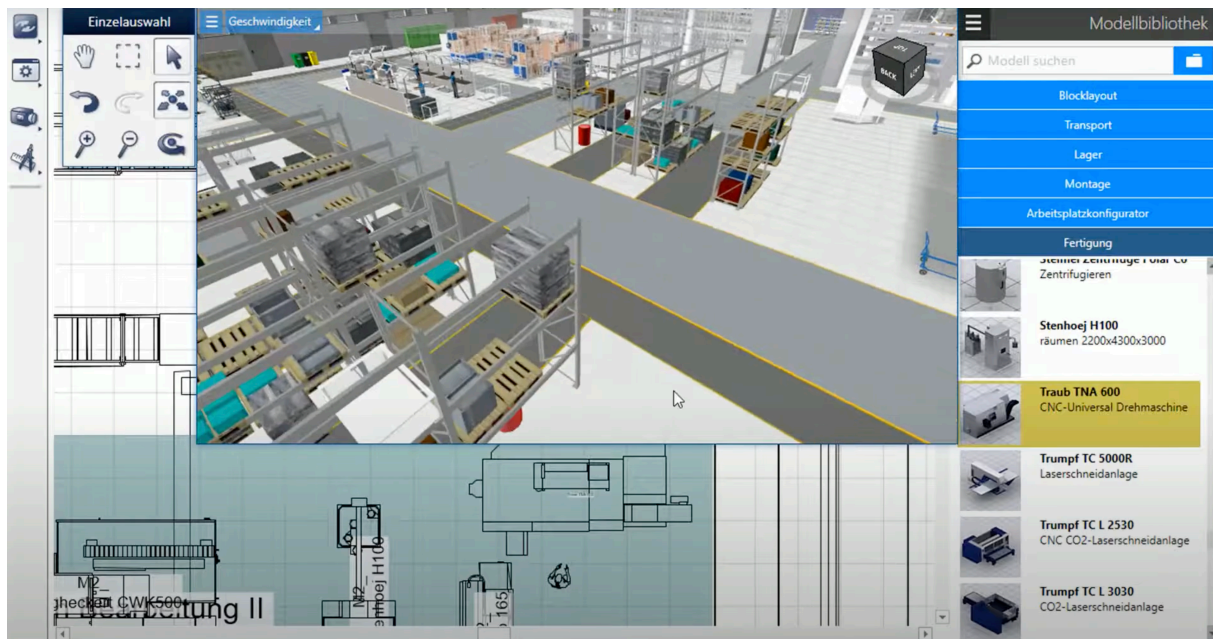
Tento diagram slouží k zachycení pohybu materiálu nebo pracovníků v rámci předem stanoveného času, kterým může být např. pracovní směna. Tato analýza je velice jednoduchá. Jednotlivé pohyby se zachycují do skutečného layoutu dané haly. Výsledkem je odhalení zbytečné manipulace, pohybu materiálu či pracovníků, což může sloužit jako podklad pro reorganizaci stávajícího layoutu. [9]

1.4 Softwarové nástroje pro návrh layoutu

V současnosti existuje celá řada softwarových nástrojů pro návrh prostorového uspořádání výrobního systému, které přinášejí v rámci projektování obrovské benefity. Umožňují snadné grafické znázornění dispozic jednotlivých pracovišť, zobrazení materiálových toků, včasné odhalení možných rizik plynoucích ze špatného návrhu layoutu i možnost okamžitých úprav. Dále umožňují 3D pohled na výrobní systém a v některých softwarech lze dokonce provádět dynamické simulace výrobních procesů. Níže je uvedeno několik nejpoužívanějších softwarů. [2]

1.4.1 visTABLE

Produkční společností tohoto softwaru je německá společnost *plavis GmbH*. Tento software nabízí plnou transparentnost výrobních a logistických procesů. Umožňuje systematizované plánování a projektování layoutu závodu, vytváření analýz materiálového toku, kontrolu bezpečnostních vzdáleností, vyhodnocení layoutu a 3D vizualizaci výroby. Dále obsahuje rozsáhlou knihovnu 2D a 3D modelů objektů potřebných pro návrh layoutu. [2, 10]



Obrázek 1-10 Ukázka prostředí v softwaru visTABLE [10]

1.4.2 Delmia

Produkční společností tohoto softwaru je francouzská společnost *Dassault Systèmes SE*. Tento software umožňuje vytvářet celkový návrh layoutu podniku a jeho optimalizaci s možností 3D vizualizace. Dále umožňuje zobrazení materiálových toků, virtualizaci, plánování a ověření montáží, optimalizaci kusovníků, tvorbu a vizualizaci pracovních postupů apod. [2, 11]

1.4.3 Tecnomatix

Produkční společností tohoto softwaru je americká společnost *Siemens Digital Industries Software*. Tento software obsahuje 3 moduly: modul planning, modul simulation, modul production. Modul planning umožňuje návrh a tvorbu layoutu podniku a stanovení výrobních postupů a procesů. Pomocí tohoto modulu lze ověřit navržený layout a výrobní proces podniku, a tím předejít budoucím problémům. V modulu production je možné vytvořit digitální podobu fyzické výroby. [2, 12]

2 Měření práce

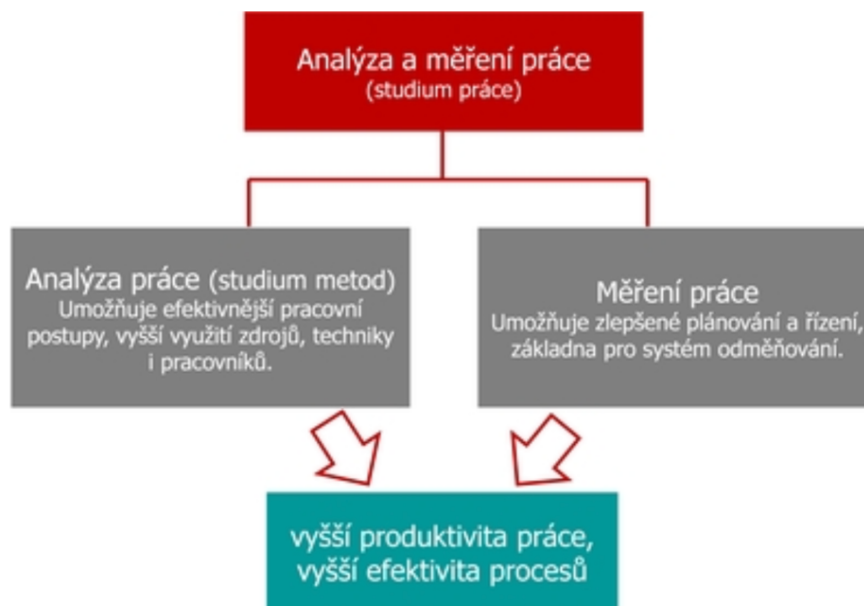
Cílem každého podniku je minimalizovat náklady pro maximalizaci zisku tím, že nalezne cestu, jak nejlépe vykonávat požadované činnosti. Aby tohoto cíle mohl podnik dosáhnout, je zapotřebí, aby využíval prvky studia práce. Jedním z těchto prvků je analýza a měření práce. Pomocí nich podnik získá nezbytné informace o pracovních procesech, které může analyzovat s cílem objevení plýtvání, čímž přispívá k dosažení vyšší produktivity. Zmíněné metody jsou na sobě závislé a nemohou bez sebe fungovat, což si bohužel většina firem na trhu neuvědomuje. Většina firem se při měření práce zaměřuje na určení spotřeby času, aniž by se kriticky zamyslela nad reálným problémem daného procesu či operace. Výsledkem pak bývá přesný popis současného stavu bez skutečného dopadu na zvýšení produktivity. [13, 14]

Analýza práce spočívá ve studiu pracovních metod, které vedou k identifikaci plýtvání a neproduktivní činnosti s následným zefektivněním vykonávané práce. Jde především o zapojení selského rozumu a kritického myšlení se snahou o neustálé zlepšování jednotlivých procesů a operací. Výsledkem této analýzy je nový optimální pracovní postup, který je zapotřebí zadefinovat daným standardem. Základními metodami analýzy práce jsou:

- **Záznam pohybu materiálu:**
 - špagetový diagram,
 - nitkový diagram,
 - procesní diagram,
 - Sankeyův diagram.
- **Souslednosti procesů:**
 - diagram vícenásobné obsluhy,
 - diagram obouřučných činností,
 - procesní diagram materiálu, zařízení a pracovníka. [13, 14]

Tato práce se analýzou práce zabývat nebude, vysvětlení tohoto pojmu je však nezbytné pro plné pochopení problematiky.

Měření práce se zabývá určením spotřeby času pro jednotlivé činnosti. Cílem měření práce je stanovení optimální normy spotřeby času a číselné vyjádření nárůstu produktivity, když dojde k použití nového výrobního postupu. Ke stanovení normy spotřeby času se nejčastěji používají metody časových studií. Tyto studie jsou realizovány pomocí přímého měření. Další možností jsou tzv. metody předem určených časů, které vycházejí z předem definovaných časů odpovídajících daným pohybům, přičemž norma spotřeby času je zde poté určena nepřímým způsobem. Výsledkem měření práce je definování normy spotřeby času. K dané normě je zapotřebí přičíst nezbytnou přírážku na osobní potřeby a jiné zdržení, protože se jedná o lidskou práci. Tato přírážka se běžně pohybuje kolem 5–10 %. [13, 14]



Obrázek 2-1 Analýza a měření práce [13]

Důvody analýzy a měření práce:

- odhalení plýtvání,
- zvýšení produktivity a bezpečnosti na pracovišti,
- okamžitá viditelnost úspor,
- nastavení optimálních časových norem,
- snadná implementace. [14]

Standardní postup při měření práce (spotřeby času):

- **Volba práce**
Stanovení práce, u které se bude měřit spotřeba času.
- **Kritické přezkoumání způsobu práce**
Jedná se detailní kritické přezkoumání pracovního postupu (sekvence pohybů) a podmínek, za kterých jsou jednotlivé pohyby vykonávány. Veškeré činnosti vykonané během pracovního postupu jsou rozděleny na produktivní, neproduktivní a ztrátové.
- **Měření spotřeby času**
Poté, co se provede přezkoumání pracovního postupu, je zapotřebí změřit spotřebu času potřebnou k vykonání dílčích činností (pohybů) zvoleného pracovního postupu. Důležitým faktorem je také výběr vhodné metody měření spotřeby času. Nejčastěji se řídíme podle objemu výroby a délky času jednoho cyklu operace.
- **Definování přesného pracovního postupu**
Jedná se o přesné předepsání pracovního postupu, pracovních podmínek a norem času pro operaci, kde je zapotřebí započítat nezbytnou přírážku na osobní potřeby, odpočinek a další. [14, 15]

Měřit spotřebu času můžeme za předpokladu, že:

- je pracovník kvalifikovaný,
- je práce určitým způsobem měřitelná (např. počtem kusů, dávek apod.),
- je použit stanovený pracovní postup,
- práce má dostatečný objem produkce, aby byla zajištěna produktivita práce. [14, 15]

Důvody měření spotřeby času jsou:

- redukování nákladů,
- optimalizace úzkých míst,
- aktualizace stávajících časových norem,
- změna práce, výrobku, postupu, materiálu, podmínek práce, ... [14]

Volba vhodné metody měření spotřeby času je závislá na:

- požadované přesnosti měření,
- požadavcích na rychlost stanovení norem spotřeby času,
- objemu prováděné práce,
- délce jednoho cyklu operace. [15]

Tabulka 2-1 Výběr metody měření spotřeby času [14]

		OBJEM VÝROBY		
		Vysoký	Střední	Nízký
CELKOVÝ ČAS	Dlouhý	Momentkové pozorování Kontinuální čas. Studie	Momentkové pozorování Kontinuální čas. Studie	Expertní odhady Momentkové pozorování Historická data
	Střední	Momentkové pozorování Kontinuální čas. Studie Systém předem urč. časů	Momentkové pozorování Kontinuální čas. Studie	Expertní odhady Historická data Kontinuální čas. Studie
	Nízký	Systém předem urč. časů	Kontinuální čas. Studie Systém předem urč. časů	Kontinuální čas. Studie Expertní odhady

Cílem měření je:

- definování optimálních norem spotřeby času,
- racionalizace práce, ... [14]

2.1 Přímé měření

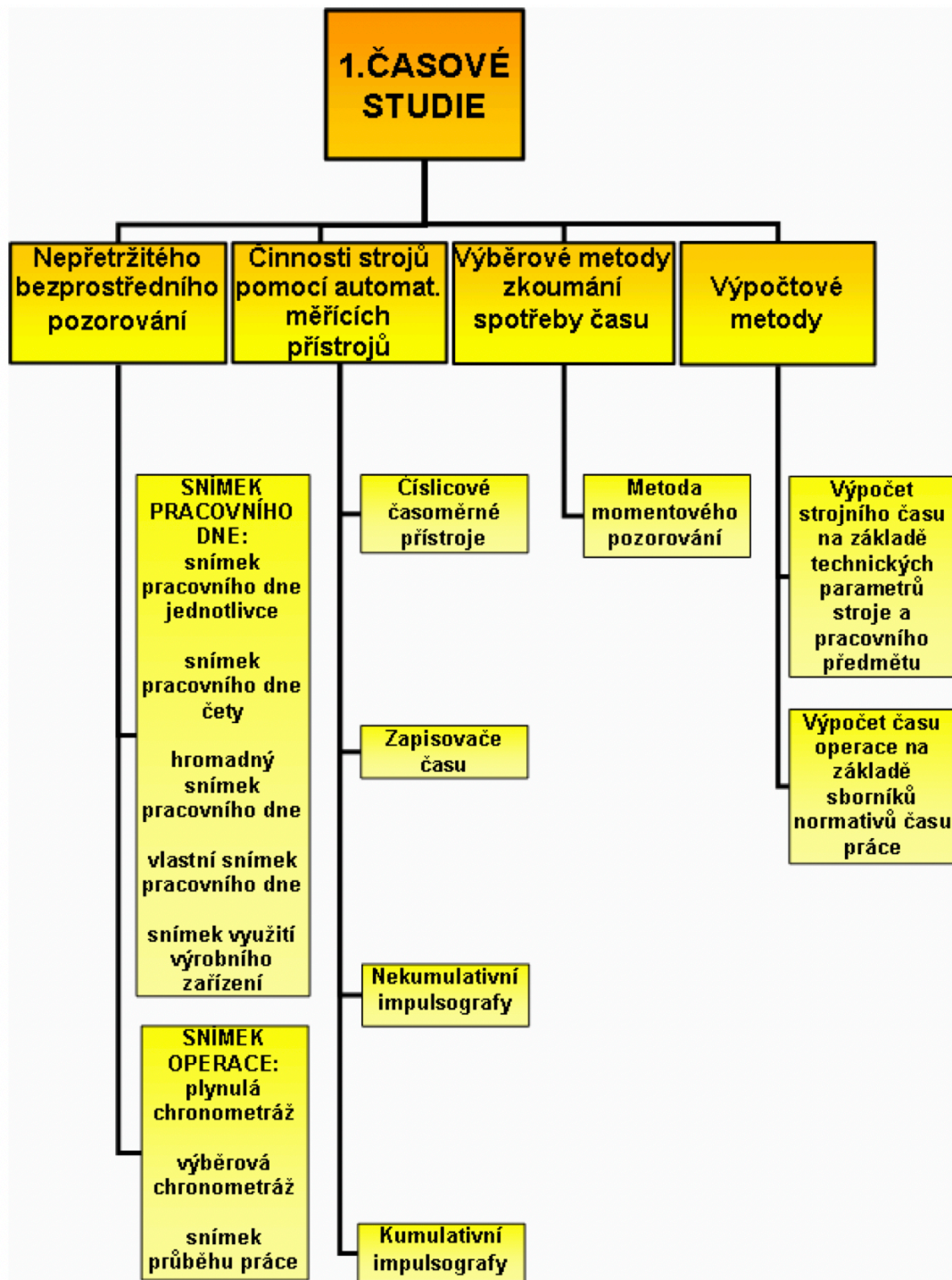
Metody přímého měření využívají pro měření spotřeby času přímého měření pomocí stopek, potřebných formulářů, specializovaných softwarů či kamer. Tyto metody poskytují informace o využití časového fondu, struktuře a době trvání jednotlivých pracovních i nepracovních dějů. Jsou využívány především jako základní nástroj pro normování spotřeby času, racionalizaci práce a jako podklad pro optimalizaci pracovních procesů. Aby byla zajištěna maximální přesnost stanovení norem, je zapotřebí dodržovat řadu pravidel a nepodceňovat důležité činnosti jako jsou např. důkladné rozdělení operací na jednotlivé úkony, provedení dostatečného počtu náměrů a mnohé další. Velkou výhodou přímého měření je, že osoba provádějící měření stráví veliké množství času v provozu, díky čemuž získá přehled nejenom o samotném provozu, ale i o jednotlivých činnostech. Tyto poznatky pomáhají k objektivní analýze práce a stanovení norem času. Nevýhodou je časová náročnost měření a následná analýza naměřených hodnot především při použití stopek a záznamových formulářů, proto se s velkou oblibou využívají různé měřicí aplikace. [13, 14]

Nejčastější nástroje pro realizaci přímého měření:

- stopky,
- papír a psací potřeby,
- formulář pro zaznamenání časů,
- fotoaparát,
- kamera,
- notebook s potřebným softwarem. [14]

Časové studie

Časové studie jsou v současnosti nejpoužívanější a nejdůležitější metodou přímého měření spotřeby času.



Obrázek 2-2 Schéma členění časových studií [16]

V praxi se spotřeba času stanovuje nejčastěji pomocí:

- metod nepřetržitého bezprostředního pozorování (kontinuální časové studie):
 - snímek pracovního dne,
 - snímek operace;
- metod momentového pozorování. [16]

2.1.1 Snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne je metoda nepřetržitého pozorování a zaznamenání spotřeby pracovního času během celé směny s následným zhodnocením. Cílem je získání komplexního přehledu o spotřebě času. Velmi často se snímek pracovního dne využívá pro definování nepravidelných činností, na základě kterých se navrhne velikost přírážky, popřípadě pro zjištění informací o stavu využití jednotlivých pracovníků (např. s budoucím cílem zavedení vícestrojové obsluhy). Snímek pracovního dne lze považovat za univerzální metodu, pomocí níž se může měřit jeden pracovník či celá skupina pracovníků, popřípadě je možné metodu modifikovat a využít pro měření administrativního a řídicího pracovníka, ale může být využita i pro měření činnosti strojního zařízení. [13, 16]

Výsledky snímku pracovního dne můžeme dále využít k:

- určení plýtvání,
- určení množství jednotlivých činností vyjádřených spotřebou času,
- rozboru struktury spotřeby pracovní doby,
- rozboru ztrátových časů podle příčin,
- vypracování výkonnostních křivek v průběhu celé směny, zejména pokud současně sledujeme množství odvedené produkce;
- návrhu nové formy organizace práce. [13, 16]

Druhy snímků pracovního dne:

- **Snímek pracovního dne jednotlivce**
Jedná se o druh snímku, kdy pozorovatel měří všechny děje v průběhu směny pouze u jednoho pracovníka.
- **Snímek pracovního dne čtyři**
Používá se k měření všech dějů v průběhu směny u skupiny pracovníků, kterým byla přidělena společná práce.
- **Hromadný snímek pracovního dne**
Používá se k měření všech dějů v průběhu směny až u třiceti pracujících dělníků, kteří pracují samostatně.
- **Vlastní snímek pracovního dne**
Zaměřuje se jen na časové ztráty vzniklé zejména v důsledku organizačních a technických nedostatků. Zaznamenání údajů o velikosti a příčinách ztrát vykonává dělník sám, což vede dělníky k aktivní účasti na racionalizaci práce. [16]

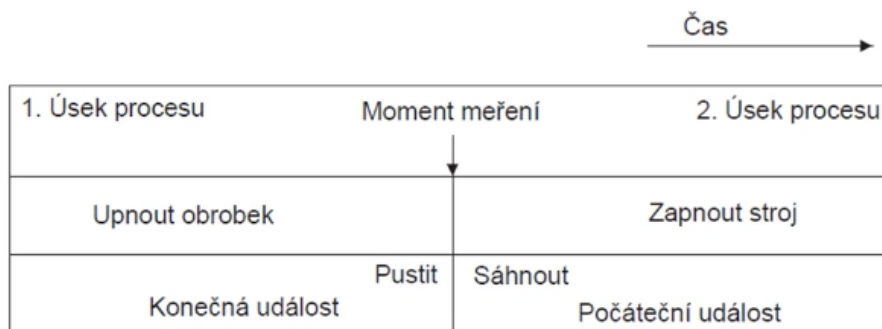
Postup provedení snímku pracovního dne:

- **Příprava k pozorování**
V této fázi postupu je zapotřebí vytvořit vhodné podmínky pro pozorování a získání údajů o současné spotřebě pracovního času. Detailnost členění jednotlivých operací volíme podle cíle měření. Účelem této fáze je stanovit cíl snímku, určit pozorovatele, který provede měření, zvolit pracoviště s daným pracovníkem, popřípadě se skupinou pracovníků, a určit období, ve kterém bude měření provedeno. Zvolený pracovník musí mít dostatečnou kvalifikaci a praxi – v případě zvolení právě zaučeného pracovníka s nízkou kvalifikací by mohlo dojít k negativnímu ovlivnění výsledných norem. Údaje z měření zaznamenává pozorovatel do předem smluvených formulářů. Pozorovatel je povinen seznámit se s objektem měření a provést dostatečnou přípravu na pozorování před započítáním snímkování. Je třeba, aby pozorovatel rozdělval operaci na úseky se zřetelným koncem a začátkem. Výhodou je, když pozorovatel před začátkem měření stanoví nejčetnější činnosti a určí pro ně zkratky, značky nebo

různé symboly. Tyto pomůcky mu následně usnadní celkové měření. Nedostatečná připravenost pozorovatele může vést k neobjektivním výsledkům měření. [16, 17]

- **Vlastní pozorování, měření a zaznamenávání**

Před započítáním této fáze je zapotřebí upozornit měřené pracovníky a seznámit je s průběhem měření. Velmi často se stává, že pracovník během své práce pokládá dotazy směrem k pozorovateli. Tyto dotazy mohou pozorovatele rozptylovat, což může vést k chybovosti měření. Proto je nutné upozornit pracovníka, aby všechny své dotazy směřoval na závěr měření. Tento krok napomůže k odstranění nervozity mezi pracovníkem a pozorovatelem. V této fázi již dochází k pozorování, měření a zaznamenávání skutečných naměřených hodnot. Pozorovatel sleduje během celé směny činnosti pracovníka a pečlivě si zaznamenává druhy činnosti či nečinnosti a jejich dobu trvání. Každá činnost se měří až do počátku nové činnosti (viz schéma momentu měření).



Obrázek 2-3 Schéma momentu měření [17]

- **Vyhodnocení snímku pracovního dne**

V této fázi se provede zhodnocení naměřených časů. Cílem je zhodnotit jednotlivé časy podle činnosti na produktivní, neproduktivní či časy ztrátové. V dalším kroku této fáze se zjistí skutečná bilance spotřeby času směny tím, že se sloučí stejnorodé činnosti. Skutečná bilance pak vyjadřuje, kolik času v minutách a procentech připadá na jednotlivé kategorie času z pracovní směny. [16]

2.1.2 Snímek operace

Snímek operace se velmi často označuje jako chronometráž. Jedná se o metodu studia pracovního procesu. Slouží ke stanovení spotřeby času dané pracovní operace a jejích částí (úkonů). Obvykle se pozorují pravidelně se opakující operace. Průběhy operací se měří opakovaně a zprůměrováním hodnot získáme výsledný čas. Chronometráž je založena na principu rozdělení měřené operace do několika jednotlivých úseků, což je její největší výhodou, protože díky tomu dokáže vyloučit extrémní hodnoty jednotlivých úkonů, umožňuje balancování operací (tzv. přesunutí jednotlivých úkonů operace mezi jednotlivými pracovníky) a definuje problematické úseky, které by z celkového času operace nebyly viditelné. Chronometráž se může měřit jak pracoviště jednotlivce, tak skupina stejných pracovišť. [13, 16]

Druhy chronometráže:

- **Plynulá chronometráž**

Jedná se o metodu nepřetržitého pozorování, během kterého se zkoumá spotřeba času všech úkonů operace. Plynulá chronometráž udává skutečný čas na vykonání celé operace.

- **Výběrová chronometráž**
Pomocí výběrové chronometráže se stanovuje spotřeba času vybraných opakujících se úkonů operace, nikoliv čas celé operace. Jednotlivé úkony se mohou opakovat pravidelně i nepravidelně. Úkony musí být předem zvoleny a pozorovatel zaznamenává pouze průběžný čas začátku a ukončení zvolených úkonů.
- **Obkročná chronometráž**
Tato metoda slouží ke zjištění času trvání velmi krátkých úseků operace. Toho lze dosáhnout klouzavým sečtením několika krátkých pracovních prvků do měřitelného komplexu. Následně po vykonání měření se zpětně vypočítají elementární prvky.
- **Snímková chronometráž**
Snímková chronometráž se využívá ke zkoumání operací, u kterých není možné stanovit předem jejich průběh. Během snímku zaznamenává pozorovatel kromě času i jeho účel použití (např. název úkonu či operace). Jde o kombinaci metod chronometráže a snímku pracovního dne.
- **Filmový snímek**
Tato metoda se využívá pro měření rychle se opakujících operací, které by bylo přímo na místě pracoviště obtížné měřit. Výhodou této metody je získání trvalého záznamu spotřeby času a pracovních pohybů na zařízení pořizujícím obrazový záznam. [16]

Postup provedení chronometráže je obdobný jako postup provedení snímku pracovního dne. Opět je rozdělen do tří fází:

- **První fáze**
Příprava k pozorování.
- **Druhá fáze**
Seznámení pracovníka s průběhem měření, bezprostřední pozorování a zaznamenávání časů.
- **Třetí fáze**
Vyhodnocení získaných dat. [16]

2.1.3 Metody momentového pozorování

Ve srovnání se snímkem pracovního dne je tato metoda méně pracná, méně časově náročná na pozorovatele a přináší menší psychické zatížení osob zúčastněných měření. Je založena na teorii pravděpodobnosti a teorii náhodných výběrů. Cílem je zjištění podílu určitého děje během pracovní směny a jeho následný převod na časové údaje, případně procentuální hodnoty. Aby bylo dosaženo potřebné přesnosti měření, je nutné určit potřebný počet momentů náhodného pozorování. Ke stanovení počtu momentů pozorování se nejčastěji využívá vzorec (1).

$$n = \frac{4(1-p)}{y^2 \cdot p} \quad (1)$$

n – celkový počet momentů pozorování,

p – předpokládaný relativní podíl základního druhu spotřeby času v celkovém čase,

y – poměrná chyba pozorování platná pro základní druh spotřeby času.

Při této metodě se nepoužívají přístroje pro měření času, je tedy možné ji přerušit, aniž by došlo k ohrožení správnosti zjištěných údajů. Nevýhodou této metody je, že oproti snímku pracovního dne je méně přesná, protože nedokáže přesně odhalit ztrátové časy. Tento typ pozorování se používá pro zjištění spotřeby času u více pracovníků či strojů, nebo když se jedná o děje, které jsou rozloženy do více období či se vykonávají na větším prostoru. [16, 17, 18]

Tabulka 2-2 Formulář momentového pozorování [16]

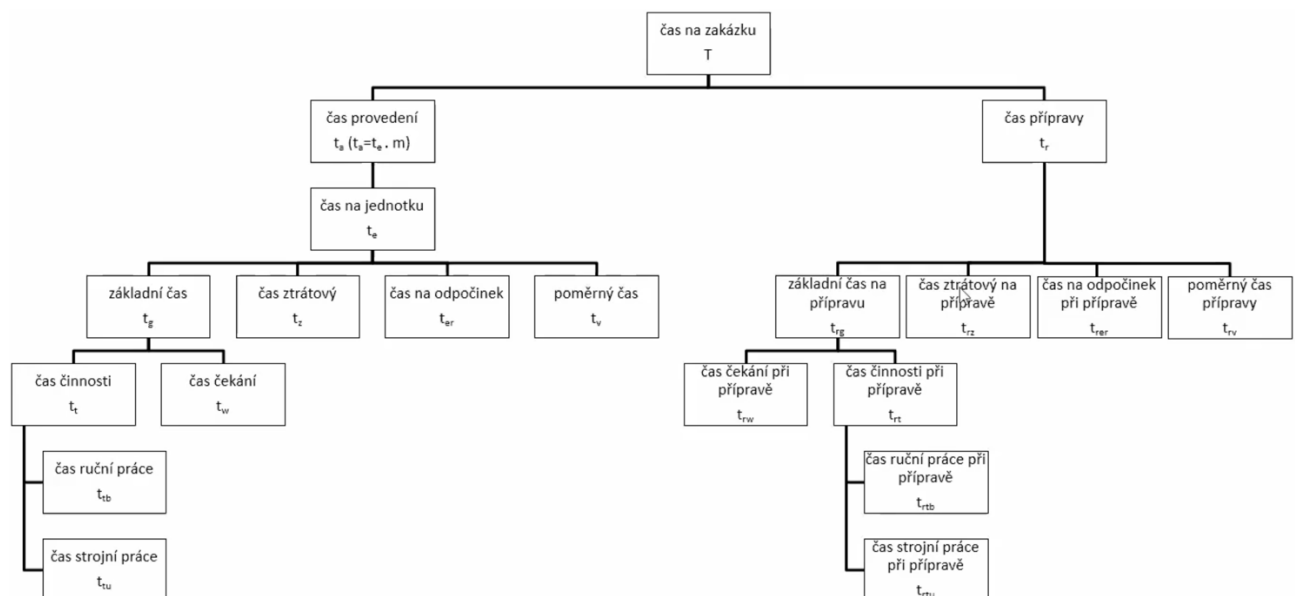
Pozorovací list		Pozorovatel: Novák					
Druhy spotřeby času		Číslo stroje					Celkem
		1	2	3	4	5	
1.	Operační čas	III IIII II	III III I	III III IIII	III III III	III IIII	60
2.	Čas přípravy a zakončení	I	I	I		II	5
3.	Prostoj stroje	III	IIII	III	II	III	15
4.	Prostoj pracovníka	II	I	I	I	III	10
5.	Obsluha pracoviště	II	III	I	IIII		10
Celkem		20	20	20	20	20	100

2.1.4 REFA

Pod zkratkou REFA se skrývá název německé organizace, která se zabývá školením a vzděláváním v oblasti pracovních studií. Certifikovaná metodika REFA má širokou oblast využití. Zabývá se např. plánováním a řízením, logistikou, výdaji a náklady, obchodním a technickým zpracováním dat, časovými studiemi a mnohým dalším. Hlavním cílem metodiky REFA je standardizace a optimalizace pracovního procesu. V Česku je metodika REFA využívána především v oblasti časových studií. Jedná se o metodiku přímého měření spotřeby času, tedy o měření pomocí zařízení pro záznam času (stopky, hodinky, ...). Aby bylo možné využít metodiku REFA, ale i jiné metody časových studií, je zapotřebí pracoviště standardizovat metodami průmyslového inženýrství (např. metodou 5S, SMED, ergonomie ad.). Metodika REFA rozděluje jednotlivé operace do dílčích úseků (např. upínání obrobku), každý z těchto úseků je ohraničen počátečním a koncovým mezním bodem. [19]

Metodika REFA má tři hlavní znaky:

- Přesné dělení času



Obrázek 2-4 Skladba a druhy časů dle metodiky REFA [19]

- Záznamové formuláře

Záznamový formulář obsahuje dvě strany. Na první straně se nachází charakteristické informace o snímkaném pracovišti (pracovní úkol daného pracoviště, číslo zakázky,

prostor pro schéma pracoviště, datum pořízení snímku, popis pracovního postupu a metody, popis pracovníka a délka jeho zaškolení, pracovní prostředky, ...). Na druhé straně se nachází konkrétní záznam měření rozděleného do dílčích úseků (přinesení obrobku, upnutí obrobku, ...) s prostorem pro záznam mezních bodů a **výkonnostního stupně pracovníka** v procentech. Výkonnostní stupeň pracovníka umožňuje do celkového výsledku měření zahrnout výkon pracovníka (např. 120 % – pracovník pracuje příliš rychle). Výkon pracovníka musí posoudit pozorovatel.

- **Měření v HM (hundert minutách)**

Metoda REFA měří čas v setinách minut (HM) (100 HM = 1 min). Naměřené hodnoty jsou velmi detailní, proto se jednotka HM nejčastěji využívá v hromadné a sériové výrobě. V Česku se tato jednotka příliš nevyužívá, pouze v malém měřítku ji využívají firmy s databázemi napojenými na mateřské společnosti v Německu. Drtivá většina českých firem využívá v metodice REFA měření v šedesátkové soustavě. [17, 19]

2.2 Nepřímé měření

Nepřímé metody neboli metody předem stanovených časů patří v současnosti k nejvíce používaným metodikám k určení spotřeby času. Cílem této metodiky je rozbor jednotlivých úkonů na základní pohyby. Těmto pohybům je dle náročnosti přiřazen index odpovídající určité spotřebě času. Pohyb je definován jako nejmenší měřitelná část výrobního postupu. Tato metodika zajišťuje vysokou přesnost měření spotřeby času, jako je tomu u metod přímého měření. Avšak oproti metodikám přímého měření přináší nepřímé měření jisté výhody:

- První výhodou je, že odpadají subjektivity při stanovení úrovně výkonnosti (metodiky předem stanovených času pracují s průměrným výkonem pracovníka, tedy se stupněm výkonu 100 %).
- Druhou výhodou této metodiky je možnost jejího využití pro stanovení časové spotřeby u budoucích operací. [20]

Časové jednotky

V metodikách předem stanovených časů se využívá speciální časová jednotka označená jako TMU (Time Measurement Units). Jednotkou je jedna stotisícina hodiny, která byla odvozena od rychlosti filmové kamery, jež byly hojně používány na počátku rozvoje této metodiky. Časové hodnoty pohybů jsou velmi malé a pro jejich měření nelze využít konvenční časové jednotky. Výhodou této jednotky je snadné zacházení. [21]

Tabulka 2-3 Převodové poměry mezi TMU a šedesátkovou soustavou [21]

1 TMU	0,00001 hodin
1 TMU	0,0006 minut
1 TMU	0,036 sekund
1 hodina	100 000 TMU
1 minuta	1 667 TMU
1 sekunda	27,8 TMU

2.2.1 MTM (Methods Time Measurement)

MTM neboli analýzy pohybů je metoda nepřímého měření, jejímž cílem je rozložit každou manuální práci na základní pohyby, které jsou nutné k jejímu provedení. Každý základní

pohyb má předem stanovenou hodnotu času, jež je určena vlivy působícími na jeho provedení a povahou základního pohybu.

Základní metodou analýzy pohybů je metoda **MTM 1**. Tato metodika rozděluje základní pohyby lidského těla do tří kategorií:

- pohyby rukou a ramen,
- pohyby očí,
- pohyby těla a dolních končetin. [21]

Každému pohybu v dané kategorii je přiřazeno přesné označení, které vychází z anglických slov pro dané pohyby, viz tabulka níže:

Tabulka 2-4 Značení pohybu rukou a ramen [21]

POHYBY RUKOU A RAMEN		
ČESKY	ZNAČENÍ	ANGLICKY
Sáhnout	R	Reach
Uchopit	G	Grasp
Pustit	RL	Release-load
Přemístit	M	Move
Obrátit	T	Turn
Tlačit	AP	Apply pressure
Umístit	P	Position
Oddělit	D	Disengage
Točit	C	Crank

Na každý základní pohyb působí ovlivňující činitelé. Tyto činitelé ovlivňují spotřebu času i samotné provedení pohybu. Druhy ovlivňujících činitelů:

- **Vzdálenost**
Popisuje vzdálenost ruky od daného předmětu. Měří se jako skutečná dráha kořene ukazováčku od jeho polohy na začátku pohybu až do jeho ukončení.
- **Případ pohybu**
Jedná se o způsob vlastního provedení pohybu sáhnout. Jeho určení vychází z místa uložení předmětu, jeho povahy a velikosti. Jednotlivé typy případů se označují písmeny A (sáhnutí po předmětu, jehož poloha se nemění – tzv. stálá poloha; předmět je na místě, na které si pracovník již zvykl), B (sáhnutí po předmětu jehož poloha se mění), C (sáhnutí pro jeden předmět nacházející se ve skupině jiných předmětů; je zapotřebí provést výběr), D (sáhnutí po velmi malém, obtížně uchopitelném předmětu), E.
- **Typ pohybu**
- **Změna směru pohybu** [21]

Analýza pracovního postupu v metodě MTM 1

Tato analýza využívá tzv. obouruční analytický formulář, do kterého se symboly zapisují pro levou a pravou ruku zvlášť. Jednotlivé základní pohyby, které jsou nezbytné k provedení pracovní operace se zapisují za sebou a ve sledu, ve kterém se v pracovním postupu nacházejí. Postup analýzy je veden dle následujících kroků:

1. krok – stanovení základního pohybu,
2. krok – klasifikace případu,

- 3. krok – klasifikace typu pohybu,
- 4. krok – stanovení vzdálenosti,
- 5. krok – vyhledání časové hodnoty z tabulky. [21]

Čas potřebný k provedení analyzované operace je výsledkem součtu časových hodnot jednotlivých pohybů. Tento čas nezahrnuje žádné časové přírážky. [21]

Tabulka 2-5 Analytický formulář metody MTM 1 [21]

poř. číslo	LEVÁ RUKA	SYMBOL	TMU	SYMBOL	PRAVÁ RUKA
1	VZIT PC DESKU				
	sáhnout k desce	R35A	13	R50A	sáhnout k desce
	uchopit desku	G1B	3,5	G1B	uchopit desku
	přemístit desku před sebe	M35B	18	M50B	přemístit desku před sebe
	pustit desku	RL1	2	RL1	pustit desku
2	UCHOPIT KONCOVKU A VLOŽIT DO PŘIPRAVKU				
			15,5	R35C	sáhnout ke koncovce
			9,1	G4B	uchopit koncovku
			18,5	M40C	přemístit koncovku
			25,3	P2SSD	umístit koncovku
			2	RL1	pustit koncovku

Příklad rozboru symbolu **M50B**: První písmeno označuje základní symbol, zde je to konkrétně pohyb přemístit. Prostřední číslice označuje ovlivňující činitel pohybu, zde je to označení délky pohybu 50 cm. Poslední písmeno označuje další ovlivňující činitel pohybu, zde je to případ B (přibližné nebo neurčité místo).

Metodu MTM 1 je výhodné aplikovat v sériové a hromadné výrobě. Její aplikace v kusové a malosériové výrobě je obtížná a časově náročná, proto se vyvinuly jednodušší metodiky MTM 2 a MTM 3.

Metoda MTM 2 umožňuje základní pohyby sloučit ve sledy pohybů, což vede k velkému zjednodušení měření. Například pohyby *sáhnout*, *uchopit* a *pustit* slučuje ve sled *vzít* a každý sled má tři proměnné (případ, délka a odpor nebo váha).

Metoda MTM 3 umožňuje navíc oproti předchozí metodě slučovat i sledy pohybů. Tato metodika je 7x rychlejší než MTM 1.

Přestože je v těchto metodikách použito hrubší členění pohybů, měření je dostatečně přesné.

Výhody MTM 2 a MTM 3:

- normativní hodnoty nejsou obvykle vázány na specifické podmínky provozu,
- normativní údaje se skládají z kombinace základních pohybů, jež jsou popsány příslušným katalogem MTM,
- logické sestavení kódování údajů. [21]

2.2.2 MOST (Maynard Operation Sequence Technique)

MOST neboli Maynardova technika sekvenčních operací je metoda nepřímého měření práce, která vychází z faktu, že při každé operaci ve výrobě dochází k pohybům (přemísťování) objektů – vychází tedy z fyzikální definice práce. Tyto pohyby jsou popsány pohybovými (sekvenčními) modely, přičemž každému modelu je určena časová hodnota potřebná k jeho vykonání. V současnosti je MOST nejpoužívanější metodou nepřímého měření práce, protože zachovává dostatečnost přesnost při vysoké produktivitě a je použitelná v širokém spektru

průmyslových odvětví. Výhodou této metodiky je možnost jejího využití jak pro výrobní operace, tak pro podpůrné činnosti. Metodika MOST se dělí do tzv. tří základních rodin:

- **Basic MOST**

Tato metoda je v současnosti nejpoužívanější metodou. Využívá se pro operace, které se opakují více než 150krát, ale méně než 1500krát za týden. Jedna operace musí být v rozsahu několika sekund až 10 minut, což dostačuje pro většinu operací v průmyslovém odvětví. Tato metodika rozděluje pohyb objektů do čtyř sekvenčních modelů.

Tabulka 2-6 Sekvenční modely pro metodu Basic MOST [20]

Aktivita/druh pohybu	Sekvenční model	Parametr
Obecné přemístění	ABGABPA	A - Action distance (Akce na určitou vzdálenost)
		B - Body motion (Pohyb těla)
		G - Gain control (Získání kontroly)
		P - Placement (Umístění)
Řízené přemístění	ABGMXA	M - Move controlled (Přesun řízený)
		X - Process time (Procesní čas)
		I - Alignment (Vyrovnání)
Použití ručního nástroje	ABGABP*ABPA	F - Fasten (Utáhnout)
		L - Loosen (Uvolnit)
		C - Cut (Dělit)
		S - Surface treat (Povrchová úprava)
		M - Measure (Měřit)
		R - Recor (Zaznamenat)
		T - Think (Myslet)
Použití ručního jeřábu	ATKFVLVPTA	T - Transport unloaded (Transport prázdný)
		K - Hook up and unhook (Zaháknutí a vyháknutí)
		F - Free object (Uvolnění objektu)
		L - Loaded mode (Transport naložený)
		V - Vertical Move (Vertikální přemístění)

Postup pro určení spotřeby času: Nejprve se pozorovanému pohybu přiřadí daný sekvenční model. Následně se každému parametru ze sekvence přiřadí index z tabulky dle náročnosti pohybů (např. B6 znamená, že pracovník se během svého pohybu ohne a opět vstane). Výsledná spotřeba času se určí sečtením indexů a vynásobením koeficientem připadajícím dané metodě. Metoda Basic MOST má koeficient 10.

- **Mini MOST**

Využívá se pro operace trvající pouze několik sekund s vysokou frekvencí opakování. Tyto operace se opakují více než 1500krát za týden. Tato metoda má koeficient 1.

- **Maxi MOST**

Využívá se pro operace, které se opakují méně než 150krát za týden, přičemž jedna operace může být kratší než 2 minuty, avšak může trvat i několik hodin. Tato metodika se nejvíce využívá pro logistické operace s nízkou frekvencí. Metoda Maxi MOST má koeficient 100. [20, 21]

Výše popsané rozdělení je pouze základní. Existují další rodiny jako např. Admin MOST, Ergo MOST, Mega MOST a další. [20, 21]

3 Třídění spotřeby času

Spotřeba času může být sledována z hlediska pracovníka a výrobního zařízení. Cílem třídění spotřeby času je zařazení naměřených hodnot z metodik měření práce a odhalení ztrátových časů, které je potřeba eliminovat. [4]

3.1 Spotřeba času v průběhu směny

Čas směny (T)

Tento čas vyjadřuje trvání směny dané organizační jednotky, která se vztahuje k určitému pracovníkovi nebo pracovišti a je stanovena zákoníkem práce na 7,5 hodiny (450 minut). [21]

Čas normovatelný (T_N)

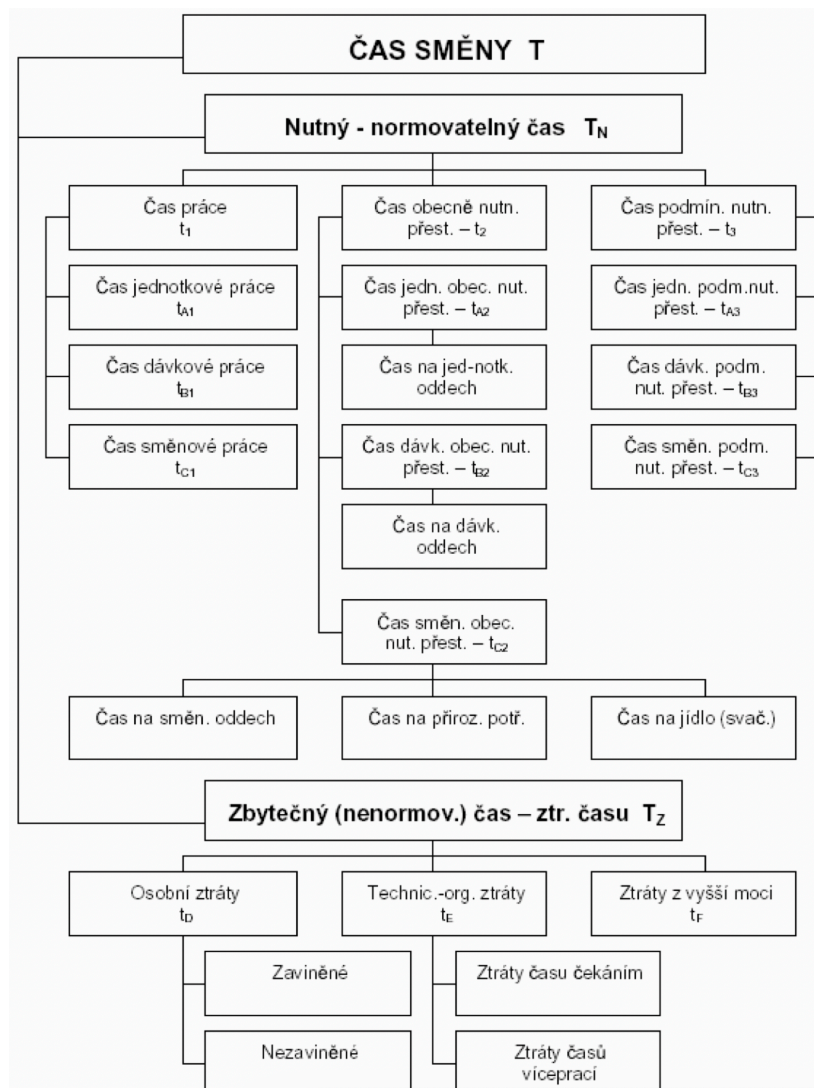
Jedná se o součet potřebných časů pro vykonání práce při dobré organizaci práce a plném využití stroje během jedné směny. Tento čas se dále dělí na:

- **Čas práce (t_1)**
Jedná se o čas jakékoliv účelné práce, kterou vykoná pracovník během směny.
 - Čas jednotkové práce (t_{A1})
 - Čas dávkové práce (t_{B1})
 - Čas směnové práce (t_{C1})
- **Čas obecně nutných přestávek (t_2)**
Časy přestávek jsou pracovníkům stanoveny zákony a pracovními předpisy. Jedná se především o přestávky na porřízení svačiny a svačinu, oddech a osobní potřebu.
- **Čas podmíněčně nutných přestávek (t_3)**
Jedná se o čas, kdy pracovník nepracuje vlivem režimu práce, technologie nebo organizace práce. [21]

Čas ztrátový (t_z)

Jedná se o součet všech časů během směny, kdy pracovník nepracuje vlivem nedostatků či jiných nepředpokládaných vlivů. Tyto časy nelze stanovit s časovým předstihem, proto se jedná o časy nenormovatelné. Tento čas se dále dělí na:

- **Osobní ztráty (t_D)**
Jedná se o ztráty zaviněné samotným pracovníkem během směny.
- **Technicko-organizační ztráty (t_E)**
Tyto ztráty nastaly z důvodů špatné organizace výrobního procesu nebo jiného technického problému.
- **Ztráty zapříčiněné vyšší mocí (t_F)**
Jedná se o ztráty způsobené např. výpadkem elektrického proudu, povodní a jinými živly. [21]



Obrázek 3-1 Schéma třídění spotřeby času směny [16]

3.2 Spotřeba času výrobního zařízení

Čas chodu (t_4)

Jde o dobu činnosti, během které je výrobní zařízení v chodu pro hospodárné splnění cíle určité výrobní operace. Tento čas se dále dělí na:

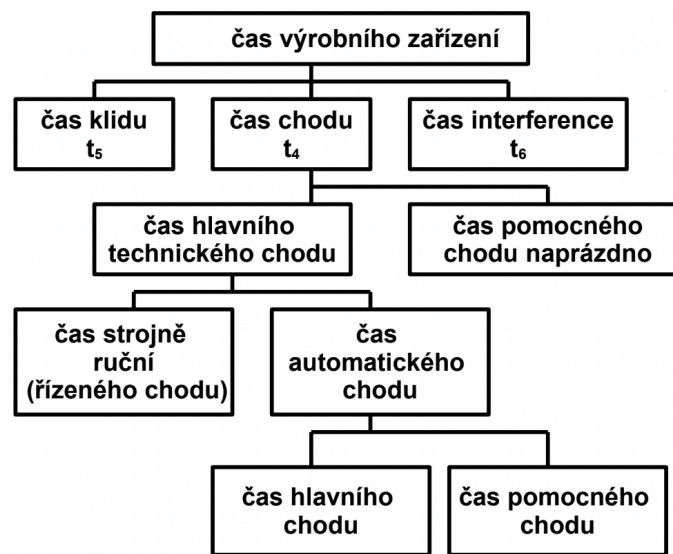
- **Čas hlavního chodu**
Jedná se o dobu činnosti, při které výrobní zařízení plní svůj hlavní úkol. To znamená, že výrobní zařízení přetváří polotovary v požadovaný výrobek. Patří sem např. čas na odebrání třísky při obrábění.
- **Čas pomocného chodu**
Jedná se o dobu činnosti výrobního zařízení, kdy výrobní zařízení vykonává v průběhu operace pomocné úkony, jež jsou nezbytně nutné ke splnění hlavního úkolu. Jde např. o přísun nože k obrobku. [16]

Čas klidu (t_5)

Jedná se o dobu nečinnosti výrobního zařízení, během které pracovník vykonává úkony proveditelné pouze za klidu stroje (např. výměna nože či upnutí obrobku). [16]

Čas interference (t_6)

Jde o čas, kdy jeden pracovník obsluhuje více strojů najednou (tzv. vícestrojová obsluha). [16]



Obrázek 3-2 Třídění času výrobního zařízení [4]

3.3 Třídění času podle jednotlivých činností podniku

Všechny činnosti podniku můžeme rozdělit do 3 základních kategorií:

- **Činnosti s přidanou hodnotou**
Jedná se o soubor činností, které vedou k fyzické změně tvaru nebo struktury produktu. Jde například o montáž, vrtání děr, řezání atd. Za tyto činnosti je zákazník ochoten platit.
- **Činnosti s nepřidanou hodnotou**
Tyto činnosti nelze zcela eliminovat, protože jsou na nich závislé činnosti s přidanou hodnotou. Jedná se například o seřízení či přestavbu stroje, manipulace atd. Zákazník za tyto činnosti většinou není ochoten platit, proto je zapotřebí tyto činnosti redukovat.
- **Plýtvání**
Tyto činnosti může podnik zcela eliminovat bez ovlivnění stávající technologie. Za tyto činnosti není zákazník ochoten platit. Jedná se například o nějaké poškození výrobku vlivem nedbalosti pracovníka, zbytečnou chůzi, ale také o ztráty vlivem vyšší moci. [22]

Podle těchto činností rozlišujeme tři kategorie časů: produktivní čas, neproduktivní čas a čas ztrátový. [17]

4 Plýtvání a jeho identifikace

Za plýtvání považujeme všechny činnosti vykonané při realizaci produktu (služby), které zvyšují jeho (její) náklady, aniž by měly jakoukoliv přidanou hodnotu pro zákazníka, za níž by byl sám ochoten platit. Jedná se tedy o činnosti, které se nepodílí na zvýšení zisku. Každý podnik, který chce být prosperující, by měl vynaložit dostatečné úsilí a zdroje pro eliminování plýtvání. Pro eliminaci plýtvání je klíčové, aby se podnik zaměřil na příčiny plýtvání, nikoliv na jeho důsledky. Během identifikace plýtvání se rozlišuje osm základních druhů:

- **Nadprodukce**
Nadprodukce neboli nadvýroba patří k nejhorším druhům plýtvání. Jedná se o výrobu produktů, které v současnosti zákazník nepotřebuje. Společnosti ji často vnímají jako bezpečnostní příkrývku, avšak tento druh plýtvání omezuje výkonnost podniku a stojí mnoho nákladů. Příčinou může být špatné plánování, dlouhé přetypování, častá poruchovost produktu, poruchovost strojů, přezaměstnanost a další. Nadvýroba se může eliminovat užitím vhodných systémů plánování výroby (SAP, Kanban ...), prvky standardizace, metodami SMED pro rychlou výměnu přípravků, použitím TPM (účinná preventivní údržba), zabezpečením vysoké kvality vyráběných produktů ad.
- **Čekání**
Jedná se o jakýkoliv druh čekání (na díly, na operaci, na kontrolu, na stroj, na informaci, na opravu ...). Doba čekání může být využita na činnosti, které přidávají hodnotu práce. Příčinou čekání může být např. špatné vybalancování pracoviště či pracovní linky, špatná využitelnost pracovníka, nedostatečná komunikace a informovanost a další. Čekání se může eliminovat pomocí principu Jidoky (automatizace s lidským faktorem), změnou dávkové výroby na One Piece Flow (tok jednoho kusu), použitím plánovacích tabulí nebo TPM, větší kvalifikací pracovníků atd.
- **Zásoba**
Jedná se o materiál či produkty, které přesahují minimum potřebné k vykonání výrobních úloh nebo pokrytí všech objednávek zákazníka. Spočívá ve zbytečném shromažďování zásoby na pracovištích, skladech, stolech, ale i v počítači. Jde o materiál či produkty, které plní mylnou funkci pojistné zásoby stojící firmu vysoké náklady. Příčinami tvorby nadbytečné zásoby jsou např. špatná organizace a filozofie podniku, duplicita objednávek materiálu, dlouhé přetypování a další. Nadbytečné zásoby se mohou eliminovat aplikací principu štíhlé výroby, metodiky SMED, metodiky Kanban ...
- **Chyby a zmetky**
Chyby a zmetky vznikají při špatně navržené a organizované práci. Zmetky jsou často odhaleny až při výstupní kontrole, přinejhorším až u koncového zákazníka. Příčinou zmetků nebo chyb může být např. špatně nastavený proces, lidská chyba, nedostatečná kontrola, nedostatečná komunikace a další. Chyby a zmetky ve výrobě lze eliminovat pomocí principu Jidoky, 3P, Poka-yoke, Gemby (Gemba procházky) a mnohým dalším.
- **Zbytečné pohyby**
Zbytečné pohyby jsou pohyby pracovníka či výrobního zařízení, které nejsou zapotřebí pro vykonání činnosti přinášející přidanou hodnotu. Příčinou takového typu plýtvání může být např. neorganizované pracoviště, špatné rozdělení, chybějící popisky u materiálu nebo nestandardizované pracoviště. Zbytečné pracovní pohyby lze eliminovat např. metodou 5S, štíhlým layoutem a pracovištěm, vizualizací a standardizací ...

- **Transport a manipulace**

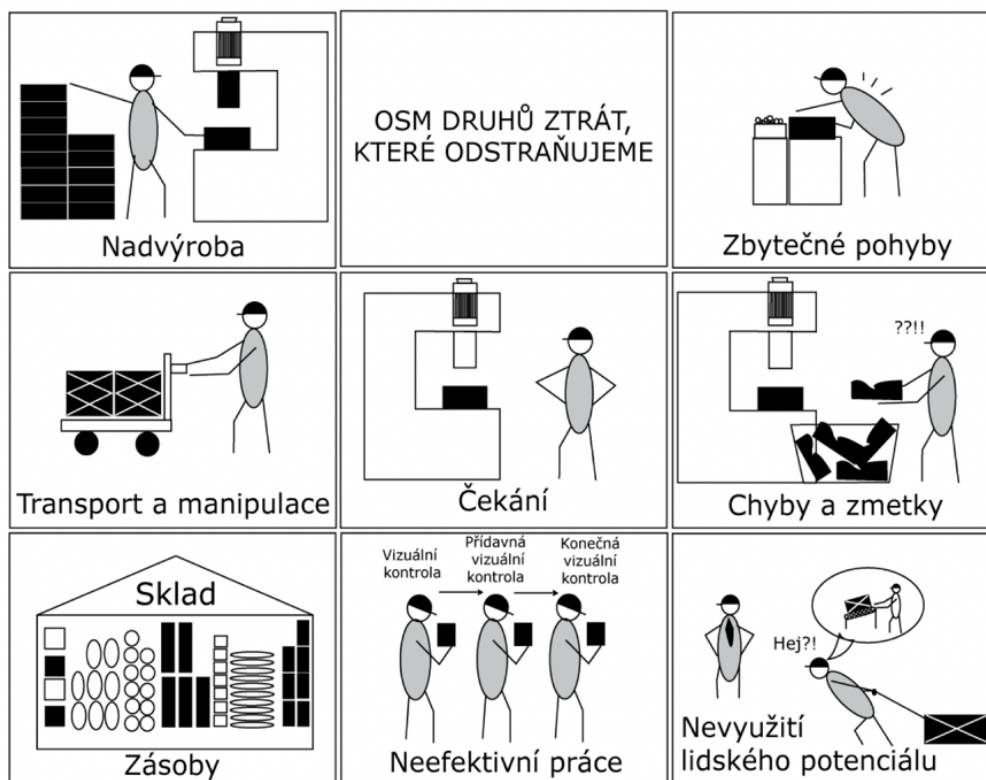
Jedná se o pohyb výrobku, který nepřidává hodnotu. Je to jakýkoliv komplikovanější transport hmotných věcí či informací, jenž není nezbytně nutný pro vykonání činnosti s přidanou hodnotou. Během manipulace a transportu může dojít k porušení výrobku, což způsobí podniku další náklady navíc. Příčinou tohoto plýtvání může být např. špatně navržený layout, nesystematizované sklady a jejich velká vzdálenost od výrobních hal, dávková výroba, ale i nadprodukce a mnohé další. Vhodná protipatření jsou např. metoda Kanban, VSM (mapování toku hodnot), Heijunka (neboli vyrovnaná výroba), zrušení meziskladů ...

- **Nadbytečná či neefektivní práce**

Jedná se o úsilí pracovníků, které nepřináší přidanou hodnotu. Jde o činnosti, které jsou vykonávány vícekrát, než by měly být, nebo jsou prováděny velmi pomalým způsobem. Příčinou může být zbytečná dokumentace, nevhodný technologický postup či nezavedení nebo nedodržování standardů. Vhodnými protipatřeními jsou např. analýza procesu, standardizace, štíhlý vývoj výrobku, štíhlá administrativa ...

- **Nevyužitelný potenciál pracovníků**

Jde o situaci, kdy vlivem špatné organizace nedochází k využití maximálního potenciálu pracovníků. Za tento druh plýtvání mohou především vedoucí pracovníci. Příčinou může být např. neznalost strojů a činností, nechuť se zlepšovat a nezáměr o další růst, absence pravidel či nedostatečný individuální přístup. Vhodnými protipatřeními mohou být např. různé motivace pracovníků, koučink, týmovost a další. [23, 24]



Obrázek 4-1 Osm druhů plýtvání [24]

Velice důležité je umět zachytit a kvantifikovat plýtvání, tj. převést plýtvání do číselných hodnot. Tímto způsobem si podnik může jednoduše ověřit, zda se mu vynaložené náklady na odstranění plýtvání v budoucnu vrátí. Příklady nástrojů pro zachycení a kvantifikaci plýtvání:

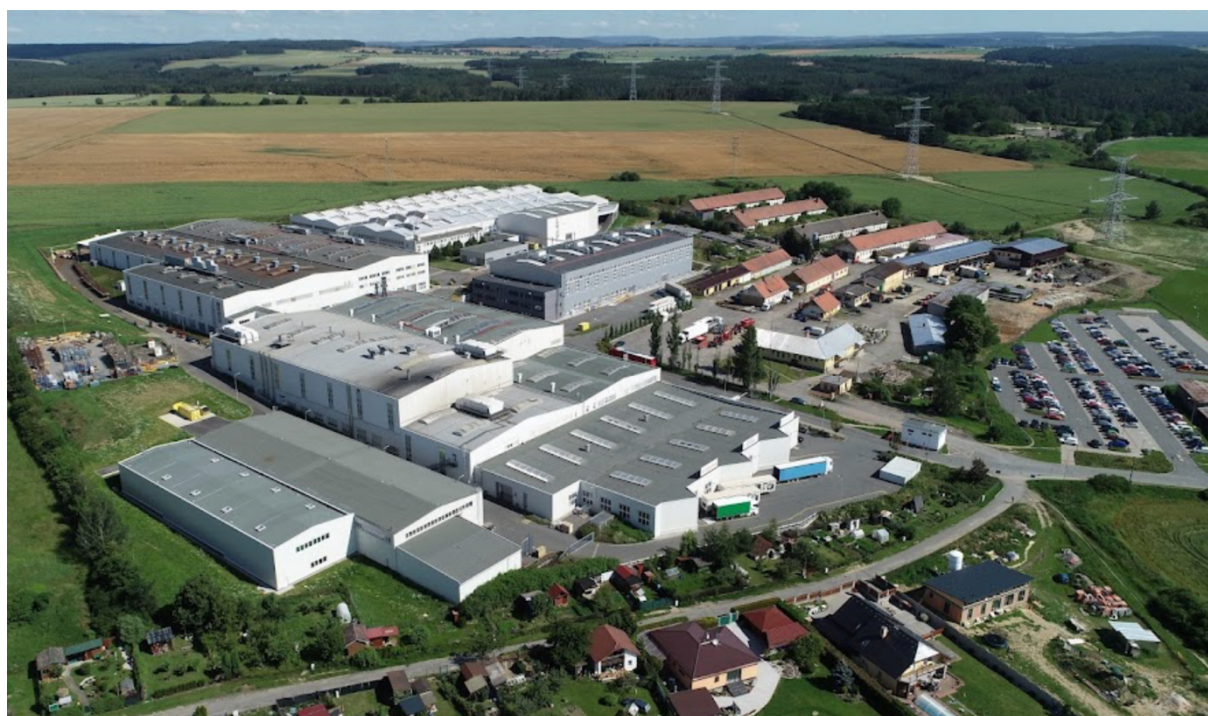
- procesní analýzy,
- mapy plýtvání,
- snímkování práce,
- analýzy metodikou MOST,
- špagetové diagramy, ... [25]

5 Představení společnosti Kermi s. r. o.

Společnost Kermi s. r. o. je součástí koncernu Arbonia AG, který působí v oblasti vnitřního klimatu (vytápěcí, ventilační a klimatizační technika), interiérových dveří ze dřeva a skla a sprchových koutů. Společnost Kermi s. r. o. působí jak v oblasti vnitřního klimatu, tak v oblasti sanity a v současnosti patří ve svém oboru k předním evropským dodavatelům. Sídlo společnosti se nachází v Dolním Bavorsku. Společnost Kermi s. r. o. má dvě výrobní pobočky; jednu poblíž města Plattling v Německu a druhou v České republice. Tato pobočka se nachází západně od Plzně, konkrétně ve Stříbře. Právě v závodu ve Stříbře bude prováděna analýza vybraného pracoviště. Společnost Kermi s. r. o. si stanovuje tyto cíle: nalézt maximální soulad novátorských řešení, atraktivního designu, nejvyšší kvality, funkčnosti, komfortu a spolehlivosti. [26, 27]



Obrázek 5-1 Logo společnosti Kermi s. r. o. [27]



Obrázek 5-2 Společnost Kermi s. r. o. ve Stříbře [27]

5.1 Historie společnosti Kermi s. r. o

Společnost Kermi s. r. o. byla založena Kurtem Kerschlem a Helmutem Schmidtem v roce 1960. Název společnosti vznikl složením písmen z jejich příjmení. Zpočátku se věnovali výrobě nádrží na topný olej. O sedm let později spustili výrobu deskových otopných těles. V 70. letech došlo k rozšíření závodů o plně automatizované linky na desková tělesa a firma byla převzata koncernem Salgitter. Následně byl závod rozšířen o sekci sprchových koutů. Na konci 80. let došlo k vytvoření revolučního kompaktního radiátoru NT 2000 s integrovanou ventilovou vložkou. Z důvodu velkého úspěchu musel být výrobní závod rozšířen. Na konci

80. let společnost Kermi s. r. o. uvádí na trh desková otopná tělesa upravená pro použití v koupelnách a současně se stává součástí koncernu PREUSSAG. Na počátku 90. let vzniká zcela nová továrna s automatizovanými výrobními linkami a novým lakovacím centrem pro výrobu deskových otopných těles. V polovině 90. let dochází k zahájení výroby designových otopných těles a v roce 1996 se zakládá společnost Kermi s. r. o. s výrobou ve Stříbře. Na konci 90. let se začínají vyrábět konvektory a otopné stěny. V prvním desetiletí 21. století je uveden na trh program na výrobu celoskleněných sprchových koutů Kermi. Dále dochází k rozšíření činnosti v topné technice, konkrétně jde o systém vytápění x-net. Od 1. 7. 2001 je společnost Kermi s. r. o. součástí holdingu AFG Arbonia-Forster-Holding AG, sídlícím v Arbonu ve Švýcarsku. V roce 2004 se společnost rozšiřuje v oblastech výroby a logistiky. Dále dochází k zavedení revolučního energeticky úsporného systému therm-x2 ve vícevrstvých radiátorech se středovým připojením. V roce 2010 se portfolio sanitární techniky rozšiřuje o sekci sprchových koutů. V roce 2013 se značka Kermi stává součástí segmentu, který se zabývá výrobou tepla, jeho ukládáním a regulací, z důvodu příchodu systému Kermi x-optimiert. Systém Kermi x-optimiert je rozšířen o systém větrání místností x-well, systém chytré domácnosti Kermi smart home a další. [27]

5.2 Produkty společnosti Kermi s. r. o.

5.2.1 Produkty v oblasti vnitřního klimatu

Jedná se o produkty, které zajišťují ohřev, ventilaci a klimatizaci obytných místností. [27]

- **Produkty určené pro větrání obytných místností**
Jedná se o produkty řízeného větrání, které zprostředkovávají pravidelnou výměnu vzduchu v místnosti za čerstvý venkovní vzduch. Dochází tak ke zlepšení kvality ovzduší i k dosažení optimální vlhkosti vzduchu v místnosti, což prospívá lidskému zdraví i stavební konstrukci domu. Jedná se o produkty s označením x-well.
- **Desková otopná tělesa**
- **Designové a koupelňové radiátory**
- **Konvektory**
- **Otopné stěny**
- **Plošné vytápění a chlazení [27]**



Obrázek 5-3 Desková otopná zařízení Kermi [27]

5.2.2 Produkty v oblasti sanity

V této oblasti společnost vyrábí produkty jako jsou sprchové vaničky a sprchové kouty. [27]



Obrázek 5-4 Profilový sprchový kout Kermi [27]

6 Analýza současného stavu

Pro analýzu současného stavu pracoviště a jeho následnou racionalizaci bylo zvoleno pracoviště montáže elektra ve společnosti Kermi s. r. o. Hlavním důvodem tohoto výběru bylo, že prostorové uspořádání daného pracoviště nebylo uzpůsobeno pro využití nového podvěsného jeřábu, který zde má pomáhat při manipulaci s těžkými radiátory.

6.1 Popis vybraného pracoviště

Pracoviště montáže elektra je součástí haly, ve které dochází k finální kompletaci a zabalení otopných těles, jež se následně odvázejí na sklad pomocí manipulační techniky a nakonec se expedují koncovým zákazníkům. Pracovní náplň tohoto pracoviště je kompletace čistě elektrických radiátorů, která spočívá v plnění teplovodivého média do radiátorů s následným osazením elektronicky ovládané topné tyče a její regulace. Nejedná se o kompletaci pouze jednoho typu, ale celé škály typů radiátorů dle konkrétních specifikací zákazníka. Pracoviště se nachází ve výrobní hale, která je tvořena dvěma loděmi. V první se nacházejí dvě pracoviště montáže elektra s bufferem a pracoviště svěšování. V druhé lodi nalezneme samotnou balicí linku. Samotné sledované pracoviště montáže elektra je možné rozdělit do dvou částí. V první části se nachází I. a II. plnicí zařízení. Za nimi je pracovní stůl s počítačem a čtečkou, která slouží především k načtení daného průvodce dílce a k zaznamenání jednotlivých operací vykonaných pracovníkem. Součástí tohoto úseku je také stěnový regál, ve kterém jsou uskladněny jednotlivé komponenty pro montáž. V druhé části pracoviště, která je oddělena únikovou cestou vedoucí do sousední skladové haly, se nachází III. plnicí zařízení a stěnový regál s dalšími komponenty pro montáž. Součástí plnicích linek jsou kolečkové paletové vozíky, které slouží k manipulaci s polotovary i hotovými výrobky. Zásobní nádrže s plnicím médiem se nachází ve vedlejší skladové hale.



Obrázek 6-1 Pracoviště montáže elektra 1. část



Obrázek 6-3 Pracoviště montáže elektra 2. část



Obrázek 6-2 Zásobovací nádrže s teplovodícím médiem

V nedávné době byla loď výrobní haly, ve které se nachází dané pracoviště, doplněna o podvěsný jeřáb, jenž má usnadnit pracovníkům obou pracovišť montáže elektra manipulaci s těžšími typy radiátorů. V budoucnu by měl být jeřáb doplněn o manipulační elektromagnet pro snazší upeňování výrobků. Tento elektromagnet se již využívá na jiném pracovišti v této hale.



Obrázek 6-4 Magnetický manipulátor

Následující tabulka zobrazuje srovnání jednotlivých plnicích zařízení dle času plnění. Časové porovnání plnění nebylo provedeno s totožnými typy radiátorů, avšak pro základní srovnání jsou naměřené hodnoty plně dostačující. Sloupec název plnicího zařízení označuje firemní označení plnicích zařízení. Sloupec typ označuje typ radiátoru, který byl během měření plněn na konkrétním plnicím zařízení. Sloupec čas plnění označuje průměrnou dobu plnění jednoho radiátoru daného typu. Sloupec omezení popisuje situace, kdy není možné využít jednotlivá plnicí zařízení k naplnění radiátoru. Sloupec technologie plnění označuje způsoby, jimiž je teplovodivé médium načerpáváno do příslušných radiátorů.

Tabulka 6-1 Srovnání plnicích zařízení

Název plnicího zařízení	Typ	Čas plnění [min]	Omezení	Technologie plnění
I. plnicí zařízení	Design	9:02	Bez omezení	Přímé plnění
II. plnicí zařízení	Design	4:03	Pouze radiátory s váhou do 80 kg a bez křížových spojů	Přímé plnění
III. plnicí zařízení	Basic	3:17	Bez omezení	Plnění podtlakem

Popis činnosti pracovníka

Dle informačního systému pracovník zjistí, které radiátory má během směny naplnit. Pokud se na pracovišti nenachází rozpracovaná paleta s radiátory po předchozí směně, musí pracovník dojít do bufferu pro nový paletový vozík s radiátory, které požaduje informační systém. Pomocí scanneru načte QR kód z nenaplněného radiátoru a z informačního systému zjistí potřebné komponenty, kterými má daný radiátor dle specifikací zákazníků osadit. Ještě na manipulačním zařízení pracovník provede montáž horní koncové matice a následně přenese radiátor na stůl plnicího zařízení, kde namontuje spodní koncovou matici. Do plnicího otvoru zasune plnicí trysku plnicího zařízení a pomocí převlečné matice provede její dotažení. Dle výkonu topné tyče zvolí pracovník na řídicím panelu plničky správný program plnění. Během plnění radiátoru elektrolytem má pracovník čas na naskladnění požadované topné tyče, návodu, regulace a montážní sady. Regulaci odloží na příslušný vozík na příslušenství a označí ji koncovým číslem daného radiátoru. Montážní sadu a návod přilepí na radiátor. Pokud ještě plnicí program neskončil, provede pracovník přípravu dalšího radiátoru. Po skončení programu plnění odmontuje plnicí trysku a provede vizuální kontrolu hladiny kapaliny uvnitř radiátoru. Pokud je vše v pořádku, namontuje topnou tyč a připevní polystyrénovou krytku na vývod topné tyče. Pokud je hladina příliš vysoko, provede manuální odčerpání, popřípadě (při nízké hladině) přilije kapalinu. Pokud se jedná o radiátory řady Basic, jednotlivé kusy naplněných radiátorů stohuje na manipulační paletu, kterou po naplnění odveze k balicí lince. Následně vozík s příslušenstvím odveze k pracovišti uprostřed balicí linky, kde další pracovníci během procesu balení doplní daný radiátor o připravené příslušenství. U některých designových radiátorů a všech VIP radiátorů musí pracovník nejprve zabalit radiátor do ochranné fólie a až následně provést plnění, popřípadě po plnění zabalit radiátor ještě navíc do polystyrénových krytů. Tyto radiátory nejsou většinou osazeny QR kódem, ale mají svou kartu dílce.

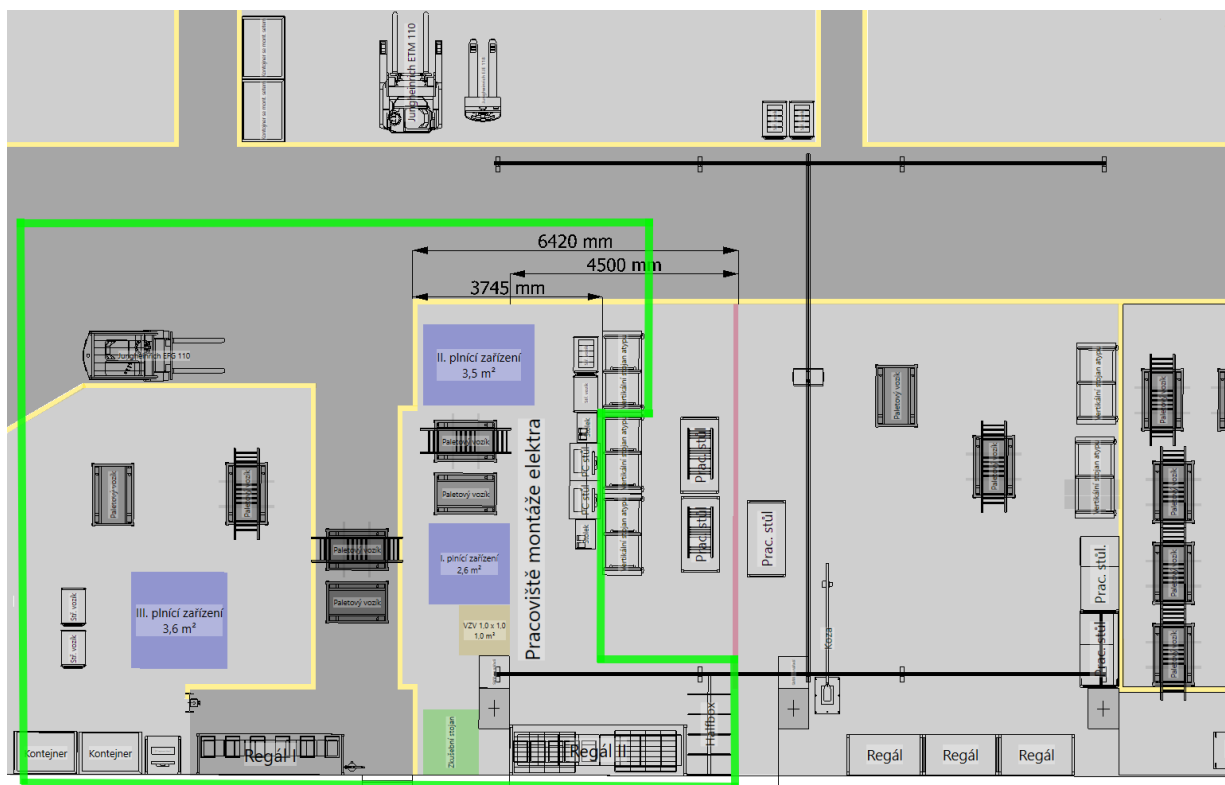
6.2 Prostorová studie současného stavu

První návštěvy pracoviště montáže elektra byly věnovány prostorové studii. Cílem prostorové studie bylo získání komplexní představy o prostorovém uspořádání pracoviště, vytvoření 2D layoutu a 3D vizualizace pracoviště a zmapování materiálových toků. Během studie byly postupně odhalovány jednotlivé nedostatky, ať už například v podobě špatného uspořádání pracoviště, porušení bezpečnosti či komplikovaného zásobování pracoviště. Součástí prvních návštěv byla také rozprava s vedoucími pracovníky a obsluhou pracoviště nad nedostatky, které na pracovišti shledávají, a tím, jak by je řešili.

6.2.1 2D layout současného stavu

Aby bylo možné sestavit přesný 2D layout současného stavu, bylo zapotřebí provést náměry plochy pracoviště, jednotlivých plnicích zařízení, regálů, počítačových stolů a dalšího příslušenství, které je součástí tohoto pracoviště. Jednotlivé náměry byly zhotoveny pomocí analogových zařízení (pásmo a metr). Rozměry, které se netýkaly přímo pracoviště, avšak byly nezbytné pro tvorbu 2D layoutu, byly získány z poskytnuté dokumentace společnosti Kermi s. r. o.

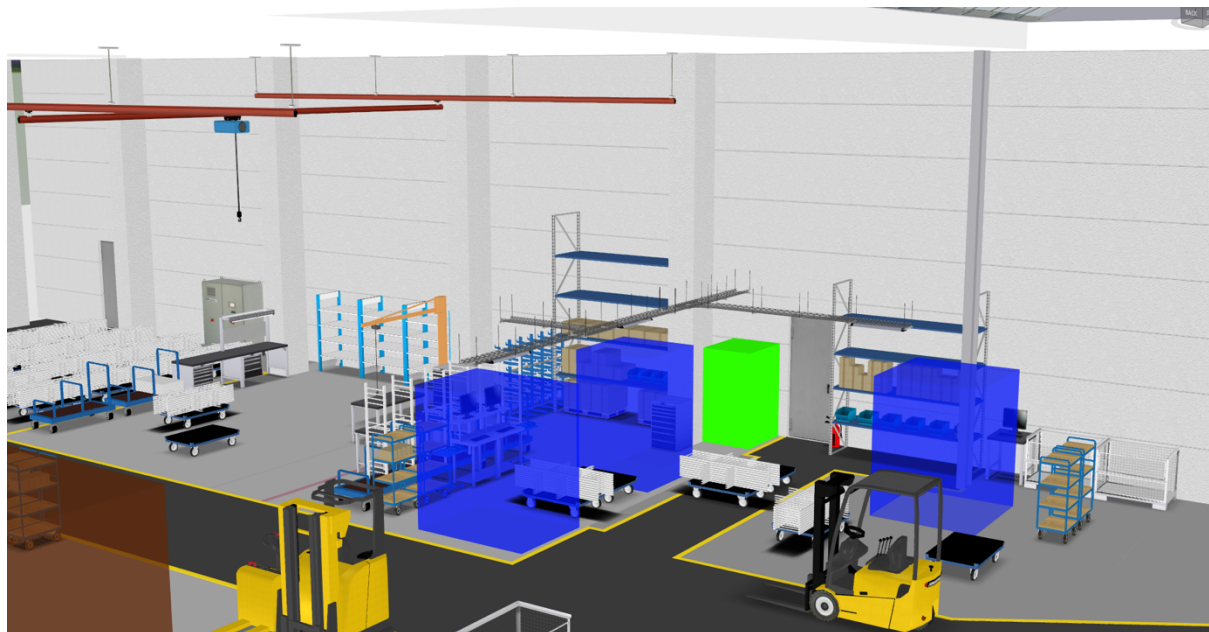
K vytvoření 2D layoutu byl vybrán počítačový software visTABLE. Tento software byl zvolen proto, že umožňuje snadné vytvoření 3D vizualizace z 2D layoutu, dále díky dostupnosti licence a také možnosti využití jeho rozsáhlé knihovny modelů jednotlivých zařízení v rámci výrobních systémů. Nejprve bylo nutné zakreslit hlavní plochy, přepravní uličky a až následně byly vkládány jednotlivá zařízení a příslušenství pracoviště. Současný layout pracoviště lze vidět na obrázku níže. Pro lepší orientaci je pracoviště montáže elektra zvýrazněné zelenou barvou a jednotlivá plnicí zařízení modrou barvou. Červená linie vytyčuje prostor pro nově vzniklé pracoviště.



Obrázek 6-5 2D layout současného stavu

6.2.2 3D vizualizace výrobní haly

Jak bylo zmíněno výše, velkou výhodou softwaru visTABLE je jeho možnost 3D vizualizace daného layoutu, která umožňuje vytvoření reálného modelu samotného pracoviště, ale i celého výrobního systému. Většina modelů zařízení byla využita právě z knihovny softwaru visTABLE, ostatní potřebné modely byly vytvořeny pomocí CAD softwarů. Pouze modely plnicích a model zkušebního stojanu (označen zeleně) nebyly vzhledem ke svým komplexním tvarům a nedostupnosti CAD modelů přímo od výrobce vymodelovány a v 3D vizualizacích jsou symbolicky nahrazeny pouze kvádry odpovídajícími jejich hlavním rozměrům. Tyto 3D vizualizace byly prakticky využity pro prezentaci variant prostorového uspořádání pomocí technologie virtuální reality. Jednotlivé varianty byly nahrány do VR headsetu a zástupci společnosti Kermi s. r. o. si mohli danými variantami procházet v reálném čase. Jako VR headset byl zvolen Oculus (Meta) Quest 2. Na obrázku níže je zobrazena 3D vizualizace současného stavu.



Obrázek 6-6 3D vizualizace současného stavu

6.2.3 Kontrola zásad rozmístování strojů a zařízení

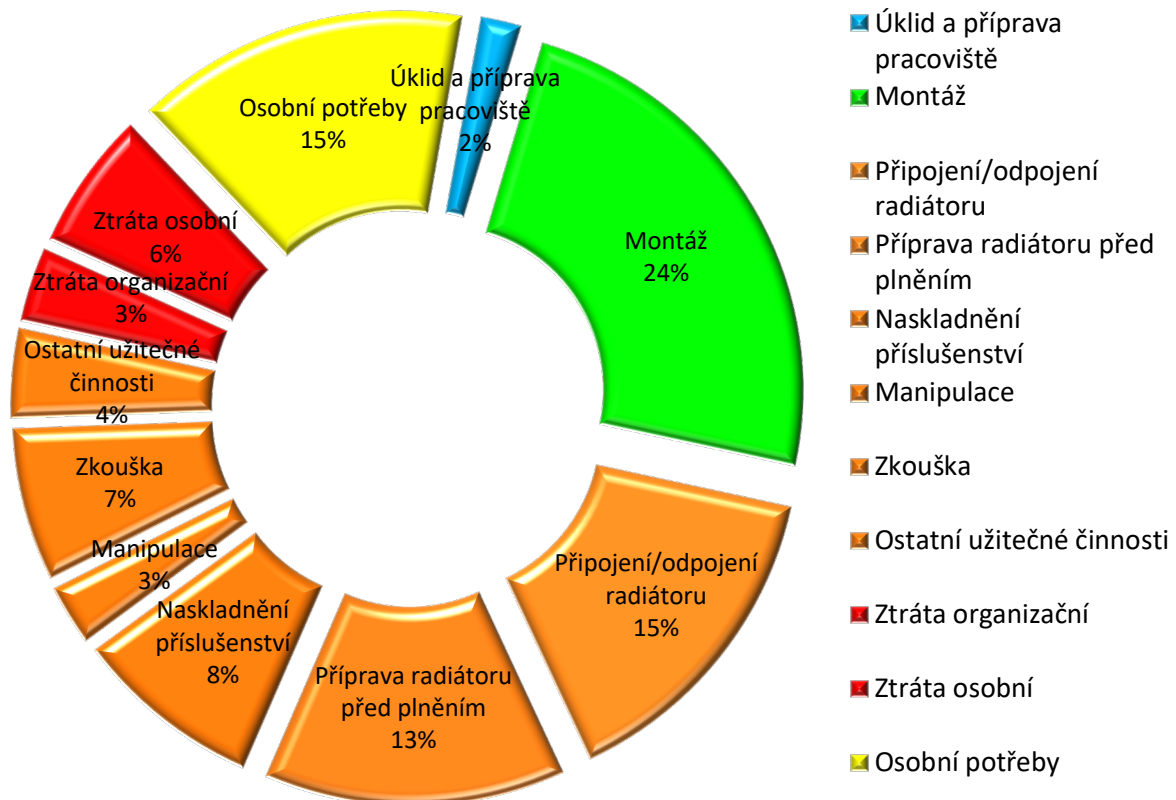
V souvislosti s prostorovou studií byla také provedena kontrola, zda jsou dodrženy zásady rozmístování jednotlivých strojů a zařízení v rámci samotného pracoviště a jeho blízkého okolí. Jednotlivé nedostatky objevené během kontroly jsou popsány v kapitole 6.4 Definování nedostatků získaných z analýzy současného stavu.

6.3 Časová studie současného stavu

Další fáze analýzy současného stavu pracoviště se věnovaly časové studii. Cílem bylo získat přehled o spotřebě času, struktuře a době trvání jednotlivých pracovních či nepracovních činností pracovníka a následně zhodnotit a rozdělit naměřené časy podle těchto činností na produktivní, neproduktivní či časy ztrátové. Pro měření spotřeby času byl zvolen částečný snímek pracovního dne. Celkem byly pořízeny dva snímky v rozsahu přibližně 6 hodin.

V prvním případě byl zaznamenáván pracovník obsluhující pouze III. plnicí zařízení, na kterém plnil pouze radiátory typu Basic. Na obrázku níže je zobrazeno grafické zastoupení jednotlivých pracovních činností pracovníka. Počet naplněných radiátorů za měřenou dobu

byl 46 kusů (8,38 ks/hod). Procenta skupin koláčového grafu zobrazují příslušné podíly jednotlivých činností z celkové doby náměru.



Obrázek 6-7 Grafické zastoupení jednotlivých pracovních činností pracovníka 1

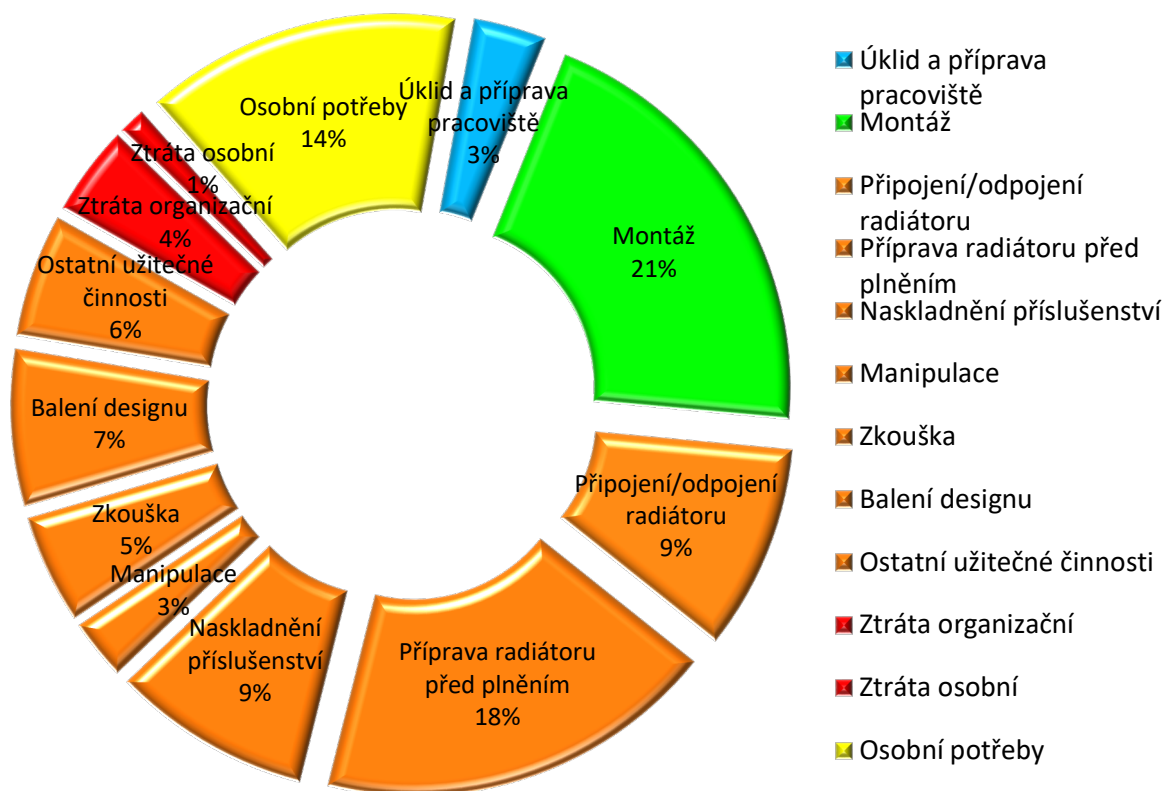
Z obrázku výše vyplývá, že z celkové doby náměru odpovídá 24 % produktivním činnostem, které jsou značeny zelenou barvou. Jedná se o činnosti, jež mají přidanou hodnotu. K těmto činnostem patří především montáž topné tyče, přilepení návodu, připevnění montážní sady apod.

Co se týče neproduktivních činností, těm připadá více jak 50 % doby náměru. Tyto činnosti jsou značeny oranžovou, žlutou a modrou barvou. Do neproduktivních činností patří také osobní potřeby, úklid a příprava pracoviště. Osobní potřeby zahrnují přestávky na svačinu, oběd a toaletu. Úklid a příprava pracoviště zahrnuje v případě tohoto měření přípravu náradí, úklid obalového materiálu a utírání vyteklého elektrolytu. 15 % z celkového času náměru připadá na připojení a odpojení radiátoru od plicích zařízení a nastavení plicího programu. Na přípravu radiátoru před plněním připadá 13 % z celkového doby náměru. Tato příprava zahrnuje činnosti v podobě načtení kódu z radiátoru, práci s informačním systémem, přenastavení pracovního stolu plicího zařízení apod. Na naskladnění příslušenství připadá 8% podíl. Zde se jedná především o cesty k regálům a činnosti potřebné k naskladnění jednotlivých komponentů pro montáž. Manipulace, které připadá 3% podíl, zahrnuje veškeré přepravy palet s hotovými či nehotovými radiátory a také přepravu vozíků s příslušenstvím. Dalších 7 % podílu připadá činnostem spojeným se zkouškou funkčnosti radiátoru. Jedná se např. o připojení radiátoru ke zkušebnímu stojanu, montáž manometru, připojení topné tyče do elektrické sítě apod. Ostatním užitečným činnostem připadají 4 % doby náměru. Do této skupiny činností patří především pracovní rozhovory, kontrola zásoby elektrolytu a příprava polystyrénových krytů. Tyto činnosti sice nemají přidanou hodnotu, ale jsou nezbytně nutné k vykonání produktivních činností. V rámci nových návrhů prostorového uspořádání bude kladen důraz na úpravu a umístění skladovacích zařízení. Jejich vylepšením by mělo dojít ke

značné časové redukci především ve skupině naskladnění příslušenství, přičemž tento čas bude možné potenciálně využít např. pro vícestrojovou obsluhu.

Třetí a poslední skupinou jsou ztrátové činnosti, kterým připadá celkem 9 % podílu z celkové doby náměru. Ztrátové činnosti jsou rozděleny na ztráty organizační a ztráty osobní. Podíl organizačních ztrát čítá 3 % a patří sem především čekání na plnicí stroj neboli čas, než stroj dokončí plnění radiátoru. Tento čas by pracovník mohl využít například k plnění na dalších plnicích zařízeních, tedy aplikovat vícestrojovou obsluhu. Dalšími činnostmi patřícími do této skupiny jsou např. hledání komponentů pro designový radiátor či přeskládání stohu kvůli konkrétnímu radiátoru. Do skupiny osobních ztrát, na které připadá 6 % z celkového času, patří činnosti jako úklid vyteklého elektrolytu po nenamontování koncové matice a s tím spojená oprava naplnění radiátoru. Dále jsou to činnosti jako demontáž špatně zvoleného typu topné tyče a její výměna. Tyto činnosti je zapotřebí zcela eliminovat, protože se jedná o základní druhy plýtvání.

V druhém případě byl opět zaznamenáván pouze jediný pracovník, který obsluhoval III. plnicí zařízení a k tomu z ergonomického důvodu využíval i II. plnicí zařízení, především pro plnění designových radiátorů. Během 2. záznamu bylo plněno přibližně 90 % radiátorů série Basic a 10 % designových radiátorů. Zastoupení designových radiátorů mělo výrazný vliv na počet naplněných radiátorů, který byl 35 ks (6,01 ks/hod.). Na obrázku níže je zobrazeno grafické zastoupení jednotlivých pracovních činností pracovníka při druhém snímku.



Obrázek 6-8 Grafické zastoupení jednotlivých pracovních činností pracovníka 2

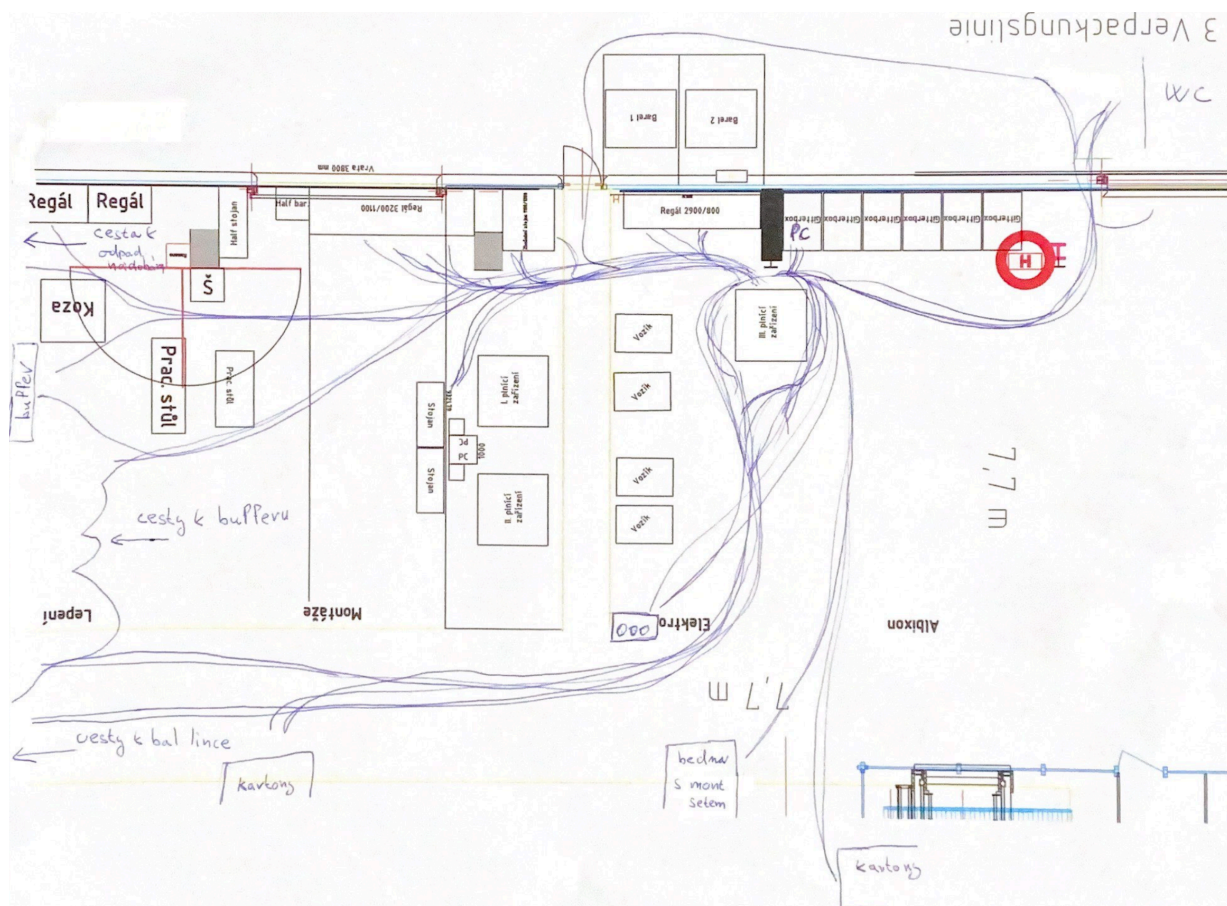
Tento záznam byl pořízen jako doplňující. Cílem bylo získat přehled o spotřebě času při plnění různých typů radiátorů. Odlišné časové nároky při plnění designových radiátorů se projevily především v délce přípravy a nutnosti balení radiátorů do polystyrenových krytů. Na balení designových radiátorů připadá 7% podíl z celkové doby náměru. Skladba ostatních činností jednotlivých skupin koláčového grafu je téměř totožná s předchozím snímekem.

Největší rozdíly jsou především u ztrát organizačních, kterým připadá 4% podíl z celkové doby náměru. Během tohoto snímku nedocházelo k čekání pracovníka na stroj, avšak pracovník musel demontovat zapomenutý držák z lakovny, jehož sejmutí mělo být provedeno již na předchozím pracovišti. V rámci demontáže musel pracovník navíc provést zahloubení a úpravu laku. Další organizační ztrátou byla oprava závitu u článkových radiátorů. Co se týče osobních ztrát, došlo zde ke ztrátě z důvodu nepracovního rozhovoru. Stejně jako v předchozím případě je zapotřebí toto plýtvání eliminovat.

Snímky pracovního dne odhalily několik podstatných nedostatků, které bude potřeba v rámci návrhu nových variant prostorového uspořádání odstranit.

6.3.1 Materiálové toky

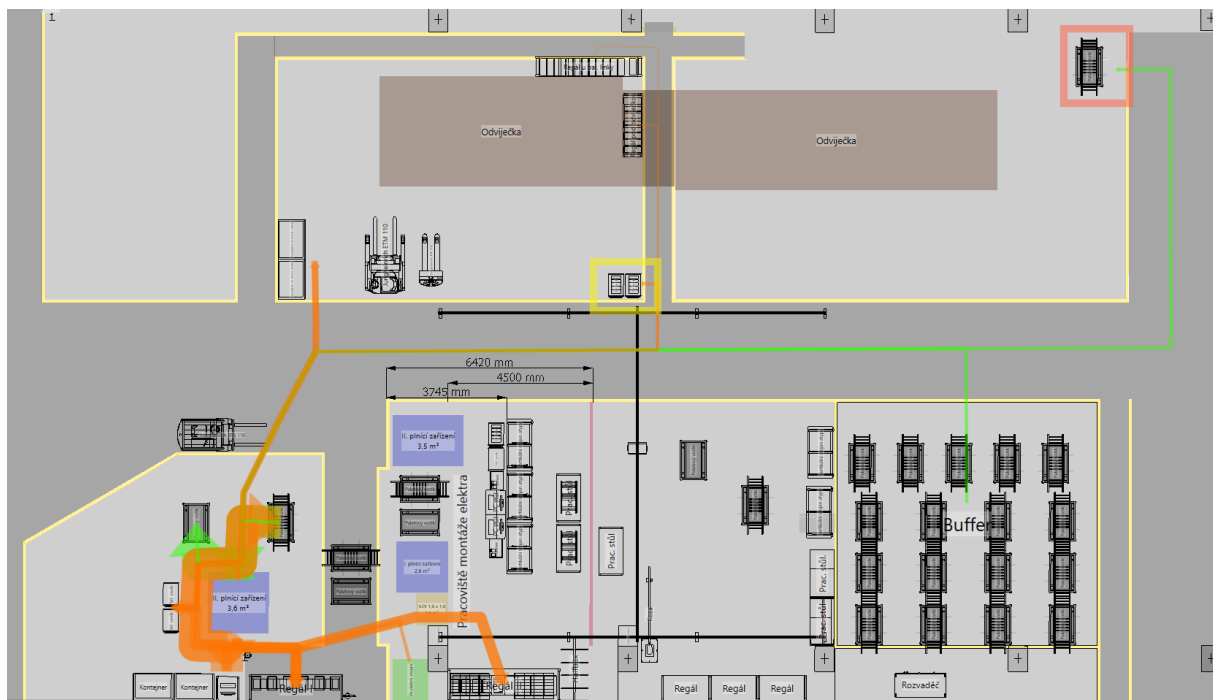
V rámci návštěv, které byly věnovány časové studii, byly současně se snímky pracovního dne provedeny také záznamy pohybu pracovníků. Tento záznam byl zhotoven pomocí spaghetti diagramu. Celkem byly provedeny dva záznamy. Během sledování a zaznamenávání pohybu pracovníků byly odhaleny nedostatky prostorového uspořádání pracoviště. Tyto nedostatky byly způsobeny především velkými vzdálenostmi mezi jednotlivými regály s příslušenstvím pro montáž a také bylo odhaleno komplikované zásobování pracoviště novým materiálem. Na obrázku níže je zobrazen spaghetti diagram pracovníka obsluhujícího pouze III. plnicí zařízení. Jednotlivé čáry symbolizují jednotlivé pohyby pracovníka.



Obrázek 6-9 Spaghetti diagram pohybu pracovníka

Pomocí funkce visTABLE®logix, která je součástí softwaru visTABLE, byla získaná data ze spaghetti diagramů využita pro vykreslení materiálových toků do vytvořeného 2D layoutu.

V rámci této funkce bylo možné stanovit vazby a sled jednotlivých úkonů v rámci materiálového toku, stanovit druh transportu, kterým je materiál přemísťován, a také stanovit četnost jednotlivých manipulací, tzn. že bylo např. možné nadefinovat přesné kusy v jednotlivých výrobních dávkách. Výsledný Sankeyův digram je zobrazen níže.



Obrázek 6-10 Sankeyův diagram materiálového toku

Jednotlivé materiálové toky jsou symbolicky znázorněny barevnými šipkami. Zelená šipka označuje materiálový tok, který se skládá z přivezení nové dávky radiátorů na pracoviště, přesunu radiátorů na pracovní stůl plynového zařízení, jejich odnesení na prázdnou paletu po skončení plnění a odvezení hotové palety na začátek balicí linky. Odstavné místo pro vozíky je v obrázku označeno červeně. Oranžová šipka symbolizuje materiálový tok, který se skládá z načtení průvodky daného radiátoru, přípravy příslušenství pro montáž, cest ke zkušebnímu stojanu a konečného odvezení vozíku s příslušenstvím k pracovišti uprostřed balicí linky. Odstavná plocha pro vozíky s příslušenstvím je označena žlutě. Tloušťka šipek označuje intenzitu přepravy. Toto grafické znázornění materiálových toků umožňuje snadno identifikovat úzká místa, která lze snadno upravit, a nakonec provést zhodnocení nových variant vůči variantě původní. Ze získaného diagramu vyplývá, že v rámci nových návrhů prostorového uspořádání by bylo vhodné sjednotit jednotlivé skladovací plochy montážního příslušenství, čímž by došlo i k samotnému zkrácení manipulačních vzdáleností. Také bude třeba navrhnout přemístění nejrychlejšího plynového zařízení z nejzazší polohy blíže směrem k balicí lince.

V následující tabulce je zobrazen materiálový tok a přepravní výkon pracoviště. Materiálový tok je rozdělen podle typu přepravy. Součet dílčích hodnot materiálových toků těchto přeprav je roven celkovému materiálovému toku. Přepravní výkon jednotlivých typů přepravy je získán vynásobením intenzity přepravy s příslušnými materiálovými toky dílčích přeprav. Celkový přepravní výkon je pak roven součtu dílčích přepravních výkonů. Tento výkon současného stavu bude jedním z hlavních kritérií pro hodnocení jednotlivých variant prostorového uspořádání.

Tabulka 6-2 Přepravní výkon současného stavu

	Manuální přeprava	Vozíková přeprava
Materiálový tok	186,86 [m]	103,38 [m]
Celkový materiálový tok	290,24 [m]	
Přepravní výkon	2,13 [ks.km]	516,89 [ks.m]
Celkový přepravní výkon	2,65 [ks.km]	

Další kritériem pro porovnávání jednotlivých variant bude celková plocha pracoviště, která u současného stavu čítá 109 m². Aby bylo srovnání celkové plochy pracoviště současného stavu adekvátní vůči ostatním variantám, byla do celkové plochy tohoto pracoviště zahrnuta i plocha únikové uličky, protože je tato plocha využívána pro odstavení manipulačních vozíků, přestože je to v rozporu s bezpečnostními pravidly.

6.4 Definování nedostatků získaných z analýzy současného stavu

V následujících odstavcích budou shrnuty jednotlivé nedostatky, které byly zjištěny během dílčích studií.

Nedostatky prostorového uspořádání pracoviště

Hlavním nedostatkem prostorového uspořádání pracoviště je, že v celém rozsahu neumožňuje využití podvěsného jeřábu. Dalším nedostatkem je umístění III. plnicího zařízení, které je vzhledem ke svým technickým parametrům ze všech plnicek nejvytíženější. Toto plnicí zařízení je ve srovnání s ostatními zařízeními určenými k plnění radiátorů elektrolytem nejdále vzdálené od počátku balicí linky, což vede k prodloužení materiálových toků a tím i prodloužení doby přepravy, jež by mohla být jinak využita například k vícestrojové obsluze. Z materiálových toků, které byly zjištěny ze spaghetti diagramu, vyplývá, že pracovník musí při každém naskladnění komponentů urazit značnou vzdálenost vlivem velkého množství skladovacích zařízení, což vede ke stejným komplikacím jako při předchozím nedostatku. Pokud je na pracovišti jeden pracovník, jenž využívá současně III. plnicího zařízení a II. plnicího zařízení, musí urazit velmi dlouhou vzdálenost mezi jednotlivými plnicími a jejich počítači, což zásadně omezuje efektivní využití vícestrojové obsluhy. Dále byly shledány nedostatky v podobě nevhodně umístěných montážních stolků. Tyto stolky, na nichž mají pracovníci pořadače s koncovými maticemi, odvíječ lepicí pásky a plochu pro odložení náradí, jsou napevno umístěny po straně počítačových stolů u jednotlivých plnicích zařízení. Toto umístění způsobuje, že pracovníci musí při každé nové dávce jít ke stolkům pro příslušné množství matic. Náradí si pak odkládají na manipulační vozíky místo toho, aby využili právě montážní stolky, což kromě nadměrného pohybu způsobuje také nadměrné ohýbání pracovníků.

Nedostatky bezpečnosti a zásad rozmístování strojů a zařízení

Zásadní nedostatek byl shledán především u únikové uličky, která rozděluje pracoviště na dvě části. Tato ulička má být po celou dobu provozu volná; nemají zde být žádné překážky, které by v případě nebezpečí bránily zaměstnancům v úniku. Navzdory tomu se v současnosti její plocha využívá k odstavení vozíků s nenaplňnými radiátory, popřípadě vozíků s hotovými radiátory.

Jako další nedostatek byla shledána zásobovací ulička označená jako VZV 1,0 x 1,0 v obrázku 6-5. Dle normy ČSN 26 9010, která hovoří o uličkách pro ruční a mechanizovanou manipulaci, by měla minimální šířka uličky odpovídat součtu maximální šířky manipulačního

zařízení (břemene) a alespoň 0,2 m bezpečnostní mezery z každé strany tohoto zařízení (břemene). Pokud se ze strany uličky nachází nějaké výrobní zařízení, je nutné přičíst ještě 0,4 m. V případě analyzovaného pracoviště by ulička měla mít šířku alespoň 1,6 m. Stávající rozměr uličky současného stavu je pouhý 1,0 m, což je zcela nevyhovující. V důsledku tohoto nedostatku může dojít i k ohrožení samotných pracovníků, protože zásobovací ulička vede v těsné blízkosti I. plničky. [28]

V rámci manipulace s materiálem byly shledány nedostatky v podobě zdvihání těžkých břemen, konkrétně se jednalo o článkové radiátory, které v naplněném stavu mohou vážit až 80 kg. Při manipulaci s materiálem musí být splněny dané hygienické a ergonomické limity. Dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. platí, že hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene, které je přenášeno mužem při častém zvedání a přenášení, je 30 kg a při občasném zvedání 50 kg. Celková hmotnost břemen za celou směnu nesmí u mužů přesáhnout hranici 10 000 kg. Z toho vyplývá, že článkový radiátor musí být přenášen minimálně dvěma muži. [29]

Toto jsou zásadní nedostatky v rámci bezpečnosti a zásad rozmístování strojů a zařízení, jež musí být během tvorby nového layoutu odstraněny.

Nedostatky organizace práce a ztrátové činnosti pracovníků

V rámci nedostatků v organizaci práce byly objeveny zbytečné prostoje pracovníka při čekání na plnicí zařízení. Tento čas mohl být vlivem lepší organizace práce využit na jiné produktivní činnosti. Dalším zjištěným nedostatkem týkajícím se organizačních ztrát byla demontáž držáku z lakovny a úprava závitu u článkového radiátoru. Tyto nedostatky stály zaměstnanec čas a snížily jeho produktivitu. Dalším problémem byla osobní ztráta zaměstnanec v podobě vyteklého elektrolytu vlivem nenamontování koncové matice radiátoru. Mezi další nedostatky patří montáž nevhodné tyče, přeskládání radiátorů či nepracovní rozhovor. Většina zmíněných problémů je způsobena tím, že není zavedena standardizace pracoviště.

6.5 Návrh nápravných opatření dle definovaných nedostatků

Po definování nedostatků v rámci jednotlivých skupin je zapotřebí navrhnout nápravná opatření, která budou tyto nedostatky zcela eliminovat, popřípadě alespoň sníží jejich dopad na produktivitu a bezpečnost práce. Stanovit nápravná opatření je velmi důležité pro návrh nového prostorového uspořádání pracoviště. Nový layout pracoviště musí být navržen tak, aby aplikoval co nejvíce opatření, která budou v rámci několika následujících odstavců popsána.

Nápravná opatření prostorového uspořádání

Hlavním nápravným opatřením nedostatků prostorového uspořádání pracoviště je návrh nového layoutu, který zaručí úplné nebo alespoň částečné odstranění zmíněných nedostatků. Využití podvěsného jeřábu k manipulaci s těžkými radiátory lze zajistit tak, že jednotlivá plnicí zařízení budou umístěna v prostoru manipulační plochy jeřábu. Přesunem III. plnicího zařízení blíže k balicí lince se současným sjednocením s II. plnicím zařízením lze docílit výrazného zkrácení materiálových toků a pohybů pracovníka. Dalším nápravným opatřením je sjednocení jednotlivých skladovacích zařízení, popřípadě jejich přiblížení blíže k pracovišti. Díky zefektivnění jednotlivých materiálových toků a pohybů pracovníka dochází k získání času, který lze využít k víceúrovňové obsluze, čímž vzroste produktivita samotného pracoviště. Nedostatek v podobě pevného umístění montážních stolků lze řešit dvěma způsoby. První způsob, který je z pohledu štíhlé výroby optimální, je pomocí standardizace práce, kdy by pracovníci museli kompletní montáž příslušenství daných radiátorů provádět

vždy na pracovních stolech plnicích zařízení. V tomto případě by současné umístění stolků bylo vyhovující. Druhým způsobem řešení je, že se na podstavu montážního stolků umístí kolečka, která umožní jejich snadný pohyb po pracovišti. Tím dojde ke zkrácení pohybů pracovníků a současně i ke zlepšení ergonomie.

Nápravná opatření organizace práce a ztrátových činností pracovníků

Řešení většiny nedostatků způsobených organizací práce by bylo velmi komplikované, protože tyto nedostatky nevznikají přímo na pracovišti montáže elektra, nýbrž na jiném místě výrobního procesu a pro odhalení jejich příčin s následným návrhem opatření by muselo dojít ke zmapování celého výrobního procesu, což bylo mimo rozsah zadání práce. Prostoje pracovníka je možné vyřešit jeho důsledným zaškolením. Oproti tomu ztrátové činnosti způsobené činností pracovníka je možné vyřešit zavedením standardizace, jež v současnosti na pracovišti zcela zavedena není. Ztráta vzniklá nenamontováním koncové matice by mohla být eliminována např. užitím pozičního utahováku, který by snímal, zda byly jednotlivé matice namontovány. Ztráty vzniklé montáží nevhodných topných tyčí by bylo možné odstranit tím, že by pracovník po naskladnění tyče musel naskenovat její kód, jinak by mu informační systém neumožnil provést další krok. Návrhy těchto opatření jsou velice komplikované z důvodu nutnosti vytvoření specializované softwarové aplikace spojené s informačním systémem. Cílem těchto opatření je maximalizovat využitelný časový fond pracovníka a odstranit plýtvání.

Bezpečnostní opatření

Bezpečnostní požadavky a normy se v rámci tvorby nového prostorového uspořádání řadí k těm nejdůležitějším a je potřeba je dodržovat. V novém prostorovém uspořádání pracoviště je nutné vytvořit odstavné plochy pro vozíky s radiátory mimo únikovou uličku. Definovat přesnou pozici pro odstavení jednotlivých manipulačních vozíků by bylo komplikované, protože každý zaměstnanec si přistavuje vozíky tak, aby se mu manipulace s radiátory při plnění vykonávala co nejnázem. Nedostatky v podobě komplikovaného a nebezpečného způsobu zásobování lze vyřešit novým umístěním skladovacích zařízení, popřípadě zvětšením šířky zásobovací uličky dle příslušných norem. Pokud jde o hygienické a ergonomické limity, lze je řešit použitím podvěsného jeřábu s magnetickým manipulátorem.

7 Návrhy nového prostorového uspořádání pracoviště

Jednotlivé návrhy nového prostorového uspořádání pracoviště vychází z požadavků společnosti, definovaných nedostatků současného stavu a návrhů nápravných opatření těchto nedostatků.

Nový návrh layoutu pracoviště musí především umožnit využití podvěsného jeřábu, tzn. že se pod dráhou jeřábu musí nacházet jednotlivá plnicí zařízení, nebo alespoň jejich pracovní stůl, na něž se pokládají jednotlivé radiátory. Po domluvě s vedením společnosti bude dostačující, když budou pokryty alespoň dvě ze tří plnicích zařízení. To se týká především II. a III. plnicího zařízení. První plnicí zařízení, jakožto nestarší a nejpomalejší, má být v budoucnu dle objemu výroby nahrazeno rychlejším typem, popřípadě zcela odstraněno. V současnosti slouží pouze jako rezervní, pokud by došlo k poruše III. plnicího zařízení.

V rámci samotného zadání byla také vytyčena nová hranice mezi pracovištěm montáže elektra a sousedním pracovištěm. Nová hranice je na jednotlivých layoutech zobrazena červenou čarou. Změnou této hranice se navýšil využitelný prostor pro nové prostorové uspořádání pracoviště. Tento prostor není definitivní a je možné s ním pracovat, avšak společnost by si přála, aby tento prostor zůstal zachován.

S návrhem nových variant layoutu souvisí také návrh vedení kabelových žlabů a způsob jejich uchycení. Jako ideální forma vedení žlabů byla vedením společnosti odsouhlasena varianta vedení vzduchem. Obzvláště důležité bylo vyřešit způsob uchycení žlabů, protože uchycení ze stropu pomocí lan bylo možné aplikovat pouze mimo dráhu podvěsného jeřábu. Vedení žlabů po zemi bylo z důvodu předchozí negativní zkušenosti přímo na tomto pracovišti zamítnuto. V rámci samotného návrhu bylo také důležité zohlednit délku elektrického a hadicového rozvodu vedoucího ve žlabech, protože pokud by došlo k výrazné dispoziční změně, bylo by nutné natáhnout nové a delší žlaby včetně jednotlivých rozvodů, popřípadě provést jejich nastavení, což by mělo výrazný dopad na celkové náklady přestavby.

Nedostatek u montážních stolků byl nakonec vyřešen připevněním koleček k jejich podstavě, což umožní snadný přesun stolků po pracovišti. V rámci jednotlivých návrhů jsou stolky zobrazeny ve svých standardizovaných polohách, v nichž by se měly nacházet vždy po skončení pracovní směny.

Na jednotlivých návrzích jsou béžovou barvou zobrazeny pomocné plochy, které symbolizují šířky jednotlivých uliček dle příslušných norem.

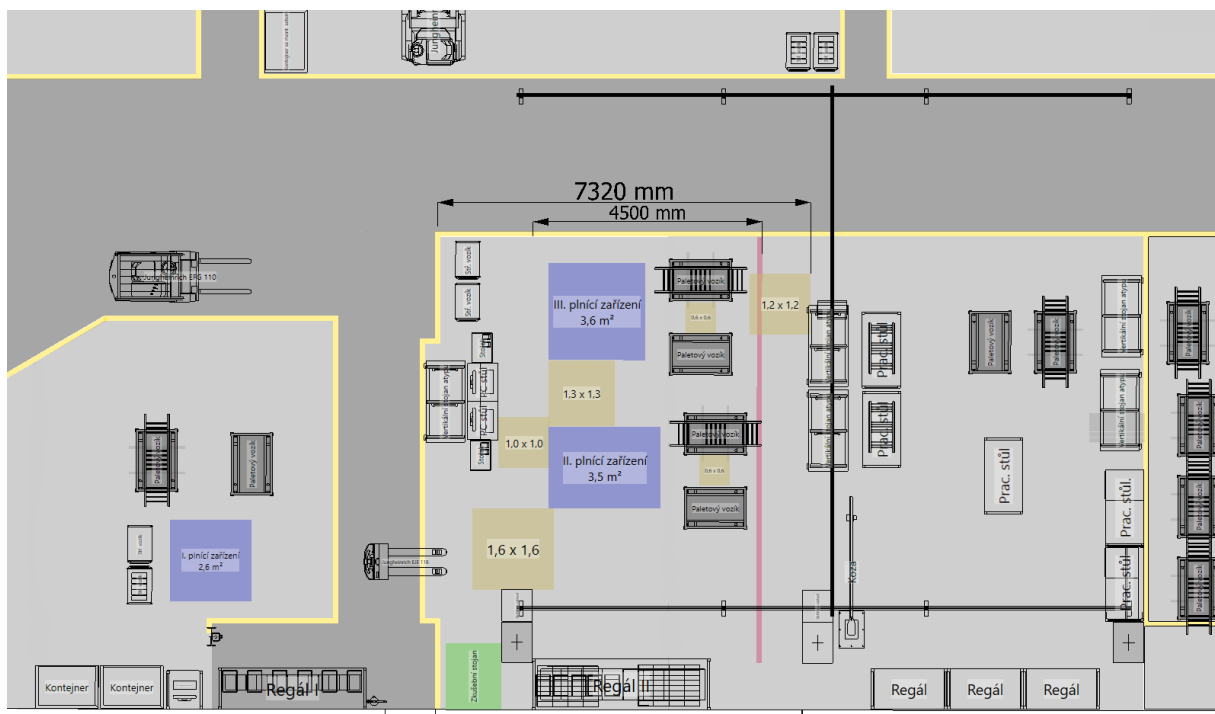
V rámci jednotlivých layoutů je zobrazen půdorys podvěsného jeřábu pro jednoznačnou identifikaci jeho manipulační plochy.

Během tvorby nových návrhů prostorového uspořádání vzniklo větší množství variant, než je uvedeno níže. Jednotlivé varianty byly prezentovány vedení společnosti a upravovány dle jejich kritiky a požadavků. Z těchto variant vznikly tři varianty popsané níže.

7.1 Varianta A

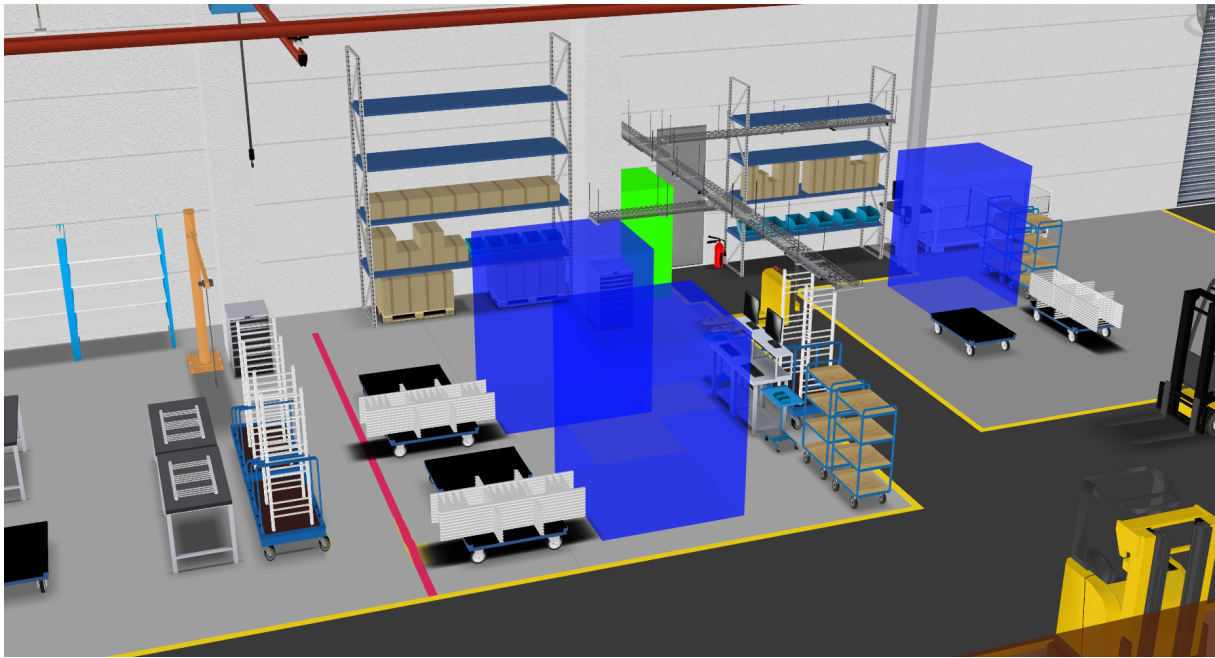
První varianta vychází z návrhu společnosti Kermi s. r. o., který byl představen během prvních návštěv. Společnost Kermi s. r. o. využila ke skreslení svého návrhu layoutu pracoviště software AutoCAD. Aby bylo možné jednotlivé návrhy porovnávat mezi sebou, bylo zapotřebí tuto variantu překreslit v softwaru visTABLE. Při překreslení varianty v tomto softwaru bylo zjištěno, že v rámci nového layoutu byly u některých zařízení použity rozměry, které neodpovídají skutečnosti. To zapříčinilo, že původní návrh nemohl být použit a kvůli tomu byla navržena Varianta A.

První varianta spočívá v zrcadlovém otočení první části pracoviště (část před únikovou uličkou) a přeskupení jednotlivých plnicích zařízení. To znamená, že vertikální regál na designové radiátory, k nimž nejsou skladem montážní komponenty, je umístěn nejbližší k únikové uličce. Před něj jsou umístěny dva počítačové stoly, které mají ze strany vždy jeden montážní vozík a po straně každého manipulačního vozíku je vozík na příslušenství. Rovnoběžně s touto řadou jsou rozmístěny plnicí zařízení, u nichž došlo k přeskupení oproti současnému stavu. Třetí plnicí zařízení se přemístilo z druhé části pracoviště (část za únikovou uličkou) na úroveň současného II. plnicího zařízení. Druhé plnicí zařízení se přesunulo na úroveň současného I. plnicího zařízení. První plnicí zařízení nahradilo místo III. plnicího zařízení. Ke každému plnicímu zařízení připadají dva manipulační vozíky. Aby byla zajištěna snadná manipulace s těmito vozíky, musela být vytvořena manipulační cesta, která nebyla v původním návrhu společnosti Kermi s. r. o. zahrnuta. Nově vytvořená manipulační cesta způsobila zvětšení potřebné plochy pracoviště. Pozice zkušebního stojanu zůstává oproti současnému stavu neměnná. Rozmístění a způsob zásobování jednotlivých skladovacích zařízení zůstaly nezměněny, pouze se podle příslušné normy zvětšila šířka zásobovací uličky k regálu II. 2D layout varianty A je zobrazen níže.



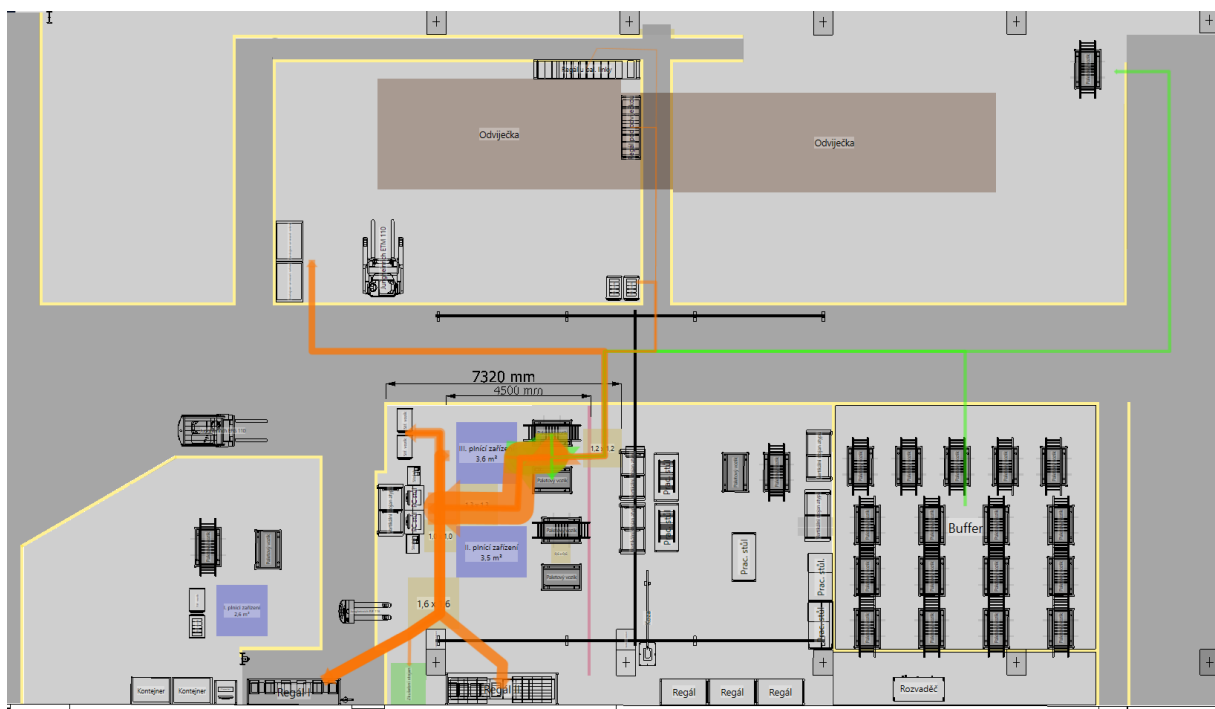
Obrázek 7-1 2D layout varianty A

Pro snazší představu prostorového uspořádání varianty A byla vytvořena její 3D vizualizace (viz obrázek níže). Součástí této vizualizace jsou zobrazení jednotlivých vedení kabelových žlabů, které nebyly zakresleny do 2D layoutu z důvodu zachování jeho přehlednosti.



Obrázek 7-2 3D vizualizace varianty A

Výhodou této varianty je plné pokrytí dvou plnicích zařízení jeřábem. Využitím podvěsného jeřábu budou splněny hygienické a ergonomické limity. V rámci této změny uspořádání však dochází pouze k nepatrnému zkrácení materiálových toků, a tedy i k nepatrnému zmenšení přepravních výkonů. Aby mohlo dojít k výraznější redukci materiálových toků, muselo by dojít ke změně způsobu uspořádání skladovacích zařízení. Materiálové toky jsou znázorněny na obrázku níže.



Obrázek 7-3 Materiálové toky varianty A

Tabulka 7-1 zobrazuje jednotlivé materiálové toky a přepravní výkony varianty A. Celková plocha pracoviště se zvětšila na 116 m². Zvětšení plochy pracoviště ve variantě A způsobila nová manipulační ulička a také nově vzniklá odstavná plocha pro manipulační vozíky, díky níž už nedochází k porušování bezpečnosti u únikové uličky.

Tabulka 7-1 Materiálové toky a přepravní výkony varianty A

	Manuální přeprava	Vozíková přeprava
Materiálový tok	193,36 [m]	73,50 [m]
Celkový materiálový tok	266,89 [m]	
Přepravní výkon	2,20 [ks.km]	367,48 [ks.m]
Celkový přepravní výkon	2,57 [ks.km]	

Další výhodou tohoto uspořádání jsou nízké náklady na samotnou přestavbu, protože kabelové žlaby zůstanou na původních místech, změní se pouze jednotlivé vývody směrem k daným zařízením. Výhodou takto vedených žlabů je také to, že prochází mimo manipulační plochu jeřábu. S touto výhodou souvisí i nízká časová náročnost samotné přestavby. Tím, že došlo ke sjednocení dvou nejvytíženějších plnicích zařízení, je možné využití vícestrojové obsluhy, čímž dojde k odstranění prostojů v práci pracovníků.

Nevýhodou této varianty prostorového uspořádání je především nutnost zvětšení jeho celkové plochy o manipulační uličku. To způsobí zmenšení výrobní plochy sousedního pracoviště a také změnu jeho prostorového uspořádání. Tato změna layoutu sousedního pracoviště bude mít také vliv na jeho materiálové a personální toky.

Další nevýhodou je setrvávající komplikovaný způsob zásobování skladovacích zařízení.

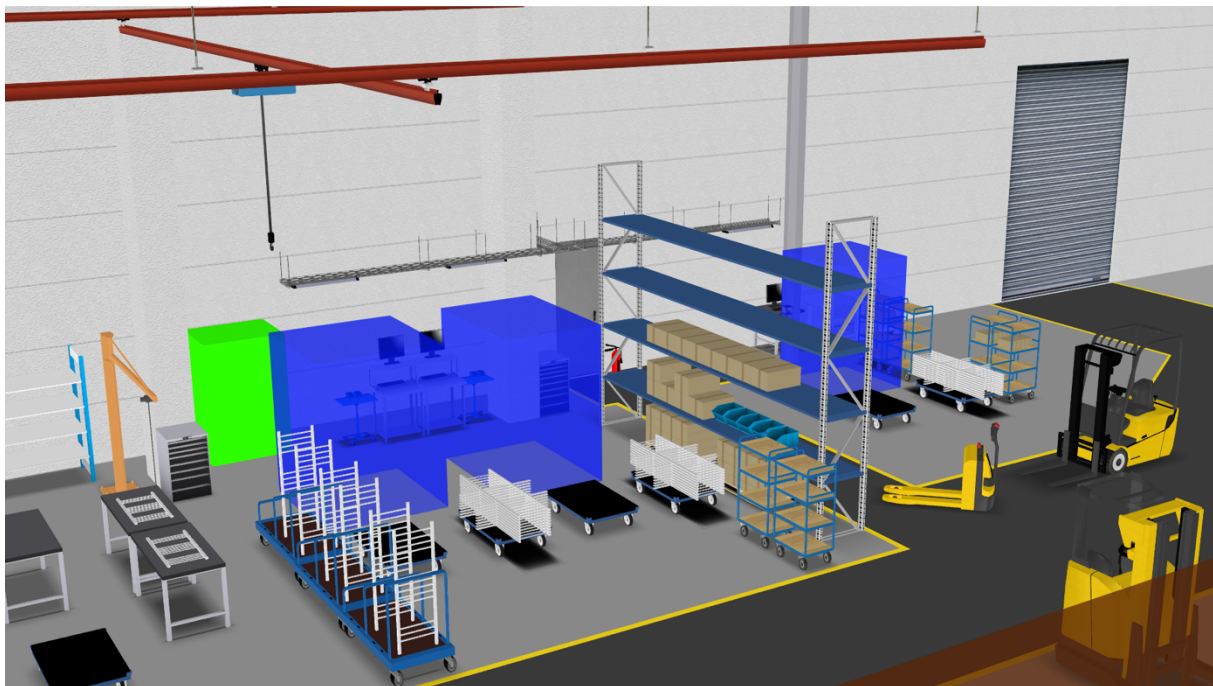
7.2 Varianta B

Varianta B je ze všech variant nejnáročnější, a to jak z hlediska nákladů, tak i z hlediska časového. Tato varianta spočívá ve sjednocení skladovací plochy, konkrétně regálu I a regálu II. Tyto regály byly nahrazeny jedním regálem o délce šesti metrů, který je umístěný na levé straně první části pracoviště podél únikové uličky. Rozmístění jednotlivých zařízení první části pracoviště je situováno oproti předchozí variantě směrem k balicí lince, jak je vidět na obrázku níže. Díky uvolnění plochy po regálu I, který se nacházel v první části pracoviště, je možné umístit počítačové stoly společně s montážními stoly téměř ke stěně výrobní haly. Při tvorbě návrhu se také nabízela možnost montáže počítačů přímo na stěnu haly, avšak to by způsobilo nadbytečný pohyb pracovníků, a tedy i prodloužení personálních toků. Napravo od skupiny stolů je umístěn zkušební stojan. Tato pozice zkušebního stojanu zajišťuje snazší přístup z plnicích zařízení, která se nachází v první části pracoviště před skupinou stolů. Nevýhodou je dlouhá vzdálenost I. plnicího zařízení, umístěného ve druhé části pracoviště, ke zkušebnímu stojanu. Ale jak už bylo řečeno, I. plnicí zařízení bude sloužit pouze jako záloha v případě poruchy ostatních plnicích zařízení.



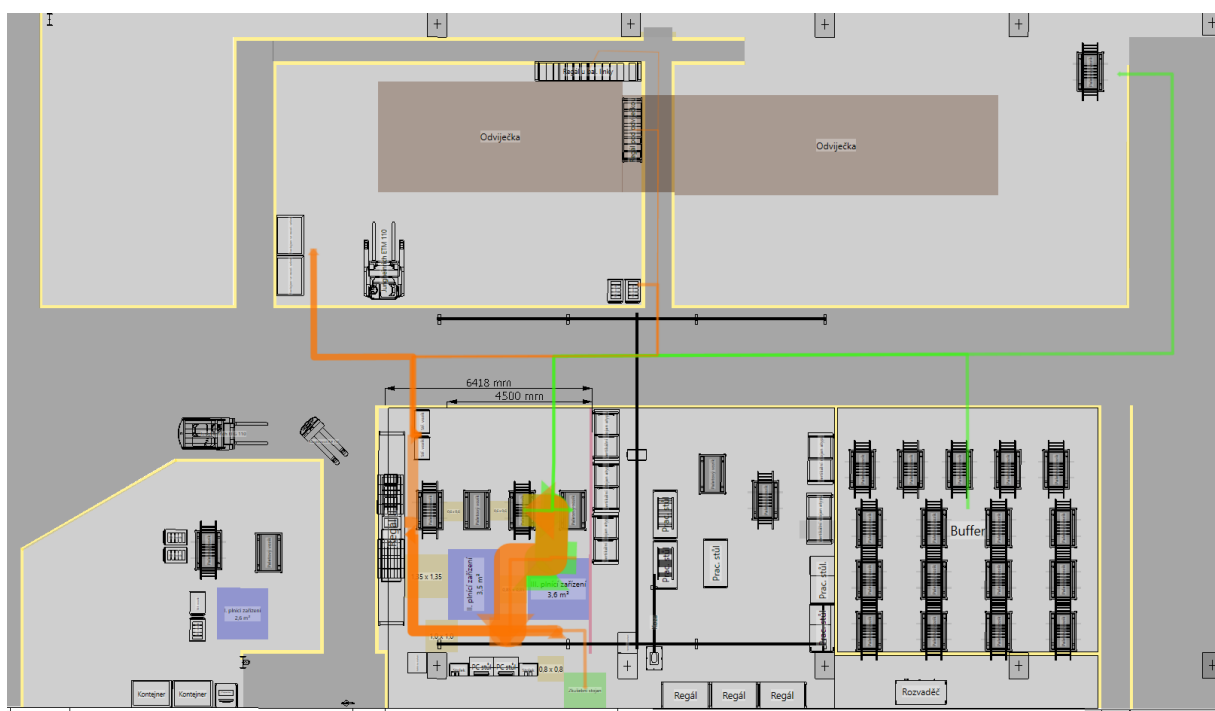
Obrázek 7-4 2D layout varianty B

Pro snazší představu prostorového uspořádání varianty B byla stejně jako u předchozí varianty vytvořena její 3D vizualizace, kterou lze vidět níže. Tato vizualizace opět zobrazuje způsob vedení jednotlivých kabelových žlabů.



Obrázek 7-5 3D vizualizace varianty B

Tato varianta prostorového uspořádání opět přináší výhodu v podobě plného pokrytí dvou plnicích zařízení podvěsným jeřábem. Díky tomu je opět zajištěno splnění hygienických a ergonomických limitů. Ovšem největší výhodou této varianty je, že před II. a III. plnicím zařízením vzniká velký manipulační prostor pro odstavení jednotlivých manipulačních vozíků. U tohoto prostorového uspořádání není potřeba vytvářet další manipulační uličku jako u předchozí varianty a není tak nutné navyšovat plochu pracoviště. Seskupení I. a II. plnicího zařízení umožňuje také využití vícestrojové obsluhy, díky které budou odstraněny prostoje. Oproti předchozí variantě zde dochází k výraznému zkrácení materiálových toků a přepravních výkonů, protože nejvytíženější plnicí zařízení se přesunulo blíže k balicí lince a kromě toho došlo také ke sjednocení regálů I a II. Nahrazení těchto dvou regálů jedním značně zjednodušilo celý proces zásobování pracoviště. Zásobovací technik má nyní možnost dostat se k regálu zezadu, aniž by musel projet pracovištěm, čímž dojde i ke zvýšení bezpečnosti. V rámci bezpečnosti také došlo k nutnému uvolnění plochy únikové uličky. Samotné materiálové toky varianty B jsou zobrazeny níže.



Obrázek 7-6 Materiálové toky varianty B

Hodnoty materiálových toků a přepravních výkonů varianty B jsou zobrazeny v tabulce níže. Samotná plocha pracoviště se zvětšila na 112 m². Tato hodnota je o něco nižší než u varianty A, protože zde není potřeba vytvářet speciální manipulační uličku.

Tabulka 7-2 Materiálové toky a přepravní výkony varianty B

	Manuální přeprava	Vozíková přeprava
Materiálový tok	129,49 [m]	72,08 [m]
Celkový materiálový tok	201,57 [m]	
Přepravní výkon	1,65 [ks.km]	360,40 [ks.m]
Celkový přepravní výkon	2,01 [ks.km]	

Náklady a čas potřebné na realizaci varianty B jsou hlavními nevýhodami této varianty oproti variantě A, a to především proto, že je zapotřebí pořídit a sestavit nový regál, do něhož se

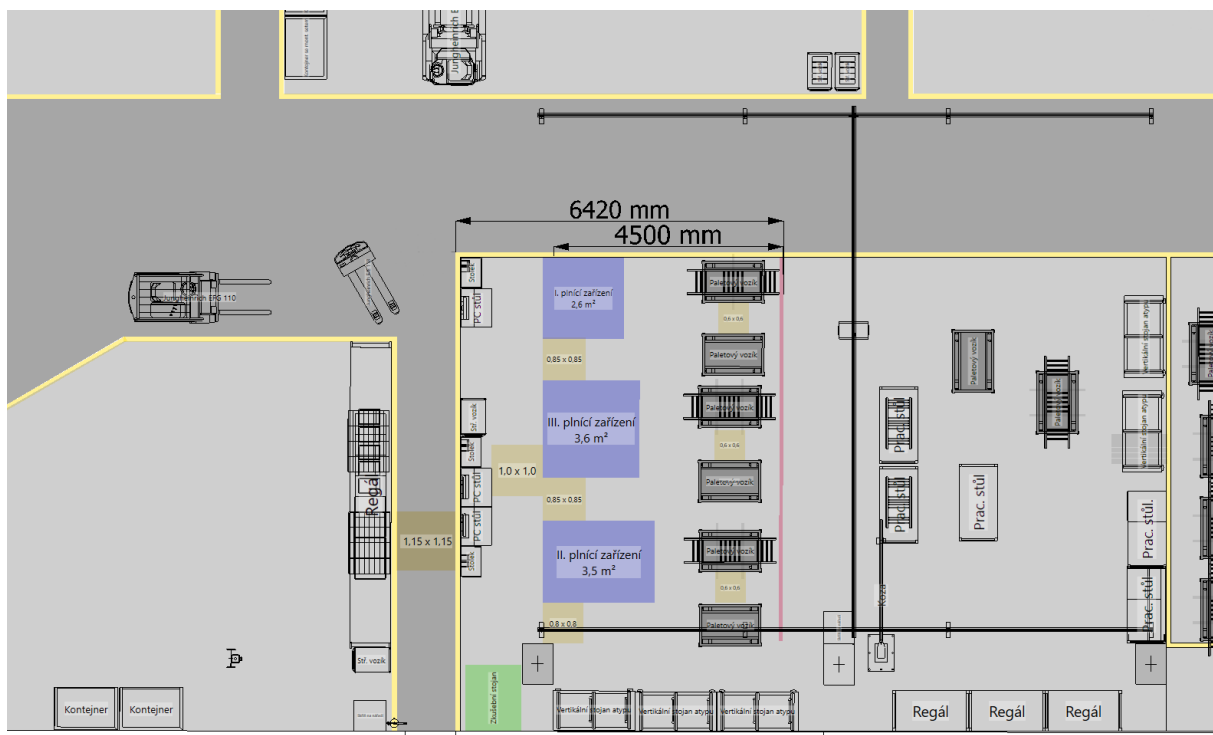
přenesení materiál z původních regálů. Následně se provede demontáž původních regálů. Úpravy skladovacích zařízení mají přímý dopad na zásobovací systém celé výrobní haly. Také bude potřeba nově zaškolit zaměstnance, protože dojde ke změně jednotlivých skladovacích pozic materiálu. Při nesprávném zaškolení by mohlo dojít ke ztrátám v podobě hledání materiálu.

Dále je potřeba upravit vedení části kabelového žlabu, jež je součástí první části pracoviště. Kabelový žlab se v první části pracoviště musí upravit tak, aby vedl před sloupem, který se nachází u únikových dveří. Zavěšení kabelového žlabu bude opět realizováno pomocí stropních lan. Ovšem výhodou je, že tato lana opět povedou mimo dráhu podvěsného jeřábu.

Dalším negativem této varianty je, že pokud budou na pracovišti dva pracovníci obsluhující II. a III. plnicí zařízení, pracovník III. plnicího zařízení bude muset obcházet druhého pracovníka při cestě k regálu s příslušenstvím.

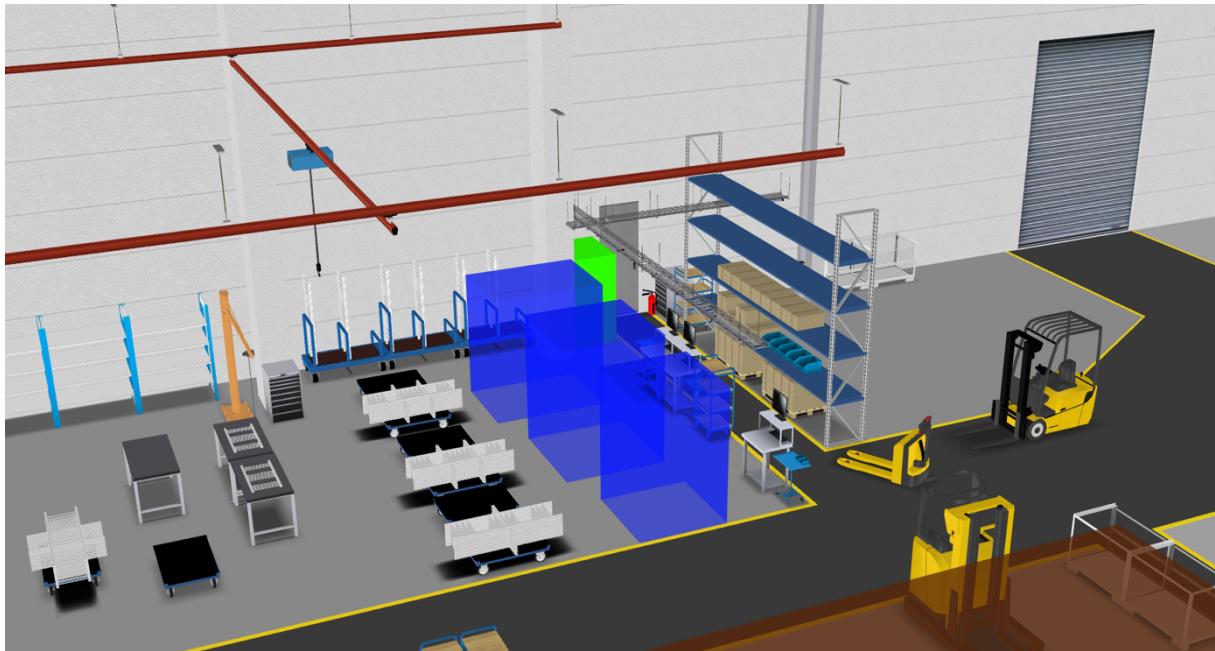
7.3 Varianta C

Tato varianta kombinuje vlastnosti dvou předchozích variant. V první části pracoviště vychází uspořádání jednotlivých zařízení z varianty A, avšak oproti této variantě je řada plnicích doplněna také o I. plnicí zařízení. To znamená, že jsou všechny plničky v první části pracoviště. V druhé části zůstane pouze jeden šestimetrový regál, který nahradí regál I a II. Tento regál je situovaný podél únikové uličky. Jedná se o změnu vycházející z varianty B. Plocha druhé části pracoviště zůstane z velké části volná, díky čemuž může být využita k dalším pracovním záměrům. Uvolněná plocha po regálu I je využita pro vertikální stojany obou pracovišť. Vzniká tak velké místo pro manipulaci s vozíky a dochází k celkovému sjednocení obou pracovišť montáže elektra. Je odstraněn výkus směrem do uličky, čímž dochází k celkovému zarovnání uličky. Poslední změnou je přesunutí skříňky na nářadí ke dveřím únikové uličky. Všechny změny jsou zobrazeny na 2D layoutu níže.



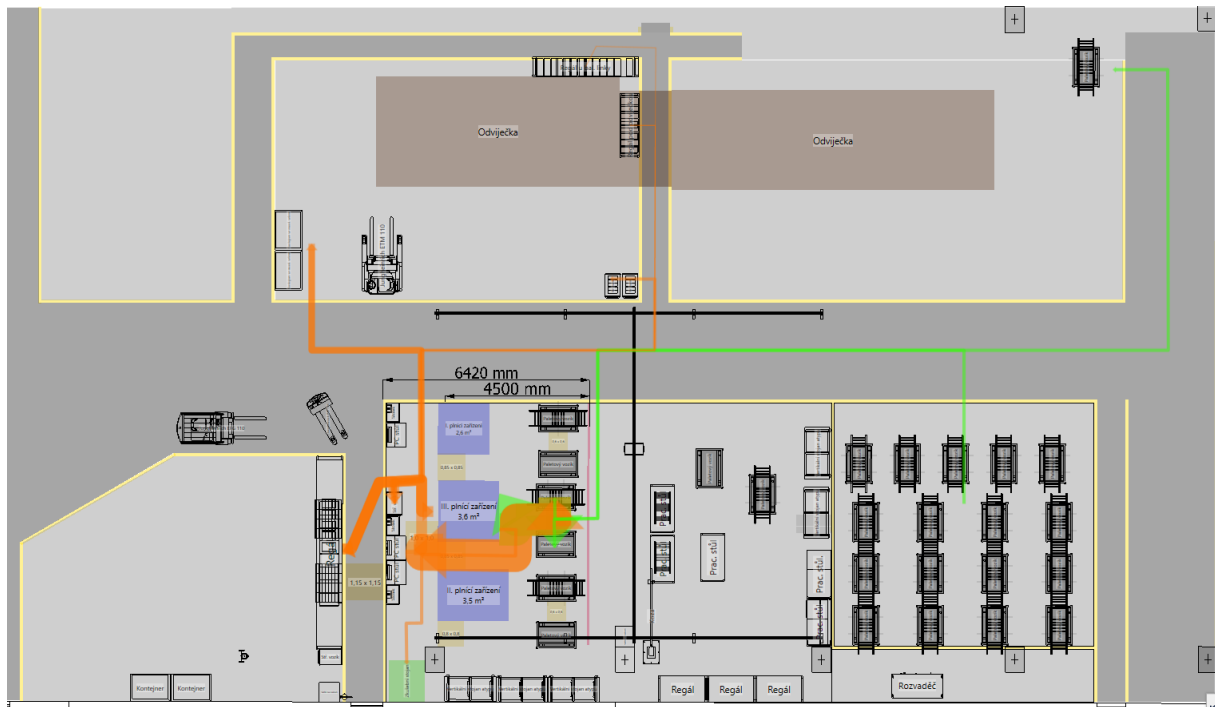
Obrázek 7-7 2D layout varianty C

Pro snazší představu jednotlivých změn byla vytvořena 3D vizualizace varianty C, kterou lze vidět na obrázku níže. Opět je zde zobrazeno i vedení kabelových žlabů.



Obrázek 7-8 3D vizualizace varianty C

Největší výhodou oproti předchozím variantám je úplné pokrytí všech tří plnicích zařízení podvěsným jeřábem, což zajistí splnění hygienických a ergonomických limitů na všech zařízeních. Přesunutí vertikálních stojanů zajišťuje prostor pro manipulaci s manipulačními vozíky bez nutnosti dalšího zvětšování pracoviště. Díky tomu dochází také k efektivnímu využití prostoru po regálu II. Uspořádání všech plnicích zařízení vedle sebe umožňuje využití vícestrojové obsluhy, které zamezí prostojům. Vzhledem k tomu, že v této variantě dochází k přesunu plnicího zařízení z druhé části pracoviště, je zapotřebí provést úpravu elektrických a hadicových rozvodů. Samotné vedení kabelových žlabů pak není potřeba upravovat. Umístění regálu až za únikovou uličku a uspořádání jednotlivých plnicích zařízení zajišťuje snadnou a přímou cestu všech pracovníků k regálu. Není proto nutné obcházet ostatní pracovníky, jako tomu bylo u varianty B. Stejně tak je usnadněn přístup ke zkušebnímu stojanu. Využití uličky pro přístup pracovníků a zásobovacího technika k regálu umožňuje zvětšení manipulační plochy v rámci samotného pracoviště, přičemž na rozdíl od současného stavu nedochází k porušení bezpečnosti. Nová pozice regálu zjednodušuje proces samotného zásobování pracoviště nejvýrazněji ze všech představených variant. Zásobovací technik má možnost dostat se k regálu ze všech stran, aniž by musel vjet do pracoviště, což zaručuje zvýšení bezpečnosti na pracovišti. Tento způsob uspořádání výrazně ovlivní materiálové a personální toky. Jednotlivé materiálové toky varianty C lze vidět níže.



Obrázek 7-9 Materiálové toky varianty C

Z tabulky 7-3 vyplývá, že celkový materiálový tok je delší než u varianty B. To je zapříčiněno především delší vzdáleností zkušebního stojanu od III. plnicího zařízení. Intenzita této přepravy je však v rámci pracovní směny nízká, což způsobuje, že celkový přepravní výkon je v porovnání s předchozí variantou nakonec nižší. Materiálové toky jsou u varianty C celkově jednodušší a méně komplikované. To bude mít v reálném provozu značný dopad na výslednou plynulost pracoviště. Celková plocha u varianty C se oproti všem ostatním variantám výrazně zmenšila, což značně ovlivní provozní náklady. Plocha pracoviště čítá pouhých 67 m².

Tabulka 7-3 Materiálové toky a přepravní výkony varianty C

	Manuální přeprava	Vozíková přeprava
Materiálový tok	137,28 [m]	75,40 [m]
Celkový materiálový tok	212,68 [m]	
Přepravní výkon	1,61 [ks.km]	376,98 [ks.m]
Celkový přepravní výkon	1,99 [ks.km]	

Stejně jako u varianty B je přestavba pracoviště nákladnější a časově náročnější. Je zapotřebí koupit a sestavit nový regál, provést jeho zaskladnění a demontovat původní regály. Tato změna má dopad na zásobovací systém výrobní haly. Opět bude potřeba zaškolení zaměstnance kvůli změně jednotlivých skladových pozic materiálu, protože při nesprávném zaškolení by mohlo dojít k časovým ztrátám v podobě hledání materiálu. Dále je potřeba upravit elektrické a hadicové rozvody kvůli přesunu plnicího zařízení z druhé části pracoviště. Bude také zapotřebí upravit zóning pracoviště z důvodu změn v oblasti únikové uličky. Nové prostorové uspořádání má také vliv na uspořádání vedlejšího pracoviště, kde dojde k přesunu dvou vertikálních regálů. Tento přesun bude mít negativní dopad na materiálové a personální toky sousedního pracoviště.

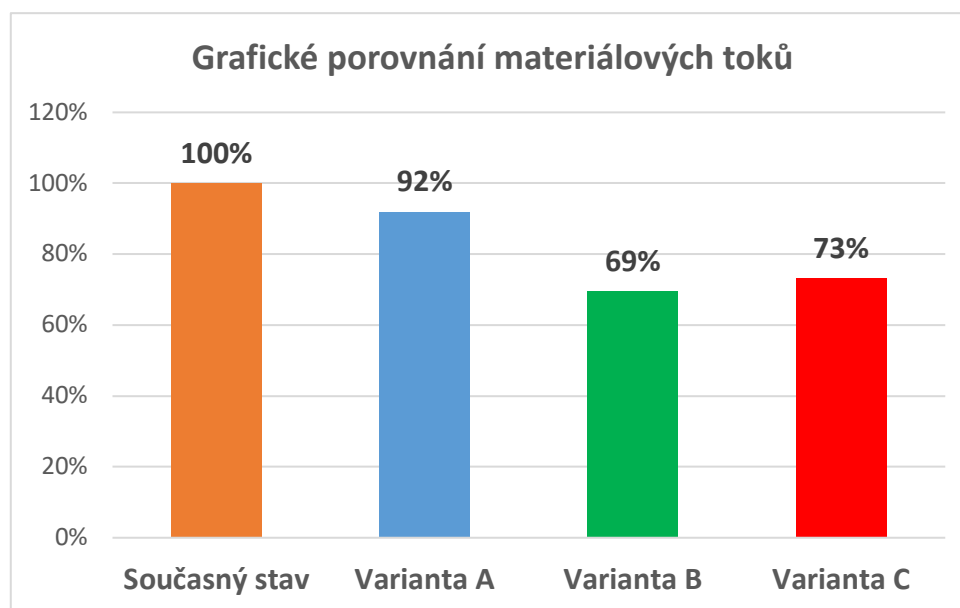
7.4 Porovnání jednotlivých variant

Porovnání jednotlivých variant je provedeno na základě celkových materiálových toků a přepravních výkonů (viz tabulka níže). Dále jsou tyto varianty porovnávány podle celkové plochy pracoviště.

Tabulka 7-4 Porovnání materiálových toků a přepravních výkonů jednotlivých variant

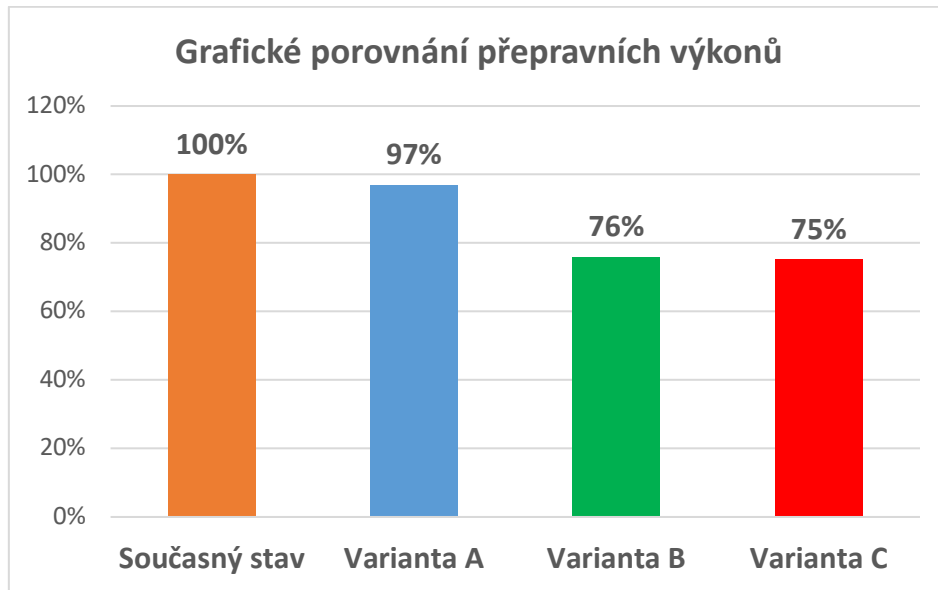
	Materiálové toky		Celkový materiálový tok [m]	Přepravní výkon		Celkový přepravní výkon [ks.km]
	Manuální přeprava [m]	Vozíková přeprava [m]		Manuální přeprava [ks.km]	Vozíková přeprava [ks.m]	
Současný stav	186,86	103,38	290,24	2,13	516,89	2,65
Varianta A	193,36	73,50	266,89	2,20	367,48	2,57
Varianta B	129,49	72,08	201,57	1,65	360,40	2,01
Varianta C	137,28	75,40	212,68	1,61	376,98	1,99

Na obrázku níže vidíme grafické porovnání variant z hlediska celkových materiálových toků. Všechny varianty přináší zlepšení vůči současnému stavu. Nejvýraznější úspory v rámci materiálového toku dosahuje varianta B. Úspora u této varianty je 31 % oproti současnému stavu.



Obrázek 7-10 Procentuální porovnání celkových materiálových toků jednotlivých variant

V rámci přepravního výkonu, který zahrnuje intenzitu přepravy, dosahuje největší úspory varianta C. U této varianty je přepravní výkon o 25 % nižší než u současného stavu. Samotné grafické porovnání lze vidět na obrázku níže.



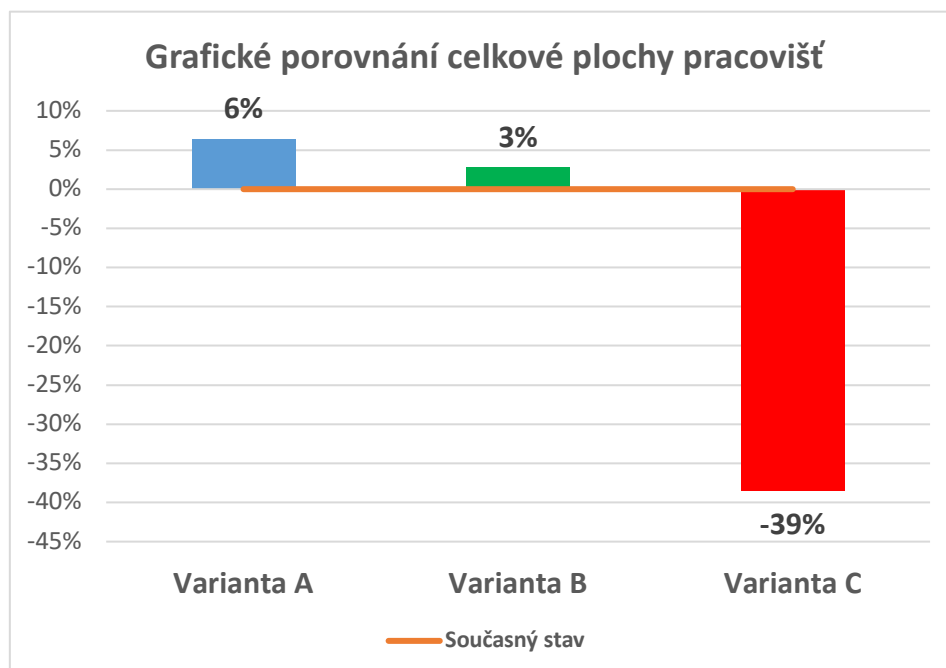
Obrázek 7-11 Procentuální porovnání celkových přepravních výkonů jednotlivých variant

Porovnání jednotlivých variant podle celkové plochy pracoviště je pak zobrazeno v tabulce níže.

Tabulka 7-5 Porovnání variant podle celkové plochy pracoviště

	Současný stav	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Celková plocha pracoviště	109 [m ²]	116 [m ²]	112 [m ²]	67 [m ²]

Z grafického porovnání celkové plochy jednotlivých variant, které je zobrazeno na obrázku 7-11, vyplývá, že u jediné varianty C došlo k redukci celkové plochy pracoviště, a to konkrétně o 39 %. U ostatních variant došlo k nepatrnému nárůstu plochy pracoviště.



Obrázek 7-12 Procentuální porovnání celkové plochy pracoviště jednotlivých variant

8 Výběr nové varianty pomocí multikriteriální analýzy

K určení nové varianty prostorového uspořádání pracoviště montáže elektra byla využita multikriteriální analýza. Pomocí této analýzy lze snadno porovnat výhody a nevýhody jednotlivých variant. Aby bylo možné zhodnotit jednotlivé varianty, je nejprve zapotřebí stanovit kritéria, podle nichž se jednotlivé návrhy budou hodnotit.

8.1 Volba hodnotících kritérií

Stanovení hodnotících kritérií je nejdůležitější částí multikriteriální analýzy. Jednotlivá kritéria vychází z analýzy současného stavu. Při stanovení kritérií je třeba dbát na to, aby kritéria jasně zastupovala vlastnosti daných variant, neboť se podle nich budou jednotlivé varianty hodnotit.

Kritéria zvolená pro hodnocení variant prostorového uspořádání lze rozdělit na kvantitativní a kvalitativní. Kvantitativní kritéria jsou taková kritéria, u kterých lze vyjádřit číselnou hodnotou. Oproti tomu kvalitativní kritéria jsou vyjádřena slovně. Daná kritéria je pak zapotřebí číselně ohodnotit podle zvolené stupnice hodnot. Jednotlivá kritéria lze ještě rozdělit na maximalizační a minimalizační. U maximalizačního kritéria jsou hodnoceny nejlépe ty varianty, které dosahují nejvyšší hodnoty daného kritéria. U minimalizačního kritéria je tomu naopak – to znamená, že nejlépe jsou hodnoceny ty varianty, které dosahují nejnižší hodnoty daného kritéria. [30]

Zvolená kritéria:

- **K1 – Pokrytí jeřábem**
Jedná se o maximalizační kritérium, jehož cílem je, aby daná varianta měla co největší počet pokrytých plnicích zařízení podvěsným jeřábem.
- **K2 – Délka materiálového toku**
Jedná se o minimalizační kritérium, jehož cílem je, aby daná varianta dosahovala co nejkratší délky materiálového toku.
- **K3 – Manipulační prostor**
Jedná se o maximalizační kritérium, jehož cílem je, aby daná varianta prostorového uspořádání umožňovala co nejsnazší pohyb a manipulaci na pracovišti.
- **K4 – Plocha pracoviště**
Jedná se o minimalizační kritérium, jehož cílem je, aby uspořádání dané varianty bylo co nejefektivnější. To znamená, že pracoviště musí zaujímat pouze takovou plochu, která je nezbytně nutná pro splnění jeho účelu, a současně splňovat všechny požadované normy a předpisy.
- **K5 – Zásobování pracoviště**
Jedná se o maximalizační kritérium, jehož cílem je, aby daná varianta měla co nejvhodněji navržený systém zásobování pracoviště.
- **K6 – Časová náročnost přestavby**
Jedná se o minimalizační kritérium, jehož cílem je, aby daná varianta měla co nejkratší dobu realizace.
- **K7 – Náklady na přestavbu**
Jedná se o minimalizační kritérium, jehož cílem je, aby daná varianta měla co nejnižší náklady potřebné na přestavbu prostorového uspořádání pracoviště.

8.2 Stanovení vah důležitosti hodnotících kritérií

Váhy důležitosti hodnotících kritérií byly stanoveny na základě jednání s vedením společnosti s použitím metody párového srovnání. Předtím, než byly stanoveny váhy jednotlivých kritérií, bylo nutné porovnat důležitost dílčích kritérií. Porovnání je vyjádřeno nerovnicí ve tvaru $K1 > K3 > K2 > K4 > K5 > K6 > K7$. Kritérium K1 je tedy nejdůležitějším kritériem a K7 je nejméně důležitým kritériem. Následně byla vytvořena tabulka pro párové srovnání. Ve směru od prvního řádku a prvního sloupce se vynesla jednotlivá kritéria v pořadí nerovnice a provedlo se porovnání každého kritéria v tabulce, přičemž vždy dochází k porovnávání pouze dvou kritérií mezi sebou. Pokud je kritérium v řádku důležitější než kritérium ve sloupci, zapíše se mu jednička. Pokud je méně důležité, zapíše se mu nula. Tento postup se opakuje, dokud nejsou srovnána všechna kritéria v tabulce. Nakonec se sečtou hodnoty jednotlivých řádků. Výsledné číslo daného řádku určuje hodnotu důležitosti příslušného kritéria v porovnání s ostatními kritérii. Čím vyšší je tato hodnota, tím je kritérium důležitější. Výslednou váhu důležitosti daného hodnotícího kritéria získáme ze vztahu (2), přičemž součet všech vah by měl dát jedničku. [30]

$$p_r = \frac{u_r}{\sum_{r=1}^s u_r} \quad (2)$$

p_r – váha důležitosti r-tého kritéria,

u_r – hodnota důležitosti r-tého kritéria,

s – počet kritérií.

Tabulka 8-1 Stanovení vah kritérií metodou párového srovnání

	K1	K3	K2	K4	K5	K6	K7	u_r	p_r
K1		1	1	1	1	1	1	6	0,29
K3	0		1	1	1	1	1	5	0,24
K2	0	0		1	1	1	1	4	0,19
K4	0	0	0		1	1	1	3	0,14
K5	0	0	0	0		1	1	2	0,10
K6	0	0	0	0	0		1	1	0,05
K7	0	0	0	0	0	0		0	0,00
Suma								21	1

8.3 Stanovení pořadí variant a výběr nejlepší varianty

Pro stanovení pořadí jednotlivých variant byla zvolena metoda pořadové funkce. Tato metoda stanovuje pořadí jednotlivých variant na základě hodnot dílčích kritérií. Nejvýhodnější variantou je taková varianta, která získá nejvyšší hodnotu pořadové funkce. Výsledná hodnota pořadové funkce varianty je dána vztahem (3). [30]

$$w_t = \sum_{r=1}^s p_r \cdot g_r(x_t) \quad (3)$$

w_t – hodnota pořadové funkce t-té varianty,

p_r – váha důležitosti r-tého kritéria,

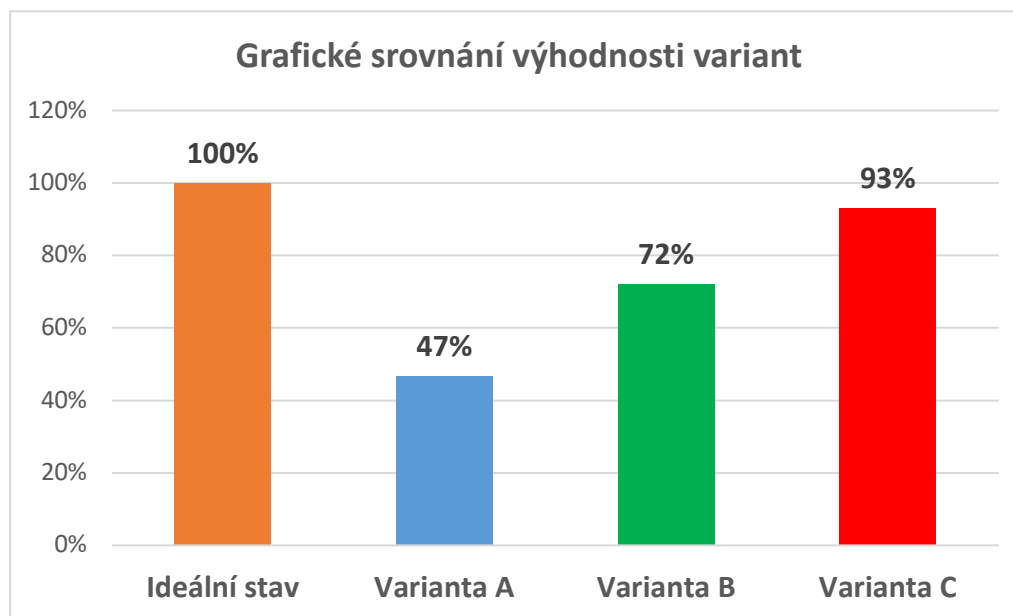
$g_r(x_t)$ – hodnota pořadové funkce r-tého kritéria přiřazená t-té variantě,

s – počet kritérií.

Tabulka 8-2 Stanovení pořadí variant

Kritérium	Váha	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
		g_r	w_t	g_r	w_t	g_r	w_t
K1	0,29	2	0,58	2	0,58	3	0,87
K2	0,19	1	0,19	3	0,57	2	0,38
K3	0,24	1	0,24	2	0,48	3	0,72
K4	0,14	1	0,14	2	0,28	3	0,42
K5	0,10	1	0,10	2	0,20	3	0,30
K6	0,05	3	0,15	1	0,05	2	0,10
K7	0,00	3	0	1	0,00	2	0,00
Suma		–	1,40	–	2,16	–	2,79
Pořadí		3.		2.		1.	

Pro snazší představu je připojeno grafické srovnání výhodnosti jednotlivých variant vycházející ze součtu pořadových funkcí.



Obrázek 8-1 Grafické srovnání výhodnosti variant

Z multikriteriální analýzy vyplynulo, že nejlepší variantou prostorového uspořádání pracoviště montáže elektra je varianta C. Detailní popis této varianty je v kapitole 7.3. Tato varianta byla zvolena i vedením společnosti Kermi s. r. o. ve Stříbře a v současnosti probíhá realizace této varianty.

Závěr

Cílem této práce bylo provést analýzu současného stavu a racionalizaci pracoviště montáže elektra ve společnosti Kermi s. r. o. ve Stříbře a podle výsledků této analýzy následně navrhnout nové prostorové uspořádání tohoto pracoviště tak, aby splňovalo veškeré požadavky stanovené zadávající společností. Správně navržený layout výrobní haly či samotného pracoviště má jeden z největších vlivů na produktivitu, efektivitu a hospodárnost celého výrobního procesu. Vhodně navržený výrobní proces je jedním z klíčových faktorů úspěšného podniku.

Před samotnou analýzou a tvorbou nových návrhů bylo důležité seznámit se s nezbytnou teorií týkající se měření práce a projektování výrobních systémů. Jednotlivé poznatky byly následně aplikovány v praktické části práce.

Prvním krokem analýzy bylo provedení prostorové studie. V rámci této studie byly zjištěny rozměry pracoviště a jeho zařízení. Z časové studie byl pak získán přehled o jednotlivých činnostech pracovníků a časové spotřebě těchto činností. Současně byl proveden záznam pohybu pracovníků ve formě spaghetti diagramu. Za pomoci dat z tohoto záznamu byl vykreslen materiálový tok. Následně byly definovány dílčí nedostatky. Pro zjištěné nedostatky byla poté navržena nápravná opatření, jež byla aplikována v rámci jednotlivých variant layoutu. Po analýze současného stavu následovalo navržení nových variant dle jednotlivých požadavků a odhalených nedostatků. U každé z těchto variant byl detailně popsán jejich způsob řešení, jejich výhody a nevýhody. Celkově byly navrženy tři nové varianty prostorového uspořádání. Tyto varianty byly mezi sebou porovnány a ke stanovení nejvýhodnější varianty došlo prostřednictvím multikriteriální analýzy.

Zásadním přínosem této práce je návrh nového prostorového uspořádání pracoviště montáže elektra, přičemž realizace návrhu v současnosti probíhá ve společnosti Kermi s. r. o. ve Stříbře. Součástí návrhu je kompletní grafická dokumentace, která obsahuje 2D layout a 3D vizualizaci pracoviště. Nový návrh layoutu splňuje všechny požadavky zadání a odstraňuje téměř všechny nedostatky, které byly zjištěny během počátečních analýz. V rámci návrhu došlo k odstranění ergonomických a hygienických nedostatků, a to díky možnosti využití podvěsného jeřábu u všech plnicích zařízení, ale také díky úpravě montážních stolků, které byly osazeny kolečky. S důrazem na co největší efektivitu plochy pracoviště došlo ke zmenšení původní plochy pracoviště o 39 % a zároveň došlo ke sjednocení obou pracovišť montáže elektra, která v současné době tvoří jeden celek. Díky změně polohy a sjednocení skladovacích zařízení se snížil a celkově zjednodušil materiálový tok (konkrétně došlo k jeho snížení o 27 % oproti původnímu stavu). Změna v rámci skladovacích zařízení také všeobecně zlepšila způsob zásobování pracoviště. Zásobovací technik má nyní možnost dostat se ke skladovacímu zařízení z obou stran, aniž by musel vstupovat do samotného pracoviště. Nový návrh také splňuje veškeré bezpečnostní požadavky.

Součástí práce jsou rovněž návrhy na odstranění některých organizačních a osobních ztrát, které by mohly být v budoucnu využity pro další fáze racionalizace pracoviště montáže elektra.

Seznam použité literatury

- [1] Zelenka, Antonín a Král, Mirko. *Projektování výrobních systémů*. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-01-01302-2.
- [2] KPV ZČU v Plzni. Tvorba prostorového uspořádání. In: *Digital Factory* [online]. [cit. 18. 12. 2022]. Dostupné z: <https://digipod.zcu.cz/index.php/oblasti-nasazeni/tvorba-prostoroveho-usporadani>
- [3] Košturiak, Ján, Milan, Gregor, Mičieta, Branislav a Matuszek, Józef. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. ISBN 80-7100-553-3.
- [4] Vyšata, Jiří. Přednášky z předmětu KTO/PVP (ZČU v Plzni) [online]. [cit. 30. 11. 2022]. Dostupné z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kto/pvp>
- [5] Jurová, Marie. *Organizace přípravy výroby*. Brno: CERM, 2009. ISBN 978-80-214-3946-7.
- [6] Hlavenka, Bohumil. *Projektování výrobních systémů*. Brno: Cerm, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- [7] Zelenka, Antonín, Volf, Luděk a Poskočilová, Antonie. *Projektování výrobních systémů – Návody na cvičení*. Praha: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04394-3.
- [8] Tomek, Gustav a Vávrová, Věra. *Řízení výroby*. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-7169-955-1.
- [9] Šimon, Michal a Miller, Antonín. Štíhlá logistika. In: *SystemOnline* [online] CCB spol. s r. o. [cit. 21. 12. 2022] Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/stihla-logistika.htm>
- [10] plavis GmbH. *visTABLE* [online]. [cit. 21. 12. 2022] Dostupné z: <https://www.vistable.com/software/digital-factory-software>
- [11] Technodat. DELMIA Virtual Build – návrh a ověření montážních postupů ve 3D. In: *Technodat* [online] 18. 7. 2017. [cit. 21. 12. 2022]. Dostupné z: <https://www.technodat.cz/aktuality/delmia-virtual-build-navrh-a-overeni-montaznich-postupu-ve-3d>
- [12] Industrial Technology Systems s. r. o. Tecnomatix. In: *Industrial Technology Systems* [online]. [cit. 22. 12. 2022] Dostupné z: <https://www.itscz.eu/tecnomatix-32.html>
- [13] Dlabač, Jaroslav. Analýza a normování práce je pro velkou část českých firem stále aktuálnějším tématem. In: *API – Akademie produktivity a inovací*. [online] 23. 3. 2017. [cit. 28. 11. 2022]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25840n-analyza-a-normovani-prace-je-pro-velkou-cast-ceskych-firem-stale-aktualnejsim-tematem>
- [14] Vavruška, Jan. Analýza a měření práce. [online]. Educom. 12. 4. 2011 [cit. 22. 11. 2022] Dostupné z: http://educom.tul.cz/educom/inovace/VSY_II/2011_IV_12_VSY2_Př+Cv1%20Vavruška%20Analýza%20a%20měřen%C3%AD%20práce_MZ_2.pdf
- [15] Froněk, Michael. Sestavení kalkulátoru na výpočet časové náročnosti operací. Plzeň, 2017.

Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta strojní. Katedra průmyslového inženýrství. Vedoucí práce Michal Šimon.

- [16] Novák, Josef a Šlampová, Pavlína. Racionalizace výroby. [online] Technická univerzita Ostrava, 2007. [cit. 28. 11. 2022] Dostupné z: <https://projekty.fs.vsb.cz/414/racionalizace-vyroby.pdf>
- [17] Mladý, Karel. Přednášky z předmětu KPV/PI (ZČU v Plzni): Školení – časová studie. 16. 3. 2021
- [18] Dlabač, Jaroslav. Techniky analýzy a měření práce I. In: *API – Akademie produktivity práce* [online]. říjen 2017 [cit. 29. 11. 2022] Dostupné z: https://www.e-api.cz/wcd/docs/vzdelavani/cespi-xvii/blok-2/technikyanalzyamenpreci_tiskupravene.pdf
- [19] Bureš, Marek. Metodika REFA. In: *Gradua* [online]. Gradua-CEGOS s. r. o. 16. 6. 2020. [cit. 29. 11. 2022] Dostupné z: <https://www.gradua.cz/blog/metodika-refa.html>
- [20] Dlabač, Jaroslav. Analýza a měření práce. In: *API – Akademie produktivity práce* [online]. 29. 10. 2015 [cit. 30. 11. 2022] Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [21] Technická univerzita v Liberci. *Metody předem stanovených časů*. [online]. [cit. 30. 11. 2022] Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/download/pi_pvs/8_prednaska.pdf
- [22] Dlabač, Jaroslav. Přidejme hodnotu svým procesům. In: *API – Akademie produktivity práce* [online] 27. 11. 2017. [cit. 1. 12. 2022] Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25878n-pridejme-hodnotu-svym-procesum>
- [23] Jednotlivé metody a nástroje (I–P). In: *API – Akademie produktivity práce* [online]. [cit. 1. 12. 2022] Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>
- [24] Plýtvání. In: *Svět produktivity* [online]. [cit. 1. 12. 2022] Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-plytvani.htm>
- [25] Pavelka, Marcel. Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání. In: *API – Akademie produktivity práce* [online] 29. 10. 2015. [cit. 1. 12. 2022]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25781n-nauchte-se-videt-a-odstranovat-plytvani>
- [26] ARBONIA AG. *Arbonia* [online]. [cit. 2. 12. 2022] Dostupné z: <https://www.arbonia.com/en>
- [27] Kermi GmbH. *Vnitřní klima a sprchové kouty – Kermi* [online]. [cit. 2. 12. 2022] Dostupné z: <https://www.kermi.cz>
- [28] Tilhon, Jiří. Uličky a dopravní komunikace na pracovišti. In: *BOZPinfo* [online]. 9. 5. 2022. [cit. 2. 4. 2023] Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/ulicky-a-dopravni-komunikaci-na-pracovisti>
- [29] Vala, Jiří. Ruční manipulace s břemeny. In: *BOZPinfo* [online]. 24. 7. 2019. [cit. 4. 4. 2023] Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/rucni-manipulace-s-bremeny>
- [30] Kleinová, Jana. Přednášky z předmětu KPV/IE (ZČU v Plzni) [online]. [cit. 10. 4. 2023] Dostupné z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kpv/ie/prednasky.html>

PŘÍLOHA č. 1

**Fotografie pracoviště v průběhu realizace
nového prostorového uspořádání**





