

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh prostorového uspořádání a racionalizace pracovišť pro nový
výrobní program

Autor: **Bc. Karel Zacharda**

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

Akademický rok 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Karel ZACHARDA**

Osobní číslo: **S17N0064P**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**

Název tématu: **Návrh prostorového uspořádání a racionalizace pracovišť pro nový výrobní program**

Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

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

1. Prostorové uspořádání, hmotné toky a skladování
2. Racionalizace pracovišť
3. Analýza výrobního prostoru
4. Analýza výrobního programu a technologie
5. Návrh pracovišť a prostorového uspořádání
6. Závěrečné vyhodnocení

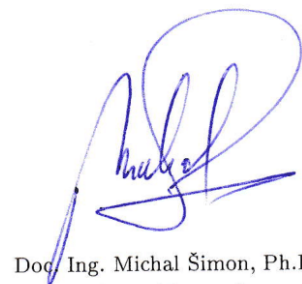
Rozsah grafických prací: 0 výkresů
Rozsah kvalifikační práce: 50 - 70 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

1. KEŘKOVSKÝ, M., VALSA, O. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3. dopl. vyd. Praha: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9
2. SIXTA, J., MAČÁT, V. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. Business books. ISBN 80-251-0573-3
3. MILLER, A., BUREŠ, M., ŠRAJER, V., PEŠL, J. *Projektování výrobní základny - teoretická část*, e book. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-30-9
4. WILSON, L. *How to implement lean manufacturing*. New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-0071625074

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Konzultant diplomové práce: Petr Cink
SIELAFF Bohemia, s.r.o.
Datum zadání diplomové práce: 24. září 2018
Termín odevzdání diplomové práce: 24. května 2019



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 24. září 2018

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Na tomto místě bych rád vyjádřil poděkování vedoucímu práce doc. Ing. Michalovi Šimonovi, Ph.D. za veškeré rady, doporučení a ochotné jednání při konzultacích. Také bych chtěl poděkovat konzultantovi práce panu Petrovi Cinkovi a všem lidem z podniku za praktické připomínky a konzultace projektu. Zároveň bych chtěl poděkovat i svým rodičům a těm nejbližším za podporu během celého studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Zacharda	Jméno Karel	
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Jméno Michal	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh prostorového uspořádání a racionalizace pracovišť pro nový výrobní program		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODE- VZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	112	TEXTOVÁ ČÁST	83	GRAFICKÁ ČÁST	29
---------------	-----	---------------------	----	--------------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce obsahuje teoretický základ, ze kterého vychází praktický projekt. Předmětem projektu je návrh nového prostorového uspořádání malé montážní a skladové haly, včetně návrhu nového skladu a nových montážních pracovišť. Projekt je řešen s ohledem na souběžně probíhající částečnou rekonstrukci haly. Výsledkem je realizace vybrané varianty prostorového uspořádání.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p>	<p style="text-align: center;">Layout, Racionalizace, Prostorové uspořádání</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Zacharda	Name Karel	
FIELD OF STUDY	2301T007 “Industrial Engineering and Management“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Name Michal	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of spatial layout and rationalization of workplaces for a new production program		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2019
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	112	TEXT PART	83	GRAPHICAL PART	29
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The thesis contains a theoretical basis on which the practical project is based. The subject of the project is a design of a new layout of a small assembly and storage hall, including a new warehouse design and design of new assembly workplaces. The project was being worked on concurrently with a partial reconstruction of the hall. The result is an implementation of the chosen spatial arrangement.
KEY WORDS	Layout, Rationalization, Spatial arrangement

Obsah

Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	14
Seznam použitých zkratk.....	15
1 Úvod	16
2 Výroba a výrobní systém.....	17
2.1 Dělení výroby podle objemu	17
2.2 Princip štihlé výroby	17
2.3 Tažný a tlačný výrobní systém	18
2.4 Výrobní TAKT, Cyklový čas, Průběžný čas výroby	19
2.5 Balancování výrobních operací.....	20
2.6 ABC analýza	20
3 Prostorové uspořádání, hmotné toky a skladování	21
3.1 Materiálový tok, Sankeyův diagram, I-D diagram, Spaghetti diagram.....	21
3.2 Prostorové uspořádání.....	23
3.2.1 Technologické uspořádání	24
3.2.2 Předmětné uspořádání	24
3.2.3 Buňkové uspořádání.....	24
3.2.4 Ostatní typy prostorového uspořádání	25
3.3 Skladování.....	25
3.3.1 Zásoby.....	26
3.3.2 Možnosti optimalizace skladu.....	26
3.3.3 Logistické prvky a přepravní jednotky	27
4 Racionalizace pracovišť	29
4.1 Stavebnicové systémy	29
4.2 Metoda 5S	31
4.3 Ergonomická hlediska pro návrh pracoviště	32
5 Základní charakteristika a zaměření projektu.....	34
5.1 Představení firmy.....	34
5.2 Zadání projektu.....	34
6 Analýza výrobního programu a technologie	37
6.1 Charakteristika výrobního programu.....	37
6.2 Nový výrobní program.....	39

6.3	Charakteristika výrobní technologie	40
6.4	Charakteristika výroby	41
6.5	Návaznost výrobních operací hlavního představitele	42
7	Analýza výrobního prostoru	44
7.1	Hala A.....	47
7.2	Hala B.....	49
7.3	Dostupné aktivní logistické prvky a přepravní jednotky	50
7.4	Celková skladová kapacita haly A	51
7.5	Přehled jednotlivých pracovišť	52
7.5.1	Pracoviště skříně	53
7.5.2	Pracoviště dveře.....	55
7.5.3	Pracoviště výdej a manipulátor	57
7.5.4	Pracoviště police	60
7.5.5	Pracoviště přípravy T-přepážek	62
7.5.6	Pracoviště pro opravy.....	63
7.5.7	Vrtačky.....	64
7.5.8	Pracoviště stříhání plechů.....	65
7.6	Materiálové toky.....	66
8	Návrhy a úpravy pracovišť	70
8.1	Návrh pracoviště pro montáž skříně.....	70
8.2	Návrh pracoviště pro montáž dveří	73
8.3	Návrh pracoviště pro montáž výdeje	75
8.4	Úprava pracoviště pro montáž manipulátoru	77
8.5	Návrh pracoviště pro montáž polic	78
8.6	Úprava pracoviště pro přípravu T-přepážek	80
8.7	Koncept prostředku pro mezioperační přepravu	82
9	Návrh prostorového uspořádání haly.....	84
9.1	Návrh nového skladu	84
9.2	Návrh variant prostorového uspořádání.....	86
9.2.1	Varianta A.....	88
9.2.2	Varianta B	89
9.3	Porovnání a výběr varianty prostorového uspořádání.....	91
10	Vyhodnocení návrhu nového stavu haly	92
10.1	Potenciál výrobní kapacity.....	92

10.2	Materiálové toky v novém uspořádání haly	93
10.3	Vyhodnocení pracovišť	95
10.3.1	Pracoviště zahrnující návrh nového montážního stolu.....	96
10.3.2	Ostatní pracoviště	99
10.4	Finální návrh prostorového uspořádání haly ve 3D	101
11	Realizace projektu.....	105
11.1	Provedení návrhů nových montážních stolů.....	105
11.2	Provedení nového prostorového uspořádání a částečné rekonstrukce	106
11.3	Vyčíslení nákladů.....	108
12	Závěr a výstupy projektu	109
13	Zdroje.....	111

Seznam obrázků

Obr. 3.1 - I-D diagram [10]	22
Obr. 3.2 - Sankeyův diagram [11]	22
Obr. 3.3 - Spaghetti diagram pro pracovníka [12].....	23
Obr. 3.4 - Diagram stavu zásob v průběhu času [23]	26
Obr. 4.1 - Konfigurovatelnost pracovního stolu [13]	29
Obr. 4.2 - Montážní linka se spádovými regály [14].....	30
Obr. 4.3 - Spádový regál [15].....	30
Obr. 5.1 - Podnikové logo [16].....	34
Obr. 6.1 - ABC analýza produkce.....	37
Obr. 6.2 - ASK 200.....	38
Obr. 6.3 - WA Maxi.....	39
Obr. 6.4 - ABC analýza - nový výrobní program.....	40
Obr. 6.5 - Návaznost výroby	42
Obr. 6.6 - Proces montáže	43
Obr. 7.1 - Skelet výrobního objektu.....	44
Obr. 7.2 - Rozdělení plochy výrobního objektu.....	45
Obr. 7.3 - Plochy pro vlastní výrobu.....	46
Obr. 7.4 - 3D model výrobního systému pro vlastní výrobu.....	47
Obr. 7.5 - Fotka haly A - původní stav (1)	48
Obr. 7.6 - Fotka haly A - původní stav (2)	48
Obr. 7.7 - 3D model haly A.....	49
Obr. 7.8 - 3D model haly B	49
Obr. 7.9 - Transportní klece pro velké díly.....	50
Obr. 7.10 - Skladové plochy na hale A - původní stav.....	51
Obr. 7.11 - Pracoviště pro montáž skříně a navařování svorníků.....	53
Obr. 7.12 - Pracoviště pro montáž dveří.....	55
Obr. 7.13 - Pracoviště pro montáž manipulátoru a výdeje.....	57
Obr. 7.14 - Pracoviště pro montáž polic.....	60
Obr. 7.15 - Pracoviště pro ražení magnetických pásek a lepení T-přepážek.....	62
Obr. 7.16 - Pracoviště pro opravy	64
Obr. 7.17 - Tok materiálu výrobku ASK 200 - původní stav.....	66
Obr. 7.18 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze navazující operace - původní stav	67
Obr. 7.19 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze nenavazující operace - původní stav	68

Obr. 7.20 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze pro operace vrtání - původní stav.....	68
Obr. 8.1 - Zdvihač plošina [27]	70
Obr. 8.2 - Návrh polohovatelného stolu pro montáž skříně	71
Obr. 8.3 - Konstrukce a uchycení nosného rámu válce	71
Obr. 8.4 - Výšková stavitelnost osy válce	72
Obr. 8.5 - Návrh mobilního regálu pro dlouhé díly pro montáž skříně.....	72
Obr. 8.6 - Návrh přípravku pro zrychlení šroubování stavěcích nohou automatu	73
Obr. 8.7 - Návrh sklopného stolu pro montáž dveří	74
Obr. 8.8 - Návrh nového způsobu nasazování dveří.....	74
Obr. 8.9 - Návrh mobilního regálu pro potřebné komponenty pro nasazení dveří	75
Obr. 8.10 - Návrh mobilního stolu pro montáž výdeje	76
Obr. 8.11 - Ukázka návrhu stolu pro výdej s hlavním dílem podsestavy a krycí deskou.....	77
Obr. 8.12 - Koncept mobilních regálů pro dlouhé díly a řemeny manipulátoru	78
Obr. 8.13 - Návrh polohovatelného stolu pro montáž polic.....	79
Obr. 8.14 – Mat. zásoby a polohování pracovní roviny návrhu stolu pro montáž polic.....	79
Obr. 8.15 - Nosný rám polic	80
Obr. 8.16 - Hotový vyražený magnetický pásek	80
Obr. 8.17 - Lepení magnetického pásku.....	80
Obr. 8.18 - Speciální nástroj - razník	81
Obr. 8.19 - Koncept přepravního prostředku automatu ve výrobě (1).....	82
Obr. 8.20 - Koncept přepravního prostředku automatu ve výrobě (2).....	83
Obr. 9.1 - Vytvoření skladu rozmístěním regálů.....	85
Obr. 9.2 - Rozdělení ploch v novém uspořádání.....	86
Obr. 9.3 - Varianta A, 2D půdorys.....	88
Obr. 9.4 - Varianta A, 3D pohled - skladové zóny	89
Obr. 9.5 - Varianta B, 2D půdorys.....	90
Obr. 9.6 - Varianta B, 3D pohled - skladové zóny	90
Obr. 10.1 - Sdílení pracovišť - původní stav	92
Obr. 10.2 - Sdílení pracovišť – nový stav.....	92
Obr. 10.3 - Tok materiálu výrobku ASK 200 - nový stav.....	93
Obr. 10.4 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze navazující operace – nový stav	94
Obr. 10.5 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze nenavazující operace - nový stav	94
Obr. 10.6 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze pro operace vrtání - nový stav	95
Obr. 10.7 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (1)	101

Obr. 10.8 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (2)	102
Obr. 10.9 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (3)	102
Obr. 10.10 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (4)	103
Obr. 10.11 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (5)	103
Obr. 10.12 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (6)	104
Obr. 11.1 - Realizované pracoviště pro montáž skříní	105
Obr. 11.2 - Realizované pracoviště pro montáž polic	105
Obr. 11.3 - Realizované pracoviště pro montáž výdejmů	106
Obr. 11.4 - Fotka z montážní plochy	107
Obr. 11.5 - Fotka z plochy pro vrtačky	107
Obr. 11.6 - Shopstock u montážní plochy	107

Seznam tabulek

Tab. 2.1 - Přehled druhů plýtvání [2]	18
Tab. 6.1 - Přiřazení do kategorií v rámci ABC analýzy	37
Tab. 6.2 - Přehled technologie pro přípravu na montáž	40
Tab. 6.3 - Obecná charakteristika výroby	41
Tab. 7.1 - Plochy výrobního objektu	45
Tab. 7.2 - Dostupná skladová kapacita haly A – původní stav	51
Tab. 7.3 - Zhodnocení pracoviště pro montáž skříně - původní stav	55
Tab. 7.4 - Zhodnocení pracoviště pro montáž dveří - původní stav	57
Tab. 7.5 - Zhodnocení pracoviště pro montáž výdeje - původní stav	59
Tab. 7.6 - Zhodnocení pracoviště pro montáž manipulátoru - původní stav	60
Tab. 7.7 - Zhodnocení pracoviště pro montáž polic - původní stav	62
Tab. 7.8 - Zhodnocení pracoviště pro ražení magnetických pásek a lepení T-přepážek - původní stav	63
Tab. 7.9 - Zhodnocení pracovišť vrtaček - původní stav	65
Tab. 7.10 - Materiálové toky, shrnutí - původní stav	69
Tab. 9.1 - Potřebný počet regálů pro projekt	84
Tab. 9.2 - Výhody a nevýhody varianty A	91
Tab. 9.3 - Výhody a nevýhody varianty B	91
Tab. 10.1 - Maximální dostupný čas pro montáž v původním stavu	92
Tab. 10.2 - Maximální dostupný čas pro montáž v novém stavu	93
Tab. 10.3 - Materiálové toky, shrnutí - nový stav	95
Tab. 10.4 - Zhodnocení pracoviště pro montáž skříně - nový stav	97
Tab. 10.5 - Zhodnocení pracoviště pro montáž výdeje - nový stav	98
Tab. 10.6 - Zhodnocení pracoviště pro montáž polic - nový stav	99
Tab. 10.7 - Zhodnocení pracoviště pro montáž dveří - nový stav	100
Tab. 10.8 - Zhodnocení pracoviště pro montáž manipulátoru - nový stav	100
Tab. 10.9 - Zhodnocení pracoviště pro přípravu T-přepážek - nový stav	100
Tab. 10.10 - Zhodnocení pracovišť vrtaček - nový stav	101
Tab. 11.1 - Finanční náročnost projektu	108
Tab. 12.1 - Shrnutí projektu - kvantitativní parametry	109
Tab. 12.2 - Shrnutí projektu - kvalitativní parametry	110

Seznam použitých zkratk

2D – dvojrozměrný

3D – trojrozměrný

CAD – Computer Aided Design

DWG – Drawing (binární souborový formát)

FIFO – First In, First Out

HW – Hardware

KLT – Kleinladungsträger

LED – Light Emitting Diode

P-Q diagram – Product-Quantity diagram

RFID – Radio Frequency Identification

SW – Software

1 Úvod

Snižování výrobních nákladů je jedním ze standardů výrobních podniků. S celkovými náklady na konečný výrobek souvisí i prostorové uspořádání výroby, včetně řešení skladu. Obecně v každém výrobním podniku probíhá několik procesů souvisejících s výrobou a skladováním a zároveň je v každém podniku určitá míra plýtvání. Cílem štíhlého layoutu je co možná nejvyšší minimalizace plýtvání související především s transportem a manipulací s materiálem. Mezi další přínosy vhodného prostorového řešení patří ale například i zvýšení přehlednosti a bezpečnosti.

V moderním pojetí návrhu layoutu je využíváno 3D modelovacích programů, které jsou schopny zobrazit a porovnat několik dispozičních návrhů. Jednotlivé varianty je možné poměrně rychle vyhodnotit a vybrat tak nejlepší řešení. Následně je možné model exportovat do standardního 2D formátu.

Tato práce se zabývá 3D návrhem nového prostorového uspořádání malé montážní a skladovací haly, včetně návrhu nového skladu, nových montážních pracovišť a odebrání některých nepotřebných operací. Součástí projektu je i návrh způsobu zásobování montáže materiálem, který je porovnáván ve dvou vytvořených variantách. Projekt je řešen s ohledem na souběžně probíhající částečnou rekonstrukci haly v podobě nového vytápění, osvětlení, paletových regálů, nabarvení podlahy a vymalování stěn. Důležité je zároveň i řešení zaručující příjemné pracovní podmínky, bezpečnost a energetickou úsporu.

2 Výroba a výrobní systém

2.1 Dělení výroby podle objemu

Objem výroby je závislý na opakovatelnosti a na celkovém počtu druhů výrobků a jejich variantnosti. Obecně platí, že čím je větší objem výroby, tím je nižší počet druhů vyráběných výrobků a zároveň klesá i míra přizpůsobení se požadavkům zákazníka. Existuje základní dělení: [1]

- Kusová
- Sériová
- Hromadná

Pro kusovou výrobu je typické velmi malé množství vyráběných produktů, které jsou obvykle zhotovovány na univerzálních pracovištích. Výrobní portfolio je rozsáhlé. Vyskytují se časté změny výrobního procesu v závislosti na aktuálním výrobním programu. Kusová výroba se dále dělí na opakovanou, neopakovanou a zakázkovou. [1]

V sériové výrobě probíhá produkce ve větších dávkách. Střídání produkovaných výrobků nastává po dokončení dávky předešlého výrobku. Objevují se specializované stroje a výroba je celkově stálejší. V případě, kdy se objevují stejně velké série pravidelně, jedná se o sériovou výrobu rytmickou, v opačném případě o sériovou výrobu nerytmickou. Je možné se setkat i s dělením podle velikosti sérií, a sice od malosériové, až po velkosériovou výrobu. [1]

Hromadná výroba představuje masovou produkci jednoho typu výrobku. Jedná se o stále se opakující proces. Příkladem může být výroba šroubů. [1]

2.2 Princip štíhlé výroby

V zájmu každého podniku je efektivní vykonávání procesů přidávajících hodnotu a odstranění nebo alespoň minimalizování procesů, které přidanou hodnotou nevytvářejí. To znamená, že je nutné efektivně využívat dostupné potřebné zdroje a čas. Toho lze dosáhnout pomocí pravidelného aplikování principů a metod štíhlé výroby. Správné zavedení těchto principů přináší podniku následující výhody: [2]

- Použití méně materiálu
- Potřeba nižších investic
- Snížení zásob
- Využití méně místa
- Potřeba méně lidí

Těchto výhod může být dosaženo pomocí odstranění plýtvání. Plýtvání je obecně jakákoliv činnost, za kterou zákazník nechce platit. Kompletní členění zahrnuje osm forem plýtvání:

Plýtvání	Popis
Přeprava a manipulace	Plýtvání vlivem přemístování součástí. Objevuje se mezi operacemi, mezi linkami a během přepravy produktu.
Čekání	Čekání znamená, že operátoři nepracují. Může být z jakéhokoliv důvodu, jako například kvůli nevybalancované lince, či čekání na materiál.

Nadprodukce	Nadprodukce je velmi závažnou formou plýtvání, jelikož ovlivňuje navíc ostatní druhy plýtvání. Větší vyprodukovaný objem musí být přepravován, skladován a kontrolován. Jedná se o výrobu produktů, které není možné prodat a zároveň o produkování výrobků příliš brzy. S nadprodukcí se lze setkat z důvodů zajištění dostatku hotových výrobků bez vady, což vyžaduje zapojení více zdrojů či času. Lepším řešením je pokusit se odstranit problémy s kvalitou.
Zmetkovitost	Jedná se o vytvoření zmetku. Tato forma plýtvání zahrnuje i ztrátu v podobě související vyvinuté práce, spotřebovaného materiálu a času.
Skladování	Veškeré skladované položky jsou plýtvání. Jedinou výjimkou jsou položky, které jsou přímo převáděny na tržby.
Nadbytečné pohyby	Tato forma plýtvání představuje jakékoliv pohyby pracovníků, které nepřidávají hodnotu, tedy chození, hledání nářadí a materiálu. Důležitým faktorem je návrh pracoviště a organizace práce.
Nadbytečné zpracování	Jedná se o produkci výrobků ve vyšší kvalitě, než požaduje zákazník. Zároveň sem patří používání nedostačujícího nářadí pro efektivní zpracování.
Plýtvání lidským potenciálem	Toto plýtvání se zařazuje někdy jako dodatečné. Nevyužití potenciálu zaměstnanců představuje nejzávažnější formu plýtvání.

Tab. 2.1 - Přehled druhů plýtvání [2]

2.3 Tažný a tlačný výrobní systém

Při zavádění metodik štihlé výroby je často dbán důraz na správné fungování tažného výrobního systému. Pokud v podniku existuje princip tlaku, obvykle je hledáno řešení, které by umožnilo přechod k výrobě se systémem tahu. Rozdíly mezi oběma přístupy jsou popsány v následujícím textu.

Existuje několik definic tlačného (Push) a tažného (Pull) výrobního systému, z nichž nejsou všechny zcela správné. Hlavní podstatný rozdíl je v přístupu k omezení rozpracované výroby. Systém tahu jednoznačně určuje omezení pro rozpracovanou výrobu. Jako příklad lze uvést typickou metodu sloužící k vytvoření tahu, systém Kanban. Počet kanbanových karet je definitivní a přímo omezuje mezioperační zásoby, tedy není možné interně zásobovat více materiálu, než je k dispozici kanbanových karet. Oproti tomu se systém tlaku chová opačně, tedy nijak nereguluje množství rozpracované výroby. Pokud tedy podnikem není využívána maximální hodnota množství rozpracované výroby, funguje v takovém podniku princip tlaku. Hlavní problém, který se vyskytuje u tlačného přístupu, je narůstání mezioperačních zásob, což představuje plýtvání.

Často se lze setkat s nevhodným dělením tažného a tlačného systému podle toho, o jaký typ výroby se jedná. Systém tahu je spojován s výrobou na zakázku a systém tlaku s výrobou na sklad. Výrobu na sklad je však možné provozovat i ve výrobě s tažným systémem. Další nesprávné spojení s tlačným systémem je definování pomocí výroby řízené plánem, který je

sestaven na základě předpovědi. Tyto předpovědi jsou totiž ve své podstatě závislé stále na požadavcích zákazníků a zároveň berou v potaz průběžný čas výroby. [8]

Přechod od tlačného k tažnému systému je možný pomocí stanovení mezní hodnoty zásob. Tato hodnota může být stanovena buď pro každou komponentu zvlášť, nebo hromadně pro všechny díly. V případě nastavených limitů zásob pro každý díl bude možné řídit celý systém automaticky pomocí výrobního plánu. K tomuto účelu slouží kanban, dvouboxový systém a systémy doplňování podle zásob nebo intervalu. V případě stanovení hromadného limitu na všechny díly, musí být určeno, jaké díly se budou vyrábět v jakém pořadí. Příkladem tohoto přístupu jsou systémy CONWIP, Drum Buffer Rope a FIFO. [9]

2.4 Výrobní TAKT, Cyklový čas, Průběžný čas výroby

Pro bližší porozumění jakémukoliv výrobnímu systému je potřeba znát, jak dlouho trvají hlavní výrobní časové úseky. Jedná se o tři základní časové úseky. Lze se setkat i s anglickou terminologií, proto budou uvedeny i překlady.

Prvním časem je takzvaný výrobní takt (TAKT time), který udává tempo, v jakém musí být produkovány výrobky, aby byly uspokojeny požadavky zákazníků. Výrobní takt se vypočítá dle následujícího vzorce: [17]

$$\text{Výrobní TAKT} = \frac{\text{Dostupný výrobní čas}}{\text{Požadavky zákazníka}}$$

Pokud máme k dispozici například čas v délce jedné směny a zákazník požaduje vyrobit tisíc jednotek denně, bude muset být produkován jeden výrobek každých 27 sekund. V reálné výrobě se však vyskytují různé prodlevy například vlivem vzniku defektů, špatného rozplánování, apod. Proto je potřeba teoreticky vypočtený výrobní takt snížit tak, aby byly požadované zakázky opravdu včas dokončeny.

Druhým důležitým časem je čas cyklový (Cycle time). Začátek měření tohoto času začíná, když je vyprodukován výrobek a konec měření nastává při vyprodukování dalšího výrobku. Jedná se o měření skutečné doby produkce každého nového kusu. Na cyklový čas lze tedy pohlížet jako na čas kontrolní. Zároveň je možné použít měření cyklového času u jednotlivých operací.

Třetím časovým úsekem je celkový průběžný čas výroby (Lead time). Ten udává dobu, za kterou projde výrobek celým výrobním procesem. Začátek měření je hned na vstupu do výrobního procesu, konec měření nastává při zhotovení finálního kusu. Průběžný čas výroby je důležitý ze dvou hledisek. Pokud je produkt vyráběn na zakázku, určuje dobu, po kterou musí zákazník čekat, než bude zhotoven, jeho požadavek. Dalším hlediskem je schopnost poukázání na množství mezioperačních zásob ve výrobě. Pokud bude například možné vyrobit produkt v rádech minut, ale cyklový čas je v rádech dnů, musí být ve výrobním procesu velká mezioperační zásoba.

2.5 Balancování výrobních operací

Pojem balancování se uvádí v souvislostech s vyrovnaností výrobních linek. Takt výroby je udáván pracovištěm, které vyžaduje nejdelší čas na zhotovení operace. Takové pracoviště představuje úzké místo celé linky. Pokud je vyšší nevyrovnanost na jednotlivých pracovištích, vznikají výrazné ztráty v podobě čekání či nevyužití strojů. V zájmu každé výroby je tedy přiblížit veškeré časy operací na všech pracovištích k jedné časové hodnotě. Tato časová hodnota představuje aktuální výrobní takt. Při balancování je účelem snížit výrobní takt a zvýšit využití zdrojů právě pomocí vyrovnaní časové náročnosti práce na jednotlivých pracovištích. Nejdříve je tedy potřeba rozdělit operace na pracovištích na seznam činností, které lze následně přerozdělovat mezi sousedícími pracovišti. Při velkých časových rozdílech je také možné vytvořit paralelní pracoviště. Vždy je cílem vyrovnat čas operací a tím snížit výrobní takt.

2.6 ABC analýza

Metoda ABC vychází z myšlenky Paretova pravidla, které je popsáno tak, že 80% důsledků pramení z 20% procent příčin. Výsledkem ABC analýzy jsou 3 kategorie A, B a C, do kterých jsou rozděleny prvky analyzované množiny podle míry, jakou se podílejí na objemu určitého kvantitativního znaku. Typické použití metody je například analyzování skladových položek a jejich podílu na celkovém objemu nákupního obrátu. Další příklad je analýza výrobního programu a určení podílu jednotlivých výrobků na ročním obrátu podniku. [4]

Do kategorie A spadá málo prvků, které mají vysoký vliv na celkovou hodnotu. Počet prvků v kategorii B odpovídá jejich podílu. Nejpočetnější je kategorie C, jejíž prvky mají však nízký podíl na celkové hodnotě. Při použití ABC analýzy na zjištění podílu materiálových položek na celkové hodnotě materiálové spotřeby ve strojírenské firmě obvykle platí přibližně následující dělení: [4]

- 5% položek představuje 80% spotřeby
- 15% položek představuje 15% spotřeby
- 80% položek představuje 5% spotřeby

Zmíněné procentuální dělení je možné použít i pro analýzu výrobního programu. Při analyzování skladových položek lze metodu ABC doplnit navíc o metodu XYZ a vytvořit tak matici pro řízení skladových zásob. [4]

3 Prostorové uspořádání, hmotné toky a skladování

Pro návrh či racionalizaci nového výrobního layoutu je potřeba znát několik vstupních údajů, na základě kterých může být následně provedena analýza. Získaná data jsou použita pro návrh vhodného prostorového uspořádání pracovišť, rozmístění manipulačních uliček, skladů a ostatních prvků výrobního systému. Návrh je zpracováván ve 2D nebo 3D pro rychlé vytvoření variant uspořádání. Vybraná varianta může být před finálním odsouhlasením ještě optimalizována. Vždy je cílem navrzení štíhlého layoutu, který podniku přinese úspory vlivem odstranění plýtvání, konkrétně snížení manipulace, snížení průběžných časů, lepší využití kapacity plochy a celkové zpřehlednění výroby. [18]

Mezi vstupní data pro tvorbu layoutu patří materiálové, personální a informační toky, výrobní a skladové kapacity, dostupná technologie, technologické postupy, časová náročnost operací a průběhu výroby, odbytový plán a další. [18]

Pokud je v podniku layout bez jakékoliv koncepce, lze se setkat se spleťmi a dlouhými materiálovými toky a zbytečným množstvím manipulačních, skladovacích a kontrolních činností. S tím samozřejmě souvisí komplikace v řízení výrobního procesu a celková nepřehlednost výroby. Tyto problémy jsou řešeny vhodně navrženým štíhlým layoutem. Cílem štíhlého layoutu je vyrobit stejné množství produktů rychleji, s nižšími náklady. Obvykle dojde k úspoře potřebné plochy, která může být jinak využita. S tím souvisí i zredukování množství zásob, což automaticky přispěje k zpřehlednění pohybu materiálu. [7]

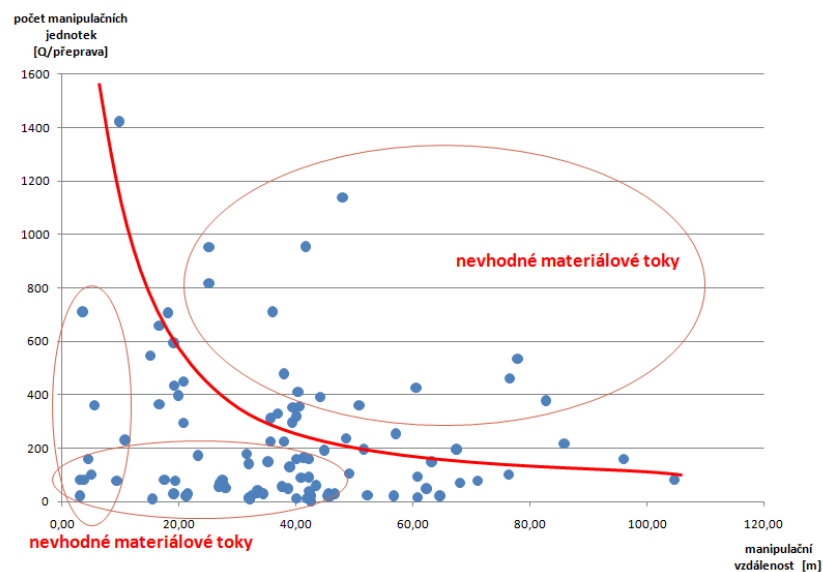
Štíhlý layout lze popsat pomocí několika charakteristik. Prvním předpokladem jsou přímé materiálové toky, které by měly být nastavené až po expedici. Optimalizace materiálového toku patří k základním nástrojům při navrhování štíhlého layoutu. Zároveň by měly být toky co nejkratší, tedy aby byla minimalizována vzdálenost mezi jednotlivými operacemi. Dalším kritériem štíhlého layoutu jsou velikost meziskladů a zásobníků materiálu. Ideálním stavem je neexistence meziskladů, což vede k tzv. toku jednoho kusu. Ne vždy je však takový systém možné nastavit, proto by mělo být hledáno řešení, jak velikost a plošné nároky meziskladů a zásobníků minimalizovat. Další snaha by měla být věnována snížení průběžných časů, zavedení vizuální kontroly, eliminování dvojnásobné manipulace, tedy přeskládání materiálu. Velmi důležitým kritériem je omezování rozpracované výroby, kdy jak již bylo zmíněno, je žádoucí nastavit výrobu tahem. Dále by měl být kladen důraz na flexibilitu layoutu a nízké náklady na instalaci. [7]

3.1 Materiálový tok, Sankeyův diagram, I-D diagram, Spaghetti diagram

Materiálový tok je část logistického řetězce, který má za cíl zabezpečit dostatek materiálu v požadovaném množství na požadovaném místě v požadovaný čas a v odpovídající kvalitě. Jedná se tedy o pohyb materiálu po dopravních uličkách pomocí dostupných transportních prostředků. [20] Čím jsou materiálové toky lépe nastavené, tím více efektivní je interní logistika. Materiálové toky jsou přímo závislé na dispozici pracovišť. Vhodné uspořádání vytváří vhodné materiálové toky a tím jsou přinášeny výhody související se štíhlou výrobou.

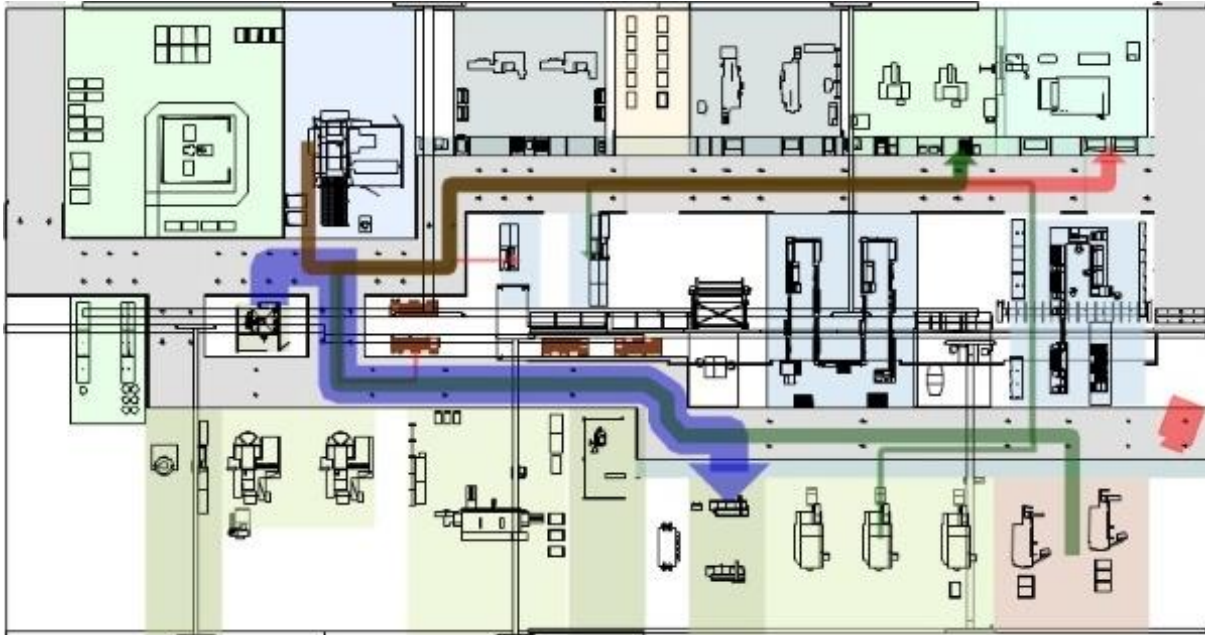
Materiálový tok je definován pomocí počátečního bodu, cílového bodu, sítě dopravních uliček a intenzity. Intenzita toku představuje množství manipulačních jednotek materiálu přepravovaných za jednotku času. Obecně platí, že toky s vysokou intenzitou by měly mít co nejkratší vzdálenost a naopak toky s nízkou intenzitou mohou být přepravovány na delší vzdálenost. Během racionalizace prostorového uspořádání může být s využitím materiálových toků identifikováno pracoviště, které je potřeba přesunout, aby se odstranil nevhodný materiálový tok. Přehledné zobrazení vhodných a nevhodných toků graficky zobrazuje tzv. I-D diagram.

Jedná se o diagram, který zobrazuje závislost intenzity (intensity) na dopravní vzdálenosti (distance). [10]



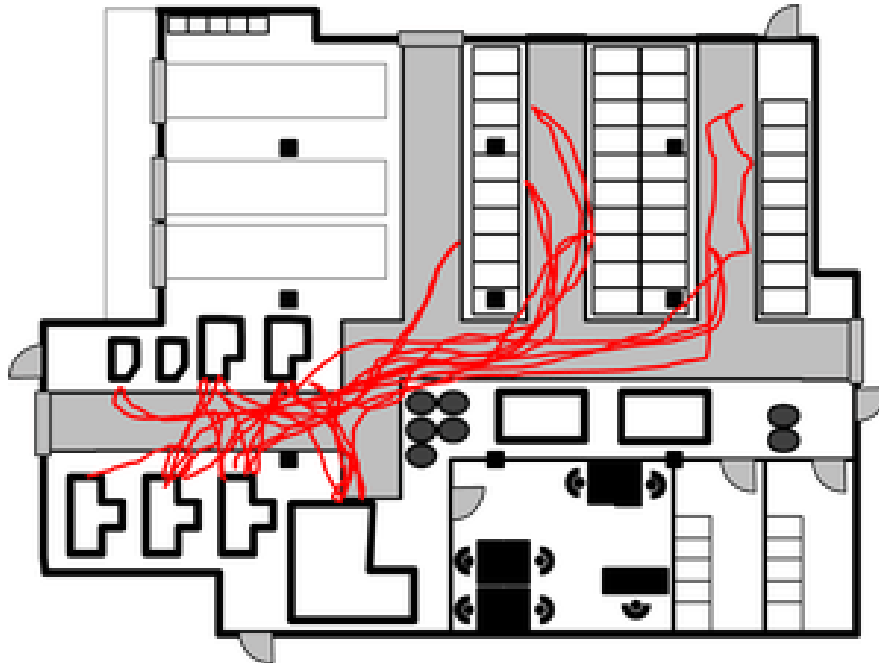
Obr. 3.1 - I-D diagram [10]

Ke grafickému znázornění materiálových toků, včetně intenzity, je využíván tzv. Sankeyův diagram. Jednotlivé barevně rozlišené toky jsou zobrazeny pomocí šípek, kde tloušťka šípek představuje intenzitu daného toku.



Obr. 3.2 - Sankeyův diagram [11]

Další zobrazení je možné pomocí Spaghetti diagramu. Ten však znázorňuje čárami pouze jednotlivé toky bez intenzity. Každá barevně rozlišená čára znamená pohyb daného materiálu. Diagram lze využít i pro jiné účely, například pohyb pracovníků. Výsledná spleť čar připomíná svým vzhledem špagety, odtud Spaghetti diagram.



Obr. 3.3 - Spaghetti diagram pro pracovníka [12]

3.2 Prostorové uspořádání

Celková dostupná plocha pro tvorbu layoutu se dělí na několik částí podle toho, k čemu jsou využívány. Nejpodstatnější je výrobní plocha, která se dále rozděluje na plochu strojí, na ruční pracoviště a na montážní plochu. Spojení mezi těmito plochami tvoří dopravní uličky, pomocné sklady a pomocné plochy. Mezi další plochy patří kanceláře, které se nazývají plochou správní. Ostatní plochy jako sprchy, záchody, šatna, jídelna apod. spadají pod plochu sociální. [3]

Obecně existují dva druhy zadání pro návrh layoutu. Buď se jedná o návrh od základu nového prostorového uspořádání, nebo jde o změnu aktuálního stavu. V obou případech je potřeba zvolit optimální variantu nového uspořádání. Samozřejmě je nutné respektovat požadavky zadání. Kromě vstupních požadavků se mohou využít i další kritéria. Mezi kritéria, které jsou používána pro porovnání efektivnosti různých navržených řešení, se řadí využití plochy, potřebný počet manipulačních činností, využití strojů a pracovníků, flexibilita s nízkými náklady. [21]

Při navrhování layoutu je nejdůležitější vhodná dispozice pracovišť. Existuje několik základních typů výrobního layoutu: [3]

- Technologické (procesní) uspořádání
- Předmětné (produkční) uspořádání
- Pevné uspořádání
- Volné uspořádání

V praxi se však striktně pouze jeden typ uspořádání spíše nevyskytuje. Na základě definování individuálních výrobních požadavků podniku vznikají kombinace, které lze nazvat hybridními typy výrobního layoutu: [3]

- Buňkové uspořádání
 - Pružné výrobní systémy
 - Distribuované uspořádání výrobních systémů
 - Modulární uspořádání výrobních systémů
 - Rekonfigurovatelné uspořádání výrobních systémů
 - Agilní uspořádání výrobních systémů
- Modulární uspořádání
- Kombinované uspořádání

Vhodnost použití jednoho z možných typů layoutu pomáhá určit tzv. P-Q diagram, který uvažuje vyráběné množství konkrétních výrobků a jejich variabilitu. Čím větší množství vyráběných kusů a zároveň čím nižší variabilita, tím spíše je vhodná tvorba výrobních linek, tedy produkčně zaměřeného procesního layoutu. Zvyšování variability souvisí se snížením vyráběného množství. V takovém případě je vhodné využívat hybridní typy, tedy buňkové uspořádání, nebo kombinace typů výrobních layoutů. Čistě technologický layout je teoreticky uplatnitelný pro kusovou výrobu těžkých rozměrných výrobků s velmi vysokou variabilitou. Dále budou popsány jednotlivé typy uspořádání výroby. [3]

3.2.1 Technologické uspořádání

Technologický layout představuje uspořádání strojů podle operací v technologických postupech. Ve výrobním layoutu jsou vedle sebe poskládány stroje umožňující plnění stejných operací, tedy například všechny soustruhy budou postaveny vedle sebe. Tento typ uspořádání je vhodný pro střední a těžké strojírenství produkující variabilní výrobky v menších množstvích. Toky materiálu jsou v takovém případě nejednotné a delší a je proto důležité vhodně umístit stroje s respektováním I-D diagramu. Další nevýhodou je možnost výskytu střetu různých výrobků na jednom pracovišti, čímž dochází ke vzniku fronty. Výhodou je možnost přizpůsobení se změnám ve výrobním programu. [3] [1]

3.2.2 Předmětné uspořádání

Oproti tomu předmětné uspořádání se využívá při opakované výrobě v různě velkých sériích. Jednotlivá pracoviště jsou seřazena za sebou podle chronologických operací v technologickém postupu. Podmínkou je tvarová a technologická podobnost výrobků. Speciálním typem předmětného uspořádání je výrobní linka, která může mít různou míru specializace. Pro velkosériovou a hromadnou výrobu jsou používány specializované jednoúčelové stroje. Čím je vyšší specializace výrobní linky, tím se však snižuje možná variabilita produktů. [3]

3.2.3 Buňkové uspořádání

Kombinací předmětného a technologického layoutu je buňkové uspořádání. Každá buňka představuje předmětné uspořádání strojů a pracovišť, ve které může výrobek projít buď všemi stanovišti, nebo některé vynechat. Je tak dosaženo minimalizace mezioperačních vzdáleností při zachování určité flexibility. [3] Zároveň mohou být v konkrétní buňce zpracovávány podobné součásti. Podobnost je dána technologickým postupem, tvarem, potřebnými nástroji apod. Se součástmi je možné pohybovat mezi jednotlivými stanovišti pomocí dopravníku. Jednotlivé buňky jsou obvykle sestavovány buď v přímé linii, nebo ve tvarech připomínajících písmena U, S nebo W. [22]

Takovýto systém je celkově náročnější na řízení. Při správném nastavení informačního systému však přináší několik výhod. Především se jedná o vyšší využití strojů, oproti technologickému uspořádání je navíc dosaženo kratších vzdáleností a zlepšení toku materiálu. Další výhodou je podpora zavedení multifunkčního nářadí. Na druhou stranu jsou kladeny vyšší nároky na schopnosti pracovníků a musí být vybalancován operační čas v každé buňce. [22]

3.2.4 Ostatní typy prostorového uspořádání

Dalším typem je uspořádání volné. Jedná se o nevyhovující náhodné uspořádání, kde nejsou známy návaznosti operací, ani materiálové toky a ostatní informace. Obvykle se vyskytuje v dílnách s kusovou výrobou. [3]

Specifickým typem je layout pevný. Jedná se o výrobu i pouze jednoho velmi rozměrného kusu, který je zafixován na svém místě po celou dobu výroby. Příkladem je výroba trajektu.

3.3 Skladování

Z hlediska fáze procesu tvořícího hodnotu se dělí sklady na: [4]

- Zásobovací
- Mezisklady
- Odbytové

Zásobovací sklady představují vstupní sklady pro výrobu, mezisklady jsou určeny k zásobení v průběhu výrobního procesu a odbytové sklady slouží k vyrovnání časového rozdílu mezi výrobou a odbytem. [4]

Další dělení je podle typu skladu: [4]

- Regály
 - Paletové regály
 - Příhradové regály
 - Regály na ploché zboží
 - Zvláštní regály
- Podlažní skladování
 - Blokované skladování
 - Řadové skladování

Jak paletové, tak příhradové regály lze dále dělit podle toho, jestli jsou pohyblivé, nebo nepohyblivé. Variant je několik, jejich použití závisí na konkrétních požadavcích. [4]

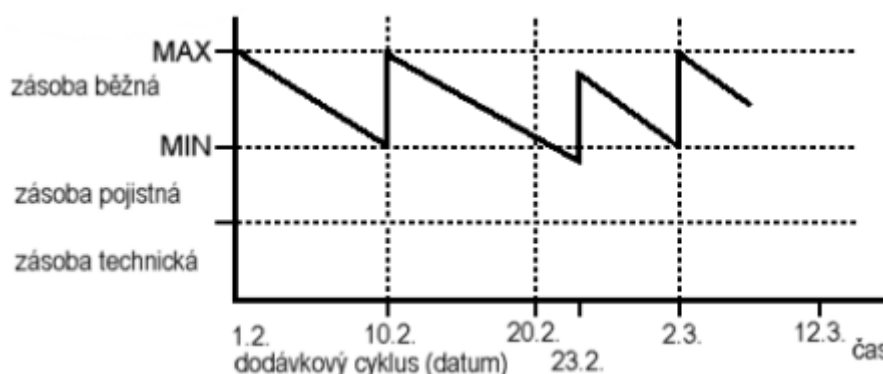
Velikost skladu je obvykle definována plochou v m^2 , nebo prostorem v m^3 . Vzhledem k tomu, že se obvykle skladuje zboží vertikálně, je vhodné udávat velikost skladu v kubickém prostoru. Celková velikost skladu záleží na několika faktorech jako například velikost skladovaných produktů, počet skladových jednotek, typ skladu, celková doba výroby, typ manipulačního zařízení atd. [4]

Již bylo zmíněno, že skladování je jedna z forem plýtvání. Se zvyšujícím se objemem zásob rostou náklady na skladování a manipulaci. Proto je žádoucí usilovat o minimalizování skladových zásob. Méně zásob znamená snížení velikosti sérií ve výrobě a častější dodávky menšího množství materiálu. Menší výrobní série však znamenají častější seřizování, což znamená vyšší náklady na vyrobenou jednotku. Zároveň větší méně časté dodávky materiálu je možné zakoupit s rabatem. Celkové úspory na skladování a manipulaci při snižování zásob tedy musí být

vyšší, než náklady spojené s menší velikostí výrobních sérií. [4] Další náklady na skladování jsou spojené se systémem řízení zásob, úrovní automatizace skladu a logistických operací, layoutem skladu, rozmístěním skladových položek atd. Úlohy zabývající se snížením nákladů na skladování se nazývají optimalizace skladových zásob a optimalizace řízení skladových zásob. Patří sem například metodiky ABC, XYZ, Just-in-Time, Kanban. Kromě minimalizace skladových zásob je cílem snížení nadměrné manipulace, zvýšení využití skladového prostoru, snížení nákladů spojených s údržbou, využívat moderní způsoby příjmu a expedice zboží s moderní počítačovou podporou.

3.3.1 Zásoby

Účelem zásob je pokrýt materiálovou potřebu podniku mezi dvěma dodávkami. Výrobní proces neprobíhá s úplnou pravidelností. Existují výchyly na straně vstupu, tedy ze strany dodavatele materiálu a i na straně výstupu, kterou je nárůst spotřeby produktů. Pro kompenzování výchylek je obvykle zaváděna tzv. pojistná zásoba, kterou je vhodné pravidelně prověřovat a případně upravovat. Kromě pojistné zásoby existuje ještě zásoba havarijní a technologická. Havarijní zásoba, jak již název napovídá, slouží k pokrytí nepředvídatelných událostí. Technologická zásoba představuje potřebu skladování před dalším zpracováním. Jedná se o procesy vysychání, zrání, apod. Dále existují důležité hodnoty stavu zásob, jimiž jsou maximální, minimální a objednávací zásoba. [5]



Obr. 3.4 - Diagram stavu zásob v průběhu času [23]

3.3.2 Možnosti optimalizace skladu

Každá skladovaná položka může být různě velká, skladována v jiné přepravní jednotce v různém množství. Zároveň se liší frekvence vychystávání položek do výroby, velikost zásob atd. Vzhledem k těmto rozdílným vlastnostem je vhodné začlenit logiku přidělování jednotlivých skladových položek k dostupným skladovým pozicím. Existují následující přístupy: [4]

- Metoda pevného ukládání
- Metoda záměnného ukládání
- Metoda skladových zón
- Metoda dynamické zóny
- Metoda přípravného vyskladňování
- Metoda předvídacího uskladňování

Metoda pevného ukládání jednoznačně přiděluje každé skladové položce konkrétní skladovou pozici. Výhoda spočívá v jednoduchosti dohledávání položek. Zásadní nevýhodou je

však neefektivní využívání dostupného skladového prostoru, kde se musí vejít maximální zásoba dané položky do přidělené skladové pozice. [4]

Opačný přístup přináší logika záměnného ukládání, kdy je možné každou položku přidělit k jakékoliv skladové pozici. Jelikož nejsou veškeré položky doplňovány do maximální zásoby najednou, je tento přístup méně náročný na skladový prostor. Menší sklad zároveň znamená i nižší průměrnou délku transportu k předávacímu bodu. Nevýhodou tohoto přístupu je neřešení frekvence vychystávání jednotlivých položek. Může se stát, že minimálně frekventovaná položka bude přidělena do skladové pozice vedle vychystávacího bodu a bude tuto pozici blokovat. Na úkor toho musí být ostatní položky s vyšší frekvencí přepravovány na delší vzdálenost. [4]

Problém frekvence vychystávání řeší metoda skladových zón. Dle frekvence odběru jednotlivých položek jsou vytvořeny skladové zóny. V rámci přidělené skladové zóny jsou položky přidělovány záměnným způsobem. Oproti čistě záměnnému přístupu jsou skladové zóny náročnější na skladový prostor, jelikož musí být počítáno s maximální zásobou pro každou zónu. Výrazně se však zlepšil materiálový tok díky tomu, že toky s vysokou intenzitou jsou přesunuty blíže předávacímu bodu a naopak. [4]

Dalším přístupem, který upravuje logiku skladových zón, je metoda dynamické zóny. Každá skladová položka je v každém plánovacím období přidělena ke skladové zóně. V průběhu času může tedy položka měnit svou vzdálenost od předávacího bodu vlivem změny klasifikačních kritérií příslušnosti k zónám. V průběhu času se totiž mění velikosti objednávek, položky zanikají a naopak nové přibývají. Nevýhoda metody je v neuvážování odchylek od průměrného chování položek, na základě kterých byly klasifikovány a přiděleny do zón. Může se stát, že bude položka s vyšší intenzitou materiálového toku ve vzdálenější zóně než položka s nižší intenzitou. [4]

Minimalizaci vzdálenosti potřebné položky řeší metoda přípravného vyskladňování. Princip spočívá v průběžném přeskladnění do blízkosti předávacího bodu. Přeskladněny jsou ty položky, pro které se blíží požadavek na vyskladnění. Aby však mohl tento princip vůbec fungovat, předpokládá se existence prostojových časů. Kromě toho se zvyšuje celkový počet manipulací. [4]

Posledním přístupem je metoda předvídajícího uskladňování. Jedná se o sofistikovanou metodu, která vyžaduje prognostické údaje, včetně dat o plánovaných dodávkách a objednávkách. Díky těmto datům je možné předvídat optimální místo ve skladu s respektováním logiky čím kratší délka pobytu ve skladu, tím lepší je přidělená skladová pozice. Již během uskladnění je brán v úvahu časový úsek do doby vyskladnění a na základě toho je dané položce přidělena nejlepší z dostupných skladových pozic. Zároveň je uvažováno, že pokud přijde déle další položka, která však bude dříve vyskladněna, bude pro ní vyhrazena lepší skladová pozice. Z popisu metody je zřejmé, že závisí na kvalitě vstupních dat. [4]

3.3.3 Logistické prvky a přepravní jednotky

Logistické operace jsou realizovány pomocí tzv. logistických prvků, které se dělí na aktivní a pasivní. Pasivní prvky, také označované jako materiál, jsou přepravované prostřednictvím manipulačních a přepravních jednotek. Materiál může být pevný, kapalný a plynný. Mezi pasivní prvky se řadí: [5]

- Základní a pomocný materiál
- Rozpracované výrobky
- Díly pro montáž

- Obaly a odpad

Aktivní logistické prvky jsou používány pro přepravu, manipulaci, balení a skladování. Patří mezi ně prostředky pro zdvih a stohování, dopravní prostředky a silniční vozidla. [5]

Přepravní jednotky umožňují přepravu materiálu. Jedná se o nedělitelnou jednotku, která je určena k přepravě bez dalších úprav. Existuje velký počet druhů přepravních jednotek, které jsou používány pro konkrétní manipulaci, jako například manipulaci ruční, mezioperační, čistě mechanickou atd. Příklady přepravních jednotek jsou uvedeny v následujícím seznamu: [5]

- Ukládací bedny
- Přepravky
- Palety
- Roltejnery
- Přepravníky
- Kontejnery

4 Racionalizace pracovišť

Cílem racionalizace pracoviště je v ideálním případě vytvořit štíhlé a ergonomické pracoviště. Jedná se o dvě různá hlediska. Štíhlé pracoviště cílí čistě na eliminaci plýtvání, především nadbytečných pohybů, což přináší úspory a je tedy managementem podniku požadováno. Dnes se již uplatňuje i hledisko ergonomické, které cílí na prevenci nemocí z povolání a pracovní pohodu operátorů. Pracovní prostředí a samotná pracoviště tedy již nejsou přizpůsobována výrobku, jak tomu bylo dříve, ale přímo na míru operátorům.

Pracovník by měl podávat při minimální námaze maximální výkon. Toho je možné dosáhnout pomocí aplikování ergonomických principů, zajištění pracovní pohody, analýzou práce. Dále je vhodné správně implementovat metodu 5S, vizualizovat pracoviště, využít principy metody jidoka a poka yoke. [7]

4.1 Stavebnicové systémy

Díky moderním stavebnicovým systémům může být dosaženo jak eliminace plýtvání, tak i ergonomičnosti. Tyto systémy jsou obvykle sestavovány z hliníkových, nebo trubkových profilů. Výrobci těchto systémů nabízí obrovské množství spojovacích komponent a příslušenství, což umožňuje konfigurovat výsledná pracoviště dle konkrétních požadavků podniku. Zároveň je možné začlenit výškově stavitelné stoly a přidat kolečka k jednotlivým stavebnicovým sestavám a vytvořit tak flexibilní systém. Stavebnicové systémy jsou určeny především pro montážní linky a nabízí sestavení pracovišť montáže, balení, kontroly a napojení na shopstock v podobě spádových regálů. Pomocí propojení pracoviště se spádovým regálem dojde k zavedení principu FIFO. Zároveň umožňují takto sestavená pracoviště zavedení systému kanban.



Obr. 4.1 - Konfigurovatelnost pracovního stolu [13]



Obr. 4.2 - Montážní linka se spádovými regály [14]

Na obrázku výše je zobrazeno zásobování montážní linky pomocí tzv. shopstocku. Shopstock, také označovaný jako minimarket, lze definovat jako řešení přísunu materiálu přímo v místě pracoviště. Obvykle se jedná o spádový regál, také nazývaný jako flow rack, který přímo sousedí s pracovním stolem, materiál je dostupný skrze seřazené KLT boxy. Obecně je vhodné tento montážní systém zavést pro tahový systém výroby s využitím dvouboxového kanbanu. Nutné je však zajistit přístup ze zadní strany spádových regálů pro průběžné doplňování potřebného materiálu.



Obr. 4.3 - Spádový regál [15]

Na obrázku je zobrazen klasický flow rack, který je vybaven spádovými policemi s válečkovými tratěmi, které umožňují gravitační spád KLT boxů. Regál je zároveň vybaven i opačně nakloněnou policí, která slouží pro návrat prázdných KLT boxů. Logistická obsluha pak pouze z jedné zadní strany doplňuje nové boxy a zároveň sbírá prázdné, které jsou, v případě dvouboxového systému, polepené etiketami s informací o lokaci materiálu k doplnění, včetně potřebného množství. Po doplnění je plný box opět přepraven na pracoviště, jelikož etiketa obsahuje i místo určení, tedy konkrétní regál, včetně označení police a konkrétní pozice.

4.2 Metoda 5S

Jedná se o velmi rozšířenou metodu, která tvoří základ standardů práce a umožňuje další zavádění zeštíhlovacích principů, jako jsou metoda toku, metoda kaizen a ostatní optimalizační metody. Implementace 5S by měla být prováděna týmem složeným z několika členů, ideálně by měli spolupracovat pracovník daného pracoviště, mistr, vedoucí střediska, údržbář, koordinátor z podniku a externí konzultant. [24] Princip metody 5S byl převzatý japonskými společnostmi od americké armády a je možné jej shrnout pomocí pěti po sobě jdoucích kroků. [20]

- 1) **Seiri (utřídit)** – Rozlišení, co je na pracovišti zbytečné a lze odstranit, co se používá občas a co je nutné ke každodenní práci. To se netýká pouze nástrojů, ale všech věcí na pracovišti. Vše, co se používá denně, má být umístěno na pracovišti. Občasné používané věci by měly zůstat v blízkosti pracoviště a nepotřebné věci by měly být přesunuty do skladu. Během aplikování tohoto kroku je vhodné využít barevné rozlišení. Používá se červená, žlutá a zelená. Červená značí nepotřebné věci, zelená věci k přemístění a žlutá věci k opravě. Výsledkem by mělo být vytrídění pracoviště, více místa a přehlednost. [20]
- 2) **Seiton (uspořádat)** – Uspořádání pracoviště by mělo proběhnout tak, aby mělo vše své jasné místo a také s respektováním ergonomických zásad. Cílem je minimalizování hledání a času. Na pracovišti by mělo být pouze potřebné množství materiálu k plynulému průběhu výroby. Tímto jsou minimalizovány zásoby. Náradí, přípravky a návodky by měly být přehledně rozloženy formou kokpitu. [20] Zároveň by mělo být vše vizualizováno. Platí obecné pravidlo vizuálního managementu, tedy vizuální podpora aktuálního stavu pro snadnou orientaci pracovníků a všech ostatních. Pracoviště by mělo mít označená místa s paletami s materiálem, místo pro nástroje, přípravky apod. Zásadní je také jednoduchost a jednoznačnost zobrazení. [24]
- 3) **Seiso (udržovat pořádek)** – Výsledkem by mělo být pracoviště v nejlepším možném stavu, včetně vyčištěného strojního vybavení. Samotné čištění je také kontrolou stavu pracoviště. V ideálním případě by měl být odstraněn i zdroj znečištění. [20]
- 4) **Seiketsu (určit pravidla)** – Nyní je potřeba standardizovat nový stav pracoviště. Vše by mělo být vizualizováno pro snadnou kontrolu. Obvykle se využívají organizéry, obtahování náradí fixem, fotky vzorového stavu apod. Zároveň by mělo být určeno, co a jak často bude pravidelně čištěno. Standardy je vhodné vytvářet spolu s operátory, kteří budou daný stroj, či montážní pracoviště obsluhovat. Sami pracovníci by měli, pod dohledem vedoucího, určit standardy tak, aby byla práce ulehčena a ne zkomplikována. To usnadní přijetí standardů samotnými pracovníky a je možné se tak vyhnout odporu vůči naordinovaným standardům. [20]
- 5) **Shitsuke (upevňovat a zlepšovat)** – Posledním krokem metody je nejen udržovat současný stav, ale snažit se hledat další zlepšení. Jedná se o nejtěžší úkol, který vyžaduje mnohdy změnu myšlení a sebedisciplínu. Užitečným nástrojem jsou pravidelné 5S audity, které podporují odpovědnost pracovníků. Metodika 5S by se měla stát součástí podnikové kultury a měla by být uplatňována nejen na pracovištích, ale i v kancelářích. [20]

Metoda byla v průběhu času rozšířena o další dva kroky. Prvním rozšířením je důraz na bezpečnost při práci. Cílem je dosáhnout nulového počtu zranění. K tomu je nutné dodržovat zásady bezpečnosti práce při práci, mezi které patří používání předepsaných pracovních pomůcek, zajištění havarijních prostředků, správné používání veškerých nástrojů a vizualizace pracoviště nejen z hlediska efektivity, ale i bezpečnosti. [24]

Druhým rozšířením je řešení vlivu práce na životní prostředí a ekologii. Hlavní zaměření tohoto kroku je na hospodaření s odpady, dále na ochranu ovzduší, vody atd. Je důležité správné třídění odpadu do odpovídajících kontejnerů, používání předepsaných čistých kontejnerů s odpovídajícím označením, pravidelné udržování čisté podlahy. K odpadovým nádobám se váží evropské normy, se kterými by měly být nádoby ve shodě. [24]

4.3 Ergonomická hlediska pro návrh pracoviště

Během tvorby návrhů nových nebo úpravy stávajících pracovišť je potřeba uvažovat, že člověk je nejdůležitějším prvkem výrobního systému. Pro efektivní fungování výrobního systému je tedy v zájmu podniku nastavit co nejlepší pracovní podmínky. Vhodné pracovní prostředí má pozitivní vliv na produktivitu, kvalitu práce, fyzický stav pracovníka a zároveň ovlivňuje bezpečnost, nemoci z povolání a spokojenost pracovníků, která souvisí s fluktuací. [6]

Jako první je potřeba definovat pracovní prostor. Jedná se o prostor, ve kterém daný pracovník vykonává konkrétní činnost. Tento prostor je charakterizován pomocí několika atributů, a sice povahou pracovní činnosti, vybavením pracoviště, mobilitou pracoviště, organizací práce na pracovišti, vázaností pracovníka a pracovní polohou. Cílem je navržení pracovního prostoru, který bude vyhovovat všem požadavkům pracovníka. Toho lze dosáhnout uvážením několika ergonomických hledisek. [25]

Obecně je možné ergonomická hlediska shrnout do několika bodů. Respektování a pravidelná snaha o plnění těchto bodů vede ve výsledku k vytvoření ergonomického pracoviště, což vede k již zmíněným výhodám. Těmito body jsou: [6]

- Práce v neutrální poloze
- Snížení nadbytečné síly
- Vše dostupné na dosah
- Práce ve vhodné výšce
- Odstranění nadbytečných pohybů
- Snížení statické zátěže a únavy
- Odstranění tlakových bodů
- Dostatek volného prostoru
- Cvičení a protahování
- Zajištění příjemného prostředí

Existují normy, které vymezují maximální přípustné limity pro podlahovou plochu, světlou výšku pracoviště a vzdušný prostor. Dále jsou vymezeny i maximální přípustné hmotnosti břemen pro manipulaci, přičemž je rozlišeno, zdali se jedná o muže nebo ženu a jak často je s břemeny manipulováno. Splnění těchto povinných limitů však nezaručuje vytvoření ergonomického pracoviště.

Již byly zmíněny body, které by měly být průběžně naplňovány ergonomickým nebo vedoucím pracovníkem. Dnes je již snaha tyto body respektovat a pravidelně uplatňovat návrhy na zlepšení ergonomie. Výsledkem by měly být komplexně řešené a výrazně lepší ergonomické

podmínky, než které jsou určeny normami. Pro tyto účely slouží ergonomické analýzy, které se zaměřují na pohyby a postoj těla během výrobních operací. Mezi rozšířené nástroje patří například metody RULA, OWAS, NIOSH, Snook a Ciriello a další. Tyto metody aplikují vlastní stupnici pro ergonomické hodnocení kritických postojů a pohybů těla a jsou mnohem přísnější než obecné normy. Tyto metody nejsou ze zákona povinné, podstatně však snižují potenciální vznik nemocí z povolání a ostatních zdravotních obtíží. Zároveň je při aplikaci těchto metod zvýšena pracovní pohoda a snížena námaha. [6]

Další ergonomické metody se zaměřují na délku trvání pohybů, většinou montážních operací. Jedná se o metody MTM a MOST. Do normování délky operace pomocí těchto metod je přímo promítán vliv vzdáleností jednotlivých komponent, náradí a vliv složitosti montáže. [6]

Existují ergonomická doporučení pro optimální rozvržení materiálu a náradí na pracovišti, které jsou závislé na dosahu končetin. Z hlediska pracovního prostoru je rozlišován prostor zorný, manipulační (horní končetiny) a pedipulační (dolní končetiny). Dále bude blíže popsán prostor manipulační, který se týká pohybů horních končetin například během montáže. Optimální manipulační prostor je omezen dosahem předloktí. Do tohoto prostoru by tedy měly být umístovány předměty vyžadující častou a přesnou manipulaci. Dalším manipulačním prostorem je prostor normální, který je definován jako vzdálenost ke středu dlaně natažené paže. Zde by měly být umístěny málo používané a těžší předměty. Posledním typem manipulačního prostoru je prostor maximální, který je vymezen dosahem konečků prstů při současném naklonění těla do 15°. Do tohoto prostoru by měly být umístěny předměty vyžadující zvýšenou pozornost. Může se jednat o ostré předměty, se kterými souvisí určitá míra rizika poranění. [6]

Důležitým hlediskem při návrhu pracovišť je volba pracovní polohy. Rozlišuje se sed a stoj, z nichž každý má své výhody a nevýhody, na které musí být brán ohled. Rozdíly jsou v koncentraci, energetickém výdeji, dosahu končetin, odlehčení nohou, přesnosti pohybů, vyvinutí síly, míře bdělosti apod. V dnešní době se lze často setkat s návrhy zkombinované pracovní pozice. Jedná se o kombinace práce ve stoje s pravidelným střídáním práce v sedě. K tomu je potřeba úprava pracoviště, kvůli čemuž tento přístup nelze vždy použít. [25] Alternativou je práce ve stoje s oporou pro částečné odlehčení dolních končetin. Nevýhodou opory je vytváření tlakových bodů. Po výběru vhodné pracovní polohy následuje určení výšky pracovní, nebo jinak také manipulační, roviny. Výška pracovní roviny závisí na rozměrech postavy konkrétního pracovníka, rozměrech a hmotnosti výrobku a na požadavcích na přesnost a zrakovou kontrolu. K obecnému charakterizování rozměrů rozdílných mužských a ženských postav slouží systém percentil. Pokud je však navrhováno pracoviště pro jednoho, nebo pro skupinu pracovníků, je vhodné návrh přizpůsobit konkrétnímu percentilu množiny pracovníků. Také je možné vytvořit návrh pracoviště se stavitelnou výškou pracovní roviny, což může být využito při obměně, či rotaci pracovníka. Orientační výšku pracovní roviny lze stanovit přenásobením výšky těla koeficientem. V případě práce ve stoje je hodnota koeficientu 0,6, pro sed je hodnota 0,4. V obou případech musí být přičítána výška podpatku. [6]

Posledním zmíněným doporučením je volba náradí, nástrojů a ovladačů. Lze se setkat s velkým množstvím různého náradí, avšak zdaleka ne vše náradí splňuje ergonomické požadavky. Co se ovladačů týče, měly by být umístěny v pohodlném dosahu bez nutnosti vykonávání nadbytečných pohybů. Ideální je využívat rovnoměrně obě horní končetiny, popřípadě začlenit nožní ovladače. Vyšší počet ovladačů je vhodné barevně odlišit, popsat pomocí nápisů, symbolů, apod. Co se týče nástrojů a náradí, záleží na váze, poloze těžiště a především na konstrukci a materiálu hmatníku. Hmatníky by měly přirozeně kopírovat tvar ruky, nevytvářet tlakové body a neměly by při použití nástroje zatěžovat zápěstí. [26]

5 Základní charakteristika a zaměření projektu

V další části diplomové práce je zpracován praktický projekt, který navazuje na uvedené teoretické základy předchozích kapitol. Jako první je definováno zadání projektu, následuje podrobný rozbor původního stavu. Dále je přistoupeno k návrhu nového řešení a realizaci projektu. Nakonec jsou sumarizovány výstupy.

5.1 Představení firmy

Jedná se o dceřinou firmu německého výrobce výdejních automatů, firmy Sielaff GmbH & Co. KG. Sielaff patří k prvním výrobcům prodejních automatů v Evropě. Firma byla založena v roce 1886 Maxem Sielaffem v Berlíně. V roce 1887 byl Sielaffu udělen první patent pro „prodejní automat“. Sielaff byl roku 1949 reorganizován panem Fritzem Baumgärtnerem, Johannem Marohnem a Edmundem Sielaffem. V současnosti se stále jedná o rodinnou firmu. Předmětem výroby jsou výdejní automaty pro prodej nápojů, cukrovinek, pro výkup prázdných obalů, pro prodej cigaret, žvýkaček, lahví, výdejové automaty pro průmysl a zakázková výroba. Vlastní pobočky se nachází v Anglii (Walsall), České republice (Plzeň), Francii (Marne-La-Valée), Švýcarsku (Oberentfelden), Rakousku (Innsbruck). [16]



Obr. 5.1 - Podnikové logo [16]

Pobočka SIELAFF Bohemia s.r.o. se nachází v Plzni. Dle definice velikosti podniku spadá mezi malé podniky, avšak pohybuje se na rozmezí malé až středně velké firmy. Od svého založení v roce 1994 působí jako prodejce prodejních automatů na kávu, limonády, cukrovinky, třídičky mincí apod. V západních Čechách zároveň zajišťuje kompletní obsluhu automatů a servis. Během své existence si vybudovala i druhé pole působnosti, konkrétně vlastní vývoj a výrobu průmyslových výdejních automatů, které jsou zaměřeny na výdej nástrojů, ochranných pomůcek a ostatního sortimentu ve výrobních podnicích. Výroba v Plzni je provozována od roku 2005, kdy byl přihlášen patent 3D výdejního automatu řady ASK. V současnosti vyrábí společnost i přídavné moduly pro hlavního představitele a prototypy. Dále je provozována výroba pro mateřskou společnost v malých sériích.

5.2 Zadání projektu

V průběhu posledních několika let se začala postupně navyšovat produkce výrobků. Zároveň došlo k navýšení produktového portfolia. To vedlo přirozeně k požadavku na navýšení personálních a skladových kapacit. Problémem však zůstal hlavně druhý bod, tedy skladové kapacity. Přestože byla k výrobní části haly přistavena krytá expediční a skladovací rampa, nebyly pokryty potřebné nároky na skladovou kapacitu.

Dalšími podněty pro zadání projektu na tvorbu nového layoutu jsou neexistence specializovaných montážních pracovišť. Kvůli tomu je potřeba sdílet některá montážní pracoviště a montovat hlavní podsestavy v dávkách. Nový layout by měl umožnit přechod k výrobě formou

toku jednoho kusu. Dále dochází k obecnému plýtvání ve výrobě, které plyne především z nepřehlednosti výrobního systému. Zároveň není volný přístup k materiálu, rozpracovaným výrobkům a k některým pracovištím.

Na popud těchto problémů vzniklo zadání projektu s cílem racionalizovat jednotlivá pracoviště, zajistit dostatečnou skladovou kapacitu a navrhnout celkové nové uspořádání montážní haly. Cílem při racionalizaci je tvorba pracovišť „na míru“, a to v ideálním případě s využitím stávajících výrobních prostředků, pokud by to bylo vhodné. Nový prostorový návrh by měl počítat se zásadami štíhlé výroby a umožnit snadné aplikování štíhlých principů při budoucích optimalizacích.

Místo výkonu

Hala A - výrobní objekt ve Zruč-Senec

Postup celého projektu:

- 1) Analýza původního stavu
- 2) Vytvoření 3D modelu původního stavu vlastní výrobní plochy
- 3) Návrh pracovišť
- 4) Návrh skladu
- 5) Návrh kompletního layoutu haly A
- 6) Realizace rekonstrukce haly (prostorové uspořádání, topení, osvětlení, vymalování stěn, nabarvení podlahy)

Cíle projektu

Výsledný navržený layout by měl vést k odstranění úzkého místa z haly A. Měla by být zajištěna přehlednost a současně volný přístup ke všem přepravním jednotkám, materiálu a rozpracovaným výrobkům. Další podmínkou je vytvoření flexibilního řešení kvůli dalším potenciálním změnám výrobního programu.

Obecné doplňující požadavky

Před racionalizací a tvorbou nových pracovišť, skladu a prostorového uspořádání je potřeba definovat vstupní podmínky a doplňující požadavky na výsledný návrh:

- ▶ Odstranění úzkého místa z haly A – Po provedení realizace nového uspořádání, rekonstrukce haly A, zavedení optimalizačních opatření celého výrobního systému a přibrání pracovních sil je v plánu navýšení produkce o 20 %. Je tedy nutné s tímto navýšením počítat během návrhu nového uspořádání.
- ▶ Flexibilita – Návrh musí respektovat výrobní profil a budoucí změny. Měnit se může množství a vnitřní konstrukce, přičemž rozměry jednotlivých skříní automatů zůstávají stejné. Atypické rozměry mají pouze přídatné moduly, které jsou však výrazně menších rozměrů.
- ▶ Rychlost přestavby linky – Při najetí na produkci jiného výrobku musí být pracoviště, která budou potenciálně seskládaná v lince, rychle přestavitelná. V zásadě se jedná o požadavek na rychlou výměnu potřebného materiálu pro montáž tak, aby byly veškeré potřebné komponenty vždy přímo u pracoviště.

- ▶ Důraz na ergonomii – Měla by být brána v úvahu stavitelná výška pracovní roviny, zlepšení dosahu pro materiál, držáky náradí, minimalizace manipulace s těžkými břemeny a manipulace v nevhodných polohách. Jakákoliv další ergonomická zlepšení jsou vítána.
- ▶ Příjemné pracovní prostředí – Návrh musí být nejen funkční, ale i vizuálně příjemný.
- ▶ Bezpečnost – Musí být řešena bezpečnost při montáži, skladování a ostatních procesech.
- ▶ Může být prodán stroj na střihání plechů – Stroj není potřebný pro přípravu výroby, využívá se pouze příležitostně při vývoji prototypů. V případě prodeje by byla uvolněna plocha na hale A.
- ▶ Využití konstrukce z jechlů – Nová pracoviště by měla být přednostně navrhována z jechlůvých svařenců, namísto systémů z alu-profilů, či trubek. Vzhledem k tomu, že má firma zázemí a dostupné technologie, vychází vlastní výroba levněji než nákup stavebnicových systémů.
- ▶ Vyhradit na hale místo pro terminál

Konkrétní doplňující požadavky

- ▶ Navýšení prostorové kapacity skladu o 20 %
- ▶ Návrh nového pracoviště pro montáž skříně, které bude zároveň přesunuto na halu A
- ▶ Návrh nového pracoviště pro montáž výdeje
- ▶ Pro ostatní pracoviště může být vytvořen nový návrh, mohou být pouze racionalizována nebo ponechána v původním stavu podle toho, co bude vhodné

Obecný postup pro návrh nového pracoviště:

- 1) Zpracování materiálových vstupů a výstupů, včetně způsobu manipulace
- 2) 3D návrh pracoviště
- 3) Konzultace a úpravy
- 4) Doplnění návrhu o 3D kóty a případné upravení rozměrů (výška pracovní roviny, rozměr pracovní desky apod.)
- 5) Tvorba výkresové dokumentace, podkladů pro výrobu a nákup
- 6) Realizace pracoviště

Omezení projektu

- ▶ Rozvaděč elektřiny – Nachází se v severovýchodním rohu haly. K rozvaděči musí být zajištěn volný přístup.
- ▶ Rozvody elektřiny – Jsou vedeny podél sloupořadí v hale. Při potenciálním využití plochy do výšky, tedy umístění paletových regálů, musí být zajištěna bezpečná vzdálenost.
- ▶ Rozvody stlačeného vzduchu – Opět musí být zajištěna bezpečná vzdálenost od paletových regálů.
- ▶ Vrtačky musí zůstat na hale A – Přestože je hala A určena pro montáž, je požadováno, aby byly obě vrtačky ponechány na hale A.

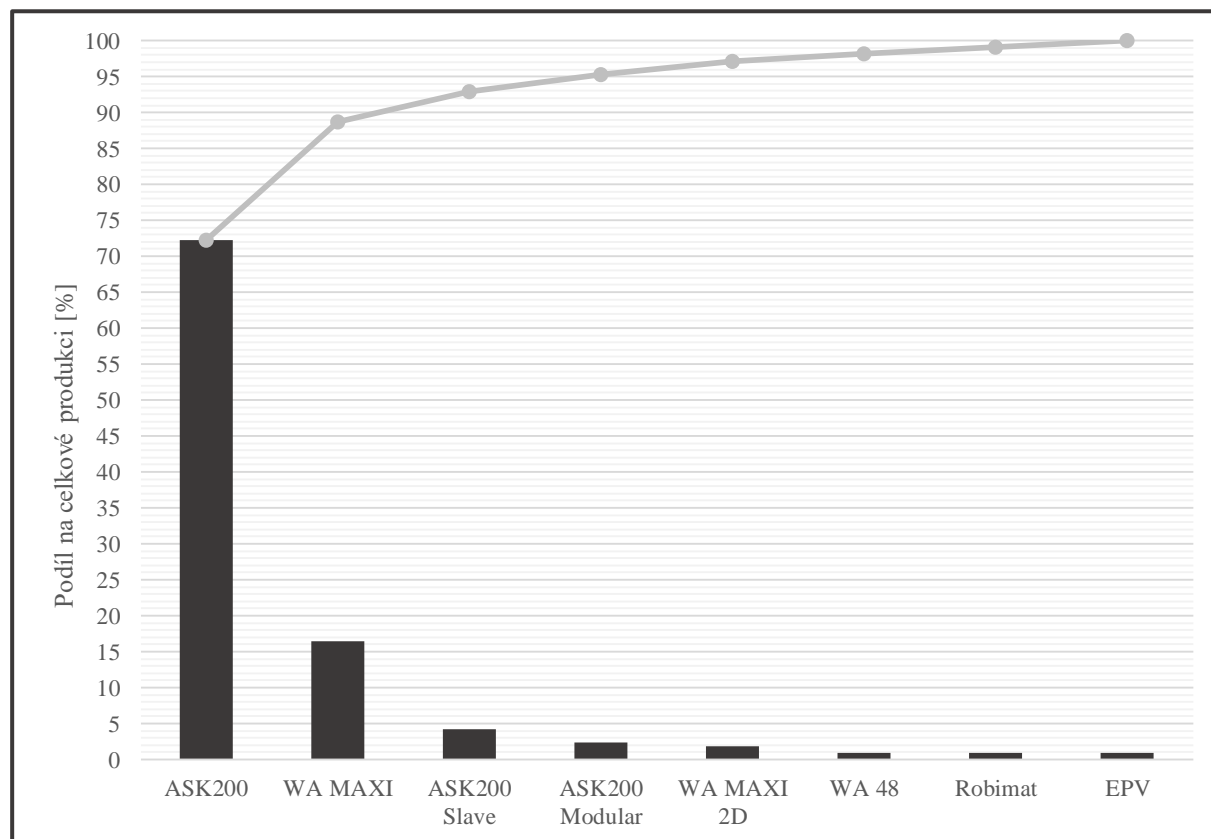
Rozpočet projektu

Celková cena projektu, včetně částečné rekonstrukce haly A – do 1 mil. Kč

6 Analýza výrobního programu a technologie

6.1 Charakteristika výrobního programu

Jelikož se jedná o specializovanou výrobu, skládá se výrobní program z úzkého portfolia výrobků. Produkty jsou vyráběny v malých dávkách, příležitostní zakázky a prototypy jsou realizovány kusovou výrobou. Seznam výrobků a jejich podíl na celkové produkci je zobrazen pomocí následující ABC analýzy. Analýza byla provedena na základě dat od 1. 10. 2017 do 1. 10. 2018, tedy z průběhu jednoho roku.



Obr. 6.1 - ABC analýza produkce

Produkt	Podíl výroby [%]	Kumulativní podíl [%]	Kategorie produktu
ASK200	72	72	A
WA MAXI	16	89	B
ASK200 Slave	4	93	B
ASK200 Modular	2	95	C
WA MAXI 2D	2	97	C
WA 48	1	98	C
Robimat	1	99	C
EPV	1	100	C
Celkový součet	100	-	-

Tab. 6.1 - Přiřazení do kategorií v rámci ABC analýzy

Aktuální výrobní portfolio by se dalo shrnout do tří kategorií. Hlavní kategorie tvoří ASK 200 a WA, poslední kategorii tvoří příležitostní výrobky a prototypy. Celé výrobní portfolio se vlivem prototypů v průběhu let pravidelně obměňuje.

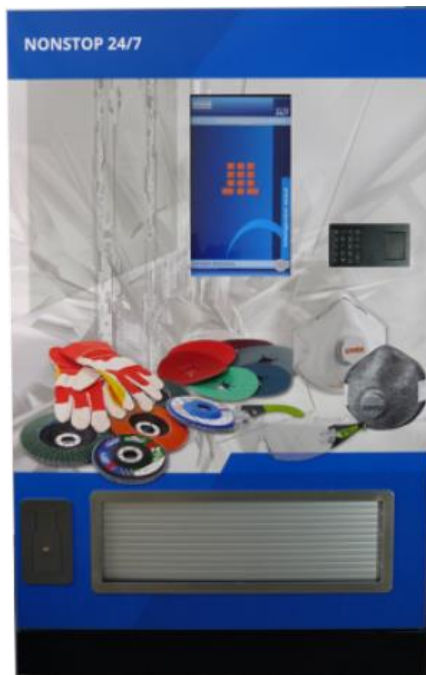
První hlavní kategorií jsou produkty ASK 200. Samotný automat ASK 200 tvoří přibližně 72 % celkové produkce. Jedná se o primární produkt, ke kterému je možné připojit přídatné moduly ASK 200 Slave, ASK 200 Modular a EPV.



Obr. 6.2 - ASK 200

Automat ASK200 je high-tech výrobkem v oblasti výdejních systémů na spotřební průmyslové zboží. Díky patentovanému vydávacímu systému nabízí kapacitu až 880 výdejních pozic. Automat je vybaven vlastním skladovým systémem, který umožňuje nastavení reportů, přidávání omezení, vzdálenou servisní podporu a další. Evidence výdejů probíhá na základě přihlášení pomocí technologie RFID. Výběr je prováděn skrze 22 palcový dotykový displej.

Druhou hlavní kategorií výrobků jsou spirálové výdejní automaty WA. Spadají sem výrobky WA MAXI, WA MAXI 2D a WA48. Automaty se využívají například na ochranné pomůcky a větší nástroje.



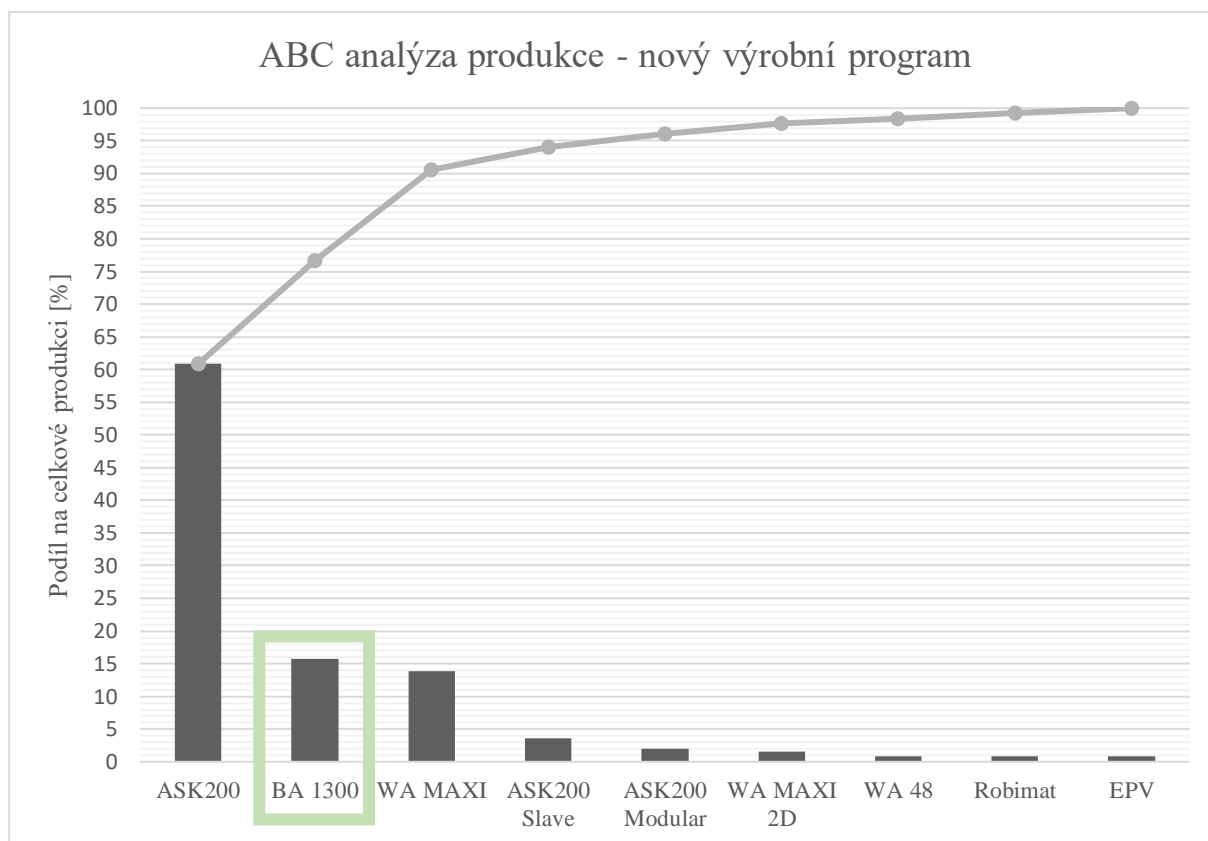
Obr. 6.3 - WA Maxi

Třetí kategorií jsou příležitostní výrobky a prototypy. Jedná se o produkty, které jsou obtížné na předpovídání potenciálního objemu výroby. Posledními prototypy jsou automaty WA 48, BA 1300 a modul EPV. WA 48 a EPV byly již přidány do výrobního portfolia. Automat BA1300 je aktuálně v poslední fázi před zahájením prodeje.

6.2 Nový výrobní program

Aktuálně je plánována změna výrobního programu. Prioritou je navýšení výrobních objemů o 20 %. Dále bude uveden do výroby prototyp BA 1300, který by měl představovat 16 % celkové produkce.

S těmito změnami je nutné počítat. V zásadě se jedná pouze o návrh nových pracovišť tak, aby vyhovovala i zmíněným novým typům automatů. Zároveň je toto nutné zohlednit během návrhu celkové kapacity nového skladu. Plánovaný nový výrobní program je zobrazen opět pomocí ABC analýzy, tentokrát se však jedná o plánovanou roční produkci.



Obr. 6.4 - ABC analýza - nový výrobní program

6.3 Charakteristika výrobní technologie

Výroba je rozdělena do tří základních fází, a sice část příprava na montáž, část hlavní montáž a část dokončující montáž a kontrola. Veškeré potřebné výrobní technologie jsou soustředěny do fáze přípravné, některé jsou řešeny formou kooperace.

Technologie	Dostupnost	Využívání
Svařování	Vlastní	Pravidelně
Broušení	Vlastní	Pravidelně
Navařování svorníků	Vlastní	Pravidelně
Nýtování	Vlastní	Pravidelně
Závitování	Vlastní	Pravidelně
Pískování	Vlastní	Pravidelně, včetně přidružené výroby
Řezání	Vlastní	Příležitostně
Stříhání plechů	Vlastní	Příležitostně
Práškové lakování	Kooperace	Pravidelně
Zinkování	Kooperace	Pravidelně
Speciální nástroj – razník	Vlastní	Pravidelně

Tab. 6.2 - Přehled technologie pro přípravu na montáž

6.4 Charakteristika výroby

Charakteristika výroby	Popis
Objem	Nerytmická malosériová výroba / Kusová výroba
Hledisko odběru výrobků	Hlavně výroba zakázková, částečně i výroba na sklad
Složitost	Kusovník 600 různých komponent v různém množství Některé komponenty a montážní podsestavy vyžadují manipulaci ve dvou, výjimečně i ve třech lidech
Variabilita	Nízká (polep) až vysoká (barva, elektronika, příslušenství, kabeláž, polep, softwarová instalace, počet výdejných pozic, ...)
Podobnost produktů	Základní rozměry skříní jsou stejné, liší se vnitřní HW a SW
Prostorová náročnost	Vysoká (Mezioperační zásoby mají větší rozměry hoto- vého výrobku) Komponenty občas přesahují rozměr europalety
Časová náročnost	Dokončování produktů kusově či v malých dávkách, dlouhá dodací doba (až 2 měsíce)
Nároky na zaškolení operátorů	Vysoké, jedna montážní operace zabere např. hodinu času
Výrobní systém	Kombinace tahu a tlaku

Tab. 6.3 - Obecná charakteristika výroby

Charakter výroby je z velké části ovlivněn hlavním odbytovým produktem, automatem ASK 200. Dále je tedy výroba blíže rozvedena právě pro tento typ automatu. Zároveň jsou zmíněny i související nedostatky aktuálního stavu.

Jedná se o výrobu v malých dávkách. Velikost dávek je určena množstvím objednaného množství kritických velkých komponent. Jedná se obvykle o dveře, bočnice, stropy, podlahy a výdeje automatu. Objednávky jsou zadávány nárazově podle aktuálního stavu dostupného materiálu na skladu a podle zakázek. Tyto rozměrné komponenty jsou nejvíce náročné na skladovou kapacitu, proto jsou hlídány a objednávány podle potřeby.

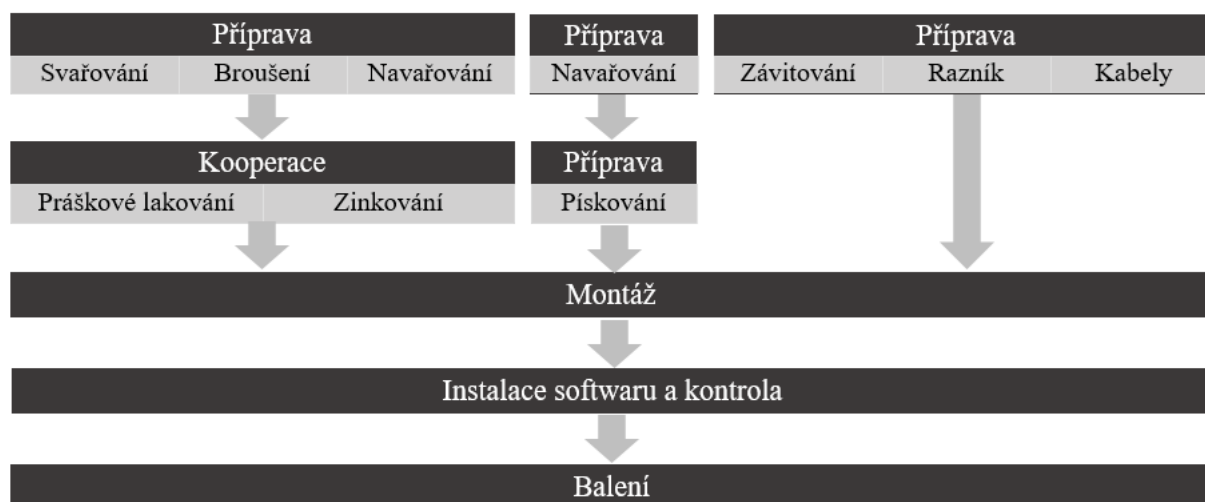
Výroba automatu ASK 200 je zároveň vysoce variabilní, což zvyšuje nároky na řízení procesu montáže a kontrolu dostupných dílů. Jelikož se jedná o specializovaný produkt, který je ve většině případů na zakázku, tak zákazníci akceptují delší dobu dodání, která je standardně nastavena na dobu dvou měsíců. Tato doba dodání je potřebná především u automatů, které jsou požadovány v jiném barevném provedení. Objednání některých kritických dílů je v takovémto případě řešeno při zadání zakázky bez předešlého předzásobení. Celková doba výroby se prodlužuje hlavně vlivem koordinace vlastní výroby a kooperace. Kromě zvolené práškové barvy na začátku výrobního procesu se variabilita nachází následně ještě v závěru procesu, a sice na dokončovací montáži, kde probíhá montáž elektronických součástí a konfigurovatelného vybavení. Kromě tohoto má každý automat ještě jedinečný polep dle požadavku zákazníka. Kritické komponenty v základní barvě a veškeré ostatní komponenty jsou objednávány při nízkém stavu zásob. Přehled o stavu zásob je poskytován nedávno zavedeným informačním

systémem. Stav komponent potřebných pro výrobu automatu ASK 200 je spolehlivý. Problém s přesností dat o stavu zásob se vyskytuje u spojovacího materiálu a komponent pro ostatní výrobky.

Příprava výroby a samotná montáž je řízena dávkově. Na každém pracovišti v předvýrobě je dostupný materiálový vstup, který je zpracováván, dokud není zcela přetvořen na výstup. Obvykle je vstup tvořen pravidelně se opakujícím množstvím. Problém však nastává u montáže. Veškerá montážní pracoviště totiž také zpracovávají vstupy dávkově a vzniká tak vysoká mezioperační zásoba. Problém je to hlavně kvůli tomu, že se jedná o velké podsestavy skříní automatů, které pak zabírají místo na montážní ploše. Vzhledem k tomu, že pravidelně narůstá produkce, začíná být kapacita plochy nedostačující. Mezioperační zásoby nemají své stálé místo a je pro ně využívána jakákoliv dostupná plocha, což způsobuje nepřehlednost výroby, zvýšení výrobního taktu, ztížení manipulace s materiálem a ztížení odhadu aktuálního stavu zásob. Kromě toho neprobíhá na pracovištích montáž podsestav ve stejných dávkách. Tento systém tlaku způsobuje vytváření zásob. Největší hromadění nastává v úzkém místě, které se přemísťuje podle aktuálního počtu operátorů přidělených k určitým operacím procesu montáže. K nadbytečnému přesouvání operátorů podle aktuální potřeby dochází vlivem nevybalancovaných montážních operací a vlivem dávkového zpracování.

6.5 Návaznost výrobních operací hlavního představitele

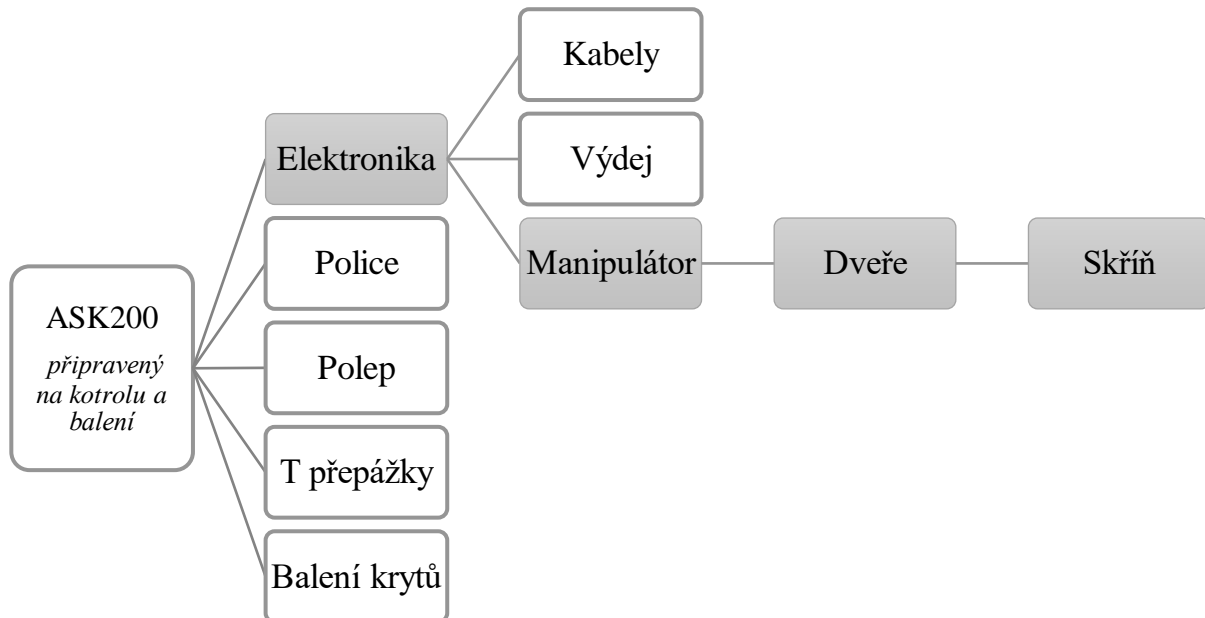
Nejsložitější výrobek je ASK 200. Následující obrázek znázorňuje výrobní proces tohoto automatu. Pro ostatní výrobky nejsou potřebné všechny technologie, ani všechna montážní pracoviště.



Obr. 6.5 - Návaznost výroby

Dále bude blíže rozebrán proces montáže. Montáž probíhá na každém pracovišti dávkově. Velikost dávky je stanovena na osm kusů, jelikož komponenty bočnice, strop a dveře jsou přepravovány v transportních klecích po osmi na kooperaci. Velikost dávky byla stanovena na maximální kapacitu transportních klecí, které byly zkonstruovány tak, aby se co nejlépe přiblížily standardním paletovým rozměrům. Zároveň je dávka po osmi vhodná pro firmu zprostředkující technologii práškového lakování, jelikož se akorát naplní kapacita pece. Přestože je dávka stanovena na osm kusů, jedná se hlavně o dávku objednávací. Objednávky probíhají v násobcích osmi, podsestavy však nemají jednoznačnou velikost dávky. Některé podsestavy se montují ve větším množství do zásoby.

Celkový proces montáže se dělí na operace podle hlavních montážních podsestav. Dále se vyskytuje ještě předmontáž drobných součástek a kabelů, které tvoří vstup pro montáž hlavních podsestav. Kromě toho se připravují ještě díly dodávané k automatu zvlášť. Následující diagram shrnuje celkový proces montáže, včetně návazností jednotlivých podsestav:



Obr. 6.6 - Proces montáže

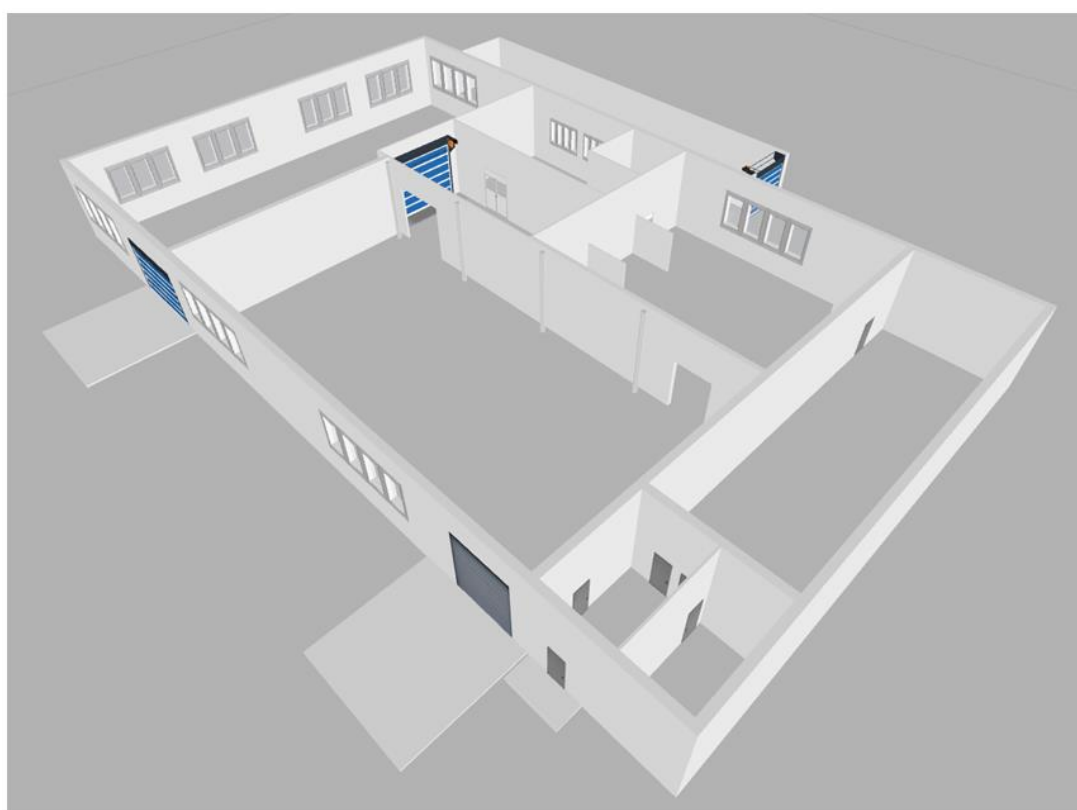
Na obrázku je šedivě vyplněnými poli zobrazena kritická cesta navazujících montážních operací. Tyto operace určují celkovou dobu montáže.

7 Analýza výrobního prostoru

K popisu původního stavu prostorového uspořádání je využit 3D modelovací program, ve kterém je namodelován skelet celého výrobního objektu. Do skeletu haly jsou následně vloženy 3D objekty, pomocí nichž je zobrazen původní stav prostorového uspořádání výroby. K popisu účelového rozdělení ploch a k zobrazení toku materiálu hlavních představitelů slouží půdorys modelu.

Dále jsou blíže popsány jednotlivé plochy pro vlastní výrobu, včetně specifikace problémů, se kterými se výroba musí potýkat. Pro lepší představu je text doplněn fotkami.

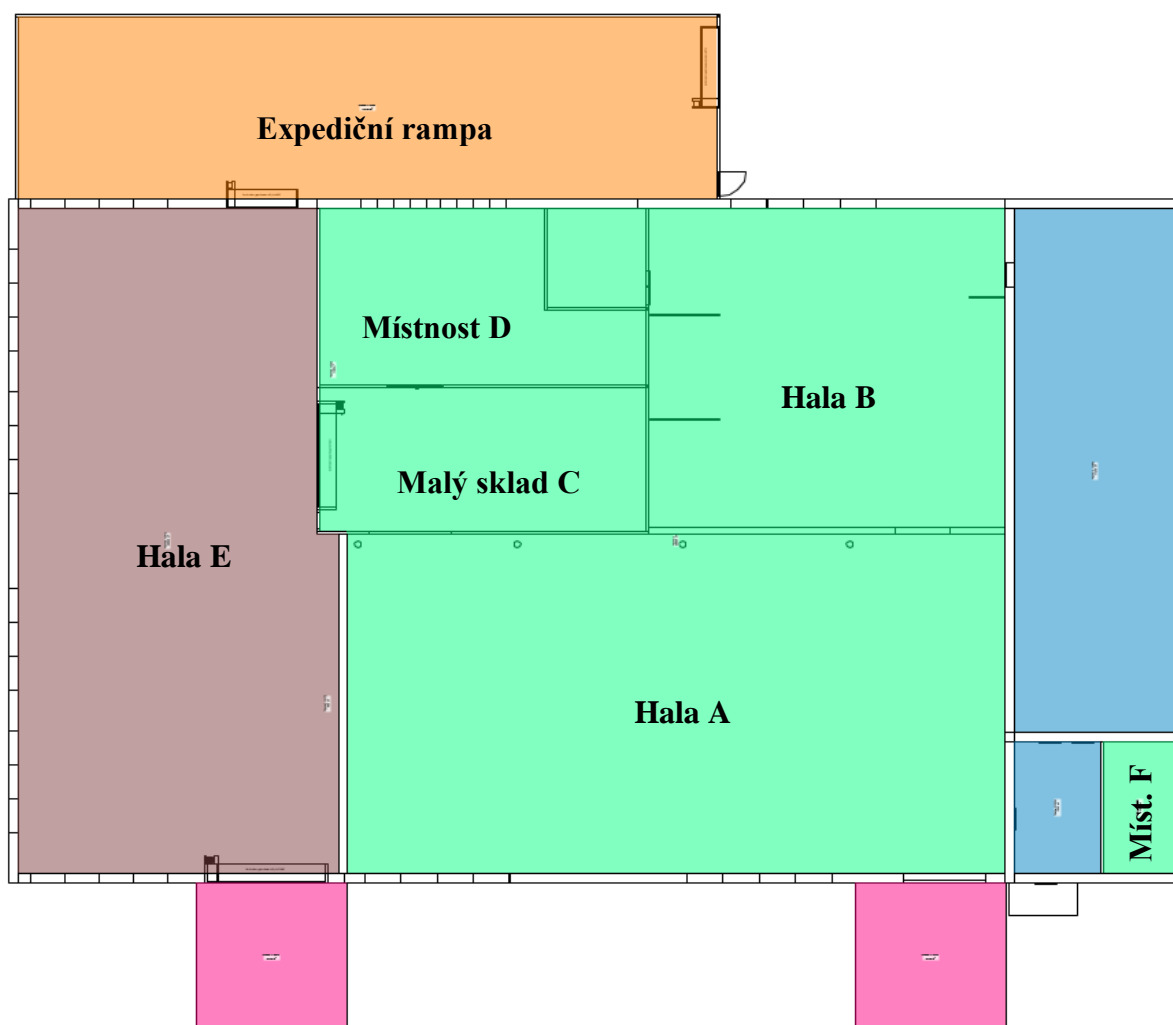
Nakonec jsou představeny dostupné aktivní logistické prvky, přepravní jednotky, kapacita skladu a dostupná pracoviště, přičemž kapacita skladu a popis jednotlivých pracovišť je již zaměřen pouze na halu A, pro kterou je tento projekt zpracováván.



Obr. 7.1 - Skelet výrobního objektu

Celková plocha výrobního objektu je rozdělena do osmi oddělených malých hal a ostatních prostorů:

- ▶ Hala A
- ▶ Hala B
- ▶ Malý sklad C
- ▶ Místnost D
- ▶ Hala E
- ▶ Místnost F
- ▶ Expediční rampa
- ▶ Kanceláře a sociální plocha



Obr. 7.2 - Rozdělení plochy výrobního objektu

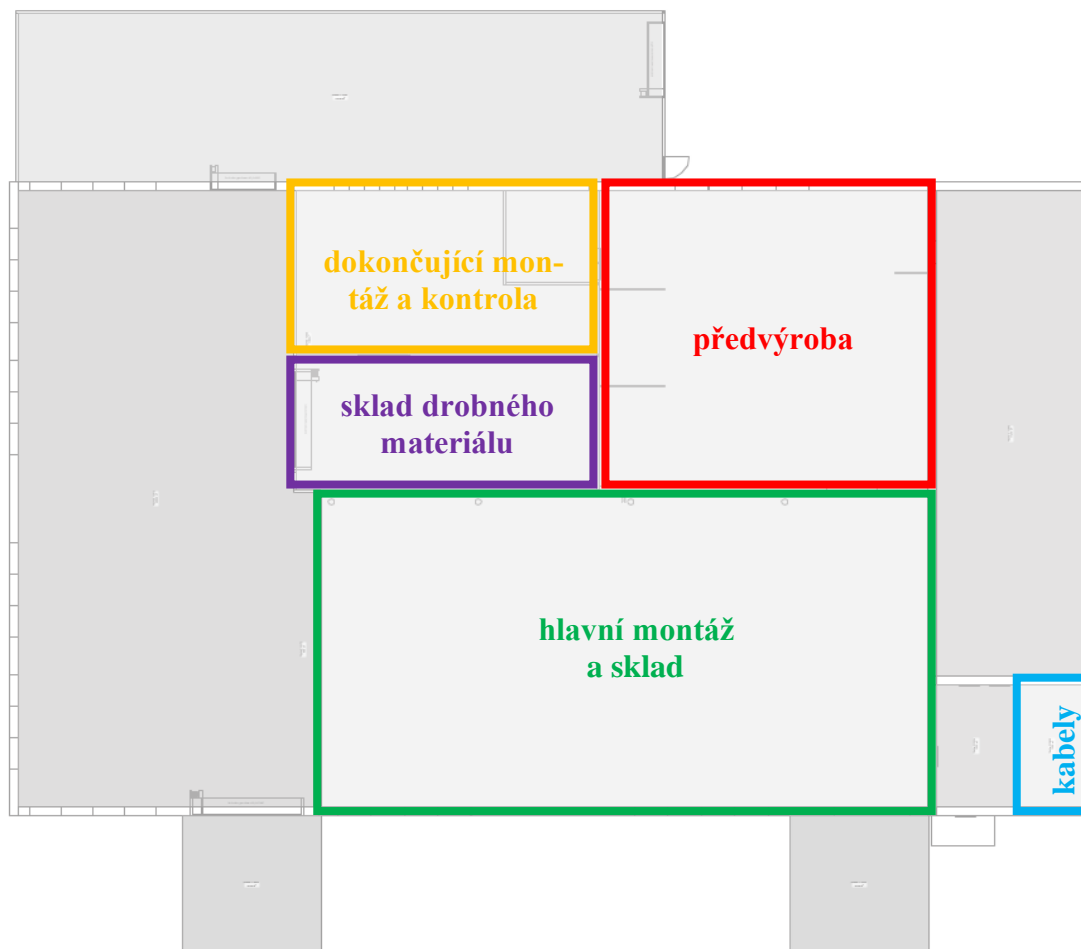
Barva plochy	Využití plochy	[m ²]
	Plocha pro vlastní výrobu	600
	Kanceláře a sociální plocha	129
	Výroba pro mateřskou společnost	277
	Expediční rampa	170
	Plocha pro přebírání materiálu	60

Tab. 7.1 - Plochy výrobního objektu

Zelená barva tedy představuje plochu pro vlastní výrobu. Celou tuto plochu je možné rozdělit na 3 hlavní celky, a sice:

- ▶ předvýroba
- ▶ hlavní montáž a sklad
- ▶ dokončující montáž a kontrola

K těmto hlavním celkům se navíc ještě přidává sklad drobného materiálu a oddělená místnost sloužící pro přípravu kabelů. Rozdělení plochy pro vlastní výrobu je znázorněno na následujícím obrázku:



Obr. 7.3 - Plochy pro vlastní výrobu

Tento projekt je zaměřen pouze na halu A, tedy na plochu hlavní montáže a skladu. Avšak ve výchozím uspořádání se první montážní operace hlavní podstavy skříně nachází ve výrobní hale B, a proto je potřeba uvést souvislosti haly B s halou A. Ve výchozím stavu se jedná o sdílení pracovního stolu. To zároveň znamená, že materiálový tok montáže začíná na hale B a pokračuje na halu A. Jedním z požadavků zadání tohoto projektu je, aby bylo pracoviště z haly B přesunuto na halu A, tedy aby materiálový tok montáže začínal na hale A.

V rámci projektu je vytvořen 3D model, který znázorňuje nejen halu A, ale i přilehlé haly a místnosti, které jsou využívány pro vlastní výrobu. Tento 3D model je následně využit pro znázornění původního toku materiálu. Model je zobrazen na následujícím obrázku.



Obr. 7.4 - 3D model výrobního systému pro vlastní výrobu

7.1 Hala A

Hala A slouží jako hlavní montážní hala. Zároveň je zde umístěn materiál pro montáž, který je skladován v rozmístěných regálech všude po hale. Dále jsou na hale dvě vrtačky, které se pravidelně využívají k přípravě dílů na montáž. Kromě vrtaček je na hale umístěn stroj na stříhání plechů, který se využíval v minulosti a dnes je využíván pouze příležitostně.

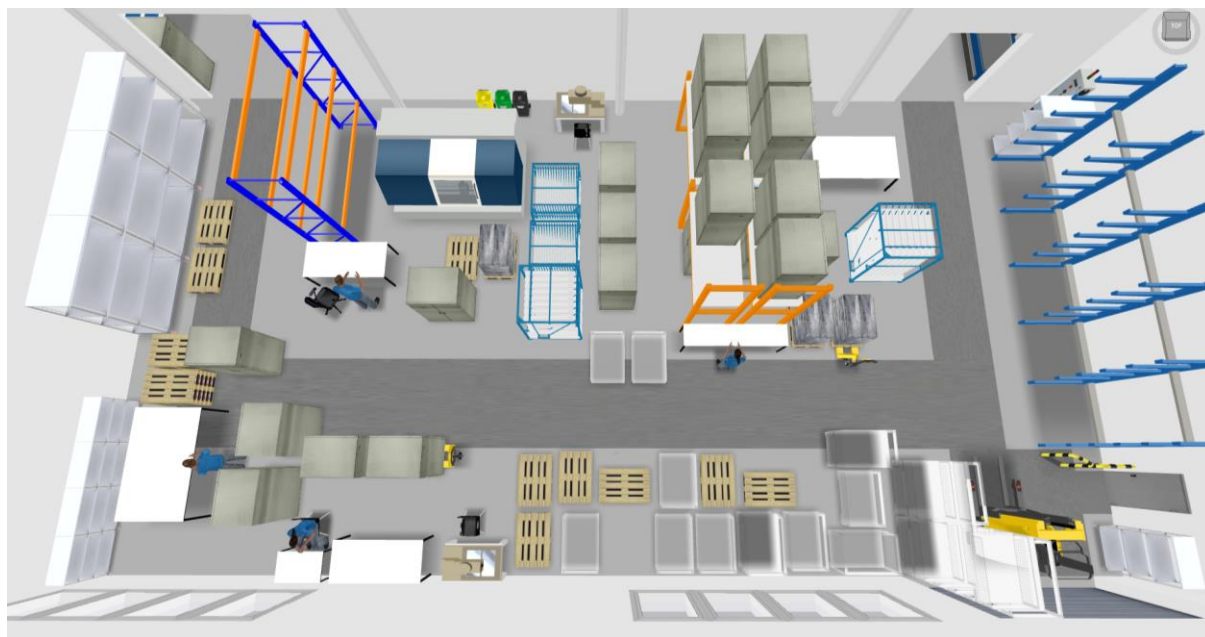
Na hale jsou patrné nedostatky a ukazatele plýtvání na první pohled. Neexistuje ucelená montážní, ani skladová plocha, ani vyhrazená plocha pro vrtačky. Zásoby a rozpracovaná výroba nemají určené jednoznačné místo a nejsou nijak omezeny z hlediska maximálního množství. V pravidelných cyklech dochází k zahlcování rozpracovanou výrobou a volně ležícím materiálem. Pokud je potřeba dostat se k materiálu nebo ke konkrétnímu rozpracovanému produktu, který je zabarikádován, je potřeba nejprve uvolnit přístup. Zdlouhavá manipulace probíhá pomocí ručního paletového vozíku. Stav pracovišť je také nevyhovující. Ne všechny materiál je dostupný na pracovištích, velké množství pravděpodobně nadbytečného nářadí nemá určené své místo. Veškeré montážní procesy nejsou znormovány a chybí pracovní postupy. Z těchto důvodů je pochopitelné, že se v podniku vyskytují prakticky všechny druhy plýtvání, z nichž se zdá být největším problémem neřízené množství rozpracované výroby související s nepřehledností, hledáním materiálu, zbytečným chozením a hlavně s vysokou mírou manipulace.



Obr. 7.5 - Fotka haly A - původní stav (1)



Obr. 7.6 - Fotka haly A - původní stav (2)



Obr. 7.7 - 3D model haly A

7.2 Hala B

Zde se nachází kompletní příprava výroby pro následnou montáž, kromě vrtání závitů. Velké díly a plechové soustavy se zde svařují, následně brousí a na některé se pak ještě navařují svorníky. Některé drobné sestavy se pouze svařují. Veškeré připravené díly pak směřují na kooperaci, buď na práškové lakování, nebo na zinkování. Po návratu jsou díly a sestavy připravené na montáž a skladují se na hlavní hale A.

Kromě přípravy výroby zde však zároveň probíhá i montáž skříně automatu. Logickým požadavkem tak je přesunutí této montáže na halu A, kde by mělo dojít k vytvoření jednotné montážní plochy. Tím zároveň dojde k úplnému oddělení montáže a předvýroby.



Obr. 7.8 - 3D model haly B

7.3 Dostupné aktivní logistické prvky a přepravní jednotky

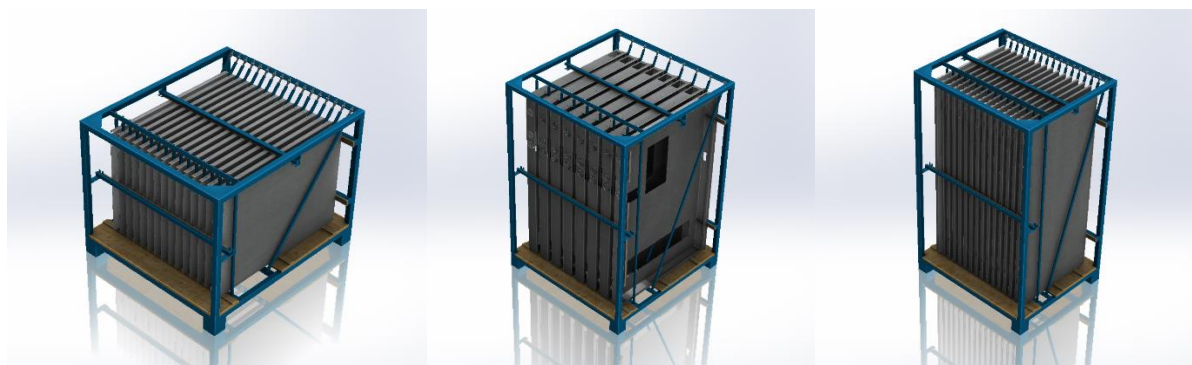
Dostupné aktivní logistické prvky:

- ▶ 1x retrak
- ▶ 1x ručně vedený elektrický paletový vozík
- ▶ 3x manuální paletový vozík

Typy přepravních jednotek:

- ▶ Europaleta
- ▶ Europaleta s přesahujícím materiálem
- ▶ Nadrozměrná paleta pro zadní plech skříně
- ▶ KLT boxy
- ▶ Gitterbox 1200x800x800 (mm)
- ▶ Gitterbox poloviční 1200x800x400 (mm)
- ▶ Transportní klec pro bočnice
- ▶ Transportní klec pro stropy
- ▶ Transportní klec pro dveře

Důležité je zmínit, že kromě standardních přepravních jednotek jako europalet, síťovaných boxů (Gitterboxů) a KLT boxů, jsou využívány také přepravní jednotky nestandardních rozměrů. Jedná se o europalety, které nesou materiál přesahující jejich rozměr. Takové palety jsou skladovány buď na zemi, nebo podélně v regálu. Dalším nadrozměrným typem je paleta nesoucí zadní plechy skříně automatu. Jedná se o jednu paletu délky 2000 mm. Posledními nestandardními typy jsou speciálně navržené transportní klece pro přepravu bočnic, stropů a dveří automatu. Transportní klece byly vyrobeny kvůli transportu na práškové lakování a zpět na montáž, přičemž zároveň slouží i pro uskladnění. Transportní klece jsou navrženy k pokrytí výroby 8 kusů automatů, tím je zároveň určena i výrobní dávka.



Obr. 7.9 - Transportní klece pro velké díly

Dále je nutné počítat s ostatním materiálem, který je skladován volně na hale a volně v regálech. Jedná se o obalové materiály, jekly, šablony pro navařování svorníků, kartonové boxy s méně rozměrnými díly, ostatní materiál.

7.4 Celková skladová kapacita haly A

Následující obrázek přehledně zobrazuje veškeré dostupné skladové kapacity na hale A. Skladová plocha je roztržena po celé hale a z velké části je nemožné se přímo dostat k materiálu bez nutnosti uvolnění cesty. Dalším problémem je nesourodost samotných regálů. Dva regály na hale (červený, modrý) nejsou stavěny pro skládání standardních europalet. Dochází tak ke značnému plýtvání místem. Červený regál je navíc k tomu snížený, takže není využita výška haly. Fialovou barvou je znázorněna volná skladová plocha, u které je problémem opět nevyužití výšky haly, jelikož ke stohování dochází pouze u gitterboxů, kterých není tolik, aby byla tato plocha využita. Většinou jsou na této ploše umístěny pouze jednotlivé europalety, čímž dochází ke značnému nevyužití výšky haly.



Obr. 7.10 - Skladové plochy na hale A - původní stav

- ▶ 1x velký konzolový regál s patry z dřevotřísek ▬
- ▶ 4x paletový regál s roztečí 2700 mm ▬
- ▶ 1x paletový regál s roztečí 3600 mm ▬
- ▶ 3x malý regál s roztečí 2000 mm ▬
- ▶ Volná skladová plocha ▬

Označení skladové plochy	Záběr plochy [m ²]	Reálná využitelná kapacita prostoru [m ³]
▬	9,0	40,5
▬	13,0	58,5
▬	4,3	19,4
▬	4,8	14,4
▬	24,2	36,3
Celkem	55,3	169,1

Tab. 7.2 - Dostupná skladová kapacita haly A – původní stav

7.5 Přehled jednotlivých pracovišť

Původní stav všech pracovišť je zpracován formou obecného popisu, specifikace problémů a zhodnocení pomocí několika kritérií. Budou zmíněna veškerá pracoviště, která jsou na hale A. Jedinou výjimkou je montáž skříní, která probíhá na hale B, nicméně je požadováno tuto operaci přesunout na halu A, proto bude také uvedena.

Obecný popis a specifikace problémů jsou zpracovány pro všechna pracoviště. Následně je formou konzultace rozhodnuto o dalším postupu, a sice zdali bude vytvářen nový návrh pracoviště, konkrétně návrh pracovního stolu, nebo zdali bude provedena pouze racionalizace. Pokud bude vytvářen nový návrh, bude zároveň, kromě obecného popisu a specifikace problémů, vytvořena i tabulka kritérií. Kritéria sloužící ke zhodnocení původního a následně nově navrženého stavu celého pracoviště budou rozdělena na kvantitativní maximalizační, kvantitativní minimalizační a kritéria kvalitativní. Pokud bude rozhodnuto o nevytváření nového návrhu, bude k pracovišti přistoupeno formou racionalizace. Hlavní snahou bude rušení nepotřebných operací a zlepšení vzdálenosti potřebných komponent od pracovního stolu. Pro pracoviště, u kterých bude prováděna racionalizace, bude zásadní návrh layoutu celé haly. Od toho se následně budou odvíjet zlepšení oproti původnímu stavu. Tato zlepšení by pak měla být uvedena ve srovnávací tabulce ve shrnutí celého projektu.

Definovaná hodnotící kritéria by měla zohledňovat vyskytující se problémy na pracovištích. Nový návrh každého pracoviště bude zhotoven na základě specifikovaných problémů spolu se znalostí celého výrobního systému a následně hodnocen na základě kritérií. Dále jsou uvedena hodnotící kritéria.

Kvantitativní kritéria maximalizační

- ▶ Výšková stavitelnost pracovní roviny
- ▶ Zdvih stolu rotací

Kvantitativní kritéria minimalizační

- ▶ Počet sdílených operací s vlastní operací
- ▶ Minimálně nutný počet smontovaných podsestav
- ▶ Maximální vzdálenost potřebné komponenty
- ▶ Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části
- ▶ Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka
- ▶ Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny
- ▶ Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem
- ▶ Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu
- ▶ Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu

Kvalitativní kritéria

- ▶ Čistota prostředí
- ▶ Zavážení materiálu
- ▶ Bezpečnost
- ▶ Nadbytečná manipulace
- ▶ Bytelnost pracovního stolu
- ▶ Vizuální působení pracoviště
- ▶ Namáhavost operace

Dále budou definována prioritní kritéria, která v původním stavu představují hlavní problémy a jejich řešení by mělo být prioritně řešeno během návrhu nového stavu.

Takto budou zvýrazněna hlavní kritéria v hodnotících tabulkách.

7.5.1 Pracoviště skříně

První montážní operací je sestavení skříně automatu. Celá montážní operace zabere přibližně 40 minut času, přičemž je potřeba výpomoc dalších dvou pracovníků pro převrácení smontované skříně ze stolu na stavěcí nohy.

Většina komponent je velkých rozměrů. Jsou využívány transportní klece a europalety. Mezi velké díly patří bočnice z obou stran, zadní plech, strop, podlaha, boční výztuže a výztuže zad. Dále je potřeba několik druhů spojovacího materiálu, především nýty. Po postavení skříně je montáž dokončena několika drobnými komponentami a je zakryta podlaha kvůli ochraně proti zašpinění a poškrábání v průběhu dalších montážních operací. Pro drobné komponenty a spojovací materiál jsou využívány ukládací boxy v blízkosti pracoviště.

Montáž probíhá na hale B (příprava výroby), a sice na stole, který je zároveň využíván pro navařování svorníků a broušení dveří.



Obr. 7.11 - Pracoviště pro montáž skříně a navařování svorníků

Specifikace problémů na pracovišti

- 1) **Sdílení pracoviště s předvýrobními operacemi.** Po dokončení montáže se skřín přeusne na halu A. Problém způsobuje právě potřeba pracoviště jak pro přípravu výroby, tak pro montáž. Zároveň je nutné montovat skříně v prostředí se zvýšenou prašností a nejsou odděleny montážní operace od přípravy výroby.
- 2) **Potřeba výpomoci dalších dvou pracovníků před dokončením montáže.** Montáž začíná sestavením zadní stěny, bočnic a stropu. Následuje nasazení podlahy, našroubování stavěcích nohou a postavení skříně. Postavení skříně je prováděno 3 pracovníky, přičemž je potřeba opatrně převrátit před-montovanou podsestavu a nepoškodit práškovou barvu. Dále jsou přidány výztuže a několik drobnějších dílů. Problém představuje nutná součinnost 3 pracovníků pro postavení skříně. Tito pracovníci musí přerušit svou činnost, přejít k pracovišti a po postavení skříně opět odchází a pokračují v montáži jiné podsestavy.
- 3) **Potřeba dávkového zpracování.** Pracoviště je sdíleno s předvýrobními operacemi broušení a navařování svorníků. Kvůli tomu jsou rozpracovány montážní podsestavy ve

velkých dávkách najednou a zabírají místo na hale A, kde je následně nutné neustále manipulovat s rozpracovanými výrobky a ostatním materiálem, jelikož není dostatek volné plochy na hale A.

- 4) **Zásobování pracoviště materiálem.** Jelikož není ani na hale B dostatek volné plochy, je náročné synchronizovat materiálovou potřebu jak pro montáž, tak pro předvýrobní operace. Problém nastává hlavně po objednání rozměrných dílů pro předvýrobu.
- 5) **Ergonomie montážního stolu.** Dalším hlediskem je ergonomičnost samotného montážního stolu. Během montáže není možné měnit výšku pracovní roviny, jelikož se jedná o pevný stůl. Změna pracovní výšky při montáži by umožnila lepší polohu těla, hlavně během nýtování velkých komponent. Kromě toho je výška pracovníků různá a výška stolu nevyhovuje hlavně pracovníkům nižšího vzrůstu.
- 6) **Docházení pro potřebné komponenty.** V případě, že není dostatek volné plochy na hale B, dochází k umístění transportních klecí s velkými komponentami na halu A. Pro tyto komponenty je pak nutné docházet. Zároveň je potřeba docházet pro velké komponenty do velkého konzolového regálu na hale A.

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Hodnota
Výšková stavitelnost pracovní roviny	[mm]	0
Zdvih stolu rotací	[°]	-
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Hodnota
Počet sdílených dalších operací s vlastní operací	[-]	2
Minimálně nutný počet smontovaných podsestav	[-]	8
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	7
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	3
Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka	[kg]	-
Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny	[mm]	-
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	5
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	2,5
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	-
Kvalitativní kritéria	Specifikace	
Čistota prostředí	Zvýšená prašnost vlivem probíhajících operací na hale B	
Zavážení materiálu	Potřeba zavážet transportní klece s velkými komponentami před montáží celé dávky. Zároveň potřeba synchronizace podle dostupného volné plochy na hale B	
Bezpečnost	-	
Nadbytečná manipulace	Vzhledem k dávkovému zpracování dochází k nadbytečné manipulaci s hotovými podsestavami, pro které je hledáno	

	místo na volné ploše, které není pevně stanoveno vlivem nedostatku volné plochy.
Bytelnost pracovního stolu	Musí být zajištěna kolečka stolu
Vizuální působení pracoviště	-
Namáhavost operace	Převrácení před-montované podsestavy je náročné a je potřeba synchronizování pohybů 3 pracovníků

Tab. 7.3 - Zhodnocení pracoviště pro montáž skříně - původní stav

7.5.2 Pracoviště dveře

Montáž dveří zabere přibližně 50 minut. Na začátku montážní operace je potřeba dvou pracovníků pro vyjmutí nabarvených dveří z transportní klece a na konci montáže je potřeba tří pracovníků pro nasazení dveří na čep ve skříní a vyrovnaní dveří během montáže pantů. Smontovaná podsestava váží cca 60 kg.

K montáži je potřeba transportní klec s dveřmi, plechové díly uložené na paletách, mobilní spádový regál pro drobné komponenty a malý regál pro spojovací materiál a drobné komponenty. Nářadí je volně uloženo na nízkém pracovním stolku na pracovišti.



Obr. 7.12 - Pracoviště pro montáž dveří

Specifikace problémů na pracovišti

- 1) **Potřeba výpomoci dalších dvou pracovníků před dokončením montáže.** Problém představuje nutná součinnost 3 pracovníků pro nasazení dveří. Tito pracovníci musí přerušit svou činnost, přejít k pracovišti a po usazení, vyrovnaní a utažení dveří opět odchází a pokračují v montáži jiné podsestavy.
- 2) **Zásobování pracoviště materiálem.** K montáži je potřeba několik komponent, které se nacházejí naproti ve velkém konzolovém regálu s patry z dřevotřísek. Vzhledem k tomu, že je podlažní patro zabráno velkými komponentami pro montáž skříní, je nutné potřebné díly pro montáž dveří skládat do patra ručně.

- 3) **Ergonomie montážního stolu.** Pro několik komponent umístěných v regálech je v několika případech potřeba natahování se. Zároveň jsou během každé montáže koordinováni 3 pracovníci, kteří musí rotovat, přemístit a opatrně s přesností umístit cca 60 kg vážící podsestavu.
- 4) **Docházení pro potřebné komponenty.** Pro některé komponenty je potřeba docházet přes celou halu až k paletovému regálu s roztečí 3600 mm. Komponenty jsou přenášeny po více kusech najednou, docházení je tedy potřebné přibližně každou druhou montáž.
- 5) **Bezpečnost.** S předchozím bodem souvisí zároveň i bezpečnost. Jelikož jsou gitterboxy často umístěny v patře, jsou k přístupu využívány schůdky nebo žebřík. Vzniká tak riziko podvrknutí nohy a pádu.

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Hodnota
Výšková stavitelnost pracovní roviny	[mm]	0
Zdvih stolu rotací	[°]	0
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Hodnota
Počet sdílených operací s vlastní operací	[-]	0
Minimálně nutný počet smontovaných podsestav	[-]	1
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	29
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	3
Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka	[kg]	20,3
Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny	[mm]	-
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	2
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	3,1
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	1
Kvalitativní kritéria	Specifikace	
Čistota prostředí	-	
Zavážení materiálu	Některé díly jsou skládány ručně do patra konzolového regálu s patry z dřevotřísek. Není zajištěn přístup pomocí re-traku.	
Bezpečnost	Obvykle pro cca 3 komponenty je potřeba vylézt po žebříku, jelikož se nacházejí v gitterboxu v patře paletového regálu.	
Nadbytečná manipulace	Vzhledem k dávkovému zpracování dochází k nadbytečné manipulaci s hotovými podsestavami, pro které je hledáno místo na volné ploše, které není pevně stanoveno vlivem nedostatku volné plochy.	
Bytelnost pracovního stolu	-	

Vizuální působení pracoviště	-
Namáhavost operace	Pro nasazení před-montované podsestavy je potřeba synchronizování pohybů 3 pracovníků. Celá podsestava váží 61 kg.

Tab. 7.4 - Zhodnocení pracoviště pro montáž dveří - původní stav

7.5.3 Pracoviště výdej a manipulátor

Na tomto pracovišti jsou zhotovovány dvě hlavní montážní podsestavy, a sice výdej a 3D vydávací mechanismus, nazývaný ve firemním názvosloví manipulátor.

Pracoviště je vybaveno velkým přesným rýsovacím stolem. Spojovací materiál je uložen v malých ukládacích boxech přímo na stole, v dosahu plně natáhnuté ruky. Velké plechové díly jsou přiváženy na paletách přímo k pracovišti. Většina materiálu je v přistaveném mobilním spádovém regálu paletových rozměrů vedle pracoviště. Pro zbylý materiál je občas docházeno do malého skladu C. Hotové podsestavy jsou ukládány na výstupní palety (výdej) nebo do nízkých gitterboxů (manipulátor).

Smontované výdeje jsou na paletách přepravovány do místnosti D, kde jsou instalovány v průběhu montáže kabelů. Manipulátory jsou také připravovány v dávkách a v dávkách jsou následně montovány v blízkosti pracoviště přímo do automatu. Montáž obou podsestav vyžaduje preciznost. Délka montáže výdeje je přibližně 40 minut, manipulátor vyžaduje přibližně 210 minut, v závislosti na množství věnovaného času činností, které nepřidávají hodnotu, jako je docházení pro materiál, přesun rozpracovaných výrobků, popřípadě i přerušení činnosti kvůli výpomoci s montážními operacemi, které vyžadují spolupráci dvou až tří pracovníků.



Obr. 7.13 - Pracoviště pro montáž manipulátoru a výdeje

Pracoviště nevyhovuje z několika hledisek. Prvním je vysoká náročnost na výrobní plochu. Zásadním problémem je časté docházení pro montážní komponenty. Mezi další nedostatky patří špatná organizace pracoviště, nadbytek náradí, nadbytek zbytečných pohybů. Specifikace problémů a kritérií je provedena pro obě hlavní montážní podsestavy níže.

Specifikace problémů na pracovišti při montáži výdeje

- 1) **Sdílení pracoviště.** Sdílení pracoviště společně s montáží manipulátoru je sice možné, ale není vhodné. Stůl je pomyslně rozdělen na polovinu, přičemž i tak je montážní plocha nadbytečná pro podsestavu výdej. Většinou však dochází k dávkovému zpracování, přičemž jedním z důvodů je následující bod.
- 2) **Zásobování pracoviště materiálem.** Vlivem sdílení pracoviště je příliš prostorově náročné zavézt potřebný materiál pro obě podsestavy přímo k pracovišti. Musí tak docházet k synchronizaci zavážení a montáži v dávkách po sobě.
- 3) **Ergonomie montážního stolu.** Výška pracovní roviny je pro montáž výdeje příliš vysoká. Během montáže dochází k předklonu a naklánění pro spojovací materiál umístěný na velké ploše stolu. S těžkou podsestavou je nutné manipulovat na delší vzdálenost vlivem umístění stolu a příslušné plochy pro palety.
- 4) **Docházení pro potřebné komponenty.** Některé komponenty se nachází až v malém skladě materiálu C, které jsou donášeny buď v dávkách, nebo při každé montáži. Dochází tak ke zbytečným ztrátám.
- 5) **Nadbytečná manipulace.** Během montáže je podsestava rotována kvůli prořezání závitů do připraveného obarveného základního plechového dílu. Nejen, že tak dochází k nadbytečné manipulaci s podsestavou, ale vlivem váhy se jedná i o neergonomickou zátěž.

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Hodnota
Výšková stavitelnost pracovní roviny	[mm]	0
Zdvih stolu rotací	[°]	-
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Hodnota
Počet sdílených operací s vlastní operací	[-]	1
Minimálně nutný počet smontovaných podsestav	[-]	4
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	17
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	1
Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka	[kg]	-
Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny	[mm]	950
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	3
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	3,75
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	3
Kvalitativní kritéria	Specifikace	
Čistota prostředí	Přesná pracovní rýsovací deska je potažena ochrannou deskou z plastového materiálu, popřípadě kartonem. To vyžaduje složitější a častější údržbu.	
Zavážení materiálu	Potřeba synchronizace zavážení pro sdílené podsestavy.	

Bezpečnost	-
Nadbytečná manipulace	Během montáže je potřeba 2x otáčet celou podsestavou je-likož na rovné pracovní desce není možné nechat podsestavu v základní poloze pro celou montáž.
Bytelnost pracovního stolu	-
Vizuální působení pracoviště	Plastové a kartonové ochranné desky nepůsobí moderně.
Namáhavost operace	Nadbytečná manipulace a občas delší než nutná manipulace s podsestavou zvyšuje námahu celé montáže.

Tab. 7.5 - Zhodnocení pracoviště pro montáž výdeje - původní stav

Nyní bude přistoupeno k popisu manipulátoru. Manipulátor představuje pohyblivý systém pro vydávání. Skládá se ze tří přibližně metr a víc dlouhých podsestav, z nichž dvě je možné smontovat předem, jedna musí být montována přímo do automatu. Montáž končí po namontování a kontrole funkčnosti všech tří podsestav v automatu.

Specifikace problémů na pracovišti při montáži manipulátoru

- 1) **Sdílení pracoviště.** Dávkové zpracování v kombinaci se sdílením pracoviště ve výsledku znamená nevyužitou montážní plochu stolu.
- 2) **Zásobování pracoviště materiálem.** Vlivem sdílení pracoviště je příliš prostorově náročné zavézt potřebný materiál pro obě podsestavy přímo k pracovišti. Musí tak docházet k synchronizaci zavážení a montáži v dávkách po sobě.
- 3) **Docházení pro potřebné komponenty.** Pro některé komponenty je docházeno k paletovému regálu s roztečí 3600 mm a k malým regálům s roztečí 2000 mm. Důvodem je délka některých komponent a nedostatečná volná plocha u pracoviště.

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Hodnota
Výšková stavitelnost pracovní roviny	[mm]	0
Zdvih stolu rotací	[°]	0
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Hodnota
Počet sdílených operací s vlastní operací	[-]	1
Minimálně nutný počet smontovaných podsestav	[-]	1
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	17
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	1
Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka	[kg]	-
Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny	[mm]	-
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	5
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	3,75

Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	2
Kvalitativní kritéria	Specifikace	
Čistota prostředí	Přesná pracovní rýsovací deska je potažena ochrannou deskou z plastového materiálu, popřípadě kartonem. To vyžaduje složitější a častější údržbu.	
Zavážení materiálu	Potřeba synchronizace zavážení pro sdílené podsestavy.	
Bezpečnost	-	
Nadbytečná manipulace	-	
Bytelnost pracovního stolu	-	
Vizuální působení pracoviště	Plastové a kartonové ochranné desky nepůsobí moderně.	
Namáhavost operace	-	

Tab. 7.6 - Zhodnocení pracoviště pro montáž manipulátoru - původní stav

7.5.4 Pracoviště police

Montáž polic nenavazuje na žádnou montážní operaci, probíhá v dávkách podle aktuální potřeby. Montáž jedné police zabere přibližně 5 minut. Vstup tvoří nízký gitterbox s 30 kusy připravených polic z kooperace, výsuvy, spojovací materiál, a samolepící popisový pásek. Výstupem je 30 kusů smontovaných polic v malém gitterboxu připravených na montáž do automatu, která probíhá v místnosti D v průběhu nebo po dokončení montáže elektroniky. Náradí se skládá pouze z vrtačky.



Obr. 7.14 - Pracoviště pro montáž polic

Modré přepravy se soklem slouží k nastavení police do optimální výšky pracovní roviny, zároveň s náklonem 10° od vodorovné roviny. Vše potřebné je stále k dispozici na pracovišti, přiváží se pouze gitterboxy. Z hlediska ergonomie je nejkritičtější postojem ohýbání se při vytažení nové police. Stejný pohyb se objevuje opět po montáži během umístění smontované police.

Specifikace problémů na pracovišti

- 1) **Ergonomie montážního stolu.** Ergonomie stolu byla značně vylepšena vlastní iniciativou pracovnice. Podkládání přepravkami a soklem však vede k mírné nestabilitě police během montáže. Plakát s lepíci označeními jednotlivých polic nemá své pevně určené místo a je lepen na boční stranu paletových regálů, které sousedí s pracovním stolem. Dochází tak k natahování horních končetin a nestabilnímu uchycení plakátu.
- 2) **Rozměry pracovního stolu.** Pracovní stůl má délku 2,5 m, přičemž je využívána přibližně pouze třetina. Na nevyužitou plochu stolu jsou tak často odkládány nepotřebné předměty.
- 3) **Pracoviště zasahuje do dopravní komunikace.** Jedním ze silně nevyhovujících bodů je bezpečnost pracoviště. Montážní stůl přímo zasahuje do části dopravní komunikace, kudy se může pohybovat retrak.
- 4) **Docházení pro police.** Vstupní a výstupní gitterboxy jsou postaveny vedle sebe vedle pracoviště, namísto umístění každého z jedné strany. Tímto je nutné docházet s každou policí zbytečně navíc o přibližně 2 m. Vzhledem k hmotnosti a rozměrům police se nejedná o vhodné řešení.

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Hodnota
Výšková stavitelnost pracovní roviny	[mm]	0
Zdvih stolu rotací	[°]	-
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Hodnota
Počet sdílených operací s vlastní operací	[-]	0
Minimálně nutný počet smontovaných podsestav	[-]	30
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	3
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	1
Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka	[kg]	-
Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny	[mm]	500
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	3
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	1,25
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	2
Kvalitativní kritéria	Specifikace	
Čistota prostředí	-	
Zavážení materiálu	Občas potřeba nejprve odsunout rozpracovanou výrobu.	
Bezpečnost	Pracoviště zasahuje do komunikační uličky, kudy se pohybuje i retrak.	
Nadbytečná manipulace	-	

Bytelnost pracovního stolu	Vratké improvizované podložení pro nastavení optimální pracovní roviny se sklonem. Plakát s lepicími označeními jednotlivých polic není pevně uchycen na stálém místě.
Vizuální působení pracoviště	Improvizované, nmoderní, opotřebovaná pracovní deska.
Namáhavost operace	-

Tab. 7.7 - Zhodnocení pracoviště pro montáž polic - původní stav

7.5.5 Pracoviště přípravy T-přepážek

T-přepážky se nasazují na police a slouží k vytvoření výdejních pozic v automatu. Příprava přepážky se skládá z vyražení vstupního magnetického pásku. Z jednoho dlouhého pásku vzniknou 2 pásy s otvory, které zapadají do T-přepážky. Upevnění vyraženého pásku probíhá lepením po odstranění krycí fólie z pásku. Hotové přepážky se balí do kartonových krabic. Podobně jako police, tak i přepážky se zhotovují v dávkách podle aktuální potřeby. Existují dva typy přepážek, a sice plastové a kovové. To však ovlivňuje pouze předvýrobu, nikoliv zmíněné operace na pracovišti.

Pracoviště pro vyrážení, lepení a balení se skládá ze dvou stolů. Prvním je dvoumetrový bytelný stůl s přivařeným speciálním nástrojem – razníkem, který byl zkonstruován na zakázku. Lepení a balení probíhá na vedlejším malém stole s dřevěnou deskou.



Obr. 7.15 - Pracoviště pro ražení magnetických pásek a lepení T-přepážek

Specifikace problémů na pracovišti

- 1) **Ergonomie a fyzická náročnost operace ražení.** Ražení probíhá na speciálním nástroji. Každý úder začíná uchycením madla razníku nad úroveň hlavy. Práce probíhá v sedě. Opakovaná monotónní operace je fyzicky náročná. Zároveň není dostatek místa v pedipulačním prostoru vlivem navezeného materiálu.
- 2) **Zásobování pracoviště materiálem.** Pracoviště je obvykle zabarikádováno ostatním materiálem a rozpracovanou výrobou. Před zavezením materiálu a odvezením hotových zabalených T-přepážek je často nejprve potřeba uvolnit průjezd ručnímu zdvižnému vozíku.
- 3) **Zastaralá pracovní deska.** Pracovní deska stolu určeného pro balení T-přepážek je již značně opotřebovaná. Z tohoto důvodu je překryta kartonem. Jedná se o provizorní řešení před nahrazením novým stolem.

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Hodnota
Výšková stavitelnost pracovní roviny	[mm]	0
Zdvih stolu rotací	[°]	-
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Hodnota
Počet sdílených operací s vlastní operací	[-]	0
Minimálně nutný počet smontovaných podsestav	[-]	-
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	1
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	1
Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka	[kg]	-
Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny	[mm]	-
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	-
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	2,5
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	4
Kvalitativní kritéria	Specifikace	
Čistota prostředí	-	
Zavážení materiálu	Pracoviště je obvykle zabarikádováno ostatním materiálem a rozpracovanou výrobou. Nicméně vzhledem k velmi nízké potřebě zavážení se nejedná o prioritní problém.	
Bezpečnost	Během ražení magnetického pásku je potřeba dbát zvýšené pozornosti.	
Nadbytečná manipulace	-	
Bytelnost pracovního stolu	-	
Vizuální působení pracoviště	Opatřovaná pracovní deska pro balení T-přepážek.	
Namáhavost operace	Velmi namáhavá manuální operace ražení. Opakující se pohyb ruky začíná nad úrovní hlavy, je potřeba svižný úder, aby nedošlo k zaseknutí stroje.	

Tab. 7.8 - Zhodnocení pracoviště pro ražení magnetických pásek a lepení T-přepážek - původní stav

7.5.6 Pracoviště pro opravy

Jedná se o univerzální pracoviště, které slouží primárně pro opravy. Kromě oprav je zde také montována podsestava pro automat WA MAXI, jedná se však o občasnou montáž. Pracoviště je vybaveno velkým množstvím nářadí. Kromě oprav je pracoviště používáno pro montáž drobných komponent u prototypů a balení krytů podstavy automatu.



Obr. 7.16 - Pracoviště pro opravy

Není požadována, dle konzultace, žádná úprava pracoviště. Proto nebudou specifikovány problémy a ani stanovena kritéria. Pouze je potřeba počítat s potřebnou plochou do návrhu nového layoutu.

7.5.7 Vrtačky

Dále jsou na hale k dispozici dvě vrtačky, které se používají k vyřezávání závitů do vypálených děr plechových komponent. Jedna vrtačka je používána pro dlouhé díly, druhá výhradně pro drobné komponenty. Ve výchozím uspořádání je k vrtačkám velmi obtížný přístup, který je obvykle zahrazen rozpracovanou výrobou, vstupním materiálem nebo transportními klecemi.

Přestože pracoviště vrtaček slouží pro přípravu výroby, je požadavek zachovat jejich umístění na hale A. Hlavním důvodem je čisté prostředí haly A.

Specifikace problémů na pracovišti

- 1) **Zásobování pracoviště materiálem.** Obrovským problémem je prakticky neustále zablokování obou vrtaček materiálem a rozpracovanou výrobou. Musí tak nejprve docházet k naplánování operací vrtání a uvolnění místa pro zavezení potřebného materiálu a výstupní palety. Vzhledem k nedostatku volné plochy na hale A dochází také k přesunu materiálu až do dopravní komunikace.
- 2) **Nedostatek místa na pracovišti.** Samotné vrtačky jsou umístěny tak, že kolem sebe nemají dostatek prostoru. Při vrtání dlouhých komponent je občas nutné uvolnit i místo po stranách stolu. Občas také dochází k zabarikádování za sedícím pracovníkem, což rozporuje normě.

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Hodnota
Výšková stavitelnost pracovní roviny	[mm]	-
Zdvih stolu rotací	[°]	-
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Hodnota
Počet sdílených operací s vlastní operací	[-]	-

Minimálně nutný počet smontovaných podsestav	[-]	-
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	2
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	-
Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka	[kg]	-
Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny	[mm]	-
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	-
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	-
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	6
Kvalitativní kritéria	Specifikace	
Čistota prostředí	-	
Zavážení materiálu	Pracoviště je obvykle zabarikádováno ostatním materiálem a rozpracovanou výrobou.	
Bezpečnost	-	
Nadbytečná manipulace	-	
Bytelnost pracovního stolu	-	
Vizuální působení pracoviště	Vlivem zabarikádování je zvýšená nepřehlednost.	
Namáhavost operace	-	

Tab. 7.9 - Zhodnocení pracovišť vrtaček - původní stav

7.5.8 Pracoviště stříhání plechů

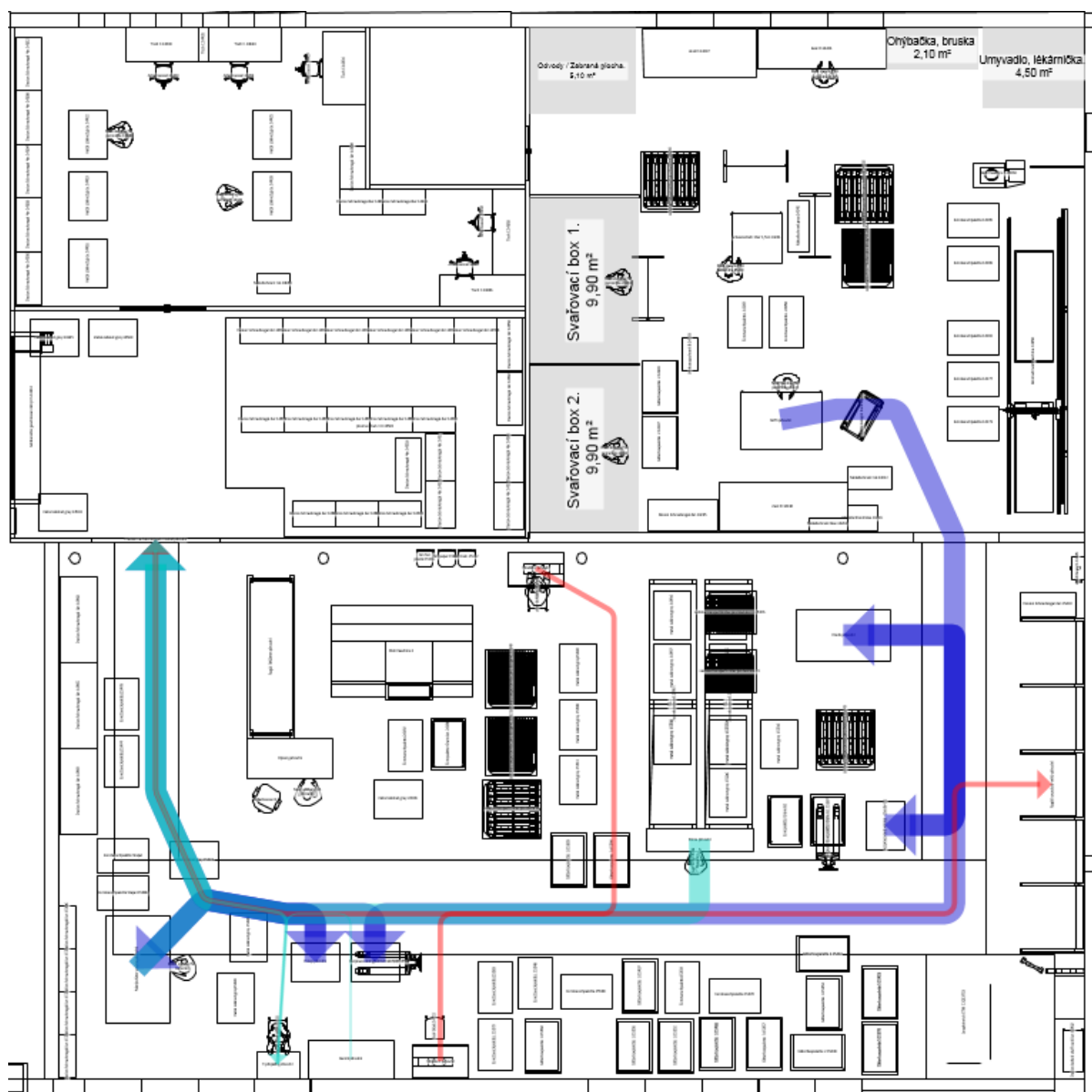
Pracoviště se skládá ze stroje pro stříhání plechů a zásoby plechů různých tloušťek. V zadání projektu je uvedeno, že stroj není potřebný pro přípravu výroby a využívá se pouze příležitostně při vývoji prototypů a pro občasné zlepšení ostatních pracovišť. Zároveň je uvedeno, že může být stroj prodán. Tím by se uvolnila plocha nejen stroje, ale i vstupního materiálu. Prioritou je navýšení prostorové kapacity skladu a zajištění volného přístupu k veškerému materiálu. Na základě návrhu nového layoutu bude tedy muset být rozhodnuto o prodeji, či ponechání stroje.

Podobně jako u pracoviště pro opravy nebude ani pro pracoviště stříhání plechů vymyšlen návrh na zlepšení. Je pouze potřeba počítat s potřebnou plochou do nového layoutu, která bude buď zachována, nebo, v případě prodeje stroje, uvolněna.

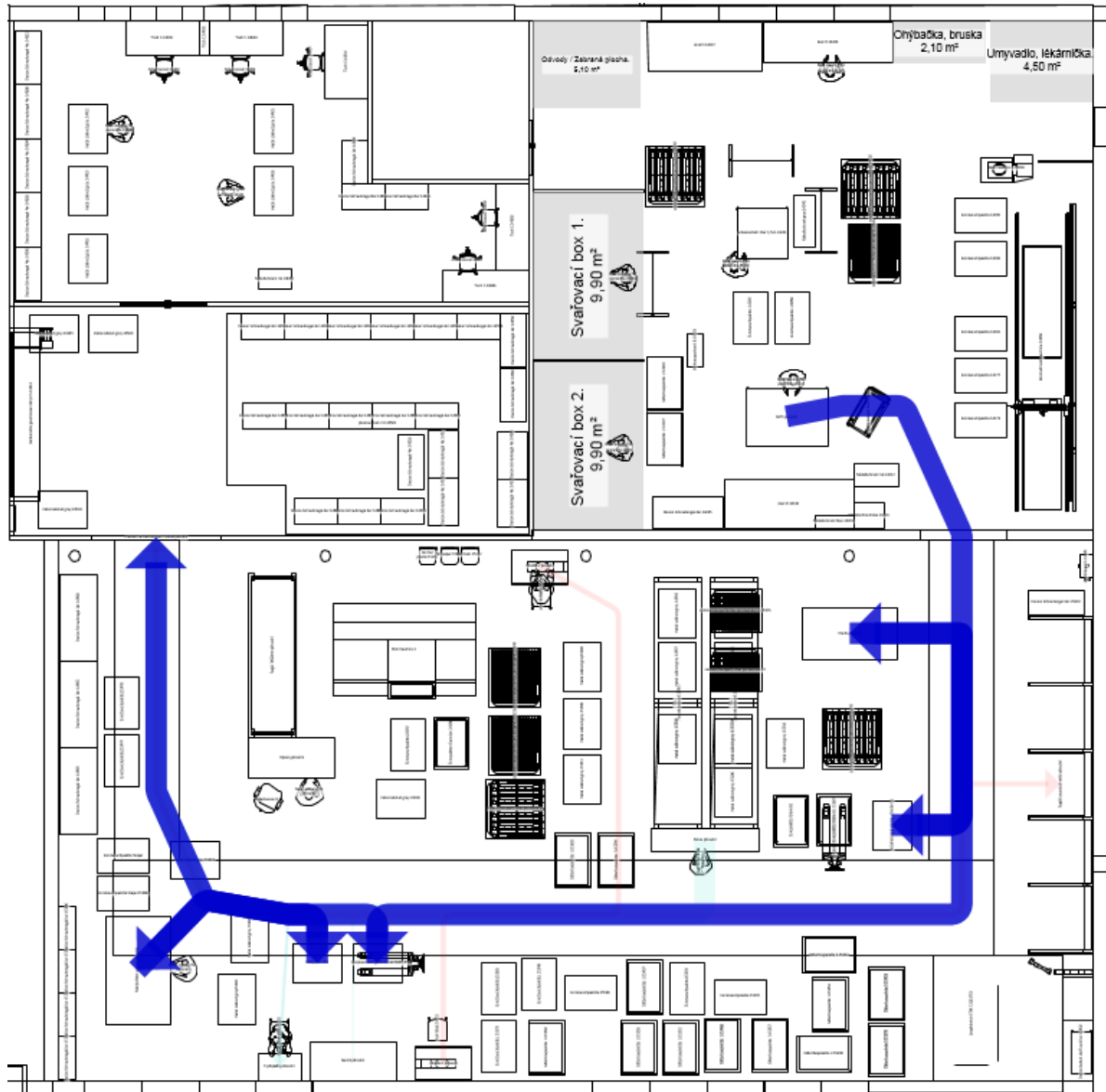
7.6 Materiálové toky

K znázornění vazeb mezi jednotlivými pracovišti, přepravními vzdálenostmi a objemu přepravy jsou v této podkapitole představeny materiálové toky, které jsou přehledně zobrazeny s využitím Sankey diagramů.

Materiálové toky jsou pro všechny typy výrobků dosti podobné, proto je pro modelování toků vybrán pouze hlavní představitel, tedy ASK 200, který zodpovídá za většinu objemu produkce. Nejdříve je zobrazen kompletní přehled všech materiálových toků, dále dochází k rozdělení na toky náležící k navazujícím operacím, nenavazujícím operacím a k operacím vrtání. Dále je pak uveden přehled v podobě ročního přepravního vytížení pro zmíněný typ automatu.

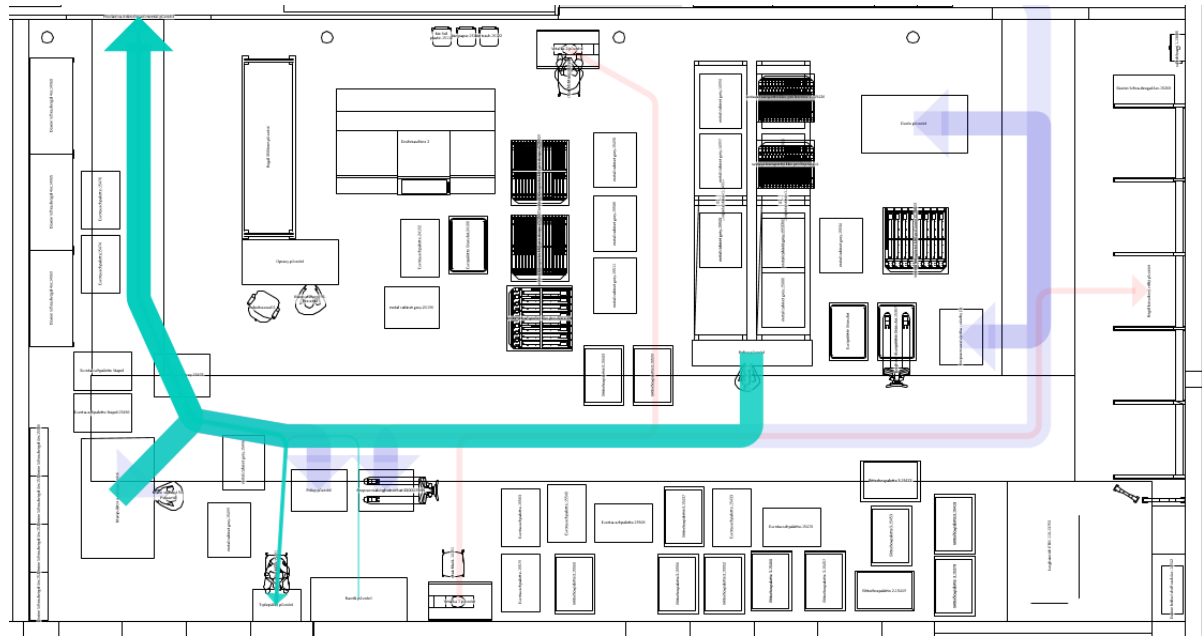


Obr. 7.17 - Tok materiálu výrobku ASK 200 - původní stav



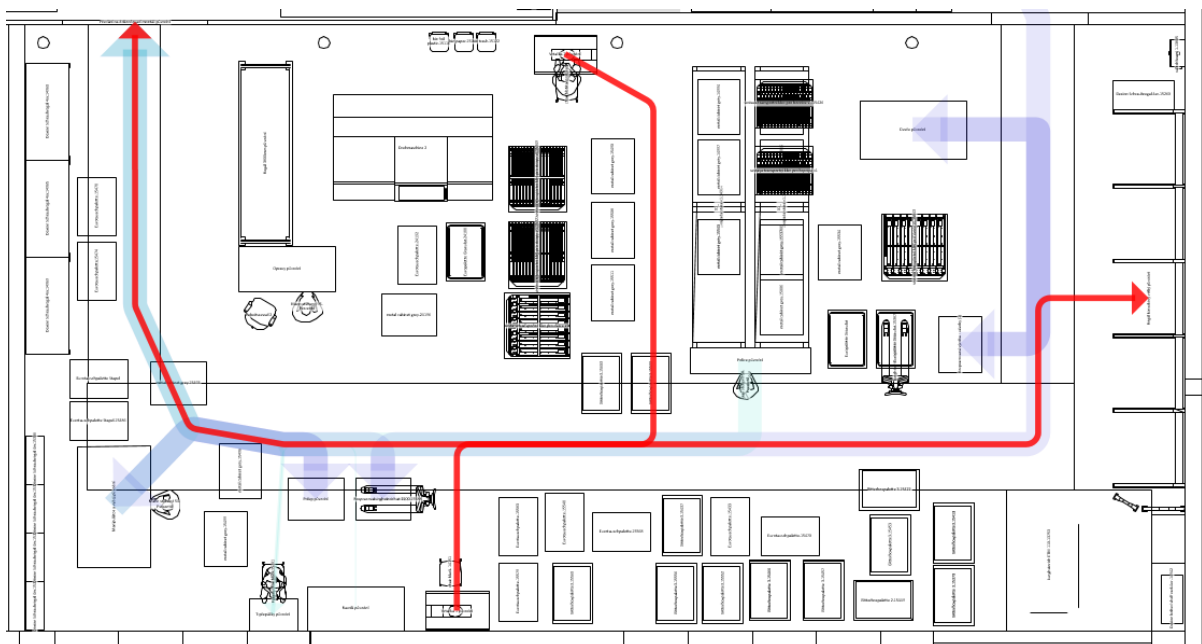
Obr. 7.18 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze navazující operace - původní stav

Navazující operace jsou kritické a uvádí tempo celé montáže. Problémem, který se vyskytuje v původním stavu uspořádání, je, že po dokončení montáže na konkrétním pracovišti je pro rozpracovaný výrobek hledáno místo na volné ploše, které se často vyskytuje i proti hlavnímu směru celkového toku. Dochází tak k návratu proti směru a tím prodlužování a zamotávání materiálového toku.



Obr. 7.19 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze nenavazující operace - původní stav

Materiálový tok týkající se nenavazujících operací je jednoduchý a přímý. Dochází k předávání smontovaných podsestav na dokončující montáž.



Obr. 7.20 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze pro operace vrtání - původní stav

Po dávkovém zpracování dílů na vrtačkách jsou díly v paletách ukládány do regálů. Dolní vrtačka je využívána pro velké díly, které jsou většinou umístěny do velkého regálu v pravé části haly. Horní vrtačka slouží pro přípravu drobných dílů, které jsou následně přepravovány do skladu drobného materiálu C.

Následující tabulka uvádí shrnutí jednotlivých materiálových toků. Jedná se o data odpovídající roční produkci automatu ASK 200.

Název materiálového toku	Přepravní vytížení [m]
ASK 200 - Navazující operace	14 510
ASK 200 - Nenavazující operace	6 964
ASK 200 - Operace vrtání	2 405
<i>Celkem</i>	23 879

Tab. 7.10 - Materiálové toky, shrnutí - původní stav

8 Návrhy a úpravy pracovišť

Nejdříve musí být provedeny návrhy nových montážních stolů, popřípadě racionalizace pracovišť. Následně budou tato nová pracoviště začleněna do návrhu layoutu haly A. Při návrhu layoutu bude zároveň řešeno rozmístění skladu a tím pádem způsob zavážení materiálu a vzdálenost potřebných komponent pro konkrétní pracoviště. Z těchto důvodů bude výsledné vyhodnocení kritérií pracovišť provedeno až po návrhu kompletního layoutu. Během návrhu nových stolů a racionalizace pracovišť je však vycházeno z již nadefinovaných problémů a kritérií.

8.1 Návrh pracoviště pro montáž skříně

Pro montáž skříní by měl být navržen zcela nový stůl. Díky tomu bude možné využívat starý stůl pouze pro předvýrobní operace. Zároveň by bylo nové pracoviště přesunuto na halu A. Pro montáž skříní je důležité počítat s velkou plochou na potřebné komponenty, které musí být v těsné blízkosti pracoviště. Z informačního systému byly vyfiltrovány potřebné komponenty a následně byly vyselektovány všechny velké komponenty, které není možné dávat do KLT boxů, ale které musí být skladovány na paletě, či v transportních klecích. Vzhledem k velkému zabraní plochy vstupním materiálem a samotné montážní operaci je nutné, aby bylo možné navržené pracoviště obcházet ze všech stran.

Nový návrh stolu je inspirován sériovou výrobou automatů v mateřské společnosti, přičemž je navíc vylepšen a kvůli větším rozměrům skříní pro typ ASK 200 a WA MAXI proveden v robustnějším provedení. Pracovní rovina nového stolu je stavitelná, díky využití zdvižné plošiny s nůžkovým mechanismem a elektrohydraulickým zdvihem.



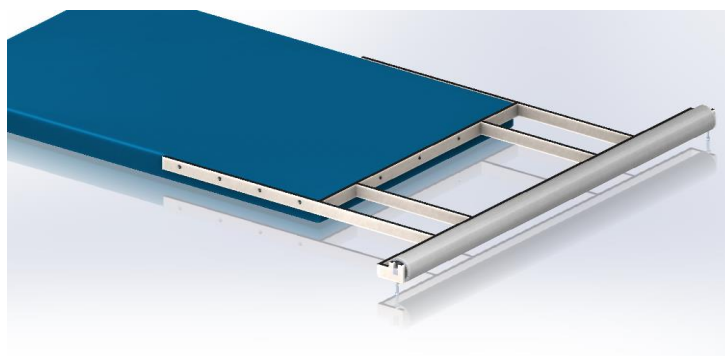
Obr. 8.1 - Zdvihácí plošina [27]

K plošině je upevněna pracovní deska specifického tvaru pro usnadnění nýtování bočnic a stropů k zadní plechové desce. Zdvih je prováděn pomocí elektronického ovladače.



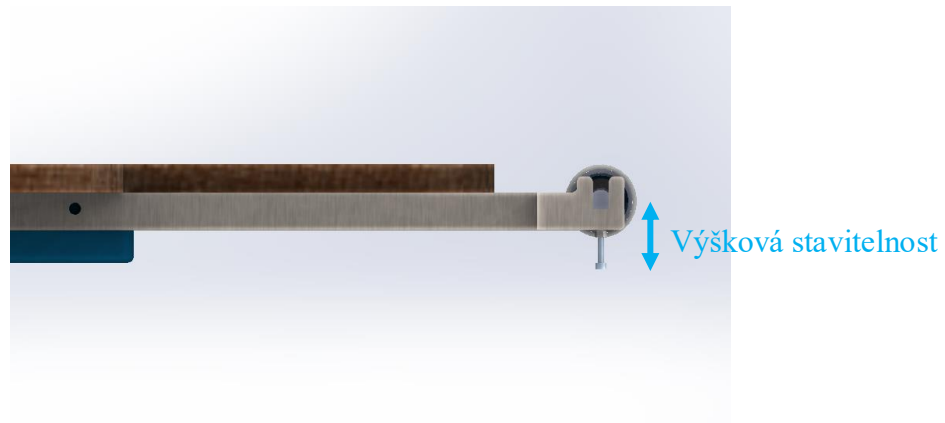
Obr. 8.2 - Návrh polohovatelného stolu pro montáž skříně

Dále je stůl vybavený válcem obaleným pryžovým krytím, který je využíván pro snadné postavení skříně. Automat stačí pouze přetáhnout přes válec a s využitím zdvihacího stolu, gravitace a vlastní fyzické síly může nyní skříň postavit pouze jednotlivec, popřípadě dvojice pracovníků. Rotující válec je výškově stavitelný pomocí šroubů. Nosný rám válce je připevněn k horní části zdvihacího stolu.



Obr. 8.3 - Konstrukce a uchycení nosného rámu válce

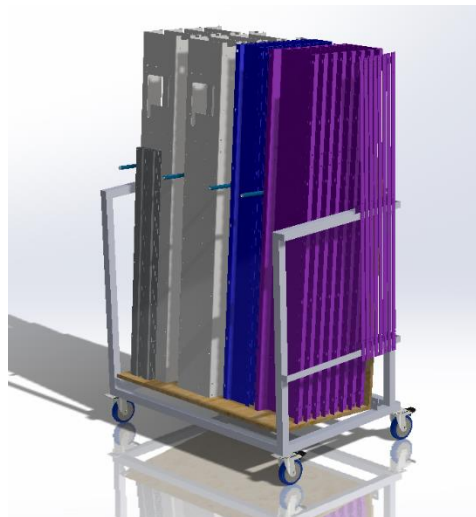
Nosný rám válce je svařený z výpalků s dírami podél plechové části zdvihací plošiny. Plech je provrtán, osazen nýtovacími maticemi, do kterých je přišroubován rám šrouby. Sestava válce vychází v CAD systému na 17 kg, bylo tedy nutné zvolit dostatečně bytelný rám. Byly vytvořeny dvě varianty s různou šířkou pásového plechu. Nakonec bylo zvoleno provedení s šířkou pásového plechu 35 mm. Svařenec nosného rámu pak vychází na 13 kg.



Obr. 8.4 - Výšková stavitelnost osy válce

Výšková stavitelnost válce je řešena šroubem, který je veden skrz nosný rám a přímo podpírá osu válce. Pojištění proti povolování je zabezpečeno maticí.

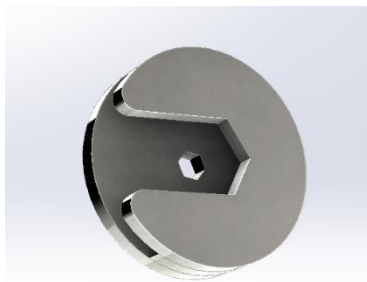
Pro dlouhé díly je navržen vertikální mobilní regál s kapacitou pro pět dlouhých komponent v potřebném množství na jednu dávku, tj. osm kusů od každého dílu.



Obr. 8.5 - Návrh mobilního regálu pro dlouhé díly pro montáž skříně

Druhou variantou je uložení dílů na palety do nejbližšího regálu od pracoviště, tak jak tomu bylo doposud. Výhodou mobilního regálu je dostupnost dílů přímo na pracovišti. Nevýhodou je, že díly budou muset být nejprve přeskládány z regálové pozice do mobilního regálu a pak přepraveny na pracoviště, což vyžaduje kromě dvojí manipulace i potřebu časové koordinace během výrobního procesu. V návrhu layoutu tedy musí být vyřešeno, zdali se spíše vyplatí pro jednotlivé díly docházet určitou vzdálenost, nebo je lepší vzít každý díl dvakrát do rukou a počítat s potřebným časem pro manipulaci.

Dále byl navržen jednoduchý svařovaný nástavec na vrtačku pro rychlé šroubování stavečích nohou. Ukázalo se však, že by se kvůli váze přípravku musela pořídit nová vrtačka, proto bylo prozatím od praktického využití ustoupeno.



Obr. 8.6 - Návrh přípravku pro zrychlení šroubování stavěcích nohou automatu

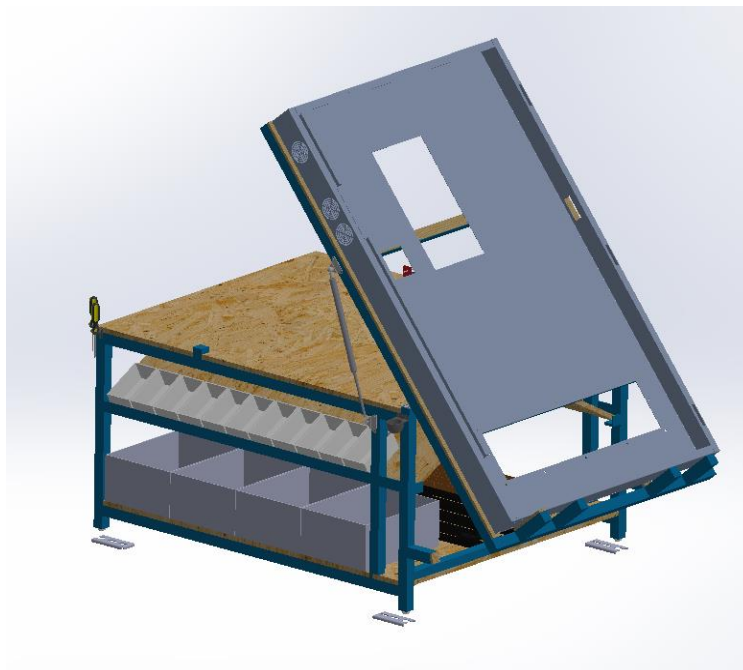
Řešení problémů původního stavu

- 1) **Vlastní pracoviště.** Pracoviště není sdílené s operacemi broušení a navařování svorníků na hale B. Zároveň bude pracoviště v čistém prostředí haly A.
- 2) **Potřeba výpomoci dalších pracovníků před dokončením montáže.** Pro postavení skříně bylo potřeba 3 pracovníků pro všechny rozměry skříně. V novém stavu je potřeba pouze 1 až 2 pracovníků, podle typu skříně. Není tak nutné přerušovat jednu, či dvě probíhající sousední montážní operace pro postavení skříně.
- 3) **Přechod k one-piece-flow.** Pracoviště není sdíleno s ostatními operacemi. Díky tomu je možné smontovat jednu podsestavu a rovnou posunout k navazující operaci. Zároveň tak dojde k uvolnění potřebné plochy na hale A a nebude potřeba dvojí manipulace s rozpracovanými výrobky a dalším materiálem na paletách.
- 4) **Zásobování pracoviště materiálem.** Jelikož dojde k přesunu pracoviště na halu A, nebude se vyskytovat problém s potřebou synchronizovat zásobování materiálem pro montáž a operace na hale B. Zároveň bude mít materiál své určené místo.
- 5) **Ergonomie montážního stolu.** Díky zdvihací plošině je možné upravit výšku pracovní roviny v rozpětí 230 až 1050 mm. To umožní nejen ideální nastavení základní výšky pracovní roviny pro všechny pracovníky, ale zároveň usnadnění nýtování velkých komponent, jelikož bude možné během montáže pracovní výšku volně přizpůsobit. Rychlost zdvihu je 55mm/s.
- 6) **Docházení pro potřebné komponenty.** Veškeré komponenty, včetně transportních klecí budou mít své určené místo u pracoviště v návrhu layoutu. Tím dojde k minimalizaci docházení pro komponenty i v případě krizových situací.

8.2 Návrh pracoviště pro montáž dveří

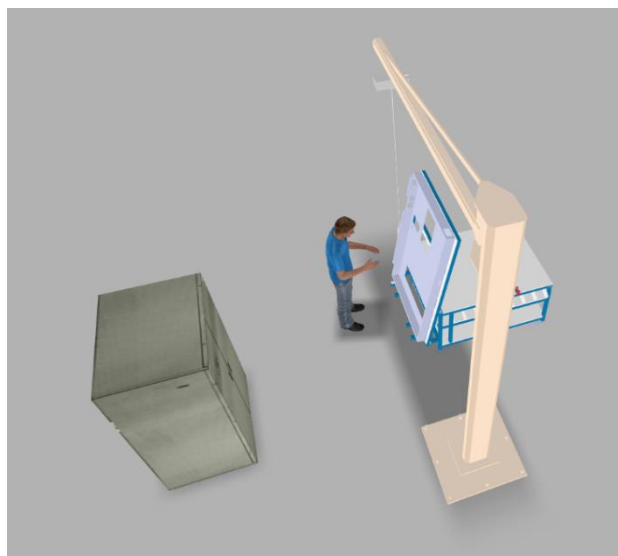
Pro montáž dveří již existuje pracovní stůl, proto bylo k pracovišti přistoupeno spíše jako racionalizačním. Vzhledem k tomu, že je však v rámci projektu nového uspořádání haly dbáno i na ergonomická hlediska, byl nakonec přesto vytvořen návrh na nové pracoviště, které by bylo vybaveno sklápěcím rámem pro usnadnění manipulace s podsestavou. Vstupní díl obarvených dveří váží totiž přibližně 44 kg, smontovaná podsestava pak asi 61 kg. Sklopný systém umožňuje vytáhnout vstupní díl dveří z transportní klece, posadit jej na sklopný rám a následně jednoduše překloupat do montážní vodorovné polohy. Po montáži by se opět podsestava naklopila zpět do téměř vertikální polohy, konkrétně do úhlu 80°.

Pro drobný a spojovací materiál jsou navrženy spádové police s KLT boxy. Samotný zdvih je realizován pomocí dvou plynových vzpěr. Při otevírání je limitní poloha zajištěna dorazem, při položení je zdvižný rám fixován jednoduchou závlačkou k rámu stolu.

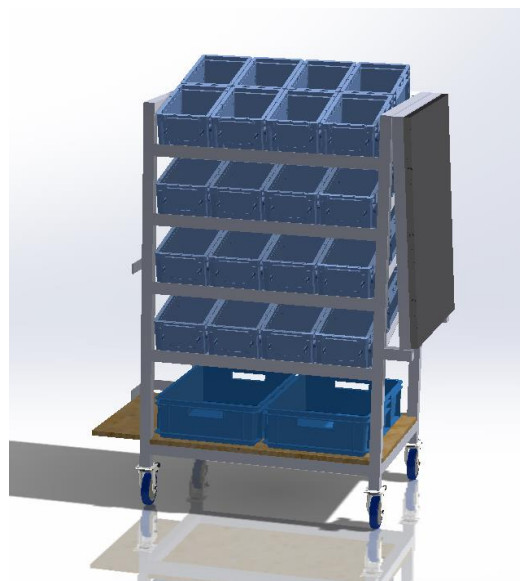


Obr. 8.7 - Návrh sklopného stolu pro montáž dveří

Takto navržený stůl by byl vhodný v kombinaci s malým třímetrovým otočným jeřábovým ramenem, které by bylo vybaveno balancérem. Smontované dveře by mohl pak nasadit na panty a upevnit teoreticky pouze jeden pracovník. Pro srovnání, bez této manipulační podpory musí být koordinováni tři pracovníci pro nasazení dveří.



Obr. 8.8 - Návrh nového způsobu nasazování dveří



Obr. 8.9 - Návrh mobilního regálu pro potřebné komponenty pro nasazení dveří

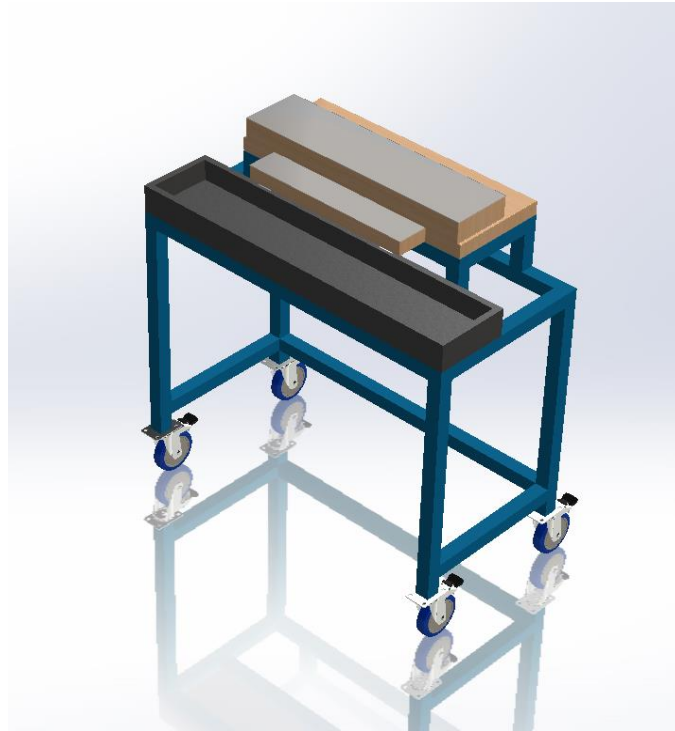
Dále je navržen speciální mobilní regál, který kapacitně dostačuje akorát na všechny potřebné komponenty pro nasazení dveří a související drobnou montáž. Výhodou je mobilita a zajištění s regálem přímo k otevřené skříni automatu. Veškerý materiál je dostupný ve dvou identických boxech, což je z důvodu přípravy na potenciální dvou-boxový kanban. Ze strany regálu je připevněn pěnový organizér s potřebných náradím, z druhé strany jsou opěry kartonové desky pro krytí vnitřní podlahy.

Řešení problémů původního stavu

- 1) **Potřeba výpomoci dalších dvou pracovníků před dokončením montáže.** Bylo by potřeba pouze 2 pracovníků pro vytažení základního dílu dveří z transportní klece. Nasazení dveří by mohl provádět namísto 3 pracovníků pouze jednatel.
- 2) **Zásobování pracoviště materiálem.** V návrhu layoutu bude řešeno uložení všech komponent tak, aby nebylo nutné ručně vyskládat již žádné komponenty.
- 3) **Ergonomie montážního stolu.** Díky využití otočného ramena se závěsem a balancérem v kombinaci s otočným zdvihacím stolem by nedocházelo k prakticky žádnému namáhání žádného pracovníka, jelikož by 61 kg vážící podsestava sama o sobě balancovala ve vzduchu.
- 4) **Docházení pro potřebné komponenty.** Při návrhu skladu a zásobování pracoviště materiálem bude zajištěno, aby byly všechny komponenty přímo u pracoviště.
- 5) **Bezpečnost.** V návrhu layoutu bude zajištěno, aby nemusel být používán žebřík, komponenty budou na dosah.

8.3 Návrh pracoviště pro montáž výdeje

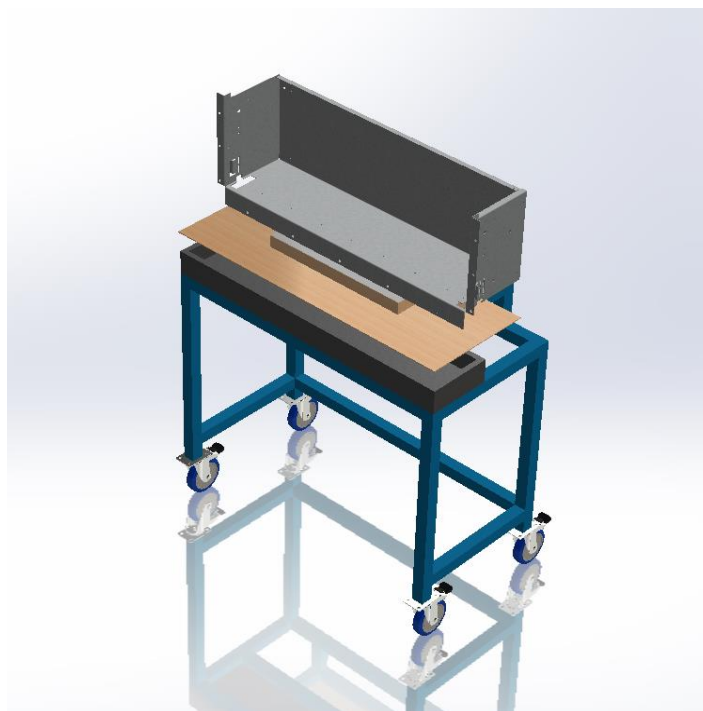
Pro montážní podsestavu výdej dosud chybělo specializované pracoviště a montáž tak probíhala na velkém rýsovacím stole spolu s manipulátorem. Vstupní materiál tvoří mobilní spádový regál a hlavní obarvený plechový díl, který přichází z kooperace po 4 kusech na jedné europaletě. Výstupem je smontovaná podsestava opět po 4 kusech na jedné europaletě. V CAD systému bylo opět navrženo zcela nové pracoviště, které je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obr. 8.10 - Návrh mobilního stolu pro montáž výdeje

Návrh na nový montážní stůl je zaměřen především na minimalizaci zabrané výrobní plochy. Zároveň zahrnuje, oproti původnímu klasickému stolu, několik ergonomických zlepšení, mezi které patří:

- ▶ Přístup k montované podsestavě i ze stran
- ▶ Při prořezání závitů nemusí být s podsestavou manipulováno, díky speciálnímu tvaru pracovní desky
- ▶ Pracovní stůl je mobilní, což umožňuje přejet se stolem k regálu a přesunout hotovou podsestavu na europaletu přímo do buňky, která se nachází ve stejné výšce, jako je pracovní rovina. Tím dochází k eliminaci shýbání se s podsestavou na paletu. Z vedlejší palety by měl být pak následně vyjmut nový základní díl a po přesunu na pracoviště může opět probíhat montáž bez nutnosti shýbání se pro nový díl.
- ▶ Přímo pod sestavou je nainstalována vanička pro odkládání nástrojů. Nabízí se zároveň potenciál využití metody 5S. Stačí vyřezat pěnový organizér nástrojů a ten pak zasadit do připravené vaničky. Nástroje jsou takto v ideálním dosahu.
- ▶ Změna výšky pracovní roviny může být v určitých mezích upravena výměnou koleček.



Obr. 8.11 - Ukázka návrhu stolu pro výdej s hlavním dílem podsestavy a krycí deskou

Jako první je potřeba začít prořezáním závitů, což se provádí přímo na pracovišti. K tomuto účelu slouží ochranná deska, která je zobrazena na obrázku výše. Pracoviště by mělo být vybaveno také přívodem vzduchu pro vyfouknutí třísek. Další potřebná ochrana je proti sklouznutí podsestavy. Kvůli tomu je dřevěná pracovní deska překryta dva milimetry tlustou protiskluzovou silikonovou deskou.

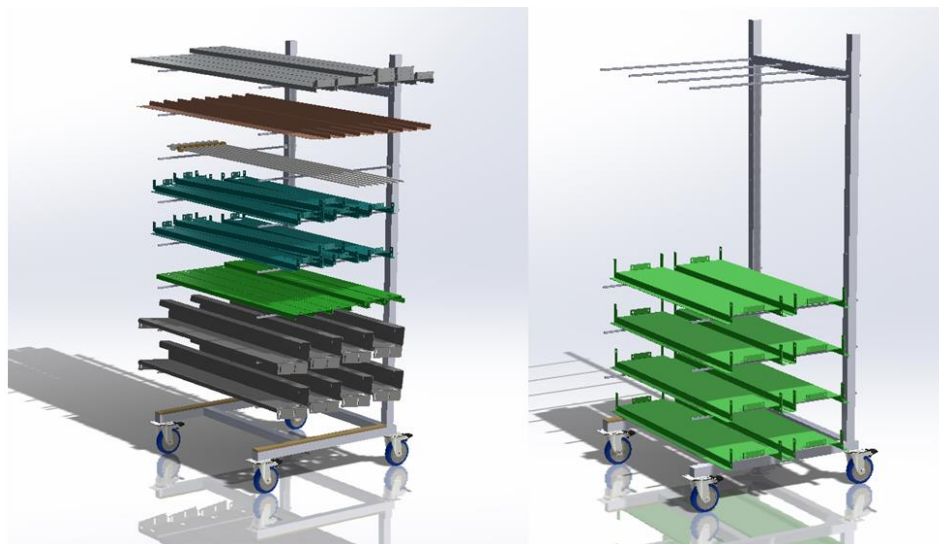
Řešení problémů původního stavu

- 1) **Sdílení pracoviště.** Pracoviště nebude sdíleno s montáží manipulátoru.
- 2) **Zásobování pracoviště materiálem.** Nebude muset být synchronizováno zavážení pracoviště s materiálovými požadavky montáže manipulátoru. Materiál bude zároveň přímo u pracoviště v minimální vzdálenosti.
- 3) **Ergonomie montážního stolu.** Výška pracovní roviny je navržena podle požadavků pracovníků. Nebude docházet k předklánění, jelikož veškerý materiál bude v spádovém mobilním regálu na pracovišti. Nářadí je umístěno přímo pod montovanou podsestavou v ideálním dosahu. S těžkou podsestavou bude manipulováno na minimální vzdálenost.
- 4) **Docházení pro potřebné komponenty.** Veškeré komponenty, pro které muselo být docházeno do skladu drobného materiálu C, budou přesunuty přímo na pracoviště.
- 5) **Nadbytečná manipulace.** Díky speciálnímu tvaru pracovní desky již nebude muset být s podsestavou během montáže rotováno.

8.4 Úprava pracoviště pro montáž manipulátoru

Jak již bylo zmíněno, montáž manipulátoru probíhá na velkém rýsovacím stole. Odhadem je potřebná pouze třetinová plocha pracovní desky. Jelikož se ale pracoviště využívá i pro prototypy, občasné balení a pro montáž drobných součástek, bylo po domluvě s vedoucími pracovníky rozhodnuto o zachování stolu pro návrh nového uspořádání. Do budoucna je však v plánu stůl buď plně využít, či jej nahradit menším specializovaným stolem „na míru“ pro montáž manipulátoru.

Jediné, co je tedy potřeba vyřešit, je způsob zásobování pracoviště materiálem. Veškerý drobný materiál je uložen v mobilním spádovém regálu s KLT boxy. Komplikaci představují velké díly, které musí být na pracovišti. Jedním řešením je zajištění umístění pracoviště vedle regálu s dostupnými paletovými pozicemi v dosahu. Druhým řešením je navedení dílů v mobilních regálech v množství odpovídajícím jedné dávce. Nevýhodou druhého řešení je potřeba nadbytečné manipulace s materiálem, výhodou je dostupnost komponent přímo na pracovišti. Vhodná varianta bude zvolena při návrhu layoutu. Koncept mobilních regálů pro velké díly je zobrazen na následujícím obrázku.



Obr. 8.12 - Koncept mobilních regálů pro dlouhé díly a řemeny manipulátoru

Řešení problémů původního stavu

- 1) **Sdílení pracoviště.** Pracoviště již nebude sdíleno s montáží výdeje.
- 2) **Zásobování pracoviště materiálem.** Nebude muset být synchronizováno zavážení pracoviště s materiálovými požadavky montáže výdeje. Materiál bude zároveň přímo u pracoviště v minimální vzdálenosti.
- 3) **Docházení pro potřebné komponenty.** Veškeré komponenty, pro které muselo být docházeno k paletovému regálu s roztečí 3600 mm a k malým regálům s roztečí 2000 mm, budou přesunuty přímo k pracovišti.

8.5 Návrh pracoviště pro montáž polic

Přestože byla managementem požadována pouze racionalizace pracoviště, byl nakonec opět vytvořen návrh nového specializovaného montážního stolu. Hlavním důvodem pro toto rozhodnutí je příliš rozměrný stůl původního pracoviště, který měří na délku 2,5 m. Jelikož je v plánu navýšení skladových kapacit a zajištění volných komunikačních uliček, bude potřeba úspory plochy všude tam, kde to je možné. Navíc k tomu je pracoviště využíváno jen pro řadu automatů ASK.

Zbytečně dlouhý stůl také souvisí s nutností manipulovat s policemi na delší vzdálenost, než je nezbytně nutná, což je jednak velmi neergonomické, ale zároveň to také představuje plýtvání v podobě zbytečných pohybů.

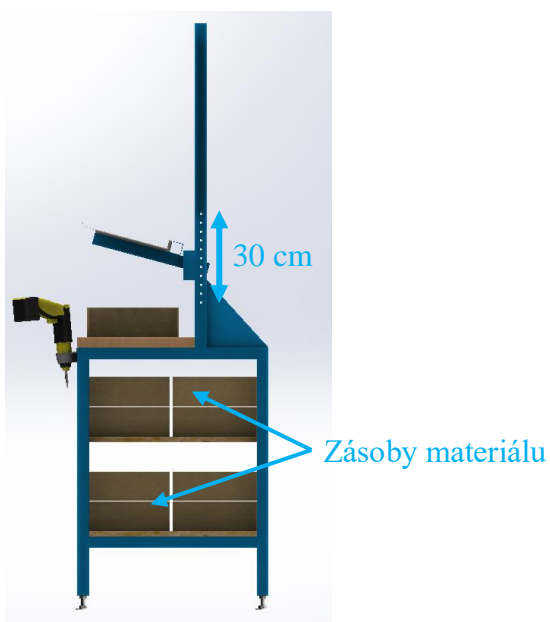
Montáž začíná vyjmutím police z gitterboxu a přemístěním do pracovní polohy. Police je podložena přepravkami a soklem pro zajištění ideální výšky pracovní roviny a náklonu 10° od

vodorovné roviny. Následně jsou přimontovány výsuvy z obou stran, police je zepředu polepena samolepícím páskem a uskladněna do výstupního gitterboxu hotových polic.

V návrhu došlo ke zmenšení pracovního stolu, výsledek je ani ne třetina původní délky. Po diskuzi s pracovníci byla zachována montážní poloha pod úhlem. Ve spodní části stolu byla vytvořena dvě policová patra akorát pro rozměry vstupních kartonových boxů s výsuvy. Plakát se samolepícími pásky je umístěn blíže, oproti původnímu pracovišti. Stůl je kvůli stabilitě opatřen výztuhami a stavěcími nohami.



Obr. 8.13 - Návrh polohovatelného stolu pro montáž polic



Obr. 8.14 – Mat. zásoby a polohování pracovní roviny návrhu stolu pro montáž polic

Nový stůl zároveň umožňuje výškové nastavení pracovní roviny díky stavěcímu nosnému rámu polic. Rám se opírá krátkými vertikálními jekly o rám stolu, čímž je zajištěna stabilita během montáže. Dále je rám opatřen tenkým silikonovým podložením za účelem ochrany proti poškrábání práškové barvy polic.



Obr. 8.15 - Nosný rám polic

Dále by bylo vhodné zakrýt jekly záslepkami. Záslepky pro jekly se vyrábí pro všechny standardní rozměry jeklů.

Řešení problémů původního stavu

- 1) **Ergonomie montážního stolu.** Původní myšlenka vylepšení ergonomie pracoviště, vzniklá z vlastní iniciativy pracovnice, je převedena do nového návrhu stolu. Došlo k zajištění stability jak celého stolu, tak i uchycení plakátu s lepícími označeními polic. Zároveň je plakát přiblížen, aby došlo k zlepšení dosahu a nebylo nutné se předklánět. Dalším ergonomickým zlepšením je stavitelnost výšky pracovní roviny v rozmezí 30 cm.
- 2) **Rozměry pracovního stolu.** Pracovní stůl je zkrácen z původní délky 2,5 m na 0,8 m. Není tak dostupná nevyužitelná plocha pro odkládání nepotřebných předmětů.
- 3) **Pracoviště zasahuje do dopravní komunikace.** Jedná se o jeden ze zásadních problémů v původním stavu. V návrhu nového layoutu bude pracoviště přesunuto na ucelenou montážní plochu.
- 4) **Docházení pro police.** Vstupní a výstupní gitterboxy budou umístěny každý z jedné strany. Tímto nebude nutné docházet s každou policí zbytečně navíc o přibližně 2 m.

8.6 Úprava pracoviště pro přípravu T-přepážek

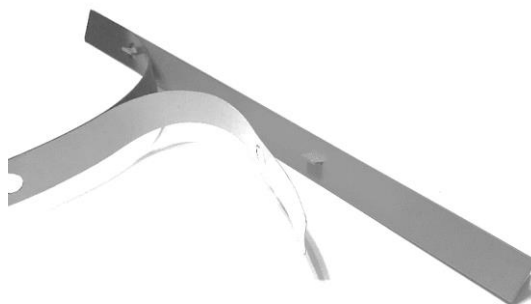
T- přepážky jsou zvlášť dodávány ke každému automatu typu ASK. Celé pracoviště se skládá ze dvou stolů, na kterých probíhají navazující operace:

- 1) Ražení magnetického pásku



Obr. 8.16 - Hotový vyražený magnetický pásek

- 2) Lepení pásku na přepážku a následné balení



Obr. 8.17 - Lepení magnetického pásku

Racionalizace procesu byla provedena pro první část procesu, tedy ražení magnetické pásky. Magnetický pásek přichází od dodavatele v dvojnásobné délce, je vkládán do speciálního razicího nástroje a při ražení rozdělen na dva připravené pásy k lepení s vyraženými dírami, které zapadají do protikusu.



Obr. 8.18 - Speciální nástroj - razník

Jelikož sám dodavatel připravuje vstupní délku pásky, byl dodavateli adresován dotaz, zdali by mohl připravit rovnou finální rozměr pásky včetně děr. Byly vytvořeny tři varianty pásky a tvaru děr. Reakce byla pozitivní, dodavatel nabídl přípravu kompletního pásky. Nakonec byla zvolena původní varianta s kruhovými otvory kvůli nižšímu opotřebení razníku a snadnému lepení.

Dvoumetrový kovový pracovní stůl, ke kterému byl razicí nástroj přivařen, se stal tedy nepotřebným a byl spolu s nástrojem odebrán. Tím došlo k podstatnému šetření dalšího místa pro nový návrh prostorového uspořádání. Zároveň ubyla jedna paletová pozice se vstupními pásky a hlavně byla zrušena operace ražení, která byla poměrně namáhavá, monotónní a vyžadovala potřebný čas.

Výsledkem tedy je, že zůstal zachován pouze původní stůl pro lepení pásek na T-přepážky a jejich balení. Pracovní deska stolu je však již značně opotřebena. Do návrhu layoutu bude sice se stolem počítáno, ale do budoucna lze doporučit výměnu za univerzální balicí stůl, na kterém by mohly být baleny nejen T-přepážky, ale i ostatní příslušenství a náhradní díly, které jsou v současnosti baleny například na stole určeném pro opravy nebo v místnosti D, kde se nachází montáž elektroniky. Univerzální balicí stůl nebyl navržen, jelikož je v současnosti velmi obtížné přesně určit veškeré vstupy, výstupy a časovou náročnost všech drobných balících operací.

Řešení problémů původního stavu

- 1) **Ergonomie a fyzická náročnost operace ražení.** Operace ražení magnetického pásky je zrušena a převedena na dodavatele.
- 2) **Zásobování pracoviště materiálem.** K pracovišti bude zajištěn volný průjezd pro zásobování materiálem.

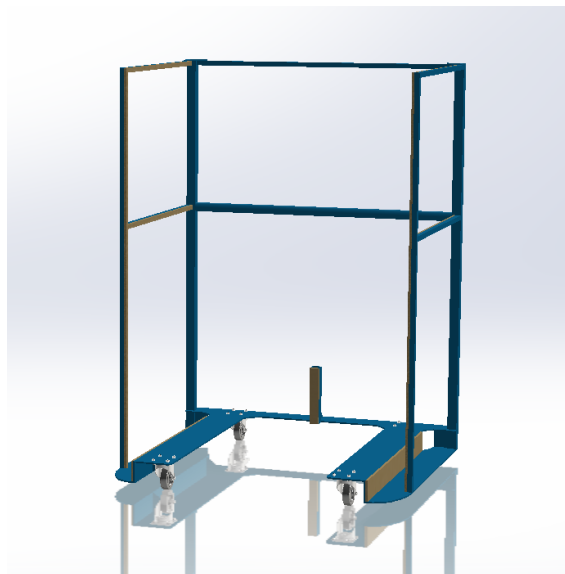
- 3) **Zastaralá pracovní deska.** Pracovní deska stolu určeného pro balení T-přepážek je již značně opotřebena. Z tohoto důvodu je překryta kartonem. Jedná se o provizorní řešení před nahrazením novým stolem. Problém tedy není prozatím nijak řešen.

8.7 Koncept prostředku pro mezioperační přepravu

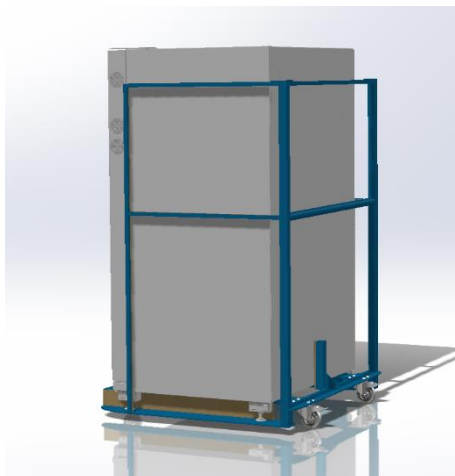
Jedním z hlavních cílů nového layoutu je, aby bylo následně možné postupovat směrem k dalšímu zeštíhlování celého výrobního procesu. Jelikož bude hledáno řešení, které bude podporovat vznik toku jednoho kusu u navazujících montážních operací hlavních podsestav, je na místě uvažovat i o vhodné přepravě mezi jednotlivými operacemi, aby byl průběžný čas výroby co nejkratší a aby bylo redukováno plýtvání související s mezioperační přepravou.

V současnosti probíhá přeprava rozpracované výroby pomocí ručně vedených paletových vozíků. To s sebou přináší nutnost sdílení dostupných vozíků mezi více pracovišti a s tím související neustálé chození pro paletový vozík a zbytečně zdlohouvavou manipulaci mezi jednotlivými operacemi. Zároveň je u některých operací potřeba natáčet automat bokem. Také musí být paletový vozík po přesunu znovu uklizen.

Kvůli zmíněným důvodům byl navržen teoretický koncept přepravní plošiny. Po smontování skříně by byl automat pomocí paletového vozíku přesunut na přepravní plošinu, ve které by absolvoval cestu celým montážním procesem až po závěrečnou kontrolu. Nakonec by byl opět paletovým vozíkem sundán a zabalen. Výrazně by došlo k minimalizaci času přepravy mezi jednotlivými pracovišti a zároveň by bylo snadné automat natáčet všemi směry podle potřeby.



Obr. 8.19 - Koncept přepravního prostředku automatu ve výrobě (1)



Obr. 8.20 - Koncept přepravního prostředku automatu ve výrobě (2)

Nevýhodou je rozměr samotné přepravní plošiny. V hale s aktuální kapacitou plochy není možné vyhradit skladové pozice pro prázdné přepravní plošiny. Celý montážní proces by tedy musel být nejdříve vybalancován a až pak by bylo možné o podobném řešení uvažovat. Další nevýhodou je poměrně náročné technické řešení. Cesta tohoto teoretického konceptu k funkčnímu praktickému řešení vede nejprve přes upravení na univerzální použití pro všechny typy skříní a následně podstatného vyztužení. Obojí představuje komplikace, jelikož existují omezení, jak maximální šířka plošiny, aby se vešly dvě vedle sebe do jedné buňky regálu, tak i omezení maximálního zdvihu paletového vozíku, který se pohybuje okolo 200 mm. Bylo by potřeba pravděpodobně nejprve vytvořit několik návrhů a na vhodném prototypu otestovat nosnost. Vzhledem ke zmíněným nevýhodám, nebude s tímto konceptem do návrhu nového layoutu počítáno. Koncept může být využit pro pozdější zeštíhlování výroby.

9 Návrh prostorového uspořádání haly

Nyní může být přistoupeno k samotnému návrhu nového layoutu. Spolu s novým layoutem je v plánu rekonstrukce haly v podobě nového vytápění, osvětlení, nátěru zdi a podlahy. Celková plocha haly by měla být rozdělena na dílčí plochy, které budou sloužit ke konkrétnímu účelu. Rozdělení celkové dostupné plochy na montáž, regálový sklad a vrtačky je vhodné hned z několika důvodů. Nejen, že dojde k narovnání materiálových toků, ale zároveň se ušetří za vytápění a osvětlení. Zónově provedené vytápění bude řešeno plynovými infrazářiči, které budou umístěny pouze nad plochou montáže a nad vrtačkami. Při vhodném dimenzování výkonu s ohledem na tepelnou ztrátu dojde k rozprostření tepla i nad plochu regálového skladu a zářiče tak nemusí být instalovány mezi regály. Podobně dojde i k úspoře za osvětlení. Norma definuje intenzitu světla v jednotkách lux podle využití plochy. Hustota sítě světel může být upravena podle jednotlivých ploch a nemusí tak být jednotná intenzita pro celou plochu výrobní haly. K tomu navíc může být jednotná montážní plocha přesunuta ke zdi s okny, aby byl dostupný též podíl přirozeného denního světla.

9.1 Návrh nového skladu

Jako první musí být navržena velikost skladu tak, aby bylo vyhověno požadavkům zadání projektu. Celkově je potřeba navýšit prostorovou kapacitu o 20 %. Nejprve musí být určeno, jaké množství jakých typů regálů je pro nový návrh potřeba. Vycházet lze ze současných typů regálů, kde některé regály jsou nevyhovující vzhledem k nevhodným roztečím, a proto nebudou v návrhu použity. Jedná se například o rozteč buňky 2 metry, do které jsou ukládány palety na délku, což ve výsledku znamená uložení pouze jedné palety do dvoumetrové buňky.

V návrhu mohou být využity pouze původní regály s roztečí buňky 2,7 a 3,6 [m]. Tyto rozteče odpovídají uložení 3 a 4 europalet. K dispozici jsou 4 x paletový regál s buňkou 2,7 [m] a 1 x paletový regál s buňkou 3,6 [m].

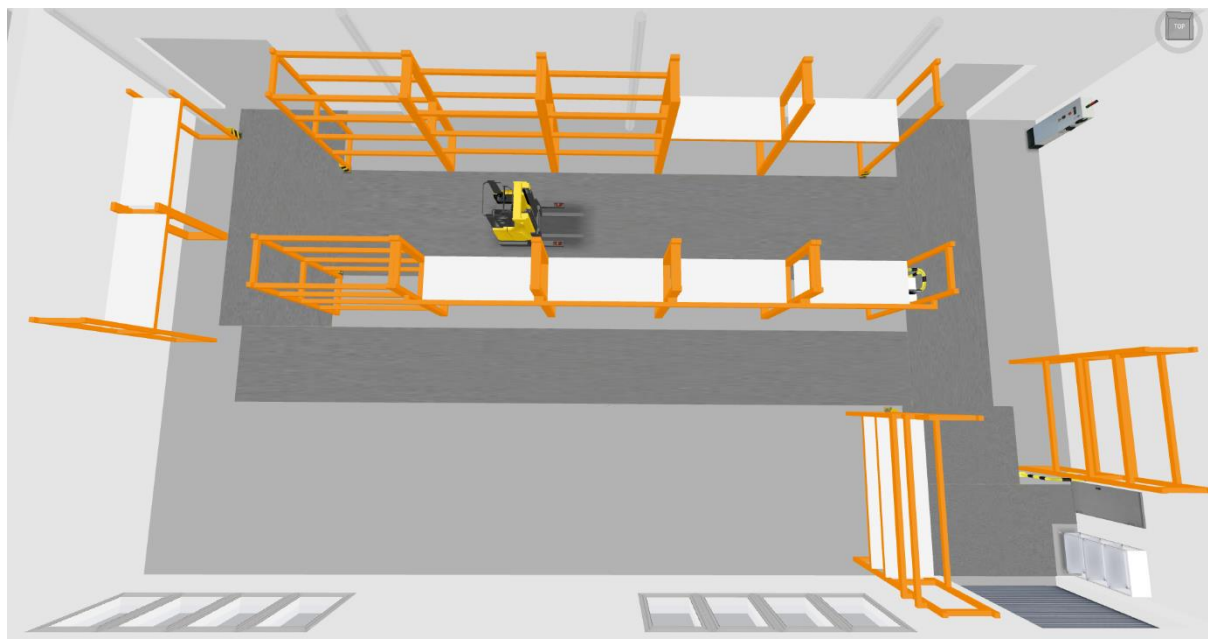
Následující tabulka uvádí celkový potřebný počet regálů, aby bylo dosaženo prostorového navýšení skladové kapacity o požadovaných 20 %. Původní reálná využitelná kapacita prostoru je 169,1 [m³].

<i>Původní regály, které budou do projektu použity</i>			
Množství	Název regálu	Záběr plochy [m²]	Reálná využitelná prostorová kapacita [m³]
4	paletový regál s buňkou 2,7 [m]	13,0	58,5
1	1 x paletový regál s buňkou 3,6 [m]	4,3	19,4
<i>Regály k dokoupení</i>			
Množství	Název regálu	Záběr plochy [m²]	Reálná využitelná prostorová kapacita [m³]
9	paletový regál s buňkou 2,7 [m]	29,2	131,4
<i>Celkový součet</i>		46,5	209,3

Tab. 9.1 - Potřebný počet regálů pro projekt

Vlivem využití výšky haly pomocí nových paletových regálů došlo k navýšení prostorové kapacity skladu o 23,8 %. Zároveň došlo ke snížení celkového záběru skladové plochy o 15,9 %. V ploše skladu je porovnávána pouze plocha samotných regálů a volné skladové plochy, nikoliv potřebných manipulačních uliček.

Dalším krokem je vhodné umístění regálů na plochu haly. Měla by být vytvořena jednotná skladová plocha. Vzhledem k tomu, že z hlediska příjemného pracovního prostředí je žádoucí umístit montážní pracoviště podél oken, je možnost umístění regálů značně omezena. Následující obrázek znázorňuje zkonzultované a odsouhlasené umístění regálů.



Obr. 9.1 - Vytvoření skladu rozmístěním regálů

Na 3D návrhu skladu jsou kromě přesného umístění regálů zároveň umístěny i bezpečnostní prvky jako zábradlí, ochranné rohy proti najetí a paletové dorazy. Celkově je umístěno 13 regálů s buňkou pro 3 palety a 1 regál s buňkou pro 4 palety. V CAD systému byly nakresleny různé konfigurace regálů, ze kterých by měl být následně zpracován konkrétní 3D návrh skladu, včetně přesného počtu regálového příslušenství, tedy počtu a typu nosníků, dorazů apod. Přesný návrh je důležitý hlavně kvůli malým rozměrům haly.

V návrhu skladu je počítáno s bezpečnostními vzdálenostmi od rozvodů elektřiny a stlačeného vzduchu. Zároveň je vytvořena širší manipulační ulička pro retrak, než je udávané minimum normou. Jelikož se jedná pouze o jednu uličku, není prioritou šetření místa v podobě nastavení šíře dle minima normy. Ulička šíře 3 [m] umožní snazší manipulaci a sníží se riziko poškrábání zboží vlivem neopatrné manipulace. Zásadním rozdílem oproti původnímu stavu je také to, že je pro retrak vyhraněna vlastní manipulační ulička a nebude již tedy zajíždět mezi pracoviště s lidmi.

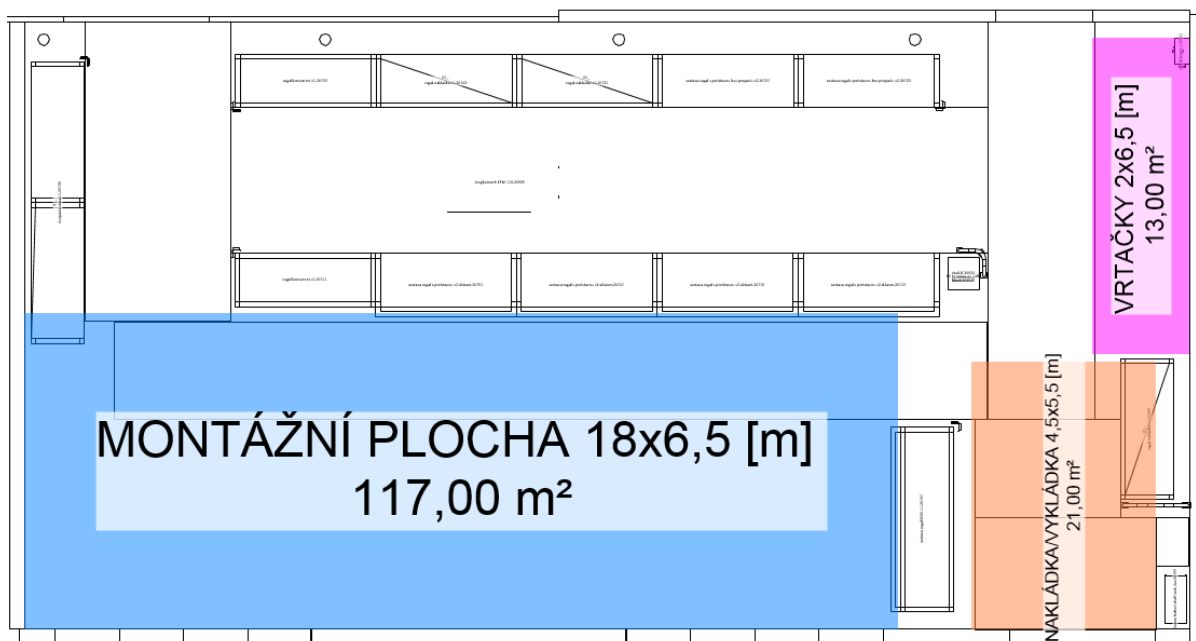
V původních regálech na hale A bylo využíváno zakládání s pevnou pozicí, minimálně bylo využíváno volné zakládání. Jelikož však sklad musí plnit několik funkcí, jsou v návrhu skladu zároveň zavedeny skladové zóny. Sklad musí zabezpečit dostatek materiálu u pracovišť a plnit tak funkci shopstocku, dále musí sloužit jako předávací místo pro interního zákazníka, kterým je montáž elektroniky v místnosti D. V předávacím místě, které by se dalo popsat jako buffer, musí být k dispozici až čtyři rozpracované výrobky pro vykrytí případných prodlev na následující montáži elektroniky v místnosti D. Dále by měl sklad plnit standardní funkci, tedy držení určité úrovně zásob a uchování hotových výrobků po určitou dobu. Nakonec musí pokrýt

potřebu odkládání připravených dílů pro kooperaci a rychlé přebrání příchozích dílů. Řešení všech těchto požadavků na sklad bude realizováno pomocí skladových zón, které budou přesně specifikovány v návrzích jednotlivých variant kompletního uspořádání haly. V úvahu připadají následující skladové zóny:

- ▶ Shopstock / Minimarket
- ▶ Hotové výrobky a transportní klece
- ▶ Volné ukládání dle potřeby
- ▶ Předávací zóna pro rozpracovanou výrobu
- ▶ Zóna pro rychlou vykládku a nakládku zboží
- ▶ Mobilní regály pro rychlé přestavení linky

9.2 Návrh variant prostorového uspořádání

Nyní již může být přistoupeno k návrhu jednotlivých variant kompletního uspořádání haly. K návrhu skladu je potřeba přidat další plochy, a sice montážní plochu, plochu pro vrtačky a plochu pro nakládku a vykládku materiálu. Mimo zmíněných ploch je na následujícím obrázku umístěn ještě terminál, na kterém budou pracovníkům zadávány aktuální operace z informačního systému. Terminál se nachází vpravo vedle prostřední řady pěti regálů. K terminálu bude potřeba při realizaci dovést elektřinu.



Obr. 9.2 - Rozdělení ploch v novém uspořádání

Montážní plocha se nachází podél zdi s okny, tudíž bude prosvítat denní světlo k montážním pracovištím. Vrtačky jsou odděleny od montážní i skladové plochy a jsou umístěny směrem k hale B, tedy k přípravě výroby. Poslední plocha se nachází u vrat a slouží pro nakládku a vykládku materiálu. Takto rozdělené plochy umožní naprojektovat zónové vytápění a osvětlení celé haly, čímž dojde k úsporám za energie.

Dále je potřeba vybrat z návrhů nových pracovních stůlů a ostatních návrhů ty, které budou použity pro návrh nového layoutu. Do návrhů variant layoutu bude po konzultacích počítáno s následujícími navrženými modely:

- ▶ Polohovatelný stůl pro montáž dveří
- ▶ Mobilní stůl pro montáž výdeje

- ▶ Stavitelný stůl pro montáž polic
- ▶ 1x mobilní vertikální regál pro díly pro skříně
- ▶ 2x mobilní horizontální regály pro díly pro manipulátor

Zbylé modely týkající se racionalizace a návrhů nových pracovišť nebudou, opět na základě konzultací, použity. Jedná se o modely:

- ▶ Sklápěcí stůl pro montáž dveří s otočným třímetrovým ramenem a balancérem – Řešení je neekonomické. Návratnost manipulačního zařízení a nákladů na realizaci nového sklopného montážního stolu je příliš dlouhá.
- ▶ Mobilní regál pro komponenty pro nasazení dveří – Zkrácení vzdálenosti součástek potřebných pro nasazení dveří na skříň automatu nevyvažuje prostorové nároky a náklady na realizaci.
- ▶ Přepavní prostředek pro mezioperační přepravu – Jedná se pouze o koncept, který není technicky dořešen tak, aby vyhovoval všem typům automatů a unesl požadovanou zátěž. Zároveň by byla potřeba vyřešit prostorové nároky a spočítat celkový potřebný počet přepravních prostředků. Koncept zároveň předpokládá výrobu s uplatněním one-piece-flow, což bude sice návrhem layoutu podpořeno, avšak realizace tohoto přístupu předpokládá další úpravy procesů. Koncept může tedy být využit jako podklad pro konkrétní řešení v budoucnu. Jednoznačně by došlo k úsporám souvisejících s manipulací rozpracovaných automatů skrze celý výrobní proces.
- ▶ Nástavec na vrtačku pro rychlé šroubování stavěcích nohou – Jedná se o přípravek, který je využíván v mateřské společnosti, kde se osvědčil. Proto byl vytvořen podobný návrh pro vlastní rozměry stavěcích nohou. Ukázalo se však, že současné vrtačky nejsou na předpokládanou hmotnost nástavce stavěné a jelikož se nejedná o výrobu ve větších sériích, nevyplatí se návrh přípravku realizovat.

Dále z původního stavu nebude, opět po konzultacích, do nového layoutu přesouváno:

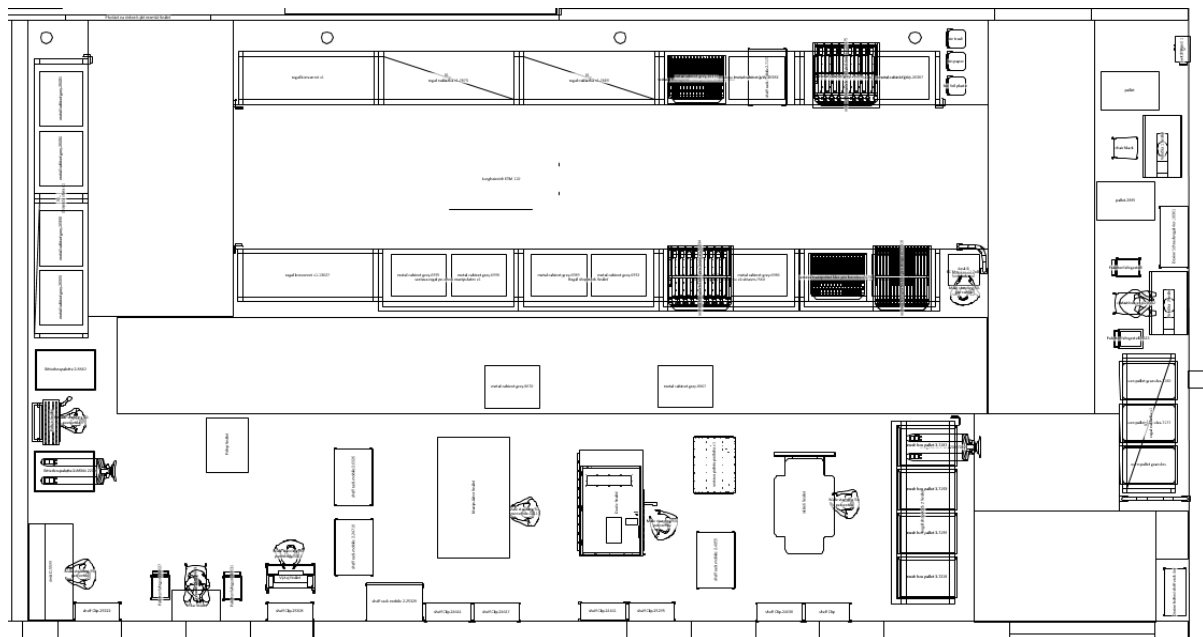
- ▶ Rzník magnetických pásek – Operace ražení je nahrazena kompletní přípravou pásku dodavatelem. Cena zůstává téměř stejná jako za dodávání neproraženého pásku, tudíž je možné ušetřit místo odebráním nepotřebného speciálního razicího stroje.
- ▶ Stroj pro stříhání plechů – Stříhání plechů je využíváno dle potřeby, avšak již jen občas. Nejedná se o pravidelnou operaci v rámci výroby současného ani budoucího výrobního programu. Vzhledem k velkým prostorovým nárokům samotného stroje, zásob různých plechů a obslužné plochy pracoviště bylo rozhodnuto o prodeji stroje a uvolnění potřebné plochy. Občasná potřeba plechových dílů bude tedy řešena zakázkovým pálením laserem. Celkové náklady vychází nižší než ponechání stroje.

Dále bylo zkonzultováno, že pro jednotlivé varianty nebudou zhotovovány materiálové toky, jelikož se bude jednat o téměř totožné hodnoty pro jakoukoliv kombinaci prostorového návrhu. Materiálové toky avšak budou muset být vyhodnoceny pro finální vybranou variantu kvůli srovnání s původním stavem a pro závěrečné vyhodnocení celého projektu.

9.2.1 Varianta A

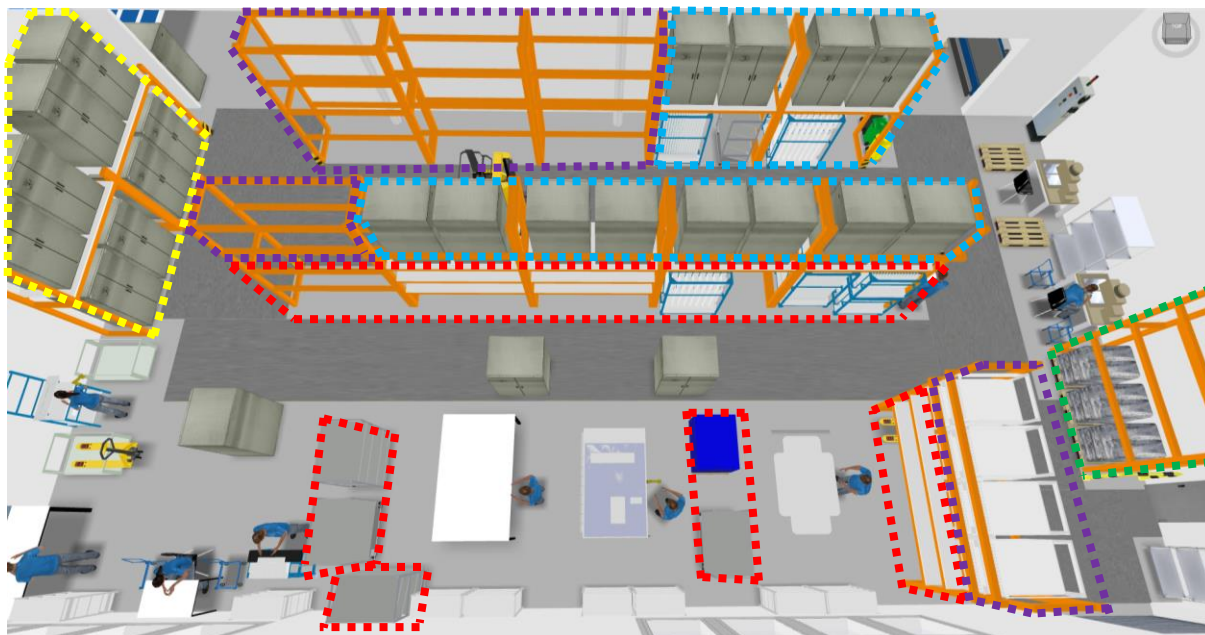
První varianta, varianta A, je koncipována tak, aby odpovídala všem požadavkům a přitom zároveň umožňovala výrobu jak dosavadním způsobem v dávkách, tak s využitím principu one-piece-flow po úpravě procesů. Mimo to je podpořeno a zjednodušeno aplikování dalších principů štíhlé výroby. Tato varianta by tedy umožnila plynulý přechod od stávajících procesů směrem ke štíhlejšímu procesům.

Navazující montážní operace jsou seřazeny po sobě. Jedná se o montáž skříně, dveří a manipulátoru. Nenavazující operace jsou umístěny v levé části montážní plochy. Rozpracované produkty jsou seřazeny za sebou v uličce. Menší část volné plochy v levé části montážní plochy je určena pro polepy automatů, které jsou dokončovány po více kusech najednou, proto je potřeba volná plocha.



Obr. 9.3 - Varianta A, 2D půdorys

Dále je definováno přesné sestavení konfigurace regálového skladu. Součástí této varianty je myšlenka, že prostřední řada pěti regálů bude doplňována z velké manipulační uličky a ze strany montáže budou přímo vybírány komponenty a montovány do výrobků. Vznikl by tak shopstock, díky čemuž by došlo k ušetření dvojité manipulace s materiálem, jelikož komponenty vložené do příslušné pozice by byly rovnou z druhé strany spotřebovávány během montáže. Shopstock a konkrétní rozdělení ostatních skladových zón je pro lepší představu graficky zobrazeno na následujícím 3D modelu.

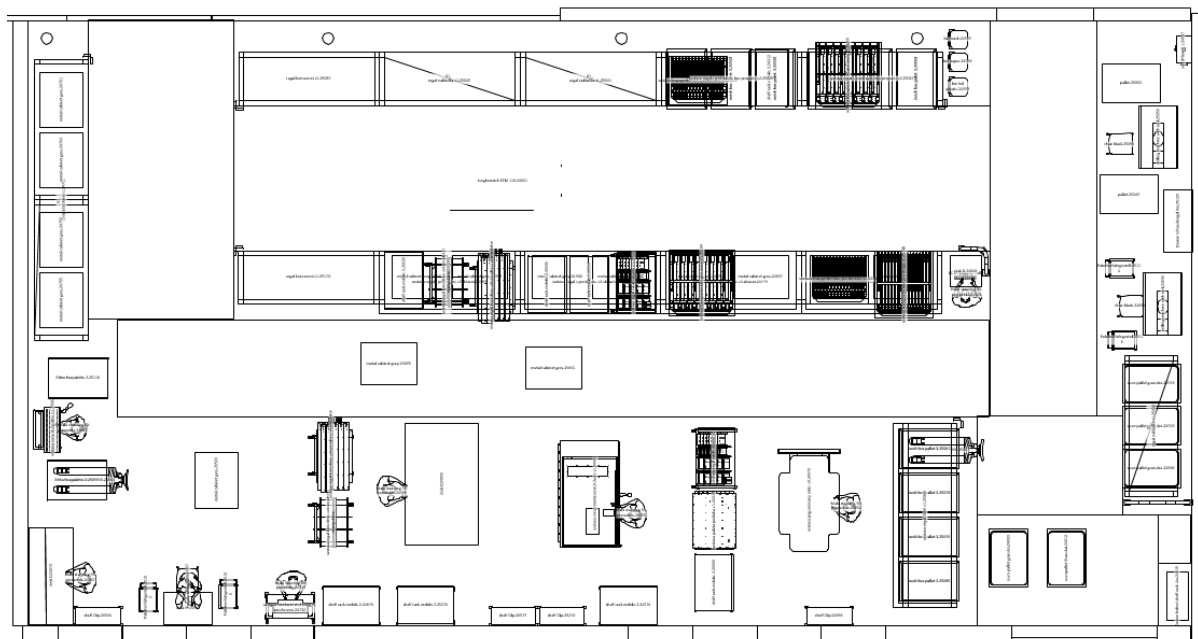


Obr. 9.4 - Varianta A, 3D pohled - skladové zóny

- ■ ■ ■ Shopstock / Minimarket
- ■ ■ ■ Hotové výrobky a transportní klece
- ■ ■ ■ Volné ukládání dle potřeby
- ■ ■ ■ Předávací zóna pro rozpracovanou výrobu
- ■ ■ ■ Zóna pro rychlou vykládku a nakládku zboží

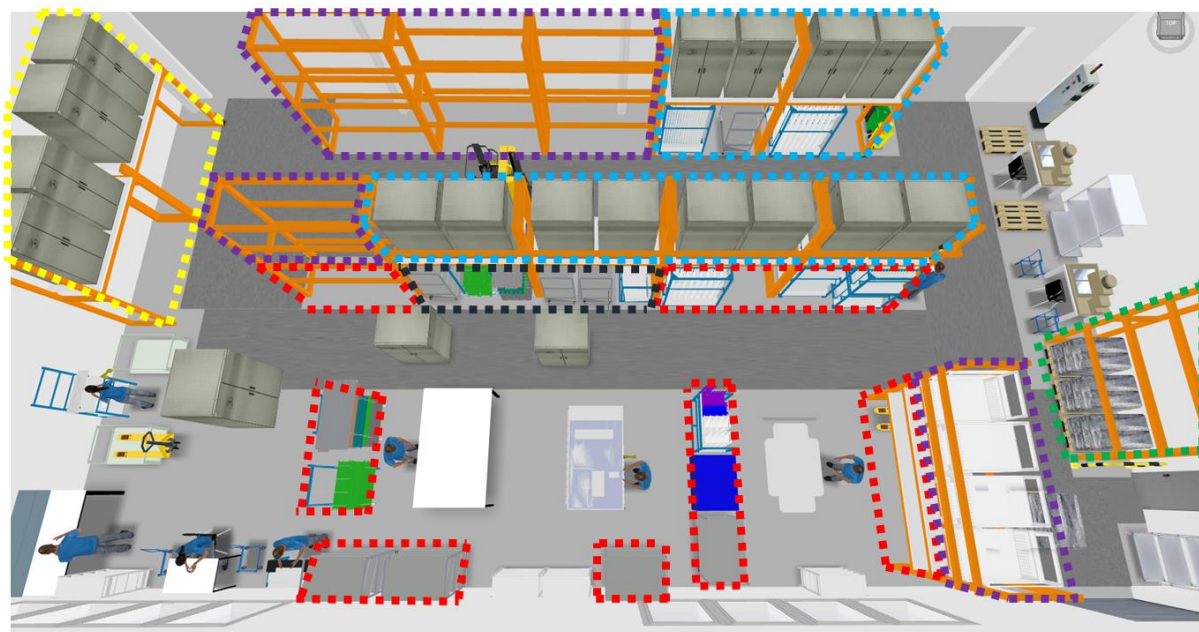
9.2.2 Varianta B

Druhá varianta, varianta B, je navržena s ohledem na rychlou přestavbu linky, při přepnutí na výrobu jiného produktu. Toho je docíleno díky kombinaci většího množství mobilních spádových regálů a navržených mobilních regálů pro velké díly. Tyto regály jsou přistaveny přímo na montážní ploše a v paletových regálech vedle montážní plochy, přičemž v paletových regálech jsou umístěny mobilní regály s připravenými díly v požadovaném množství pro montáž následujícího typu výrobku. Po dokončení montáže posledního kusu prvního typu výrobku by došlo pouze k výměně mobilních regálů a montáž nového typu výrobku by mohla nastat takřka bez prodlevy.



Obr. 9.5 - Varianta B, 2D půdorys

V celkovém návrhu dochází k vytvoření další zóny, a sice zóny mobilních regálů určených pro rychlé přestavení linky. Ve variantě A jsou na montážní ploše celkem 4 mobilní regály. Varianta B vyžaduje použití 7 mobilních regálů. Zároveň dochází ke zmenšení shopstocku v prostřední řadě pěti regálů a k většímu obsazení montážní plochy. Díly se nachází přímo na pracovištích a u některých operací tak dochází k minimalizaci vzdálenosti ruční manipulace.



Obr. 9.6 - Varianta B, 3D pohled - skladové zóny

- Shopstock / Minimarket
- Hotové výrobky a transportní klece
- Volné ukládání dle potřeby
- Předávací zóna pro rozpracovanou výrobu
- Zóna pro rychlou vykládku a nakládku zboží
- Mobilní regály pro rychlé přestavení linky

9.3 Porovnání a výběr varianty prostorového uspořádání

Obě varianty jsou velmi podobné a liší se pouze ve způsobu zavážení materiálu. Je potřeba se zaměřit na několik faktorů:

- ▶ počet manipulací s díly
- ▶ vzdálenost dílů od montážních stolů
- ▶ rychlost přestavby linky
- ▶ flexibilita v případě budoucích změn
- ▶ možnost ze začátku vyrábět stejným způsobem a následně plynule přejít k zeštíhlování výroby

Následující tabulky tyto faktory srovnávají v podobě výhod a nevýhod obou variant. Dále je pak vybrána lepší varianta pro realizaci.

Výhody varianty A	Nevýhody varianty A
Minimální počet manipulací s materiálem	Docházení cca 3 metry k shopstocku v prostřední řadě pěti regálů
Prostornost montážní plochy	Omezená velikost shopstocku, při přepnutí výroby na výrobu jiného produktu může být potřeba přesného plánování nebo částečného přeskládání komponent
Plynulý přechod ze stávajícího stavu bez nutnosti úpravy stávajících procesů	

Tab. 9.2 - Výhody a nevýhody varianty A

Výhody varianty B	Nevýhody varianty B
Rychlé přestavení linky pro výrobu jiného produktu (pouze výměna mobilních regálů)	Potřeba dvojité manipulace s díly v mobilních regálech
Žádné docházení pro díly	Potřeba ihned přechodu na one-piece-flow (Na hale nesmí docházet k hromadění rozpracovaných výrobků, jelikož místo bude zabráno mobilními regály). Muselo by tak nejprve dojít k časovému vyrovnání operací.

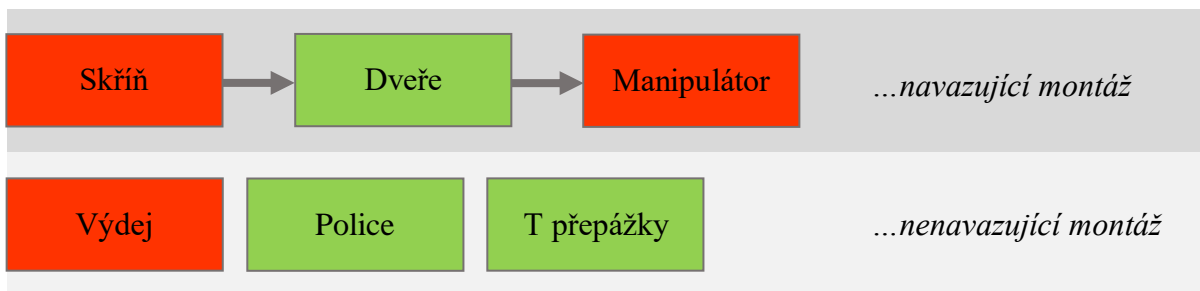
Tab. 9.3 - Výhody a nevýhody varianty B

Rozhodnutí o lepší variantě proběhlo formou diskuze s vedoucími pracovníky. Byly srovnány obě varianty a uvažovány krizové situace a vhodnost návrhů z hlediska potenciálních změn v budoucnu. Na základě této diskuze byla vybrána jako lepší varianta A. Hlavními důvody je lepší implementace návrhu a plynulý přechod ke štíhlejšímu procesům. Zároveň bude minimalizován počet manipulací s některými poměrně těžkými díly. V neposlední řadě může být navýšen počet mobilních regálů kdykoliv v budoucnu.

10 Vyhodnocení návrhu nového stavu haly

10.1 Potenciál výrobní kapacity

V původním stavu uspořádání haly A je k dispozici 5 pracovišť, přičemž každé pracoviště má k dispozici montážní stůl. Z těchto 5 pracovišť je jedno určeno pro opravy, balení dílů a montáž drobných dílů. Ostatní 4 montážní stoly slouží pro montáž hlavních podsestav. Na hale A však probíhá 6 montážních operací hlavních podsestav, a sice montáž skříní, dveří, manipulátoru, výdeje, polic a T přepážek. Vzhledem k tomu, že není k dispozici 6 pracovních stolů, nemůžou navazující montážní operace probíhat ihned po sobě, tj. s využitím toku jednoho kusu, ale musí probíhat v dávkách. Nutnost sdílení pracovišť ve výsledku brzdí celou výrobu také v důsledku potřeby časové koordinace pracovníků z předvýrobních operací a pracovníků montáže. Synchronizovat je potřeba nejen lidí, ale také dostupnost potřebného materiálu na pracovišti. Následující schéma a tabulka zobrazují situaci v původním stavu. Červeně jsou zobrazena sdílená pracoviště, která jsou k dispozici pro danou podsestavu pouze v polovině pracovní doby. Zeleně jsou zobrazena pracoviště, na kterých probíhá montáž po celou dobu směny.

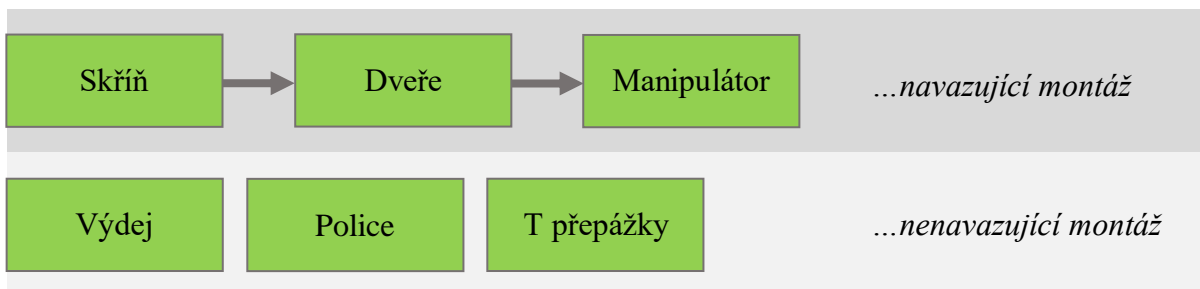


Obr. 10.1 - Sdílení pracovišť - původní stav

Počet využívaných výrobních stolů	6
Počet sdílených stolů mezi více pracovníky	3
Celkový počet dostupných hodin na všech stolech denně	36

Tab. 10.1 - Maximální dostupný čas pro montáž v původním stavu

V novém návrhu uspořádání výroby jsou přidány 3 montážní stoly pro potřebné montážní operace hlavních podsestav. Díky tomu je možné následně synchronizovat montážní operace a zavést tok jednoho kusu. Zároveň dochází k uvolnění stolu na hale B, který byl v původním stavu z poloviny času využíván pro montáž skříní. Tím se zároveň navyšuje i využitelný čas pro nastřelování navařovacích svorníků v předvýrobě.



Obr. 10.2 - Sdílení pracovišť – nový stav

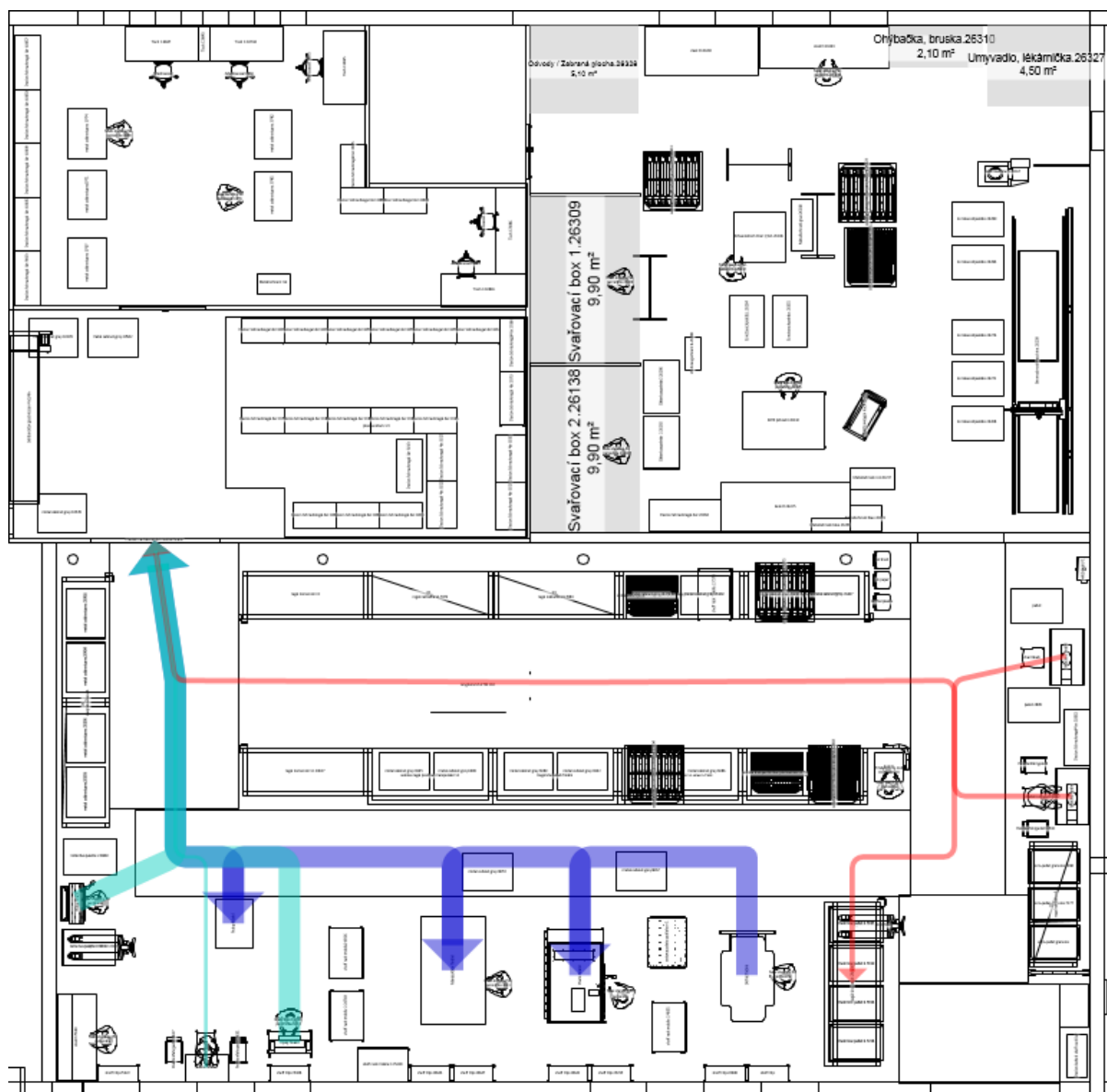
Počet využívaných výrobních stolů	6
Počet sdílených stolů mezi více pracovníky	0
Celkový počet dostupných hodin na všech stolech denně	48

Tab. 10.2 - Maximální dostupný čas pro montáž v novém stavu

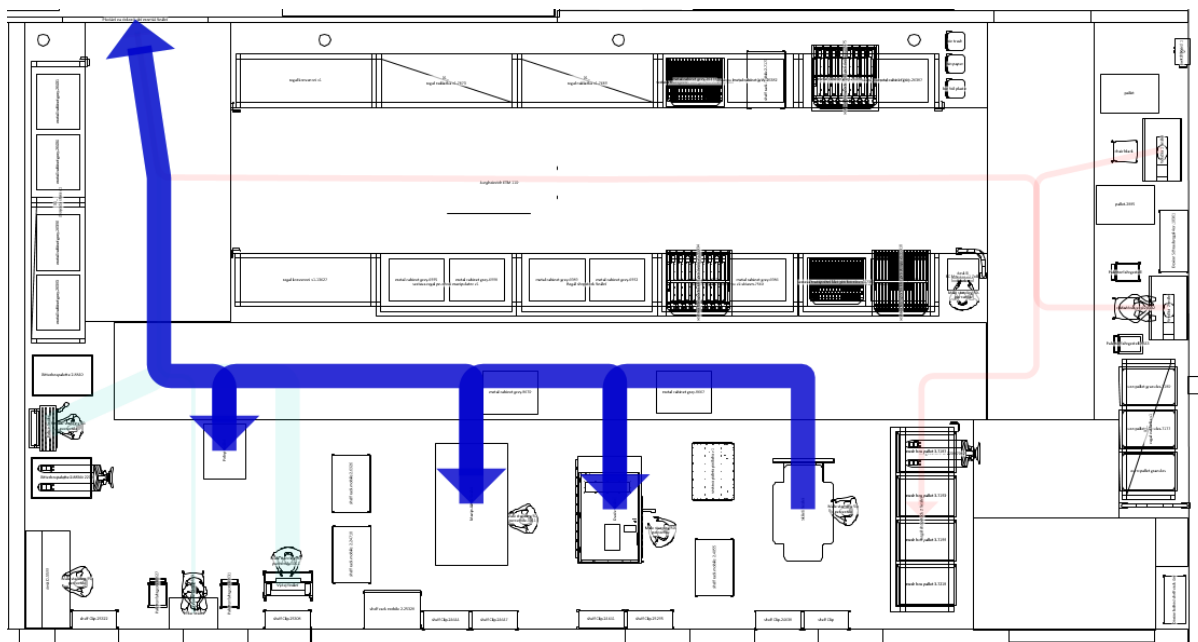
Celkem tak dochází ke zvýšení dostupných hodin pro montáž hlavních podsestav na hale A o 12 hodin, což představuje nárůst o 33 %. K tomu je navíc uvolněn stůl na hale B.

10.2 Materiálové toky v novém uspořádání haly

Na první pohled je patrné zjednodušení materiálových toků. Veškeré toky jsou přímé, nekříží se a je oddělen tok materiálu montážních operací od toků od vrtaček.



Obr. 10.3 - Tok materiálu výroby ASK 200 - nový stav



Obr. 10.4 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze navazující operace – nový stav

V novém provedení prostorového uspořádání již tok materiálu navazujících operací začíná na hale B, ale přímo na hale A. Dochází tak ke značné úspoře potřebné přepravní vzdálenosti.



Obr. 10.5 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze nenavazující operace - nový stav

Toky nenavazujících operací jsou přímé už v původním stavu. V novém návrhu prostorového uspořádání u nich došlo pouze k drobnému celkovému zkrácení.



Obr. 10.6 - Tok materiálu výrobku ASK 200, pouze pro operace vrtání - nový stav

Materiálové toky od vrtaček jsou v novém uspořádání odděleny od montážních toků. Hlavní výhodou však je volná komunikační ulička. V původním stavu bylo nutné při převážení dílů k a od vrtaček uvolňovat průjezdní uličku.

Název materiálového toku	Přepravní vytížení [m]
ASK 200 - Navazující operace	7 445
ASK 200 - Nenavazující montáž	5 222
ASK 200 - Operace vrtání	1 941
Celkem	14 608

Tab. 10.3 - Materiálové toky, shrnutí - nový stav

V novém uspořádání dochází k úspoře 38,8 % parametru přepravní vytížení, tedy celkové přepravní vzdálenosti v metrech. U navazujících operací je délka materiálového toku zkrácena na polovinu.

10.3 Vyhodnocení pracovišť

Porovnání původního a nového stavu jednotlivých pracovišť je provedeno s využitím definovaných kritérií. Kompletní přehled všech kritérií je zpracován pro pracoviště, u kterých bylo rozhodnuto o začlenění nových návrhů montážních stolů. Jedná se o pracoviště pro montáž skříně, výdeje a polic.

Pracovní stoly ostatních pracovišť zůstaly zachovány a byly použity do návrhu nového layoutu. U těchto pracovišť dochází tedy pouze ke změnám u kritérií týkajících se umístění a vzdálenosti komponent a kritérií souvisejících s bezpečností, nadbytečnou manipulací apod. Proto budou pro všechna zbývající pracoviště uvedeny srovnávací tabulky v zjednodušeném provedení, které budou zahrnovat všechna hlavní kritéria a pak kritéria, u kterých došlo ke zlepšení. Ostatní hodnoty zůstávají shodné s původním stavem.

10.3.1 Pracoviště zahrnující návrh nového montážního stolu

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Výšková stavitelnost pracovní roviny	[mm]	0	230 - 1050
Zdvih stolu rotací	[°]	-	-
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Počet sdílených dalších operací s vlastní operací	[-]	2	0
Minimálně nutný počet smontovaných podsestav	[-]	8	1
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	7	2
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	3	2
Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka	[kg]	-	-
Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny	[mm]	-	-
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	5	2
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	2,5	2,5
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	-	-
Kvalitativní kritéria	Specifikace – původní stav	Specifikace – nový stav	
Čistota prostředí	Zvýšená prašnost vlivem probíhajících operací na hale B	Čisté prostředí haly A	
Zavážení materiálu	Potřeba zavážet transportní klece s velkými komponentami před montáží celé dávky. Zároveň potřeba synchronizace podle dostupného volné plochy na hale B	Transportní klece mají určené místo přímo u pracoviště. Není potřebná synchronizace podle dostupné volné plochy na hale B, jelikož pracoviště bude na hale A.	
Bezpečnost	-	-	
Nadbytečná manipulace	Vzhledem k dávkovému zpracování dochází k nadbytečné manipulaci s hotovými podsestavami, pro které je hledáno místo na volné ploše, které není pevně stanoveno vlivem nedostatku volné plochy.	Umožnění principu one-piece-flow, tedy žádná nadbytečná manipulace s rozpracovanou výrobou	

Bytelnost pracovního stolu	Musí být zajištěna kolečka stolu	Stůl je pevný nepohyblivý
Vizuální působení pracoviště	-	-
Namáhavost operace	Převrácení před-montované podsestavy je náročné a je potřeba synchronizování pohybů 3 pracovníků	Převrácení před-montované podsestavy je možné 1 – 2 pracovníky s využitím pomocného rámu s válcem.

Tab. 10.4 - Zhodnocení pracoviště pro montáž skříně - nový stav

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Výšková stavitelnost pracovní roviny	[mm]	0	100
Zdvih stolu rotací	[°]	-	-
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Počet sdílených operací s vlastní operací	[-]	1	0
Minimálně nutný počet smontovaných podsestav	[-]	4	1
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	17	1
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	1	1
Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka	[kg]	-	-
Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny	[mm]	950	400
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	3	1
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	3,75	0,6
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	3	0
Kvalitativní kritéria	Specifikace – původní stav	Specifikace – nový stav	
Čistota prostředí	Přesná pracovní rýsovací deska je potažena ochrannou deskou z plastového materiálu, popřípadě kartonem. To vyžaduje složitější a častější údržbu.	Čistá dřevěná deska.	
Zavážení materiálu	Potřeba synchronizace zavážení pro sdílené podsestavy.	Pracoviště rozměrově vyhovuje všemu vstupnímu a výstupnímu materiálu. Zavážení dle potřeby.	
Bezpečnost	-	-	

Nadbytečná manipulace	Během montáže je potřeba 2x otáčet celou podsestavou jelikož na rovné pracovní desce není možné nechat podsestavu v základní poloze pro celou montáž.	Speciální tvar pracovní desky umožňuje nechat podsestavu v základní poloze během celé montáže.
Bytelnost pracovního stolu	-	-
Vizuální působení pracoviště	Plastová a kartonové ochranné desky nepůsobí moderně.	Čisté nové pracoviště.
Namáhavost operace	Nadbytečná manipulace a občas delší než nutná manipulace s podsestavou zvyšuje námahu celé montáže.	Veškerá manipulace na nejmenší možnou vzdálenost.

Tab. 10.5 - Zhodnocení pracoviště pro montáž výdeje - nový stav

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Výšková stavitelnost pracovní roviny	[mm]	0	300
Zdvih stolu rotací	[°]	-	-
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Počet sdílených operací s vlastní operací	[-]	0	0
Minimálně nutný počet smontovaných podsestav	[-]	30	30
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	3	1
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	1	1
Maximální manipulační váha na jednoho pracovníka	[kg]	-	-
Maximální nutná vzdálenost dosahu horní končetiny	[mm]	500	400
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	3	1
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	1,25	0,4
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	2	0
Kvalitativní kritéria	Specifikace – původní stav	Specifikace – nový stav	
Čistota prostředí	-	-	
Zavážení materiálu	Občas potřeba nejprve odsunout rozpracovanou výrobu.	Dostatek místa pro zavážení dle potřeby.	

Bezpečnost	Pracoviště zasahuje do komunikační uličky, kudy se pohybuje i retrak.	Pracoviště je přesunuto na montážní plochu, kam retrak nemá přístup.
Nadbytečná manipulace	-	-
Bytelnost pracovního stolu	Vratké improvizované podložení pro nastavení optimální pracovní roviny se sklonem. Plakát s lepicími označeními jednotlivých polic není pevně uchycen na stálém místě.	Bytelný svařenec montážního stolu při zachování sklonu pracovní roviny. Plakát pevně uchycen v kratší vzdálenosti.
Vizuální působení pracoviště	Improvizované, nmoderní, opotřebovaná pracovní deska.	Nové „na míru“
Namáhavost operace	-	-

Tab. 10.6 - Zhodnocení pracoviště pro montáž polic - nový stav

10.3.2 Ostatní pracoviště

Kvantitativní kritéria maximalizační	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Zdvih stolu rotací	[°]	0	0
Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	29	2
Počet obsluhujících pracovníků montáže nebo její části	[-]	3	3
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	1	0
Kvalitativní kritéria	Specifikace – původní stav	Specifikace – nový stav	
Zavážení materiálu	Některé díly jsou skládány ručně do patra konzolového regálu s patry z dřevotřísek. Není zajištěn přístup pomocí retraku.	Zajištěn přístup retraku ke všem pozicím.	
Bezpečnost	Obvykle pro cca 3 komponenty je potřeba vylézt po žebříku, jelikož se nacházejí v gitterboxu v patře paletového regálu.	Veškerý materiál je dostupný přímo na pracovišti ve výšce na dosah.	
Nadbytečná manipulace	Vzhledem k dávkovému zpracování dochází k nadbytečné manipulaci s hotovými podstavami, pro které je hledáno místo na volné ploše, které	Umožnění principu one-piece-flow, tedy žádná nadbytečná manipulace s rozpracovanou výrobou	

	není pevně stanoveno vlivem nedostatku volné plochy.	
--	--	--

Tab. 10.7 - Zhodnocení pracoviště pro montáž dveří - nový stav

Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Počet sdílených operací s vlastní operací	[-]	1	0
Maximální vzdálenost potřebné komponenty	[m]	17	2
Maximální vzdálenost manipulace s podsestavou nebo jejím základním dílem	[m]	5	2
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	2	0
Kvalitativní kritéria	Specifikace – původní stav	Specifikace – nový stav	
Zavážení materiálu	Potřeba synchronizace zavážení pro sdílené pod sestavy.	Pracoviště rozměrově vyhovuje všemu vstupnímu a výstupnímu materiálu. Zavážení dle potřeby.	

Tab. 10.8 - Zhodnocení pracoviště pro montáž manipulátoru - nový stav

Kvantitativní kritéria minimalizační	Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Půdorysné rozměry pracovní plochy stolu	[m ²]	2,5	0,9
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu	[-]	4	2
Kvalitativní kritéria	Specifikace – původní stav	Specifikace – nový stav	
Zavážení materiálu	Pracoviště je obvykle zabarikádováno ostatním materiálem a rozpracovanou výrobou. Nicméně vzhledem k velmi nízké potřebě zavážení se nejedná o prioritní problém.	Pracoviště nebude zabarikádováno materiálem, ale pouze rozpracovanou výrobou. Vzhledem k velmi nízké potřebě zavážení se nejedná o prioritní problém.	
Bezpečnost	Během ražení magnetického pásku je potřeba dbát zvýšené pozornosti.	Operace ražení je převedena na dodavatele.	
Namáhavost operace	Velmi namáhavá manuální operace ražení. Opakující se pohyb ruky začíná nad úroveň hlavy, je potřeba svižný úder, aby nedošlo k zaseknutí stroje.	Operace ražení je převedena na dodavatele.	

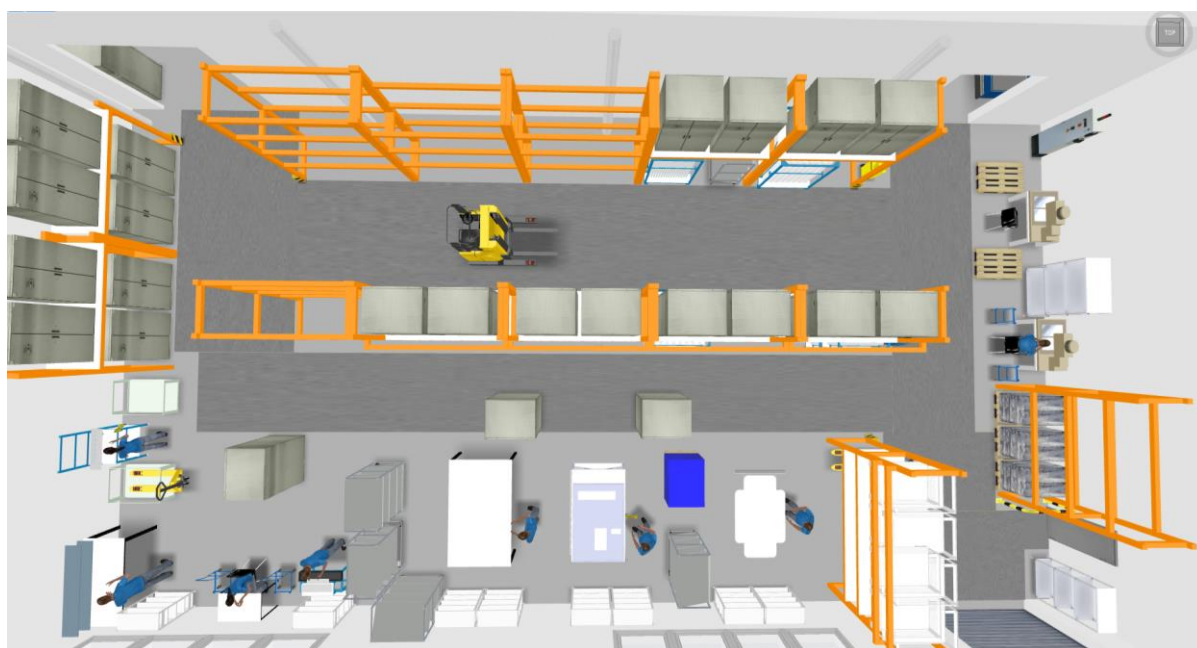
Tab. 10.9 - Zhodnocení pracoviště pro přípravu T-přepážek - nový stav

Kvantitativní kritéria minimalizační		Jednotka	Původní hodnota	Nová hodnota
Maximální vzdálenost potřebné komponenty		[m]	2	1
Maximální počet uvolněných palet před možností zavezení potřebného materiálu		[-]	6	0
Kvalitativní kritéria	Specifikace – původní stav	Specifikace – nový stav		
Zavážení materiálu	Pracoviště je obvykle zabarikádováno ostatním materiálem a rozpracovanou výrobou.	Volný přístup pro zavážení materiálem.		
Vizuální působení pracoviště	Vlivem zabarikádování je zvýšená nepřehlednost.	Přehled o průběhu operací na vrtačkách.		

Tab. 10.10 - Zhodnocení pracovišť vrtaček - nový stav

10.4 Finální návrh prostorového uspořádání haly ve 3D

3D model finálního návrhu uspořádání haly je zobrazen na několika dalších obrázcích.



Obr. 10.7 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (1)



Obr. 10.8 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (2)



Obr. 10.9 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (3)



Obr. 10.10 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (4)



Obr. 10.11 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (5)



Obr. 10.12 - 3D návrh nového prostorového uspořádání (6)

11 Realizace projektu

Realizace projektu proběhla úspěšně. Vyskytly se pouze prodlevy u některých dodavatelů a tím došlo ke zpoždění, se kterým však bylo počítáno. Celkově došlo k výraznému zlepšení pracovních podmínek.

11.1 Provedení návrhů nových montážních stolů

Z návrhů nových montážních stolů byly realizovány tři, a sice polohovatelný stůl pro montáž dveří, stavitelný stůl pro montáž polic a mobilní stůl pro montáž výdeje. Následující obrázky zobrazují výsledné provedení jednotlivých návrhů.



Obr. 11.1 - Realizované pracoviště pro montáž skříní



Obr. 11.2 - Realizované pracoviště pro montáž polic

Na obrázku je stavitelný stůl pro montáž polic tak, jak je ihned po realizaci využíván. Měl by však být dále uklizen a doplněn o držák vrtačky. Police stolu by měly být naplněny vstupním materiálem, pro který také byly rozměrově navrženy.



Obr. 11.3 - Realizované pracoviště pro montáž výdeje

Mobilní stůl pro montáž výdeje musí být ještě dovybaven již připravenou protiskluzovou podložkou a pěnovým organizérem na náradí, který bude vložen do černé vaničky. Organizéry by měly být využity u ostatních pracovišť v rámci implementace 5S, což představuje další krok směrem k zeštíhlení procesů.

11.2 Provedení nového prostorového uspořádání a částečné rekonstrukce

Moderní vytápění je rozděleno do dvou topných zón, a sice montážní zóna a zóna vrtaček. Důvodem je, že plocha u vrtaček není neustále využívána. Zároveň je vytápění situováno nad montážní plochou, přičemž nad skladové plochy teplo přechází, aniž by bylo nutné tyto plochy vytápět. Tím dochází k vytápění tam, kde je to potřeba a ne rovnoměrně celé haly, což samozřejmě přináší úsporu za energie. K tomu je navíc možné vše regulovat vzdáleně pomocí mobilních zařízení.

Osvětlení přispělo také ke značnému zlepšení pracovních podmínek. Díky novému prostorovému uspořádání je rozdělena intenzita osvětlení po celé hale tak, aby jednotlivé plochy splňovaly veškeré normy a zároveň došlo k úspoře za elektřinu. Také byla vybrána chromatičnost světla 5000 K, tedy denní světlo, které přispívá k lepší koncentraci a bdělosti pracovníků, aniž by docházelo k nepříjemnému oslňování.

Obrovským zlepšením je celková přehlednost haly a dostupnost veškerého materiálu a pracovišť bez nutnosti uvolňování přístupu, který byl v původním stavu zabarikádován jiným materiálem. Díky dostatku skladových pozic je nyní lepší přehled o celkovém stavu zásob, usnadněna kontrola zásob a inventura. Také se lze nyní snadno vypořádat s krizovými situacemi, které se v průběhu roku občasně vyskytují.

Dalším pozitivním krokem během realizace bylo uklizení haly a vytrídění pracovišť od nepotřebného náradí. Také byla zlepšena bezpečnost díky regálovému příslušenství, a sice paletových dorazů a bariérám proti nárazu do regálů manipulačními prostředky. Bezpečnému prostředí dále přispívá oddělení montážní plochy a plochy, kde se může pohybovat retrak, zlepšení kvality osvětlení a celkové bezpečnější uložení materiálu.



Obr. 11.4 - Fotka z montážní plochy



Obr. 11.5 - Fotka z plochy pro vrtačky



Obr. 11.6 - Shopstock u montážní plochy

11.3 Vyčíslení nákladů

Celková hodnota investice se skládá z několika položek, které jsou sepsány v následující tabulce. Značnou část představují náklady vložené do částečné rekonstrukce haly.

Popis investice	Hodnota investice [Kč]
Pracoviště pro montáž skříně (výroba, materiál)	41,500
Pracoviště pro montáž výdeje (výroba, materiál)	6,000
Pracoviště pro montáž polic (výroba, materiál)	4,000
Nákup nových regálů a regálového příslušenství	118,030
Nákup nového topení včetně nákladů na montáž infrazářičů, řídicí jednotky a plynovodu	240,390
Nákup nového LED osvětlení	50,400
Náklady na přestavení výroby	67,200
Náklady na nový nátěr zdí a podlahy	26,000
Celkem	553,520

Tab. 11.1 - Finanční náročnost projektu

12 Závěr a výstupy projektu

Snahou průmyslového inženýrství je eliminování plýtvání, které se v určité míře vyskytuje ve všech procesech. Nejedná se o lehký úkol, jelikož se podnikové procesy neustále mění podle aktuálního výrobního programu, výrobního profilu, odbytového množství apod. Například při vytváření prostorových návrhů je tedy potřeba brát v úvahu i budoucí vývoj materiálových toků a tomu přizpůsobit jednotlivé plochy s odpovídajícím potenciálem výrobní a skladové kapacity.

V rámci praktického projektu diplomové práce je vypracován kompletní návrh nového uspořádání montážní a skladové haly. Návrh uspořádání je zároveň složen z několika návrhů nových montážních stolů a návrhu nového skladu s definovanými skladovými zónami. Jednotlivé plochy haly jsou odděleny a umístěny tak, aby došlo k lepším pracovním podmínkám, bezpečnosti a úsporám za energii a manipulaci s materiálem. Výsledný navržený layout podporuje plynulý přechod k výrobě formou one-piece-flow a aplikaci dalších štíhlých přístupů jako 5S, balancování linky, jidoka, jednodušší kontrolu a další.

Výstupy projektu:

- ▶ 3D layout haly A (navýšení skladového prostoru, navýšení plochy montáže, zkrácení materiálových toků, umožnění přechodu na montáž principem one-piece-flow)
- ▶ Layout celého výrobního objektu v DWG, včetně aktuálního zpracování ploch pro vlastní výrobu
- ▶ Návrh a realizace polohovatelného stolu pro montáž skříně
- ▶ Návrh a realizace mobilního stolu pro montáž výdeje
- ▶ Návrh a realizace stavitelného stolu pro montáž polic
- ▶ Přenesení operace ražení magnetického pásku na dodavatele, zrušení operace
- ▶ Výběr dodavatele paletových regálů, osvětlení a vytápění haly

Shrnutí projektu je zobrazeno tabulkovým výčtem parametrů pro srovnání původního a nového stavu haly A. Projekt zároveň vyhovuje požadavkům zadání.

Kvantitativní parametry maximalizační	Původní stav	Nový stav
Skladová kapacita [m ³]	169,1	208,9
Přímá dostupnost k materiálu v paletách [%]	40	100
Potenciál navýšení objemu výroby [%]	0	33
Dostupná montážní plocha [m ²]	84	117
Kvantitativní parametry minimalizační		
Záběr plochy skladem [m ²]	55,3	46,4
Počet sdílených montážních stolů	3	0
Délka mat. toku navazujících operací [m ²]	14510	7445
Délka mat. toku nenavazujících operací [m ²]	6964	5222
Délka mat. toku pro operace na vrtačkách [m ²]	2405	1941

Tab. 12.1 - Shrnutí projektu - kvantitativní parametry

Kvalitativní parametry	Původní stav	Nový stav
Vytápění	Nízká účinnost, teplotní rozdíly při přecházení haly, zastaralé	Vysoká účinnost, zónové vytápění, rovnoměrné rozložení tepla, ovládání přes mobilní zařízení
Osvětlení	Neodpovídá normě, špatné světelné podmínky, nízká chromatičnost, rovnoměrné po celé hale	Moderní LED, účinné, výkonné, řešeno zónově, odpovídá normám, chromatičnost 5000 K
Přehlednost výr. systému	Zablokovaný přístup k materiálu, nesourodý sklad, roztráštěné plochy	Volný přístup ke všemu materiálu, sjednocený sklad, sjednocené plochy
Bezpečnostní prvky	Žádné	Paletové dorazy, ochranné rohy proti najetí do regálů, více místa pro manipulaci s materiálem
Pracovní prostředí	Zastaralé, problémy s nedostatkem prostoru, přeplněné materiálem, nedostatek pracovišť, nesourodost	Modernizované, vzdušné, čisté, barevně sjednocené, pracoviště na míru, dostatek prostoru

Tab. 12.2 - Shrnutí projektu - kvalitativní parametry

13 Zdroje

- [1] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [2] WILSON, Lonnie. *How to implement lean manufacturing*. New York: McGraw-Hill, c2010. ISBN 978-0071625074.
- [3] MILLER, Antonín, Bureš MAREK, Šrajer VLADIMÍR a Pešl JAROSLAV. *Projektování výrobní základy - teoretická část* [e-book]. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-30-9.
- [4] SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0573-3.
- [5] ŠIMON, Michal a Trnková LUCIE. *Logistika - teoretická část* [e-book]. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-35-4.
- [6] BUREŠ, Marek. *Tvorba a optimalizace pracoviště* [e-book]. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3.
- [7] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.
- [8] CHRISTOPH, Roser a Ondra PAVEL. *PUSH vs. PULL: Rozdíl mezi výrobními systémy PUSH a PULL* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <http://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/push-vs-pull-rozdil-vyrobnimi-systemy-push-a-pull/>
- [9] CHRISTOPH, Roser a Ondra PAVEL. *Přístupy k vytvoření tažného systému (1)* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <http://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/pristupy-k-vytvoreni-tazneho-systemu-1/>
- [10] *I-D diagram* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/i-d-diagram/>
- [11] Digitales Bild vom Materialfluss. *VisTABLE*[online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://www.vistable.de/materialflussanalyse-software/>
- [12] All About Spaghetti Diagrams. *AllAboutLean.com* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/spaghetti-diagrams/>
- [13] TYPICAL SUPERSTRUCTURES and accessories. *LISTA* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <http://lean-with-lista.com/superstructures/>
- [14] Bosch Rexroth Resource Kit Focuses on Lean Production. *Woodworking Netork* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://www.woodworkingnetwork.com/wood-market-trends/woodworking-industry-trends-press-releases/Bosch-Rexroth-Resource-Kit-Focuses-on-Lean-Production-266135501.html>
- [15] Manual Production Systems: Workstation Systems. *Woodworking Netork* [online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: http://www.lrengineering.co.uk/?page_id=405
- [16] Sielaff - výrobce prodejních automatů. *Sielaff - výrobce prodejních automatů* [online]. Copyright © Sielaff 2019 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://sielaff.cz/>
- [17] ČERVINKA, Michal. Takt time. *Štíhlá výroba*[online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <http://www.stihlavyroba.sk/2013/04/takt-time.html>
- [18] ŠIMON, Michal a Antonín MILLER. Řízení hmotných toků ve výrobě. *SystemOnline*[online]. 2014 [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/rizeni-hmotnych-toku-ve-vyrobe.htm>
- [19] Materiálový tok. *Logistika nejen pro studenty*[online]. [cit. 2018-11-25]. Dostupné z: <http://logistika.studentske.cz/2009/06/materialovy-tok.html>

- [20] BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [21] RAO, Narayana. Plant Layout - Efficiency: Efficiency Measures of a Layout. *Management Theory Review* [online]. 6 June 2017 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://nraomtr.blogspot.com/2011/11/plant-layout-efficiency.html>
- [22] Cellular type layout. *NPTEL* [online]. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <https://nptel.ac.in/courses/112107142/23>
- [23] Podnikové činnosti - zásobování. *Ekonomie* [online]. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: http://ekonomie.topsid.com/index.php?war=podnikove_cinnosti_-_zasobovani
- [24] BURIETA, Ján. *Metóda 5S - Čisté a usporiadané pracovisko*. IPA Slovakia, 2013. ISBN 978-80-89667-04-8.
- [25] KRIŠŤAK, Jozef. Ergonomické uspořádání pracoviště. *IPA* [online]. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/ergonomicke-usporadani-pracoviste>
- [26] Ergonomie: Ergonomie pracovního místa. *Zsbozp: ZNALOSTNÍ SYSTÉM PREVENCE RIZIK V BOZP* [online]. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/ergonomie/337-ergonomie-pracovniho-mista>
- [27] Zvedací plošina Ameise® s jednoduchým nůžkovým mechanismem | Jungheinrich PROFISHOP. *Jungheinrich PROFISHOP* [online]. Copyright © 2019 Jungheinrich [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich-profishop.cz/Zvedaci-plošina-Ameise-sjednoduchym-nuzkovym-mechanismem-24245-167633/>