



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

NÁVRH LAYOUTU PRACOVISTĚ

WORKPLACE LAYOUT DESIGN

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Pavel Hlavatý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Pavel Juřica, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav managementu
Student: **Bc. Pavel Hlavatý**
Vedoucí práce: **Ing. et Ing. Pavel Juřica, Ph.D.**
Akademický rok: 2021/22
Studijní program: Strategický rozvoj podniku

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

Návrh layoutu pracoviště

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Vymezení problému a cíle práce
Teoretická východiska práce
Analýza problému a současné situace
Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení
Závěr
Seznam použitých zdrojů
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Cílem této práce je na základě analýzy stávajícího procesu výroby funkčních částí proudových transformátorů, navrhnout layout pracoviště za účelem zlepšení manipulace s materiálem mezi pracovišti.

Základní literární prameny:

JUROVÁ, M. Výrobní procesy řízené logistikou. Brno: BizBooks, 2013. ISBN 978-80-265-0059-9.

KOŠTURIÁK, J. a kol. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, s. r. o., 2006. ISBN 80-86851-38-9.

LIKER, J. K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Praha: Management Press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.

ROTHER, M. a J. SHOOK. Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA. 2003. ISBN 978-0966784305.

ŘEPA, V. Procesně řízená organizace. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4128-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně dne 28.2.2022

L. S.

doc. Ing. Vít Chlebovský, Ph.D.
garant

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Tématem diplomové práce je návrh layoutu pracoviště za účelem zlepšení manipulace mezi pracovišti ve společnosti ABB s. r.o. Teoretická část práce definuje pojmy štíhlého podniku a uspořádání pracoviště. V analytické části je analyzován layout pracoviště společně s výrobním procesem a ergonomickými podmínkami na pracovišti. Dále jsou analyzovány pracovní činnosti na jednotlivých pracovištích. Na základě zjištěných nedostatků v analytické části jsou navržena vhodná a realizovatelná řešení. V závěru práce je zhodnocen celkový přínos a ekonomické náklady projektu.

Abstract

The topic of the thesis is the design of workplace layout to improve the handling between workplaces in ABB s. r.o. The theoretical part of the thesis defines the concepts of lean enterprise and workplace layout. The analytical part analyses the workplace layout together with the production process and ergonomic conditions in the workplace. Furthermore, the work activities at the individual workplaces are analysed. Based on the identified shortcomings in the analytical part, suitable and feasible solutions are proposed. In the conclusion of the thesis, the overall benefits and economic costs of the project are evaluated.

Klíčová slova

materiálový tok, plýtvání, prostorové uspořádání, přístrojový transformátor, štíhlá výroba

Keywords

material flow, waste, layout, instrument transformer, lean manufacturing

Bibliografická citace

HLAVATÝ, Pavel. *Návrh layoutu pracoviště* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/142934>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Pavel Juřica.

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 23. května.2022

.....

podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval panu Ing. et Ing. Pavlovi Juřicovi, Ph.D. za pomoc při zpracování diplomové práce a jeho odborné rady. Rád bych také velmi poděkoval panu Ing. Davidovi Dostálovi ze společnosti ABB s.r.o. za odborné vedení, profesionální přístup a především čas, který mi věnoval.

OBSAH

ÚVOD.....	11
VYMEZENÍ PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE	12
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE.....	13
1.1 Definice projektu	13
1.1.1 Cíle projektu	13
1.1.2 Etapy projektu.....	14
1.2 Výroba	15
1.2.1 Výrobní proces.....	16
1.3 Layout pracoviště se zaměřením na výrobní proces.....	18
1.3.1 Technologické uspořádání	18
1.3.2 Předmětné uspořádání.....	20
1.3.3 Buňkové uspořádání	21
1.4 Standardy pro uspořádání strojů na pracovišti	22
1.5 Metody pro prostorové rozmíst'ování pracovišť.....	22
1.5.1 Analytické metody	23
1.6 Stanovený postup při řešení návrhu nového layoutu.....	24
1.7 Filozofie štíhlého podniku	25
1.8 Štíhlá výroba.....	27
1.9 Metody pro identifikaci plýtvání	29
1.9.1 Snímek pracovní činnosti.....	29
1.9.2 Spaghetti diagram	30
1.9.3 Postupový diagram	30
1.10 Štíhlé pracoviště	31
1.11 Štíhlý layout.....	32
1.12 Vizualizace	33
1.13 Ergonomie	33
1.13.1 Ergonomie pracovního místa	34
2 ANALÝZA PROBLÉMU A SOUČASNÉ SITUACE.....	36
2.1 Představení analyzované společnosti.....	36
2.1.1 ABB Group.....	36

2.1.2	Historie ABB v České republice.....	37
2.1.3	ABB v České republice.....	37
2.1.4	Organizační struktura společnosti.....	38
2.2	Analýza základních údajů.....	38
2.3	Představení výrobku a produktového portfolia	41
2.4	Analýza organizace práce	44
2.5	Analýza výroby proudových transformátorů.....	45
2.6	Analýza současného pracoviště	52
2.7	Špagetový diagram pracoviště.....	55
2.8	Ergonomie pracoviště	56
2.9	Mini audit pracoviště – manipulační checklist	58
2.10	Analýza rizik manipulačních úkonů na pracovišti	60
2.11	Analýza pracovních činností	61
2.12	Zhodnocení analytické části	71
3	VLASTNÍ NÁVRHY ŘEŠENÍ.....	73
3.1	Definování projektu	73
3.2	Smart cíl.....	73
3.3	Harmonogram projektu.....	74
3.4	RIPRAN.....	74
3.5	Projektová část.....	77
3.6	Prostory pro vytvoření nového layoutu pracoviště.....	77
3.7	Volba nového zařízení	78
3.8	Návrh nového layoutu – Varianta 1.....	84
3.8.1	Popis nového postupu výroby	87
3.8.2	Výhody nového layoutu pracoviště	88
3.8.3	Činnosti spojené s přesunem výroby nadměrných transformátorů.....	89
3.9	Návrh layoutu pracoviště - Varianta 2.....	90
3.10	Přínos návrhu řešení	92
3.11	Ekonomické zhodnocení návrhů	95
3.12	Limity práce.....	97
	ZÁVĚR	99
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	101

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	105
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	106
SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	108
SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ	109
SEZNAM PŘÍLOH.....	110

ÚVOD

V dnešním velmi rychle se měnícím prostředí musí výrobní společnosti pro udržení konkurenceschopnosti neustále inovovat výrobní procesy a zvyšovat automatizaci výroby. Cílem každé firmy je modernizovat výrobní prvky, které budou nejen přidávat hodnotu výrobku, ale také zajistí maximální bezpečnost při pracovních postupech.

Diplomová práce se zabývá návrhem layoutu pracoviště pro výrobu proudových transformátorů nadměrných rozměrů ve společnosti ABB s.r.o. Z hlediska širokého portfolia transformátorů je velice nesnadné navrhnout layout pracovišť, které by na sebe navazovaly jak technologicky, tak procesně a zároveň splňovaly veškeré požadavky na BOZP a ergonomii při výrobě. Manipulace s břemeny je ve výrobě kritický faktor, a nesprávnou manipulací může dojít k pracovnímu úrazu a také k výrobě NOK kusů neboli zmetků. V rámci diplomové práce je tedy zapotřebí pochopit výrobní proces a vytyčit rozhodná místa, kde dochází z hlediska manipulace k nadměrné fyzické zátěži a hrozbě poškození výrobku.

VYMEZENÍ PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE

Cílem této práce je na základě analýzy stávajícího procesu výroby funkčních částí proudových transformátorů, navrhnout layout pracoviště za účelem zlepšení manipulace s materiálem mezi pracovišti.

Diplomová práce se rozděluje na tři vzájemně navazující části. V první části je vypracována literární rešerše, která má za cíl vysvětlit a objasnit probíranou problematiku a zjistit možnosti jejího řešení. Hlavními východisky teoretické části jsou poznatky a znalosti z oblasti štíhlé filozofie, přičemž důraz je kladen na metody, které jsou aplikovány v analytické a návrhové části práce. Analytická část se zaměřuje na výrobní proces funkčních částí přístrojových transformátorů. Pro odhalení nedostatků na pracovišti je využit mini audit pracoviště a analýza rizik manipulačních úkonů.

Z oblasti empirických metod byla využita analýza špagetového diagramu a procesní analýza, pomocí kterých byl vytvořen přehled o současném výrobním procesu, materiálovém toku a podílu činností přidávající hodnotu výrobku. Na základě analýz bylo identifikováno několik možností ke zlepšení, které byly přetvořeny do návrhové části.

V poslední návrhové části byly navrženy dvě varianty layoutu pracoviště. Závěr této práce je zaměřen na zhodnocení přínosu návrhu.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

Pro lepší porozumění a orientaci v analytické a návrhové části, jsou v teoretické části práce za pomoci odborné literatury definované použité přístupy a metody.

1.1 Definice projektu

Němec ve své publikaci (Němec, 2002, s. 11) uvádí, že význam slova projekt se v dřívější projektové praxi ustálil jako námět, plán a komplexní řešení nad zamyšlenými úkoly, včetně určitého grafického znázornění.

Projekt je možné chápat jako jedinečná množina koordinovaných aktivit, které mají vymezené počáteční a koncové procesy, jejichž cílem je dosáhnout určitých výkonových parametrů. Dle Němce (Němec, 2002, s. 11) základní charakteristické vlastnosti projektu, které jsou:

- jedinečnost – projekt má jasně stanovené hranice, provádí se pouze jednou;
- neopakovatelnost – každý projekt je vždy specifický a odlišný od ostatních;
- dočasnost – musí být vždy definovaný začátek a konec projektu (Fiala, 2004, s. 12-13).

Téměř vždy se na řešení projektu podílí jiné seskupení lidí v rámci určitých týmů. Projektem proto nemůže být každodenně opakující se rutinní činnost jako je například cesta do práce apod. (Němec, 2002).

1.1.1 Cíle projektu

Dle (Svozilové, 2011) jednotlivé cíle projektu specifikují účel, kterého by mělo být prostřednictvím realizace daného projektu dosaženo. Často se jedná o hierarchickou strukturu definovaných podmínek stavů či vlastností, jenž určují budoucí výsledek projektu. Cíle projektu jsou jasně dané prvky řízení a mají pro projekt elementární význam, a to z následujících důvodů:

- jsou základním milníkem pro plánovací procesy projektu, volbou jednotných postupů a metod a stanovení nákladů na realizaci projektu;
- definují obchodní podmínky mezi zákazníkem a dodavatelem;

- poskytují rámec určitých vlastností, které jsou v projektu měřeny pro kontrolní procesy;
- při schválení projektu se stávají centrem komunikace mezi zadavatelem projektu, projektovým manažerem a projektovým týmem;
- formulují kritéria projektu a slouží jako hlavní prostředek pro vyjádření požadovaných parametrů projektu (Svozilová, 2011, s. 82).

Vytvoření vhodných podmínek pro realizaci projektu ve fázi formulace jeho cílů lze příznivě ovlivnit použitím techniky SMART, viz následující tabulka (Tabulka 1).

Tabulka 1: SMART technika formulace cílů projektu

(Zdroj: Vlastní zpracování dle Svozilová, 2011)

S	Specific	Cíle mají být specifické a konkrétní.
M	Mesuarable	Cíle mají být opatřeny měřitelnými parametry, podle
A	Assignable	Cíle mají být přidělitelné jedinému subjektu s odpovědností a autoritou k výkonu rozhodnutí.
R	Realistic	Cíle mají být realistické a dosažitelné s použitím disponibilních zdrojů.
T	Time	Cíle mají být termínované (časově ohraničené)

1.1.2 Etapy projektu

Každý projekt se během svého existenčního času jistým způsobem vyvíjí, přičemž při vývoji se nachází v různých fázích, které tvoří etapy projektu neboli životní cyklus. Pro projekt jako takový existuje obrovské množství definic v oblasti životního cyklu, nicméně na přesné definici se neshodnou teoretici, světové společnosti ani různé hospodářské sektory (Svozilová, 2011, s. 37). Životní cyklus projektu má zpravidla několik fází. Většinou je možné se setkat rozdělením na 4-8 fází. Dle Chvalovského (Chvalovský, 2005) je možné rozdělit životní etapy na následující fáze:

- výběr projektu – podstatou této fáze je co nejvíce vyladit potřebné body stanovené managementem, na jejichž základě se rozhodne projekt iniciovat;
- koncepce, plánování – v této fázi je definován předmět a rozsah projektu, struktura projektu, organizační struktura, rizika projektu a následně je sestaven harmonogram projektu;
- realizace - ve fázi realizace jsou monitorovány jednotlivé úkoly a je prováděn reporting včetně průběžného vyhodnocení;
- uzavření projektu – poté, co je projekt finálně zrealizován, jsou zhodnoceny výsledky managementem a je provedena finální fakturace (Chvalovský 2005, s. 24-25).

1.2 Výroba

Výrobu je možné definovat jako transformaci výrobních faktorů do statků a služeb, které vždy procházejí určitou spotřebou. Pokud se bavíme o širším pojetí samotné výroby, do ní vstupují tři hlavní faktory, které jsou: půda, práce a kapitál (Synek a kol., 2013, s. 161). Primárním účelem těchto faktorů je dosažení požadované výkonnosti v konkrétních typech hospodářských, průmyslových či bankovních podnicích. Do výroby se tedy zahrnují všechny činnosti, které podnik v rámci svých stanovených zakázek zprostředkovává. Může zde být tedy zahrnuto skladování, pořizování výrobních faktorů či poskytování služeb atd. V užším pojetí se výrobou rozumí vlastní výroba (výroba hmotných věcí) a poskytování služeb (Synek a kol., s. 252).

Procesy ve výrobě mohou být definovány i dle přeměn materiálových prvků v určitý typ produktu:

- technologické procesy – výrobní procesy, které přeměňují materiálové prvky na výstupy zákazníka;
- netechnologické procesy – ty se dělí na: pomocné a obslužné, díky kterým je možné vytvářet plynulý materiálový tok skrz celý výrobní proces (Jurová, 2013, s. 70).

Z výše zmíněných procesů je možné dále určit fáze zpracování materiálových prvků ve výrobě:

- před zhotovující – výroba polotovarů;
- zhotovující – výroba komponent;
- dohotovující – montáž (Jurová, 2013, s. 70).

1.2.1 Výrobní proces

U klasických procesů hraje zásadní roli čas. Každá činnost je vykonávána v určité časové linii, kterou lze vždy srovnat do jednoznačné posloupnosti. Toto jsou vlastnosti společné všem procesům. V případě podnikových procesů popisuje určitý proces postup či časovou strukturu. K procesům neodmyslitelně patří:

- cíl;
- úmysl;
- objektivní přirozenost postupu;
- objektivně dané podmínky (Řepa, 2012, s. 15).

Proces může být definován jako soubor činností, který umožňuje přeměnu vstupů na výstupy. Hlavními cíli výrobního procesu je dodat výrobek zákazníkovi, a to v požadovaném množství, čase a kvalitě (Košturiak, 2010, s. 15). Pokud se dokážou vzájemně propojit jednotlivé pomocné prostředky (stroje, manipulační zařízení, výrobní linky atd.) spolu s lidskou a výrobní silou a předmětem výroby (materiál, suroviny, energie), vznikne výrobní systém.

Dle Jurové (2013, s. 28) je možné členit výrobní proces dle několika hledisek:

- **Podle míry plynulosti technologického procesu:**
 - plynulá výroba – u tohoto typu výroby se technologický proces vůbec nepřerušuje, což znamená, že výroba probíhá kontinuálně bez přestávky (např. Hutní výroba);
 - přerušovaná výroba – jedná se o výrobu tzv. diskrétní, kdy je výrobní proces průběžně přerušován z důvodu potřeby uskutečnit řadu netechnologických procesů (např. výměna stroje aj.);

▪ **Podle charakteru technologie:**

- mechanická výroba – nemění se podstata materiálu, ale dochází ke změně tvaru a jakosti;
- chemická výroba – změna látkové podstaty surovin a materiálů;
- biologická a biochemická výroba – přírodní procesy vyskytující se v potravinářství (zrání či kvašení);

▪ **Podle typu výroby:**

- kusová výroba – malý objem produktů s obrovskou variabilitou,
- sériová výroba – výroba stejného druhu výrobků, která se pravidelně opakuje (např. elektronika);
- hromadná výroba – velký objem druhů výrobků s nízkou variabilitou (např. stavební materiál);

▪ **Podle formy organizace výrobního procesu:**

- proudová výroba;
- skupinová výroba;
- fázová výroba.

Při proudové výrobě podnik hromadně vyrábí jeden nebo několik podobných produktů, a to při návaznosti jednotlivých výrobních fází. U proudové výroby je možné se setkat s pojmy jako plynulá výroba, výrobní linka a vyvažování linky.

U skupinové výroby je typická výroba s ustálenou spotřebou, kdy každý produkt prochází stejnou trasou a je vyráběn na stejných zařízeních (Jurová, 2013, s. 30).

Ve fázové výrobě se vyrábí velké množství produktů, kde jednotlivé produkty mají dané odlišné výrobní trasy. Stroje a pracoviště jsou uspořádány do funkčních skupin. Tento druh výroby je poměrně náročný skrz fakt, že zakázky jsou často velmi složitě přiřazovány ke strojům, tak aby nedocházelo k plýtvání a prodlužování výrobních časů.

Při rozhodování o uspořádání výrobního procesu je dle Jurové (2013, s. 71) doporučeno se zaměřit na následující faktory:

- objem výrobního portfolia;
- cíle řízené výrobním procesem;
- uspořádání pracoviště na výrobní ploše.

1.3 Layout pracoviště se zaměřením na výrobní proces

Prostorové uspořádání pracoviště je velmi důležitým aspektem v případě zajištění fungování celého výrobního procesu v podniku. Layout pracoviště má vliv na uspořádání a rozložení jednotlivých oddělení, pracovních zařízení, strojů a dalšího potřebného vybavení s důrazem na pohyb práce. Prostorové uspořádání pracoviště je jednou z nejdůležitějších specifikací výrobního systému. Na základě uspořádání zařízení a strojů má pracovník stanovené podmínky na pracovišti, přičemž čím lepší bude mít podmínky, tím vyšší bude jeho výkonnost. Nevhodně uspořádané pracoviště může způsobovat zvyšování výrobních nákladů, a to především kvůli dlouhým přepravním a logistickým cestám a manipulačním úkonům.

Prostorové uspořádání výroby je rozděleno zpravidla do dvou kategorií, a to na volné nebo skupinové. Volné rozmístění se využívá u takových typů výrob, kde je velmi malý objem produkce a procesy se neopakují. Skupinové rozmístění je zpravidla uplatňováno ve složitějších typech výroby, přičemž zařízení a stroje jsou seskupeny na pracovišti dle příbuznosti operací do technologického uspořádání, nebo na základě vyráběného produktu do předmětného uspořádání (Hiregoudar a Reddy, 2007, s. 13).

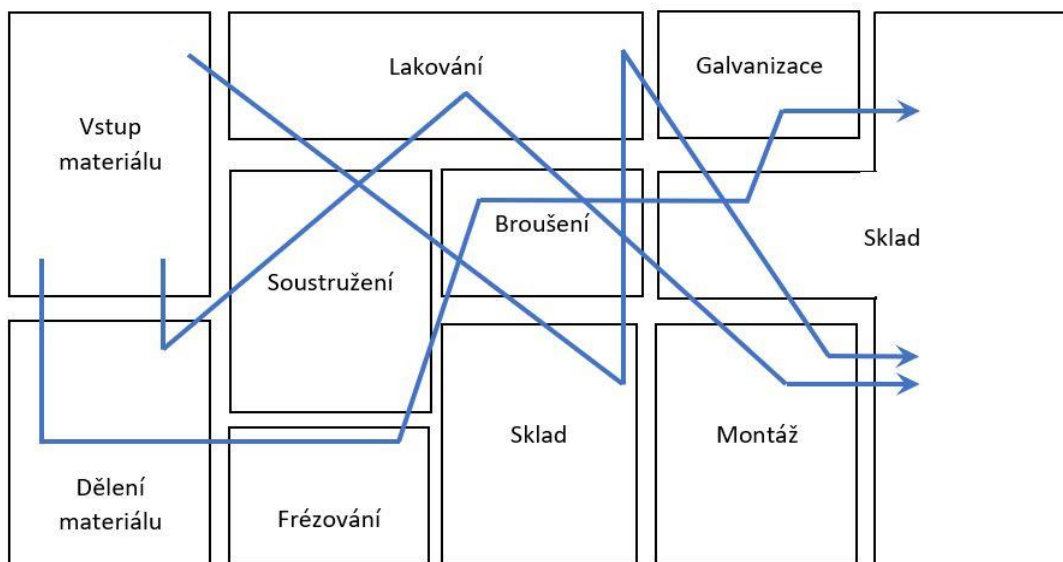
1.3.1 Technologické uspořádání

U technologického uspořádání je velmi silná orientace na výrobní proces. Výrobní operace, které jsou vykonávány na pracovištích, se sjednocují dle příbuznosti. Takový to způsob uspořádání je žádán v případě velkého množství materiálové toku, nebo při výrobě drahých součástek. Při technologickém uspořádání dochází často k nerovnoměrnému materiálovému toku i využití pracovníků. Průběžné výrobní časy jsou zpravidla o něco delší než u jiných uspořádání pracovišť (Jurová, 2013, s. 76).

Technologické uspořádání má tyto základní předpoklady:

- většina strojů má velmi podobné využití;
- zpracování výrobků nemá vzhledem k technologickým postům jednotné pořadí;

- průběh výroby má odlišný rytmus;
- z důvodu velké variability není u zakázek stanoven konstantní čas zpracování (Tomek a Vávrová, 2014, s. 44).



Obrázek 1: Technologické uspořádání
(Zdroj: Vlastní zpracování dle Jurová, 2013, s. 77)

Mezi výhody technologického uspořádání patří:

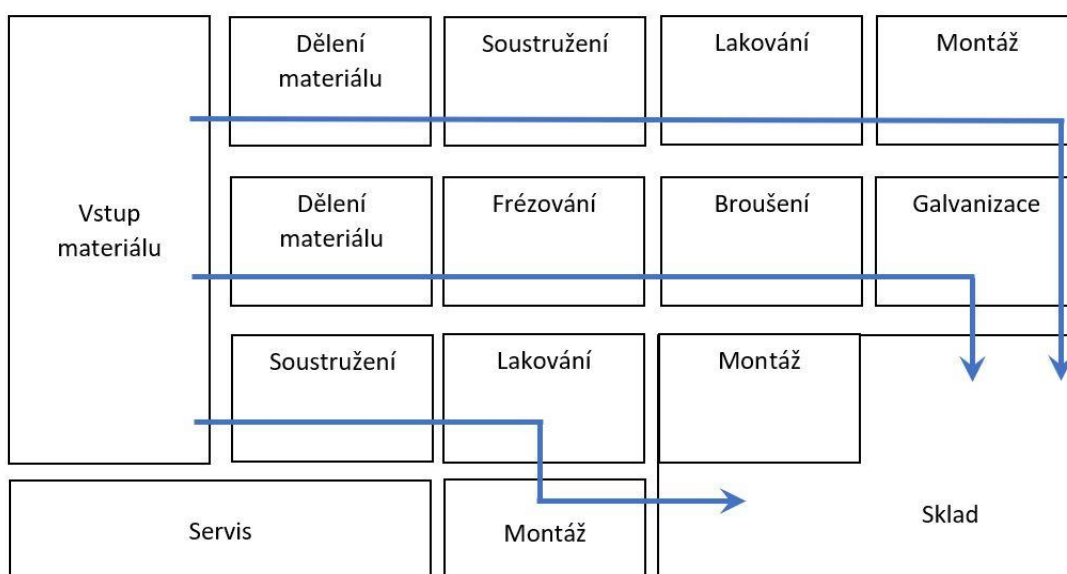
- variabilní a flexibilní výrobní program;
- vysoká kvalifikace zaměstnanců;
- možnost navyšování produktového portfolia;
- jednodušší zabezpečení údržby strojů.

Mezi nevýhody technologického uspořádání se zpravidla řadí:

- časová a prostorová nepřehlednost;
- vyšší nároky na skladovací prostory;
- složitější řízení výrobního procesu;
- poměrně dlouhé logistické cesty a požadavky na manipulaci (Tuček a Bobák, 2006, s. 237; Hiregoudar a Reddy, 2007, s. 15).

1.3.2 Předmětné uspořádání

Takto uspořádané pracoviště často klade důraz na výrobek a vytváření menších výrobních jednotek. V případě této výrobní organizace je často nezbytné důkladně analyzovat výrobní sortiment a následně se zaměřit na konstrukci a technologii výroby. Výrobky jsou v případě tohoto uspořádání zpracovány v malých výrobních dávkách či po určitých částech. Pokud se změní výrobní program u předmětného uspořádání pracoviště, tak je velmi nesnadné na takovýto zásah reagovat tak, aby ve výrobě nenastaly problémy z důvodu nesprávného využití výrobní kapacity či dané základny (Jurová, 2013, s. 77).



Obrázek 2: Předmětné uspořádání
(Zdroj: Vlastní zpracování dle Jurová, 2013, s. 77)

Za výhody předmětného uspořádání je možné považovat:

- nižší náklady na přepravu a manipulaci;
- přehledný materiálový tok;
- poměrně krátká průběžná doba výroby;
- oproti ostatním uspořádáním jednodušší řízení procesů.

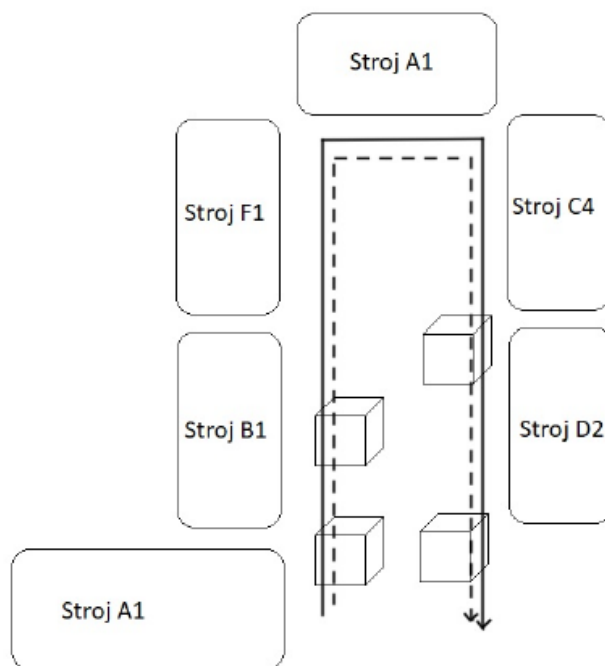
Do nevýhod předmětného uspořádání je možné zařadit:

- vysoké režijní náklady na zařízení a stroje;

- nutnost mít neustále přesně rozvržené dodávky materiálu;
- v případě výpadku jednoho z pracovišť nastává kompletní přerušení výroby;
- potřebná vysoká kvalifikace zaměstnanců. (Tomek a Vávrová, 2014, s. 45; Hiregoudar a Reddy, 2007, s. 16).

1.3.3 Buňkové uspořádání

Buňkové uspořádání je velmi specifické rozmístění výrobního pracoviště, které se snaží využít kladů technologického a předmětného uspořádání. Na základě prostorového uskupení technologicky rozdílných strojů, umožňuje zpracovávat technologicky podobné komponenty. Z pravidla se tento typ pracoviště orientuje na výrobu malých a středních objemů více druhů komponent, které jsou vyráběny zejména linkovým způsobem (Jurová, 2013, s. 77-78).



Obrázek 3: Buňkové uspořádání
(Zdroj: Jurová, 2013, s. 77-78)

Buňkové uspořádání představuje dle Kavana (2002) seskupení výrobních strojů do buněk, ve kterých je možné vyrobit produkty s podobnými výrobními vlastnostmi a požadavky. Buňky tedy v podstatě představují intuitivnější a flexibilnější obdobu předmětného uspořádání. Výrobky v buňkovém uspořádání mají stejný tok výroby a díky předem daným výrobním postupům je možné z pohledu výrobku vynechat

nepotřebné výrobní operace. Stroje jsou ve většině případů ukotveny na jednom místě a není požadováno jakékoliv jejich přemísťování. Buňková výroba tedy hlavně usiluje o propojení výhod technologického a předmětného uspořádání (Kavan 2002, s. 188).

Právě flexibilita je velmi důležitou vlastností výrobních buněk. Díky tomu, že jsou zařízení v buňce schopna rozpoznat nezdařilé/vadné kusy a zároveň je mezi nimi minimální vzdálenost, se může operátor pohybovat v buňce a také obsluhovat více strojů. Změnou počtu operátorů je možné měnit výkonnost buňky (Hales a Andersen, 2002).

1.4 Standardy pro uspořádání strojů na pracovišti

Při tvorbě layoutu pracoviště neboli prostorového uspořádání je velice důležité brát zřetel na maximální rozměry stroje, včetně veškerých otočných či pohyblivých částí, které by mohly zabírat místo pro jiné výrobní prostředky. Podstatou tedy není jen znalost specifikace stroje či zařízení, ale také výrobních postupů. Při rozmísťování strojů na pracovišti je potřeba brát v úvahu tyto faktory:

- maximální rozměry stroje;
- logistické cesty pro přepravu;
- prostor pro obsluhu stroje;
- manipulační prostory;
- rozmístění elektroinstalace (Hiregoudar a Reddy, 2007, s. 216).

Při plánované úpravě layoutu je vhodné zvážit využití některou z analytických metod pro rozmísťování pracovišť, která může přiblížit realnost prostorového uspořádání ve výrobě.

1.5 Metody pro prostorové rozmísťování pracovišť

Dle Jurové (2013, s. 82) problém při uspořádání pracovišť spočívá v tom, „že hlediska pro rozmísťování jsou natolik různorodá, někdy až protichůdná, že často matematické i grafické metody selhávají a mohou být použity jen jako vodítko pro konečné rozmístění.“

Podle Jurové (2013, s. 82-83) existují tyto metody rozmístění pracoviště:

1.5.1 Analytické metody

- Šachovnicová tabulka – pomocí šachovnice tabulky je možné znázornit přesuny materiálů. Tuto analýzu kromě analýzy materiálové toku je možné využít také pro určení prostorového rozmístění dle velikosti a návaznosti jednotlivých pracovišť na sebe (Jurová, 2013, s. 82);
- Trojúhelníková metoda – pomocí této metody je možné vyjádřit vztahy mezi jednotlivými pracovišti (Jurová, 2013, s. 82-83);
- Souřadnicová metoda – zkoumaná data jsou umístěná do sítě souřadnic. Na základě přepočtu jsou určeny optimální vzdálenosti jednotlivých objektů mezi sebou (Jurová, 2013, s. 82-83);
- Senkeyův diagram – graficky znázorňuje materiálový tok celého výrobního procesu. Směr toku materiálu je vždy pro lepší přehlednost vyjádřen šipkami, přičemž délka jednotlivých čar vyjadřuje vzdálenost přepravy a frekvence přeprav je vyjádřena číslem nad šipkou (Jurová, 2013, s. 83).

Metoda CRAFT

Tato metoda vychází z metody síťové analýzy. Zaměřuje se na rozmístění výroby takovým způsobem, aby se manipulační náklady dostaly na co nejvíce přijatelnou částku. Jednotlivá pracoviště jsou tak dlouho mezi sebou prohazována, dokud se nenajde nejlepší možné řešení (Jurová, 2013, s. 83).

Simulace

Při simulaci se využívá hypotéza, kterou jsou nastíněny reálné podmínky, jaké by probíhaly při ostré výrobě. Za pomoci složité výpočetní techniky je napodobena reálná situace, která se zaměřuje na změny ve vytíženosti výrobních kapacit, změny výrobního portfolia či zakázek. (Jurová, 2013, s. 83).

Heuristický přístup

V praxi často matematické modely výpočtu rozmístění jednotlivých zařízení a pracovišť nejsou tak efektivní, jak by se mohlo na první pohled zdát. Proto od nich spousta firem upouští. Je to z důvodu různých omezení, zkreslených výsledků či neúplných výpočtů, které při realizaci mají negativní vliv na výsledné řešení. Při aplikování heuristického přístupu jsou většinou navržena taková řešení, o kterých si vedení, či pracovníci firmy

myslí, že jsou nejlepší, ale nemají je podložené žádnou matematickou metodou. Výsledné řešení nemusí být vždy optimální, ale může dosahovat takových výsledků, aby s nimi byly podniky spokojené (Jurová, 2013, s. 83).

1.6 Stanovený postup při řešení návrhu nového layoutu

U sestavení layoutu pracoviště je vždy důležité, aby pro návrh na uspořádání pracovišť byl zvolen nejefektivnější metodický postup zahrnující všechny potřebné analýzy k identifikování úzkých míst. Hlavenka (2005) uvádí tyto jednotlivé fáze sestavování layoutu:

- Orientační průzkum;
- Sběr informací;
- Analýza současného stavu;
- Návrh;
- Realizace.

Orientační průzkum

Jedná se o rychlé zmapování analyzovaných prostorů.

Sběr informací

Při sběru informací je důležité se zaměřit na všechny činnosti ať už klíčové či podpůrné. Jedná se o jeden z nejvíce důležitých prvků z celého postupu návrhu uspořádání pracoviště. Při sběru informací je potřeba si rozčlenit práci tak, aby bylo možné sbírat relevantní data co nejrychleji z důvodu nutnosti dodržet stanovené plány a termíny. Jakmile jsou informace získány, musejí být patřičně upraveny, aby se s nimi dalo dále pracovat. (Hlavenka, 2005)

Analýza současného stavu

Analýza současného stavu nám dává přehled o situaci v daném pracovním objektu, a to z ekonomického či technologického hlediska atd. Pokud jsou analýzy provedeny kvalitně, umožňují danému podniku či společnosti nabídnout varianty možného řešení úzkého místa či problému. Jelikož provádění analýz je velmi náročné, měl by tuto činnost vykonávat kvalifikovaný pracovník. Protože analýzy mohou zkresleny z důvodu určitého zaujatého postoje, měla by být alespoň částečně při analyzování stavu využita externí

pomoc. Dle Hlavenky (2005) hlavními oblastmi, které by měly, být v rámci analyzování současného stavu zkoumány jsou:

- dispoziční řešení a prostorové uspořádání;
- technický stav zařízení a strojů;
- vybavenost speciálním nářadím;
- úroveň automatizace výrobního procesu;
- bezpečnost manipulačních úkonů;
- ergonomické vlivy.

Návrh

Ve fázi návrhu se využívá často heuristických poznatků dlouholetých pracovníků či projektantů a data získané ze simulačních programů. Výstupem návrhu je dosáhnout stavu, který je pro podnik možné realizovat do praxe. Při návrhu je vždy potřeba myslet nejen na technologický postup výroby, ale také na investiční stránku návrhu, která musí být pro podnik schválnitelná. Je tedy nutné zvážit všechny přínosy návrhu a porovnat je s režijními náklady spojenými s realizací daného řešení. (Hlavenka, 2005)

Realizace

Poslední fází projektu je samotná realizace. Realizace projektu je často vázána na dodavatelský řetězec, jelikož si firma často nedokáže obstarat potřebný materiál či stroje po vlastní ose. Důležitou součástí po realizování řešení je zhodnocení stavů před a po změně a případné stanovení možných zlepšení, které by mohly sloužit jako inspirace pro budoucí návrhy (Hlavenka, 2005).

1.7 Filozofie štíhlého podniku

Lean management neboli také štíhlá výroba znamená dle (Košturiak a Frolík, 2006, s. 17) *„dělat jen takové činnosti, které jsou potřebné, dělat je správně hned napoprvé, dělat je rychleji než ostatní a utrácet přitom méně peněz. Šetřením však ještě nikdo nezbohatl, štíhlost je o zvyšování výkonnosti firmy tím, že na dané ploše dokážeme vyprodukovat víc než konkurenti, že s daným počtem lidí a zařízení vyrobíme vyšší přidanou hodnotu“*.

Klíčové principy štíhlého podniku jsou:

- otevřenost – problém je příležitost;
- jádro problému je nejdůležitější faktor;
- důvěra a spolupráce vytváří synergii;
- eliminace plýtvání a maximalizace přidané hodnoty;
- vytvoření plynulých výrobních, logistických a administrativních procesů;
- definovat hodnoty pro zákazníka;
- dokončení projektů k maximální spokojenosti všech stran (Chromková, 2013, s. 33).

Do kategorie štíhlých podniků jsou často řazeny výrobci automobilů a počítačů. Tyto podniky štíhlost nepovažují za jakoukoli konkurenční výhodu, nýbrž za nutnost, jelikož podmínky pro výrobu jsou v těchto odvětvích velmi náročné. Na trhu je konkurence obrovská a jakákoliv chybovost, ať už z krátkodobého či dlouhodobého hlediska, by mohla vést k zániku podniku (Vochozka a Mulač, 2012, s. 42).

Štíhlý podnik můžeme rozdělit dle jednotlivých typových prvků, které jsou zobrazeny na obrázku (Obrázek 4). Pro účely diplomové práce je v následujících odstavcích řešena problematika štíhlé výroby, pracoviště, layoutu a vizualizace.



Obrázek 4: Štíhlá logistika
(Zdroj: Košturiak, 2006, s. 29)

1.8 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba se zaměřuje především na maximalizaci přidané hodnoty pro zákazníka. Konceptem štíhlé výroby je schopnost podniku vyprodukovat co největší množství produktů za co nejméně režijních nákladů. Důležitou složkou proto, aby podnik dosáhl “zeštíhlování”, je maximální využití výrobní plochy a výrobních zdrojů. Štíhlá výroba není jen o maximálním využití potenciálu výrobních zdrojů, ale také o propojení s vývojem výrobku, logistikou či administrativou podniku. Častým problémem podniků je, že mají od sebe fyzicky rozdělený proces výroby s vývojem podniku. Samotná štíhlost podniku je tvořena již v předvýrobních krocích, přičemž výroba je velmi ovlivněna celým logistickým řetězcem (Košturiak a Frolík, 2006, s. 23-24).

Dle Tučka a Bobáka (2006) se mezi hlavní prvky Lean production řadí:

- spolupráce se zákazníky – koneční spotřebitelé mají hlavní slovo při vývoji nového produktu;
- spolupráce s dodavateli – dodavatelé umožňují redukovat podniku počty zásob a v určitých případech přebírají kompetence a úkoly;
- zjednodušení výrobní struktury – účelem je zjednodušit organizační strukturu a dále také zjednodušit procesy a postupy celého podniku;
- využívání pružných výrobních zařízení – umožňuje výrobu v malých výrobních dávkách s rychlým zajištěním změn;
- přehledný informační systém – zlepšení toku informací mezi jednotlivými pracovními úseky (Tuček a Bobák, 2006, s. 229-230).

Štíhlá výroba se zaměřuje také na eliminaci činností a prvků, které způsobují plýtvání.

Dle Jurové (2016) je možné rozdělit plýtvání na základních 7 druhů:

- Plýtvání z důvodu nadprodukce – toto plýtvání je způsobováno výrobou většího objemu materiálu, než je poptáváno zákazníky. Z pravidla při tomto plýtvání dochází k maximálnímu využití výrobních kapacit, což způsobuje zvýšení produktivity podniku;
- Plýtvání z důvodu nadbytečných zásob – jedná se o druh plýtvání, kdy podnik skladuje nadměrné množství hotových výrobků, rozpracované výroby

či polotovarů. Všechny tyto položky představují náklady na držení zásob, které by mohly být využity efektivněji v jiném výrobním sektoru;

- Plýtvání způsobené defekty – Toto plýtvání představují výrobky, které při výrobě byly poškozeny. Defekty představují nekvalitu ve výrobcích či určitou neshodu. Tyto výrobky na sebe vážou náklady, které se pojí s opravami takových výrobků;
- Plýtvání z důvodu zbytečných pohybů – Transporty s materiálem či pohyby na pracovišti, které nepřinášejí hodnotu, navíc představují plýtvání. Mezi činnosti, které mohou přidat hodnotu produktu, patří například montáž součástek;
- Plýtvání z důvodu špatného zpracování – Jedná se o plýtvání, které je možné identifikovat při procesu výroby. Může to představovat například vznik otřepů, nevhodné rozmístění výrobních linek či extrémní náročnost na kvalitu provedení;
- Plýtvání z důvodu prostojů – Tento druh plýtvání je běžné spatřit na pracovišti. Plýtvání je způsobeno prostoji či dlouhým čekáním pracovníků z důvodu poruchy stroje, nedostatku materiálu, nerovnoměrné výroby či absence potřebných informací. Plýtvání může trvat od několik vteřin až po několik minut;
- Plýtvání v oblasti dopravy – Jedná se o druh plýtvání způsobený vysokými náklady vztahující se na interní či externí dopravu, kterou podnik využívá k dodání potřebného zboží. Zvýšené náklady na dopravu často vznikají právě v interní dopravě (Jurová, 2016, s. 88-89).

Na následujícím obrázku (Obrázek 5) jsou znázorněna možná řešení problémů plýtvání



Obrázek 5: Řešení problému plýtvání
(Zdroj: Tomek a Vávrová, 2014, s. 134)

1.9 Metody pro identifikaci plýtvání

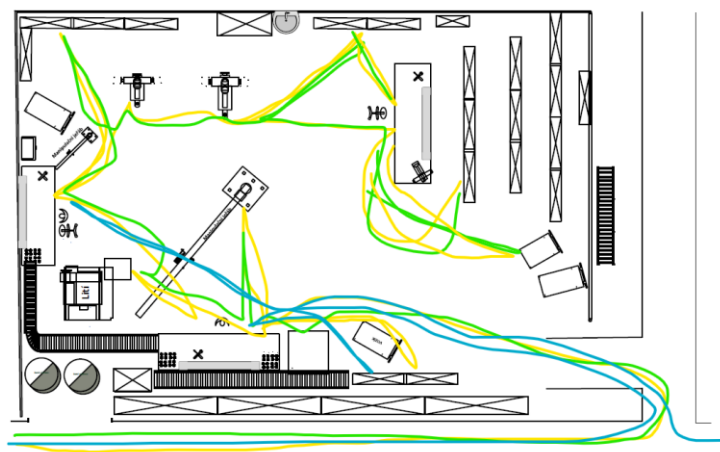
V praxi se používají různé metody a nástroje pro identifikaci plýtvání, nicméně co mají všechny metody společné je fakt, že primárním cílem je analyzovat aktuální stav. Aby mohlo být dosaženo kvalitní a komplexně vyvážené analýzy současného stavu je nezbytné se zaměřit na takové činnosti, které tvoří hodnotu pro zákazníka. Na základě detailního rozboru činností a pohybů, které přináší či nepřináší hodnotu výrobku, je možné zpracovat a následně realizovat návrhy na zlepšení (Bartošek, Šunka a Varjan, 2014, s. 36).

1.9.1 Snímek pracovní činnosti

Jedná se o metodu, která analyzuje pracovní činnosti pouze na vybraných pracovištích. Snímek pracovních činností je ideální provádět opakovaně, a to u vícero operátorů, z důvodu větší relevantnosti výsledků. Jedná se o poměrně jednoduchou metodu, u které je nutné měřit a zaznamenávat čas a na základě toho vyhodnotit hodnototvorný tok činností (Bartošek, Šunka a Varjan, 2014, s. 40).

1.9.2 Spaghetti diagram

Tato metoda je velmi jednoduchá na použití. Analyzuje materiálový tok, což následně poskytuje potřebné informace pro hledání nejvhodnější materiálové cesty či návrhu layoutu pracoviště. Principem této metody je zakreslení každého pohybu pracovníka či výrobku v přesném časovém sledu. Pro zaznačení zbytečného pohybu či cesty se využívají jiné typy barev než běžně využívané, což pomáhá v identifikaci plýtvání (Jurová, 2016, s. 219).



Obrázek 6: Spaghetti diagram
(Zdroj: Vlastní zpracování)

1.9.3 Postupový diagram

Účelem postupového diagramu neboli procesní analýzy je věcně, časově a prostorově vyjádření logistických a výrobních cest. Podle této metody se zobrazuje posloupnost všech manipulačních, technických a kontrolních operací na výrobku či v určitém procesu. Pro znázornění stavů a operací v procesní analýze se využívají jednoduché symboly (Svozilová, 2011, s. 145-146).

	operace	Změna tvaru nebo charakteristik materiálu, polotovaru, produktu.
	transport	Změna umístění materiálu, polotovaru nebo produktu.
	skladování	Plánované shromažďování materiálů, polotovarů, součástí a produktů.
	čekání	Neplánované shromažďování materiálů, polotovarů, součástí a produktů.
	kontrola množství	
	kontrola kvality	

Obrázek 7: Procesní analýza
(Zdroj: API - Akademie produktivity a inovací)

1.10 Štíhlé pracoviště

Štíhle pracoviště je základem konceptu tzv. „LEAN Production“. Návrh pracoviště se vždy odvíjí od pohybů po pracovišti, které vykonává operátor. Na základě pohybů se pak stanovují výkonové normy, spotřeby času, výrobní kapacity a další parametry výroby. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 64)

Velmi důležitou roli hraje účast pracovníků, kteří precizně znají dané pracoviště, a tedy mohou být nápomocni při sestavování nového layoutu, který by v praxi přinesl efektivní změnu. Tato metoda využívá určitých pravidel, která uvedl (Mašín, 1998, s 377-378), jedná se o menší velikost dávky, umístění skladů v místě spotřeby, využití tažného systémů, snížení manipulačních úkonů či zkrácení přepravních vzdáleností.

Hlavními cíli štíhlého pracoviště jsou:

- zvýšení výkonnosti;
- snížení úrazovosti a zatíženosti organismu;
- zvýšení automnosti a možností víceobsluhy;
- zlepšení kvality a stability procesu (Košturiak a Frolík, 2006, s. 65).

Součástí štíhlého pracoviště nesmí chybět stanovení zásad 5S, která byla popsána dle Košturiaka a Frolíka (2006, s. 65) podle následujících bodů:

- separovat (určení pomůcek a zařízení na pracovišti) – na pracovišti musejí být použito pouze takové nářadí a zařízení, které odpovídá aktuálnosti daného provozu;
- standardizovat – pokud podnik dokáže pracoviště standardizovat, je možné získávat přehled o tom co, kdy a kdo má na pracovišti vykonávat;
- systematizovat – Cílem systematizace je, aby všechny položky, předměty a materiál byly uspořádány a zaměstnanci nemuseli dané předměty hledat v nepořádku na pracovišti. Díky uspořádanému pracovišti dochází k eliminaci plýtvání právě v podobě hledání či zmetkovitosti;
- udržovat pořádek a čistotu – pracoviště se musí neustále udržovat čisté, díky čemuž jsou snižována rizika v podobě pravděpodobnosti zranění atd.;
- sebe disciplinovanost – Nastavené směrnice, pořádek a parametry je z pohledu podniku nejen potřeba zavést, ale také z dlouhodobého hlediska udržet a neustále zlepšovat.

Štíhlé pracoviště musí mít vyvážené stavy a nesmí být v některých oblastech předimenzované a v jiných naopak poddimenzované. Štíhlé pracoviště je optimální, pokud je vyvážený stav materiálových toků, pohybů pracovníků, plochy, velikosti zásob atd. Podle Tučka a Bobáka (2006, s. 28) mezi základní pravidla štíhlého pracoviště patří:

- využití principu tahu;
- zajištění flexibility pro výrobu substitutů;
- opakované využití současného vybavení pracoviště;
- využití vizuálního managementu k určení problému;
- pomocí změny organizace snižování velikosti výrobní dávky.

1.11 Štíhlý layout

Aby bylo dosaženo štíhlého pracoviště je zpravidla nutné změnit prostorové uspořádání pracoviště neboli layout. Plýtvání na pracovišti a nízká produktivita bývá často způsobena tím, že se nevynakládá dostatečné úsilí pro nalezení vhodného uspořádání pracoviště. Náklady představující často plýtvání z důvodu přebytečné přepravy, manipulace či skladování. Takovéto náklady souvisejí s nesprávně navrženým layoutem

pracoviště. Podniky se snaží rozšiřovat výrobní proces či měnit výrobní sortiment, a to bez pevně nastavených pravidel a koncepcí, což má za následek tvorbu nevhodných layoutů s příliš vysokým počtem manipulačních úkonů, skladovacích či kontrolních činností či dlouhým materiálovým tokem (Košturiak a Frolík, 2006, s. 135).

K odstranění takovýchto problémů je potřeba uplatnit metodu štíhlého layoutu. Štíhlý layout zpravidla umožňuje úsporu výrobních ploch, které mohou být následně podnikem využity pro jiné výrobní činnosti. Dále štíhlý layout umožňuje snížení skladovacích ploch, což umožní nejen podniku snížit zásoby, ale také zjednodušit výrobní procesy a zlepšit pohyb materiálu (Košturiak a Frolík, 2006, s. 135).

1.12 Vizualizace

Vizuální řízení je ve výrobním odvětví jeden z nejdůležitějších prvků umožňující snadnější a lepší pochopení informací na pracovišti. Je prokázáno, že více než 80 % informací, lidé vnímají vizuálně, tedy zrakem. Cílem vizuálního řízení je vytvořit takové pracoviště, na kterém budou moci okamžitě zjistit aktuálnost stavu výrobního procesu a v případě komplikací díky vizualizaci zajistit rychlé řešení problému. Tato metoda je velmi dobře uplatitelná v týmech, kdy zajišťuje lepší výsledky na pracovišti a vytváří větší motivaci a angažovanost pracovníků při stanovených úkolech. Využívání vizuálního řízení umožňuje v podniku to, že jsou výrobní procesy rychlejší, levnější a kvalitnější (Vytlačil a Mašín, 1998, s. 367-368).

Košturiak a Frolík (2006, s. 77) zmiňují také velmi úzké spojení vizuálního řízení s prvky “chybuvedrostnosti“, které jsou známé jako poka-yoke. Tato metoda se dále zahrnuje prvky jako je vizuální tabule, kanban karty, značení podlahových ploch, checklisty, fotografie či procesní mapy a layout.

1.13 Ergonomie

Dvořáková (2007, s. 206) ergonomii definuje jako novou disciplínu, která se snaží nabídnout komplexní řešení pro činnost pracovníka, která úzce souvisí s vazbami na zařízení, stroje a pracovní prostředí. Primárním cílem ergonomie je zajištění optimální psychofyzické zátěže pro operátora při výkonu pracovních činností.

Základními oblastmi ergonomie jsou:

- fyzická ergonomie – problematika fyzické ergonomie se zabývá pracovním prostředím a lidským zdravím. Do této kategorie je možné zařadit problematiku pracovních poloh, manipulace s břemeny, bezpečnost práce, uspořádání pracovního místa apod.;
- kognitivní (psychická) ergonomie – zaměřuje se na psychologické aspekty pracovní činnosti, např.: paměť, usuzování apod. Do této kategorie je možné zařadit dovednosti a výkonost, rozhodovací procesy, pracovní stres apod.;
- organizační ergonomie – tento druh ergonomie se zaměřuje na zajištění pocitu bezpečí, týmovou práci, režim odpočinku či pracovní směnnost apod. (Gilbertová a Matoušek, 2002, s. 15-16).

1.13.1 Ergonomie pracovního místa

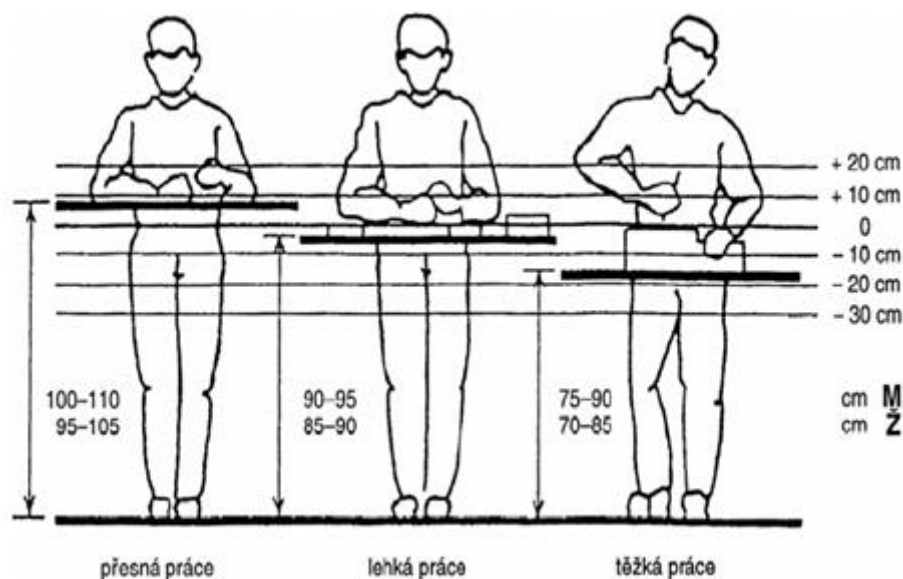
Ergonomie pracovního místa je velmi úzce spjata s prostředím a potřebami pracovníka, který na daném pracovišti vykonává práci. Při hodnocení uspořádání pracoviště a pracovního místa je nutné se zaměřit nejen na předměty tvořící vybavení pracoviště, ale také na individuální fyzické a duševní vlastnosti (Ergonomie pracovního místa, 2022).

Mezi nejdůležitější kritéria pro hodnocení pracovního místa patří:

- rozměry – minimální nezastavěná podlahová plocha, minimální světlá výška, minimální vzdušný prostor, přístupové a únikové cesty, výška pracovních a manipulačních rovin, oblasti dosahů horních i dolních končetin a jejich závislosti na základní pracovní poloze (vseďe, ve stoje, střídání obou poloh);
- pracovní poloha hlavní a vedlejší – zda odpovídá vykonávaným pohybům, rozměrům a hmotnosti předmětů při manipulaci s nimi, zda ovládací prvky jsou v dosahu, zda přímo sledovaná místa a umístění sdělovačů jsou dobře viditelné ze základní (hlavní) pracovní polohy a zda nedochází k fyziologicky nežádoucí pracovní poloze, jako je např. nutnost trvalejšího předklonu a výponu trupu, jeho otáčení do stran o více než 60° apod.;
- pracovní pohyby – zda jsou střídavě aktivovány různé svalové skupiny a nedochází k jejich dlouhodobému a jednostrannému přetížení, zda dráhy pohybů odpovídají pohybovým stereotypům;

- fyzická namáhavost – zda manipulace s břemeny jako jsou obrobky, dílce, vyměnitelné součásti stroje apod. nepřekračují přípustné limity, tj. jejich hmotnost, frekvence zvedání a přenášení, přípustné dráhy a vzdálenosti. Zda je pracovní místo vybaveno mechanizačním zařízením pro přenášení těžkých břemen či je využíváno jiných technických prostředků;
- technická vybavenost a uspořádání – zda jsou k dispozici skřínky na nástroje a pomůcky, zda rozmístění technologických prostředků sestavy strojů a dalších technických zařízení je přehledné, snadno přístupné i při vykonávání oprav, seřizování apod. Zda součástí pracovního místa je sedadlo a zda vyhovuje;
- riziko působení škodlivin – jak je zamezeno úniku škodlivin např. prachu, chemických látek do ovzduší, přenosu vibrací, záření a dalších faktorů negativně ovlivňujících zdraví (Ergonomické hodnocení pracovního místa, 2004).

Při hodnocení jsou obvykle používána různá hodnotící hlediska. Příklad formuláře pro hodnocení pracovního místa znázorňuje následující obrázek (Obrázek 8).



Obrázek 8: Ergonomie pracovního místa
(Zdroj: Ergonomie pracovního místa, © 2022)

2 ANALÝZA PROBLÉMU A SOUČASNÉ SITUACE

Při analýze současného stavu bude vyhodnocen výrobní proces na pracovišti přístrojových transformátorů. Vzhledem k tomu, že na tomto pracovišti probíhá v současnosti kombinovaná výroba, je potřeba zmínit, že se diplomant bude v celé práci věnovat pouze jednomu typu výroby. V rámci analýzy výrobního procesu, budou identifikována úzká místa současného layoutu, kde je kladen důraz na manipulaci s těžkými břemeny. Na základě provedených analýz bude navržen nový layout na podporu manipulace mezi pracovišti. V úvodních odstavcích je představena společnost ABB s. r.o.

2.1 Představení analyzované společnosti

ABB s. r.o. je švýcarsko-švédská společnost zaměřená na průmyslové technologie. Společnost se v současnosti skládá z 5 divizí. Výrobní portfolio společnosti tvoří např.: proudové transformátory, senzory, vypínače, zásuvky či nabíjecí stanice pro elektromobily.



Obrázek 9: Logo společnosti ABB
(Zdroj: Interní materiály společnosti)

Název	ABB s. r.o.
Datum vzniku společnosti	20. července 1993
Sídlo společnosti	Vyskočilová 1561/4a, Michle (Praha 4), 140 00 Praha
Právní forma	Společnost s ručeným omezením
Počet zaměstnanců	více než 145 000
Vložený kapitál	400 000 000,- Kč

2.1.1 ABB Group

ABB Group je významnou firmou na poli technologie pro výrobu energetických součástí. Napomáhá energetickým a průmyslovým podnikům optimálně zvyšovat výkonnost

v jednotlivých oblastech a zároveň se snaží, aby tato činnost měla minimální dopad na životní prostředí. Sídlo společnosti je ve švýcarském Curychu, ale pobočky ABB Group nalezneme ve více jak stovce dalších zemí. Export společnosti tvoří dvě třetiny celkové výroby a na fungování společnosti se po celém světě podílí cca 145 000 zaměstnanců.

2.1.2 Historie ABB v České republice

Historie společnosti ABB s. r. o. v České republice se začala psát již od roku 1970, kdy švýcarská společnost BBC Brown Boveri začala podnikat na našem území. Nicméně formální vznik společnosti se datuje k roku 1992, kdy by založena první společnost s názvem ABB. V průběhu 90. let se skupina firem ABB v ČR postupně rozrůstala o další společnosti až do dnešní podoby. V roce 2001 se společnost sloučila do dvou velkých celků, a to na ABB s. r. o. a ABB Lummus Global s. r. o.

2.1.3 ABB v České republice

ABB s. r. o. má v České republice sedm výrobních závodů. Největší závod ABB se nachází v Brně. Dále má společnost závody v Plzni, Jablonci nad Nisou, Mostu, Praze, Ostravě a Trutnově. Brněnský závod v současnosti zaměstnává více než 2000 zaměstnanců.



Obrázek 10: Mapa rozložení středisek ABB
(Zdroj: Interní materiály společnosti)

2.1.4 Organizační struktura společnosti

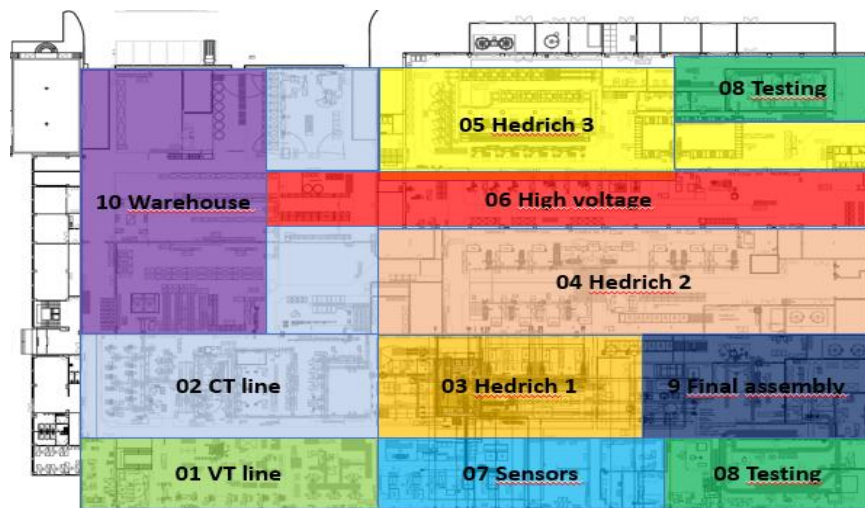
V čele společnosti ABB s. r.o. je generální ředitel. Jeho řídicí a kontrolní činnost zajišťují odborné úseky. Činnosti, kterými se společnost zabývá v rámci svého portfolia výroby, jsou rozděleny do devíti odborných úseků, které jsou řízeny jednotlivými řediteli.

- úsek výroby;
- úsek personální;
- úsek logistiky;
- úsek konstrukce a výroby nástrojů;
- úsek strategického nákupu;
- úsek kvality;
- úsek technické přípravy výroby;
- úsek plánování a operativního nákupu;
- úsek obchodu a marketingu.

2.2 Analýza základních údajů

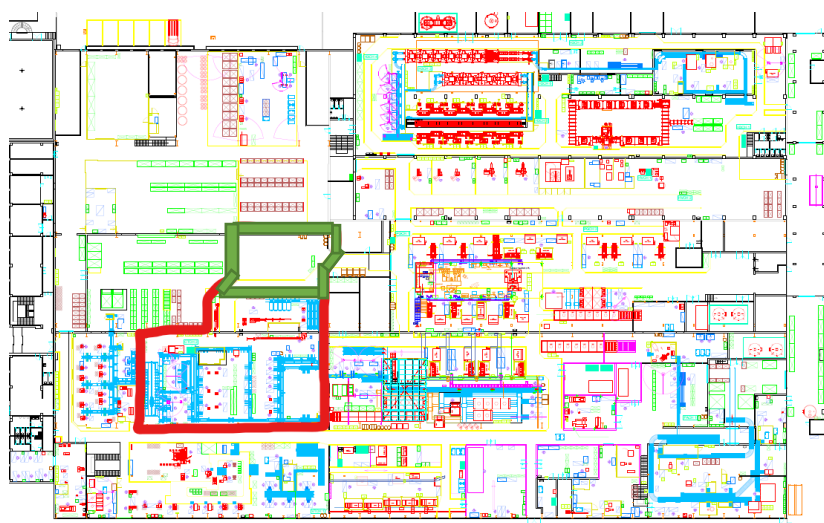
Analyzované pracoviště společnosti ABB s. r.o. se nachází v komplexu haly, která čítá jedenáct výrobních úseků. Každý výrobní úsek je zaměřený na jiný typ výroby. V rámci diplomové práce se bude diplomant zabývat osmi výrobními procesy na pracovišti přístrojových transformátorů. Výroba transformátorů je rozdělena na analyzovaném pracovišti na dva základní typy, a to na linkové a mimo linkové kusy. Linkové kusy, jsou tvarově menších rozměrů a technologicky uzpůsobeny tak, aby výroba mohla být vedena na celém pracovišti po výrobní lince. Naopak mimo linkové kusy disponují nadměrnou velikostí i váhou a technologicky není možné výrobu u těchto kusů uzpůsobit na současném pracovišti tak, aby byly vedeny po výrobní lince, proto jsou tyto typy transformátorů přepravovány po pracovišti mimo linkovým způsobem, který bude vysvětlen v následujících analýzách.

Z hlediska uspořádání výroby a montáže funkčních částí přístrojových transformátorů bude v práci analyzována pouze část výroby vyobrazená na (Obrázek 11) jako CT-line – přístrojové transformátory.



Obrázek 11: Layout haly ABB s. r. o.
(Zdroj: Interní materiály společnosti)

Na následujícím obrázku (Obrázek 12) je vyznačeno dispoziční rozpořezání výroby přístrojových transformátorů. Tato plocha bude předmětem analýz, které poskytnou informace o současném stavu výroby. Na základě ohodnocení výrobního procesu bude možné rozhodnout o prostorech pro návrh nového layoutu pracovišť.



Obrázek 12: Rozložení výrobních pracovišť
(Zdroj: Interní materiály společnosti)

Základní vstupní informace o brněnském závodě společnosti ABB s. r. o.

- výrobní plocha: 15 000 m²;
- počet zaměstnanců: > 450;

- max. doba výroby: 10 dní;
- max. kapacita: 220 000 ks/rok;
- vstupní materiál: > 7000 variant;
- výrobní portfolio: 53 typů, 1193 podtypů (více než 20 000 variant z každého základního typu);
- průměrně 25 operací na 1 ks výrobku;
- výrobní operace u různých typů trvá od 5 min. do 5 hodin.

Na pracovišti přístrojových transformátorů probíhá velké množství operací, jak při výrobě linkových, tak i mimo linkových kusů. Jelikož je výroba velmi variabilní a portfolio výrobků čítá až několik desítek tisíc kusů, je velmi obtížné analyzovat proces celé výroby. V diplomové práci jsou předmětem analýz pouze činnosti zaměřující se na výrobu mimo linkových nadměrných přístrojových transformátorů. U těžkých kusů je variabilita výroby značně chudší než u linkové výroby, což je dáno počtem zpracovaných zakázek během roku.

Celý proces výroby proudových transformátorů na hale CT-line se skládá z 12 pracovišť, přičemž pro účely práce bude analyzováno 8 vybraných pracovních stanovišť.

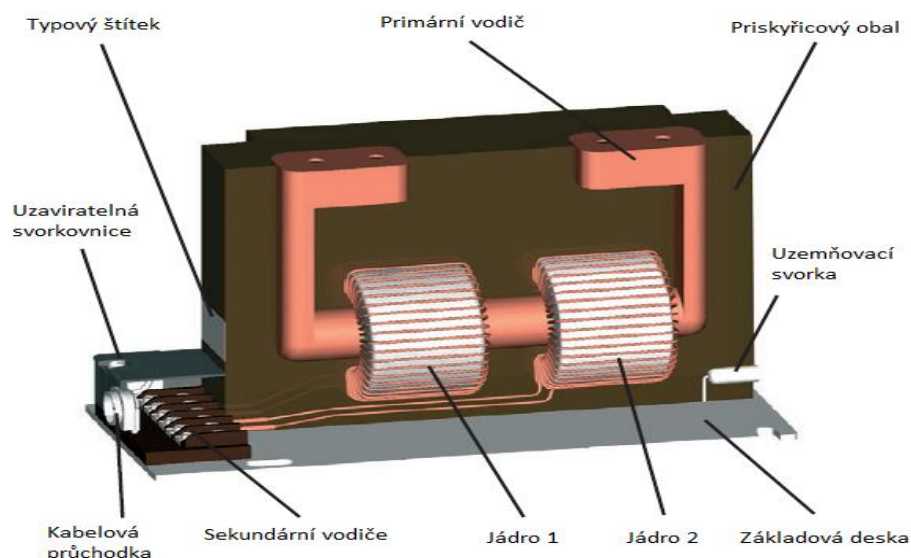
- bandážování jádra;
- navíjení cívky na jádro (sekundární vinutí);
- testování sekundárního vinutí;
- bandážování sekundárního vinutí;
- **formování sekundárního obvodu;**
- **lití sekundárního obvodu PUR hmotou;**
- **tvrdnutí PUR hmoty;**
- **vyformování PUR odlitku;**
- **pájení sekundárních svorek;**
- **navíjení primárního obvodu;**
- **pájení primárních svorek;**
- **vyvazování primárního obvodu.**

2.3 Představení výrobku a produktového portfolia

Přístrojové transformátory získávají informace o velikosti protékajícího proudu v primárním obvodu. Tyto informace jsou následně vedeny do měřicích zařízení a ochranných přístrojů. Přístrojové transformátory se dělí podle několika kritérií. Přičemž nejčastější dělení je podle transformované veličiny na: přístrojové transformátory proudu (PTP), přístrojové transformátory napětí (PTN) a kombinované přístrojové transformátory (interní materiály společnosti).

K čemu se používají transformátory:

- Přeměňují střídavý proud o určitém napětí na střídavý proud o jiném napětí;
- Transformátory se používají především v energetice pro hospodárný přenos el. energie;
- Transformátory transformují vyšší napětí na nižší a naopak. (interní materiály společnosti).



Obrázek 13: Rozložení přístrojového transformátoru
(Zdroj: Interní materiály společnosti)

Pro analýzu výrobního portfolia byly na základě konzultace s vedením společnosti vybráni tři hlavní reprezentanti. Jedná se o nadměrné transformátory typu TPO, KOKS

a TPU, které jsou dle interních informací také nejvíce obrátkovými kusy. Přičemž samotný výrobní postup u zmiňovaných reprezentantů je velmi podobný.

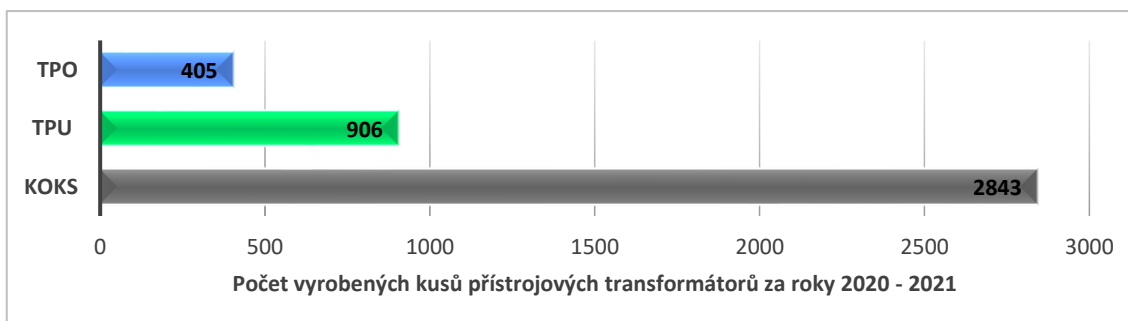
Hlavním rozdílem ve výrobním postupu mezi jednotlivými podtypy vybraných reprezentantů je použitý typ materiálu. Veškeré přístrojové transformátory jsou vyráběny na zakázku, proto je také celý výrobní proces veden dle technologického uspořádání pracovišť. Pro lepší pochopení a přehlednost portfolia vybraných reprezentantů je celkové portfolio uvedeno v tabulce (Tabulka 2) včetně procentuálního rozdělení velikosti portfolia.

Tabulka 2: Rozdělení přístrojových transformátorů
(Zdroj: Vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti)

Označení produktu	Počet kusů	Podíl na kusech (v%)
TPU 7x,6x	33 567	53
KOKS 3xx,4xx	17 845	28
TPO 6	12 433	19
Celkem	63 845	100

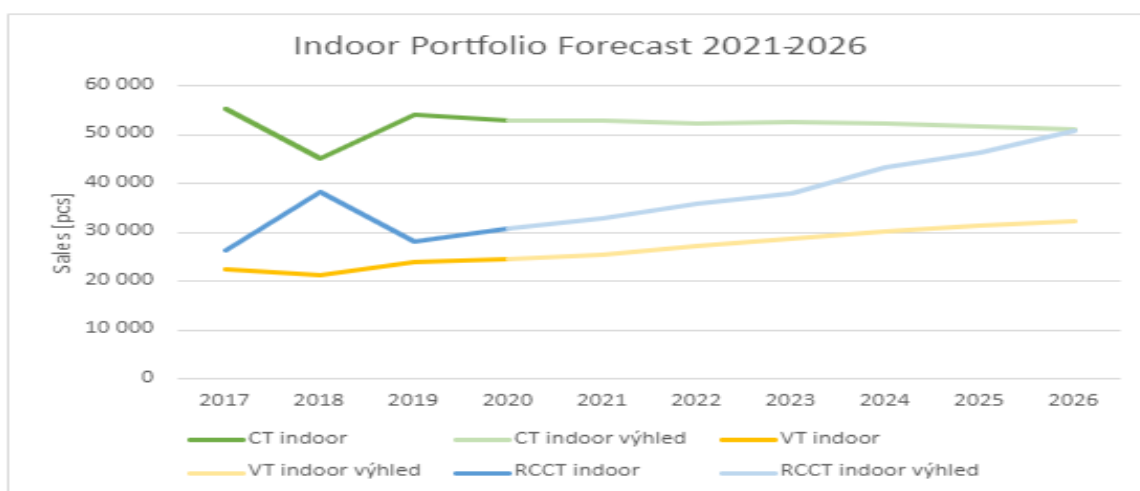
Hlavním vybraným reprezentantem na základě domluvy s vedením společnosti byl zvolen typ nadměrného přístrojového transformátoru TPU. Počet vyrobených kusů vybraných přístrojových transformátorů včetně jejich podtypů je uveden v tabulce (Tabulka 3). Přestože nejvíce vyráběným typem, dle interních informací, za poslední dva roky byl transformátor KOKS, nebyl tento typ zvolen jako hlavní reprezentant, a to z důvodu složitosti výroby těchto kusů a také faktu, že velká část těchto transformátorů prochází jiným výrobním cyklem než na který se podnik chce v rámci návrhu nového layoutu pracoviště zaměřit.

Tabulka 3: Počet vyrobených kusů přístrojových transformátorů za dvě kalendářní období
(Zdroj: Vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti)



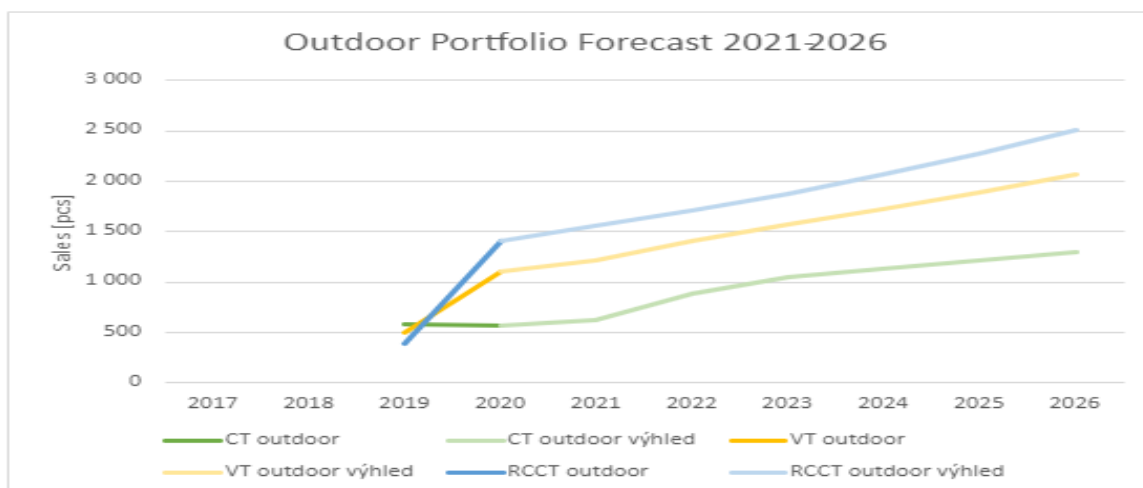
Z uvedených dat můžeme tvrdit, že pro společnost výroba nadměrných proudových transformátorů není hlavním představitelem finančního obratu, nýbrž doplňkovým portfoliem, které ve stanoveném budoucím vývoji, dle interních informací, nemá rostoucí poptávku.

Typy KOKS a TPU 7x,6x patří do tzv. CT indoor portfolio a společnost v následujících ročních výhledech čeká menší propad poptávky po těchto kusech. Na následujícím grafu je znázorněn klesající vývoj poptávky v období pěti let. Společnost předpokládá pokles poptávky po Indoor kusech až o 8 %.



Graf 1: Budoucí vývoj indoor portfolio
(Zdroj: Interní materiály společnosti)

Portfolio výrobků typu TPO představuje tzv. Outdoorové portfolio. U tohoto portfolio se očekává nárůst poptávky až o 34 % v průběhu pěti let. To se může zdát jako vysoké procentuální zastoupení, nicméně při porovnání s ostatními reprezentanty toto navýšení nepředstavuje potřebu zvýšení výrobních kapacit pracoviště CT line, ba naopak při srovnání všech reprezentantů dle stanoveného budoucího vývoje může poklesnout poptávka po nadměrných transformátorech až o 5 %. To je také jeden z důvodů proč se diplomant v rámci návrhu nového layoutu nezaměřuje na zvyšování výrobní kapacity.



Graf 2: Budoucí vývoj outdoor portfolia
(Zdroj: Interní materiály společnosti)

Na následujícím obrázku jsou zobrazeny ukázky zkompleťovaných přístrojových transformátorů nadměrných kusů typů TPO a KOKS.



Obrázek 14: Ukázka přístrojových transformátorů
(Zdroj: Interní materiály společnosti)

2.4 Analýza organizace práce

Na pracovišti proudových transformátorů provádí komplementační a výrobní operace celkem 20 pracovníků (při linkové a mimo linkové výrobě), přičemž na pracovišti jsou jak muži, tak i ženy. Ženy mají zpravidla přidělenou lehčí práci. Pracoviště je v provozu od pondělí do neděle, pracuje se tedy 7 dní v týdnu na třísměnný provoz. Hlavní je ranní směna od 6:00 do 14:00 s půl hodinovou přestávkou a trvá tedy 7,5 hodiny. Druhá směna je odpolední od 14:00 do 22:00 a noční směna je od 22:00 do 6:00.

Jako mzdová forma je na pracovišti využívána úkolová mzda, pracovníci jsou tedy odměňováni dle odvedené práce. Každá činnost má jinou časovou náročnost, a proto

časové ohodnocení činností je průměrováno na základě vypracovaných časových norem, které je vzhledem k variabilitě výroby velice nesnadné stanovit.

Za provedení a kvalitu dané operace na pracovišti ručí každý pracovník samostatně, přičemž při příjmu i výdeji daného výrobku uvádí zaměstnanec do ERP systému přidělené identifikační číslo, pod kterým práci provádí, a pod kterým lze dohledat všechny pracovní úkony jednotlivých operátorů. Pokud pracovník způsobí zmetek, pomocí systému lze dohledat, kdo tento zmetek mohl způsobit a následně je mistrem výroby na daném pracovišti incident prošetřen.

Pracovníci jsou motivováni, aby odváděli práci kvalitně a zároveň co nejrychleji. Pro každého zaměstnance je zaveden motivační systém, kdy v případě precizního plnění pracovních norem a nadstandartních pracovních výsledků jsou zaměstnanci procentuálně odměněni z podílu na tržbách společnosti. Tento systém se osvědčil jako výborný motivační prostředek, jelikož zaměstnanci na základě této motivace, dle interních materiálů společnosti, průběžně zvýšili svou výkonnost.

Pro každý pracovní úsek je určen mistr, který má odpovědnost za chod celého pracoviště a zodpovídá za výsledky práce a kvalitu jednotlivých výrobků. Hlavními úkoly mistra směny je organizace práce, plánování směn, určování úkolů, průběžná kontrola výsledků či podávání reportů. Mistr výroby tedy zodpovídá za chod celého přiděleného úseku a často komunikuje s vedením společnosti.

Operátoři v úseku výroby přístrojových transformátorů provádí celou řadu velmi různorodých činností. O jaké činnosti se jedná a v jakém pořadí jsou tyto činnosti vykonávány, je uvedeno v dalších kapitolách. Na výrobě a kompletaci nadměrných přístrojových transformátorů se v současnosti podílí 4-5 operátorů, přičemž vzhledem k náročnosti a složitosti výroby a také nepravidelnosti zakázek je na tento typ výroby proškolená pouze určitá část zaměstnanců.

2.5 Analýza výroby proudových transformátorů

V této kapitole jsou popsány pracovní postupy na jednotlivých pracovištích. Analyzováno je celkem osm pracovních stanovišť. Do těchto stanovišť je zařazeno formování sekundárního obvodu, lití sekundární obvodu, vyformování, pájení

sekundárních svorek, navíjení primárního obvodu, pájení primárních svorek a vyvazování primárního obvodu.

Každý operátor ještě před začátkem svojí směny musí zkontrolovat, zdali je pracovní místo uzpůsobeno k práci. Dále nutností operátora je připravit výrobní zařízení a zkontrolovat správnost nachystaného materiálu, přičemž každý operátor se musí během prováděných výrobních činností striktně držet předepsaného pracovního postupu.

Pracoviště 1 – Formování sekundárního obvodu

Operátor na pracovišti č. 1 provádí základní formování a kompletaci jader. Nejprve si přemístí jádra z vozíku a položí si je na pracovní desku. Vybere si z regálu formu na patřičný typ jader, kterou nejprve rozebere a před vložením jader do formy důkladně očistí. Následně srovná, seřadí a vystředí cívky na jádrech (cívky se seřazují podle pozice jader a polarity), přičemž před montáží samotných cívek musí operátor navrtat do formy zálitkové matice.

Jádra následně operátor uspořádá na pracovní ploše, aby mohl dokončit kompletaci. Ještě před tím, než začne operátor vkládat jádra do připravené formy, musí danou formu vymazat vazelínou, aby se PUR hmota, která bude do přípravku vylita, mohla posléze bezpečně oddělit od formy. Jakmile jsou jádra uložena do přichystané formy, začne operátor na jádrech vyrovnávat kabely. Kabely musí být pevně svázané, aby byly na sobě úzce přilnuté. Po svázání operátor do středového průchodu jader osadí trn. Za pomoci úchyty trnu se osadí přípravek do licí formy a jádra se vyrovnají. Jakmile jsou jádra na polohována a svázána, je provedena zběžná oční kontrola, je vytisknut za pomoci systému MES štítek na daný typ přístrojového transformátoru a forma s přípravkem je operátorem ručně přenesena na přistavený vozík, který operátor i s daným kusem převezme na pracoviště lití.



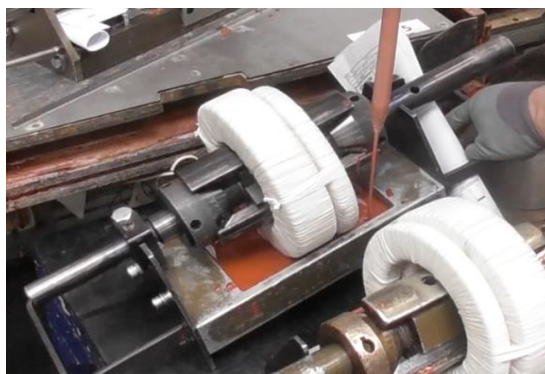
Obrázek 15: Manipulace s formou
(Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 16: Formování transformátoru
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Pracoviště 2 – Lití sekundárního obvodu

Na pracovišti lití si operátor přistaví vozík k licí hlavě. Připraví si licí stroj a za pomoci licí hlavice s tubou nalije PUR hmotu do přípravku. Jakmile je forma kompletně vyplněna PUR hmotou, jsou transformátory odloženy na 30-40 minut (dle typu) k vytvrdnutí dané hmoty. Jelikož jádra s přípravkem již představují poměrně těžké břemeno, operátoři si pro usnadnění práce ponechávají kusy na vozíku a tento vozík poté jen odstaví na pracovišti, dokud hmota nevytvdne.



Obrázek 17: Lití PUR hmoty
(Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 18: Lití PUR hmoty
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Pracoviště 3 – Vyformování PUR odlitku

Jakmile PUR pěna vytuhne, operátor si převezve vozík s přípravkem na pracoviště vyformování, kde si opět přípravek ručně přenesse z vozíku na pracovní stůl. Poté povolí středový trn a vytáhne z formy maticové závity. Za pomoci gumového kladívka vyklepe sekundární obvod z formy a po vyklepání daného kusu obrousí hrany brusným kamenem. Následně probíhá vizuální kontrola, po které v případě nenalezení závady je možné přípravek přemístit opět na vozík a přesunout na další pracoviště.



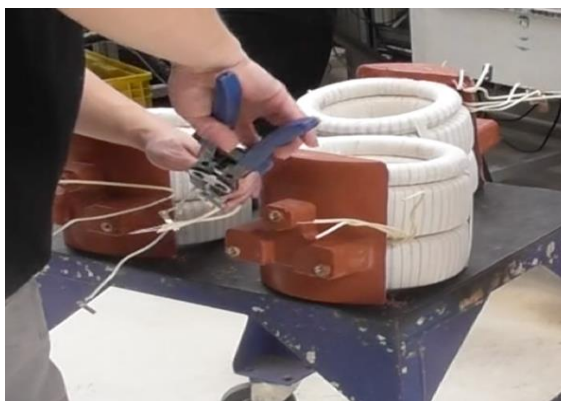
Obrázek 19: Vozík s transformátorem
(Zdroj: Vlastní zpracování)



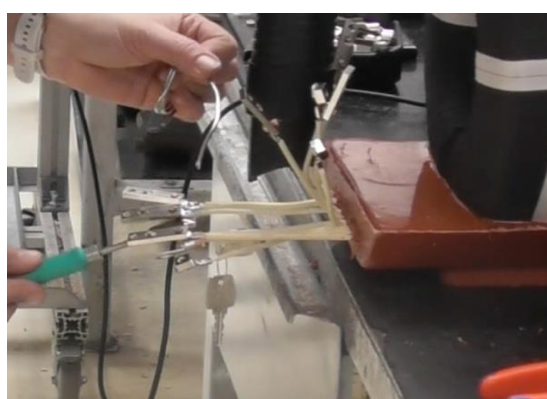
Obrázek 20: Broušení hran
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Pracoviště 4 - Pájení sekundárních svorek

Při pájení sekundární svorek si operátor převezve vozík s jádrem z pracoviště vyformování na pracoviště montáže. Poté si operátor připraví potřebný materiál a nářadí. Na vyformovaném kusu narovná vývody, zakrátí je podle typu přípravku a odizoluje konec vodičů, které následně zapájí a zaizoluje. Poté opět dochází k manipulaci s břemenem v podobě přenosu transformátoru zpět na vozík.



Obrázek 21: Stříhání drátů
(Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 22: Pájení svorek
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Pracoviště 5 – Navíjení primárního obvodu

Na pracovišti navíjení primárního obvodu si operátor opět převezme jádra z vozíku na pracovní desku, přichystá si speciální trubku, kterou vloží do průchodu jader a umístí je do speciální formy, která společně s jádrem tvoří tzv. odlitek. Tuto formu operátor prakticky nedokáže přemístit z pracovního stolu sám, jelikož váha jader s přípravkem může dosahovat i hmotnosti převyšující 60 kg. Z toho důvodu je nutné spolupracovat s kolegy z jiných stanovišť, kteří mu musí pomoci přenést a vložit odlitek do stojanu v kterém probíhá primární vinutí kabelů. Ve stojanu si operátor přípravek pevně uchytí, aby nemohlo dojít k jeho pádu, a poté si vyhledá patřičné svorky a kabely, které bude navíjet (tyto informace si pracovník vyčte z přiloženého štítku, který byl vygenerován systémem MES), svorky upevní do formy a podle typu jádra začne navíjet primární kabel. Jakmile je primární kabel navinut, jednotlivé kabely se zakrátí, odizolují se, na odizolovanou část se připevní svorky a na konci se vyváží bavlnou či páskou. Poslední

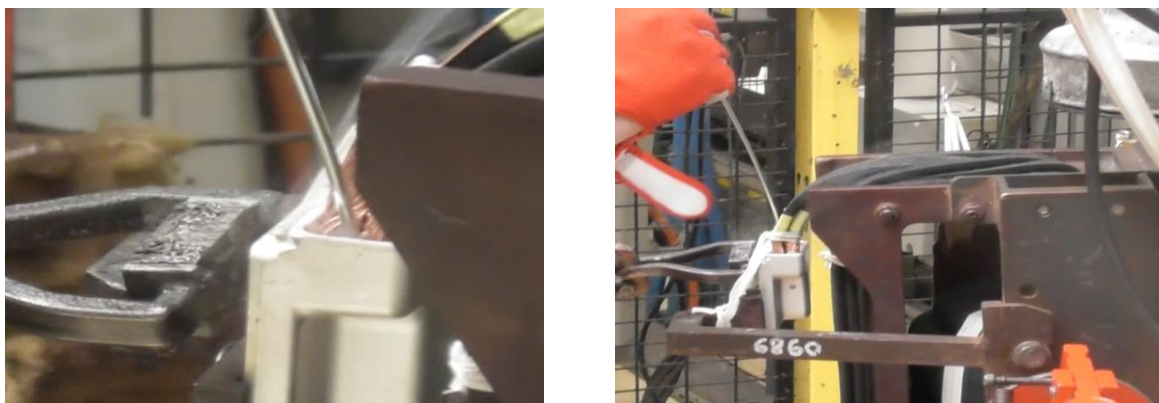
operací je povolení svěráku a přemístění odlitku zpět na přistavěný vozík (opět za pomoci druhého operátora).



Obrázek 23: Zavinutí primárního kabelu na transformátor
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Pracoviště 6 – Pájení primárních svorek

Po navinutí primárního kabelu si operátor převez transformátor na vozíku na pracoviště pájení. Na pracovišti pájení si pracovník přistaví vozík ke stojanu, do kterého musí být přípravek umístěn. Jakmile je odlitek ve stojanu zabezpečen, pracovník si nachystá potřebná speciální nářadí a připraví si pájecí vodu. Následně začne nahřívat svorky a přidávat cín až do úplného zapájení svorek. Poté si pracovník vezme štětec s vodou a začne samotné svorky pomocí vody ochlazovat. Po dostatečném ochlazení svorek operátor započne s demontáží přípravku od zapájeného kusu. Po kompletním odstrojení formy od již téměř hotového transformátoru je kus vyjmut ze stojanu a přesunut na stůl, opět za pomoci dalšího pracovníka, kde probíhá vizuální kontrola a očištění jednotlivých částí. U pájení musí pracovník zásadně používat odsávací zařízení, které odsává veškeré nežádoucí výpary.



Obrázek 24: Pájení primárních svorek
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Pracoviště 7 – Vyvazování primárního obvodu

Posledním procesem, který probíhá na tomto výrobním úseku je proces vyvazování. Při vyvazování již není transformátor přenášen z vozíku na pracovní desku, jelikož to z podstaty práce není nutné a veškeré činnosti provádí operátorka právě na přistavěném vozíku. Jeden z důvodů, proč operace na tomto pracovišti probíhají na přistavěném vozíku, je zaručení větší bezpečnosti práce. Operátorka si převezme transformátor a připne na něj štítek s typem označení, který je vytisknut opět ze systému MES. Poté jsou jednotlivé strany jader vyvázány PES páskou. Následně operátorka vizuálně zkontroluje stav jednotlivých částí včetně svorek a důkladně je očistí. Jakmile je provedena vizuální kontrola a operátorka nezjistí žádnou závadu na daném kusu, je daný kus odvezen na vozíku do příslušného regálu.

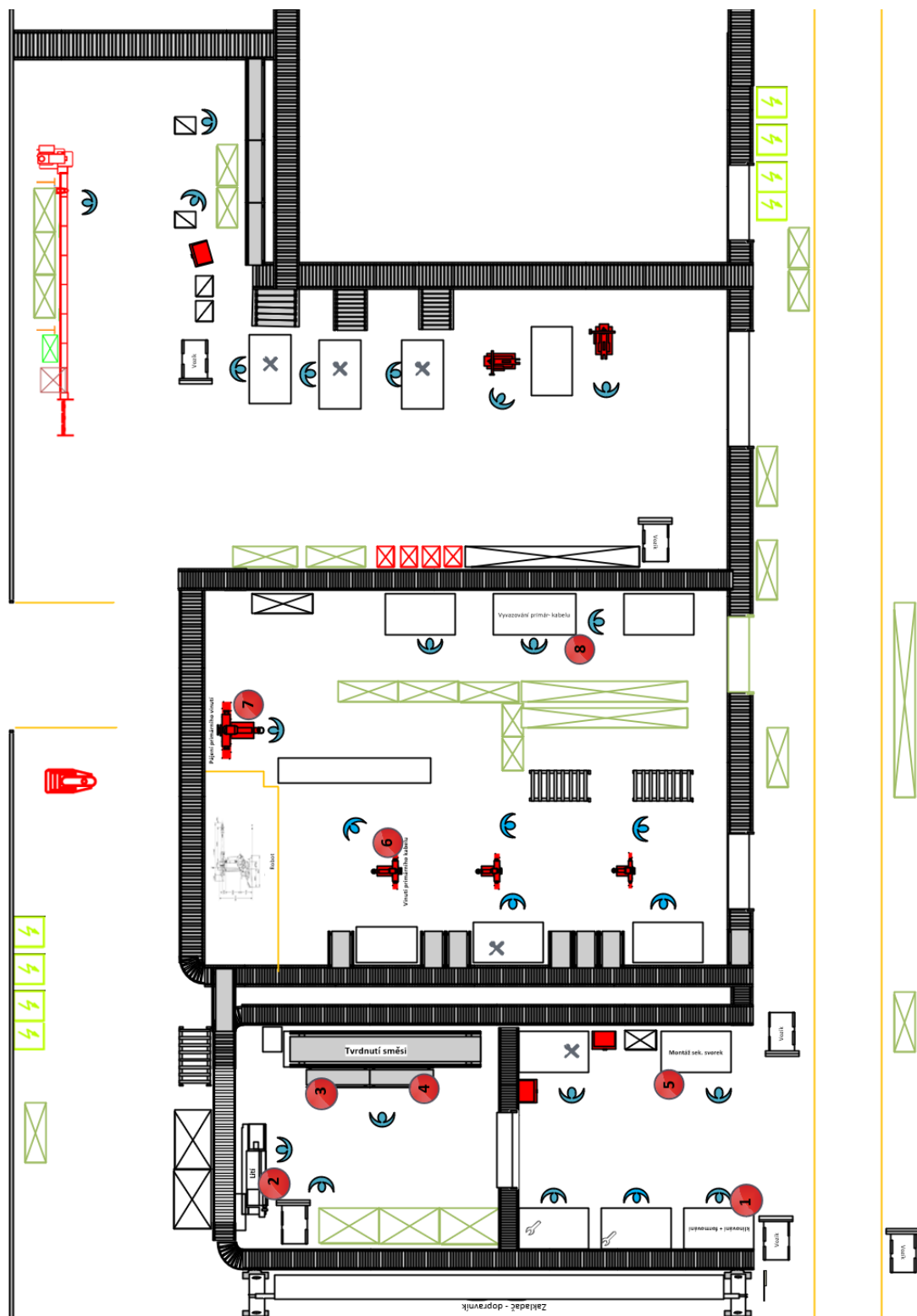
2.6 Analýza současného pracoviště

Na obrázku (Obrázek 25) je znázorněno prostorové uspořádání výrobní haly s celkovým výměrem 115 m². Na tomto vymezeném prostoru proběhla analýza celkem 8 po sobě jdoucích procesů – klínování, formování, lití PUR hmoty, tvrdnutí PUR hmoty, pájení sekundárních svorek, vinutí primárního obvodu, pájení primárních svorek a vyvazování jádra. Na rozdíl od linkových kusů, které putují celou halou po lince, nadměrné kusy přístrojových transformátorů jsou převáženy na vozících mezi jednotlivými stanovišti. Jelikož je předání kusu po jednotlivých operacích vázáno na komunikaci mezi operátory a nikoli na výrobním systému, jsou čas od času zaznamenány problémy, kdy z důvodu chyby lidského faktoru operátor neví, zdali je již daný kus připraven na další operaci,

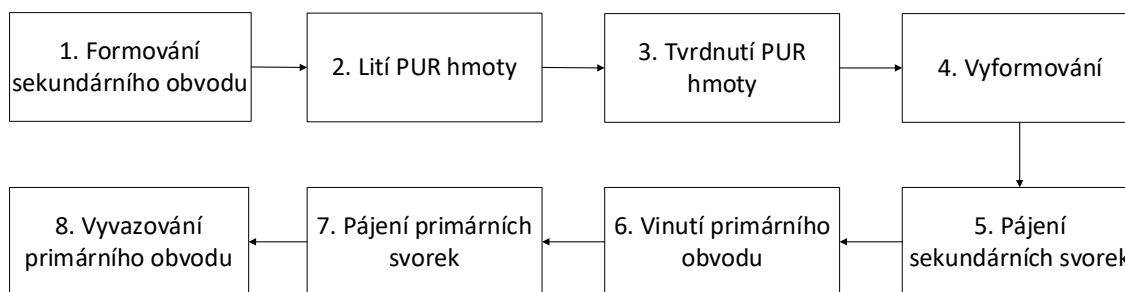
jelikož si veškeré informace zaměstnanci mezi sebou předávají pouze slovně a nemají žádnou podporu výrobního systému MES, tak jak je tomu u linkové výroby.

Při výrobě těžkých kusů musí operátoři cestovat společně s vozíky, které na stísněném pracovišti často překáží, jelikož nemají přesně určené stanoviště pro jejich odkládání, přičemž trasy mezi pracovišti postrádají logické uspořádání a jsou vedeny cyklicky.

Na následujícím layoutu pracoviště (Obrázek 26) je vyobrazena současná výroba nadměrných kusů přístrojových transformátorů, tak, jak jednotlivé procesy na sebe ve výrobě navazují.



Obrázek 25: Layout pracoviště CT-line
(Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 26: Výrobní postup proudového transformátoru
(Zdroj: Vlastní zpracování)

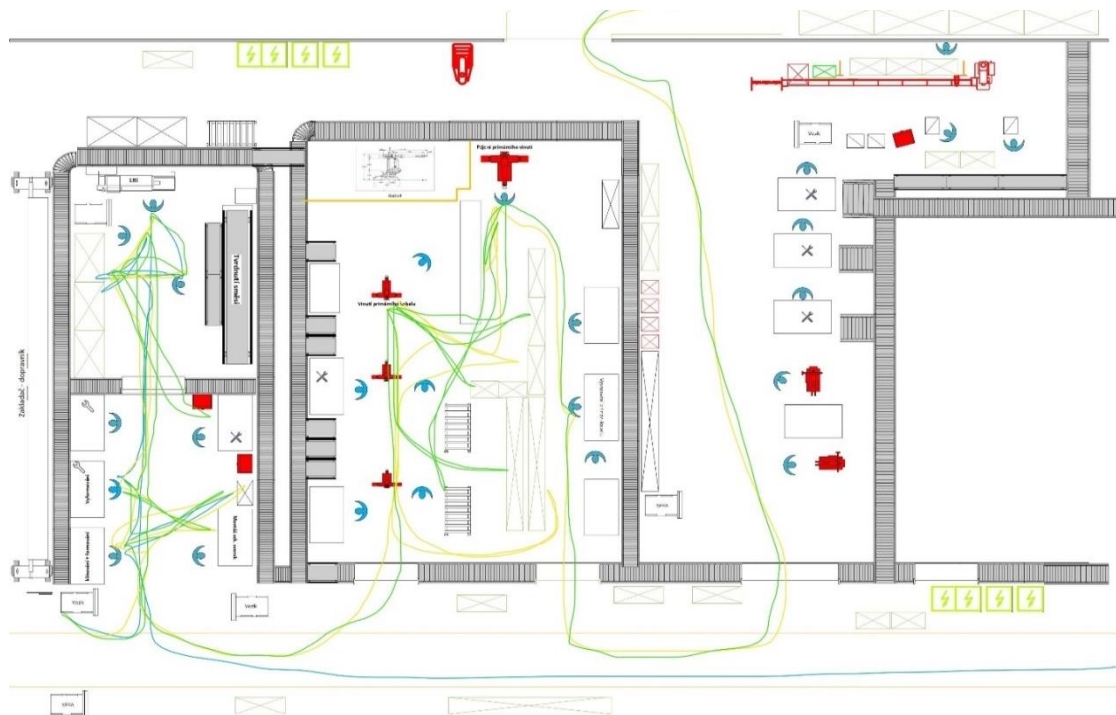
2.7 Špagetový diagram pracoviště

Pomocí špagetového diagramu je zakreslen materiálový tok jednotlivých proudových transformátorů nadměrných velikostí, a to analyzovaných typů KOKS, TPO 7x, 6x a TPU. Tok výroby kusů s označením KOKS je znázorněn modrou barvou, TPO zelenou barvou a kusy TPU jsou na layoutu haly vyobrazeny žlutou barvou. Dle barevného rozlišení je možné zpozorovat, že velká část produkce má téměř totožný výrobní tok. Rozdíl lze zaznamenat až v případě použití materiálu u jednotlivých podtypů při výrobě. Postup výroby se liší u určitých typů transformátorů KOKS, na které není použito primární vinutí, nýbrž jsou po montáži sekundárních svorek odvezeny na pracoviště vakuového/tlakového lití (které se nachází v jiné výrobní hale), proto tento typ výrobku je analyzován pouze okrajově. Dále u některých transformátorů typu TPO je použit namísto kabelového primáru odlitek, jedná se o outdoor transformátory, kdy z technologického hlediska nemůže být použit kabelový primár, nicméně tyto skutečnosti nijak neovlivní průběh analýz.

Vzhledem ke kombinaci dvou druhů výroby na velmi malém prostoru je nezbytné, aby procesy měly jasný řád a standardizované postupy, kterých bohužel právě z důvodu kombinace linkové a mimo linkové výroby není dosaženo. Z analýzy špagetového diagramu také můžeme konstatovat, že materiál mezi pracovišti má velmi dlouhé trasy, jelikož jsou jak pracoviště, tak přípravný výrobní materiál, od sebe příliš daleko.

Během analýzy materiálového toku bylo také zjištěno, že při převozu vozíku s určitým kusem musejí operátoři přímo „kličkovat“ po pracovištích z důvodu velmi stísněných prostorů, které

zapříčiňují časově dlouho trvající transporty. V konečném důsledku samotné převozy mezi pracovišti stěžují práci nejen operátorům, kteří jsou za výrobek zodpovědní, ale také operátorům okolních pracovišť. Během převozu materiálu může dojít k ohrožení ostatních operátorů na pracovišti či poškození funkčních částí transformátoru z důvodu nárazu do jiného pracovníka či předmětu na pracovišti. Převozy mezi pracovními stanovišti jsou tedy velmi nebezpečné a operátoři musí neustále sledovat dění kolem sebe.



Obrázek 27: Špagetový diagram původního layout pracoviště
(Zdroj: Vlastní zpracování)

2.8 Ergonomie pracoviště

Analýza ergonomie byla zacílena na **hodnocení pracovní polohy, pracovního místa a prostoru**. Jednotlivé naměřené hodnoty z provedené analýzy byly porovnány s doporučenými rozměry vycházející z nařízení vlády č. 361/2007 Sb., v plném znění, pomocí kterého se stanoví hygienické podmínky ochrany zdraví při práci.

Při měření jednotlivých údajů se musí brát zřetel i na antropometrické rozměry operátorů, kteří danou práci/činnost vykonávají. Proto je potřeba najít vždy řešení nikoliv obecné, nýbrž

vyhovující pro zaměstnance v rámci jednotlivců. V následujících tabulkách jsou vypsána jednotlivá naměřená data, která jsou porovnána s doporučenými rozměry ČSN.

Tabulka 4: Hodnocení pracovní plochy

(Zdroj: Vlastní zpracování dle vyhlášky č.365/2007 Sb.)

Měřítka hodnocení	Schválené rozměry	Naměřené rozměry	Vyhovující
Světlá výška prostoru určeného pro práci	Od 101 do 2000m ² nejméně 3m	3,7m	ANO
Podlahová plocha	Nejméně 2m ²	od 2m ² po 3,5m ²	ANO
Pracovní (manipulační) rovina	Při sedu mužů 220 až 310 mm, u žen 210 až 300 mm (při práci s 2 kg břemeny se snižuje o 100-200mm)	od 10 po 180 mm	ČÁSTEČNĚ
Optimální výška pracovní roviny ve stoje	Mezi 800 až 1000 mm	930 mm	ANO
Pracovní plocha	Nejvhodnější střídání sedu a stoje	U některého druhu práce ve stoje není možná	ČÁSTEČNĚ

Tabulka 5: Hodnocení pracovního místa

(Zdroj: Vlastní zpracování dle vyhlášky č.365/2007 Sb.)

Měřítka hodnocení	Schválené rozměry	Naměřené rozměry	Vyhovující
Výška sedadla nad podlahou (žena)	400+/-50 mm	435 mm	ANO
Šířka sedadla	380-420 mm	460 mm	NE
Hloubka sedadla	350-500 mm	440 mm	NE
Úhel sklonu zádové opěrky	0 – 5°	0°	ANO

Tabulka 6: Hodnocení pracovního prostoru

(Zdroj: Vlastní zpracování dle vyhlášky č.365/2007 Sb.)

Měřítka hodnocení	Schválené rozměry	Naměřené rozměry	Vyhovující
Maximální výška pracovního prostoru	730 mm	680mm	ANO
Maximální šířka pracovního prostoru	1170mm	1905mm	NE
Maximální hloubka pracovního prostoru	415mm	630-760mm	NE

Pracovní stoly na stanovištích, kde je práce vykonávána převážně ve stoje nemají nastavitelnou výšku, což je limitace v případě výroby mimo linkových kusů, které operátor musí vždy přenášet z vozíku na pracovní desku, nicméně výškové hodnoty jako takové pracovní prostor splňuje. Kolem pracovních míst z důvodů kombinované výroby na daném pracovišti není dostatek prostoru, proto se při pohybech často operátoři musí vyhýbat různým překážkám. Operátoři by měli mít na každém pracovišti nastavitelnou židli s polohovacími vlastnostmi, pro podporu držení těla a stabilitu páteře, především beder, a to vše v souladu s antropometrickými parametry daného zaměstnance, což není v rámci jednotlivých pracovišť dodrženo.

Dále při analýze pracovního prostoru byly zjištěny nevyhovující hodnoty v šířce a hloubce prostoru. Velká šířka pracovního prostoru nabádá pracovníky k odkládání náradí a dalšího materiálu na nevhodná místa, a nikoliv na předem určené pozice do KLT boxů, což má za příčinu nepořádek na pracovišti. Ergonomický audit na hlučnost nebyl v areálu haly proveden, nicméně z interních materiálů bylo zjištěno, že hlučnost na všech pracovních stanovištích je v normě dle platné legislativy. Dále byla identifikována manipulace s velmi těžkými břemeny, tato manipulace je analyzována v rámci analýzy mini auditu pracoviště.

2.9 Mini audit pracoviště – manipulační checklist

Pro lepší představu, jak na pracovišti probíhá manipulace s břemeny, byl vytvořen mini audit pracoviště se zaměřením na manipulaci. Jednotlivé otázky byly pečlivě vybrány tak, aby byla identifikována všechna úzká místa na vybraných stanovištích. Otázky, týkající se manipulačního ergonomického checklistu jsou zobrazeny v tabulce (Tabulka 7).

Tabulka 7: Mini audit pracoviště se zaměřením na manipulaci

(Zdroj: Vlastní zpracování)

1. Je akceptovatelná hmotnost ručně manipulovaných břemen ?	ANO
2. Je materiál manipulován na minimální vzdálenost ?	NE
3. Je vzdálenost mezi břemenem a tělem minimalizována?	ČÁSTEČNĚ
4. Je podlaha pro chůzi rovná a nekluzká ?	ČÁSTEČNĚ
5. Jsou manipulovaná břemena snadno uchopitelná	ČÁSTEČNĚ
6. Obsahují břemena záchytná místa ? (držadla, výstupy, apod.) ?	ANO
7. Je-li potřeba manipulovat v rukavicích, jsou tyto rukovaci vhodné ?	ANO
8. Je používána vhodná obuv ?	ANO
9. Je dostatek místa pro manipulaci ?	ČÁSTEČNĚ
10. Jsou k dispozici mechanické pomůcky, je-li potřeba ?	ČÁSTEČNĚ
11. Je výška pracovní roviny přizpůsobena snadnější manipulaci ?	NE
12. Je manipulace přizpůsobena tak, aby se vyrovnala:	
- pohybům pod kolena a nad výškou ramen	ČÁSTEČNĚ
- statické svalové zátěži	NE
- nečekaných pohybů při manipulaci	ČÁSTEČNĚ
- rotaci trupu	NE
- natahování	ČÁSTEČNĚ
13. Je možná pomoc při nepříznivé manipulaci nebo manipulaci s těžkými břemeny (druhá osoba) ?	ANO
14. Je vysoká míra manipulace ošetřena pomocí:	
- rotace pracovníků	NE
- režimu práce a odpočinku	ANO
- automatizace	ČÁSTEČNĚ
15. Jsou tlačné a tažné síly redukovány nebo eliminovány?	ANO
16. Mají pracovníci dostatečný rozhled při manipulaci s velkými břemeny?	ČÁSTEČNĚ
17. Jsou aplikována preventivní opatření?	ČÁSTEČNĚ
18. Jsou pracovníci správně zaškoleni a zacvičováni?	ANO

Z jednotlivých pozorovaných činností/událostí bylo zjištěno několik bodů, na které je potřeba se zaměřit v rámci návrhové části práce, a které nejsou v souladu se štíhlým pracovištěm. Mezi tyto body je možné zařadit nevhodnou výšku pracovní roviny, manipulaci materiálu na dlouhou vzdálenost, častou rotaci trupu při manipulaci či velkou statickou svalovou zátěž.



Obrázek 28: Zleva – Manipulace s materiálem na dlouhou vzdálenost, umístění vozíky na pracovišti
(Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 29: Zleva – pracovní stůl s nevhodnou výškou pracovní roviny, nevyužívaný manipulační jeřáb
(Zdroj: Vlastní zpracování)

2.10 Analýza rizik manipulačních úkonů na pracovišti

V rámci analýzy současného stavu byla na pracovišti provedena také analýza manipulačních úkonů a stanovena rizika manipulací při výrobě. Za pomoci analýzy rizik byly identifikovány manipulační hrozby, které mohou vést ke zranění operátora na pracovišti či k poškození funkčních částí nadměrných proudových transformátorů.

Dle interních materiálů bylo zjištěno, že průměrná kumulativní hmotnost manipulace s materiálem na pracovišti CT-line za 7,5h směnu je 8675 kg u mužů a 179 kg u žen, což nepřekračuje hygienický limit stanoven nařízením vlády dle zákoníku č. 361/2007

pojednávající o podmínkách ochrany zdraví při práci. Nicméně hygienický limit pro občasné přenášení a zvedání břemene by nemělo překročit hmotnost 50 kg u mužů a 30 kg u žen. Což už ve výrobě dodrženo není, a to zejména u procesů vinutí primárního obvodu či pájení primárních svorek.

Manipulace ve výrobě byla rozdělena do dvou kategorií, a to na bezpečnou a nebezpečnou manipulaci. Co se týče kategorie „bezpečných manipulací“, zde může být zařazeno například přemísťování přípravku, lehkých částí transformátorů (šroubů, závitů, či samotných jader) bez dalšího závaží, či manipulaci a přesun speciálního náradí. Předměty spadající do této kategorie dosahují hmotnosti max. 2 kg. Do kategorie „nebezpečné manipulace“ je zařazena manipulace s břemeny nad hmotnost 2 kg, které byly v analýze ohodnoceny jako rizikové.

V rámci analýzy manipulace ve výrobě byl proveden i výpočet četnosti manipulací, a to z důvodu následného porovnání manipulačních úkonů v rámci nově stanoveného layoutu pracoviště. Jelikož by analýza manipulace jako je posun ruky/zápěstí či přesun/tah předmětu byla v případě dané výroby velmi náročná na identifikaci a mohla zkreslovat konečně hodnoty, byla pro výpočet zvolena metoda počítající četnosti (četností je myšleno jakýkoliv přesun břemene = 1x manipulace). Tato manipulace byla rozdělena právě na již zmiňovanou bezpečnou a nebezpečnou kategorii. Z analyzovaných četností bude proveden procentuální výpočet, který ukáže, zdali se manipulace, hlavně tedy s těžkými břemeny, dokázala v návrhové části eliminovat a pokud ano, tak o kolik procent. Kompletní analýza rizik zaměřená na manipulaci je uvedena v příloze č.1.

2.11 Analýza pracovních činností

Výrobní proces nadměrných přístrojových transformátorů je variabilní a velmi náročný, proto bylo velmi nesnadné zvolit vhodnou metodu pro zjištění spotřebovaného času a přidané hodnoty výrobku. Jako vhodný způsob identifikace byla vybrána metoda přímého měření za pomoci videozáznamu, v které se diplomant zaměřil na jednoho reprezentanta, jenž byl vybrán na základě konzultace s procesním inženýrem.

Na každém pracovišti bylo nutné vybrat vhodné pracovníky, kteří splňují požadavky na provedení daných činností při výrobě nadměrných mimo linkových kusů, jelikož pouze

určitá část pracovníků je proškolená a schopná provést montáž a kompletaci nadměrných transformátorů.

Z důvodu předejití nepřesným a zkresleným výsledkům, bylo provedeno vícero měření. Pro samotné měření byly využity pomůcky, které byly nezbytné pro zaznamenání jednotlivých časů, četnosti manipulace a určení přidané hodnoty. Hlavním nástrojem, jak již bylo zmíněno, byla kamera, kterou byl pořizován videozáznam. Jako podpůrné pomůcky byly využity stopky, tužka a papír. Pro účely práce byl kladen důraz na identifikaci manipulací s břemeny převyšující hmotnost 2 kg.

Jednotlivé činnosti byly rozděleny dle hodnototvorného toku na „přidávající hodnotu“, tedy na činnosti, za které je zákazník ochoten zaplatit. Poté na činnosti „nepřidávající hodnotu“, které jsou nezbytné pro samotnou výrobu daných kusů, ale nepřidávají hodnotu výrobku a třetí variantou, jenž byla zaznamenána, jsou činnosti „ztrátové“, které představují plýtvání.

Pro zaznamenání veškerých činností byla využita **procesní analýza**, která je uvedena v příloze č.2. Procesní analýza bude následně využita i v rámci návrhové části pro porovnání současného a budoucího stavu layoutu pracoviště. Pro lepší pochopení a prezentaci výsledků je tok hodnot v analytické části práce vyjádřen pomocí tabulek a grafů. Zjištěné hodnoty v rámci jednotlivých pracovišť byly posléze konzultovány s procesním inženýrem, kvůli ověření správnosti výsledků. Je potřeba také zmínit, že v rámci analýzy výrobního procesu byl sledován a měřen čas výroby pouze jednoho kusu přístrojového transformátoru.

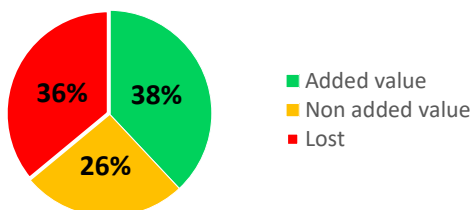
Formování sekundárního obvodu

V rámci tohoto procesu je stanoveno 13 činností. Celkový čas procesu formování sekundárního obvodu činí dle naměřených hodnot **13min44s**. Procesní čas se samozřejmě může lišit v případě jiných specifických druhů transformátorů, nicméně účelem práce, jak již bylo zmíněno, není vytvořit přesné normovací časy, ale zanalyzovat činnosti a navrhnout do nového layoutu nový postup výroby, kde bude podstatou zjednodušení manipulačních procesů.

Tabulka 8: Činnosti na pracovišti formování sekundárního obvodu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Činnost	Druh	Délka trvání
Transport - vozík s jádry	↓	2:35
Transport - vozík s formou	↓	1:10
Manipulace - forma	↓	0:44
Manipulace - jádra	↓	0:27
Osazení klínu	→	0:20
Čištění formy	→	0:26
Osazení jader do licí formy	→	1:45
Mazání formy	→	0:35
Našroubování závitových matic	→	0:32
Vyrovnání kabelů + uložení do svorkovnice	↑	3:30
Vyvázání jádra	↑	1:40
Celkový čas		13:44

U procesu formování je celkem 38 % činností, které přidávají hodnotu výrobku, 26 % činností, které hodnotu výrobku nepřidávají, a 36 % činností představuje „ztrátu“ neboli plýtvání. V případě ztrátových činností se jedná se o činnosti manipulace s jádry/formou a transport jader/formy po pracovišti. Tyto činnosti je potřeba v rámci nového layoutu co nejvíce eliminovat.



Graf 3: Přidaná hodnota na pracovišti formování
(Zdroj: Vlastní zpracování)

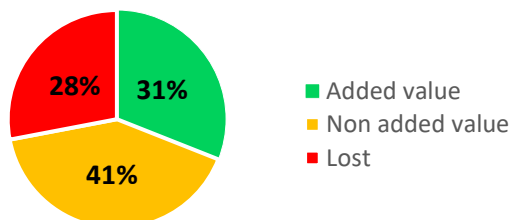
Lití sekundárního obvodu PUR hmotou

V rámci procesu lití bylo identifikováno 7 druhů činností. Celkový čas procesu lití byl stanoven na **2 min a 49 s**. V následující tabulce jsou vypsány činnosti, které byly na pracovišti lití identifikovány.

Tabulka 9: Činnosti na pracovišti lití sekundárního obvodu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Činnost	Druh	Délka trvání
Přípevnit hlavici na licí stroj	→	0:08
Utáhnutí licí hlavice	→	0:12
Zapnutí licího stroje	→	0:10
Demontáž hlavice	→	0:23
Čištění	→	0:13
Transport - vozík s jádrem	↓	0:44
Zalítí formy PUR hmotou	↑	0:50
Celkový čas		2:40

Co se týče času přidávající hodnotu výrobku, tak tento čas byl zastoupen pouze u procesu lití a činí 31 %. Ostatní úkony 69 % pak představují právě činnosti nepřidávající hodnotu zákazníkovi, přičemž plýtvání z celkového času tvoří 28 %.



Graf 4: Přidaná hodnota na pracovišti lití
(Zdroj: Vlastní zpracování)

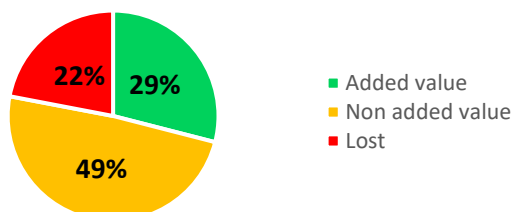
Vyformování PUR odlitku

Pracovník měl veškeré speciální nářadí již přichystané na daném pracovišti, proto u tohoto procesu neprobíhaly žádné přípravné práce. Celkové časové rozpětí, které operátor potřeboval na vyformování, činí **3min30s**.

Tabulka 10: Činnosti na pracovišti vyformování
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Činnost	Druh	Délka trvání
Manipulace - jádra	↓	0:12
Manipulace - forma	↓	0:08
Transport - vozík s jádrem	↓	0:22
Povolení středového trnu	→	0:32
Vytáhnutí závitových matic	→	0:35
Vyklepání jádra z přípravku	→	0:10
Vytáhnutí středového trnu	→	0:07
Demontáž svorkovnice	→	0:25
Čištění jádra	→	0:39
Obroušení hran	↑	0:20
Celkový čas		3:30

Poměrně významnou délku trvání procesu tvoří činnosti manipulace. Manipulací se myslí pootáčení s přípravkem, přenášení přípravku s funkčními částmi z vozíku na pracovní desku a zpět či práce se speciálním nářadím při vyformování. Právě manipulace má při procesu vyformování největší procentuální zastoupení a to 26 %.



Graf 5: Přidaná hodnota na pracovišti vyformování
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Časy přidávající hodnotu výrobku tvoří u tohoto procesu 29 %. Činnosti nepřidávající hodnotu výrobku tvoří 49 % celkového času a plýtvání představuje 22 %. Plýtváním se míní opět transport vozíku s jádrem a manipulace s břemeny.

Pájení sekundárních svorek

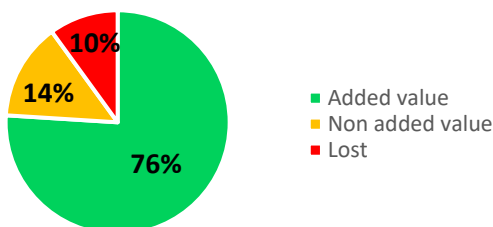
Při montáži sekundárních svorek operátor vykonává celkem 11 činností. Celkový spotřebovaný čas procesu montáže sekundárních svorek činí **10min50s**.

Tabulka 11: Činnosti na pracovišti pájení sek. Svorek

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Činnost	Druh	Délka trvání
Manipulace - jádra	↓	0:16
Přípravné práce	↓	0:17
Transport - vozík s jádrem	↓	0:32
Zastřížení vývodů	→	1:43
Oddizolování bužírky	→	3:27
Zalisování svorek	→	1:30
Kontrola - svorek	→	1:30
Zapájení svorek	↑	1:35
Celkový čas		10:50

Činnosti přidávající hodnotu výrobku tvoří nadpoloviční většinu, přesně tedy 76 %, naproti tomu, činnosti, které nesouvisí přímo s výrobou, činí 10 %, což jsou vynikající hodnoty. Mezi činnosti plýtvání se opět jako u předchozích procesů zařadila manipulace, transport a zde i přípravné práce. Manipulace s jádrem se opakuje z důvodu přenosu jader z pracovní desky na stůl a zpět jako u předchozích činností. Přípravné práce u tohoto procesu jsou velmi krátké a zahrnují pouze chystání speciálního nářadí, které má operátor v blízkosti pracovního stolu.



Graf 6: Přidaná hodnota na pracovišti pájení sek. svorek

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Navíjení primárního obvodu

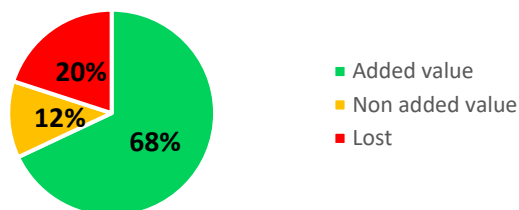
Navíjení primárního obvodu je časově nejnáročnější výrobní proces. Proces vinutí primárního obvodu je rozdělen do 10 činností. Před započítáním operací si pracovník musí přichystat primární kabely a středové tyče (které vkládá do středu jader), tyto činnosti

jsou zařazeny do kategorie přípravných prací. Samotné přípravné práce by dle interních informací neměly přesáhnout 2 minuty, což se i při měření tohoto procesu potvrdilo. Celý proces primárního vinutí trval **21min30s**.

Tabulka 12: Činnosti na pracovišti navíjení primárního obvodu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Činnost	Druh	Délka trvání
Manipulace - jádra	↓	0:13
Transport - vozík s formou	↓	1:09
Transport - vozík s odlitkem	↓	0:51
Manipulace - odlitek	↓	0:29
Přípravné práce	↓	1:40
Uvolnění odlitku ve svěráku	→	0:20
Upevnění jádra do formy	→	2:08
Navíjení varia	↑	8:50
Oddizolování kabelů	↑	3:55
Dovinutí primárního kabelu	↑	1:55
Celkový čas		21:30

Hodnotu výrobku v tomto procesu zvyšují činnosti navíjení primárního obvodu, odizolování kabelů a konečné dovinutí varia. Naopak činnosti nepřidávající hodnotu představují upevnění jádra do formy a uvolnění odlitku ve svěráku. Plýtvání je poté tvořeno jako u předchozích procesů opět manipulací a transportem.



Graf 7: Přidaná hodnota na pracovišti pájení primárního obvodu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

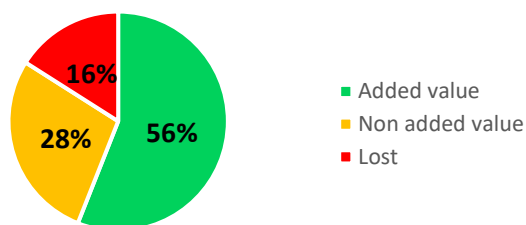
Pájení primárních svorek

U procesu pájení primárních svorek bylo identifikováno celkem 9 činností. Celkový čas procesu byl stanoven na **15min35s**. Přičemž nejdelší časovou náročnost představuje činnost ohřevu a pájení svorek, která je také činností přidávající hodnotu výrobku. Naopak mezi časově nejméně náročnou činností byla zařazena manipulace s jádrem s 1 %, nicméně u tohoto procesu se jedná opět o manipulaci, u které není možné na pracovišti využít manipulační jeřáb, a tak tato manipulace představuje vysoké riziko pro vytvoření zmetku či zranění pracovníka.

Tabulka 13: Činnosti na pracovišti pájení primárních svorek
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Činnost	Druh	Délka trvání
Manipulace - odlitek	↓	0:55
Hledání - náradí	↓	1:05
Transport - vozík s jádrem	↓	0:20
Manipulace - jádro	↓	0:10
Aplikace pájecí vody	→	0:20
Ochlazení svorek	→	0:30
Rozdělení přípravku ve stojanu	→	3:35
Utáhnutí prim. kabelu páskou	↑	1:20
Ohřev + pájení svorek	↑	7:20
Celkový čas		15:35

Pájení je procesem specifickým, a to z toho důvodu, že čas samotného pájení je největší položkou z hlediska všech činností a rovněž časem s přidanou hodnotou. Činnosti ztrátové tvoří u tohoto procesu 16 %. Jedná se o činnosti manipulace, transport a hledání potřebného náradí. Činnosti potřebné pro výrobu tvoří 28 % a činnosti přidávající hodnotu tvoří nadpoloviční většinu.



Graf 8: Přidaná hodnota na pracovišti pájení primárních svorek
(Zdroj: Vlastní zpracování)

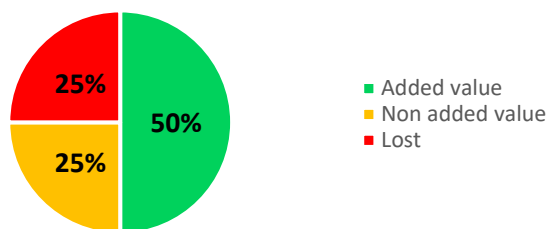
Vyvažování primárního obvodu

Posledním analyzovaným procesem je vyvažování primárního obvodu, jehož čas byl stanoven na **4 min40s**. U vyvažování primárního obvodu je nejvíce zastoupena činnost transport vozíku s jádrem, což představuje přesun vozíku se zkompletovaným transformátorem do regálů, které se nacházejí na přidruženém pracovišti v úseku druhé haly.

Tabulka 14: Činnosti na pracovišti vyvažování primárního obvodu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Činnost	Druh	Délka trvání
Transport - vozík s jádrem	↓	1:10
Vyvázení strany bez čidla	↑	1:00
Uvolnění čidla	↑	0:50
Vyvázení spodní části čidla	↑	0:30
Očištění svorek	→	0:35
Připnutí štítku na kus	→	0:35
Celkový čas		4:40

Mezi činnostmi přidávající hodnotu produktu jsou zařazeny úkony vyvázení strany bez čidla, uvolnění čidla a vyvázení spodní části čidla, které tvoří 50 % z celkového času. Mezi činnostmi nepřidávající hodnotu se řadí očištění svorek a připnutí štítku MES na transformátor s 25 % zastoupením. Plýtváním je označeno jako již v předchozích procesech opakující se transport mezi pracovišti.



Graf 9: Přidaná hodnota na pracovišti vyvazování primárního obvodu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Celý proces výroby jednoho kusu nadměrného přístrojového transformátoru trval **1h43min**, přičemž **30 min** z celkového času musí být vyhrazeno na tvrdnutí PUR hmoty po zalití formy. Jedná se tedy o procesní čas „čekání“, který se do výroby také musí započítat. Dle zjištěných hodnot na jednotlivých pracovištích byl následně vyjádřen poměr časů přidávající hodnotu výrobku, a nepřidávající hodnotu výrobku, a to za celý výrobní proces. Tento poměr je uveden v následující tabulce (Tabulka 15).

Tabulka 15: Přidaná hodnota činností
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Value added time	46,50%
Non value added time	53,50%

Podíl plýtvání z činností nepřidávající hodnotu výrobku je **20,5 %**. Toto plýtvání, představují transporty s materiálem mezi pracovišti a manipulační operace, které jsou navíc z pohledu BOZP nevyhovující. Zbylých **33 %** jenž nepřidává hodnotu výrobku, je tvořeno činnostmi, které přímo souvisí s výrobními procesy a z toho důvodu nemohou být redukovány. V rámci plýtvání bylo dále zjištěno, že tzv. nevyhnutelná manipulace s těžkými břemeny s váhou nad 2 kg má ve výrobě **5 %** zastoupení a **14 %** analyzovaného plýtvání tvoří transporty materiálu mezi pracovišti. Zbylé **1,5 %** tvoří v rámci plýtvání přípravné práce.

2.12 Zhodnocení analytické části

V analytické části byla nejprve představena společnost, ve které diplomant zpracovával svou diplomovou práci. Následně bylo provedeno analyzování současného stavu pracoviště zaměřující se na výrobu těžkých kusů přístrojových transformátorů. Důležitým aspektem při analýze bylo nastínit výrobní proces proudových transformátorů a vybrat pro analyzování současného stavu takové metody, pomocí kterých je možné identifikovat úzká místa v oblasti manipulací. Využití potenciálu těchto slabých míst jsou následně aplikovány do nového layoutu pracoviště.

Metody, které byly v analytické části pro vybrané pracoviště využity, jsou:

- a) Analýza pracoviště;
- b) Špagetový diagram;
- c) Analýza ergonomie zaměřená na hodnocení pracovního místa, polohy a prostoru;
- d) Mini audit pracoviště (manipulační checklist) včetně fotodokumentace;
- e) Analýza rizik se zaměřením na manipulaci;
- f) Analýza pracovních činností.

Pomocí výše uvedených metod a analýz byly zjištěny skutečnosti, které jsou shrnuty v následujících bodech.

Ad a) Při analýze původního layoutu pracoviště bylo zjištěno, že z důvodu převozu transformátorů pomocí vozíků často vážne komunikace mezi jednotlivými operátory na stanovištích, jelikož veškeré výrobní operace jsou závislé na předávání informací pouze na základě komunikace mezi pracovníky.

Ad b) Špagetový diagram odhalil, že analyzovaná pracoviště jsou od sebe příliš vzdálená a nemají logické rozpoložení. Z důvodu kombinovaných dvou typů výrob jsou pracovní stanoviště poměrně stísněná, z toho důvodu převozy materiálu za pomoci vozíku často ohrožují ostatní operátory. Pohyb pracovníků mezi pracovišti je pak navýšen ještě o neustálé vracení se k manipulačnímu vozíku, kam si operátoři odkládají výrobní materiál.

Ad c) Analýza ergonomie zaměřená na hodnocení pracovní polohy, místa a prostoru odhalila potenciál pro zavedení nových ergonomických prvků na pracovišti. Jedná se o možnosti zavedení nových pracovních stolů, sedadel a dalších podpůrných zařízení pro zlepšení ergonomie a zejména manipulace.

Ad d) Mini audit pracoviště zaměřený na manipulaci ukázal, že na pracovišti probíhají manipulační úkony porušující BOZP, kde chybí podpora pro manipulaci s těžkými břemeny. U takovýchto manipulací hrozí riziko zranění pracovníka či vzniku zmetku.

Ad e) Analýza rizik manipulačních úkonů byla provedena na základě zjištěných nedostatků při mini auditu pracoviště. Na základě této analýzy byl zjištěn velký počet rizikových manipulací na celém pracovišti. V rámci opatření pro zlepšení manipulace mezi pracovišti bylo navrženo možné implementování manipulačního jeřábu a nového druhu přepravních vozíků společně s dalšími inovativními prvky, které budou více přiblíženy v návrhové části práce.

Ad f) Na závěr proběhla analýza pracovních činností, která byla provedena za pomoci procesní analýzy. Plýtvání, které představují převážně transporty s materiálem mezi pracovišti a manipulace s břemeny činí v celém výrobním procesu 20,5 %. Tento druh plýtvání je zapříčiněn nízkou automatizací výroby a dlouhými logistickými trasy mezi pracovišti.

Tabulka 16: Zhodnocení analytické části
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Problém	Návrh řešení
Vysoká míra plýtvání v podobě transportů	Zmenšení vzdáleností mezi pracovišti a lepší rozmístění potřebného materiálu pro jednotlivá pracoviště
Často identifikovaná nebezpečná manipulace porušující BOZP	Zvolení vhodných manipulačních zařízení pro podporu manipulace, rozšíření výroby o nové manipulační stroje
Stísněné pracoviště z důvodu kombinované výroby linkových a mimo linkových transformátorů	Přemístění mimo linkové výroby do jiných výrobních prostor (separace linkového a mimo linkového typu výroby)
Ergonomické nedostatky	Volba nového ergonomického zařízení pro zefektivnění a zjednodušení práce

3 VLASTNÍ NÁVRHY ŘEŠENÍ

Tato část diplomové práce je zaměřená na vytvoření návrhů, které by mohla společnost následně realizovat. Jedná se o rozsáhlý projekt, ve kterém byly za pomoci analýzy definovány body, které vykazují za současného stavu možnosti ke zlepšení, a to především v oblasti manipulace. Na začátku této kapitoly je vyjádřen cíl pomocí metody SMART, dále je vytvořen harmonogram projektu a rizika projektu, která jsou identifikována pomocí metody RIPRAN.

3.1 Definování projektu

Návrh projektu

Návrh layoutu nového pracoviště pro výrobu přístrojových transformátorů ve společnosti ABB s. r. o.

3.2 Smart cíl

Klíčovým faktorem správně zadaného projektu je vhodné definování cíle. Cíl projektu je stanoven metodou SMART, která vyhodnocuje požadované parametry pro naplnění cíle.

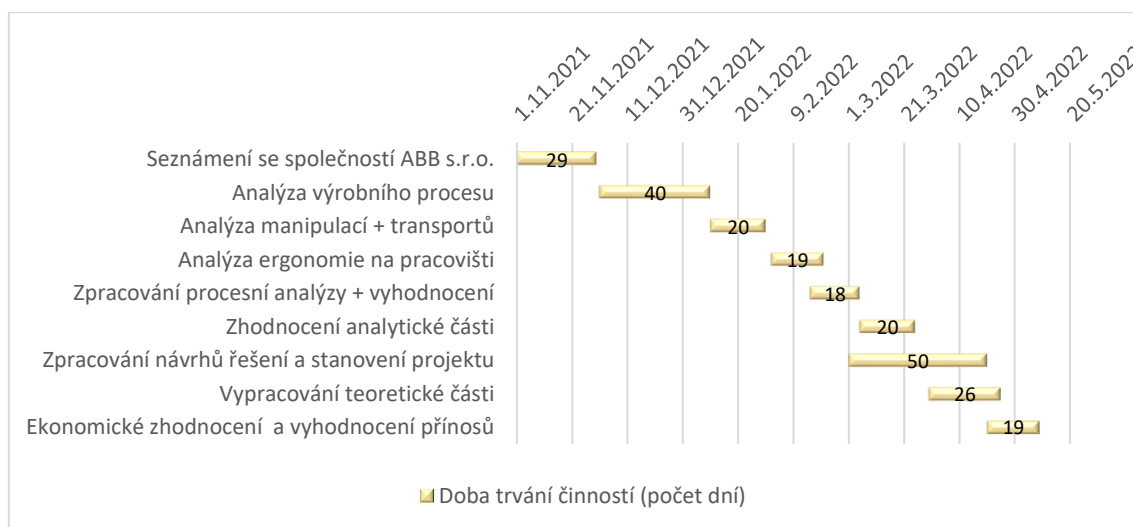
- Specifický – Primárním cílem projektu je návrh layoutu pro výrobu přístrojových transformátorů;
- Měřitelný – Projektovým cílem je snížení manipulačních úkonů o cca 30 %, při navýšení výrobního času o maximální hodnotu 10 %;
- Akceptovatelný – Návrh nového layoutu pro výroby přístrojových transformátorů je v souladu se strategickými záměry podniku a vedení podniku tuto změnu podporuje;
- Realistický – Aby mohl být projekt realizován a byl pro podnik smysluplný, musí být jasně definované analýzy, které identifikují možné nedostatky, jenž bude možné v návrzích eliminovat. Stanovený cíl, který podnik chce dodržet, nesmí být také zmařen nevhodnými návrhy či nereálně vysokými investicemi. Plánovaná investice

na možné realizování pracoviště, které bude vycházet z nově vytvořeného layoutu, by nemělo překročit hranici 1,5 mil. Kč;

- Terminovaný – Začátek projektu byl definován na 1. listopadu 2021 a celkové zakončení projektu je stanoveno na konec roku 2022.

3.3 Harmonogram projektu

Časový harmonogram zachycuje konkrétní aktivity, které byly stanoveny pro celou diplomovou práci a daný projekt. Zahrnuje veškeré aktivity od seznámení se společností ABB s. r.o. přes zpracování analýz až po ekonomické zhodnocení a vyhodnocení přínosu projektu. Doba trvání činností je uvedena ve dnech a je zobrazena na následujícím obrázku (Obrázek. 30.).



Obrázek 30: Harmonogram projektu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

3.4 RIPRAN

Za pomoci metody RIPRAN bylo identifikováno celkem devět hrozeb, s kterými se projekt může potýkat. Metoda RIPRAN je poměrně jednoduchá riziková analýza, prostřednictvím které můžeme určit výslednou hodnotu rizika. Jednotlivé hodnoty rizika se určují pomocí celkové pravděpodobnosti, určené jako součin pravděpodobností výskytu hrozby a možného

scénáře a dopadu, který by mohla hrozba způsobit. Určujeme tři kategorie pravděpodobností a to nízkou (NP), střední (SP) a vysokou (VP) pravděpodobnost. Hodnota rizika je pak určena dle následující předlohy:

Tabulka 17: Rozdělení tříd hodnoty rizika

(Zdroj: Vlastní zpracování dle Ripran.cz)

	Velký nepříznivý dopad na projekt	Střední nepříznivý dopad na projekt	Malý nepříznivý dopad na projekt
Vysoká pravděpodobnost	Vysoká hodnota rizika VHR	Vysoká hodnota rizika VHR	Střední hodnota rizika SHR
Střední pravděpodobnost	Vysoká hodnota rizika	Střední hodnota rizika SHR	Nízká hodnota rizika NHR
Nízká pravděpodobnost	Střední hodnota rizika SHR	Nízká hodnota rizika NHR	Nízká hodnota rizika NHR

RIPRAN pro návrh layoutu pracoviště nadměrných proudových transformátorů je uveden v následující tabulce (Tabulka 18).

Tabulka 18: RIPRAN
(Zdroj: Vlastní zpracování)

ID	Hrozba	Pravděpodobnost hrozby	Scénář	Pravděpodobnost scénáře	Výsledek pravděpodobnosti	Výsledek pravd. (kategorie)	Dopad=škoda (kategorie)	Hodnota rizika	Opatření
1.	Nezájem vedení společnosti	25%	Projekt nebude realizován	89%	23%	SP	VD	VHR	Více komunikovat se zainteresovanými stranami. Průběžná prezentace stavu DP společnosti.
2.	Nedokončení projektu v plánovaném termínu	40%	Ukončení projektu	60%	21%	SP	SD	SHR	Časová rezerva při prováděných činnostech v rámci harmonogramu.
			Neobhájená DP	99%	40%	SP	VD	VHR	
3.	Nevěrohodné či chybné zpracování analýz	75%	Nepřesné či zkreslené výstupy projektu.	95%	70%	VP	SD	VHR	Porady a konzultace s vedením, brainstorming, konzultace analýz se zainteresovanými stranami, pravidelné reporty.
4.	Negativní postoj pracovníků ke změnám	55%	Pracovníci nepodpoří naplnění cílů	50%	18%	NP	VD	SHR	Sjednat si schůzku s pracovníky, objasnit význam projektu, vysvětlit jednotlivé kroky, zjistit příčiny jejich neochoty, vybrat vhodný způsob motivace pracovníků za adaptaci ke změnám.
			Složitá komunikace s pracovníky	65%	21%	SP	SD	SHR	
5.	Překročení stanoveného finančního plánu	25%	Nedodržení fin. Plánu projektu	40%	15%	NP	SD	NHR	Stanovení nižší částky financování projektu pro možnost dodatečného navýšení. Pracovat s reálnými čísly.
6.	Navrhovaná opatření nepovedou k požadovaným výsledkům	60%	Nenaplnění cílů DP	90%	48%	SP	VD	VHR	Komunikace se všemi vedoucími pracovníky, Konzultace možných navrhovaných změn a případná úprava konečného řešení.
7.	Nízká kvalifikace zaměstnanců	50%	Ohrožení výstupu projektu	75%	25%	SP	VD	VHR	Průběžné školení pracovníků během roku.
8.	Technické problémy u dodavatelů materiálu	10%	Zpoždění zkušebního provozu projektu	70%	15%	NP	SD	NHR	Výběrové řízení pro alespoň dva potencionální dodavatele, ve smlouvě jasně stanovit postih a sankce pro dodavatele v případě nedodržení sjednaných podmínek.
9.	Ukončení spolupráce se společností	30%	Změna zadání DP	80%	25%	SP	VD	VHR	Pravidelné schůzky týkající se spolupráce.
			Neodevzdání DP	90%	23%	SP	VD	VHR	

3.5 Projektová část

V následujících kapitolách jsou popsány jednotlivé kroky, které byly odsouhlaseny projektovým týmem, jedná se o kroky, jejichž účelem je sestavení nového layoutu pracoviště pro nadměrné kusy přístrojových transformátorů.

Na základě domluvy s projektovým týmem byl vybrán vhodný prostor, pro vytvoření nového layoutu pracoviště. Ten je situován do míst, které prozatím nebyly nijak výrobně využívány, což nabízí širokou možnost úprav výrobních procesů a implementaci nových výrobních prvků. Nový prostor pro výrobu nadměrných přístrojových transformátorů byl vybrán i ze strategického hlediska, jelikož tato část výrobní haly slouží v současnosti k naskladnění již hotových kusů přístrojových transformátorů. Přesměrováním výroby se automaticky sníží transporty, které vedly z posledního výrobního pracoviště.

Podstatou navržení nového layoutu je zaměření se na zlepšení manipulace mezi pracovišti a eliminaci manipulačních úkonů, které byly vyhodnoceny jako rizikové. Velká část přístrojů, zařízení a pracovních pomůcek jsou v rámci nového layoutu zachovány, nicméně samotný postup výroby je upraven a modernizován.

Návrh nového pracoviště je koncipován tak, aby se jednotlivá výrobní zařízení a výrobní procesy k sobě co nejvíce přiblížili takovým způsobem, který by neomezoval operátory při pohybu po pracovišti a zároveň výrazně zlepšil ergonomii.

3.6 Prostory pro vytvoření nového layoutu pracoviště

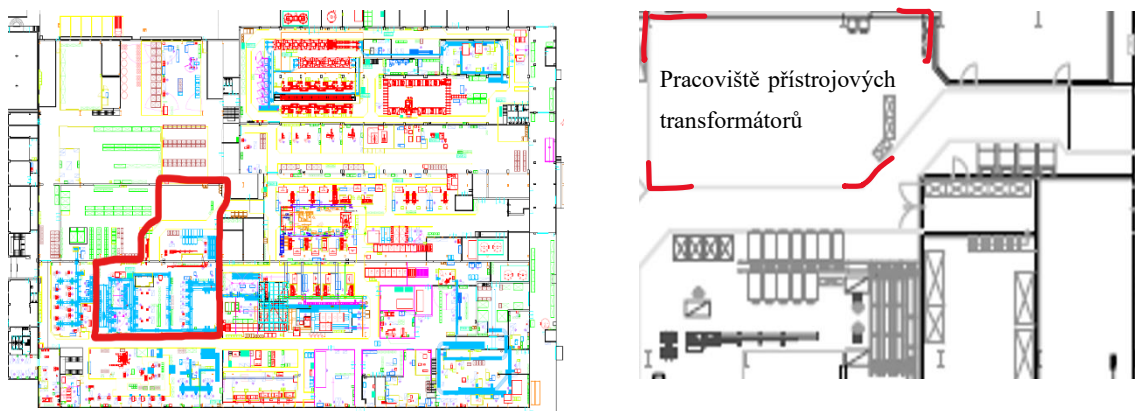
Linkové i mimo linkové kusy se v současnosti dle provedených analýz vyrábí na ploše 115 m² (tento prostor zahrnoval všech 8 v analytické části popsaných výrobních pracovišť pro nadměrné kusy přístrojových transformátorů).

Pro účely nového layoutu byl na základě konzultace s vedením společnosti vybrán prostor o dispozičním rozměru 55 m², který je vyobrazen zelenou barvou na obrázku (Obrázek 31).

Z výrobního hlediska nebylo ani možné výrobu na současném pracovišti procesně upravit tak, aby došlo ke zlepšení manipulací s nadměrnými kusy, a přitom by nebyla omezena

výroba linkových kusů. Proto jako vhodné řešení byla zvolena právě kompletní separace linkové a mimo linkové výroby.

Je zapotřebí také zmínit, že ze současného pracoviště nebude převzata žádná technika, přístroje ani pracovní stoly. Tato zařízení budou z velké části při realizaci pracoviště nově pořízena.



Obrázek 31: Výběr pracoviště pro nový layout
(Zdroj: Vlastní zpracování)

3.7 Volba nového zařízení

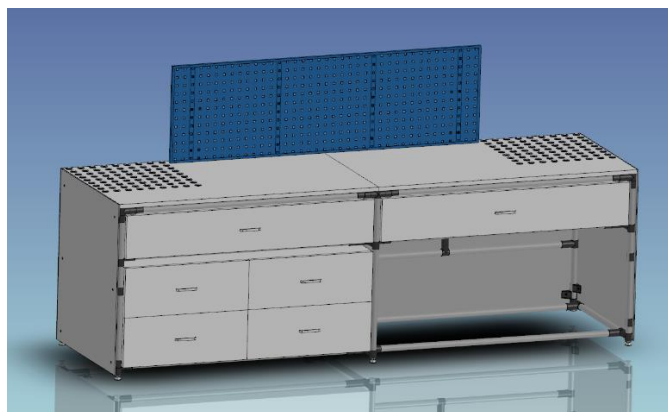
Na současném pracovišti bylo při ergonomickém auditu zjištěno několik možností ke zlepšení, které se týkají především úpravy pracovní plochy a pracovního místa. Zaměstnanci by měli mít při práci takové podmínky, aby mohli být plně soustředění především na výkonovou složku. Jakékoliv rozptýlení či problémy na pracovišti vedou ke snížení výkonnosti pracovníka, proto byly po konzultaci s procesním inženýrem společnosti vybrány nové typy zařízení, jenž naplní účely štíhlého pracoviště.

Nepostradatelnou složkou pracoviště je výběr vhodné pracovní plochy. Pracovní stůl by měl umožnit, aby mohla být nastavitelná výška pracovní plochy, tedy aby pracoviště plnilo určité požadavky na ergonomii.

Na jednotlivých pracovištích, jako je pracoviště formování, budou pracovní stoly upravené na míru pro usnadnění manipulace s těžkými břemeny. Stoly mají na svých okrajích

umístěny speciální kuličková ložiska, která umožní jednoduchou manipulaci při přesunu břemene z pracovní plochy na válečkový dopravník a naopak (válečkový dopravník je součástí nového layoutu pracoviště).

Za pomoci programu CAD byl tvořen pracovní stůl s upravenou pracovní plochou (Obrázek 32), který je možné nastavit na jakoukoli požadovanou výšku dle antropometrických parametrů operátora. Pracovní stůl disponuje délkou 2505 mm, hloubkou 725 mm a přednastavitelnou výškou od 700 do 1030 mm.



Obrázek 32: Pracovní stůl s kuličkovými ložisky
(Zdroj: Interní materiály společnosti)

Na pracovišti pájení primárních svorek a vyvazování, je účinnější a vhodnější práce operátorů v sedě, proto návrh nového layoutu zahrnuje i nová pracovní sedadla.

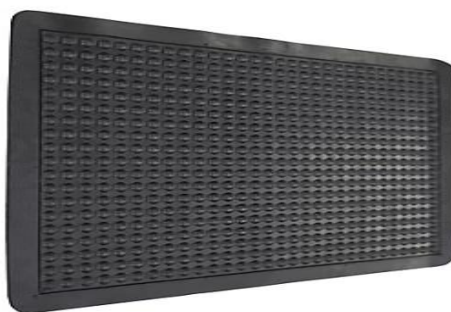
Na těchto pracovištích probíhá střídavá práce, protože si operátoři musí připravovat náradí, odbíhat na jiná pracoviště pro materiál či pro štítky k tiskárně. V takovémto případě by polohovatelná pracovní židle byla na pracovišti neefektivní. Z toho důvodu bylo jako alternativa k polohovací židli, zvoleno pracovní sedadlo s vysokým ergonomickým potenciálem.

Sedadlo má speciální balanční sedák, který umožňuje při sedění operátorovi zapojovat břišní svalstvo, a tak předcházet bolesti zad. Jedná se o sedadlo, které má nastavitelnou výšku 540-650 mm a šířku 350 mm. Na tomto sedadle lze nastavit samozřejmě i požadovaný sklon pro operátora.



Obrázek 33: Ergonomická pracovní židle
(Zdroj: B2BPARTNER, © 2022)

Jelikož se na většině pracovních míst pracuje ve stoje, je určitě záhodno zvážit podpěry nohou v podobě proti únavových podložek, které snižují zátěž při dlouhodobém stání a zároveň zvyšují proti skluzovost na hůře přilnavém povrchu. Tyto podložky mají rozměry 160 cm x 120 cm, přičemž v rámci nového layoutu by mohly být uplatněny na všech pracovištích.



Obrázek 34: Ergonomická podložka
(Zdroj: KAISEKRAFT, © 2022)

Při návrhu layoutu je potřeba myslet na každý detail, jedná se o velmi komplexní záležitost a v případě, že chceme, aby mohl být návrh realizovatelný, musí obsahovat co nejvíce prvků štíhlé výroby.

Jedna z věcí, která je velmi důležitá pro výrobu přístrojových transformátorů, je speciální nářadí. Na pracovištích se používají pracovní nože, štípací kleště, kladívka, kombinačky a různé sady klíčů či druhy šroubů a maticek. Všechny tyto typy nářadí musí mít jasné stanovené místo a prostor pro odložení. Jako vhodným řešením se nabízí využití vizuálního managementu v kombinaci s pracovní tabulí na nářadí s úložnými KLT boxy.



Obrázek 35: Tabule s KLT přepravkami
(Zdroj: PROFIGARAZ, © 2022)

Společně s implementací tabule s KLT boxy je možné zavést metodu výběru materiálu dle přednastaveného zahlášení barevného spektra v návaznosti na zadaný požadavek. Takovýto systém nese název „Pick to Light“. Tento systém umožňuje na pracovišti tzv. „bezpapírové vychystávání objednávky“. Samotná koncepce spočívá v takovém způsobu, kdy na základě požadavku z podnikového systému jsou rozsvíceny příslušné regálové pozice s materiálem. Tyto pozice je možné implementovat na jakýkoliv regálový systém či KLT přepravku. V rámci nového pracoviště by tento systém byl aplikovatelný na vychystání materiálu (především primárních kabelů či forem).



Obrázek 36: Systém Pick to Light
(Zdroj: ALVAT, © 2022)

Systém Pick to Light pro zvýšení efektivity je možné aplikován na KLT boxy, které se upevní na každé pracoviště k pracovní desce. Jednotlivé boxy mohou být navíc vizuálně upraveny tak, aby určitý typ materiálu byl rozdělen dle přiřazených barevných pozic.

V analýze současného stavu bylo také zjištěno, že nejvíce riziková manipulace probíhá při přenosu materiálu z vozíku na pracovní desku. Proto byl zvolen jako další návrh implementace ergonomického polohovatelného vozíku s odnímatelným válečkovým dopravníkem. Tyto vozíky jsou přímo navrženy pro přepravu těžkých břemen. Nosnost vozíků je až 500 kg a zdvih plochy vozíku je možný až do výšky 1 015 mm. Operátor bude moci na pracovní stůl či z pracovního stolu jednoduše přesunout břemeno pouze tahem, nikoliv zdvihem. Při nakládce či výkladce přisune vozík ke stolu/regálu, sklopí bezpečnostní klapku, což je pojistka, která zabraňuje, aby břemeno samovolně vypadlo z vozíku při převozu, a poté tahem přesune břemeno na kuličková ložiska, která jsou implementována v rámci návrhu na pracovní desce. Manipulace se tedy obejde bez jakýkoliv statických námah či rotací trupu.



Obrázek 37: Vozík s válečkovým dopravníkem
(Zdroj: HANSLIFTER, © 2022)

Další poměrně zásadní změna, kterou by měl nový layout pracoviště disponovat je implementace válečkového dopravníku. Na pracovišti bude využit motorický válečkový dopravník uzpůsobený pro přepravu těžkých břemen. Hlavním smyslem dopravníku je přeprava materiálu mezi pracovišti bez nutnosti zapojení pracovníka při transportu. Pracovník by pouze přesunul daný materiál z pracovní desky po kuličkových ložiscích na válečkový dopravník a poté převzal dané břemeno až na dalším stanovišti.



Obrázek 38: Válečkový dopravník
(Zdroj: EXPONDO, © 2022)

Posledním zásadním návrhem, který je důležitý pro zlepšení manipulace mezi pracovišti, je použití manipulačního jeřábu. Operátorovi pomocí manipulačního jeřábu je umožněno přemístit břemeno bez fyzické manipulace a umístit ho na požadované místo, a to z jakékoliv plochy či pozice.

Pro možnou realizaci byl vybrán manipulační jeřáb od švédské firmy Binar handling. Jedná se o velmi sofistikované zařízení, které je vyráběno v několika verzích. Manipulační jeřáb může být závěsný (upevnění na stropní části haly), připevněný na stěně nebo zabudovaný do podlahy.

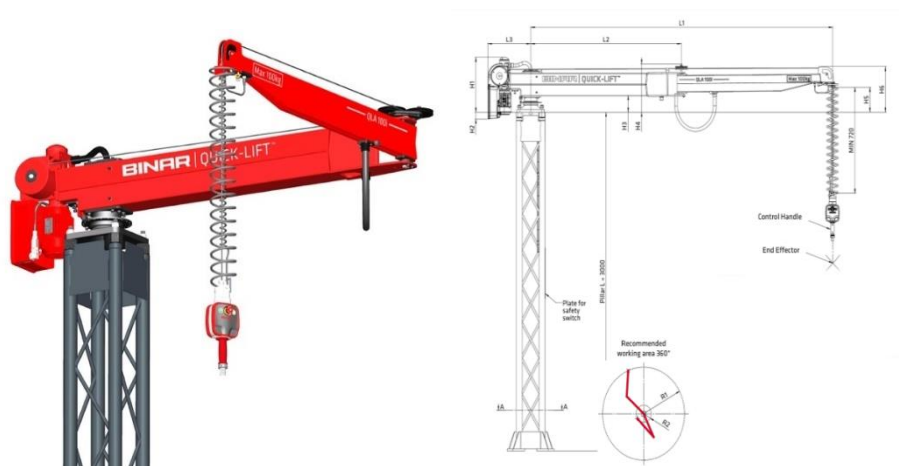
Pro účely nového layoutu pracoviště byl vybrán manipulační jeřáb Quick-lift Arm, který je možné zabudovat přímo do podlahy. Díky možnosti otočné klouby může manipulační jeřáb pracovat v rádiusu až 5000 mm, což v rámci nového layoutu zabezpečí manipulaci na všech pracovištích. V následující tabulce jsou uvedena technická specifika jeřábu.

Tabulka 19: Technické parametry manipulačního jeřábu

(Zdroj: Vlastní zpracování dle interních materiálů společnosti BINARHANDLING)

Technické data Quick lift arm QLA 100 i	Parametry
Nosnost	MAX 100 kg
Pracovní plocha	5000 mm
Výška zdvihu	2,7m
Zdroj napájení	230V, 50-60 Hz
Sklopné rameno	5000 mm
Úhel otočení	360°

Díky vynikající citlivosti zařízení je možné velmi jednoduše pohybovat s ramenem a přemísťovat ho dle potřeby po pracovišti bez ohledu na hmotnost zavěšeného materiálu. Na následujícím obrázku je vyobrazen zvolený typ manipulačního jeřábu.



původního layoutu je navrženo několik změn, které se promítnou do návrhu. Primární změnou, jak již bylo zmíněno je přemístění výroby do nového prostoru v rámci sdílené haly. Návrh na přesunutí výroby byl průběžně konzultován s procesním inženýrem společnosti ABB, přičemž v průběhu zpracování diplomové práce již započala realizace nového pracoviště, což následně diplomantovy pomohlo vytvořit více realistický návrh layoutu.

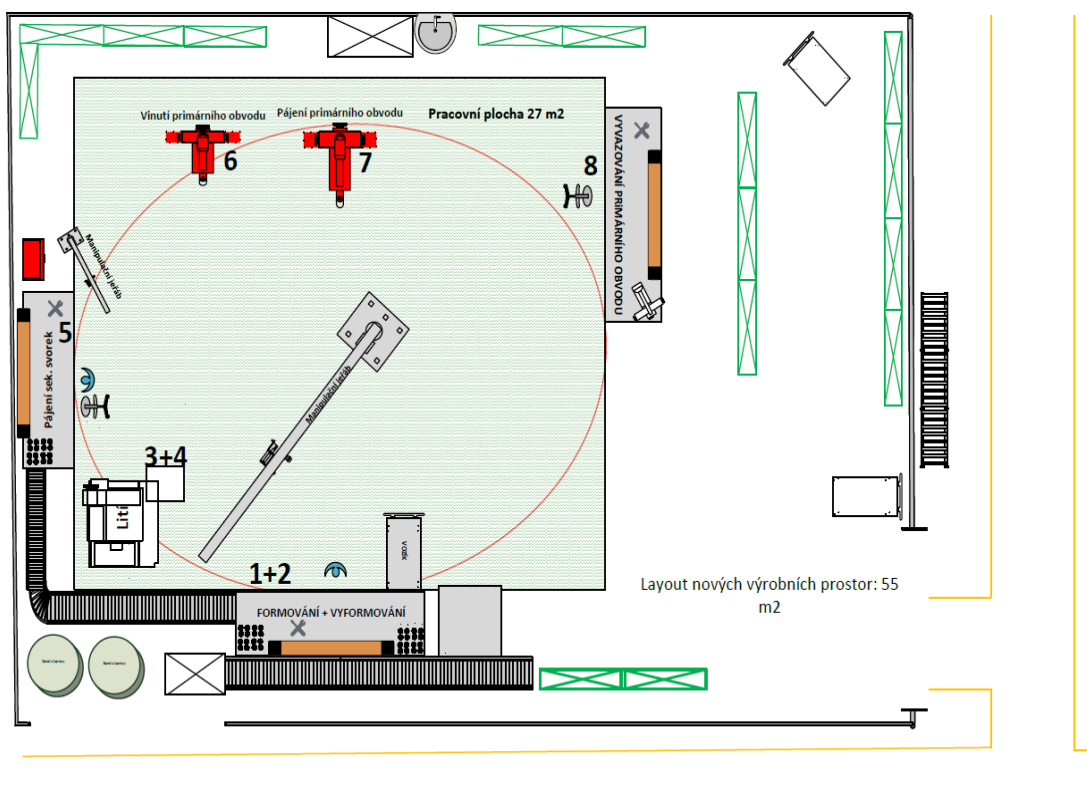
V současném analyzovaném stavu byla pracoviště uspořádána technologicky, což znamená, že na každém pracovišti probíhala jiná výrobní operace. V novém layoutu toto uspořádání zůstane zachováno, nicméně nabízí se možnost některá pracoviště sjednotit v jeden celek, což je provedeno v rámci pracoviště formování a vyformování, která budou fungovat jako jedno stanoviště kombinovaně.

Jako hlavní podpora manipulace s těžkými břemeny bylo zvoleno řešení v podobě manipulačního jeřábu. Pozice manipulačního jeřábu je v rámci layoutu umístěna doprostřed pracoviště, přičemž při takovémto rozmístění bude možné otočné rameno jeřábu přemístit na kterékoliv pracoviště do okruhu 5 m. Tento okruh dosahu jeřábu je znázorněn na layoutu červenou barvou.

Potřebné nářadí, zařízení i stroje budou muset být, jak již bylo zmíněno, při realizaci pracoviště zakoupeny či převzaty z jiných výrobních úseků. Výrobní technologie na novém pracovišti zůstanou zachovány, jedinou změnou, která bude muset být provedena je výběr nového stroje pro odsávání výparů na pracoviště pájení primárních a sekundárních svorek. Vzhledem k tomu, že na vybraném pracovišti není možné zavést potrubní přívod na případné odsávání výparů (respektive tato investice by byla pro společnost nerentabilní), bylo rozhodnuto o implementaci přenosného zařízení, které by splňovalo veškeré podmínky BOZP.

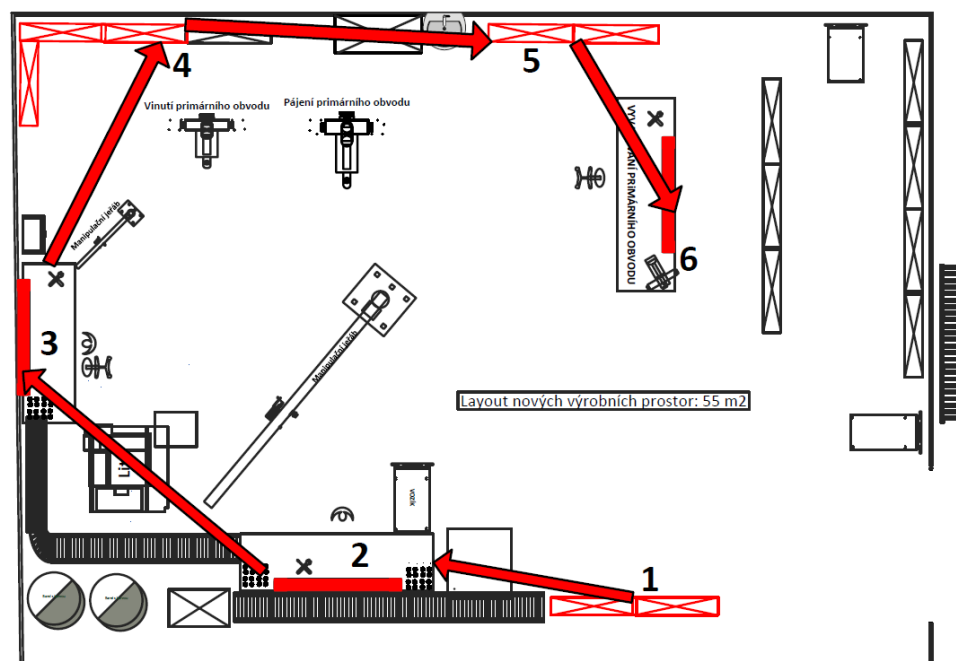
Podoba nového layoutu pracoviště je uvedena na obrázku (Obrázek 40). Jedná se o zásadní změnu jak v rozmístění pracovišť, tak v uspořádání skladových prostor. Na rozdíl od předchozího layoutu pracoviště se díky nově vybrané výrobní ploše podařilo přímo „napěchovat“ 8 pracovišť do poměrně malých prostor, a přitom zachovat dostatečné místo pro práci a pohyb operátorů.

Nový druh pracovního stolu s nově implementovanými kuličkovými ložisky, umožní zaměstnancům jednoduše přesouvat břemena po pracovní desce bez nutnosti zdvihu či použití větší statické síly a nové typy manipulačních vozíků umožňují také značně redukovat manipulaci, díky válečkovému dopravníku, kterými vozíky disponují.



Obrázek 40: Návrh layoutu pracoviště - Varianta 1
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Při původním layoutu výrobek cestoval pro pracovišti cyklicky s velmi dlouhými trasy, kdežto v návrhu nového layoutu výroba na sebe přímo navazuje, a to kvůli uspořádání pracoviště do tvaru U, díky čemuž je zajištěn plynulý výrobní tok, který bude nově podpořen systémem vychystávání materiálu Pick to Light. Na následujícím obrázku (Obrázek 41) je zobrazen průběh vychystávání materiálu po jednotlivých pracovištích využívající systém Pick to Light. Tento systém je možné využít až na 6 stanovištích, které jsou umístěny v blízkosti jednotlivých pracovišť.



Obrázek 41: Vychystávání materiálu (Pick to Light)
(Zdroj: Vlastní zpracování)

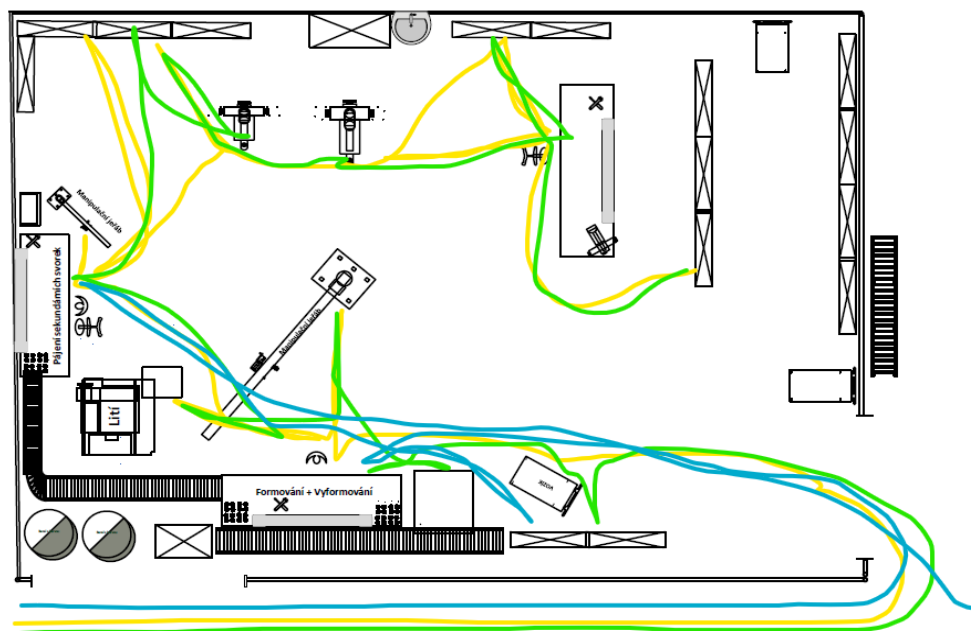
3.8.1 Popis nového postupu výroby

Se změnou pracoviště je spjata také úprava výrobního procesu. V následujících odstavcích je popsán postup výroby těžkých přístrojových transformátorů v rámci nového layoutu pracoviště. Nový procesní tok je následující. Pracovník přijede s manipulačním vozíkem k pracovišti (1) formování, kde za pomoci válečkového dopravníku přesune břemeno na kuličková ložiska umístěná na pracovní desce, naformuje jádra a za pomoci manipulačního jeřábu je přesune na pracoviště lití (3+4). Po zalití a vytuhnutí PUR hmoty využije opět manipulační jeřáb a přesune formu s jádrem zpět na pracovní desku na pracoviště vyformování (2).

Po vyformování přesune operátor jádra bez jakékoliv statické námahy po kuličkových ložiscích na motorizovaný dopravník, který přepraví materiál do pracoviště (5) pájení sekundárních svorek. Zde můžou probíhat práce paralelně, pracovník může pokračovat ve formování dalších kusů a druhý pracovník může provádět pájení. Aby pracovníci na sebe

nemuseli čekat při využití manipulačního jeřábu, bude k pracovišti pájení primárních svorek umístěn navíc manipulační balancér. Na pracovištích vinutí primárního kabelu (6) pájení primárních svorek (7) a vyvazování (8) bude probíhat klasický výrobní proces jako na původním layoutu, rozdíl bude zaznamenán v eliminaci manipulace s břemeny s hmotností nad 2 kg, které budou přenášeny vždy za pomoci manipulačního jeřábu. Po vyvázání jader operátor přemístí jádra na manipulační vozík a převezve je do přistavěných regálových soustav.

Celý materiálový tok nového layoutu pracoviště je znázorněn za pomoci špagetového diagramu. Na obrázku (Obrázek 42) jsou zaznamenány přesuny třech analyzovaných reprezentantu proudových transformátorů typu KOKS (modrá barva), TPO (zelená barva) a TPU (žlutá barva).



Obrázek 42: Materiálový tok nového pracoviště
(Zdroj: Vlastní zpracování)

3.8.2 Výhody nového layoutu pracoviště

Díky zvýšení automatizace a zavedení moderních prvků na pracovišti přináší nový výrobní layout několik výhod. Mezi tyto výhody patří:

- 1) **Zjednodušení materiálové toku** – Jak je možné vidět ze špagetového diagramu. Tok materiálu mezi jednotlivými pracovišti se výrazně zjednodušil. Nové uspořádání pracoviště zajistilo smysluplnější uspořádání, které umožňuje redukovat transportní úseky;
- 2) **Zlepšení manipulace s materiálem mezi pracovišti** – Díky vyšší automatizaci a zavedením moderních prvků na pracovišti, představující zejména nové montážní stoly, manipulační vozíky a manipulační jeřáb se vylepší ergonomie a zvýší podpora pro manipulaci s těžkými břemeny;
- 3) **Přehlednější vychystávání materiálu** – Na celém pracovišti je možné zavést systému Pick to Light pro vychystávání materiálu. Celý proces vychystávání materiálu se díky tomuto systému zrychlí a také se sníží riziko výskytu chyb při vychystávání materiálu způsobené lidským faktorem;
- 4) **Dodržování BOZP na všech pracovištích** – Na základě zavedení jednotlivých prvků pro zlepšení manipulace mezi pracovišti budou zcela eliminovány činnosti, kde docházelo k porušování BOZP, zejména při manipulaci.

3.8.3 Činnosti spojené s přesunem výroby nadměrných transformátorů

Návrh nového layoutu byl vedením společnosti schválen, a proto již v průběhu zpracování diplomové práce proběhly kroky k realizaci tohoto projektu. Samotné přemístění části výroby vyžadovalo vykonání mnoho složitých procesů, přičemž při realizaci nebylo zapotřebí přerušovat výrobu či vytvářet speciální plány na přesun výroby, jelikož do původního pracoviště se nijak nezasahovalo. Nevýhodou tohoto řešení je, že většina výrobních zařízení, speciálního nářadí, elektroinstalace, odsávání apod. muselo být zakoupeno či v případě možnosti přesunuto z jiného pracoviště, což má za důsledek vyšší počáteční investici. Jednotlivé kroky potřebné k implementaci nového layoutu byly sepsány v následujících bodech:

- přesun a nákup montážních stolů (elektroinstalace, integrované osvětlení);
- nákup motorizovaného dopravníku (elektroinstalace);
- přesunutí stojanů a svěráku;

- nákup odsávacích zařízení;
- nákup manipulačního jeřábu/balanceru;
- přesunutí regálových soustav;
- zavedení a nákup systému Pick to Light (nákup softwarových doplňků);
- přesunutí a nákup pájecích soustav (elektroinstalace, integrované osvětlení);
- nákup nových manipulačních vozíků, speciálního nářadí a dalšího přidruženého zařízení;
- proškolení zaměstnanců na všechny nové výrobní prvky.

3.9 Návrh layoutu pracoviště - Varianta 2

Do budoucnosti by se společnost mohla zaměřit na větší automatizaci výrobních procesů. Za pomoci navýšení automatizace by bylo možné snižovat průběžnou dobu výroby, manipulační úkony, transporty mezi jednotlivými pracovišti i počet pracovníků na pracovišti. Tento návrh bude sloužit jako možná inspirace pro společnost do budoucnosti.

Pro tento návrh jsou opět zvoleny volné prostory haly, které byly využity pro první variantu layoutu. Stejně jako tomu bylo u první varianty, jsou zde využity všechny zařízení a stroje, které se již promítly do prvního návrhu. Oproti předešlé variantě jsou do tohoto návrhu umístěny navíc nové automatizační prvky.

Mezi tyto prvky patří zavedení automatizovaného Lití PUR hmoty, které by umožňovalo strojové zalití forem bez nutnosti zásahu operátora. Celý systém by pracoval na principu, kdy při poslání rozpracovaného transformátoru po motorizovaném dopravníku (z pracoviště formování) sepne čidlo a dle kódu určí typ výrobku. Na základě této identifikace systém MES automaticky rozešle povel pro lící stroj, který díky typu kódu rozpozná, na jakou hodnotu a jakým způsobem by měla být forma zalita. Po zalití stroj začne samostatně odpočítávat procesní čas nutný pro vytvrnutí PUR hmoty.

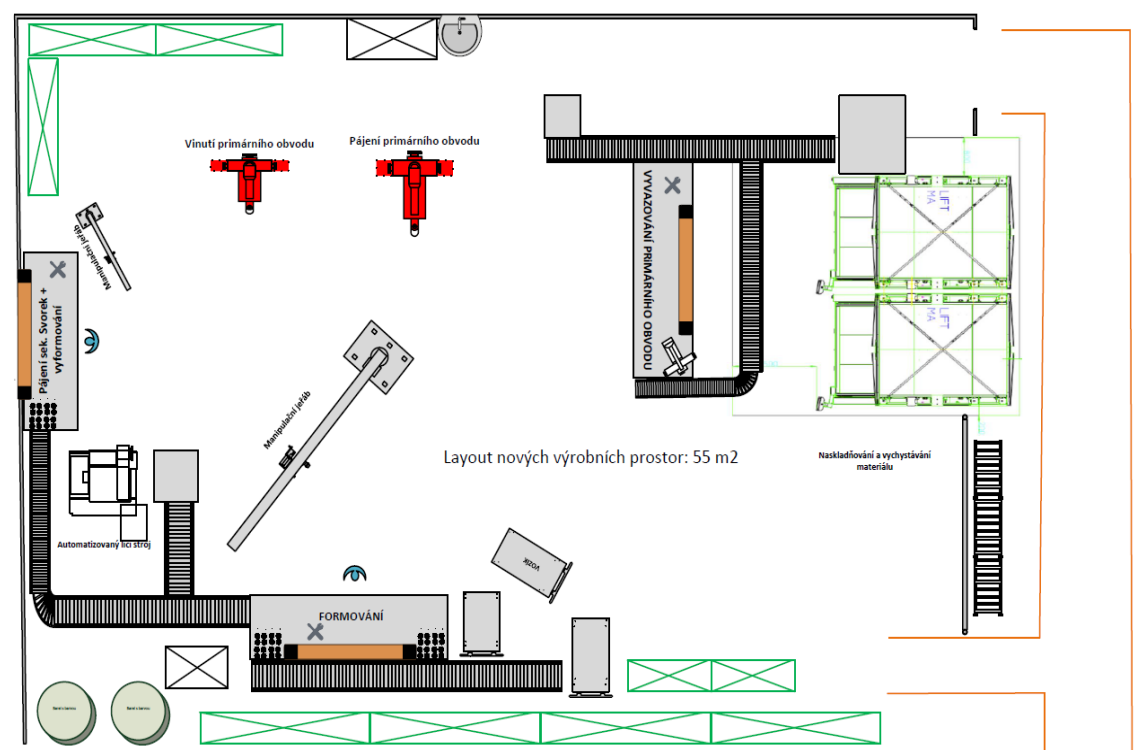
Druhou zásadní změnou je realizace automatizovaného skladového systému umožňující naskladňování a vyskladňování veškerého pomocného materiálu, včetně všech zkompletovaných kusů proudových transformátorů. Operátoři by mohli naskladňovat

a vyskladňovat materiál i na dálku, díky napojení válečkového dopravníku na samotný skladový systém.

Pro toto pracoviště byl vybrán z důvodu menšího dispozičního prostoru vertikální zakladač, který je vhodný pro skladování materiálu malých i velkých rozměrů. Díky vertikálnímu dispozičnímu rozmístění je možné materiál skladovat na minimální ploše, což umožňuje dosáhnout vysoké úrovně produktivity a flexibility.

Na vertikální zakladač v rámci této varianty byl vytvořen návrh na propojení skladového systému právě s motorizovaným válečkovým dopravníkem, který by mohl být z důvodu ušetření prostoru vestavěn do stropní části haly. Přičemž dopravník by byl propojen s ostatními pracovišti, což by umožnilo úplnou eliminaci transportů s manipulačním vozíkem.

Na následujícím obrázku (Obrázek 43) je zakresleno druhé možné řešení layoutu pracoviště.



Obrázek 43: Návrh layoutu pracoviště - Varianta 2
(Zdroj: Vlastní zpracování)

3.10 Přínos návrhu řešení

Pro porovnání situace původní varianty s variantou nového layoutu pracoviště byla zvolena procesní analýza. Vzhledem k tomu, že jako reprezentant byl vybrán typ transformátoru TPU, byly analyzovány pouze činnosti zahrnující výrobu tohoto typu. Výstupy z procesní analýzy jsou shrnuty v tabulce (Tabulka 20).

Tabulka 20: Procesní analýza před změnou
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Činnost	Doba trvání(min)	Symbol
Operace	57	
čekání	30	
skladování		
transport	13,3	
kontrola	3,40	
Celkem	103	

Celkový čas na výrobu jednoho kusu vybraného reprezentanta představuje 103 min/ks. Přičemž do tohoto výrobního času jsou započítány činnosti jako čekání na tvrdnutí hmoty, transporty s materiálem či kontroly funkčních částí proudových transformátorů.

Do nového návrhu layoutu pro zlepšení manipulace mezi pracovišti napomůže operátorům implementace manipulačního vozíku, částečná automatizace pracoviště díky implementací motorizovaného dopravníku a manipulačního jeřábu. Právě v případě manipulace s jeřábem nastane navýšení výrobních časů. K těmto operacím tedy musí být stanovena časová přírážka, která ovlivní celkový výrobní čas na výrobu 1 ks nadměrného proudového transformátoru. Na základě analyzovaných pracovních činností a po konzultaci s vedením společnosti byla stanovena časová přírážka 12 % k manipulačním úkonům. Tato přírážka zahrnuje odhadovaný manipulační čas, který je nutné navýšit v případě využívání manipulačního jeřábu u rizikové manipulace stanovené v analýze rizik (v procesní analýze

je manipulace sloučena s přesuny materiálu a spadá pod činnost „transport“). Je potřeba také zmínit, že časová přírážka byla vypočítána bez zahrnutí procesního čekání, které představuje u výroby časovou složku 30 minut.

Při uvažovaném návrhu bylo možné díky nově uspořádanému pracovišti výrazně snížit přesuny. Z původních 141,9m se díky nově vytvořenému návrhu pracoviště ve tvaru U, podařilo snížit transporty na 75 m, což představuje redukování transportů o 62 m.

Přirážka k manipulačním úkonům představuje navýšení výrobního času o téměř 9 min. Naopak u transportů s vozíkem se podařilo dle nově naměřených hodnot transportní časy redukovat.

V následující tabulce (Tabulka 21) je uvedena časová a procentuální náročnost manipulace a transportů před změnou a po změně

Tabulka 21: Porovnání časů výrobního procesu
(Zdroj: Vlastní zpracování)

	Původní výrobní čas	Původní % zastoupení	Nový výrobní čas	Nové % zastoupení
Manipulace	3,3 min	5%	12,2 min	17%
Transport	10 min	14%	8,5 min	12%
Celkem	13,3 min	19%	18,5min	29%

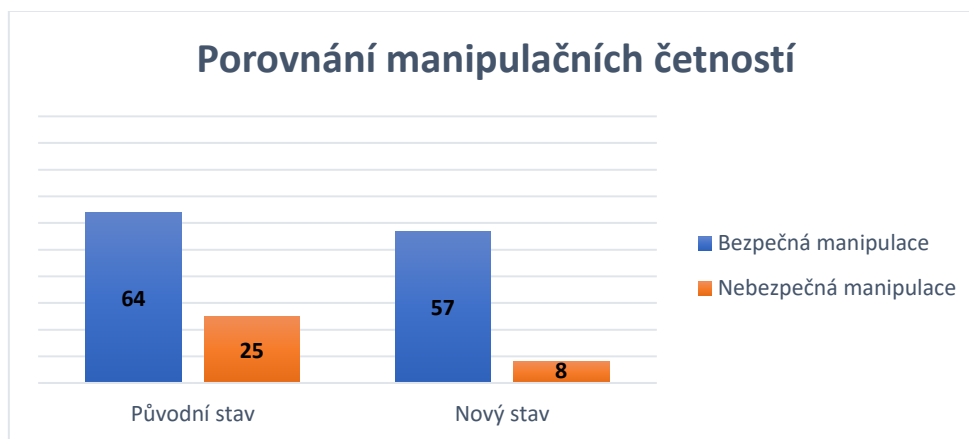
Výrobní čas v rámci nového výrobního procesu se na základě propočtů nezvýší o více než **10 %**, což znamená se podařilo naplnit projektový cíl.

Souhrn údajů po změně výrobního procesu jsou vyjádřeny pomocí procesní analýzy v tabulce (Tabulka 22).

Tabulka 22: Procesní analýza po změně
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Činnost	Doba trvání(min)	Symbol
Operace	57	○
čekání	30	⌋
skladování		△
transport	18,5	→
kontrola	3,40	□
Celkem	108	

Na následujícím grafu je porovnána četnost zaznamenaných manipulačních úkonů původního a nového stavu. Tato četnost byla spočítána dle propočtených manipulačních úkonů v analýze rizik. Díky zavedeným novým prvkům byla četnost manipulace, kterou musel provádět operátor bez pomocných prvků či zařízení, razantně redukována. V rámci původního a nového stavu byla analyzována manipulace s předměty do hmotnosti 2 kg (bezpečná manipulace) a s břemeny o hmotností nad 2 kg (nebezpečná manipulace). Na následujícím grafu je vyobrazeno porovnání původního a nového stavu.



Graf 10: Porovnání manipulačních četností
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Dle porovnání četností manipulačních úkonů původního a nového pracoviště se manipulace díky zavedeným prvkům eliminovala o 27 %. Na takto razantním snížení četnosti manipulace má hlavní podíl implementace manipulačního jeřábu.

3.11 Ekonomické zhodnocení návrhů

Návrhy v této diplomové práci je možné rozdělit do dvou variant. První varianta nového layoutu pracoviště je pro podnik investičně přijatelná. Druhá varianta je nákladově velmi náročná a jedná se spíše o nastínění možné podoby pracoviště do budoucnosti.

První navrhovaná varianta layoutu se týká přemístění výroby nadměrných proudových transformátorů a změny prostorového rozložení výrobních pracovišť. Společně s těmito faktory byly na základě analýzy výrobního procesu do návrhu zahrnuty prvky, které v rámci nového layoutu zlepšují manipulační procesy.

Náklady na návrh layoutu varianty 1 se vyšplhaly na **725 000 Kč**. Jednotlivé nákladové položky jsou uvedeny v následující tabulce (Tabulka 23).

Tabulka 23: Ekonomické zhodnocení varianta 1
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Nákladová položka	Hodnota (Kč)
3x pracovní stůl na míru	120 000
Nářadí, stojany, balancér, výr. Zařízení, man. jeřáb	180 000
6x manipulační vozík na míru	135 000
Materiál na rozvody (elektroinstalce), osvětlení, odsávání	110 000
Motorizovaný manipulační dopravník	95 000
Softwarové doplňky pro systém MES	85 000
Suma	725 000

V případě návrhu nového layoutu na zlepšení manipulace může podnik nákladově ušetřit díky eliminaci výroby zmetků. Na základě této skutečnosti byla provedena hypotéza návratnosti investice. Za pomoci analýz bylo zjištěno, že za rok 2021 bylo s největší pravděpodobností vytvořeno 22 zmetků způsobených nevhodnou manipulací na pracovišti. Dle jednotlivých kusů se cena transformátoru pohybovala mezi 16-22 tis Kč, přičemž cena za 1 vyrobený zmetek byla pro potřeby práce z průměrována na 20 000 Kč. Při návratnosti

investice se budeme předpokládat, že zmetkovitost způsobená nevhodnými manipulačními úkony se podaří do nového návrhu layoutu zcela eliminovat.

K návratnosti investice muselo být navíc připočteno zvýšení mzdových nákladů z důvodu navýšení výrobního času, které vynásobíme hodinovým tarifem pracovníka, jenž dle interních materiálů společnosti činí 409,87 Kč/h. Za kalendářní rok 2021 bylo vyrobeno cca 2077 kusů nadměrných transformátorů, při výpočtu je na všechny kusy zahrnut stejný časový fond, který diplomant vypočítal u zvoleného reprezentanta.

Pro lepší přehlednost byla vypracována tabulka (Tabulka 24) určující zvýšení mzdových nákladů přepočtené na měsíce.

Tabulka 24: Zvýšení mzdových nákladů přepočtené na kusy
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Měsíc	Počet kusů	Cena
1	14	5 912 Kč
4	58	23 647 Kč
8	115	47 294 Kč
12	173	70 942 Kč
16	231	94 589 Kč
20	288	118 236 Kč
24	346	141 883 Kč

V následující tabulce (Tabulka 25) byl proveden výpočet návratnosti investice ve kterém se do jednotlivých měsíců připočítává navýšení mzdových nákladů, což zapříčiní prodloužení návratnosti.

Tabulka 25: Hypotéza návratnosti investice
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Návratnost investice v měsících	Snížení zmetků v ks dle měsíců	Měsíční úspora
4	7,33	147 000 Kč
8	14,67	293 000 Kč
12	22	440 000 Kč
16	29,33	586 000 Kč
20	36,67	733 000 Kč
24	44	880 000 Kč

Z hypotézy se ukázalo, že návratnost investice by měla být přibližně za 24 měsíců. Měsíční úspora je založena na takové kalkulaci, která počítá s omezením NOK kusů při výrobě. K této kalkulaci by se mohli přiřadit ještě úspory v rámci omezení plýtvání, které bylo způsobeno například dlouhým materiálovým tokem. Nicméně takováto úspora již musí být založena na podložených datech, které během zpracování diplomové práce neměl diplomant k dispozici.

U druhé varianty návrhu layoutu pracoviště by se v případě jeho realizace náklady vyšplhaly do řad milionů. S variantou 2 jsou spojeny kromě nákupu automatizovaného skladového systému a speciálního motorizovaného dopravníku i stavební náklady. Jednotlivé ceny u této varianty byly stanoveny pouze odhadem. V následující tabulce (Tabulka 26) je uvedeno ekonomické zhodnocení druhé varianty.

Tabulka 26: Hypotéza návratnosti investice
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Nákladové položky	Hodnota (Kč)
Pořízení kardexu (včetně dopravy a instalace)	1 915 000
Stavební přípravy	350 000
Instalace nového softwaru	90 000
Pořízení motorizovaného dopravníku	350 000
Elektroinstalace, odsávání	95 000
Suma	2 800 000

Celková nákladová částka v případě realizace druhé varianty návrhu layoutu pracoviště by se mohla vyšplhat na cca 2 800 000 Kč. Tato částka by mohla být samozřejmě navýšena o další stavební či technické úpravy, které diplomant do kalkulace nezahrnul.

3.12 Limity práce

Při realizaci práce, získávání a zpracování dat byly autorem shledaná určitá fakta, které je možné považovat za limity a práci mohly určitý způsobem ovlivnit.

Velmi důležitý faktor, který může být vnímán jako limit ovlivňující kvalitu práce je fakt, že autor se v rámci celého výrobního procesu musel zaměřit pouze na tři reprezentanty, a nikoliv na celou výrobní škálu produktů, což neumožnilo navrhnout či porovnat nové normy práce. Společnosti tedy některá naměřená data slouží pouze jako ukázkový artikl

pro další možné analýzy, přičemž celá práce se i v rámci uskutečněných návrhů zobecnila na jeden konkrétní druh výrobku.

Mezi limity práce může být zahrnuto i specifické zaměření práce na zlepšení ergonomického stavu pracoviště, což autorovi neumožňovalo se zabývat tematikou výrobního procesu z pohledu zlepšování produktivity či navýšením výrobní kapacity, jelikož to z podstaty projektu nekorespondovalo s potřebami ani cíli společnosti.

Jako další limitující faktor je vnímám i fakt, že data byla získávána pomocí videozáznamu, který musel vždy autor pořizovat na pracovišti. Fyzická přítomnost autora na pracovišti mohla způsobit zkreslující výstupy z důvodu rozdílné aktivity jednotlivých pracovníků, proto bylo provedeno vícero měření, kdy časové i transportní úseky byly zprůměrovány.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo na základě analýzy stávajícího procesu výroby funkčních částí proudových transformátorů, navrhnout layout pracoviště za účelem zlepšení manipulace s materiálem mezi pracovišti.

V první části práce jsou popsány teoretické přístupy k filozofii štíhlého podniku a prostorového uspořádání výroby.

V analytické části práce je představena společnost, výrobní program a výrobní proces proudových transformátorů. Dále je proveden ergonomický audit a analýza pracovních činností, na základě, které byl zpracován procesní diagram vyjadřující přidanou hodnotu výrobku pro zákazníka. Celá analytická část práce je zaměřená na tři výrobní reprezentanty, s kterými se dále pracovalo při návrhu nového layoutu pracoviště. V poslední návrhové části byly zpracovány dva návrhy layoutu pro podporu manipulace mezi pracovišti

U navrhované varianty č. 1 bylo na základě domluvy s vedením společnosti rozhodnuto o přemístění současné výroby nadměrných přístrojových transformátorů do nových prostor výrobní haly, přičemž tento návrh byl v průběhu zpracování diplomové práce společností zároveň realizován, což napomohlo diplomantovi k realistější podobě návrhu. Součástí návrhů je zlepšení manipulačních procesů, které v rámci původního layoutu vykazovaly značné nedostatky. Na základě stanovených četností se podařilo oproti původní variantě layoutu snížit četnost manipulací o 27 % a zároveň snížit transporty mezi pracovišti. U varianty č. 1 byla stanovena kalkulace nákladů na 725 000 Kč, přičemž návratnost této investice, která byla vypočítána na základě hypotézy snížení zmetkovitosti, by měla trvat přibližně 24 měsíců.

Druhá varianta layoutu se zaměřila na maximální využití automatizačních prvků na úkor vyšší pořizovací ceny. Pro zlepšení manipulace mezi pracovišti je ve druhé variantě navrženo zavedení motorizovaného dopravníku, který disponuje možností propojení s moderním skladovým systémem pro zjednodušení naskladňování a vyskladňování materiálu. U této varianty byla stanovena kalkulace nákladů na 2 800 000 Kč.

U obou navrhovaných variant se předpokládá s přesunutím výroby nadměrných transformátorů do nově připravených prostor včetně implementace nových zařízení v podobě manipulačního jeřábu, pracovního stolu s kuličkovými ložisky či motorizovaného dopravníku. Jako nejvíce vhodná varianta pro realizaci je varianta č. 1 a to především kvůli nižší pořizovací ceně a rychlejší investiční návratnosti.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matuš VARJAN. *Logistické řízení podniku v 21. století*. Brno: CERM, 2014. ISBN 9788072048243.

CABADA, Ladislav a Tereza ZÍKOVÁ. *Projektové řízení ve veřejném sektoru*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2007. ISBN 978-80-7380-068-0.

DVOŘÁKOVÁ, Zuzana, 2007. *Management lidských zdrojů*. 1. vyd. Praha: C.H. Beck, 485 s. ISBN 978-80-7179-839-4.

FIALA, A. Projektové řízení – fáze definování. In *Sborník z konference České společnosti pro jakost*. Praha: 2004. s. 103-109. ISBN: 80-02-01673–4.

GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. *Ergonomie: optimalizace lidské činnosti*. Praha: Grada, 2002. ISBN 8024702266.

HALES, H.L. a ANDERSEN, B. *Planning manufacturing cells*. Society of Manufacturing Engineers, 2002. ISBN: 9780872635494

HIREGOUDAR, Ch. a REDDY, B. Raghavendra. (2007). *Facility Planning & Layout Design* Shaniwar Peth: Technical Publications Pune, 2007. ISBN 81-8431-291-1.

HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 9788021428713.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.

CHVALOVSKÝ, Václav. *Řízení projektů, aneb, Překážkový běh na dlouhou trať*. Praha: ASPI, 2005. Lidské zdroje. ISBN 80-7357-085-8.

JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.

JUROVÁ, Marie. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Brno: BizBooks, 2013. ISBN 978-80-265-0059-9.

KAVAN, Michal. *Výrobní a provozní management*. Praha: Grada, 2002. Expert (Grada). ISBN 80-247-0199-5.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.

KOŠTURIÁK, Ján. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Brno: Computer Press, 2010. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 978-80-251-2349-2.

NĚMEC, Vladimír. *Projektový management*. Praha: Grada, 2002. ISBN 9788024703923.

ŘEPA, V. (2007). *Podnikové procesy, procesní řízení a modelování*. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-2252-8.

SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.

SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. 5., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3494-1.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. Grada. ISBN 978-80-247-4486-5.

TUČEK, David a Roman BOBÁK. *Výrobní systémy*. Vyd. 2., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-381-1.

VOCHOZKA, Marek a Petr MULAČ. *Podniková ekonomika*. Praha: Grada, 2012. Finanční řízení. ISBN 9788024743721.

Vyhláška č.365/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci ze dne 28.12.2007

VYTLAČIL, Milan a Ivan MAŠÍN. *Týmová společnost: podnik v globálním prostředí*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1998. ISBN 80-902235-2-4

Použité internetové zdroje

Ergonomické hodnocení pracovního místa. *bozpinfo.cz* [online]. 2004 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/ergonomicke-hodnoceni-pracovniho-mista>

Ergonomie pracovního místa. *zsbozp.vubp.cz* [online]. 2016 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/ergonomie/337-ergonomie-pracovniho-mista>

Interní materiály a webové stránky společnosti

Manipulator arms. *binarhandling.com* [online]. © 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.binarhandling.com/en/products/manipulator-arms/>

PAVELKA, Marcel, 2011. Časové studie – nástroj průmyslového inženýrství. API – Akademie produktivity a inovací [online]. © 2011 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>

Pick to light. *alvat.cz* [online]. © 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <http://alvat.cz/nase-produkty/>

Pracovní židle. *b2bpartner.cz* [online]. © 2022 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://www.b2bpartner.cz/pracovni-stolicka-pur-s-kluzaky-vysoka-s-opernym-kruhem/>

Protiúnarová rohožka. *Kaiserkraft.cz* [online]. © 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://1url.cz/sruLI>

Stěny na nářadí a uspořádání. *profigaraz.cz* [online]. © 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://1url.cz/Nrr9b>

Válečková dráha. *Expondo.cz* [online] © 2022. [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://1url.cz/err99>

Válečkové zvedací stoly SPR. *hanselifter.cz* [online]. © 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://hanselifter.cz/produkt/valeckovy-zvedaci-stul-spr/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
NOK	Není v pořádku
SMART	Specific, measurable, achievable, relevant, time- bounded
CRAFT	Cooperativve research action for technology
dB	Decibel (Logaritmické vyjádření poměru dvou intenzit zvuku)
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
PTP	přístrojové transformátory proudu
PTN	přístrojové transformátory napětí
MES	Manufacturing Execution Systém
PUR	polyuretan
PES	polyesterová vlákna
ČSN	česká technická norma
Sb.	Sbírka zákonů
KLT	Kleinlandugsträger – bedna pro malé součásti
↑	Činnosti přidávající hodnotu výrobku
→	Činnosti nutné pro kompletaci výrobku
↓	Plýtvání

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Technologické uspořádání	19
Obrázek 2: Předmětné uspořádání	20
Obrázek 3: Buňkové uspořádání.....	21
Obrázek 4: Štíhlá logistika.....	26
Obrázek 5: Řešení problému plýtvání	29
Obrázek 6: Spaghetti diagram.....	30
Obrázek 7: Procesní analýza.....	31
Obrázek 8: Formulář ergonomického auditu	35
Obrázek 9: Logo společnosti ABB	36
Obrázek 10: Mapa rozložení středisek ABB	37
Obrázek 11: Layout haly ABB s. r.o.	39
Obrázek 12: Rozložení výrobních pracovišť	39
Obrázek 13: Rozložení přístrojového transformátoru	41
Obrázek 14: Ukázka přístrojových transformátorů	44
Obrázek 15: Manipulace s formou.....	47
Obrázek 16: Formování transformátoru	47
Obrázek 17: Lití PUR hmoty	48
Obrázek 18: Lití PUR hmoty	48
Obrázek 19: Vozík s transformátorem.....	49
Obrázek 20: Broušení hran	49
Obrázek 21: Stříhání drátů.....	50
Obrázek 22: Pájení svorek	50
Obrázek 23: Zavnutí primárního kabelu na transformátor	51
Obrázek 24: Pájení primárních svorek.....	52
Obrázek 25: Layout pracoviště CT-line.....	54
Obrázek 26: Výrobní postup proudového transformátoru	55
Obrázek 27: Špagetový diagram původního layout pracoviště	56
Obrázek 28: Zleva – Manipulace s materiálem na dlouhou vzdálenost, umístěné vozíky na pracovišti	60

Obrázek 29: Zleva – pracovní stůl s nevhodnou výškou pracovní roviny, nevyužívaný manipulační jeřáb	60
Obrázek 30: Harmonogram projektu	74
Obrázek 31: Výběr pracoviště pro nový layout	78
Obrázek 32: Pracovní stůl s kuličkovými ložisky	79
Obrázek 33: Ergonomická pracovní židle TECHNOBANK	80
Obrázek 34: Ergonomická podložka.....	80
Obrázek 35: Tabule s KLT přepravkami	81
Obrázek 36: Systém pick to light.....	82
Obrázek 37: Vozík s válečkovým dopravníkem.....	83
Obrázek 38: Válečkový dopravník	83
Obrázek 39: Zleva – ukázka zvoleného typu manipulačního jeřábu, technický výkres jeřábu Binar handling	84
Obrázek 40: Návrh layoutu pracoviště - Varianta 1	86
Obrázek 41: Vychystávání materiálu (Pick to Light)	87
Obrázek 42: Materiálový tok nového pracoviště	88
Obrázek 43: Návrh layoutu pracoviště - Varianta 2	91

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: SMART technika formulace cílů projektu	14
Tabulka 2: Rozdělení přístrojových transformátorů	42
Tabulka 3: Počet vyrobených kusů přístrojových transformátorů za dvě kalendářní období.....	42
Tabulka 4: Hodnocení pracovní plochy	57
Tabulka 5: Hodnocení pracovního místa	57
Tabulka 6: Hodnocení pracovního prostoru	57
Tabulka 7: Mini audit pracoviště se zaměřením na manipulaci	59
Tabulka 8: Činnosti na pracovišti formování sekundárního obvodu	63
Tabulka 9: Činnosti na pracovišti lití sekundárního obvodu	64
Tabulka 10: Činnosti na pracovišti vyformování	65
Tabulka 11: Činnosti na pracovišti pájení sek. Svorek.....	66
Tabulka 12: Činnosti na pracovišti navíjení primárního obvodu	67
Tabulka 13: Činnosti na pracovišti pájení primárních svorek	68
Tabulka 14: Činnosti na pracovišti vyvazování primárního obvodu.....	69
Tabulka 15: Měřený čas všech činností	70
Tabulka 16: Zhodnocení analytické části	72
Tabulka 17: Rozdělení tříd hodnoty rizika	75
Tabulka 18: RIPRAN.....	76
Tabulka 19: Technické parametry manipulačního jeřábu.....	84
Tabulka 20: Procesní analýza před změnou	92
Tabulka 21: Porovnání časů výrobního procesu	93
Tabulka 22: Procesní analýza po změně.....	94
Tabulka 23: Ekonomické zhodnocení varianta 1	95
Tabulka 24: Zvýšení mzdových nákladů přepočtené na kusy	96
Tabulka 25: Hypotéza návratnosti investice	96
Tabulka 26: Hypotéza návratnosti investice	97

SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

Graf 1: Budoucí vývoj indoor portfolia	43
Graf 2: Budoucí vývoj indoor portfolia	44
Graf 3: Přidaná hodnota na pracovišti formování.....	63
Graf 4: Přidaná hodnota na pracovišti lití.....	64
Graf 5: Přidaná hodnota na pracovišti vyformování.....	65
Graf 6: Přidaná hodnota na pracovišti pájení sek. svorek.....	66
Graf 7: Přidaná hodnota na pracovišti pájení primárního obvodu.....	67
Graf 8: Přidaná hodnota na pracovišti pájení primárních svorek	69
Graf 9: Přidaná hodnota na pracovišti vyvazování primárního obvodu	70
Graf 10: Porovnání manipulačních četností.....	94

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 : Analýza manipulačních rizik.....	I
Příloha č. 2: Procesní analýza	VII
Příloha č. 3: Zmetkovitost.....	X

Příloha č. 1 : Analýza manipulačních rizik

Středisko	Pracoviště	Proces/činnost	Popis nebezpečí	Následek	Hodnocení			Opatření	Hodnocení		
					S	P	R		S	P	R
C62572 CT linka primární vinutí - těžké kusy	Formování těžkých kusů	Převzetí jader ke komplecti	Manipulace s břemeny	Natažení svalů	2	2	4	Nový typ vozíku s válečkovým dopravníkem, možnost přesunutí jader na pracovní desku bez zvedání břemene	1	2	2
			Pád břemene	Poranění nohy	3	1	3		2	1	2
		Uložení jader do přípravku	Manipulace s břemeny	Natažení svalů	2	2	4	nejsou	2	1	2
			Pád břemene	Poranění nohy	3	1	3		2	1	2
		Vyvázání jader	Práce s nůžkami	Střížná rána	2	1	2	nejsou	2	1	2
			Jemná motorika	Svalová zátěž, křeče	2	1	2		2	1	2
		Kompletace jader do vymazané formy před zalitím	Ruční manipulace s těžkými břemeny	Natažení svalů, ústřel	4	3	12	Použit manipulačního jeřábu/balancéru	2	3	6
			Pád břemene	Zlomeniny	4	3	12		2	3	6
			Utahování šroubů	Svalová zátěž	2	2	4	Používat vzduchovou pistoli na utažení šroubů	2	1	2
			Jemná motorika	Svalová zátěž, křeče	2	2	4		2	2	4
			Rotace v zápěstí	Natažení svalů	2	1	2	Používat OOPP ochranné rukavice	2	1	2
			Práce se šroubovákem	Bodná rána	2	1	2		2	1	2

C62572 CT linka primární vinutí - těžké kusy	Montáž sekundár ních svorek	Přesun odlitku na vozík	s těžkými břemeny						
			Pád břemene	Poranění nohy	4	3	12		2 2
			Ruční manipulace s těžkými břemeny	Natažení svalů, ústřel	4	3	12		2 2
			Pád břemene	Poranění nohy	4	3	12		3 2 6
	Převoz vozíku s odlitky přes halu na pracovišt ě	Srážka s vozíkem	Pohmožděnín a	2	1	2			2 1 2
			Najetí na nohu	Poranění nohy	2	2	4		2 1 2
			Pád břemene	Poranění nohy	4	1	4		3 1 3
		Jemná motorika	Natažení svalů, karpální tunely	3	3	9			3 3 9
			Zasažení nůžkami	Bodná rána	2	2	4		2 2 4
			Zasažení kleštěmi	Priskřipnutí prstu	2	1	2		2 1 2
	Odizolování bužírky	Jemná motorika	Švalová zátěž	3	2	6			2 2 4
		Nasazení svorky na drát a lisování	Natažení svalů, karpály	3	2	6			3 2 6
			Priskřipnutí prstu	3	2	6			3 2 6
						-			-

Pájení svorek	Bez manipulačních či transportních ukazatelů			Pájení svorek		
Přesun odlitku z vozíku do regálu	Srážka s vozíkem	Pohmoždění a	2 1	2	1 1	1 1
	Najetí na nohu	Poranění nohy	2 2	4	2 1	2 1
	Pád břemene	Poranění nohy	3 1	3	2 1	2 1
	Ruční manipulace s těžkými břemeny	Natažení svalů, ústřel	4 2	8	2 2	2 4
	Pád břemene	Poranění nohy	4 1	4	3 1	3 3
Přesun odlitku z regálu na vozík	Ruční manipulace s těžkými břemeny	Natažení svalů, ústřel	4 2	8	2 2	2 4
	Pád břemene	Poranění nohy	4 2	8	2 2	2 4
	Ruční manipulace s těžkými břemeny	Natažení svalů, ústřel	4 3	12	3 1	3 3
	Srážka s vozíkem	Poranění nohy	2 1	2	2 1	2 2
	Najetí na nohu	Poranění nohy	2 2	4	3 1	3 3
Sestavení přípravku k navíjení	Manipulace s břemeny	Natažení svalů	2 1	2	2 1	2 2
	Pád břemene	Poranění nohy	2 1	2	2 1	2 2

	Přesun odlitku v přípravku ze stolu do svěráku	Ruční manipulace s těžkými břemeny	Natažení svalů, ústřel	4	4	16	Při přesunu nutnost manipulační jeřáb/balancér, upravit pracoviště tak, aby navijení i pájení na sebe bezprecedentně navazovala -> maximální omezení přesunů manipulace	2	3	6
C62572 CT linka primární vinutí - těžké kusy	Pájení těžkých kusů	Aplikace pájecí vody	Natažení svalů	2	4	8	používat ochranné prostředky (rukavice, brýle, celoobličejový štít), manipulace s břemenem pouze ve stožanu	2	2	4
	Přesun navinutého kusu do pájecího přípravku	Ruční manipulace s těžkými břemeny	Natažení svalů, ústřel	4	4	16	Využití pro přenos manipulační jeřáb/balancér, zkrátit plochy pro přesun, možnost sjednocení pracoviště pájení s pracovištěm navijení primárního obvodu, nebo upravit vzdálenosti těchto pracovišť pro efektivnější a jednodušší přesun	3	2	6
	Odizolování Varia kabelu	Práce s odlamovacím nožem	Řezná rána	3	3	9	Při dlouhém pracovním nasazení nutnost krátké přestávky, kvalitnější proškolení zaměstnanců	3	2	6
	Přesun navinutého kusu do pájecího přípravku	Rotace v zápěstí	Svalová zátěž	1	2	2	nejdou	1	2	2
	Přesun navinutého kusu do pájecího přípravku	Práce s odlamovacím nožem	Řezná rána	3	3	9	Při dlouhém pracovním nasazení nutnost krátké přestávky, kvalitnější proškolení zaměstnanců	3	2	6

	Ochlazení svorek	Bez manipulačních či transportních ukazatelů		-			-
		Práce s klíčem	Svalová zátěž	1	1		
	Rozdělení přípravku od zapájené ho kusu	Rotace v zápěstí	Svalová zátěž, křeče	2	1	2	1
		Ruční manipulace s těžkými břemeny	Natažení svalů, ústřel	4	3	12	6
		Pád břemene	Zlomenina	4	3	12	6
		Manipulace s břemeny	Natažení svalů	2	2	4	4
		Pád břemene	Zlomenina	4	1	4	3
		Práce s nůžkami	Bodná rána	3	2	6	4
	Převoz odlitéku na pracovišti a bandážování	Manipulace s břemeny	Natažení svalů	2	2	4	2
		Pád břemene	Zlomenina	4	1	4	3
		Práce s nůžkami	Bodná rána	3	2	6	4
		Rotace v zápěstí	Natažení svalů, křeče	1	2	2	2
C62572 CT linka primární vinutí - těžké kusy	Bandážo vání a vyvazo vání těžkých kusů	Šrážka s vozíkem	Pohmoždění a	2	1	2	2
		Najetí na nohu	Poranění nohy	2	2	4	4
		Pád břemene	Zlomenina	4	1	4	3

Příloha č. 2: Procesní analýza

Č. op	Činnost	Operace	Transport	Kontrola	Čekání	Skladování	Vzdálenost (m)	Doba trvání (minut)	Pracovníci
1.	Uchopit vozík s jádru	○						0:00:20	1
	Převést vozík k pracovnímu stolu		↑				15	0:00:50	1
2.	Vzít formu z regálu (převést na vozíku)		↑				0,5	0:02:00	1
3.	Přenést formu z vozíku na pracovní desku		↑				0,5	0:00:27	1
4.	Povolit středový trn a vytáhnout ho z formy	○						0:00:20	1
5.	Vyčistí formu a zkontrolovat formu			□				0:00:46	1
6.	Vymazat formu vazelinou před zalitím	○						0:00:35	1
7.	Našroubovat do přípravku závitové matice	○						0:00:32	1
8.	Vzít jádra z vozíku a přenést na pracovní desku		↑				1	0:00:30	1
9.	Vyrovnat kabely + uložit kabely do svorkovnice	○						0:03:30	1
10.	Vyvázat jádra + vložit středový trn	○						0:01:40	1
11.	Osadit jádra do licí formy	○						0:01:25	1
12.	Přesunout jádra z pracovní desky na vozík		↑				1,3	0:00:13	1
13.	Přesunout vozík na pracoviště lití		↑				7	0:00:35	1
14.	Vzít hlavici a připevnit ji na licí stroj	○						0:00:08	1
15.	Utáhnout licí hlavice	○						0:00:12	1
16.	Zapnutí stroje pomocí tlačítka - pravou rukou	○						0:00:10	1
17.	Přisunout vozík s jádrem k licímu stroji		↑				1,5m	0:00:30	1
18.	Zalití přípravku PUR hmotou do požadované výšky	○						0:00:50	1
19.	Odstanění licí hlavice	○						0:00:10	1
20.	Vyšroubování a vytáhnoutí hlavice	○						0:00:13	1
21.	Vyčištění hlavice od hmoty	○						0:00:13	1
22.	Odsunutí vozíku se zalitými jádru zpět k regálu na vytvrnutí		↑				1m	0:00:14	1
23.	Přenos jádra s přípravkem na pracovní desku		↑				0,8	0:00:08	1

24.	Povolit středový trn	○								0:00:32	1
25.	Pootočít přípravek a vytáhnutí závitové matice	○								0:00:35	1
26.	Vyklepat jádra z přípravku pomocí kladívka	○								0:00:10	1
27.	Vytáhnout středový trn z jader	○								0:00:07	1
28.	Přemístit formu zpět na vozík								0,8	0:00:08	1
29.	Obrousit hrany na vytvrdnuté hmotě	○								0:00:20	1
30.	Odstranit svorkovnici	○								0:00:25	1
31.	Očistit přípravek a jádra	○								0:00:39	1
32.	Přenos jader z pracovního stolu zpět na vozík								1	0:00:04	1
33.	Převoz vozíku s jádry na pracoviště montáže primárních svorek								8	0:00:22	2
34.	Přenos jádra z vozíku na pracovní desku								3	0:00:03	2
35.	Nachystat si nářadí (kombinačky, svorky)	○								0:00:17	2
36.	Zastřihnout vývody oditku magnetických obvodů	○								0:01:43	2
37.	Vzít a oddizolovat bužírky	○								0:03:27	2
38.	Vzít svorky a zalisovat je	○						□		0:01:30	2
39.	Kontrola svorek	○								0:01:30	2
40.	Vzít a zapájet svorky	○								0:01:35	2
41.	Přenos jádra z pracovní desky na vozík								1,5	0:00:13	2
42.	Přesun vozíku s jádrem na pracoviště primárního vinutí								14	0:00:32	3
43.	Přesun zkompletovaného kusu na pracovní desku								1,5	0:00:13	3
44.	Vzít si formuz regálu	○								0:01:09	3
45.	Upevnění kusu do formy + dotáhnutí šroubů	○								0:02:08	3
46.	svěráku								2	0:00:10	3

47.	Utáhnout svěrák	○										0:00:45	3
48.	Vzít si primární kabely	○										0:01:10	3
49.	Vzít si středové tyče + umístit do středu odlitku	○										0:00:30	3
50.	Navíjet varia kabelem	○										0:08:50	3
51.	Oddizolování varia kabelu + dovinutí kabelů	○										0:05:05	3
52.	Povolit svěrák	○										0:00:20	3
53.	Přemístit odlitek ze svěráku na vozík				↑						1,5	0:00:19	3
54.	Přesun vozíku z odlitkem na pracoviště pájení				↑						15	0:00:51	4
	Přesun odlitku z vozíku do svěráku a upevnit				↑						1,5	0:00:55	4
55.	Vzít si potřebné nářadí	○										0:01:05	4
56.	Vzít a aplikovat pájecí vodu	○										0:00:20	4
57.	Ohřev a pájení svorek	○										0:07:20	4
58.	Ochlazení svorek	○										0:00:30	4
59.	Rozdělení přípravku ve stojanu od zapájeného kusu	○										0:03:35	4
60.													
61.	Přenos zkompletovaného kusu na vozík				↑						1	0:00:10	4
62.	Kontrola a utáhnutí primárního vinutí								□			0:01:20	4
63.	Převoz vozíku s zkompletovaným kusem na pracoviště bandážování				↑						10	0:00:20	5
64.	Připnutí štítu MIES na kus	○										0:00:35	5
65.	Vyvázání strany bez čidla	○										0:01:00	5
66.	Vyvázání spodní části vodiče	○										0:00:50	5
67.	Uvolnění čidla	○										0:00:30	5
68.	Očištění svorek	○										0:00:35	5
69.	Přesun hotového výrobku do regálu				↑						55	0:01:10	5
Součet												1:13:03	
												141,9	

Príloha č. 3: Zmetkovitosť

SVID	Typ	Zmetek	KodZmetku	KodZmetkuPriO	UdajVinuti	Casti	Stroj	ZhusobaDatum	PoznamkaZmetku	Poznamka	IPrijmeni	IPrijmeni	Weekday
51220101091	TPU 73.63	Ano	I	43987590	11.2.2022	16:48:52	APG 43	16.2.2022 10:05:22	30 kV		Jozef Dusicka J	Olexandr Melnyk	Friday
51210562312	TPU 73.63	Ano	I	43988343	15.9.2021	6:45:57	APG 43	17.9.2021 11:46:36	70 kV		Frantisek Bok	Frantisek Bok	Wednesday
51210562782	TPU 73.63	Ano	I	43988343	14.9.2021	10:58:02	APG 43	16.9.2021 19:23:27	80kV 20s		Frantisek Bok	Frantisek Bok	Tuesday
51210562022	TPU 73.63	Ano	I	43988343	9.9.2021	15:52:25	APG 43	13.9.2021 19:00:40	1kV		Frantisek Bok	Frantisek Bok	Thursday
51210562311	TPU 73.63	Ano	I	43988343	17.8.2021	2:18:27	APG 43	20.8.2021 16:57:22	I-1kV		David Brokes	Olexandr Melnyk	Tuesday
51210562781	TPU 73.63	Ano	I	43988343	17.8.2021	5:22:52	APG 43	20.8.2021 12:04:54	40 kV		David Brokes	David Brokes	Tuesday
51210562291	TPU 73.63	Ano	I	43988343	16.8.2021	14:44:02	APG 43	19.8.2021 7:22:27	1 kV		Olexandr Melnyk	David Brokes	Monday
51210562321	TPU 73.63	Ano	I	43988343	17.8.2021	4:07:12	APG 43	19.8.2021 7:18:19	10 kV		David Brokes	Olexandr Melnyk	Tuesday
51210475971	TPU 76.63	Ano	I	43987590	8.7.2021	8:25:22	APG 43	12.7.2021 20:45:06	1kV		David Brokes	Alexandr Zezula	Thursday
51210476041	TPU 76.63	Ano	I	43987590	8.7.2021	4:35:14	APG 43	12.7.2021 20:39:39	50kV		David Brokes	Alexandr Zezula	Thursday
51210476031	TPU 76.63	Ano	I	43987590	8.7.2021	9:59:17	APG 43	12.7.2021 20:32:56	40kV		David Brokes	Alexandr Zezula	Thursday
51210476061	TPU 76.63	Ano	I	43987590	7.7.2021	5:03:49	APG 43	9.7.2021 6:48:55	1 kV, 1 s.		David Brokes	Alexandr Zezula	Wednesday
51210476001	TPU 76.63	Ano	I	43987590	7.7.2021	6:51:04	APG 43	9.7.2021 6:38:10	1 kV, 1 s.		David Brokes	Alexandr Zezula	Wednesday
51210473911	TPU 76.63	Ano	I	43987590	7.7.2021	0:07:56	APG 43	8.7.2021 18:33:25	2kv		Martin Cvesper	David Brokes	Wednesday
51210469471	TPU 76.63	Ano	I	43987590	30.6.2021	23:05:39	APG 43	7.7.2021 9:26:41	I-1kV		Martin Cvesper	Frantisek Bok	Wednesday
51210464501	TPU 76.63	Ano	I	43987590	29.6.2021	10:02:08	APG 43	2.7.2021 6:11:47	I-1kV		Frantisek Bok	Zdenek Gottlieb	Tuesday
51210464521	TPU 76.63	Ano	I	43987590	28.6.2021	23:21:07	APG 43	1.7.2021 12:14:08	I-50kV		Martin Cvesper	Frantisek Bok	Monday
51210387861	TPU 76.63	Ano	I	43986485	1.6.2021	23:51:41	APG 32	4.6.2021 6:52:05	I-32kV		Jiri Racy	Oskar Kalapos	Tuesday
51210387891	TPU 76.63	Ano	I	43986485	1.6.2021	9:38:41	APG 32	3.6.2021 17:00:46	50 kV		Oskar Kalapos	Alexandr Zezula	Tuesday
51210318701	TPU 76.63	Ano	I	43986486	3.5.2021	14:27:27	APG 43	5.5.2021 13:06:48	I-38kV		Milos Kocab	Alexandr Zezula	Monday
51210123922	TPU 73.61	Ano	I	43984305	16.3.2021	13:25:07	CM 15	18.3.2021 7:56:28	30 kV		Milos Kocab	Milos Kocab	Tuesday
51210109961	TPU 73.61	Ano	I	43984305	24.2.2021	5:00:17	CM 15	26.2.2021 8:52:47	I-24kV (pri najizdeni)	OK	David Brokes	Olexandr Melnyk	Wednesday
51210089411	TPU 73.61	Ano	I	43984305	11.2.2021	14:57:39	CM 15	19.2.2021 7:57:42	45 kV		Dalibor Smid	Alexandr Zezula	Thursday
51210059982	TPU 73.61	Ano	I	43984305	15.2.2021	7:00:32	CM 15	17.2.2021 18:55:10	I-1kV	nejsoj kusy na formovani	Frantisek Bok	Dalibor Smid	Monday
51200230512	TPU 73.61	Ano	I	43978024	7.4.2020	18:03:09	CM 15	14.4.2020 10:28:14	vrtazuje pri 1kV		Paul Zidek P	Milos Kocab	Tuesday
51200239091	TPU 76.61	Ano	I	43978025	30.3.2020	23:25:19	CM 15	6.4.2020 15:20:51	26kV		Adam Bubenik	Tomáš Nespurek	Monday
51200243781	TPU 73.61	Ano	I	43978024	31.3.2020	19:30:42	CM 15	2.4.2020 14:33:27	I-24kV		Milos Kocab	Adam Bubenik	Tuesday
51200262951	TPU 73.61	Ano	I	43978022	30.3.2020	9:12:57	CM 15	1.4.2020 20:56:54	I-40kV		Tomáš Nespurek	Milos Kocab	Monday
51200227351	TPU 73.61	Ano	I	43978023	18.3.2020	23:55:10	CM 15	25.3.2020 15:04:34	20kV, 1s		Milos Kocab	Paul Zidek P	Wednesday