

Návrh projektu pro zvýšení efektivity výrobní linky

Jakub Hajný

Bakalářská práce

2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub Hajný**
Osobní číslo: **T17818**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Návrh projektu pro zvýšení efektivity výrobní linky**

Zásady pro vypracování

- teoretická studie na dané téma
- popis výrobku pro sériovou výrobu
- analýza současného stavu výrobního zařízení
- zpracování návrhu úpravy projektu výrobní linky
- ekonomické přínosy

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

JACOBS, F. Robert, William L. BERRY, D. Clay WHYBARK a Thomas E. VOLLMANN. *Manufacturing planning and control for supply chain management: the CPIM reference*. Second edition. New York: McGraw-Hill Education, [2018], xxi, 617 s. ISBN 978-1-260-10838-5.
FOTR, Jiří. *Tvorba strategie a strategické plánování: teorie a praxe*. Praha: Grada, 2012, 381 s. Expert. ISBN 978-80-247-3985-4.
DELGADO SOBRINO, Daynier Rolando. *Material flow and layout: an integrative analysis*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2016, 93 s. Vědecké monografie. ISBN 978-80-7380-600-2.
KERŤKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012, XXI, 153 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016, 507 s. ISBN 978-80-7080-952-5.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

.....
Hajný Jakub

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o nástrojích a řešeních, které efektivně zvýší výstupy z již funkční výrobní (montážní) linky tak, aby došlo k naplnění cílů stanovené zákaznickou poptávkou. Cílem je navrhnout dvě řešení pro splnění požadavků poptávané výroby a současně připravit časový plán a cenový odhad na přestavbu stávající výrobní linky za použití aktuálních výrobních hodnot v časovém rozmezí 6 pracovních týdnů.

Úvodní část se věnuje nástrojům, které slouží k analýzám a různým ukazatelům pro efektivní práci. Tyto metody jsou známé napříč světovými lídry v automobilovém průmyslu. V další části následuje rozbor vyráběného zařízení a jeho funkce, pro které je nutno navrhnout zlepšení výrobního procesu.

V Praktické části je analyzována typická situace pro dnešní sériové výroby. Následuje návrh více variant, které lze představit dané firmě.

Klíčová slova:

Efektivita, zlepšení, LEAN, Six sigma, výrobní proces

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with tools and solutions that effectively increase the output of an already functional production (assembly) line so that the goals set by customer demand are met. The aim is to propose two solutions to meet the requirements of the demanded production and at the same time prepare a schedule and a price estimate for the rebuilding of the existing production line using the current production values within a period of 6 working weeks.

The introductory part deals with tools that are used for analysis and various indicators for effective work. These methods are known across the world leaders in the automotive industry. The next part is followed by an analysis of the manufactured equipment and its functions, for which it is necessary to propose an improvement of the production process.

The practical part analyzes the typical situation for today's mass production. The following is a suggestion of several variants that can be introduced to the company.

Keywords:

Efficiency, improvement, LEAN, Six sigma, production process

Tímto bych chtěl velmi poděkovat panu doc. Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za cenné rady a konzultace spojené s bakalářskou prací. Další poděkování patří rodině, vedoucím, kamarádům za ochotu a trpělivost při studiu na VŠ.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 12 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 13 |
| 1 ZÁKLADNÍ METODIKA LEAN | 14 |
| 1.1 ŠEST ZÁKLADNÍCH PRINCIPŮ LEAN:..... | 14 |
| 1.1.1 Princip neustálého zlepšování | 14 |
| 1.1.2 Princip hodnoty pro zákazníka..... | 14 |
| 1.1.3 Princip sjednocení | 14 |
| 1.1.4 Princip respektu..... | 14 |
| 1.1.5 Princip vizualizace | 15 |
| 1.1.6 Princip flexibility | 15 |
| 1.2 POKA -YOKE – METODA PRO ELIMINACI CHYB | 15 |
| 1.2.1 Zapomnětlivost:..... | 16 |
| 1.2.2 Chyba způsobená nezaškoleným pracovníkem:..... | 16 |
| 1.2.3 Neexistence normy nebo nefunkční předpis: | 16 |
| 1.2.4 Záměrná chyba: | 16 |
| 1.3 METODA 5S..... | 18 |
| 1.4 SPAGHETTI DIAGRAM | 19 |
| 1.5 CELKOVÁ EFEKTIVITA VÝROBY – OEE | 20 |
| 1.6 GANTTŮV DIAGRAM | 21 |
| 1.7 OSTATNÍ LEAN NÁSTROJE..... | 22 |
| 1.7.1 Základní metody..... | 22 |
| 1.7.1.1 Jednokusový tok | 23 |
| 1.7.1.2 Kanban | 23 |
| 1.7.1.3 MOST | 23 |
| 1.7.1.4 SMED | 24 |
| 1.7.1.5 Standardizace | 24 |
| 1.7.1.6 TPM | 24 |
| 1.7.2 Komplexní (zastřešující) metody | 25 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1.7.2.1 | Just-In-Time (JIT)..... | 25 |
| 1.7.2.2 | Kaizen | 26 |
| 1.7.2.3 | Six sigma..... | 26 |
| 1.7.2.4 | Týmová práce | 26 |
| 2 | VÝROBNÍ LINKY | 27 |
| 2.1 | DRUHY VÝROBNÍCH LINEK | 27 |
| 2.1.1 | Neproudové | 27 |
| 2.1.2 | Proudové | 27 |
| 2.2 | AUTOMATIZOVANÉ BUŇKY | 29 |
| 2.2.1 | Rozdělení automatizačních ramen | 29 |
| 3 | SHRNUTÍ TEORETICKÉ A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE | 30 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 31 |
| 4 | POPIS PRODUKTU | 32 |
| 4.1 | SPECIFIKACE PRODUKTU | 32 |
| 4.2 | OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI..... | 33 |
| 4.3 | SCHÉMA PNEUMATICKÉHO VENTILU..... | 33 |
| 5 | POPIS STÁVAJÍCÍ VÝROBNÍ LINKY..... | 34 |
| 5.1 | SOUČASNÝ LAYOUT PRACOVIŠTĚ | 34 |
| 5.2 | POPIS JEDNOTLIVÝCH STANIC | 35 |
| 5.3 | AKTUÁLNÍ VÝROBNÍ DATA | 35 |
| 5.4 | AKTUÁLNÍ VÝROBNÍ TAKT | 36 |
| 6 | NÁVRH ŘEŠENÍ 1 | 37 |
| 6.1 | ROZMÍSTĚNÍ PRACOVIŠTĚ | 37 |
| 6.2 | SPAGHETTI DIAGRAM | 38 |
| 6.3 | CENOVÝ PŘEDPOKLAD IMPLEMENTACE ŘEŠENÍ 1 | 39 |
| 6.4 | ČASOVÝ PLÁN PRO STAVBU VARIANTY 1 | 40 |
| 7 | NÁVRH ŘEŠENÍ 2 | 41 |
| 7.1 | ROZVRŽENÍ LINKY | 41 |
| 7.2 | CENOVÝ ODHAD IMPLEMENTACE ŘEŠENÍ 2..... | 42 |
| 7.3 | ČASOVÝ PLÁN PRO STAVBU VARIANTY 2..... | 43 |
| 8 | POROVNÁNÍ VARIANT..... | 44 |
| 8.1 | EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ..... | 45 |
| | ZÁVĚR | 47 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 48 |
| SEZNAM ZKRATEK | 50 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 51 |
| SEZNAM TABULEK..... | 52 |

ÚVOD

V současné době je v automobilovém průmyslu velký tlak na zvyšování požadavků pro danou výrobu, balancování mezi kvalitou, efektivitou výroby a vývojem je takřka na denním pořádku výrobních inženýrů. Stručné a komplexní výsledky ve finální prezentaci jsou klíčem k úspěšnému prolomení schvalovacích procesů ve světových korporacích.

Světoví lídři ve výrobních sériových montážních firmách jsou nuceni být maximálně flexibilní vzhledem k vývoji trhu. Pokud je společnost neflexibilní a není otevřena zlepšením aktuálních potřeb zákazníka, je vysoce pravděpodobné, že daný kontrakt bude vypovězen. Automobilový průmysl je v tomto ohledu ještě náročnější. Valná většina výrobních podniků využívá pro zlepšení procesu moderních metod, které jdou napříč světem. Pojem štíhlá výroba je nesmazatelná stopa na poli automobilového průmyslu.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části. Teoretickou, kde je ve zkratce popsáno a vysvětleno využívání nástrojů a praktickou, kde je vypracován návrh pro úpravu výrobní linky po vyhodnocení a finální realizaci. Metoda je aplikovatelná na jakýkoliv proces a lze ji tak aplikovat po menších úpravách i na zcela odlišný proces.

Na závěr jsou shrnuty veškeré klady a zápory, které obnáší daná úprava výrobní linky.

Cílem této práce je ukázka potřebných dat k obhájení projektu u top managementu výrobního podniku. Práce je aplikovatelná na jakýkoliv jiný proces. Metodu lze využít opakovaně a komplexně prezentovat stejný soubor dat, která mají vypovídající hodnotu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ METODIKA LEAN

LEAN, světový trend, který nabývá významu u světových lídrů v oblasti automobilového průmyslu. Kořeny konceptu štíhlé výroby sahají do druhé poloviny 20. století, tehdejší forma byla zvaná Toyota Production System (zkráceně TPS), je to alternativní metoda, která byla ve stejnou dobu využívána na opačném kontinentu ve spojených státech jako hromadná výroba. Snaha snížit takzvané plýtvání na minimum se uplatnila na výrobní lince Henryho Forda, kde dostala označení“. [1]

1.1 Šest základních principů LEAN:

1.1.1 Princip neustálého zlepšování

Pracovníci postupně získávají důvěru ve svou schopnost „zlepšovat“ a jsou tak schopni řešit stále složitější a komplexnější problémy. Cílem metody LEAN je dosáhnout inovativní organizace, kde každý pracovník bude zapojen do procesu kontinuálního zlepšování.

1.1.2 Princip hodnoty pro zákazníka

LEAN v procesech vytváří hodnotu pro externího zákazníka. Každá činnost, která je v organizaci vykonávána, by měla mít přímo či nepřímo pozitivní vliv na hodnotu dodávanou zákazníkovi, anebo by měla přímo podporovat procesy, které tuto hodnotu dodávají.

1.1.3 Princip sjednocení

Díky této metodě jsou organizace, týmy i jednotlivci schopní určit, nastavit a popsat priority. Celá organizace se tak sjednotí pro dosažení sdílených a komplexních cílů.

1.1.4 Princip respektu

Lean učí respektu ke všem lidem v organizaci a zejména k řadovým pracovníkům. Učí, že tito pracovníci vědí nejvíce o své práci a jsou schopni největších změn. Učí vedoucí pracovníky a manažery, jak tyto pracovníky rozvíjet, vzdělávat a vést tak, aby se zapojili do kontinuálního zlepšování a byli maximálním přínosem.

1.1.5 Princip vizualizace

Lean je založen na vizualizaci, a to jak v průběhu zlepšování a vedení projektů, tak při implementaci různých metod a v neposlední řadě zejména na vizualizaci dat, výsledků, plnění cílů apod. Na různých místech organizace tak vznikají tabule nebo obrázky, které všechny informují o plnění cílů, metrik, průběhu projektů, změnách, nápadech a jiných důležitých informacích. Lean staví na teorii, že až 80 % informací vnímá lidský mozek pomocí zraku. Vizualizace staví na barevných kódech a klíčích, ale také na grafech, obrázcích a videích.

1.1.6 Princip flexibility

Lean podporuje navržení procesů k dokonalosti v konkrétním čase. To ale neznamená, že jsou procesy takto ponechány. Pokud nastane jakýkoli problém, pracovníci jsou nuceni identifikovat klíčovou příčinu tohoto problému a na základě nalezení klíčové příčiny tuto odstranit a změnit na základě toho standardy procesu.

Samotné metody, které se v rámci TPS vyvinuly, mají za cíl implementovat do procesů výše uvedené principy. Hlavní metody jsou známy napříč světovými výrobci.

1.2 Poka -Yoke – metoda pro eliminaci chyb

Koncepce systému existuje v mnoha různých formách od samotného počátku sériové výroby. Název se dá přeložit jako „Zabraňování chybám“. Pokud se přenesou opakované úkony nebo kroky, které závisí na pozornosti nebo paměti na tento systém, lze využít myšlenky pracovníka k významnějším tvořivým činnostem.

Tento nástroj je také přesvědčení, které říká, že není přípustné vyrábět i třeba s malým počtem vadných kusů. Jestliže chce být společnost konkurenceschopná, musí přijmout nejen filosofii, ale i praxi produkovaní nulové zmetkovitosti. Metoda Poka - Yoke je jednoduchým návodem pro dosažení tohoto cíle.

Mezi druhy chyb, které jsou ve většině případů způsobené chybami pracovníků ve výrobních linkách, patří například tyto [2]:

1.2.1 Zapomnětlivost:

Operátor výroby například zapomene namontovat drobný dílec z tisícové série. Opatření pro tuto chybu: Světelná signalizace kroku montáže a detekce zkompletovaného zařízení.

1.2.2 Chyba způsobená nezaškoleným pracovníkem:

Nový pracovník bez patřičných zkušeností vyrábí důležitý produkt. Opatření tkví v komplexním zaškolení nadřízeným.

1.2.3 Neexistence normy nebo nefunkční předpis:

K některým chybám dojde tím, že nejsou k dispozici vhodné instrukce nebo pracovní normy. Například vyhodnocení měření může být ponecháno na rozhodnutí jediného pracovníka.

Nápravné řešení je vytvořit smysluplnou pracovní instrukci pochopitelnou pro daný typ pracovního kroku.

1.2.4 Záměrná chyba:

Někteří lidé dělají chyby schválně. Příkladem jsou trestné činy a sabotáže.

Pro tento druh chyb je nutno budovat dlouhodobě morálku a základní výchovu.

Prostředky Poka-Yoke jsou metody prevence proti chybám, popřípadě okamžitá detekce a jejich napravení.

Kontrola se umísťuje v místě montáže tak aby došlo k okamžitému odhalení špatného kroku a následné opravě montované součásti.



Obr. 1 Pokayoke [21]



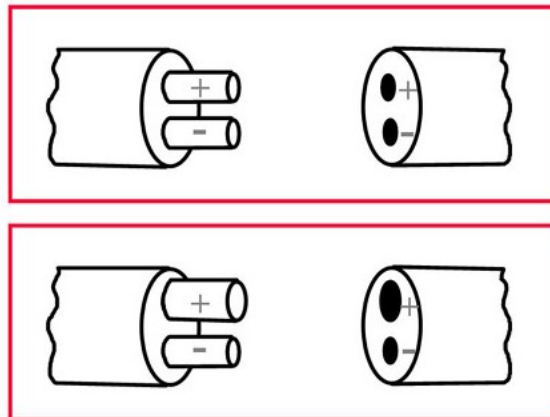
Obr. 2 Kamerový systém [22]

100% kontrolu zajistí snímací prvky jako například koncové snímače nebo optické brány či kamerové systémy.

Při detekci špatně namontované součásti musí dojít k zastavení operace montáže nebo separaci špatného kusu od výrobního postupu.

I samotné levné prostředky se počítají jako Poka-Yoke systém. Například aretační kolík, který zabraňuje usazení jednotlivé součásti v zakládání do špatného směru nebo barevné rozlišení přípravků při různých variantách nastavení stroje.

Příklady využití Poka-yoke systému v praxi (Obr. 3.).



Obr. 3 Pokayoke v praxi [23]

1.3 Metoda 5S

Metoda 5S je metodika nebo také sada principů pro vytváření a udržení organizovaného, čistého a vysoce výkonného pracoviště. Je základem a přirozenou součástí štíhlých (LEAN) přístupů. Jejím cílem je zlepšit ve firmě pracovní prostředí a tím i kvalitu výroby. Přístup je založený na zvýšení samostatnosti zaměstnanců, na týmové práci a vedení lidí. [3]

Název metody 5S je akronym z pěti japonských slov:

- **Seiri** (Sortovat) - oddělit potřebné a nepotřebné věci
- **Seiton** (Setřídít) - setřídít nebo umístit potřebné a užívané věci tak, aby mohly být jednoduše a rychle použity
- **Seiso** (Stále čistit) - udržování čistoty na pracovišti a v jeho okolí
- **Seiketsu** (Standardizovat) - opakované zlepšování organizace práce
- **Shitsuke** (Sebe disciplína) - udržovat dokonalý pořádek a 4 předchozí body



Obr. 4 Uspořádané pomůcky



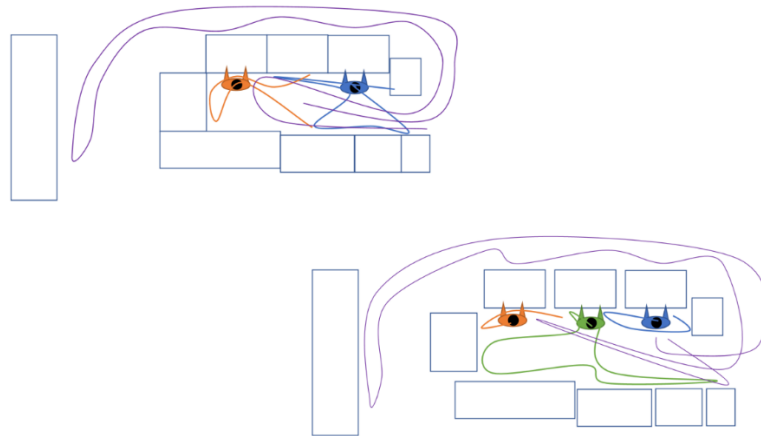
Obr. 5 Neuspořádané pomůcky

1.4 Spaghetti diagram

Jedná se o diagram, který zachycuje přesný pohyb pracovníka v určitém časovém úseku po jeho pracovišti. Podle typu cesty je trasa barevně označena. Například, pokud pracovník absolvuje zbytečnou cestu, je zaznačena šedou barvou. Pokud absolvuje cestu s materiálem, ale není plně vytížen, je cesta vyznačena fialově a pokud je plně vytížen, tak zeleně.

Podle spaghetti diagramu je možné analyzovat, které cesty jsou v rámci interní logistiky nutné a které ne. Spaghetti diagram se používá při mapování a navrhování interního chodu. Používá se také při návrhu layoutu pracoviště a nejvhodnější transportní cesty. [4]

Praktické znázornění dvou situací na obrázku 6, znázorňuje případný pohyb dvou nebo tří operátorů na jednom pracovišti.



Obr. 6 Spaghetti diagram

1.5 Celková efektivita výroby – OEE

OEE - Overall Equipment Effectiveness je nejpoužívanější výrobní statistika managementu podniků. Hodnota OEE představuje klíčovou informaci pro podniky, které chtějí neustále zlepšovat a zeshňovat svoje výrobní procesy.

Tento ukazatel ukazuje výrobní ztráty způsobené prostoji/opravami nebo poruchami strojů – DOSTUPNOST, ztráty využití normované kapacity zařízení/nížší výrobní takt – VÝKON a ztráty z nekvality výrobků – KVALITA. OEE je v procentech vyjádřeno jako součin těchto uvedených tří faktorů: [5]

$$\text{OEE} = \text{Dostupnost} \times \text{Výkon} \times \text{Kvalita} \times (100\%)$$

$$\text{Dostupnost} = \frac{\text{Skutečný čas výroby}}{\text{Plánovaný čas výroby}}$$

$$\text{Výkon} = \frac{\text{Skutečně vyrobené množství}}{\text{Teoreticky vyrobené normované množství}}$$

$$\text{Kvalita} = \frac{\text{Celkové množství OK (shodných výrobků)}}{\text{Celkové množství všech výrobků}}$$

Obr. 7 OEE [5]

DOSTUPNOST (Availability) = výrobní ztráty způsobené prostoji opravami nebo poruchami strojů = Skutečný čas výroby / plánovaný čas výroby.

VÝKON (Performance) = ztráty využití normované kapacity zařízení prezentující nižší výrobní takt = Skutečné množství vyrobených výrobků / Normované množství výrobků.

KVALITA (Quality) = ztráty z nekvality výrobků (vady a poškození) = Množství shodných výrobků / Množství vyrobených výrobků.

Měření OEE je odborníky z managementu obvykle označováno jako nejlepší metrika pro identifikaci ztrát, postupu v pokroku a zlepšování produktivity výrobních zařízení. Měřením OEE lze získat důležité informace o tom, jak systematicky zlepšovat výrobní proces. Většina světových lídrů se pohybuje okolo 60 % OEE. Častěji se ale lze setkat se společnostmi, které mají celkový výsledek nižší než 45 % [6]

1.6 Ganttův diagram

Je užitečný grafický nástroj, který ukazuje činnosti nebo úkoly prováděné v čase. Je také znám jako vizuální prezentace projektu, kde jsou aktivity rozepsány a zobrazeny na grafu, který usnadňuje porozumění a interpretaci určitých dat.

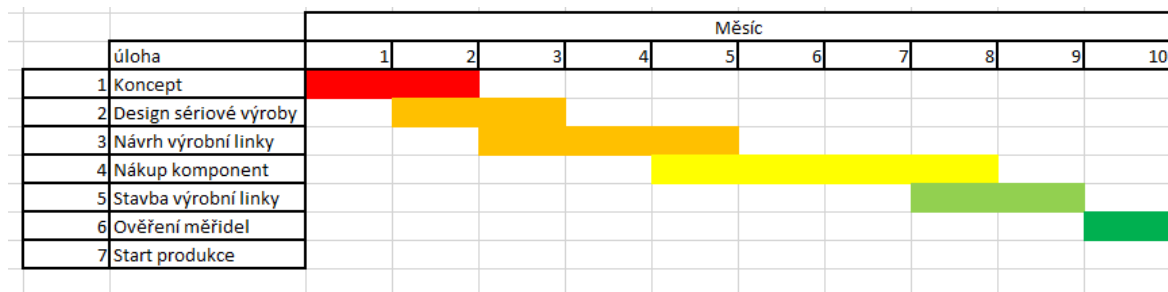
V grafu jsou úkoly zobrazeny na svislé ose, zatímco plánovaná doba strávená na vodorovné ose. Každý úkol je reprezentován pruhem, který ukazuje čas potřebný pro projekt.

Lišta pak představuje nebo ukazuje procento dokončených úkolů. Ukazuje také závislosti, což jednoduše znamená propojení mezi různými aktivitami v projektu.

Pochopení vzájemného propojení mezi činnostmi je velmi důležité sledovat a Ganttovy diagramy pomáhají projektovému manažerovi sledovat celý proces. Poskytuje také informace o dokončení dalších činností v projektu. Tato informace je důležitá z důvodu propojení mezi různými činnostmi, a pokud se jedna činnost zpozdí, bude mít dopad na ostatní.

Ganttův diagram je užitečným nástrojem při plánování projektů. Udržuje správu v aktuálním stavu, kdy bude projekt dokončen. Rovněž informuje vedení o všech dalších požadovaných zdrojích a spravuje závislosti mezi úkoly.

Obvykle se používají při plánování výrobních procesů, rozpisu zaměstnanců nebo plánování událostí, výrobních procesů atd. Microsoft Excel je dostupný program pro využití této grafické metody. [7]



Obr. 8 Ganttův diagram

1.7 Ostatní LEAN nástroje

Samotné metody můžeme rozdělit na dvě skupiny:

1.7.1 Základní metody

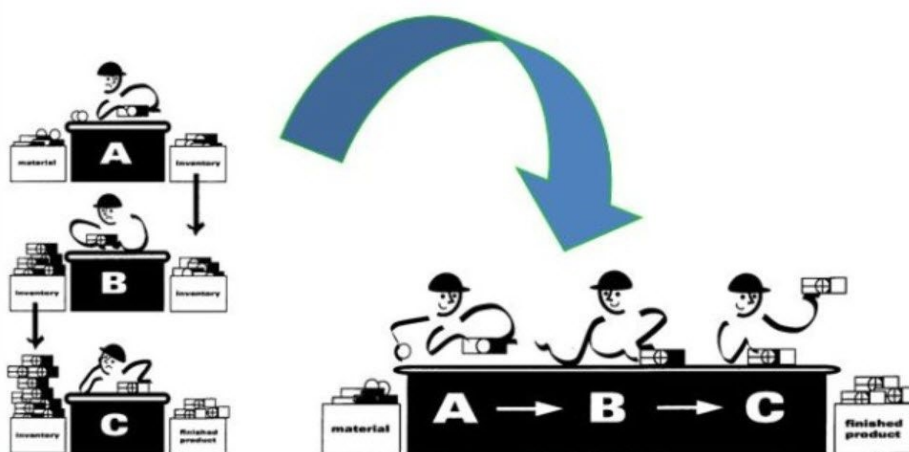
Jsou zaměřeny na určitou, většinou úzkou skupinu problémů produkčního systému a představují „nejlepší praxi“ při jejich řešení, kdy jejich přínos je málo dosažitelný jiným způsobem. Výsledkem jejich užití je hmatatelné zlepšení procesu. Jsou většinou jednoduché, první užitečné výsledky přinášejí v krátké době a jsou zpravidla velmi dobře vyhodnotitelné. Jsou základem zlepšování. Při zavádění průmyslového inženýrství se mají využívat.



Obr. 9 Přehled LEAN nástrojů [19]

1.7.1.1 Jednokusový tok

Neboli OPF (anglicky one piece flow) je metoda postupné výroby, kdy operátor pracuje pouze s jednou součástí až po její úplné dokončení. Pro tento druh výroby se navrhují celé výrobní linky tak, aby se zamezilo jakémukoliv záměně kusů v sériové výrobě. [9]



Obr. 10 Jednokusový tok materiálu [9]

1.7.1.2 Kanban

Je flexibilní metoda postavená na principech JIT. Vybudovaný samoregulační systém řízení výroby, který se používá zejména v Japonsku. Základním kamenem metody jsou kanbany (japonské označení pro štítek) které plní funkci objednávek a průvodek. U tohoto typu výdeje materiálu platí pravidlo FIFO (anglicky first in first out neboli kdo první přichází, první odchází). [10]

1.7.1.3 MOST

Je zkratka, která vychází z anglického slovního spojení Maynard operation sequence technique neboli časová studie (odhad) měření práce. Tato metoda je jedna z nejnáročnějších. Naopak jeden z největších kladů je přesnost a podrobnost jejího obsahu. Hlavním cílem je snížit komplikované nebo nadměrné pohyby a zároveň časy, lidské úsilí a náklady pro firmy. [11]

1.7.1.4 SMED

Neboli Single minute Exchange of die se dá přeložit jako rychlý přechod. Nástroj se zaměřuje na změnu z jednoho procesu na jiný. SMED zkracuje dobu cyklu v procesu na minimum tak, aby došlo ke snížení nákladů a zvýšení flexibility. [12]

1.7.1.5 Standardizace

Standardizace se musí aplikovat bez výjimky i na potřebnou dokumentaci. Během výroby je nutné zaznamenávat řadu potřebných informací. Jako příklad na obrázku 11 je zobrazený sjednocený design prezentace podniku. [13]

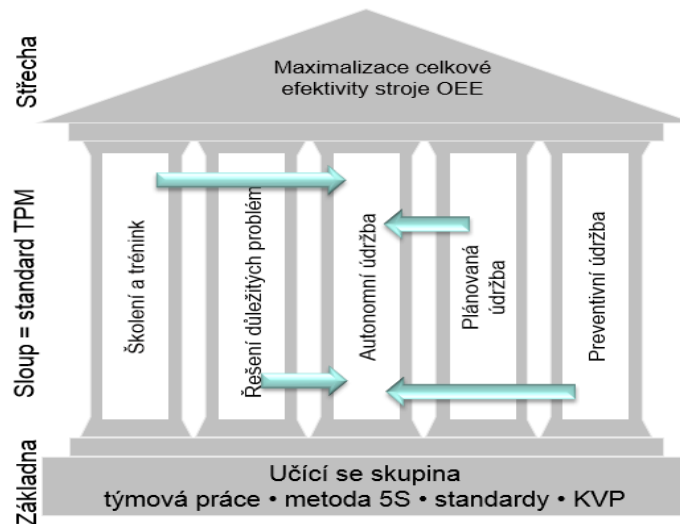


Obr. 11 Standardizovaná dokumentace v podniku

1.7.1.6 TPM

Vychází ze zkratky slov Total Productive Maintenance a skládá se z pěti hlavních pilířů [14]:

- I. Maximalizace celkové efektivity stroje (OEE)
- II. Autonomní údržba prováděná operátory
- III. Školení a trénink operátorů je předpokladem pro předchozí bod
- IV. Nadpoloviční podíl plánované údržby
- V. Preventivní údržba



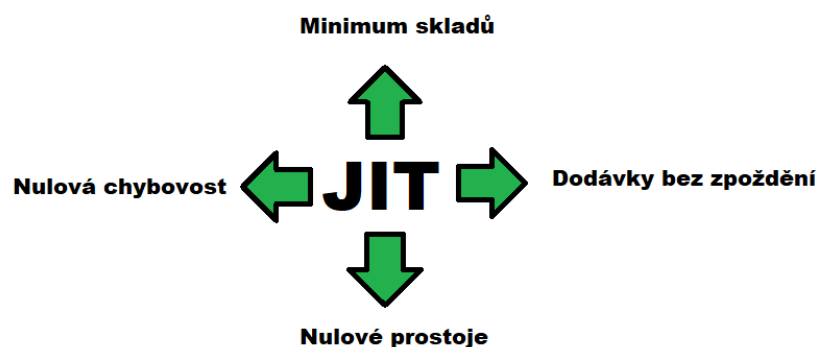
Obr. 12 Základní pilíře TPM [24]

1.7.2 Komplexní (zastřešující) metody

Jejich nejvýznamnějším rysem je schopnost spojovat základní metody do celků, zaměřených zpravidla širší oblast problematiky průmyslového podniku. Jejich využití v „začátečnické“ firmě je velmi problematické, naopak je nutné, aby pracovníci dané firmy měli ve zlepšování produkčního systému určitou praxi a zkušenost. Mezi komplexní metody patří [15]:

1.7.2.1 Just-In-Time (JIT)

JIT je klíčovým stavebním kamenem moderních přístupů k plánování a řízení výroby a je to jak filozofie, tak soubor technik, souvisí tak i přístup k minimalizaci odpadu ve výrobě. Zobrazené bloky znázorňují stavební kameny, které spolu spolupracují na kompletním procesu úspěšné výroby.



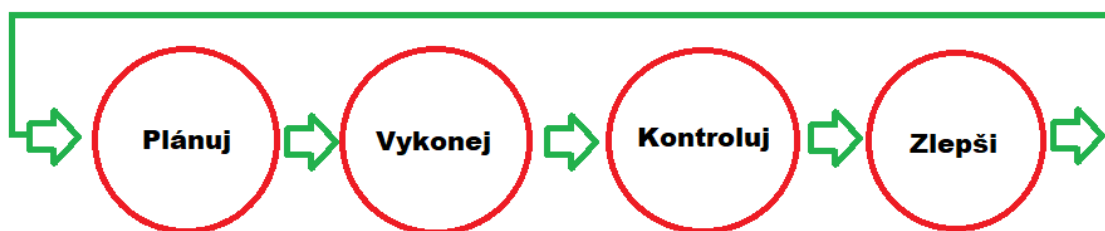
Obr. 13 Just in time

1.7.2.2 Kaizen

System neustálého zlepšování nejen výroby se vztahuje na jakoukoliv úsporu navrženou jakýmkoliv pracovníkem v podniku. Očekává se, že při jakékoliv abnormalitě se setká tým spolu s nadřízenými a navrhnou řešení tak, aby se již daná abnormalita neopakovala. [16]

1.7.2.3 Six sigma

Koncept figuruje od 80. let 20. století a lze jej chápat několika způsoby. Jednou z možností lze vyjádřit celkovou filozofii řízení podniku, která je založena na principu neustálého zlepšování kvality procesů a výrobků. Druhá možnost je jako zvyšování kvality výroby a výrobků. [17]



Obr. 14 PDCA cyklus

1.7.2.4 Týmová práce

Spočívá v zapojení řešení daného problému v kompletním týmu, který se může skládat například z operátora, mistra, inženýra výroby.

2 VÝROBNÍ LINKY

Jejich účel je sestavovat postupně jednotlivé součásti do funkčních podskupin a skupin. U výrobních linek je snaha implementovat mechanizaci a automatizaci za cílem zvýšení efektivity výrobního procesu. Stále ovšem je vysokým podílem zapojena lidská pracovní síla.

Součástí výrobních linek mohou být i předmontážní stanoviště, které vznikají v momentě, kdy balanční graf ukazuje jako nejslabší místo na součást, která by rapidně zbrzdila výrobu. [19]

2.1 Druhy výrobních linek

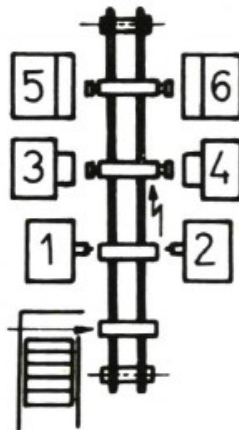
Výrobní linky se rozdělují na skupiny podle typu práce a to na [20]:

2.1.1 Neproudové

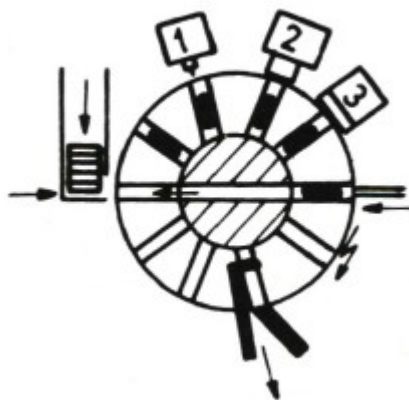
Jedná se o montáž, kde dochází k sestavení na jednom místě. Taková montáž bývá převážně z pravidla dlouhá a náročná na sestavení.

2.1.2 Proudové

Vyráběný výrobek putuje po stanovištích ve výrobní buňce, která má různé montážní pracoviště, takové výrobní buňky zpravidla figurují vysokou efektivitou a využívá je převážně automobilový průmysl. Pro příklad uvedu dva typy proudové montáže pásové a kruhové. Obrázek 15 a 16.



Obr. 15 Proudová pásová montáž [20]



Obr. 16 Proudová kruhová montáž [20]

2.2 Automatizované buňky

Nejčastější volbou pro umístění do výrobní linky je robot s velkým počtem stupňů volnosti, který v případě změny typu výroby poskytne univerzálnost.



Obr. 15 Příklad robotického ramene [24]

2.2.1 Rozdělení automatizačních ramen

Podle způsobu použití a konstrukce dělíme průmyslové roboty do několika skupin. [27]:

- Karteziánské roboty
- Scara roboty
- Kloubové roboty (Obr.17)
- Dvouramenné roboty
- Šestiosé roboty
- Delta roboty

Každá z výše uvedených konstrukcí má své přednosti ve specifickém odvětví. Navzájem se od sebe liší samotnou konstrukcí.

3 SHRNUÍ TEORETICKÉ A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

Teoretická část práce popisuje nástroje a způsoby, jak zmapovat výrobní (montážní) linku. Tyto nástroje popisují, jak pracovat s určitým druhem naměřených nebo zaznamenaných dat. Dále jsou rozvinuty témata, které vysvětlují různé druhy možností, jak směřovat nové projekty.

Praktická část bakalářské práce má za úkol popsat vyráběný produkt a navrhnout dvě možnosti které by byly schůdné pro případnou realizaci projektu. V této části je nutné se řídit firemním standardem který je v daném podniku zaveden. Dále je nutné vypracovat analýzu nárůstu objemu výroby a ukázat potřebný výsledek. Musí být také zohledněn podnět velkého rizika smluvních pokut a dále pracovat s ekonomickou návratností investice.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 POPIS PRODUKTU

Vyráběný produkt se skládá z dílčích součástí, které jsou předem navrženy a odzkoušeny v testovacích laboratořích a splňují požadavky zákazníka. Jednoduchý 2/2 ventil, který slouží k mnoha aplikacím, má obrovskou poptávku a je třeba reagovat zvýšením výroby.

Produkt se skládá z dílčích částí:

- Přípojné šroubení
- Tělo
- Zavírací mechanismus
- Spínaný elektromagnet

4.1 Specifikace produktu

Ventil je osazený elektromagnetickým solenoidem na 24 nebo 12 V. Tělo má vstupní a výstupní šroubení o rozměru M16. Součástí těla ventilu je sestavené membránové ústrojí.

V technické specifikaci lze nalézt:

- Rozměry ventilu
- Materiálové složení
- Elektrické vlastnosti
- Funkčnost ventilu



Obr. 18 2/2 ventil [25]

4.2 Ověření funkčnosti

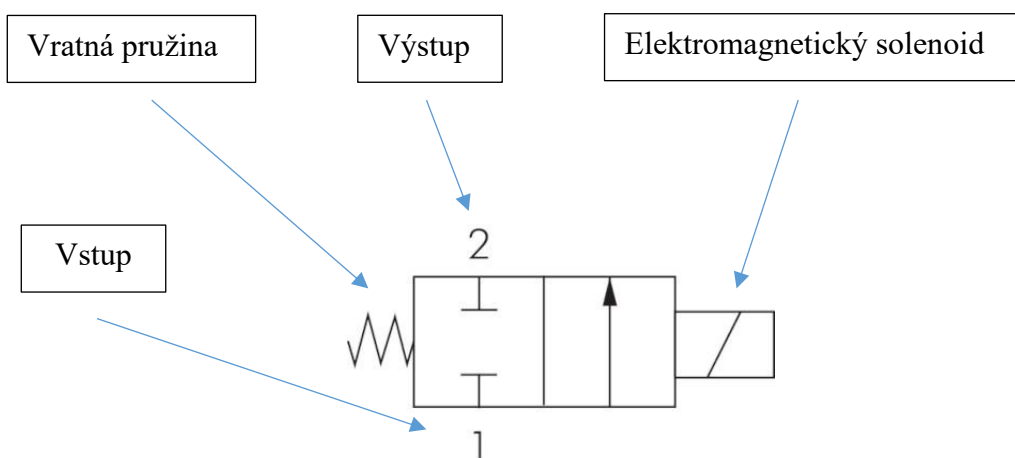
Pro ověřování funkčnosti výrobku se ve výrobním procesu využívá tzv. end of line tester. Jsou to zařízení, která hotový produkt otestují na jeho funkčnosti a další parametry které jsou požadovány zákazníkem. Zařízení je schopno detekce dobrého a špatného kusu, dobrý kus postupuje dále výrobním procesem a špatný musí být separován.

Všechna měřidla ve výrobním procesu podléhají kalibracím. Zároveň se celý měřicí proces ověřuje pomocí metodiky MSA. Tímto způsobem se kontroluje vliv operátora, výrobku a vliv zařízení.

Před každým započítím výroby probíhá ověření funkčnosti end of line testeru. Využívají se speciální etalony vyrobené na základě specifikace zákazníka. Tyto etalony simulují různé stavy vad.

4.3 Schéma pneumatického ventilu

Řešený ventil (obrázek 19) je dvoucestný, je ovládaný elektromagnetickým solenoidem 24 nebo 12 V a do původní polohy se vrací zpětnou silou pružiny umístěnou v hlavní části ovládacího mechanismu. [18]



Obr. 19 Schématické znázornění 2/2 ventilu

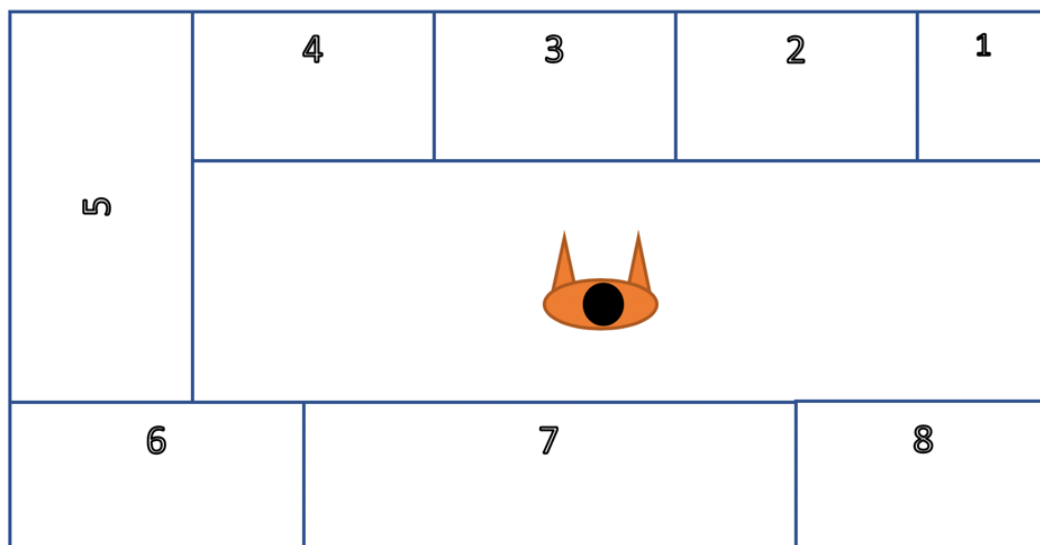
5 POPIS STÁVAJÍCÍ VÝROBNÍ LINKY

Výrobní buňky v moderním výrobním podniku, které se drží dříve zmiňovaných metod a pravidel, mají unifikovaný standard. V případě výroby jednoduchého 2/2 ventilu pro příklad zvolím základní rozložení proudové montáže tvaru „U“.

Linka je stavěna na požadované množství tisíců kusů ročně. Náhlý přísun nových zakázek způsobil obrovskou poptávku pro daný produkt, který je poměrem ceny, kvality ideální. Takové navýšení znamená nedostatečné pokrytí danou výrobní linkou a je nutný zásah pro uspokojení potřeby zákazníků.

5.1 Současný layout pracoviště

Aktuální stavba je dimenzována na 1 montážního pracovníka, který obstarává postupně všech 8 pracovních stanovišť. Pro zajištění plynulosti výroby a minimalizování možných chyb je programově ošetřena pro výrobu po jednom kusu.



Obr. 16 Základní rozložení výrobní linky

5.2 Popis jednotlivých stanic

Stanice 1 – Příprava těla pro přišroubování šroubení

Stanice 2 – Zašroubování šroubení

Stanice 3 – Příprava funkčních komponent

Stanice 4 – Montáž kompletního ventilu

Stanice 5 – Označení ventilu

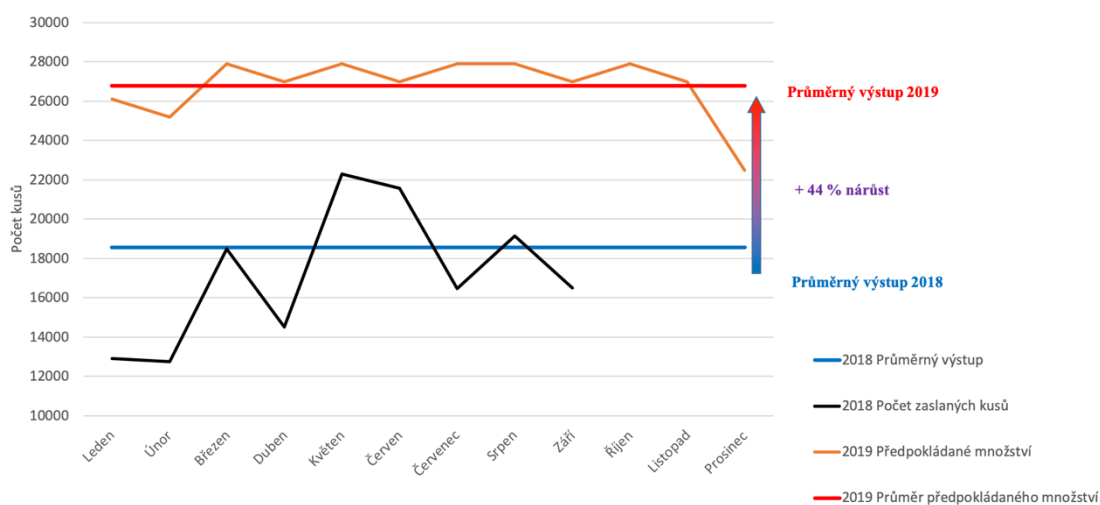
Stanice 6 – Testování ventilu

Stanice 7 – Balení ventilu

Stanice 8 – Odkládací plocha pro hotové výrobky

5.3 Aktuální výrobní data

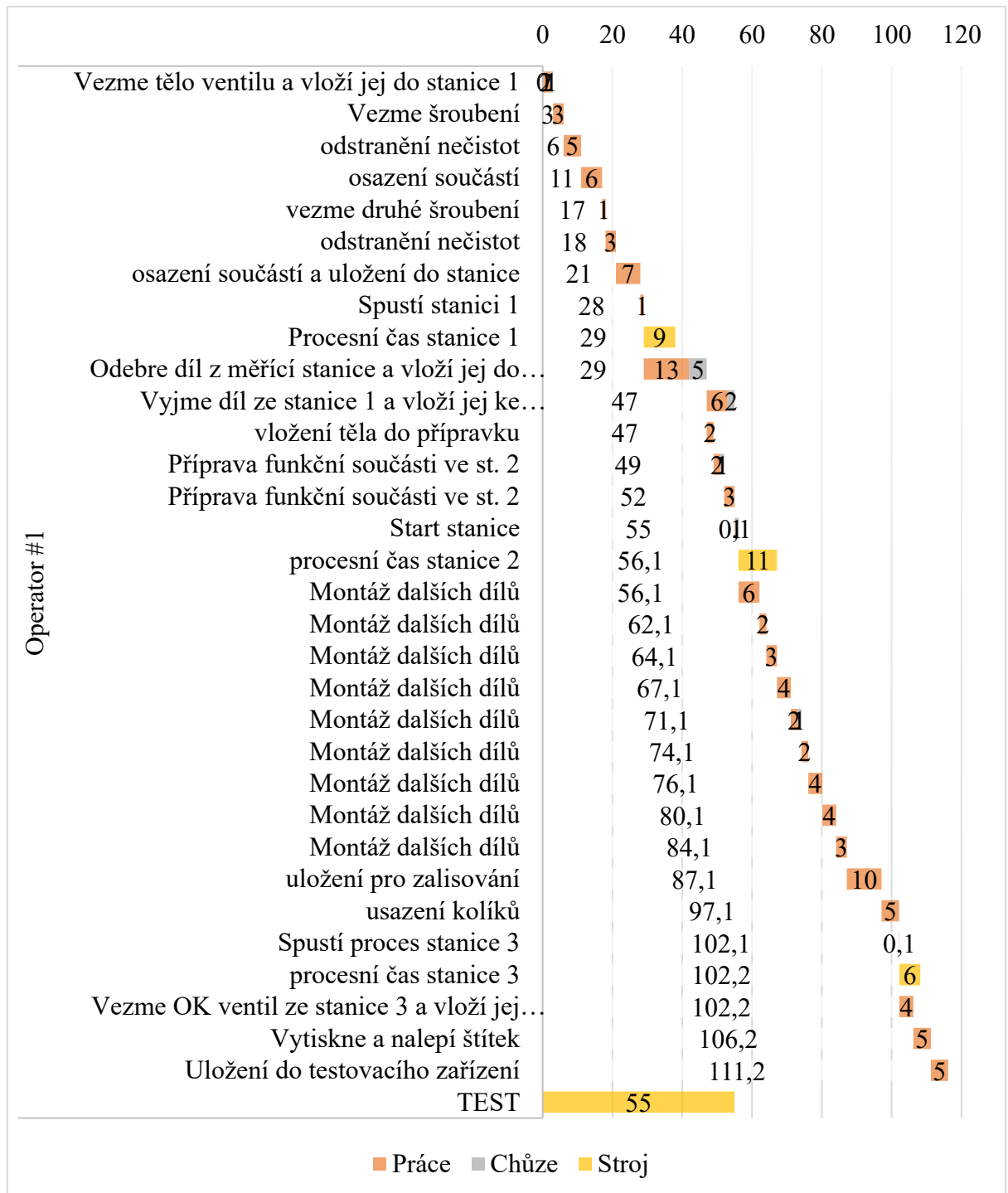
Obrázek 17 popisuje aktuální situaci na trhu s již dříve zmíněným produktem (kapitola 3). Nárůst odběru u zákazníků o 44 % výroby jasně ukazuje situaci, kdy kapacita výrobní linky absolutně nebude stačit vyrábět požadované množství. Pro další kroky je nutné vyhotovit analýzu pracoviště a určit tak následné kroky pro případné rozšíření výroby.



Obr. 17 Porovnání dat

5.4 Aktuální výrobní takt

Obrázek 22 jasně ukazuje pomocí Ganttova diagramu nejvíce vytižené místo výrobní linky. Testovací stanice je schopna otestovat jeden kus každých 55 vteřin, tento čas je nastaven tak aby odpovídal platné specifikaci produktu a již se nedá zkrátit.



Obr. 18 Diagram aktuálního výrobního procesu

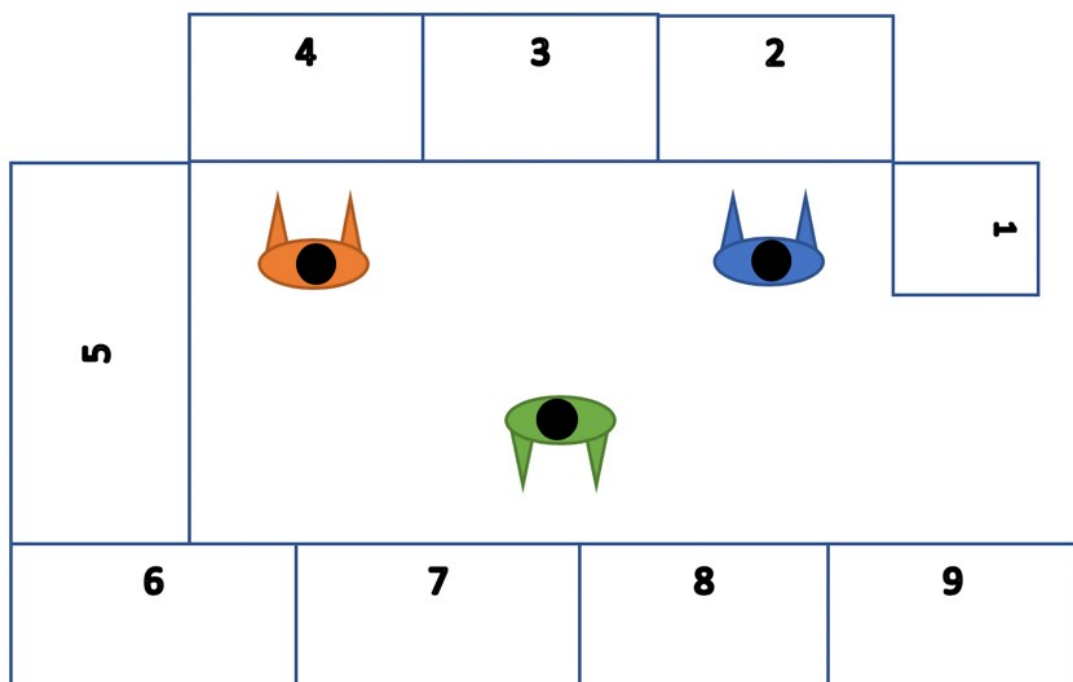
6 NÁVRH ŘEŠENÍ 1

Předešlá analýza z obrázku 18 ukázala nejvíce vytižené místo, kterým je testovací stanice. Tato stanice zároveň určuje maximální výstup hotových výrobků z linky.

V návaznosti na toto zjištění, s přihlédnutím na větší riziko výroby špatného kusu, je návrh zaměřen na úpravu stávající linky, která nebude vázaná postupnou výrobou jednoho kusu, ale umožní kooperaci více montážních dělníků.

6.1 Rozmístění pracoviště

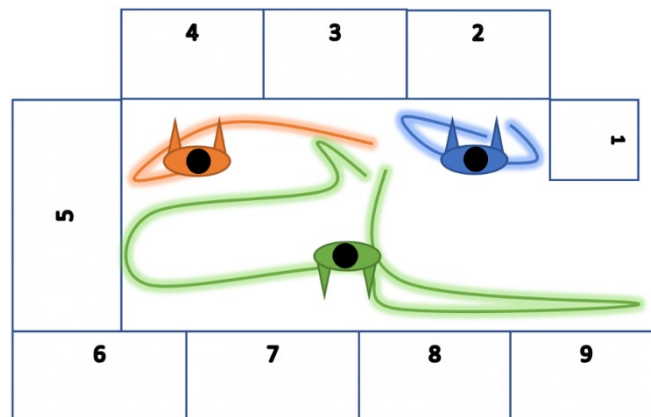
Rozmístění pracoviště (Layout) je navržen pro práci dvou nebo tří montážních dělníků (obr. 19). Rozmístění pracoviště musí umožnit bezpečný pohyb pracovníků mezi jednotlivými stanicemi.



Obr. 19 Layout umožňující práci více dělníků

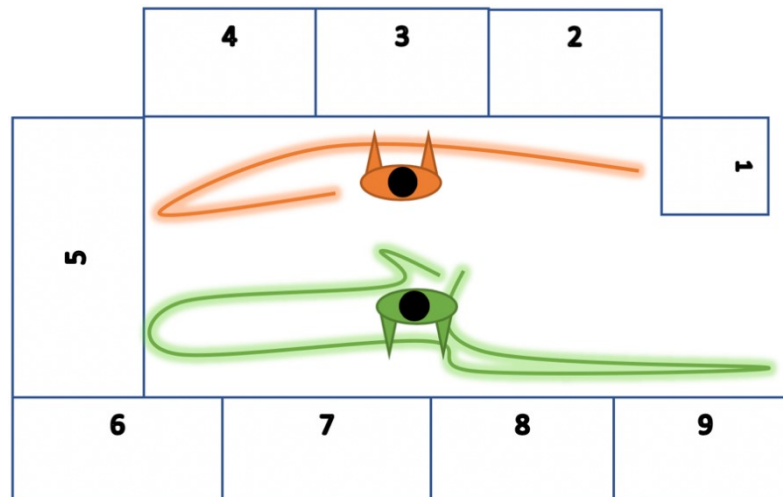
6.2 Spaghetti diagram

První návrh je navržen pro práci tří pracovníků na výrobě jednoho kusu (obr. 20). Díky spolupráci pracovníků dojde k nepřetržitému testování, tím se sníží jednotlivé prostoje mezi spuštěním testovacího cyklu. Tak aby byly obě testovací stanice vytiženy na nepřetržitý testovací režim, je nutné sladit práci všech tří montážních dělníků. Toto řešení je ekonomicky méně výhodné, ale způsobí pokrytí nárůstu o 44 % výroby a zajistí stabilní dodávky.



Obr. 20 Spaghetti diagram pro 3 montážní dělníky

Pro případ opačné situace, kdy dojde k poklesu požadovaného množství lze zachovat stávající rozložení pracoviště a zachovat výrobu pomocí dvou montážních dělníků. Tato situace je vyobrazena na obrázku 21.



Obr. 21 Spaghetti diagram pro 2 montážní dělníky

6.3 Cenový předpoklad implementace řešení 1

Cenová nabídka zahrnuje stavbu jednoduchého testovacího zařízení, kdy z naměřených hodnot diagramu (obr. 18) vyplývá jako nejslabší místo testovací stanice. Zdvojením tohoto procesního kroku dojde k výraznému navýšení výstupu výrobní linky. Tabulka 1 je v jednotkách Českých korun.

V cenové nabídce je zahrnuto:

- Kompletní sestava nového testu
- Pneumatické a elektrické komponenty
- Měřicí zařízení (programovatelné multimetry, detektor netěsností)
- Konstrukční a programátorské práce
- Uvedení do provozu

Tabulka 1 Cenová nabídka na stavbu nové stanice

| | |
|---|----------------|
| Mechanická část zařízení, rám, krytování, 4x hnízdo, dopravníky, adaptéry | 80000 |
| Pneumatické prvky | 42322 |
| Měření těsnosti | 230000 |
| Elektro prvky | 249067 |
| Konstrukční a montážní práce | 420215 |
| Programátorské práce | 100 000 |
| Zprovoznění | 25 000 |
| Dokumentace | 33775 |
| Cena celkem | 1180379 |

6.4 Časový plán pro stavbu varianty 1

Tabulka 2 Časový plán stavby nové stanice

| úloha | Týden 31 | Týden 32 | Týden 33 | Týden 34 | Týden 35 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1. Stavba konstrukce | | | | | |
| 1.1. Konstruování | ■ | ■ | ■ | | |
| 1.2. Objednávka komponent | | ■ | | | |
| 1.3. Stavba konstrukce | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 2. Elektrické a programovací úseky | | | | | |
| 2.1. Elektrifikace | | | ■ | ■ | |
| 2.2. Pneumatické obvody | | | ■ | ■ | |
| 3. SW programování | | | | | |
| 3.1. PLC úprava | | | ■ | ■ | ■ |
| 3.2. Vizualizace | | | ■ | ■ | ■ |
| 4. Start produkce | | | | | |
| 4.1. Ověření/Kalibrace | | | | ■ | ■ |
| 4.2. Vzorky | | | | ■ | ■ |
| 4.3. Zákaznické schválení | | | | | ■ |

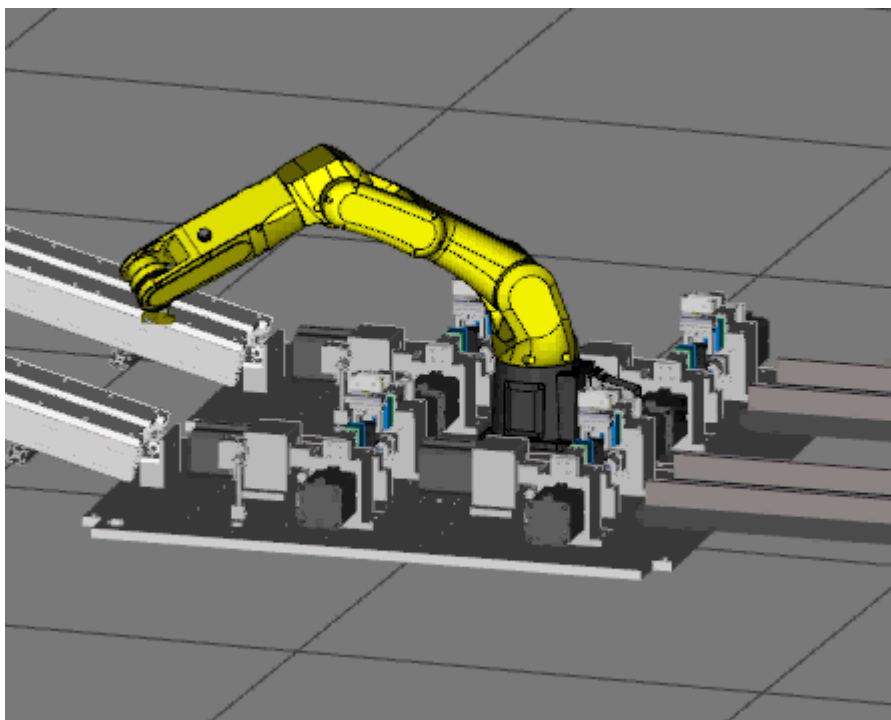
Z tabulky 2 je zřetelný časový plán úprav výrobní linky. Nově přidaná testovací stanice neohroží dodávky pro zákazníka v průběhu prací na zařízeních a je minimalizována práce o víkendy za extra náklady. Plán je uzpůsoben pro stávající výrobní kapacity s ohledem na nasmlouvané dodávky.

7 NÁVRH ŘEŠENÍ 2

Návrh dalšího řešení obsahuje rozsáhlý projekt, který má za úkol nahradit stávající testovací linku novějším typem s implementovanou automatizační jednotkou pro manipulaci v testovacím zařízení. Projekt takového rozsahu vyžaduje rozsáhlé časové a finanční investice.

7.1 Rozvržení linky

Pracovní linka, dle předchozích standardů ve výrobním závodě, bude zvolena opět ve tvaru „U“ (využije se stávající výrobní křídlo). Největší zásah se projeví právě v testovacím zařízení, které bude nově osazeno manipulačním ramenem, které zvládne soustavně obsazovat více testovacích pozic tak, aby došlo k daleko většímu výstupu ze zařízení. Dále dojde ke změně mechanických součástí, které mají největší problémy a způsobují nadbytečné prostroje.



Obr. 22 Vizualizace plně robotického stanoviště

7.2 Cenový odhad implementace řešení 2

Cenová nabídka zahrnuje kompletní výměnu testovacího zařízení a je v ní zahrnuto:

- Kompletní mechanická výměna základní části testovací stanice
- Pneumatické a elektrické obvody
- Měřicí zařízení
- Konstrukční a programátorské práce
- Uvedení do provozu

Varianta dvě je rozšířená o kompletní nové osazení testu. Je rozšířena například o kamerový systém, který je nutný ke čtení identických dat. Ty se váží k jednotlivému vyrobenému kusu, aby jej bylo možné zařadit do databáze výsledků. Další nutností je celkové řešení vylepšit o nové moderní metody a nahradit tak pracovní sílu. Například značící systém a kontrolní stanoviště nahradí práci dalšího dělníka v následném procesu po výrobě. Tabulka 2 je v jednotkách Českých korun.

Tabulka 2 Cenová nabídka

| | |
|---|----------------|
| Mechanická část zařízení, rám, krytování, 4x hnízdo, dopravníky, adaptéry | 396247 |
| Pneumatické prvky | 437523 |
| Robot s ovládacím zařízením | 460698 |
| Měření těsnosti | 502000 |
| Elektro prvky | 249067 |
| Konstrukční a montážní práce | 500210 |
| Zprovoznění | 96639 |
| Dokumentace | 33775 |
| Kontrolní stanoviště | 292400 |
| Kamerový systém | 48661 |
| Značící systém | 30468 |
| Cena celkem | 3047688 |

7.3 Časový plán pro stavbu varianty 2

Tabulka 3 Časový plán přestavby zařízení

| úloha | Týden 31 | Týden 32 | Týden 33 | Týden 34 | Týden 35 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1. Měření cívky | | | | | |
| 1.1. výběr komponent | ■ | ■ | ■ | | |
| 1.2. Objednávka komponent | | ■ | | | |
| 1.3. dopojení a test objednaných komponent | | ■ | ■ | ■ | |
| 2. Elektrické a programovací úseky | | | | | |
| 2.1. I/O mapování | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 2.2. Integrace do stávajícího výrobního křídla | | | | ■ | ■ |
| 3. Přípravky/rám | | | | | |
| 3.1. Výkresová dokumentace | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 3.2. Výroba konstrukce | | | ■ | ■ | ■ |
| 4. Programování | | | | | |
| 4.1. SW programování | | | ■ | ■ | ■ |
| 4.2. Programování vizualizace | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 4.3. Odladění chyb | | | | ■ | ■ |
| 5. Ověření/Kalibrace | | | | | |
| 5.1. Kalibrace | | | | ■ | ■ |
| 5.2. Vzorky | | | | | ■ |
| 5.3. Start produkce | | | | | ■ |
| 5.4. Zákaznické schválení | | | | | ■ |

Tabulka 3 zobrazuje časový plán pro implementaci zařízení do stávající výrobní linky. Zásadní časové rozpětí se ukazuje od týdne 34, kdy by začínala odstávka stávajících výrobních kapacit.

8 POROVNÁNÍ VARIANT

Při obou návrzích byl zohledněn důležitý parametr, a to zachování dodávek velmi nedostatkového zboží pro zákazníka v automobilovém průmyslu. Rozhodujícím faktorem pro výběr výhodnější varianty byla velikost investice a časové náročnosti instalace aplikace a doba kdy bude zařízení odstaveno od provozu.

Tabulka 4 Porovnání variant

| | Varianta 1 | Varianta 2 |
|---------------------------------------|--------------|--------------|
| Čas implementace | 4 týdny | 5 týdnů |
| výsledná cena | 1 080 379 Kč | 3 047 688 Kč |
| výstupy linky po úpravě - 1 Operátor | 37 ks/hod | 54 ks/hod |
| výstupy linky po úpravě - 2 Operátoři | 47 ks/hod | 54 ks/hod |
| výstupy linky po úpravě - 3 operátoři | 54 ks/hod | 54 ks/hod |

Výhody varianty 1:

- Není nutné zastavení výroby
- Nižší investice
- Větší možnost manipulovat s efektivitou podniku při přesunu operátora na jiné výrobní stanoviště
- Kratší doba implementace

Nevýhody varianty 1:

- Nižší výstup ze zařízení při výrobě s jedním pracovníkem
- Větší riziko poruchovosti zařízení
- Ručně ovládané stanoviště

Výhody varianty 2:

- Plně automatizované stanoviště
- Vysoká efektivita výroby za přítomnosti 1 pracovníka
- Nové zařízení se záruční dobou
- Aplikace moderních technologií – uchování výrobních dat v databázi

Nevýhody varianty 2:

- Vysoká cena
- Delší doba implementace
- Riziko zastavení zákazníka
- Riziko neodhalených nedostatků při zrychleném procesu konstrukce
- Delší doba návratnosti zařízení

8.1 Ekonomické vyhodnocení

Při výpočtu se zjištěnými daty podle hodnot v tabulce 4 je počítáno s celkovou dobou odstávky výroby stroje. Započítána je mzda jednotlivých pracovních dělníků. Prodejní cena jednoho kusu je 100 Kč. Všechna data v tabulkách jsou v uváděna v Českých korunách.

Tabulka 5 Vstupní data výpočtu

| Výpočet | Rok 2019 | Rok 2018 |
|---------------------------|-----------------|-----------------|
| Průměrný měsíční objem ks | 27 000 | 19 000 |
| Průměrný roční objem ks | 324 000 | 204 000 |
| Cena produktu CZK/ks | 100 | 100 |
| Měsíční mzda | 27 211 | |

Další výpočet porovnává celkové roční náklady s celkovým ročním ziskem. Výsledná návratnost v letech jasně nahrává variantě číslo 2. Kdy efektivita stroje naprosto vyřadí pracovní sílu montážních dělníků naopak u varianty 1 při vložení jedné koruny nákladu přinese hodnotu efektivity investice v tabulce. Z dlouhodobého pohledu je zřejmé že aplikace automatického ramene (varianta 2) vyjde všemi směry lépe.

Tabulka 6 Základní výpočty

| | Varianta 1 | Varianta 2 |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Dodatečné náklady - ztráta tržeb | 0 | 0 |
| Náklady na pracovní sílu | 118384 | 284 121 |
| Dodatečné náklady na pracovní sílu | 889 800 | 0 |
| Celkové náklady CZK | -2 088 562 | -3 331 809 |
| Celkové tržby CZK | 32 400 000 | 32 400 000 |
| Dodatečné tržby | 9 600 000 | 9 600 000 |
| Dodatečné náklady | -2 088 562 | -3 331 809 |
| Efektivita investice | 4,60 | 2,88 |
| Návratnost v letech | 0,06 | 0,10 |

V tabulce 7 lze vyčíslit poměr investované částky s nákladem na montážní pracovníky. Kdy se investice vrátí při plné výrobě bez dalších překážek.

Tabulka 7 Výpočet návratnosti investice

| | Varianta 1 | Varianta 2 |
|--|------------|------------|
| Celkové tržby CZK/rok | 9 600 000 | 9 600 000 |
| Investice do linky | 1 080 379 | 3 047 688 |
| Další dodatečné náklady CZK/rok | 889 800 | 284 121 |
| Návratnost dodatečné investice v letech | 0,21 | 0,35 |

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo analyzovat současný stav výrobního zařízení, které produkuje výrobky pro automobilový průmysl. Na základě této analýzy se zpracovaly dva návrhy na úpravu výrobní linky. Dále bylo úkolem porovnat obě navržené varianty a na základě zvolených parametrů vybrat tu vhodnější.

Samotná analýza na pracovišti poukázala na nejslabší místa ve výrobním procesu. Díky této analýze byla zpracována dvě řešení. Jeden návrh je zaměřen na rychlou reakci s implementací nového zařízení s minimálním rizikem ohrožení nasmlouvaných dodávek zákazníkovi. Naopak druhý návrh nabízí kompletní obměnu testovacího zařízení s instalací automatického manipulačního robota s vysoce efektivním výstupem. Toto řešení je podstatně větším rizikem při případné přestavbě, kdy by došlo k odstavení testovacího zařízení na dobu nutnou pro přestavbu. Po stránce ekonomické se varianta 1 zdá výhodnější z hlediska efektivity investice. Varianta 2 má delší dobu návratnosti, a to z důvodu vyšší pořizovací ceny nového zařízení.

Vedením firmy byla vybrána varianta číslo jedna, a to z důvodu nutnosti dodávat výrobky i v průběhu přestavby. Takovou možnost varianta dvě nenabízí. Důvodem jsou obavy z případného problému přestavby, který by znamenal obrovské zdržení projektu a s tím spojená ohrožená dodávka zákazníkovi. Pokud by došlo k přerušení výroby, tak na základě smlouvy je dodavatel povinen uhradit ušlé zisky na základě nedodaného zboží.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Lean Manufacturing: Poradenský portál [online]. -: -, 2006 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://www.vlastnicesta.cz/metody/lean-manufacturing>
- [2] Dennis, P. Lean production simplified. Productivity press, New York, USA 2002,170p.
- [3] Metoda 5S (5S Method): Encyklopedie [online]. -: -, 2011 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/metoda-5s>
- [4] BAZALA, Jaroslav. Logistika v praxi: praktická příručka manažera logistiky. [Svazek 2]. Praha: Dashöfer, 2006. ISBN 80-86229-71-8.
- [5] OEE: Overall equipment effectivitness [online]. COMPAS automatizace, spol. s r.o., 2020 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://www.oee.cz/co-je-oee>
- [6] OEE: Overall equipment effectivitness [online]. -: HW Server, 2014 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/oee-celkova-efektivnost-zarizeni-a-vyroby.html>
- [7] Gantt diagram [online]. -: Bennett, Coleman & Co., 2020 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://economictimes.indiatimes.com/definition/gantt-chart>
- [12] SMED analýza: Single minute exchange of die [online]. -: Bisk, 2020 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://www.sixsigmadaily.com/single-minute-exchange-of-die-smed-definition-example/>
- [13] BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matuš VARJAN. Logistické řízení podniku v 21. století. 1. vyd. Brno: CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-824-3.
- [14] TPM: Total productive maintenance [online]. -: ROI Management, 2012 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <http://www.lean-fabrika.cz/terminologie/tpm#.XbnK4S-E7yw>
- [15] Produktivita: Výrobní produktivita [online]. -: Ing. Otakar Ježek, 2019 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://www.produktivita.cz/>
- [16] Kaizen [online]. -: BPI, 2019 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <http://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/kaizen/>

- [17] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. Moderní přístupy k řízení výroby. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [18] Technický list: Datasheet [online]. CZ: Norservis, 2019 [cit. 2020-01-27]. Dostupné z: <https://www.norservis.cz/katalog/22-primo-elektromagneticky-ovladane-sedlove-ventily-serie-82540-click-on>
- [19] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, s.r.o., 2006
- [20] BÍLEK, Ondřej. Strojírenská technologie 1: Montáž. 22.02.2019. UTB, 2019.
- [21] ZLOCHOVÁ, Martina, ed., 2017. Poka-yoke. In: Interní dokument společnosti Norgren [online]. Brno: - [cit. 2020-04-24].
- [22] Cognex kamerový systém, 2020. In: COGNEX: Machine Vision and Barcode Readers [online]. Praha: - [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.cognex.com/en-cz>
- [23] Pokayoke v praxi, 2005. In: IKVALITA [online]. -: - [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=139>
- [24] Robotické rameno FANUC, 2020. In: Fanuc.eu [online]. -: - [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/stranka-filtru-robotu>
- [25] Ventil Norgren, 2020. In: IMI precision engineering [online]. -: - [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.imi-precision.com/cz/cs/list/procesni-ventily>
- [26] Ventil Norgren, 2020. In: IMI precision engineering [online]. -: - [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://www.imi-precision.com/cz/cs/list/procesni-ventily>
- [27] Druhy robotů, 2014. Factory automation [online]. -: Magazín o průmyslové automatizaci a robotice [cit. 2020-04-24]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/prumyslove-roboty-jake-jsou-jejich-druhy/>

SEZNAM ZKRATEK

| | |
|------|---------------------------------------|
| TPS | Toyota production systém |
| OEE | Overall equipment effectivitness |
| MOST | Mainyard operation sequence technique |
| SMED | Single minute exchange of die |
| TPM | Total product maintenance |
| JIT | Just in time |
| MSA | Measurement system analysis |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| <i>Obr. 1 Pokayoke [21]</i> | 17 |
| <i>Obr. 2 Kamerový systém [22]</i> | 17 |
| <i>Obr. 3 Pokayoke v praxi [23]</i> | 18 |
| <i>Obr. 4 Uspořádané pomůcky</i> | 19 |
| <i>Obr. 5 Neuspořádané pomůcky</i> | 19 |
| <i>Obr. 6 Spaghetti diagram</i> | 20 |
| <i>Obr. 7 OEE [5]</i> | 20 |
| <i>Obr. 8 Ganttův diagram</i> | 22 |
| <i>Obr. 9 Přehled LEAN nástrojů [19]</i> | 22 |
| <i>Obr. 10 Jednokusový tok materiálu [9]</i> | 23 |
| <i>Obr. 11 Standardizovaná dokumentace v podniku</i> | 24 |
| <i>Obr. 12 Základní pilíře TPM [24]</i> | 25 |
| <i>Obr. 13 Just in time</i> | 25 |
| <i>Obr. 14 PDCA cyklus</i> | 26 |
| <i>Obr. 15 Příklad robotického ramene [24]</i> | 29 |
| <i>Obr. 16 Základní rozložení výrobní linky</i> | 34 |
| <i>Obr. 17 Porovnání dat</i> | 35 |
| <i>Obr. 18 Diagram aktuálního výrobního procesu</i> | 36 |
| <i>Obr. 19 Layout umožňující práci více dělníků</i> | 37 |
| <i>Obr. 20 Spaghetti diagram pro 3 montážní dělníky</i> | 38 |
| <i>Obr. 21 Spaghetti diagram pro 2 montážní dělníky</i> | 38 |
| <i>Obr. 24 Vizualizace plně robotického stanoviště</i> | 41 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabulka 1 Cenová nabídka na stavbu nové stanice</i> | <i>39</i> |
| <i>Tabulka 2 Časový plán stavby nové stanice</i> | <i>40</i> |
| <i>Tabulka 3 Časový plán přestavby zařízení</i> | <i>43</i> |
| <i>Tabulka 4 Porovnání variant</i> | <i>44</i> |
| <i>Tabulka 5 Vstupní data výpočtu.....</i> | <i>45</i> |
| <i>Tabulka 6 Základní výpočty.....</i> | <i>46</i> |
| <i>Tabulka 7 Výpočet návratnosti investice</i> | <i>46</i> |