



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

**OPTIMALIZACE VÝROBNÍ LINKY POMOCÍ
METOD ŠTÍHLÉ VÝROBY**

PRODUCTION LINE OPTIMIZATION USING LEAN MANUFACTURING METHODS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S/MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Bartuněk

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ivana Hromková, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automatizace a informatiky
Student: **Martin Bartuněk**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Ivana Hromková, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Optimalizace výrobní linky pomocí metod štíhlé výroby

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Nasazení vybraných metod štíhlé výroby do podniku za účelem optimalizace výroby.

Cíle bakalářské práce:

- Rešerše problematiky.
- Analýza a zhodnocení metod štíhlé výroby.
- Aplikace vybraných metod na výrobní systém.
- Zhodnocení výsledků.

Seznam doporučené literatury:

PROUD, John F. Master scheduling: a practical guide to competitive manufacturing. 3rd ed. Hoboken: John Wiley, 2007, xxviii, 657 s. ISBN 978-0-471-75727-6.

HARRISON, David K. Systems for planning and control in manufacturing: systems and management for competitive manufacture. 1st ed. Oxford: Newnes, 2002, xiv, 297 s. ISBN 07-506-4977-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá optimalizací výrobního procesu ve společnosti CommScope Czech Republic s.r.o. pomocí metod štíhlé výroby. První část práce je zpracována formou rešerše jednotlivých metod. Dále je krátce představena společnost a proces výroby optického kabelu. V druhé části práce je zkoumaný proces měřen, analyzován a nakonec optimalizován. Nakonec jsou zhodnoceny výsledky a finanční úspory.

ABSTRACT

This Bachelor's thesis deals with optimization of manufacture process at CommScope Czech Republic s.r.o. with help of lean production methods. The first part of the thesis has a form of study of individual methods. The next part is shortly about the company and optic cable manufacturing process. The second part of thesis contain measuring, analyzing and finally optimization of the examine process. In conclusion are evaluated gained results and financial savings.

KLÍČOVÁ SLOVA

Optimalizace, Lean, Lean Six Sigma, DMIAC, 5S, Plýtvání, Balancování linky

KEYWORDS

Optimization, Lean, Lean Six Sigma, DMIAC, 5S, Wasting, Line balancing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BARTUNĚK, Martin. *Optimalizace výrobní linky pomocí metod štihlé výroby*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/125631>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automatizace a informatiky. Vedoucí práce Ivana Hromková.

PODĚKOVÁNÍ

Za ochotnou spolupráci a cenné připomínky děkuji mé vedoucí práce paní Ing. Ivaně Hromkové, Ph.D., mému nadřízenému za prostor a prostředky pro práci, všem tázaným kolegům za ochotu mi poradit a firmě CommScope Czech Republic s.r.o. za poskytnutí cenných informací.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Ivany Hromkové, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu literatury.

V Brně dne 15. 6. 2020

.....

Martin Bartuněk

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	VYBRANÉ METODY ŠTÍHLÉ VÝROBY	11
2.1	Lean six sigma	11
2.1.1	Six sigma	11
2.1.2	Lean	13
2.2	5S – Pět pilířů štíhlé výroby	14
2.3	DMAIC	16
2.4	Kaizen	18
2.5	Gemba walk	19
2.6	8 Muda	19
2.7	Just in time	21
2.8	Kanban	22
3	COMMSCOPE CZECH REPUBLIC S.R.O.	25
3.1	Představení společnosti.....	25
3.2	Výrobní portfolio	26
3.3	Optické vlákno.....	27
3.4	Popis procesu výroby optického kabelu	29
4	PRAKTICKÁ ČÁST	31
4.1	Definice problémů a cílů	31
4.2	Měření.....	33
4.2.1	Špagety diagram	33
4.2.2	Vybalancování linek	34
4.3	Analýza současného stavu	35
4.3.1	Analýza plýtvání.....	36
4.3.2	Zařazení reworku	37
4.3.3	Analýza z pohledu 5S – standardizace	38
4.3.4	Analýza z pohledu ergonomie	39
4.4	Zlepšit	39
4.4.1	Eliminace plýtvání.....	39
4.4.2	Zařazení reworku	40
4.4.3	Prerозdělení a eliminace pracovních úkonů	41
4.4.4	Nový layout linek	41
4.4.5	Ergonomie	42
4.5	Kontrola a řízení zavedených návrhů	44
4.5.1	Aktualizace standardů.....	44
4.5.2	Možnosti replikace	44
5	ZHODNOCENÍ A DISKUZE	45
5.1	Zhodnocení výsledků.....	45
5.1.1	Nový layout	45
5.2	Finanční zhodnocení.....	46
5.2.1	Náklady na realizaci	46
5.2.2	Finanční úspory	46
6	ZÁVĚR	47
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
8	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK	51

9	SEZNAM PŘÍLOH.....	53
----------	---------------------------	-----------

1 ÚVOD

Vysoká produktivita při zachování vysoké kvality je v dnešní době chápána jako rozhodující faktor, zda v rámci evropského a celosvětového trhu podnik přežije nebo nikoliv. Úspěšný podnik je dnes takový, který při zvyšování produktivity dokáže dosáhnout vysoké jakosti při nejnižších nákladech. Snaha udržet konkurenceschopnost a správně reagovat na vývoj trhu vede podniky k nejrůznějším metodám, strategiím a nástrojům v každé oblasti firmy, od vývoje až po administrativu. Jednou z těchto strategií či filozofií je i štíhlá výroba, kterou se tato práce zabývá. Metody štíhlé výroby umožňují společností zaměřit se na definici, odhalení a následnou eliminaci plýtvání ve výrobním procesu, proces tak zrychlit a snížit tak náklady na výrobu produktu. Koncept štíhlého podniku je známý už od minulého století, kdy vyvstal díky rostoucí mechanizaci a automatizaci požadavek na změnu řízení podnikových procesů směrem ke stálému zvyšování konkurenceschopnosti. Převratnými myšlenkami v oblasti štíhlé výroby však přišlo především Japonsko, a to konkrétně firma Toyota po druhé světové válce.

Tato bakalářská práce byla tvořena ve spolupráci s firmou CommScope Czech Republic s.r.o., kde autor práce pracuje v trainee programu na pozici procesního inženýra. Jeho náplní práce zde je navrhování přípravků, měření časů ve výrobě, tvorba instrukcí, časových studií a pomoc inženýrům při řízení a optimalizaci linek. Z povahy práce Firma CommScope Czech Republic s.r.o. nevyužívá příliš automatizovanou výrobu a hlavním faktorem je zde tedy člověk. O to více se zde dbá na využití metod štíhlé výroby, protože mohou výrazně ovlivnit jak navýšení produkce, tak kvalitu pracovního prostředí pro pracovníky.

Cílem práce je tedy zefektivnit proces výroby a pracoviště ve výše zmíněné společnosti, a to konkrétně výrobní linku na 144vláknový optický kabel typu MPO. V praktické části práce, strukturované podle metody DMAIC, bude krátce představena výroba takového kabelu, analýza celého pracoviště pomocí metod štíhlé výroby a aplikace optimalizačních návrhů.

2 VYBRANÉ METODY ŠTÍHLÉ VÝROBY

Tato kapitola se zabývá rešerší metod štihlé výroby a jiných optimalizačních metod. Budou zde zmíněny nejznámější využívané metody, které jsou zároveň hojně využívány firmou, v které byla tato práce realizována.

2.1 Lean six sigma

Lean Six Sigma je přirozený vývoj v oblasti kvality a procesního inženýrství, který začal v druhé polovině minulého století. Cílem bylo zaměřit se na zlepšení kvality výroby a snížení defektů. Po nějakém čase v těchto principech začali vidět příležitost i jiné části firemní organizace a začali se aplikovat téměř na všechny oblasti firmy. [1,3]

Lean, Six Sigma a Lean Six Sigma jsou tři rozdílné přístupy, přičemž jádrem základních principů je dělat věci lépe, rychleji a levněji, akorát z jiné perspektivy. Sjednocení těchto principů do jednoho konceptu kombinuje analytické nástroje konceptu Six Sigma se strategií zaměřenou na čas z pohledu Lean. Je tak vytvořena komplexnější metoda s výhodami obou dvou předchozích metod. Povahy obou metod jsou zřejmé z tabulky 1. [1,2]

Tab. 2.1 Porovnání Len a Six Sigma [vlastní zpracování dle 1]

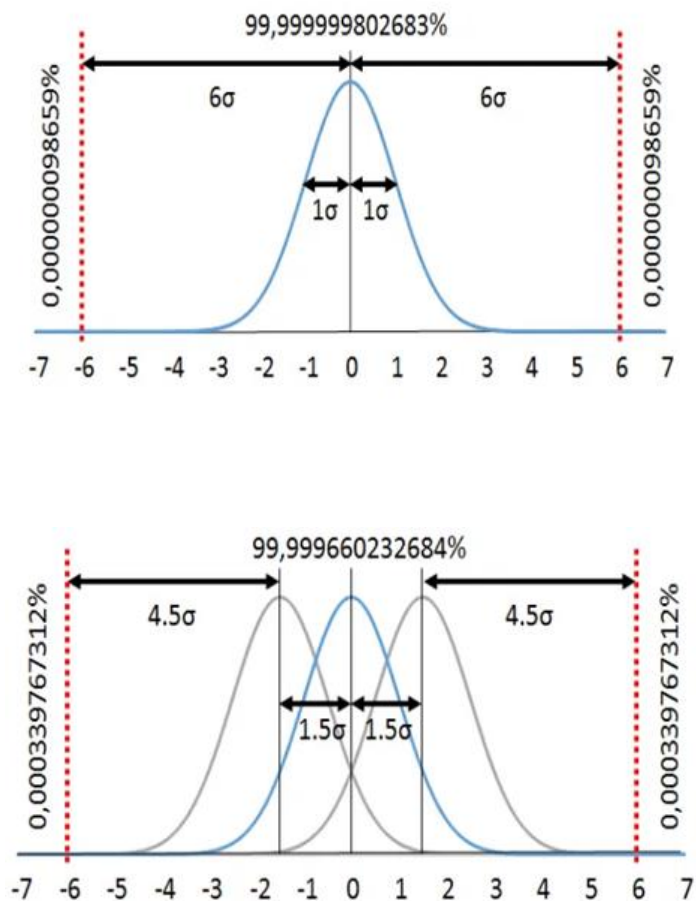
	Lean	Six Sigma
Cíl	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminovat odpad • Zvýšit efektivitu procesu 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminovat odchylky produktu • Redukovat defekty
Zaměření	<ul style="list-style-type: none"> • Rychlost • Cena 	<ul style="list-style-type: none"> • Kvalita
Příklady nástrojů	<ul style="list-style-type: none"> • Kaizen • Value stream mapping • Balancování práce • 7 typů plýtvání 	<ul style="list-style-type: none"> • Paretova analýza • Kontrolní graf • Statistická analýza • Návrh experimentu

2.1.1 Six sigma

Primárním cílem konceptu Six Sigma je redukce defektních výrobků, která vede ke zvýšení produkce a uspokojení zákazníka ať už kvalitnějším produktem nebo nižší cenou produktu. Systematickým měřením a analýzami v procesu odkrývá potenciální místa pro zlepšení. Je to soubor nástrojů, avšak ne systém řízení. [3]

Základem Six Sigma je normální rozdělení neboli Gaussovo rozdělení. Vzdálenost od centra rozdělení je měřena ve standardních odchylkách neboli Sigma(σ). Six Sigma jednoduše vyžaduje, aby toleranční limit ležel nejméně šest standardních

odchylek od centra – obrázek 2.1 nahoře. Takovéto rozdělení se ale ukázalo jako velmi přísné a nereálné, jelikož počítá s chybovostí jen 0,000000098659 %. Ukázalo se tedy vhodnější posunout distribuci o 1,5 standardních odchylek do obou stran, jak je vidět na obrázku 2.1 dole. Takovéto rozdělení pak počítá s reálnější chybovostí 0,000339767316 %. [3]



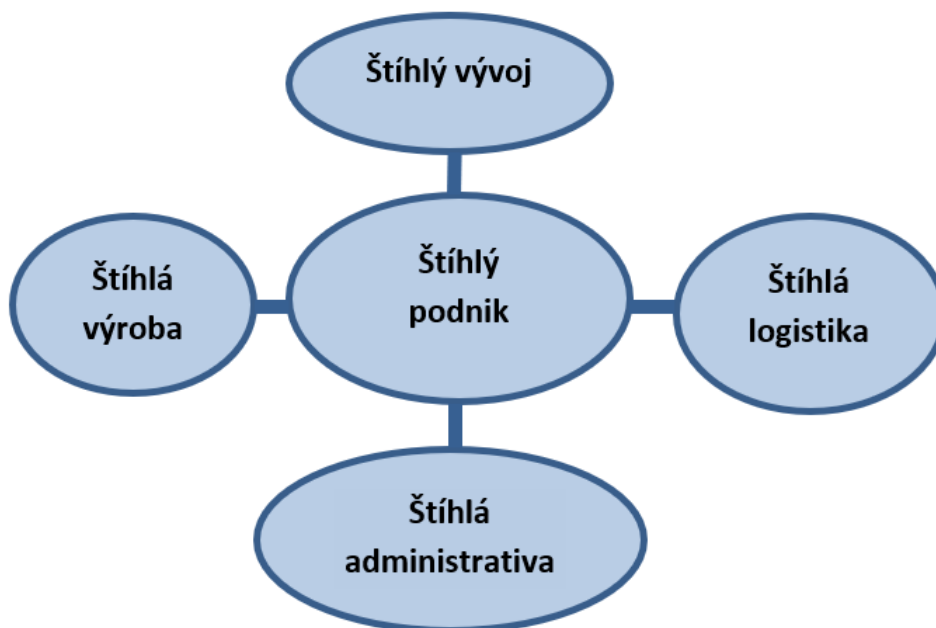
Obr. 2.1 Srovnání tolerancí 6 σ a 4,5 σ [3]

V dnešní době je však tato metoda většinou vnímána spíše jako filozofie, která směřuje k odstranění chyb, zaměřením se na zlepšení kvality pomocí analýz Six Sigma. [3]

2.1.2 Lean

Pojem „lean“, neboli v překladu „štíhlý“ je založen na předpokladu, že všechny činnosti firmy, které nepřidávají hodnotu pro zákazníka, jsou plýtváním, a proto musí být v maximální možné míře eliminovány. Toto platí nejen pro výrobu ale i pro všechny oblasti podniku patrné z obrázku 2.2. [2]

Tato myšlenka vznikala v Japonsku po druhé světové válce, a to ve firmě Toyota, proto někdy také bývá označována jako TPS – Toyota Production Systém. [2]



Obr. 2.2 Štíhlé oblasti podniku [vlastní zpracování dle 2]

Štíhlá výroba se řídí třemi hlavními koncepty:

1. Přidaná hodnota

Za krok v procesu, který má nějakou přidanou hodnotu se považuje ten, za který je zákazník ochoten zaplatit, fyzicky přeměňuje produkt nebo informaci nezbytnou k jeho výrobě, nebo je proveden napoprvé správně a nemusí se opravovat. Přesným opakem je nepřidaná hodnota, kterou se snažíme odstranit.[2]

2. Tok hodnot a eliminace plýtvání

Je třeba zmapovat tok hodnot konkrétního výrobku, najít všechny formy plýtvání a odstranit je. [2]

3. Zapojení všech zaměstnanců

Lidé, kteří se účastní zavádění změn jsou přirozeně více motivováni tyto změny přijmout a podporovat je. Zaměstnanci výroby jsou také dobrými referenty a o skutečné situaci ve výrobě toho vědí nejvíce. [2]

2.2 5S – Pět pilířů štíhlé výroby

Slovo „pilíř“ se používá jako metafora pro vyjádření jednoho ze skupiny strukturálních prvků, které společně podporují systém. V tomto případě pět pilířů podporuje systém zlepšování ve společnosti.

Účelem je vytvoření a udržení organizovaného, čistého, bezpečného a vysoce výkonného pracovního prostředí.

Pět pilířů je definováno jako třídění, nastavení pořádku, lesk, standardizace a zachování. Ve společnosti je důkladné zavedení pěti pilířů začátkem pro zlepšovací činnosti zajišťující přežití firmy. Je to proto, že v denním životě podniku, stejně jako v našich denních životech provádíme procedury, které třídí, uvádí do pořádku a vytváří lesk, a ty jsou nezbytné pro hladký a efektivní tok činností. [4,5]

První pilíř – třídění (Seiry/Sort)

Klíčem k prvnímu pilíři je odstranit z pracoviště všechny předměty, které nejsou zapotřebí pro současné výrobní (nebo administrativní) operace. Je dobré řídit se i poučkou: „Když jste na pochybách, odstraňte to“.

První pilíř se dá implementovat například označením potencionálně nepotřebných položek červeným štítkem. [4]

Typické položky označené k odstranění obsahují:

- Nepotřebné soubory, administrativu, referenční příručky.
- Vadné, přebytečné nebo nepotřebné položky, které se hromadí.
- Zastaralé nebo zlomené nástroje, zásoby nebo kontrolní zařízení.
- Staré hadry a další čisticí prostředky.
- Nefunkční elektrické nástroje/zařízení.
- Zastaralé plakáty, značky, oznámení a poznámky. [4,5]

Druhý pilíř – nastavení pořádku (Seiton/Set in order)

Nastavení pořádku znamená, že uspořádáte potřebné předměty tak, aby byli lehce použitelné, a označíte je tak, aby je mohl kdokoliv nalézt a uložit je. Vše by mělo být ideálně na dosah ruky, uloženo v používaném sledu a pohyb těla by měl být udržován na minimu.

Vizuálně zorganizujte pracoviště těmito kroky:

- Vyznačení hranic k rozlišení pracovních oblastí.
- Určení „domácí adresy“ pro každou položku.
- Označení každé položky názvem a domácí adresou. [4,5]

Třetí pilíř – lesk (Seiso/Shine)

Třetím pilířem je lesk. Je to složka, která zdůrazňuje odstranění špíny a prachu z pracoviště. Lesk jako takový znamená, že všechno udržujeme zametené a čisté.

- Úklidový rozvrh a přiřazení povinnosti
- Vytvoření procedury pro pokračování denních čistících procesů
- Stanovení pravidelných kontrol a cílů pro stroje, zařízení, počítače, nábytek atd. [4,5]

Čtvrtý pilíř – standardizace (Seiketsu/Standardize)

Standardizace slouží k zachování prvních tří pilířů. To znamená vytvoření konzistentního způsobu provádění úkolů a procedur neboli dělat „správné věci pokaždé správným způsobem“ [4,5]

Tipy pro standardizaci:

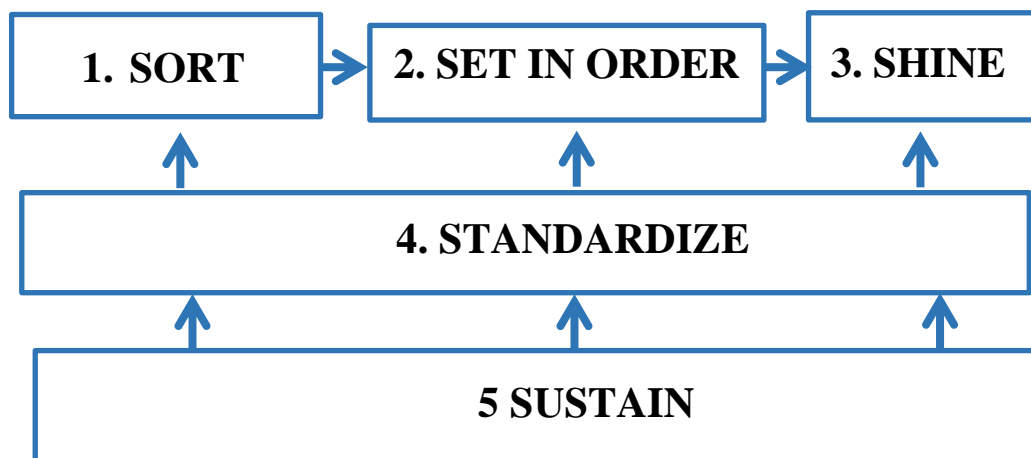
- Prohlédnout si procedury prováděné v prvních třech pilířích a začlenit tyto prvky do každodenní pracovní činnosti.
- Mělo by být na první pohled zřejmé, kdy není položka na určeném místě.
- Použití vizuální řízení procesu a jakékoli další vhodné vizuální značky, které pomohou lidem udržet vše tam, kde by to mělo být.
- Naplánování činnosti 5S dostatečně často k udržení čistého, uklizeného a bezpečného pracovního prostředí.
- Vytvoření 5S procedury, k ujasnění, kteří zaměstnanci na pracovišti budou mít jaké povinnosti. [4,5]

Pátý pilíř – zachování (Shitsuke/Sustain)

V kontextu pěti pilířů to znamená zachování vytvořeného návyku z řádného udržování správných procedur. Pilíř zachování drží první čtyři pilíře pospolu.

Tipy pro implementaci pátého pilíře:

- Vytvoření formuláře na kontrolu 5S nebo radarový diagram pro shrnutí výsledků.
- Stanovení jednotné normy ve společnosti.
- Stanovení pravidelných rozvrhů pro vedení kontrol. [4,5]



Obr. 2.3 Pět pilířů štíhlé výroby [vlastní zpracování dle 6]

2.3 DMAIC

DMAIC je akronymem anglických slov Define (Definovat), Measure (Měřit), Analyze (Analyzovat), Improve (Zlepšit), Control (Řídit). Tato slova, pak označují jednotlivé fáze metodiky, tak jak jdou chronologicky za sebou viz. obrázek 2.4. [7]



Obr. 2.4 DMAIC [7]

Definovat

V této počáteční fázi je zásadní vybrat příležitosti pro zlepšení s co největší dopadem a pochopit které měření pomohou indikovat úspěšnost projektu.

Během této fáze bude potřeba:

- Identifikovat nebo ohodnotit příležitost ke zlepšení
- Vytyčit rozsah projektu
- Vytvořit obchodní proces
- Zjistit požadavky zákazníka
- Zdokumentovat obchodní příležitosti
- Prozkoumat dopady projektu
- Identifikovat zúčastněné strany
- Vytvořit tým
- Identifikovat a zmapovat procesy spojené s obchodem [7]

Měřit

Zde je vyhodnocován současný stav projektu. Shromažďují se data ze všech možných zdrojů, aby mohla být v dalších krocích porovnána s novými daty a mohlo se tak vyhodnotit případné zlepšení nového procesu.

Body druhé fáze:

- Vytvoření metodiky, podle které budou shromažďovány vhodná data
- Identifikovat vstupy, proces a výstupy
- Shromažďování, vykreslování a analýza aktuálních dat
- Analýza efektů [7]

Analyzovat

Tato fáze se zaměřuje na izolování ideálně tří hlavních příčin ovlivňující kvalitu výroby, které budou dále zkoumány. Klíčovými nástroji jsou: testování hypotézy, Paretůvy grafy, diagramy procesů apod.

Body třetí fáze:

- Analyzovat problém
- Dokončit analýzu kořenové příčiny
- Implementovat kontrolu procesu
- Regresní analýza
- Návrh experimentu pro měření zlepšení
- Vytvoření plánu pro zlepšení [7]

Zlepšit

Čtvrtá fáze metody DMAIC má směřovat k úplnému pochopení hlavních příčin. Zde tým za pomoci technologií a disciplíny tvoří inovativní a kreativní řešení, která zabraní hlavním příčinám a opraví jejich následky. Tým se případně se může vracet k předchozí fázi a zpět.

Body čtvrté fáze:

- Vytvořit a vyhodnotit nápady na řešení
- Determinovat očekávané přínosy řešení
- Vypracovat revidované procesní mapy a plány
- Definovat pilotní řešení a plán
- Podělit se o řešení se všemi zúčastněnými stranami [7]

Řídit

Nakonec musí být všechna zlepšení kontrolována, aby s zajistili dlouhotrvající výsledky a ustálily se změny.

Nezbytné kroky jsou:

- Ověřit snížení chyb způsobených kořenovou příčinou
- Zjistit, zda je pro dosažení cíle projektu nezbytné další zlepšení
- Identifikovat a dokumentovat možnosti replikace a standardizace
- Aktualizovat standardizaci
- Integrovat získané zkušenosti [7]

2.4 Kaizen

Podstata pojmu KAIZEN je jednoduchá a jasná: KAIZEN znamená zlepšování a zdokonalování. KAIZEN navíc znamená neustále probíhající zdokonalování týkající se všech, včetně manažerů a dělníků. Filozofie KAIZEN předpokládá, že náš způsob života – ať už pracovního, společenského nebo domácího – si zaslouží neustálé zdokonalování. KAIZEN začíná přiznáním skutečnosti, že každý podnik má problémy a tyto problémy řeší vytvořením firemní kultury, v níž může každý svobodně tyto problémy připustit. [8]

V dnešní době je kaizen používán jako vícedenní (většinou 2–10 dní) událost neboli Kaizen events, která je zaměřená na konkrétní vývojový projekt a která dokáže dosáhnout průlomových zlepšení v této relativně krátké době. Na takovéto události je přítomný průřez celého spektra zaměstnanců firmy a každý může přispět svým nápadem a názorem. [9]

Základní principy tohoto systému jsou:

- Zaměřuje se na zlepšení, která vychází z lokálních znalostí a zkušeností lidí ve výrobě.
- Zapojení lidí do zlepšovacích procesů přináší lidem i seberealizaci a vyšší uspokojení z práce, přispívá k rozvoji jejich schopností i ke zlepšování podnikové kultury.
- Změny „zvenčí“, které pouze reagují na vznikající problémy (administrativní rozhodnutí v managementu, přizvání externí konzultační firmy, racionalizace „shora“ z technických oddělení), jsou většinou nákladnější a méně stabilní.
- Tradiční pohled na výrobní systém, který vyžaduje od lidí ve výrobě jen „disciplínu“, zanedbává to nejcennější ve výrobě – lidský potenciál.

- Je to řízený proces, protože zlepšení z pohledu jednoho oddělení nemusí být ještě zlepšením pro celý podnik. [10,11]

KAIZEN může být chápán také jako pojem zastřešující praktiky štíhlého podniku, jak shrnuto v tabulce 2.2.

Tab. 2.2 Zastřešující pojem KAIZEN [vlastní zpracování dle 9]

<u>KAIZEN</u>	
• Orientace na zákazníky	• Kamban
• Absolutní kontrola kvality	• Zdokonalování kvality
• Robotika	• „Právě včas“
• Kroužky kontroly kvality	• Žádné kazové zboží
• Systém zlepšovacích návrhů	• Aktivity malých skupin
• Automatizace	• Dobré vztahy management – zaměstnanci
• Disciplína na pracovišti	• Zvyšování produktivity
• Absolutní údržba výrobních prostředků	• Vývoj nových produktů

2.5 Gemba walk

Gemba walk, neboli gemba procházka, je termín označující osobní navštívení výroby a pozorování výrobního procesu. Originální termín „*gembutsu*“ znamená v japonštině „opravdová věc“ a odkazuje spíše na opravdové místo, takové, kde vzniká přidaná hodnota produktu.

Tento koncept zdůrazňuje:

- Osobní pozorování procesu.
- Pozorování míst vzniku přidané hodnoty.
- Interakce s lidmi ve výrobě v duchu Kaizen. [12]

Gemba walk je hlavně o sbírání dat, o pozorování a inspiraci. Není to nástroj pro řešení problémů. Při takovéto „procházce“ by měli vznikat hlavně užitečné poznámky o problémech ve výrobě a ucelené představy o celém výrobním procesu. Čím více poznámek vznikne, tím lépe. [12]

2.6 8 Muda

Pojem plýtvání je ve filozofii štíhlého podniku klíčový. Japonci používají na vyjádření plýtvání slovo „muda“, angličtina „waste“. [11]

Plýtvání je všechno, co zvyšuje náklady výrobku nebo služby bez toho, aby zvyšovalo jejich hodnotu. Je to jakýkoliv krok či akce v procesu, nepřispívající k úspěšnému dokončení procesu (nemá žádnou přidanou hodnotu). Ve chvíli, kdy je plýtvání odstraněno, zůstanou pouze nezbytné kroky s přidanou hodnotou. [11]

Nadprodukce

Produkování nadměrného množství výrobků je formou plýtvání. I v případě, že se produkt nakonec prodá, to způsobuje určité typy problémů. Například je nutné přebytečné produkty skladovat, což už je plýtvání prostory. [11,13]

Zbytečný pohyb

Pohyb po pracovišti je nezbytný pro tvoření produktu, avšak příliš častý pohyb, který nemá žádnou přidanou hodnotu, je nežádoucí a je považován za plýtvání. Může ho způsobit například nevhodné umístění strojů a pracovišť, mezi kterými musí pracovník cestovat zbytečně dlouhé vzdálenosti. Minimalizování zbytečného pohybu je skvělým způsobem, jak redukovat plýtvání, poněvadž nevyžaduje žádné zdroje, pouze reorganizaci prostorů. [11,14]

Čekání

Další z osmi druhů plýtvání je plýtvání čekáním. To může nastat, pokud není práce řádně rozplánována, takže jeden pracovník čeká na druhého až dokončí svůj díl práce a předá rozpracovaný produkt na další stanoviště. Takovéto prostoje se dají minimalizovat prací s rozvrhy práce. Plýtvání čekáním nastává ale také čekáním na stroj, kdy pracovník čeká až stroj vykoná pracovní proces, přestože by mohl chystat nástroje na další operaci, uklízet pracoviště apod. Plýtváním je i stroj čekající na údržbu či náhradní díly. [11,13]

Nadměrné zásoby

Přebytečné zásoby ve skladu jsou jedním z nejčastějších typů plýtvání. Mimo hotové produkty to platí i pro věci nezbytné pro výrobu produktu. [10,12]

Nadbytečná práce

Nadbytečnou prací je přidávání větší hodnoty produktu, než zákazník ve skutečnosti vyžaduje. Například příliš přísné rozměrové tolerance, nátěry na místech, která nejsou vidět, nebo nejsou ovlivněna korozí apod. Plýtvání nadbytečnou prací může být způsobeno nejasnými standardy a specifikacemi. [11,13]

Opravování

Oprava vadných kusů je asi první věc, která většinu lidí napadne v souvislosti s plýtváním. Náklady spojené s defekty mohou být mimo vyhozený vadný kus nebo práce navíc při opravě ale daleko rozsáhlejší. Mohou to být náklady na materiál, samotnou

opravu, nastavení strojů, dopravu, papírování, prodloužení dodacích lhůt, selhání dodávek či potencionální ztráta zákazníka. [13,14]

Doprava

Ztráty dopravou mohou vznikat při takových operacích, kdy se materiál převáží jen proto, že se neví, kam ho uskladnit. Je tedy žádoucí, aby doprava byla účelná a pokud možno přinášela zákazníkovi přidanou hodnotu

Také transport vstupního materiálu na dlouhé vzdálenosti nepřidává produktu žádnou hodnotu a je výdajem navíc. Lokální dodavatel je tedy velkou výhodou ať už z důvodu drahé dopravy nebo potencionálního zpoždění či poškození dodávky. [11,13]

Nevyužité schopnosti pracovníků

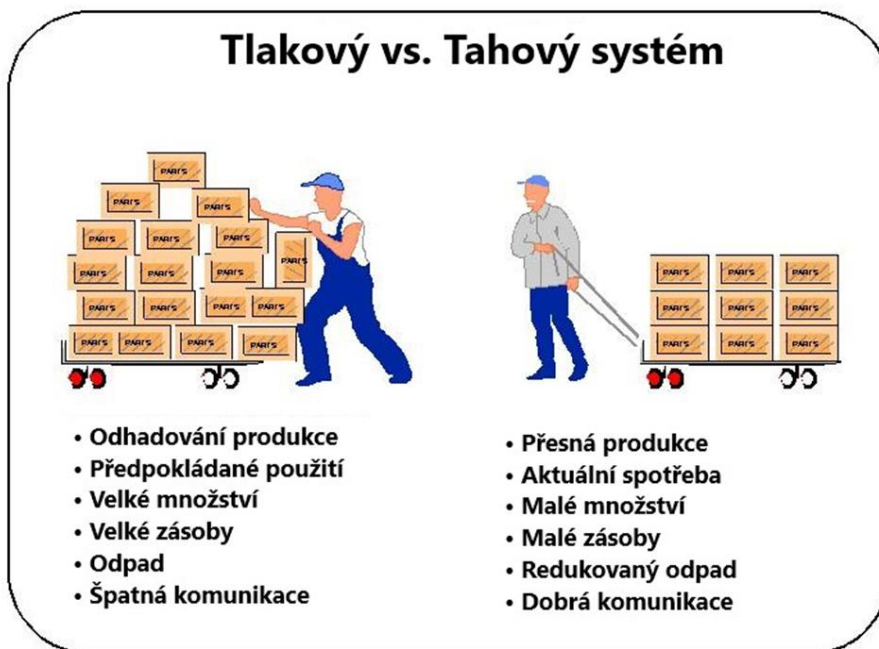
Takovéto ztráty jsou způsobeny nevhodným přístupem vedoucích pracovníků ke svému podřízeným. Jsou často přesvědčeni, že znají vše nejlépe a nepotřebují se o tom s nikým radit. Tímto pak vzniká komunikační propast mezi pracovníky a jejich nadřízenými a tito pracovníci nemají svou tvořivost a schopnosti, jak uplatnit. [11,14]

2.7 Just in time

Metoda „Just in time“, neboli „Právě v čas“ se zakládá na tahovém systému výroby, to znamená, že do postupných stupňů výroby (montáže) je dodáván přesný počet potřebných jednotek ve vhodnou dobu. Rozdíl mezi tahovým a tlakovým systémem je patrný z obrázku 2.5. Zavedení této koncepce do praxe znamenalo obrátit normální proces myšlení. Běžně jsou jednotky převáženy do dalšího stupně výroby, jakmile jsou připraveny. Nicméně koncepce „právě včas“ tuto zvyklost otočila, takže z každého stupně výroby je nutné se vrátit k předchozímu stupni a vyzvednout tam přesný počet potřebných jednotek. To má za následek významný pokles v množství zásob. Systém „právě včas“ byl poprvé zaveden v Toyota Motor Corporation, aby bylo možné minimalizovat zásoby a předcházet tak plýtvání. Základním principem je to, že nezbytné části pro výrobní proces by měli dorazit „právě včas“. [8]

Koncepce má následující výhody:

- Zkrácení doby výroby
- Zkrácení doby mimovýrobních činností
- Snížení zásob
- Lepší rovnováha mezi různými procesy
- Objasnění problémů [15]

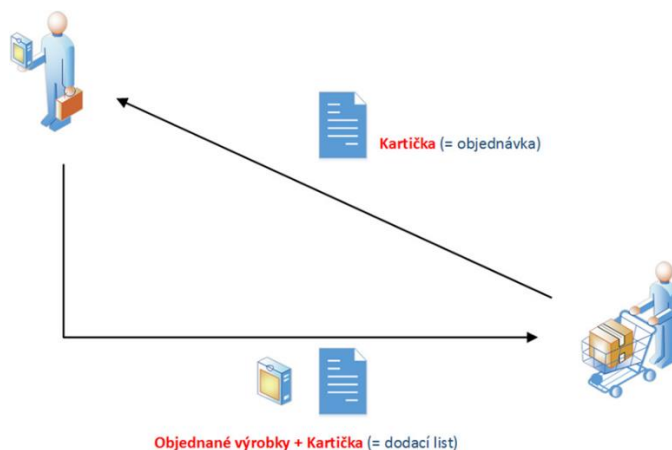


Obr. 2.5 Tlakový vs tahový systém [vlastní zpracování dle 16]

2.8 Kanban

Kanban, Japonské slovo pro „signál“ je často používaná metoda komunikace ve výrobě. Samotným signálem může být karta uchycená na krabici, čtverec vyznačený na podlaze nebo jednoduše kontejner s komponenty a materiálem. [17]

Ve výrobním procesu typu „právě v čas“ je to komunikační nástroj, který může fungovat například tak, že dělník z následující výrobní fáze při přebírání dílů z předchozí výrobní fáze nechá na místě kanban, označující dodávku určitého množství specifických dílů. Když jsou všechny tyto díly spotřebovány, kanban je poslán zpět a slouží jako objednávka dalších dílů. Jedná se o důležitý nástroj celého výrobního procesu typu „právě včas“. [8]



Obr. 2.6 Princip kanbanu [18]

V praxi pak samozřejmě kanbanem nemusí být fyzický lísteček, ale jakýkoliv signál ve výrobním procesu. V současné době je v mnoha případech systém Kanban řízen pouze elektronicky, kdy nekoluje žádná karta, ale vše se řeší pomocí čtečky čárových nebo QR kódů. Ve chvíli, kdy je odebrána položka zásoby, se načte kód její specifikace a ihned poté se objeví požadavek po dané položce na dodavatelském pracovišti. [8]

Implementace kanbanu

Ze začátku je nutné si uvědomit, že kanban nelze zavést ze dne na den. Může to trvat i několik týdnů nebo dokonce měsíců aby byl systém kompletně funkceschopný a pracovníci dostatečně proškolení. Každá firma je něčím specifická, odlišná a tím i každý kanaban systém. [19]

Nejdůležitější prvky tohoto systému jsou:

- vytvoření svázaných samořídících regulačních okruhů mezi výrobními a spotřebními oblastmi
- implementace tahového principu pro následující spotřební stupeň
- pružné nasazování personálu a provozních prostředků
- přenos krátkodobého řízení na výrobní pracovníky pomocí speciálního nosiče informací – karty Kanban [20]

Předpoklady zavedení Kanban systému:

- vyškolený, ale hlavně motivovaný personál
- vysoký stupeň opakování výroby, bez velkých výkyvů v poptávce
- vzájemně harmonizované kapacity
- rychlé postupy přetypování zařízení
- připravenost personálu v případě zvýšeného poptávky dělat přesčasy (částečná pružnost kapacit)
- rychlé odstranění poruch by měli zvládnout dobře vyškolení operátoři zařízení
- výkonná kontrola kvality přímo na pracovišti
- připravenost managementu na všech úrovních delegovat pravomoci
- správně navržený layout dílny, s tendencí k linkovému uspořádání [20]

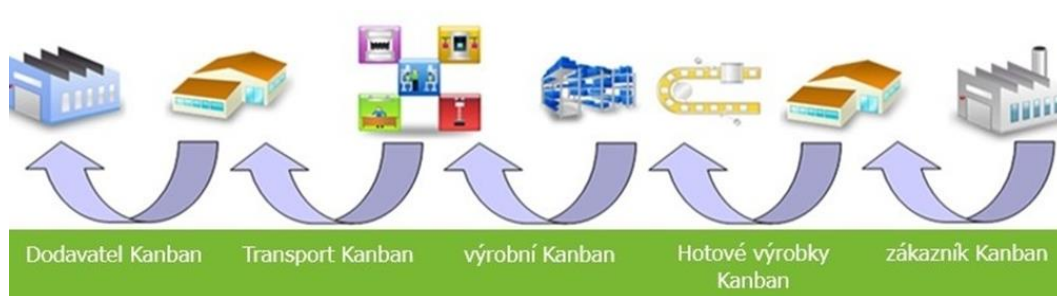
Základní pravidla pro fungování Kanban systému:

- Personál následujícího procesu je povinen odebrat dílce z předcházejícího procesu, tak jak to předepisuje příslušná Kanban karta (množství, typ...).

- Výrobní personál může vyrábět jen to, co mu povoluje výrobní Kanban karta.
- Pokud na pracovišti nejsou k dispozici žádné Kanban karty, nesmí být realizována žádná činnost (doprava, výroba).
- Kanban karty jsou vždy přepravovány společně s paletami a dílci (kromě jejich návratu).
- Výrobní personál odpovídá za to, že jen výrobky se stoprocentní kvalitou budou vloženy do palet pro následující proces. Pokud se vyskytne chyba, následuje stop celého procesu a odstranění chyby tak, aby se nemohla opakovat.
- Inicializační počet Kanban karet musí být postupně redukován, provázanost procesů se musí zvyšovat, snížení zásob odkrývá problémy a umožňuje tak jejich eliminaci. [20]

V logice “Tahově” řízeného logistického toku jsou nejčastěji využívány tyto Kanbanové typy:

- Dodavatelský Kanban anebo externí Kanban.
- Transportní Kanban anebo přeposílací Kanban.
- Výrobní Kanban.
- Kanban hotových výrobků.
- Kanban pro doplňování distribučních center. [21]



Obr. 2.7 Kanbanové typy [21]

Jedna z velkých výhod kanbanu je, že se zpravidla implementuje na již existující pracovní proces. To umožňuje pozvolné změny, které jsou ověřovány měřením a ponechány jsou jen ty opravdu přínosné. Přičemž části procesu, vyhodnocené jako dobře fungující jsou ponechány. Pozvolné změny znamenají minimální riziko nevhodně zavedených opatření. [8]

3 COMMSCOPE CZECH REPUBLIC S.R.O.

V této kapitole bude představena společnost, v níž byla práce realizována. Budou zde zmíněny produkty, které firma vyrábí, ale i stručně popsána funkce optického vlákna – hlavního prvku optického kabelu, který je primárním produktem společnosti. Dále bude stručně popsán proces výroby optického kabelu a budou představena jednotlivá pracoviště linky.

3.1 Představení společnosti

CommScope Czech Republic s.r.o., se sídlem Tuřanka 856/98b, 62700 Brno, Tuřany je součástí nadnárodní korporace CommScope Connectivity LLC, s 44 letou tradicí v oboru telekomunikačních technologií a poskytuje pracovní místa pro více než 30 tisíc lidí po celém světě. Jejím hlavním předmětem podnikání je montáž, výroba a distribuce telekomunikačních zařízení.

Samotný závod v Tuřanech dával v roce 2019 zaměstnává více než tisíc zaměstnanců. Hlavním výrobním zaměřením českého závodu je montáž optických a z menší části také měděných kabelů do rozvodných telekomunikačních panelů, rámu a modulů. Tyto výrobky nachází využití v mnoha telekomunikačních technologiích. Starají se tak například o přenos síťových, televizních, telefonických či radiových dat.

Jak již bylo zmíněno výše, společnost zaměstnává více než 15 000 lidí po celém světě, pobočky lze nalézt v Mexiku, Belgii, Číně, Rusku atd. Centrála společnosti se nachází ve Spojených státech amerických v Severní Karolině.

Mezi nejznámější zákazníky společnosti patří Apple, Microsoft, Deutsche Telecom, Austria Telecom, Telefonica a mnozí další.

Hlavními dodavateli do Brněnské pobočky jsou například HANSA Brno s.r.o., Sonepar Czech Republic spol. s.r.o, Rompa CZ, s.r.o a další. [22]



Obr. 3.1 Závod v Brno-Tuřany [22]



Obr. 3.2 Logo společnosti [22]

3.2 Výrobní portfolio

Závod Brno-Tuřany se rozděluje do pěti výrobních částí, které se liší výrobním sortimentem. Tyto výrobní části jsou:

- OD (Optical Devices) – osazování optických kabelů.
- ODF (Optical Distribution Frames) – výroba rámců do rozvodných skříní.
- Boxes – výroba rozvodných skříní.
- Copper Connect – osazování měděných kabelů.
- T-dux & HS (Heat Shrink) – venkovní těsnění kabelů. [22]

Tato práce byla provedena na oddělení OD – optical devices. Toto oddělení se specializuje na kompletování optických kabelů, které následně putují buď rovnou ke koncovému zákazníkovi, nebo na oddělení ODF, kde jsou jimi dále osazovány rozvodné rámy a skříně.



Obr. 3.3 Výrobní portfolio oddělení OD. [26]

3.3 Optické vlákno

Jelikož jsou optické kabely hlavním výrobním artiklem společnosti CommScope Czech Republic s.r.o., je vhodné zmínit alespoň pár základních informací o optických vláknech.

Optické vlákno

Vlákno optického kabelu se skládá z jádra a pláště. Jádro je vyrobeno ze skla, nebo z plastu. Plášť je tenká vrstva skla, případně plastu, která obklopuje jádro. Plášť má nižší index lomu než jádro a tím zajišťuje vnitřní odraz světelného signálu. Vlákno má dva základní parametry. První parametr je průměr jádra, ve kterém je paprsek přenášen a druhý parametr je průměr pláště, který zajišťuje odraz paprsku a zároveň určitou část mechanické pevnosti. Průřez optickým kabelem a některé jeho části jsou patrné z obrázku 3.4. [23]

- Primární ochrana

Primární ochrana chrání vlákno před vlhkostí a zvyšuje jeho celkovou pevnost a zajišťuje snazší manipulaci s vláknem. Je realizována vrstvou akrylátového laku. Tato vrstva má průměr přibližně 250 μm . [23]

- Sekundární ochrana

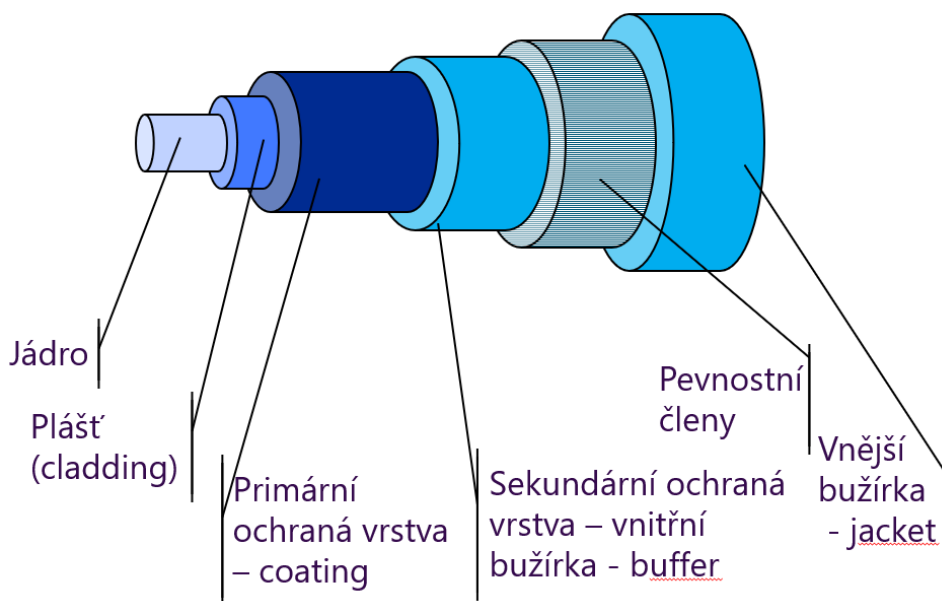
Sekundární ochrana v podobě bužírky chrání vlákna před větším mechanickým namáháním a poškozením. [23]

- Pevnostní členy

Většinou ve formě aramidových vláken, která zajišťují tahovou pevnost a polymerových tyčinek, zajišťujících pevnost v ohybu. [22]

- Vnější bužírka

Chrání pevnostní členy a celý kabel před nepříznivými vlivy okolí. [22]



Obr. 3.4 Průřez optickým kabelem. [22]

Výhody a nevýhody

Kabely tvořené optickými vlákny jsou využívány pro své výhody oproti běžnějším měděným kabelům.

Mezi výhody optických kabelů patří:

- Přenosová kapacita optické sítě – velká šířka pásma.
- Dlouhá životnost.
- Delší přenosová vzdálenost.
- Odolnost vůči elektromagnetické interferenci.
- Bezpečnost – elektrická izolace.
- Váha – je desetkrát lehčí než měděný drát. [24,25,22]

Nevýhody optických kabelů:

- Cena
- Křehkost
- Vyšší nároky na manipulaci [22]

3.4 Popis procesu výroby optického kabelu

Oddělení OD se zaměřuje na výrobu a osazování optických kabelů konektory. Nejprve se kabel naseká na požadovanou délku. Dále se odstraňuje sekundární ochrana samotných vláken v podobě bužírky a kabel se různě rozvětjuje podle požadovaných specifikací. Nakonec je osazován různými typy konektorů. Nejzákladnějšími typy jsou konektory jednovláknové (LC), nebo dvanáctivláknové (MPO). Možnosti osazení je spousta a každé je většinou typické pro konkrétního zákazníka a použití. Liší se i tolerancemi maximálního útlumu signálu v kabelu.

Tato bakalářská práce se zabývá optimalizací výrobní linky na oddělení OD. Konkrétně linkou na výrobu 144 vláknových kabelů typu MPO, tedy kabelu o dvanácti větvích s každou větví obsahující 12 vláken.

Výrobní linka tohoto typu kabelu sestává z následujících pracovišť:

- Cutter

Na tomto pracovišti se kabel odvíjí z velkých cívek dodaných ze skladu. Seká se na požadované délky a následně se navine na menší cívky nebo se smotá a zajistí suchým zipem.

- Příprava

Zde se z kabelu odstraňuje bužírka – odstripuje se, a dále se větví a upravuje dle specifikace. Větvení se opatří ochranným krytem (tzv. Fanout) a zalije se epoxidovou pryskyřicí.

- Navlékání komponentů

Na kabel se navlékají komponenty budoucího konektoru.

- Potting

Odstripovaná vlákna se vsazují do ferulí (ocelové zpevňující zakončení), které se předem naplní epoxidovou pryskyřicí. Pryskyřice se následně vytvrdí v peci.

- Složení + Prepolish

Komponenty konektoru se skládají do konečné podoby. Ferule se v několika krocích leští, aby se zajistilo odstranění přesahujícího vlákna a přebytečného epoxidu.

- Tuning

Kontroluje se správná poloha a tvar vláken vůči ferulí. Pokud vlákno není na středu ferule, ferulí se pootočí.

- Polish

Konečným leštěním se upraví výška a poloměr zakončeného vlákna

- Geometrie – Daisi

Otestuje se správná poloha a tvar vláken vůči ferulí.

- Optický test – Exfo

Testuje se odraz a útlum signálu procházejícího přes konektory.

- Balení

Na výrobek se nalepí příslušné štítky a čárové kódy, je zabalen a připraven k expedici zákazníkovi, nebo na jiné výrobní oddělení závodu.

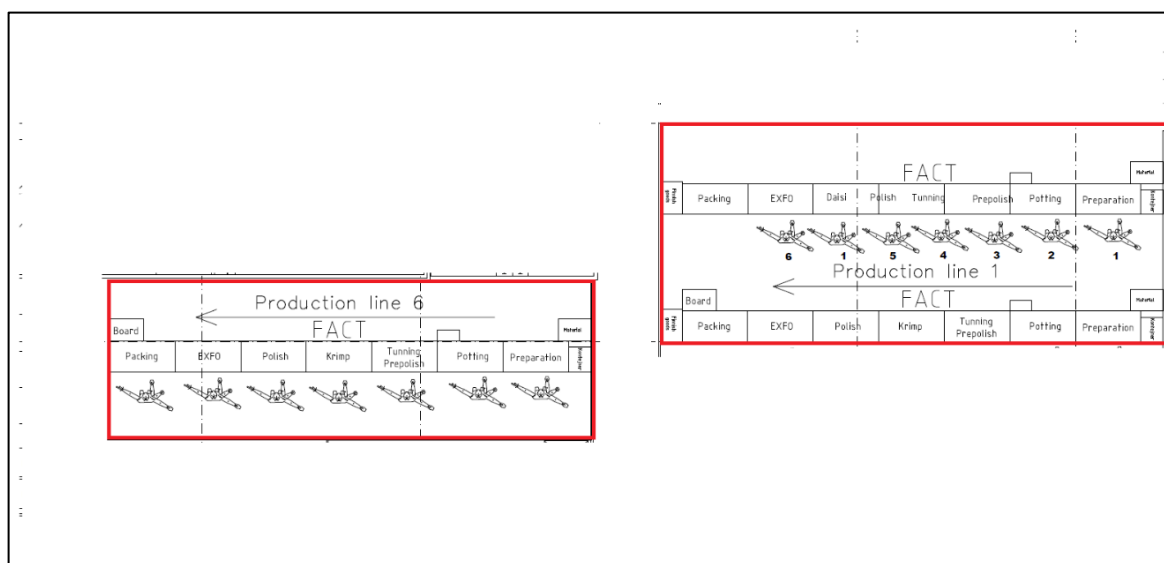
Takovéto výrobní linky jsou celkem tři, avšak pracoviště cutter, příprava a balení zároveň slouží i linkám na jiný typ produktu.

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Tato kapitola práce se věnuje optimalizací výrobních linek na 144 vláknové kabely na oddělení OD. Pro koordinaci práce byla zvolena metoda DMAIC, která projekt rozděluje na fáze definování, měření, analýzu, kontrolu zavedených řešení a zlepšení. K samotným zlepšením bylo využito metod gemba walk, 5 S, 8 Muda a jiné.

4.1 Definice problémů a cílů

V prvotní fázi projektu DMAIC je třeba vytyčit rozsah, problémy a cíle práce. Jak již bylo zmíněno výše, práce se soustředí na proces tří výrobních linek se společným pracovištěm cutter, příprava a balení. Linky se nacházejí v hale OD. Mají standardní přímkový tvar, který je patrný z obrázku layoutu 4.1. Zbytek layoutu byl z důvodu ochrany know-how společnosti smazán.



Obr. 4.1 Layout původních linek [26]

Hlavním problémem linek je malé pracovní vytížení linek způsobené nízkou efektivitou výroby, jejímž ukazatelem je zde jednotka PPH (parts per person per hour), neboli počet vyrobených kusů za hodinu, vydělený počtem operátorů na lince. Stanoveným cílem je tedy maximalizovat využití kapacity zkoumaných linek a zvýšit PPH. Dále také, pro velkou poptávku zákazníka, zvýšit celkovou výrobní kapacitu a navýšit počet linek. S tím

Cíle projektu tedy byly stanoveny na:

- Zvýšit PPH ze 14 na alespoň 17 (hodnota byla stanovena vedením společnosti).
- Zvýšit výrobní kapacitu na více než aktuálních 96 konektorů za hodinu.
- Navrhnout nový layout pěti linek, zabírající méně místa než stávající linky.



Obr. 4.2 144vláknový kabel na dvou cívkách [26]

4.2 Měření

Vstupními daty pro práci byl aktuální známý stav linky před projektem, který poslouží pro porovnání a určení úspěšnosti nového řešení.

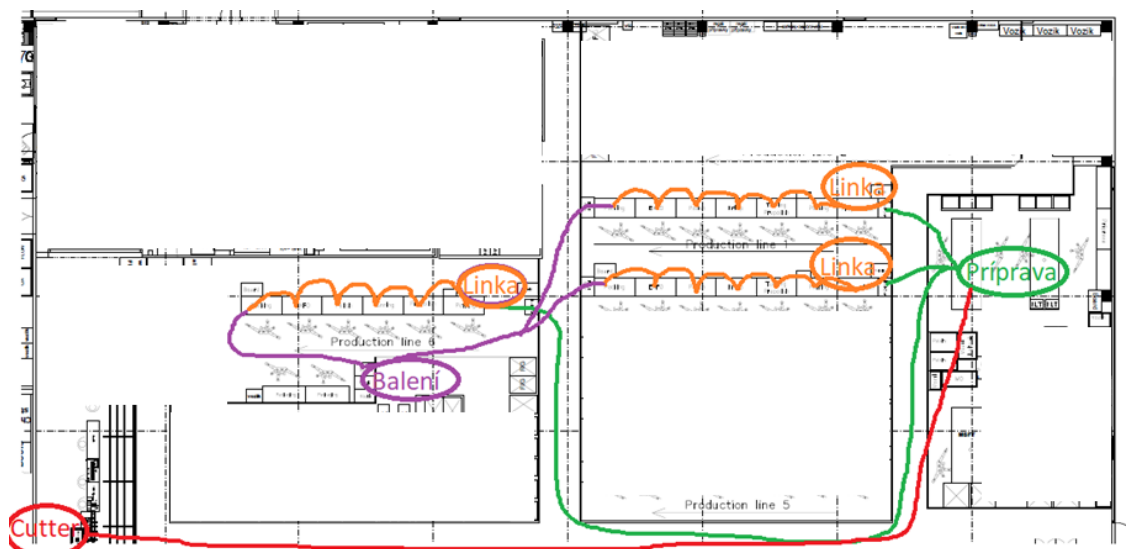
Tab. 4.1 Stav původní linky [26]

Počet produkčních linek	3
Zástavbová plocha	387 m ²
Počet operátorů	24 (včetně přípravy a balení)
PPH	14
Hodinový výstup	80–98 konektorů/hod

4.2.1 Špagety diagram

Byl zkonstruován špagety diagram toku materiálu mezi pracovišti. Diagram zaznamenává pohyb surových optických vláken od pracoviště Cutter, přes přípravu, samotné tři linky, a nakonec balení. Z diagramu už na první pohled vyplývá zbytečně vzdálená cesta od pracoviště Cutter přes celou halu, aby se následně materiál vracel zpět směrem k Cutteru.

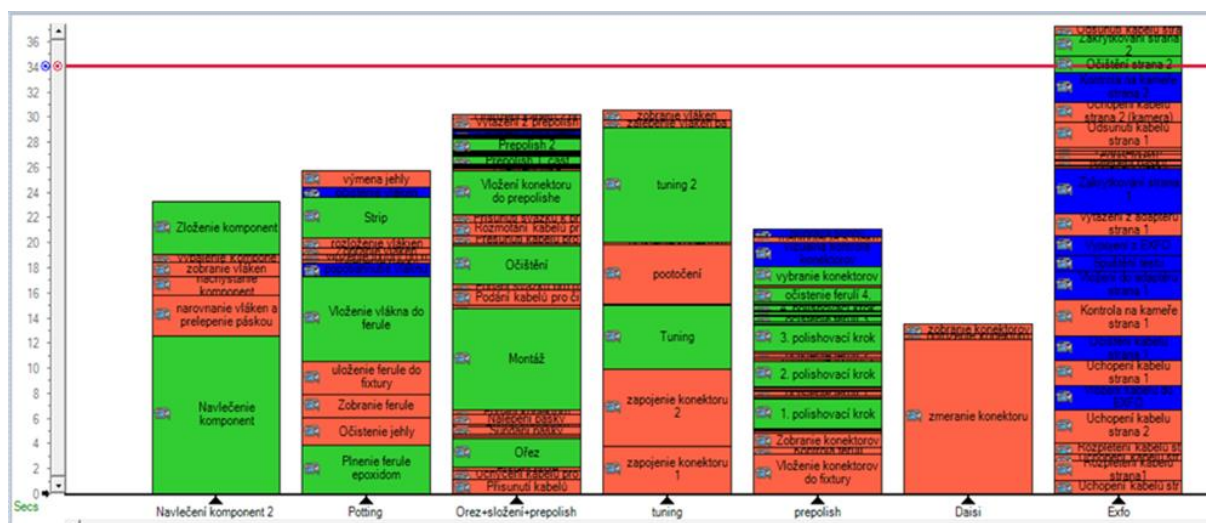
Tento diagram dále poslouží k návrhu nového layoutu a k usazení nových linek v rámci celé haly.



Obr. 4.3 Špagety diagram – původní layout [26].

4.2.2 Vybalancování linek

Další částí práce bylo měření vybalancování linek. Jako hlavní nástroj měření byl použit software Timer Pro od softwarové firmy Applied Computer Services. Každá pracovní pozice byla natočena na kameru. V programu se následně video rozdělilo na jednotlivé úkony a těm byl přiřazen status buďto přidáné hodnoty (VA) – zelená barva, nezbytného úkonu – modrá barva nebo nepřidané hodnoty (NVA) – červená barva. Tento program pak jednotlivé úkony a časy vykreslí do grafu viz. obrázek 4.4. S jednotlivými poli a časy se dá dále manipulovat. Časy byly rozpočítány na jeden konektor.



Obr. 4.4 Graf vybalancování původní linky [26]

Tab. 4.2 Kompletační a NVA časy na jednotlivých pracovištích [26]

Název pracoviště	Čas – cekový [s]	Čas – NVA [s]
Navlékání komponentů	23,2	6,1
Potting	25,7	10,2
Prepolish + složení	30,2	9,8
Tuning	30,5	16,4
Polish	21,1	7,6
Geometrie (Daisi)	13,5	13,5
Optický test (Exfo)	37,2	19,3

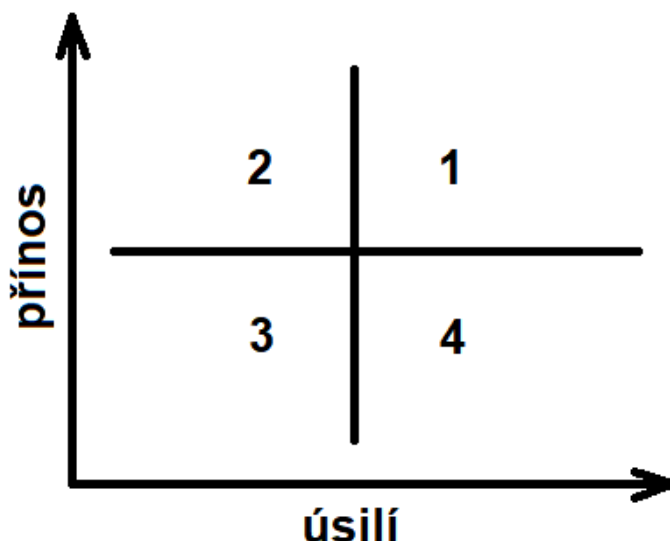
Z výsledného grafu a tabulky je jasně vidět špatné vybalancování celé linky. Některá pracoviště jsou vytížena více než dvojnásobně oproti jiným. Tomu odpovídala i skutečná situace ve výrobě kdy si operátoři různě navzájem vypomáhali.

Červená linie v grafu na obrázku 4.4. ukazuje zvolený takt linky 34 sekund. Tato hodnota odpovídá požadovanému času, aby byly splněny požadavky dané v první části DMAIC projektu. Cílem tedy je přerozdělit či eliminovat práci na nejvytíženějších pracovištích tak, aby úkony na pracovišti nepřesáhly 34 sekund na jeden konektor.

4.3 Analýza současného stavu

Gemba walk

K zjištění možných zlepšení či odhalení zbytečností je nejlepší podívat se do výroby a projít si postupně linku a pracoviště krok po kroku. Z této návštěvy vzešlo mnoho návrhů, které však bylo třeba rozdělit dle jejich přínosu vůči úsilí, které vyžaduje jejich realizace, viz. obrázek 4.5.



Obr. 4.5 Diagram rozdělení návrhů na užitečné a neužitečné [26].

Nejlépe se jeví začít realizovat nápady z druhého kvadrantu. Pro jejich zavedení není třeba přílišného úsilí a slibují vysoký přínos při optimalizaci linky. Z druhého kvadrantu pocházejí následující poznámky, které budou dále v práci rozvinuty.

- Odstranění zbytečné bublinkové fólie.
- V nezbytných místech nahradit bublinkovou fólii.
- Pracoviště potting – zlepšit ergonomii.
- Nahrazení papírové pásky.
- Vrátit kryty na čisticí kazety.

Co se týče poznámek návrhů z prvního kvadrantu, poměr vynaloženého úsilí ku získanému přínosu je už větší a většinou se jedná o dlouhodobější cíle.

- Jednodušší zařazení reworku do linky.
- Zjednodušení manipulace s kabelem.

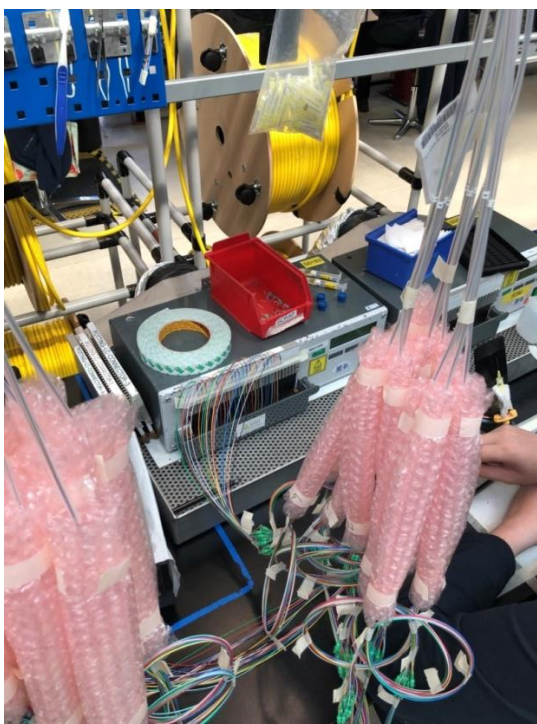
Výše zmíněné návrhy budou dále v práci rozvedeny, návrhy ze zbylých dvou kvadrantů už jsou pro realizaci nevýhodné, mezi takové návrhy patřilo například hromadné plnění ferulí, zautomatizování pracoviště Polish apod.

4.3.1 Analýza plýtvání

Bublíková fólie je na jednotlivých větvích kabelu z důvodu ochrany přechodu vlákno-sekundární ochrana. Dalším místem, které chrání, je první rozvětvení kabelu tzv. break-out.

Při pohledu na všudy přítomnou bublínkovou fólii vyvstala otázka, zdali je opravdu na všech místech nezbytná. Po rozhovoru s pracovníky na dalším oddělení, kam kabel po dokončení v některých případech putuje a kde se dále instaluje do rozvodné skříně, bylo zjištěno, že ochrannou fólii musí pracovníci pracně odlepovat a nezkušení pracovníci mnohdy neopatrnou manipulací poškodí vlákna kabelu. Zároveň bylo zjištěno, že fólie je v místě break-outu naprosto zbytečná, jelikož tam byla v minulosti z důvodu odpadávání krytu break-outu. Kryt je aktuálně řešen jiným způsobem a tento jev vůbec nenastává.

Jako podobný případ se jevila papírová páska, kterou pracovník zajistí vlákna do kompaktního smotku, aby se s nimi jako s celkem lépe manipulovalo. Na každé následující pozici je však páska odlepena, na konektorech je proveden pracovní proces a než je kabel poslán na další pracoviště, je páska opět nalepena.



Obr. 4.6 Bublínková fólie na přechodu vlákno-sekundární ochrana [26].

Jeden z dalších případů plýtvání materiálem a časem pracovníků bylo nepřiměřené balení hotového kabelu, připraveného k odeslání na další oddělení.

Jednotlivé větve kabelu byly samostatně přichyceny k cívce, cívka byla následně ovinuta balicí fólií a dále přetažena igelitovým obalem. Pokud nebyl expedován zákazníkovi v papírové krabici, byl takto zabalený produkt odeslán rovnou na další oddělení, nebo byl v rámci dnů uskladněn uvnitř budovy.



Obr. 4.7 Zabalená cívka s hotovým kabelem [26].

4.3.2 Zařazení reworku

Pokud optický test nebo test geometrie na konci linky odhalí nějakou vadu produktu, která je opravitelná, je třeba takovýto produkt vrátit do linky a opravit.



Obr. 4.8 Rework v přední části linky [26].



Obr. 4.9 Zadní část linky [26].

V takovémto případě je produkt určený k opravě – rework, zařazen v přední části linky do pracoviště, kde chyba vznikla. V zadní části rework být nemůže, poněvadž se operátor reworku věnuje až když má volnou chvíli a v případě, že by rework čekal v zadní části, linka by se ucpala.

Jelikož na toto linka nebyla v minulosti připravena, není zde pro reworky dostatek místa a při přesunu na další pracoviště je obtížnější s celým produktem manipulovat, než když se přesunuje zadní část linky.

Je tedy třeba vyřešit jak kdykoliv, jednoduše a bez zdlouhavější manipulace zařadit rework do linky.

4.3.3 Analýza z pohledu 5S – standardizace

V rámci pozorování výrobního procesu byly odhaleny mírné nestandardizované odlišnosti v postupech na jednotlivých linkách.

Nejmarkantnější byla absence krytu na čistících kazetách, které jsou používány na pracovišti geometrie, tuning a optický test. Tyto kazety se používají k odstraňování prachu nebo pevných nečistot z konektoru. Po zmáčknutí spouště kazety se otevře kryt a obnaží se čistící látková páska. Po uvolnění spouště se kryt uzavře a páska se uvnitř kazety posune o jednu délku. Tím je dosaženo toho, aby byl konektor vždy čištěn novou páskou.

Problém však nastal v tom, že někteří operátoři si kryt sundávali, aby mohli jednu délku pásky použít na vícekrát a nemuseli si častěji chodit pro novou kazetu. To však mohlo vést k častějším chybám při následujícím optickém testu.



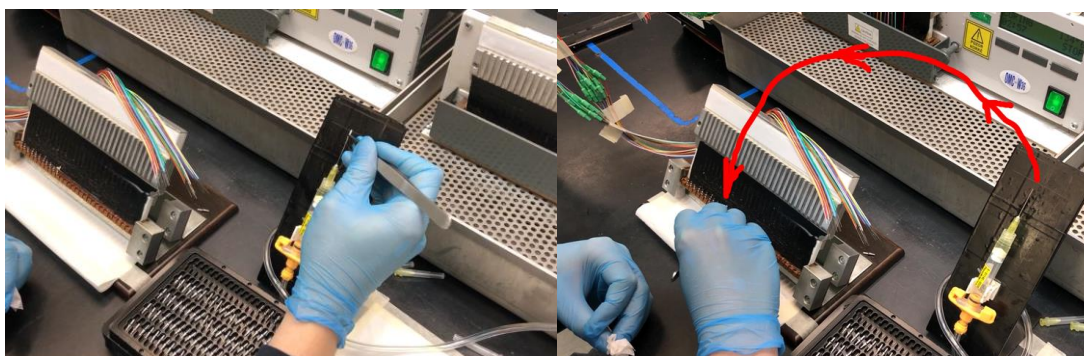
Obr. 4.10 Čistící kazeta bez krytu [26].

Různé linky a směny si tak zavedly vlastní způsob čištění konektorů, který však nebyl nijak kontrolován ani regulován. To je však v rozporu s čtvrtým pilířem 5S, se standardizací.

4.3.4 Analýza z pohledu ergonomie

Na pracovišti potting je po celou dobu využíváno drobné práce rukou. Operátor zde manipuluje s ferulemi uchceny v pinzetě, plní je epoxidovou pryskyřicí a vkládá do přípravku.

Takováto drobná práce je únavná a operátoři se na tomto pracovišti chtěli často měnit.



Obr. 4.11 a) Plnění ferule, b) Vložení ferule do přípravku. [26]

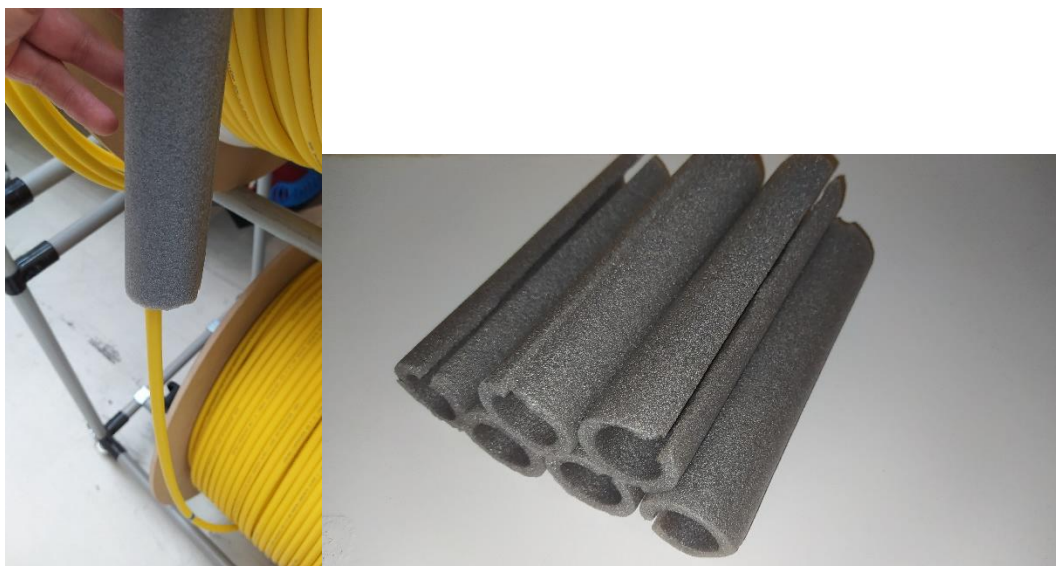
Snahou zde tedy bylo co možná nejvíce usnadnit operátorovi manipulaci s ferulí.

4.4 Zlepšit

Tato část DMAIC projektu se zabývá konkrétními řešeními problémů a návrhů odhalenými v analytické části. Některé nekomplikované návrhy, které se dali vyřešit v rámci dnů byly realizovány, některé, dlouhodobější, jsou v procesu realizace. Samotná přestavba nových pěti linek je ale v horizontu delšího časového období. Přípravy na přestavbu však již začaly.

4.4.1 Eliminace plýtvání

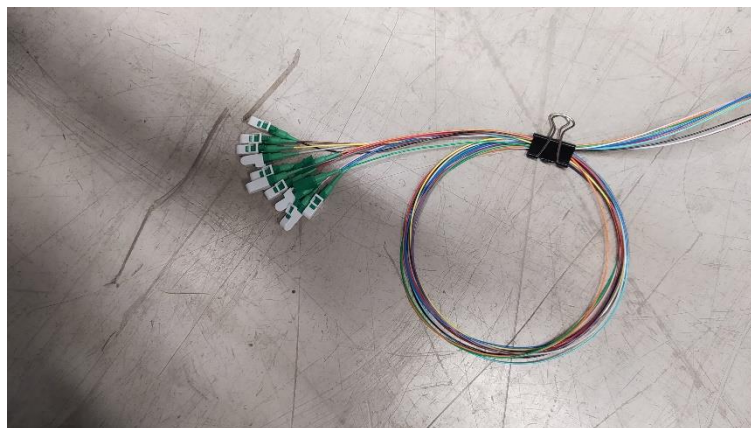
Přebytečná bublinková fólie byla odstraněna a pro nahrazení fólie na nezbytných místech byla zvolena pěnové trubky z odlehčeného polyetyleny původně určené k izolaci potrubí.



Obr. 4.12 Použitá pěnová izolace [26].

Takováto ochrana může být na dalším oddělení sundána mnohem snáze a může být bez problémů opakovaně použita. Zároveň se výrazně sníží čas potřebný k zabalení vláken do takovéto ochrany.

Papírová páska držící svazky vláken pohromadě byla nahrazena kovovými klipy, které se dají taktéž použít opakovaně a manipulace s nimi je mnohem méně časově náročná.



Obr. 4.13 Použití klipu místo papírové pásky [26].

4.4.2 Zařazení reworku

Problematika zařazení kusů určených opravě patří mezi dlouhodobé problémy u těžších produktů, které potřebují vlastní vozík a u nichž je manipulace s větvemi kabelu náročnější úkol alespoň pro dva pracovníky.

V úvahu připadal buď kolejnicový systém nebo přestavba vozíků nichž je celá cívka s kabelem přepravována. Řešení muselo splňovat většinu z následujících kritérií

- Zařazení reworku kdekoliv v lince.

- Manipulaci s produktem musí zvládnout jeden člověk.
- Vozík musí být stabilní.
- Manipulace s celým produktem nejlépe zepředu.

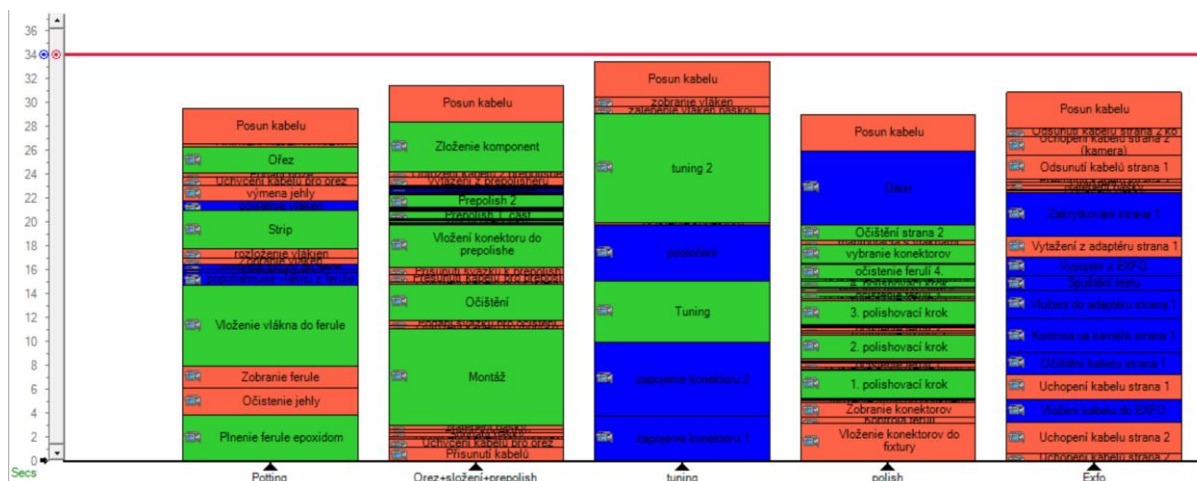
Nakonec bylo rozhodnuto pro přestavbu vozíků z trubkových profilů, což je i nejméně nákladná a nejsnáze realizovatelná varianta. K již existujícím vozíkům bude přidáno manipulační rameno, takže v případě reworku bude operátor moci celé rameno i s koncem kabelu zvednout a konec kabelu přemístit zezadu přes celou linku. Tím bude splněna většina požadovaných kritérií, kromě manipulace s celým produktem zepředu.

Z důvodu realizace přestavby vozíků externí firmou, od které nemá autor práce souhlas ke zveřejnění, zde není zobrazena podoba nového vozíku.

4.4.3 Přerozdělení a eliminace pracovních úkonů

Výměnou bublinkové fólie za pěnovou ochranu či jejím úplným odstraněním se podařilo ušetřit významné množství času.

Další úspora času byla možná na pracovišti balení díky zjednodušení celého balicího procesu. Práce z nejméně časově náročného stanoviště, a to geometrie se tedy dala na pracoviště balení přeložit. Dále bylo přesunuté celé pracoviště navlékání komponentů, a to na pozici příprava. Samotná výrobní linka tak nyní sestává pouze z pěti nezbytných pracovišť, jejichž kompletační časy se dostaly na podobnou úroveň, jak je patrné z obrázku 4.14.



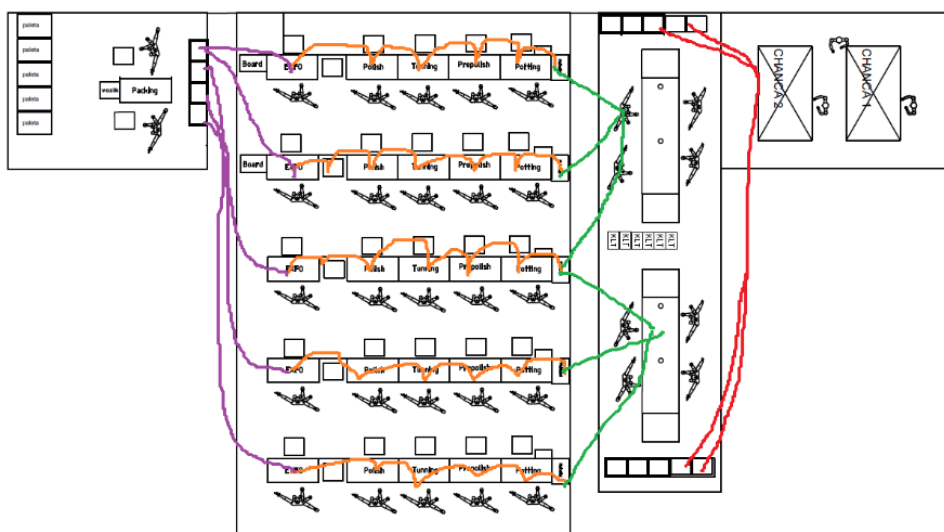
Obr. 4.14 Graf vybalancování po DMAIC projektu [26].

4.4.4 Nový layout linek

Díky odstranění úkonů při balení hotového kabelu bylo možné redukovat množství pracovníků na tomto pracovišti a zároveň je využít i na pracovišti geometrie. Nové stanoviště balení tedy muselo být zařazeno tak, aby měli pracovníci snadný přístup k testovacímu zařízení.

Příprava byla realizována v podobě dvou stolů se čtyřmi pracovníky, avšak se dvěma zásobovacími regály po stranách. Oproti minulému stavu, kdy Příprava zajišťovala kabely více typům výroby, je toto pracoviště určeno pouze pro tento typ linek.

Pro samotné výrobní linky byl zvolen přímkový tvar viz. obrázek 4.15. Taktéž bylo zvažováno uspořádání do písmene U. Jelikož však linky nemají žádné společné pracoviště, ani nevyžívají společné přístroje, takovéto uspořádání nedávalo smysl a bylo by rozměrnější než uspořádání přímé. Nově navrženým layoutem proudí materiál pouze jedním směrem a mnohem kratšími úseky, než tomu bylo doposud, viz. obrázek špagety diagramu 4.15.

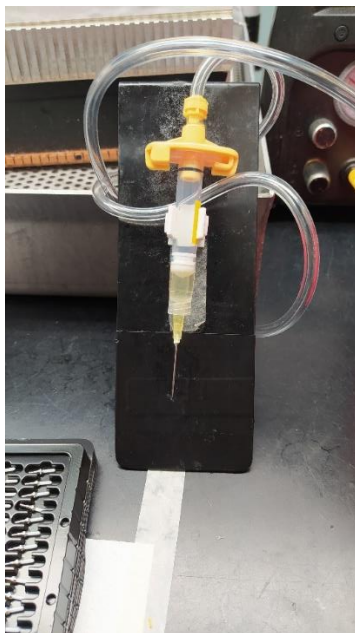


Obr. 4.15 Špagety diagram – nový layout [26].

4.4.5 Ergonomie

V předešlé analytické části bylo zmíněno pracoviště potting jako ergonomicky náročné. Cílem zde tedy bylo usnadnit operátorům manipulaci s ferulí sevřenou v pinzetě.

První věcí, která byla realizována, bylo otočení plnicí jehly o 180° jak je patrné z obrázku 4.16. Operátor tak nemusí při manipulaci s naplněnou ferulí od plnicí jehly k přípravku nepřiměřeně vytáčet zápěstí, jak je patrné z obrázku. Potenciální komplikací by zde mohlo být zavzdušnění dávkovače a následná přítomnost bublin v naplněných ferulích. Z dosavadních zkušeností se ale tak neděje. Je však třeba dávkovač kontrolovat a ujistit se, že k tomu z dlouhodobého hlediska nedochází.



Obr. 4.16 Otočená plnicí jehla [26].

Dále byl zvolen jiný, samosvorný typ pinzety s ohledem na únavnost držení klasické pinzety špetkovým úchopem. Výrazně se tím snížil čas, kdy musí operátor vynakládat sílu prsty, aby udržel sevřenou feruli v pinzetě. Zároveň se noví operátoři vyvarují situacím, kdy příliš silným stiskem ferule „vyskočí“ z pinzety.



Obr. 4.17 a) Starý typ pinzety, b) Nový typ pinzety [27].

4.5 Kontrola a řízení zavedených návrhů

4.5.1 Aktualizace standardů

Všechny realizované návrhy musí být vedeny ve standardech a v pracovních instrukcích. Další práce tedy bude aktualizovat konkrétní dokumenty. Dále bude třeba dohlížet na dodržování nově zřízených opatření a seznámit s nimi pracovníky.

Pro hladký chod zavedených zlepšení také musí být zaveden kanban systém na vracení použitých pěnových izolací a kovových klipů z balícího pracoviště a z oddělení ODF, kam některé z kabelů putují. Bez zavedení kanban systému by se zavedené návrhy staly pouze komplikací a plýtváním.

4.5.2 Možnosti replikace

Jelikož i jiné výrobní linky závodu využívají podobné postupy jako linky, jimiž se práce zabývá, je zde možnost replikovat či se inspirovat použitými návrhy z předešlé kapitoly.

Mezi takovéto návrhy patří:

- Odstranění zbytečných balicích prvků.
- Nahrazení jednorázových ochranných prvků.
- Ergonomičtější umístění plnicí jehly.
- Použití ergonomičtějších samosvorných pinzet.

5 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

V této kapitole práce bude pojednáváno o dosažených výsledcích. Budou zde uvedeny konečné kompletační časy na jednotlivých pracovištích. Dále bude porovnán nový a starý stav linky a budou vyčísleny úspory na základě PPH.

5.1 Zhodnocení výsledků

Zadaným úkolem bylo zefektivnit proces výroby optického kabelu. Z výchozích 14 PPH se podařilo linku optimalizovat na 19, 2 PPH a překročit tak zadanou hodnotu 17 PPH. Hodnota utilizace práce se tedy zvýšila o 37%. Časy na jednotlivých pracovištích jsou nyní na průměrné hodnotě 30,82 sekund, s maximální odchylkou na pracovišti Tuning a to 2,58 sekundy. Zde je tedy ještě prostor pro zlepšení. Přehled všech kompletačních časů po optimalizaci je patrný z tabulky 5.1.

První vylepšení byla implementována v posledním týdnu měsíce květen. Přestavba vozíků je zatím ve fázi prototypu na jediné lince a čeká se na zpětnou vazbu od operátorů.

Tab. 5.1 Kompletační časy po DMAIC projektu [26].

	Potting	Connector assembly + prepolish	Tuning	Polish	Optical test
Čas [sek]	29.5	31.4	33.4	28.9	30.9

5.1.1 Nový layout

Nový layout počítá se zástavbovou plochou 504 m², to je 108 m² na jednu výrobní linku oproti stávajícím 129 m² na linku. Efektivněji tedy využívá prostor a to o 19,4 %. Realizace nové pětice linek by měla začít ke konci roku 2020 v rámci přestavby celé haly a reorganizaci prostor. Z důvodu vytíženosti výroby a rozsahu celé modernizace haly, nebylo možné nové linky postavit ihned. Použity budou stávající stoly o rozměrech 200×150 cm, které byly modernizovány již v roce 2019.

Tab. 5.2 Původní stav linky [26].

Počet produkčních linek	3	
Zástavbová plocha	387 m ²	
Počet operátorů	24 (včetně přípravy a balení)	
PPH	14	
Hodinový výstup linky	80–98 konektorů/hod	

Tab. 5.3 Nový stav linky [26].

Počet produkčních linek	5
Zástavbová plocha	504 m ²
Počet operátorů	35 (včetně přípravy a balení)
PPH	19,2
Hodinový výstup linky	134,4 konektorů/hod

5.2 Finanční zhodnocení

Tato kapitola se věnuje vyčíslení úspor, které vznikají díky uspořenému času v důsledku zavedených návrhů. Uspoření času vzniklo hlavně v důsledku odstranění plýtvání z výrobního procesu. Ostatní návrhy měli spíše organizační, ergonomický, nebo ekologický charakter.

Vyčíslení úspor bylo provedeno na základě zvýšení PPH ze 14 na 19,2. Podle zdrojů firmy činí hodinové náklady na jednoho pracovníka 365 Kč. Pokud by firma chtěla vyrábět stejné množství kabelů s efektivitou 14 PPH jako s efektivitou 19,2 PPH, potřebovala by o 2,57 více pracovníků na linku. Takováto denní úspora 2–3 lidí ušetří firmě 7 504 Kč. Ročně pak tato úspora činí 1 876 100 Kč.

5.2.1 Náklady na realizaci

Náklady spojené s realizací návrhů činí dohromady 57 575 Kč. V horizontu celého roku je to zanedbatelná investice s návratností v rámci 8 dnů. Shrnutí nákladů je vyčísleno v tabulce 5.3.

Tab. 5.3 Náklady [26].

Pěnová izolace	4 500 Kč
Kovové klipy	1400 Kč
Nové pinzety	675 Kč
Přestavba vozíků (odhad)	51 000 Kč
Celkem	57 575 Kč

5.2.2 Finanční úspory

Tab. 5.4 Finanční úspora [26].

Rozdíl PPH	5,2
Denní úspora	7 504 Kč
Roční úspora	1 876 100 Kč

6 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala optimalizací výrobní linky 144vláknového kabelu typu MPO, na výrobním úseku optical devices, české pobočky mezinárodní společnosti CommScope Inc. V první polovině práce byla provedena rešerše metod štihlé výroby používaných i ve výše zmíněné společnosti. Byla představena samotná společnost a nastíněn postup výroby optického kabelu. Součástí je optimalizace layoutu pro chystané navýšení výroby ze tří na pět linek.

Praktická část v druhé polovině práce byla rozdělena podle metody DMAIC na definování problému, měření dat, analýzu a zlepšení ve výrobním procesu. Problémem byl malý hodinový výstup na jednoho pracovníka linky. V další fázi měření byla odhalena celkově špatné vybalancování jednotlivých pracovišť a byl zkonstruován špagety diagram toku materiálu linkou.

V analytické fázi praktické části bylo přímo na lince zjištěno nepřiměřené používání ochranných a balicích prvků, dále špatná ergonomie jednoho z pracovišť a nesrovnalosti v postupu používání čistící kazety na konektory. Dále byl zjištěn problém se zařazováním kusů určených k opravě.

Předposlední fáze DMAIC projektu se zaměřila na odstranění zjištěných problémů. Přebytné balicí a ochranné prvky v podobě bublinové fólie a papírové pásky byly odstraněny. Nezbytná páska byla nahrazena kovovými klipy, které se dají využívat opakovaně a manipulace s nimi je mnohem méně časově náročná. Nezbytná fólie pro ochranu větví kabelu byla nahrazena pěnovou izolací, běžně používanou pro izolaci potrubí, která má stejné přínosy jako výše zmíněné klipy. Dále došlo k upravení pozice dávkovače epoxidové pryskyřice, aby lépe vyhovovala manipulaci operátora. V neposlední řadě byl navržen nový layout pětice linek s ohledem na špagety diagram vytvořený ve fázi měření.

Poslední fází DMAIC je fáze řízení. Zde bylo zmíněna aktualizace standardizace a navrženy získané přínosy využitelné i na jiných výrobních úsecích firmy.

Závěrem práce jsou zhodnoceny dosažené výsledky. Hodinový výstup jednoho pracovníka linky se díky ušetřenému času při manipulaci s balicími a ochrannými prvky podařilo zvýšit ze 14 konektorů za hodinu na 19,2. Z finančního zhodnocení dále vyplývá že, kdyby chtěla firma vyrábět stejné množství kabelů s původní efektivitou, stálo by jí to o 7 504 Kč za den více. Takováto roční úspora pak činí 1 876 100 Kč. V porovnání s tím jsou náklady na realizaci 57 575 Kč zanedbatelné a jejich návratnost je v rámci osmi dnů.

Cílem práce bylo nasazení vybraných metod štihlé výroby do podniku za účelem optimalizace výroby, což tímto autor považuje za splněné.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LILLEY, Michael a David DECOSTE. *Demystifying Lean Six Sigma. Projecttimes - Resources for Project Managers* [online]. Markham (Canada): Macgregor Communications, 2018. Dostupné z: https://www.projecttimes.com/articles/demystifying-lean-six-sigma.html?utm_medium=linkedin&utm_medium=linkedin&utm_medium=linkedin
- [2] CHROMJAKOVÁ, Felicita. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štíhlým řízením procesů*. 1. vyd. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.
- [3] ROSER, Christoph. *The Difference Between Lean and Six Sigma*. <https://www.allaboutlean.com/lean-and-six-sigma/> [online]. 2014. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/lean-and-six-sigma/>
- [4] 5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště. Brno: SC&C Partner, c2009. Shopfloor series. ISBN 978-80-904099-1-0.
- [5] GEORGE, Michael L. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity*. Brno: SC&C Partner, 2010, vi, 280 s. : il. ; 21 cm. ISBN 978-80-904099-2-7.
- [6] VÍTEK, Václav. 5S [online]. Dostupné také z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>
- [7] What is DMAIC? [online]. 2012. Dostupné také z: <https://www.sixsigmadaily.com/what-is-dmaic/>
- [8] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, 2004, vi, 272 s. : il. ISBN 80-251-0461-3.
- [9] *What is Kaizen?* [online]. 2015. Dostupné z: <https://www.kanbanchi.com/what-is-kaizen>
- [10] KOŠTURIÁK, Ján. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Brno: Computer Press, 2010. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 978-80-251-2349-2.
- [11] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. : il., grafy, tab. ISBN 80-86851-38-9
- [12] LINDQUIST, Russell. *THE MANY SIDES OF A GEMBA WALK. ISIXSIGMA* [online]. Dostupné z: <https://www.isixsigma.com/methodology/kaizen/many-sides-gemba-walk/>
- [13] FERRARO, Antonio. *Seven Forms of Waste – Lean Six Sigma. Kaizen-news* [online]. 2014. Dostupné z: <https://www.kaizen-news.com/seven-forms-of-waste-lean-six-sigma/>
- [14] VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA. *Podnikové řízení*. Praha: Grada, 2013, 685 s. : grafy, tab. ISBN 978-80-247-4642-5.
- [15] KOOTANAE, Nagendra BABU a Hamidreza TALARI. *Just-in-Time Manufacturing System: From Introduction to Implement. International Journal of Economics, Business and Finance* [online]. Březen 2013 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: http://www.ijebf.com/IJEBF_Vol.%201,%20No.%202,%20March%202013/Just-in-Time%20Manufacturing%20System%20Just-in-Time%20Manufacturing%20System.pdf
- [16] *Push vs Pull in designing Supply chain*. In: <https://dsprocks.blogspot.com/> [online]. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://dsprocks.blogspot.com/2013/11/push-vs-pull-in-designing-supply-chain.html>
- [17] PROUD, John F. *Master scheduling: a practical guide to competitive manufacturing*. 3rd ed. Hoboken: John Wiley, 2007, xxviii, 657 s. : il. ; 24 cm. ISBN 978-0-471-75727-6.

- [18] ŠIMON, Michal a Antonín Miller. *Kanban – výroba tahem. SystemOnLine* [online]. 21. 5. 2014. Dostupné z: <https://m.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>
- [19] *The Art of Kanban* [online]. Creative Safety Supply, 2015 [cit. 2019-04-18]. Dostupné z: <https://www.creativesafetysupply.com/content/landing/kanban/index.html>
- [20] VÍTEK, Václav. *Kanban: Tahový systém řízení výroby. Svět produktivity* [online]. 2012. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>
- [21] *Kanbanový Systém a kontrola Tahem: Jaké typy kanbanů existují? Manufactus* [online]. Dostupné z: <https://www.kanban-system.com/cs/kanbanovy-system-a-kontrola-tahem/>
- [22] Interní zdroje firmy CommScope Czech Republic s.r.o.
- [23] KINDL, František. *Optické sítě a jejich návrh*. Praha, 2014. Diplomová práce. Bankovní institut vysoká škola Praha. Vedoucí práce Ing. Vladimír Beneš, Ph.D.
- [24] GAJDOŠ, Vladimír. *10 Výhod pro optické sítě* [online]. Dostupné z: <http://blognet.wz.cz/index.php?text=30-10-vyhod-pro-opticke-site>
- [25] ROUSE, Margaret. *Fiber optics (optical fiber). SearchNetworking* [online]. 2007. Dostupné z: <https://searchnetworking.techtarget.com/definition/fiber-optics-optical-fiber>
- [26] Vlastní zpracování
- [27] *PINZETY*. In: <https://www.verkon.cz/> [online]. Dostupné z: <https://www.verkon.cz/pinzety/>

8 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky

Obr. 2.1 Srovnání tolerancí 6σ a $4,5\sigma$ [3]	12
Obr. 2.2 Štíhlé oblasti podniku [vlastní zpracování dle 2]	13
Obr. 2.3 Pět pilířů štíhlé výroby [vlastní zpracování dle 6].....	16
Obr. 2.4 DMAIC [7]	16
Obr. 2.5 Tlakový vs tahový systém [vlastní zpracování dle 16].....	22
Obr. 2.6 Princip kanbanu [18]	22
Obr. 2.7 Kanbanové typy [21]	24
Obr. 3.1 Závod v Brno-Tuřany [22]	26
Obr. 3.2 Logo společnosti [22]	26
Obr. 3.3 Výrobní portfolio oddělení OD. [26]	27
Obr. 3.4 Průřez optickým kabelem. [22]	28
Obr. 4.1 Layout původních linek [26]	31
Obr. 4.2 144vláknový kabel na dvou cívkách [26].....	32
Obr. 4.3 Špagety diagram – původní layout [26].	33
Obr. 4.4 Graf vybalancování původní linky [26].....	34
Obr. 4.5 Diagram rozdělení návrhů na užitečné a neužitečné [26].....	35
Obr. 4.6 Bublínková fólie na přechodu vlákno-sekundární ochrana [26].	36
Obr. 4.7 Zabalená cívka s hotovým kabelem [26].....	37
Obr. 4.8 Rework v předí části linky [26]. Obr. 4.9 Zadní část linky [26].....	37
Obr. 4.10 Čisticí kazeta bez krytu [26].....	38
Obr. 4.11 a) Plnění ferule, b) Vložení ferule do přípravku. [26]	39
Obr. 4.12 Použitá pěnová izolace [26].....	40
Obr. 4.13 Použití klipu místo papírové pásky [26].....	40
Obr. 4.14 Graf vybalancování po DMAIC projektu [26].	41
Obr. 4.15 Špagety diagram – nový layout [26].....	42
Obr. 4.16 Otočená plnicí jehla [26].	43
Obr. 4.17 a) Starý typ pinzety, b) Nový typ pinzety [27].....	43

Tabulky

Tab. 2.1 Porovnání Len a Six Sigma [vlastní zpracování dle 1]	11
Tab. 2.2 Zastřešující pojem KAIZEN [vlastní zpracování dle 9].....	19
Tab. 4.1 Stav původní linky [26]	33
Tab. 4.2 Kompletační a NVA časy na jednotlivých pracovištích [26].....	34
Tab. 5.1 Kompletační časy po DMAIC projektu [26].	45
Tab. 5.2 Původní stav linky [26].....	45
Tab. 5.3 Nový stav linky [26].	46
Tab. 5.3 Náklady [26].	46
Tab. 5.4 Finanční úspora [26].....	46

Seznam použitých zkratek a symbolů

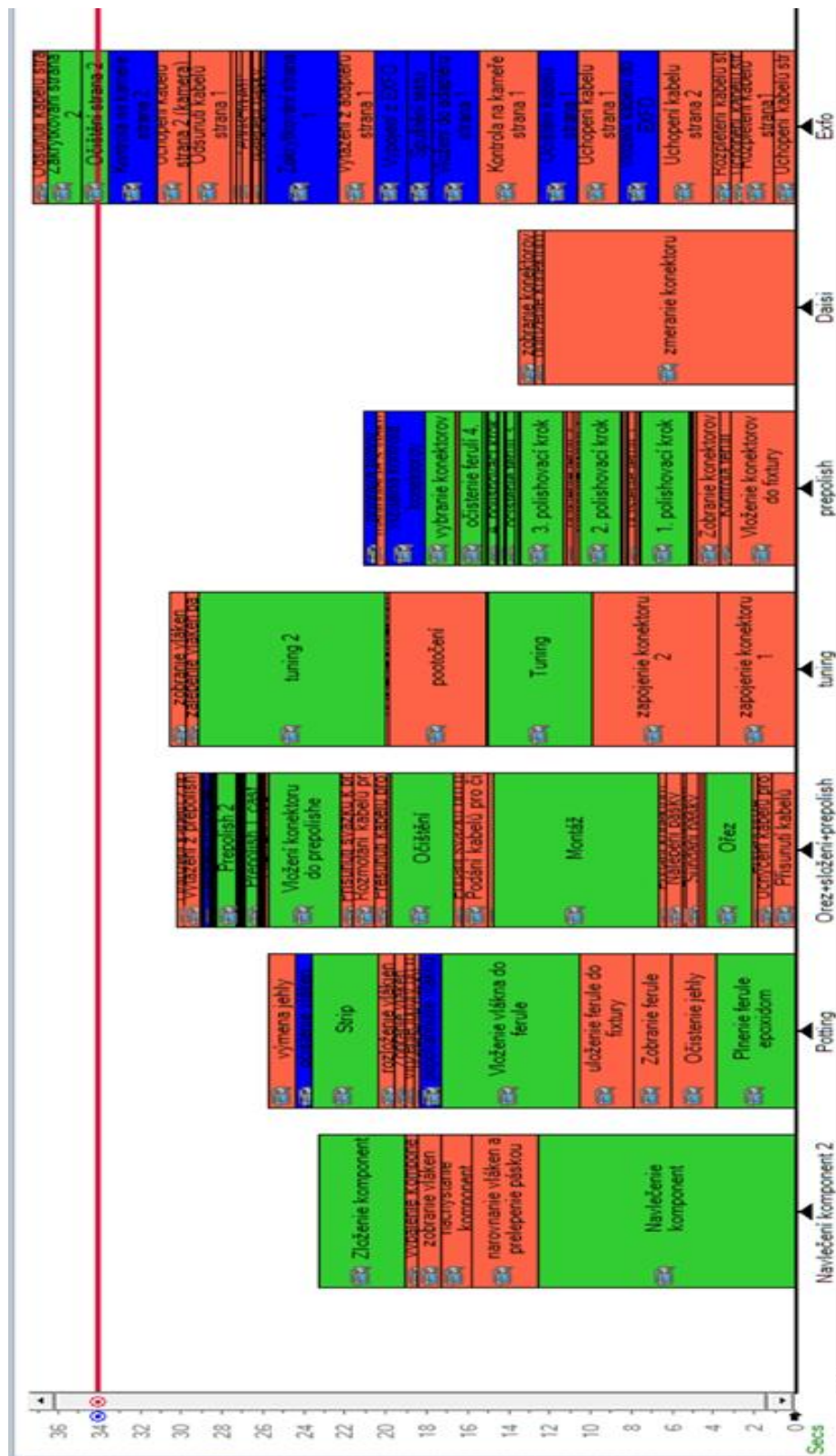
Zkratka	Význam	Jednotka
Obr.	Obrázek	[-]
Tab.	Tabulka	[-]
s. r. o.	Společnost s ručením omezeným	[-]
OD	Optical devices	[-]
PPH	Parts per person per hour	[-]
VA	Value added	[-]
NVA	None value added	[-]
Kč	Koruna česká	[-]
QR	Quick Response code	[-]
ODF	Optical distribution frames	[-]
HS	Heat shrink	[-]
LC	Local conector	[-]

9 SEZNAM PŘÍLOH

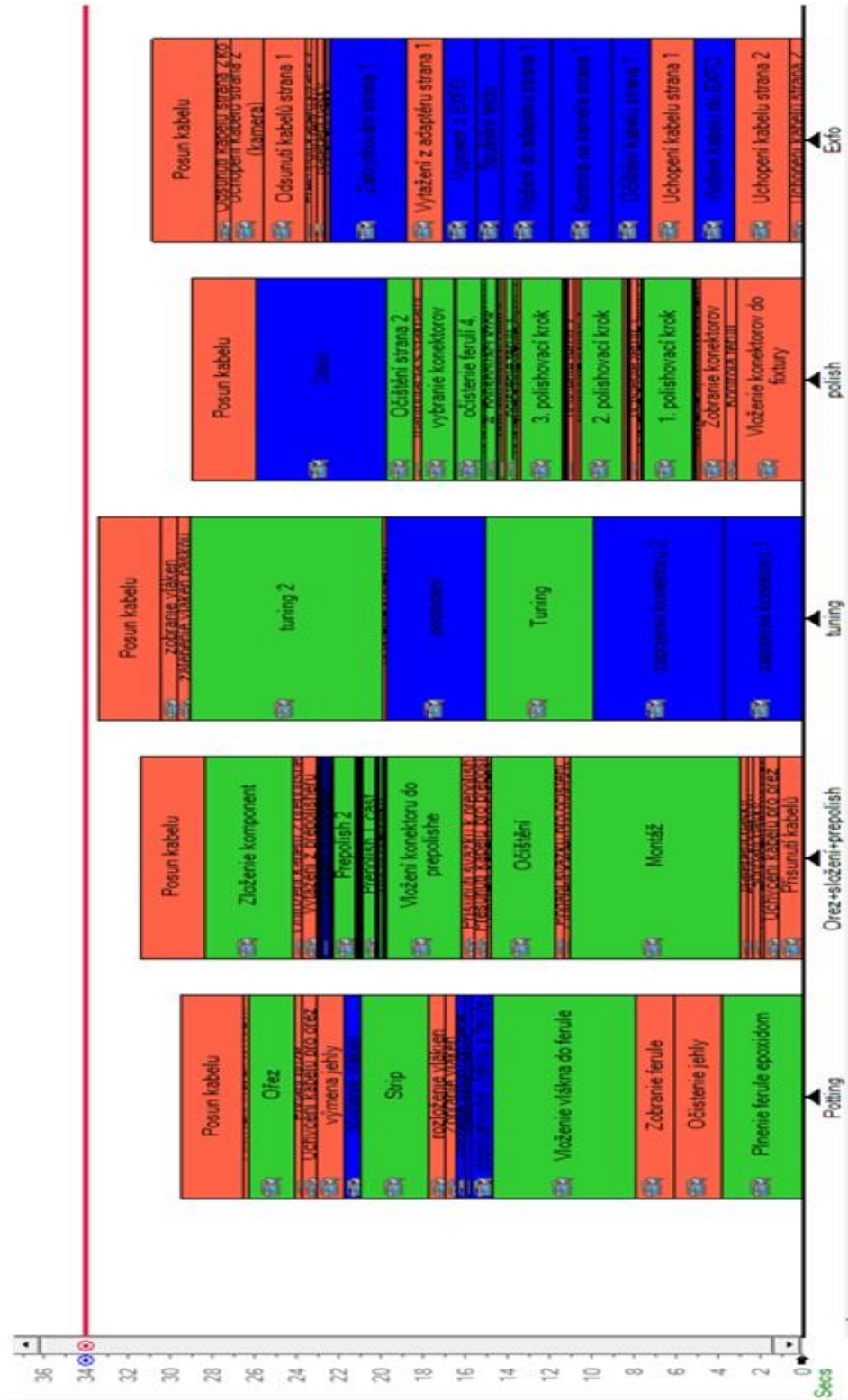
Název	Popis	Rozsah
Příloha 1	Graf vybalancování původní linky	A4
Příloha 2	Graf vybalancování nové linky	A4
Příloha 3	Layout nových linek	A4

PŘÍLOHY

Příloha 1: Graf vybalancování původní linky



Příloha 2: Graf vybalancování nové linky



Příloha 3: Layout nových linek

