

Návrh automatizace výrobního pracoviště ve společnosti TE Connectivity

Bc. Martin Vaněček

Diplomová práce
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin Vaněček**
Osobní číslo: **T15346**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh automatizace výrobního pracoviště ve společnosti TE Connectivity**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární rešerši na zadané téma
2. Zmapování aktuálního stavu výroby
3. Navržení automatizace výrobního pracoviště
4. Provedení technicko-ekonomického zhodnocení vypracovaného návrhu

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Literární zdroje k dané problematice dle zadání vedoucího práce

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Michal Sedlačík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

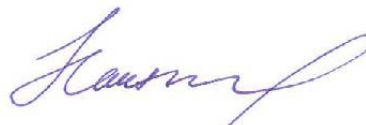
Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **18. května 2018**

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/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 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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.

Ve Zlíně ...22.4.2018

.....Martin Vaněček.....

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

Diplomová práce se zabývá návrhem automatizace výrobního pracoviště ve společnosti TE Connectivity.

V první části diplomové práce je teoretická rešerše na téma spojené s automatizací výroby, analýzou procesu, štíhlou výrobou a jsou popsány mechanické části použité při automatizaci pracoviště. Dále jsou zde obsaženy informace o výpočtech strojních časů a návratnosti investice.

V druhé části je provedena analýza současného stavu výrobního pracoviště a specifikace vyráběných produktů. Jsou navrženy dva různé návrhy automatizace zakládání kabelových svazků do osazovacího automatu Schleuniger. Na závěr je vybraná automatizace zhodnocena technicko-ekonomicky a je vypočtena délka návratnosti investice.

Klíčová slova: automatizace, kabelové svazky, TE Connectivity, analýza procesu, investice, HSD kabely, kapacita linky, osazovací automat, štíhlá výroba, technologický postup

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the design of automation of the production workplace at TE Connectivity.

The first part of the diploma thesis represents theoretical search on the topic of production automation, process analysis, lean production and the mechanical parts used in the automation of the workplace. In addition, there is information about machine time calculations and return on investment.

In the second part, the analysis of the current state of the production workplace and the specifications of manufactured products is carried on. There are two different designs for automation of cable harvesting in the Schleuniger Slot Machine. In conclusion, selected automation is evaluated technically and economically and the length of the return on investment is calculated.

Keywords: automation, cable assemblies, TE Connectivity, proces analysis, investment, HSD cables, line capacity, mounting machine, lean manufacturing, workflow

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Michalu Sedláčkovi Ph.D. za pomoc při vedení diplomové práce. Mé poděkování patří též společnosti TE Connectivity za spolupráci při získávání podkladů pro praktickou část práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 AUTOMATIZACE	12
1.1 VÝHODY AUTOMATIZACE	12
1.2 CÍLE AUTOMATIZACE.....	13
1.3 TYPY AUTOMATIZACE	13
1.3.1 Tvrdá (fixní) automatizace.....	13
1.3.2 Programovatelná automatizace	14
1.3.3 Měkká (flexibilní) automatizace	14
1.4 RENTABILITA AUTOMATIZACE	15
2 TE CONNECTIVITY	16
2.1 INFOTAINMENT ODDĚLENÍ	16
2.2 KABELOVÉ SVAZKY.....	17
2.3 SPECIFIKACE PRODUKTŮ.....	18
VÝPIS INFORMACÍ VE SPECIFIKACÍCH PRODUKTU:	19
3 ANALÝZA PROCESU	21
3.1 ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ.....	21
3.2 AUTODESK PROCESS ANALYSIS 360	21
3.3 WORKFLOW (TECHNOLOGICKÝ POSTUP)	22
4 ŠTÍHLÁ VÝROBA	23
4.1 HISTORIE ŠTÍHLÉ VÝROBY	24
4.2 PLÝTVÁNÍ VE VÝROBNÍCH PROCESECH DLE ŠTÍHLÉ VÝROBY	25
4.3 NÁSTROJE ŠTÍHLÉ VÝROBY	25
5 ZÁSOBNÍKY, DOPRAVNÍKY A STROJE PRO STŘIH	27
5.1 ZÁSOBNÍK KABELU.....	27
5.2 STŘÍHACÍ STROJ.....	28
5.3 ODTAH A DOPRAVNÍKOVÉ ZAŘÍZENÍ.....	29
6 VÝPOČTY ČASŮ A NÁVRATNOSTI INVESTICE	31
6.1 ROI – NÁVRATNOST INVESTICE	31
7 PROJEKTOVÝ MANAGMENT	33
7.1 BLUESHEET.....	33
8 ZHODNOCENÍ STUDIJNÍ ČÁSTI	35
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
9 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	37
10 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU LINKY	38
10.1 SPECIFIKACE PRODUKTU A JEHO VÝROBA.....	38
10.1.1 Workflow (Technologický postup)	39
10.2 LAYOUT VÝROBNÍ HALY	40
10.2.1 Aktuální tok materiálu	44
11 POPIS STÁVAJÍCÍHO PROBLÉMU	51

11.1	POPIS VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI.....	51
11.1.1	Vyráběné množství.....	53
11.2	POPIS ČÁSTI PRACOVÍŠTĚ, KDE JE PŘIPRAVOVÁNA AUTOMATIZACE.....	54
11.2.1	Kapacita linky	55
12	NÁVRHY AUTOMATIZACE.....	57
12.1	NÁVRH AUTOMATIZACE VKLÁDÁNÍ KABELŮ DO AUTOMATU S POUŽITÍM STRÍHACÍHO STROJE.....	58
12.1.1	Požadavky na zásobník a podavač kabelů	62
12.2	AUTOMATIZACE LINKY S POUŽITÍM PODAVAČE KABELŮ	63
12.2.1	Požadavky na zásobník a podavač kabelů	64
12.3	TOK MATERIÁLU PO AUTOMATIZACI.....	65
12.4	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTÍ SCHLEUNIGER A VALMATIC.....	65
12.5	POSOUZENÍ NABÍDEK A SHRUTÍ	66
13	BLUESHEET	68
14	TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	70
14.1	NÁKLADY NA ZAMĚSTNANCE.....	70
14.2	EFEKTIVNOST VÝROBY	70
14.3	TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ	72
14.4	INVESTIČNÍ NÁKLADY.....	73
14.4.1	Návratnost investice	74
14.4.2	Provozní náklady	81
15	ZHODNOCENÍ.....	83
	ZÁVĚR.....	84
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	85
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	87
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	89
	SEZNAM TABULEK	91
	SEZNAM PŘÍLOH	92

ÚVOD

Diplomová práce je rozdělena na dvě hlavní části. První část diplomové práce obsahuje literární rešerši na téma automatizace výroby. Jsou zde rozebrány kapitoly o výhodách, typech a cílech automatizace. Dále je představena společnost TE Connectivity a její oddělení Infotainment, kde byla diplomová práce zpracována. Z hlediska procesního inženýrství je první část práce věnovaná teoretickému základu analýzy procesů a štíhlé výroby. Nedílnou součástí literární rešerše je rozbor jednotlivých mechanických součástí, které budou využity k automatizaci, mezi ně patří zásobník vstupního materiálu, stříhací stroj a odtahový systém. Závěr teoretické části diplomové práce obsahuje výpočty spojené s návratností investice (ROI) a informace o projektovém managementu, a to konkrétně Bluesheetu, který provází počátek každého projektu ve společnosti TE Connectivity.

V praktické části je obsažena analýza současného stavu linky a výrobního procesu kabelových svazků včetně specifikace vyráběné součásti. Je zde popsáno místo, kde je zamýšlena automatizace s uvedenými požadavky na technické řešení. Projektové informace o automatizaci osazovacího automatu jsou uvedeny v dokumentu Bluesheet, který je vyplněn v praktické části, a je průvodním dokumentem, který zahajuje projekt. V práci jsou posuzovány dvě varianty automatizace procesu, z nichž jedna obsahuje automatizaci včetně stříhání kabelové svazky a druhá varianta automatizuje pouze proces vkládání kabelových svazků do automatu Schleuniger. První jmenovaná automatizace zasahuje do osazovacího automatu a je potřeba strojní úpravy automatu. Druhá možnost automatizace je bez zásahu do osazovacího automatu a využívá stejný základní modul jako stávající řešení. Obě nabídky byly posouzeny a analyzovány a vybrána byla jedna varianta, která byla zhodnocena po technické a ekonomické stránce. Pro vybranou variantu byl vytvořen dokument Bluesheet, který provází nové projekty ve společnosti TE Connectivity a prezentuje projekt před schvalovateli projektu. Ekonomické zhodnocení se týká efektivnosti výroby a porovnání současného stavu se stavem po automatizaci, dále bylo potřeba zhodnotit návratnost investice pomocí ROI kalkulatoru pro 3 specifické varianty provozu (nepřetržitý, dvou směnný a jednosměnný).

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 AUTOMATIZACE

Slovo automatizace vzniklo v polovině čtyřicátých let 19. století z řeckého slova „automatos“, které znamená samočinný. Rozšíření nastalo v automobilovém průmyslu, kde slovo automatizace označovalo automatickou manipulaci a výrobu v rámci více výrobních strojů za pomoci speciálního zařízení, které provádí a řídí výrobní proces. Automatizace je obecně definovaná jako výrobní proces (sekvence operací), kde je manuální práce převedena na práci automatizovanou a mechanizovanou. [10]

Zlepšování výrobních procesů se zabývá zkoumáním chování procesu, vyhledáváním slabých míst procesu, které jsou spojeny s plynulým chodem, produktivitou nebo kvalitou výrobků a jejich zlepšením s eliminací nákladů a neproduktivních činností. [19]

K automatizaci se používá mnoho druhů zařízení, senzory, pohony a součásti, které jsou určeny k pozorování a řízení výrobního procesu. [10]

1.1 Výhody automatizace

V automobilovém průmyslu jsou automatizované stroje používány pro pohyb a zpracování materiálu, pro sestavení jednotlivých dílců a jejich kontrolu. Mezi výhody zavedené automatizace patří:

- zvýšení produktivity,
- snížení ceny produkce,
- minimalizace lidské práce,
- využití menší výrobní plochy,
- snížení požadavků na výrobu,
- lepší podmínky pro zaměstnance,
- efektivní kontrola ve výrobním procesu,
- zlepšení kvality,
- snížení počtu zranění a zlepšení bezpečnosti ve výrobním prostředí,
- vhodnost pro výrobu komponentů při hromadné výrobě. [10]

1.2 Cíle automatizace

Automatizace pracoviště se provádí kvůli následujícím cílům:

- integrace aspektů výroby, které mají za následek zlepšení kvality, jednotnosti výrobku, minimalizace doby cyklu, snížení nákladů na operátory,
- zlepšení produktivity snížením výrobních nákladů. Efektivnější manipulace s materiálem a využití zboží,
- zlepšení kvality použitím více opakovatelných procesů,
- snížení využití lidské síly při výrobě a tím snížení možnosti lidských chyb,
- snížení poškození výrobků, které je způsobené ruční manipulací,
- zvýšení bezpečnosti pracoviště,
- efektivnější uspořádání strojů, pohyb materiálu. [10]

1.3 Typy automatizace

Automatizace pracoviště se dělí na základní typy podle toho, jak je variabilní. Rozdíl mezi těmito typy je v pružnosti automatizace a možnostech přizpůsobení automatizace na nový druh výroby.

1.3.1 Tvrdá (fixní) automatizace

Tvrdá automatizace se používá u výrobků, u kterých je plánovaná vysoká produkce. Výroba strojů a zařízení je individuální tzn. vysoké výrobní náklady a dlouhá výrobní doba. Stroje jsou přizpůsobeny pro výrobu určitého výrobku nebo výrobní řady. Výroba na těchto strojích je vysoce produktivní.

Výhody:

- maximální efektivita,
- nízké náklady na díl,
- velmi nízký objem rozpracované výroby,
- automatický pohyb materiálu.

Nevýhody:

- vysoká počáteční investice,

- malá rozmanitost vyráběných produktů,
- změna vyráběného produktu je spojena s vyššími nároky na úpravu stroje.

1.3.2 Programovatelná automatizace

Programovatelná automatizace se používá pro různé typy výrobků. S novým typem výrobku je potřeba nový program pro stroj (CNC obráběcí centrum, robot).

Výhody:

- flexibilní využití stroje pro různé typy produktů nebo jejich varianty,
- nízké náklady na díl pro velkou výrobní dávku.

Nevýhody:

- nový produkt vyžaduje delší dobu nastavení stroje,
- vysoké náklady na díl v porovnání s tvrdou automatizací.



Obr. 1. Evoluce automatizace [12]

1.3.3 Měkká (flexibilní) automatizace

Flexibilní automatizace nabízí možnost práce s rozmanitou řadou produktů a minimalizací časů, které jsou spojené s přechodem na jiný typ výrobku.

Výhody:

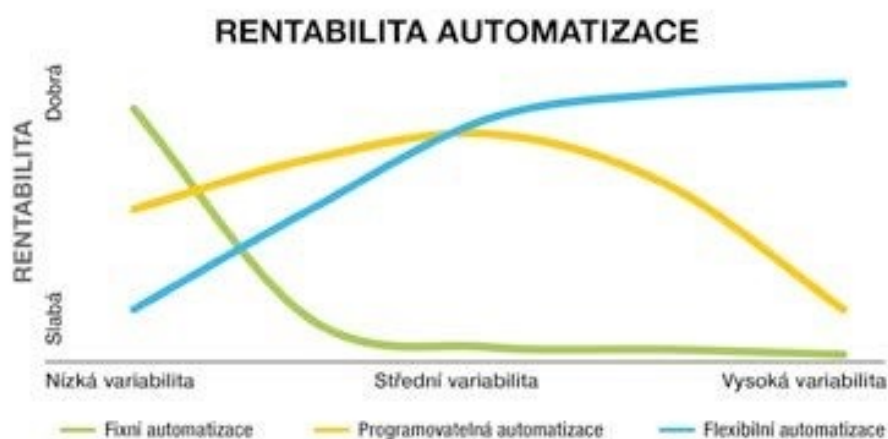
- flexibilní využití stroje pro různé typy produktů nebo jejich varianty.

Nevýhody:

- vysoká počáteční investice,
- vysoké náklady na díl v porovnání s tvrdou automatizací i programovatelnou automatizací. [10]

1.4 Rentabilita automatizace

Rentabilita automatizace (Obr. 2) je závislá na variabilitě vyráběných produktů. Z grafu vyplývá, že u nízké variability výrobků je nejvýhodnější volit fixní automatizaci, poté programovatelnou a volit bychom neměli flexibilní automatizaci. U střední hodnoty variability produktů je vhodné zvolit programovatelnou nebo flexibilní automatizaci, tato volba záleží na tom, jak jsou produkty podobné a zda je možné jejich výrobu automatizovat jedním či druhým způsobem. U vysoké variability produktů je nutná flexibilní automatizace a v některých případech je možné využít programovatelné automatizace, ale k tomu je potřeba mít vhodnou skupinu produktů.



Obr. 2. Rentabilita automatizace [12]

2 TE CONNECTIVITY

TE Connectivity je globální technologická společnost, která nabízí řešení pro elektronické součástky v různých průmyslových odvětvích (automobilový a letecký průmysl, lékařství, průmyslová zařízení, spotřební elektronika apod.). Společnost je jedna z největších světových dodavatelů elektronických komponentů. Ve společnosti pracuje téměř 80 000 zaměstnanců ve více než 50 zemích.

Společnost má v nabídce okolo 500 000 jedinečných produktů. [20]



Obr. 3. Logo společnosti TE Connectivity

2.1 Infotainment oddělení

Společnost TE Connectivity má svojí pobočku v Kuřimi u Brna a jedno oddělení se jmenuje Infotainment – skládá se ze dvou anglických slov a to: **information** (informace) a **entertainment** (zábava).

Oddělení Infotainment se zabývá osazováním kabelových svazků. Tyto kabely se používají pro vysokorychlostní přenos dat. Jejich použití je v automobilovém průmyslu, kde se nachází v propojeních parkovacích kamer, rádií, GPS, USB, připojení telefonních adaptérů atd. Mezi zákazníky patří BMW, Dodge, VW, Jeep, Ford, Maserati, atd.

Infotainment oddělení vyrábí okolo 800 výrobků v různých délkových variantách, které mají délkový rozměr od 10 cm do rozměrů větších než 6 metrů.

Hlavní výrobová řada Infotainment oddělení obsahuje:

- High Speed Data (HSD) konektory

- 0,50 High Speed Link (HSL) konektory
- HDMI konektory
- USCAR 30 Standart konektory
- MOST Networks konektory
- FAKRA RF
- Stripline RF konektory



Obr. 4. Ukázka produktů vyráběných na oddělení Infotainment

2.2 Kabelové svazky

Kabelový svazek je skupina kabelů, které jsou uspořádány do jedné jednotky. Kabelové svazky se používají pro napájení nebo přenos informačních signálů. Výhodou je lepší organizace, údržba, ochrana a instalace v porovnání se samostatnými kabely. Kabelový svazek poskytuje výkon několika samostatných kabelů. [8]

Pro HSD kabely používá společnost sedm druhů kabelů, které mají specifické vlastnosti podle přání zákazníka.

Průměry používaných kabelů jsou:

- $\varnothing 0,5 \text{ mm}^2$,

- $\varnothing 0,22 \text{ mm}^2$,
- $\varnothing 0,14 \text{ mm}^2$.

Koncovky kabelů jsou vyráběné ve variantách „male“ a „female“ s natočením 90° a 180° .

Vlastnosti a funkce HSD kabelů:

- kompatibilita s německým rozhraním AK i požadavky USCAR,
- vhodné pro uzavřené aplikace,
- možnost použití s různými protokoly,
- diferenciální signalizace nízkého napětí (LVDS) – kanály 1 až 4,
- gigabitové video rozhraní (GVIF),
- USB,
- IEEE 1394,
- Ethernet Protokoly.

Elektrické vlastnosti:

- útlumová ztráta $\leq -20 \text{ dB}$ pro 1 GHz a $\leq -17 \text{ dB}$ pro 2 GHz,
- vstupní ztráta $\leq 0,1 \text{ dB}$ pro 1 GHz,
- kontaktní proud $\leq 2,5 \text{ A DC}$,
- diferenciální účinnost stínění $\geq 75 \text{ dB}$ pro 1 GHz, $\geq 65 \text{ dB}$ pro 2 GHz.

Možnosti zakončení produktu:

- hlava HSD,
- konektor HSD 90° ,
- konektor HSD 180° ,
- HSD hybridní konektor,
- HSD duální konektor,
- HSD RF systém. [16]

2.3 Specifikace produktů

K jednotlivým produktům pracoviště Infotainment je dostupný 3D model, 2D výkres a specifikace produktu. Specifikace obsahuje množství informací.

Výpis informací ve specifikacích produktu:

- Typ produktu:
 - styl konektoru,
 - systém konektoru,
 - typ konektoru,
 - hybridní konektor (ano / ne),
 - těsnost (ano / ne),
 - stínění (ano / ne),
 - zakončení konektoru a jeho kontaktu,
 - dielektrický materiál.
- Konfigurace produktu:
 - počet pozic,
 - zámek (s / bez),
 - vysílač s optickými vlákny (s / bez).
- Elektrické vlastnosti:
 - odpor (Ω),
 - provozní napětí (VDC).
- Charakteristika signálu:
 - provozní frekvenční rozsah (MHz).
- Vlastnosti těla:
 - typ kabelového výstupu,
 - ochrana životního prostředí,
 - materiál těla.
- Kontaktní funkce:
 - materiál kontaktu,
 - průměr osazení pásu,
 - povrchová úprava materiálu pro pokovení,
 - středový kontakt (s / bez),
 - typ kontaktu,
 - kontaktní vysílání.
- Funkce koncovky:
 - metoda koncovky.

- Mechanická příloha:
 - styl montáže desky plošných spojů,
 - upevňovací úhel,
 - montážní funkce (s / bez),
 - typ zadržení desky plošných spojů,
 - rozložení spárování (s / bez),
 - přidržení desky plošných spojů (s / bez),
 - párování (s / bez).
- Vlastnosti konektoru:
 - rozteč středové osy,
 - barva pouzdra.
- Mechanická příloha:
 - styl montáže desky plošných spojů.
- Rozměry:
 - šířka,
 - délka,
 - výška.
- Podmínky použití:
 - rozsah teplot pro použití.
- Provoz / aplikace:
 - Použití – obvod.
- Průmyslové normy:
 - norma.
- Balení
 - množství v balení,
 - metoda balení.
- Ostatní:
 - materiál vnějšího kontaktního materiálu,
 - proces pájení,
 - materiál pro pokovení plošných spojů.

3 ANALÝZA PROCESU

Analýza procesu (někdy též Procesní analýza) lze znázornit v základním schématu, kde jsou zakresleny všechny vstupy, které přicházejí od dodavatelů, proces samotný a výstup směrem k zákazníkovi a jeho zpětná vazba. [16]



Obr. 5. Základní schéma podnikového procesu [16]

3.1 Zlepšování procesů

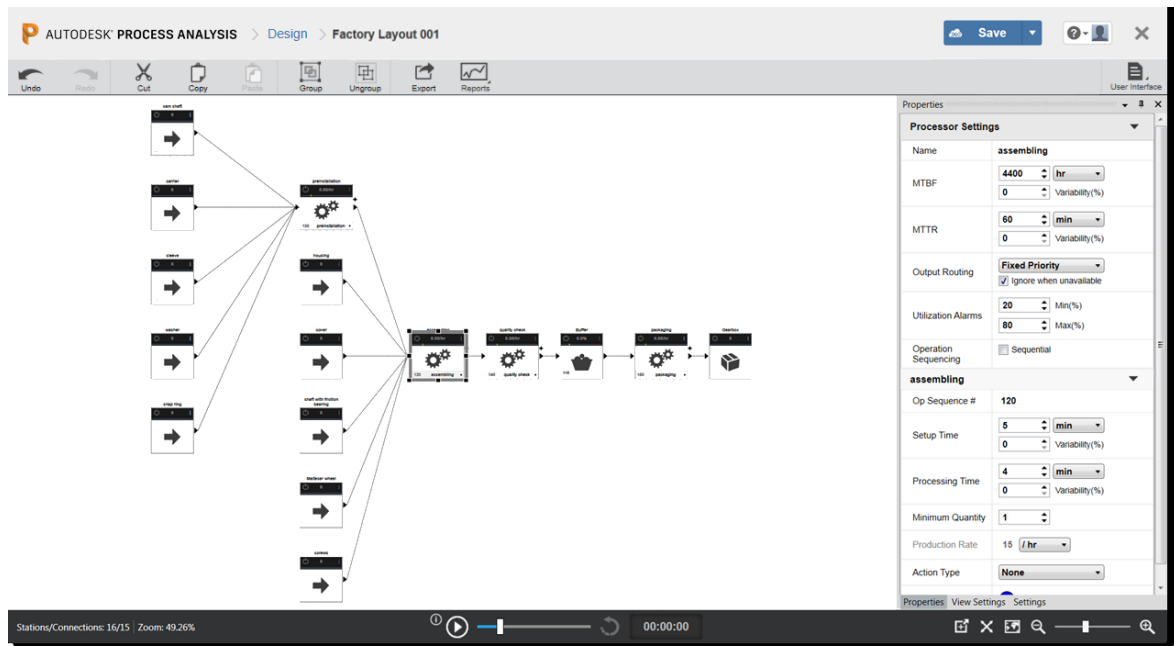
Práce na zlepšování procesu začíná u popisu jeho současného stavu, dále sledování metrik, kde je potřeba určit základní ukazatele, které chceme pozorovat. Sledováním procesu a nalezením chyb v něm se získají data, se kterými je možnost dále pracovat a navrhnout zlepšení. [10]



Obr. 6. Graf zlepšování procesů [10]

3.2 Autodesk Process Analysis 360

Autodesk Process Analysis 360 je software, který umožňuje modelovat, vizualizovat a simulovat výrobní procesy. Aplikace umožňuje vytvořit virtuální model montážní linky, továrny nebo průmyslového stroje a simulovat jeho fungování se zjištěním úzkých míst ve výrobě. To umožní optimalizovat výkonnost, testovat různé alternativy výroby nebo omezit chyby v projektu. [2, 3]



Obr. 7. Pracovní plocha Autodesk Process Analysis 360

3.3 Workflow (Technologický postup)

Workflow je pracovní postup, který zobrazuje komplexní činnost výroby rozepsanou do jednotlivých částí. Obsahuje popis jednotlivých aktivit, potřebu pracovních sil pro tuto aktivitu, nástroje a doplňující informace.

Workflow systém tvoří čtyři základní prvky:

- úlohy (aktivity, které musí být vyvinuty k dosažení cíle),
- lidé (specifikace lidské síly potřebné k určité činnosti),
- nástroje (stroje a nástroje vykonávající dané úlohy),
- údaje (věcné údaje a údaje o procesu). [1]

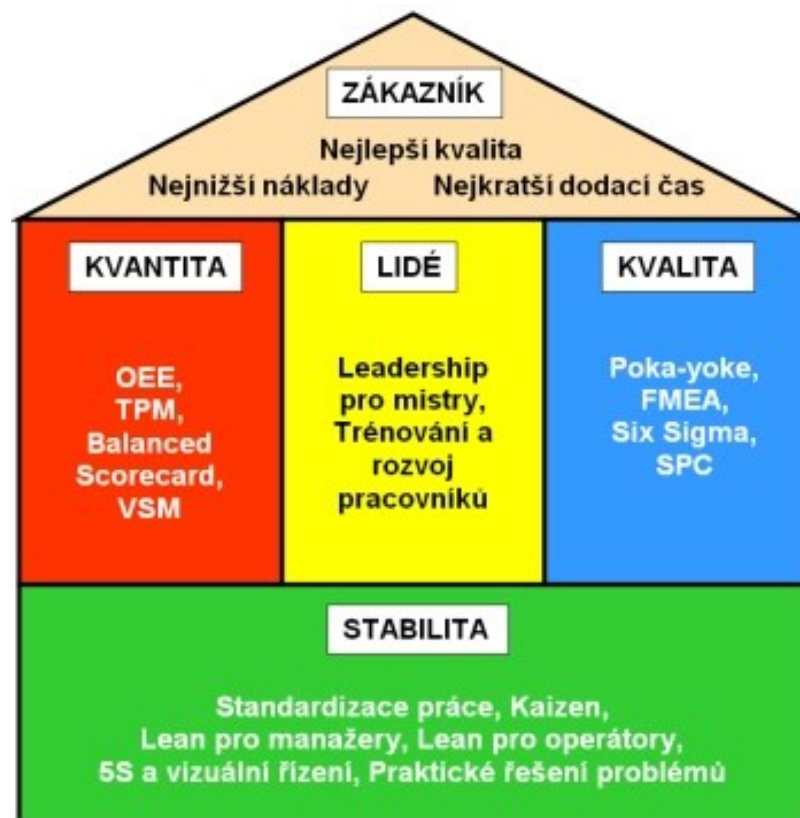
4 ŠTÍHLÁ VÝROBA

Štíhlá výroba neboli Lean Manufacturing lze definovat jako kombinace více nástrojů, které pomáhají eliminovat aktivity, které nepřinášejí zvýšení hodnoty a zvyšují náklady výrobku. [6]

Štíhlá výroba přichází s novým vzorcem pro výpočet ceny výrobku ($\text{Cena} - \text{Náklady} = \text{Zisk}$), který nahrazuje původní vzorec ($\text{Náklady} + \text{Zisk} = \text{Cena}$). Náklady na výrobek jsou redukovány just-in-time produkcí, kdy dochází k menší potřebě zásob a tím skladovacího místa.

Základem štíhlé produkce je několik faktorů: [6]

- pokles nákladů,
- pokles, vyvarování se výrobě zmetků,
- minimální zásoby,
- rozmanitost produkce,
- změna v organizaci,
- nároky na kvalifikaci a odpovědnost zaměstnanců.



Obr. 8. Zobrazení základních principů Štíhlé výroby [4]

4.1 Historie štihlé výroby

První prvky štihlé výroby v moderním slova smyslu jsou spojeny se jménem Henryho Forda, který jako první zpracoval komplexní výrobní strategii. Výroba byla urychlena po zavedení několika bodů. Henry Ford začal využívat pásové dopravníky, vysokou míru dělby práce a centrální řízení. Po aplikaci změn umožnil vyrábět do té doby nepředstavitelné množství produktů v krátkém čase.

První ucelený koncept štihlé výroby byl zaveden v 50-60 letech 20. století ve společnosti Toyota. V Toyotě byly odstraněny zbytečné kroky při výrobě produktů a výroba se více automatizovala. Tento počín je přičítán manažerovi společnosti panu Taiichi Ohno. Ve společnosti Toyota bylo zrušeno pravidlo jeden stroj = jeden operátor a tím bylo dosaženo zvýšení efektivity práce a snížení prostojů operátorů.

V následující tabulce jsou vypsány významná historická data, která se týkají štihlé výroby. V dnešní době je štihlá výroba využívána většinou větších společností.

Tab. 1. Významné letopočty pro štihlou výrobu [23]

1765	Francouzský generál Jean-Baptiste de Gribeauval pochopil význam standardizovaných návrhů a výměnných částí a tím usnadnil opravy na bitevních polích.
1807	Marc Brunel v Anglii přišel s 22 stroji umístěnými postupně za sebou, které byly určeny pro výrobu jednoduchých výrobků ze dřeva
1822	Thomas Blanchard ve zbrojnici Springfield v USA vytvořil soubor 14 strojů, které byly uspořádány a automatizovány tak, že vyráběl pažby pro pušky v jednom toku materiálu od prvního stroje po poslední bez nutnosti lidské práce
1914	Henry Ford z USA vymyslel první pohyblivou montážní linku a tím snížil čas montáže z 12 hodin na méně než 3 hodiny
1936-1940	Vysoká míra synchronizace v německé výrobě letadel. Využití těchto postupů ve společnosti Mitsubishi a Toyota
1950-1960	Zavedení štihlé výroby ve společnosti Toyota

4.2 Plýtvání ve výrobních procesech dle štíhlé výroby

Výroba obsahuje prvky, které jsou dané jako zbytečné aktivity. Ty prvky se snažíme omezit, či odstranit a dělíme je do základních 8 druhů plýtvání:

- **vady (defect)** – označujeme tak výrobu vadných kusů, které jsou opravitelné nebo neopravitelné,
- **nadvýroba (overproduction)** – výroba ve vyšším než požadovaném množství, které zákazník nemá objednáno a zabírá místo na skladě,
- **zbytečná doprava nebo přemíst'ování (conveyance)** – přeprava materiálu, rozpracované výroby nebo informací, která není potřebná,
- **čekání (waiting)** – čekání na přísun materiálu, nastavovací časy, neplánované poruchy, logistika,
- **zbytečný pohyb (motion)** – zbytečný pohyb pracovníků, kteří vykonávají práci,
- **nadbytečné zpracování (over-processing)** – provádění činností, které nejsou potřeba,
- **nadbytečné zásoby (inventory)** – skladování materiálů a informací, které nejsou potřebné pro daný proces,
- **nevyužitá tvořivost zaměstnanců (creativity and motivation)** – nevyužité nápady od zaměstnanců, nedostatek prostoru pro růst zaměstnance. [7]

4.3 Nástroje štíhlé výroby

Užívané nástroje pro dosažení a udržení štíhlé výroby jsou následující:

- **JIT (Just in Time)** – systém pro přesné plánování procesů, díky kterému se snižují náklady. Nevznikají vysoké potřeby na skladové potřeby a mezisklady, ve výrobě nastává časová synchronizace a průchod vstupních materiálů po finální výrobek je plynulý.
- **Jidoka** (autonomizace, automatizace s lidskou inteligencí) – automatická detekce chyb při každém procesu výroby. Zamezuje špatným výrobkům postupovat výrobou, pokud nejsou dostatečně kvalitní.
- **Kanban** – slouží k organizaci úkolů na pracovišti, znázorňuje úkoly v jednotlivých cyklech, slouží např. k hlídání stavu rozpracovanosti výrobků ve výrobě.

- **Kaizen** – v původním významu se jedná o japonskou filozofii managementu, která spočívá na neustávajících drobných vylepšeních. Za tyto vylepšení jsou zodpovědní všichni pracovníci společnosti. Kaizen lze chápat jako nástroj neustálého zlepšování procesu výroby.
- **SMED** – jedná se o rychlou výměnu nástrojů. Tento nástroj štlé výroby se snaží o minimalizaci času potřebného k výměně nástrojů tak, aby bylo možné vyrábět výrobky v menších dávkách a mít variabilní výrobu. Zrychlí se tím variabilita výroby, která je spojená s menší nutností využívání skladů pro hotové výrobky.
- **Poka-Yoke** – nástroj, který slouží k odstranění možnosti vzniku chyb v procesu výroby. Poka-Yoke má za úkol vytvořit pouze jedno možné řešení a nedovoluje uživatelům udělat chybu. Slouží k odstranění chyb, které vznikají lidskou chybou.
- **Standardizace výrobních operací** – vede k vytvoření linkové výroby, automatů, poloautomatů a modulárních řešení strojů.
- **Vizualizace** – metoda 5S – u metody 5S se jedná o organizaci pracoviště tak, aby vše bylo na určeném místě, a také o jednoznačné vysvětlení daných procesů, aby pracovník nemohl udělat chybu.

5 ZÁSObNÍKY, DOPRAVNÍKY A STROJE PRO STŘIH

Dopravníky, zásobníky i stroje pro stříh jsou využívány v TE Connectivity při výrobě kabelových svazků. Dopravníky jsou strojní zařízení, která se používají pro dopravu materiálu z bodu A do bodu B. V případě výroby kabelových svazků jsou dopravní systémy používány pro dopravu vstupního materiálu od zásobníků směrem ke stříhacím strojům, dále potom k dopravě již střížených kabelových svazků k další výrobě. Zásobníky jsou zařízení, které slouží ke kumulaci materiálu, jedná se například o zásobník vstupního materiálu, kdy pro každý vstupní materiál je konstruován jeden zásobník. K procesu stříhání jsou využívány stříhací stroje nebo stříhací čelisti. Proces stříhání je využíván pro dělení materiálu s určitou délkovou vzdáleností.

5.1 Zásobník kabelu

Zásobníky materiálu jsou zařízení, kde je uloženo dostatečné množství materiálu, které jsou dále dodávány pro následující zařízení a k zajištění plného chodu výrobní linky. U kabelových zásobníků se jedná o zařízení, které obsahuje upínací hřídel na cívky s kabeláží. Zásobník musí být konstruován s dostatečnou kapacitou, aby nedocházelo k častému zastavení linky při výměně vstupního materiálu.

Na následujícím obrázku je zásobník kabelu od firmy Nicoletti. Zásobník kabelu je opatřen cívkou se vstupním materiálem, dále má drážkové válce, kdy je alespoň jeden pohyblivý, které napínají materiál a kompenzují rychlejší / pomalejší odběr materiálu, případně výměnu cívky. Zásobník od společnosti Nicoletti má kapacitu 700 kg a maximální průměr cívky je 1000 mm. Maximální rychlost odvinu je 250 m/min.



Obr. 9. Zásobník kabelového materiálu od firmy Nicoletti [13]

5.2 Stříhací stroj

Stříhání patří do skupiny plošného tváření a základní rozlišení je na ruční a strojní. V průřezu stříhu dochází k porušení materiálu stlačením, stříháním a trháním. Podle typů nožů se stříhání dělí na:

- stříhání s rovnými noži,
- stříhání se šikmými noži,
- stříhání s kruhovými noži,
- stříhání s tvarovými noži.

Druhy stříhání dle procesu stříhu:

- jednoduché stříhání – je vykonáno jedním prostřížením materiálu,

- postupové stříhání – každý díl je zhotoven několika stříhy a je vykonán více střížníky,
- sloučené stříhání – stříhy jsou prováděny současně za využití jednoho zdvihu, využívá se u přesných dílců s malou tolerancí, u velkých výrobních sérií,
- přesné stříhání – jedním stříhem vystříhují díly s kolmými hladkými řeznými plochami bez otřepů, mají velmi malou střížnou vůli, při stříhání jsou využívány přídržovače.

Stříhací stroj nebo stříhací čelisti se používají pro vytvoření stříhu a tím dělení materiálu na určitou délkovou vzdálenost. Tento proces se jmenuje stříhání a je to beztržkové dělení materiálu a u strojního pohonu se dělí na mechanické a hydraulické.

Kabel je přiveden za pomoci naváděcího zařízení ke stříhacím čelistem a tam je vykonán proces zvaný stříh, který rozdělí materiál na dvě části.



Obr. 10. Stříhací přístroj pro stříh kabelových svazků [21]

5.3 Odtah a dopravníkové zařízení

Odtah slouží k dopravě kabelových svazků a je zajišťován systémem hnaných a hnacích válců, které jsou ustaveny proti sobě a vedou kabelový svazek profilovanou mezerou. Ka-

belový svazek je táhnut a centrován na správnou pozici před dalším procesem. Tažné válce mohou být umístěny uvnitř stříhacího stroje anebo se může jednat o externí zařízení, které přivádí kabelový svazek k stříhacím nožům. Odtahové válce obsahují zařízení pro měření délkového rozměru materiálu, které slouží pro určení spotřeby materiálu, ale také k řízení dávkování kabelových svazků k dalším zařízením (např. stříhací stroj).

6 VÝPOČTY ČASŮ A NÁVRATNOSTI INVESTICE

Efektivní časový fond pro jednu směnu.

$$E = D * T_{sm} \quad (1)$$

E – efektivní časový fond [hod/rok pro jednu směnu],

D – počet pracovních dní [-],

T_{sm} – počet hodin na směně [-].

Efektivní čas stroje.

$$E_s = E - x * E \quad (2)$$

E – efektivní časový fond [hod/rok pro jednu směnu],

x – ztráty z oprav a přesunů (2-12%) [%].

Efektivní počet odpracovaných hodin operátora.

$$E_d = \frac{D_d * T_t}{D_t} \quad (3)$$

E_d – odpracované hodiny jednoho operátora [hod/rok],

D_d – počet pracovních hodin denně [-],

D_t – koeficient dovolené, nemocnosti [-],

T_t – počet týdnů [-].

6.1 ROI – Návratnost investice

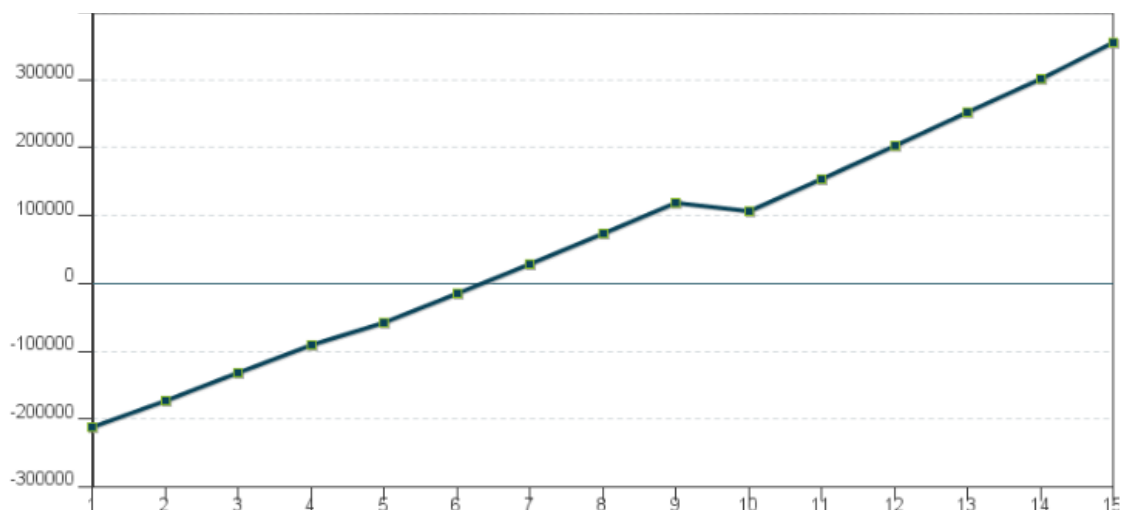
ROI vyjadřuje čistý zisk nebo ztrátu, která je vyjádřena v procentech. Výpočet ROI je vyjádřen následujícím vzorcem.

$$ROI = \frac{\text{čistý zisk} - \text{počáteční investice}}{\text{počáteční investice}} * 100 \quad (4)$$

ROI – návratnost investice [%].

Pro výpočet ROI existují kalkulátory. Jedním z takovýchto kalkulátorů je online *ROI calculator* na stránkách robotics.org. Tento kalkulátor vypočítá:

- bod zlomu, kdy dojde k navrácení investice,
- uspořené peníze za operátory,
- náklady na údržbu stroje,
- náklady na provoz stroje,
- úspory spojené se zvýšenou efektivitou stroje,
- celkové úspory,
- hodnoty jsou uvedeny na dobu 15 let. [15]



Obr. 11. Jeden z výsledků ROI kalkulátoru – kumulativní peněžní tok spojený s automatizací pracoviště [15]

Vkládané hodnoty pro dosažení těchto výsledků jsou:

- cena instalovaného systému,
- počet robotů,
- kvantita práce (počet směn, pracovních dnů a týdnů),
- náklady spojené s operátorem,
- počet nahrazených operátorů,
- procento práce, které je stále nutno vykonávat operátorem,
- předpokládané navýšení efektivity,
- další případné úspory.

7 PROJEKTOVÝ MANAGMENT

U projektů na nové stroje a zařízení je ve společnosti TE Connectivity zpracováván vnitropodnikový dokument nazývaný *Bluesheet*, který slouží k prezentaci projektů směrem k vedení společnosti. Tento dokument je zpracováván vedoucím projektu a obsahuje nejdůležitější body projektu.

7.1 Bluesheet

Bluesheet je interní dokument společnosti, který musí být vyplněn u každé investiční možnosti, která musí být schválena určenými schvalovateli projektu. Bluesheet obsahuje celkové informace o projektu, aby na základě těchto informací bylo možné schválit další pokračování projektu nebo jej zamítnout ve fázi, kdy do něj nezačalo být investováno. Mezi hlavní informace v Bluesheetu patří:

- popis projektu a jeho kořenová příčina, která vedla k nutnosti vytvoření návrhu nového projektu,
- benefity, které projekt přinese + možné ztráty,
- vedoucí projektu a jeho následní uživatelé,
- cíle projektu spojené s riziky a nebezpečím,
- partnery, dodavatele,
- uzávěrky,
- zdroje.

Project Management
Bluesheet - Template

Project Name: _____		built for:		built by:		Status:		Version:	
1. Back-ground (Where are we today? What problem are we facing?)	10. Supplier (Who is going to deliver the project output?)	11. Project Manager	4. Executive (Who benefits from the project and is accountable for the investment?)	5. User (Who is affected by the outcome of the project and can specify the expectations of the project's outcome?)		6. Target state (Quality Expectations – What features / functions are expected? How could we measure it?)		3.1. Benefit (What benefit do we expect for the business / customer?)	
	8. Guidelines (... partners, suppliers, technologies, deadlines, budget, project approach)	9. Scope / Out of Scope (What are the main deliverables? What is out of scope?)			7. Outcome (How can the situation at the end of the project be described?)				
2. Impulse (Trigger – Why do we want to start the project now?)	12. Risks – (Main Risks)		13. Resources (time, effort, cost)					3.2. Damage	

Project Management • Bluesheet Tool

Obr. 12. Projektční dokument Bluesheet

8 ZHODNOCENÍ STUDIJNÍ ČÁSTI

V teoretické části diplomové práce jsou rozepsány hlavní kapitoly, které se týkají praktického řešení diplomové práce na téma Návrh automatizace výrobního pracoviště ve společnosti TE Connectivity. Na počátku teoretické části je vypracována kapitola automatizace, kde jsou popsány cíle automatizace s jejími výhodami a jednotlivé typy automatizace, mezi které patří tvrdá, programovatelná a měkká automatizace. V další části je popsána společnost TE Connectivity včetně Infotainment oddělení a jejich produktů. Následující kapitoly obsahují informace o analýze procesů a štíhlé výrobě. Jsou zde popsány jednotlivé nástroje štíhlé výroby a možné druhy plýtvání ve výrobních procesech. V teoretické části diplomové práce jsou také popsány jednotlivé části výrobního procesu, na kterém je uvažována automatizace. Závěr je věnován výpočtům časů a návratnosti investice projektu společně s projektovou dokumentací Bluesheet, která je součástí každého projektu ve společnosti TE Connectivity.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

9 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavní cíle zpracované diplomové práce jsou:

- vypracování teoretické části, která slouží jako znalostní základ pro praktickou část,
- zmapování aktuálního stavu výroby, které vychází z teoretických znalostí a jedná se o analýzu procesu výroby osazeného kabelového svazku s prioritou míst, kde je uvažována automatizace,
- popis vyráběné součásti, pracoviště a analýza stávajícího problému,
- návrhy automatizace výrobního pracoviště v místě vkládání kabelových svazků do automatu Schleuniger, vypracování dvou různých řešení s různým stupněm automatizace
- technicko – ekonomické zhodnocení vybraného návrhu, výpočet návratnosti investice
- Shrnutí získaných výsledků.

10 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU LINKY

Pro vypracování možnosti automatizace ve výrobním středisku Infotainment je nutné nejprve důkladně analyzovat současný stav výroby, strojů a zařízení, sledovat proces výroby a měřit potřebné metriky procesu. Až po těchto bodech je možné přistoupit k návrhu a implementaci automatizace. V rámci analýzy současného stavu jsou zpracovány:

- specifikace produktu a jeho výroba,
- layout výrobní haly včetně aktuálního toku materiálu.

Z těchto informací se poté specifikují místa výroby, kde je uvažována automatizace. To jsou místa, kde automatizace přinese zrychlení a zvýšení kvality procesu.

V této kapitole je uvedena specifikace vyráběného produktu a analýza výrobních procesů na pracovišti Infotainment v TE Connectivity (pobočka Kuřim).

10.1 Specifikace produktu a jeho výroba

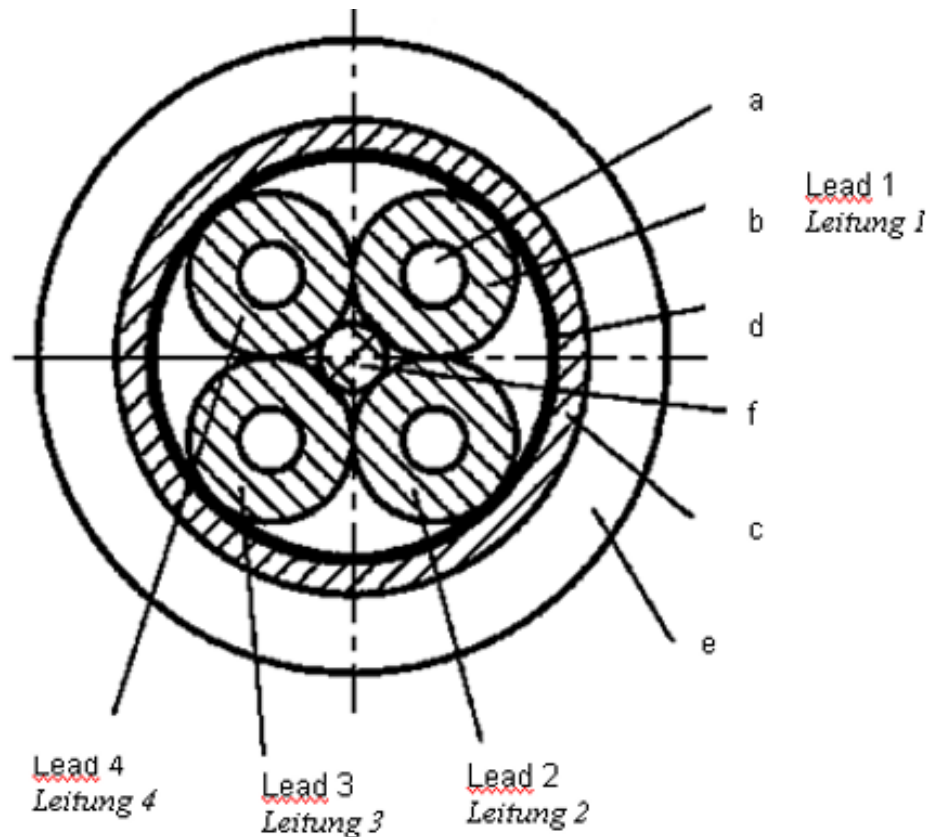
Infotainment oddělení nabízí okolo 800 produktů v různých délkových řadách. Tyto produkty jsou vyráběny na 8 automatech, přičemž 3 automaty jsou pro variantu s ukončením 90°, 3 automaty pro variantu s ukončením 180° a 2 automaty pro silnější kabely. Kabelový svazek je složený z následujících částí:

- vodič,
- izolace,
- ochranná vrstva,
- vodící prvek – některé produkty neobsahují tuto část.

Kabelový svazek má vodiče různých barev a je nutné zabezpečit správné založení kabelového svazku do automatu. V případě špatného založení kamerový systém nalezne chybu a kus bude zařazen mezi NOK kusy.

Specifikace jednotlivých produktů jsou zobrazeny v produktových listech a výkresech. Každý produkt je definován jednoznačnou specifikací obsahující vysoké množství informací, které jsou uvedeny v kapitole 2.3 Specifikace produktů v teoretické části diplomové práce.

V případě automatizace pracoviště se jedná zpočátku o automatizaci pracoviště, které je určeno pro kabelové svazky s menším průměrem $\varnothing 0,14 \text{ mm}^2$ a $\varnothing 0,22 \text{ mm}^2$. Větší průměr je vyráběn na 2 automatech, u kterých je počítáno s automatizací v posledním kroku.



Obr. 13. Průřez kabelem (a – vodič, b – izolace vodičů, c – ochranná vrstva, d – izolace kabelů, e – výplňový vodičí prvek) [16]

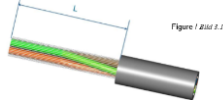
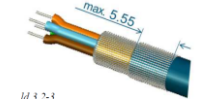
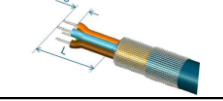
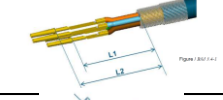
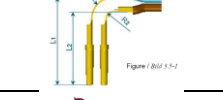


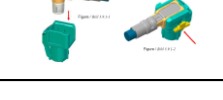
10.1.1 Workflow (Technologický postup)

Technologický postup zobrazuje komplexní činnost výroby rozepsanou do jednotlivých částí, v tomto případě do 11 bodů. Obsahuje náčrt, popis jednotlivých aktivit, stroj, na kterém je aktivita vykonávána, a doplňující poznámky.

Technologický postup výroby začíná u počátečního stříhu materiálu po zhotovení výrobku na osazovacím automatu Schleuniger a odeslání na testování kvality.

Postup výroby osazeného kabelového svazku se skládá z několika činností, která dohromady vytváří komplexní zhotovení výrobku. Jednotlivé činnosti jsou vykonávány na specializovaných modulech v osazovacích automatech Schleuniger.

Tab. 2. Zpracovaný technologický postup na výrobu osazených kabelových svazků

Technologický postup				
Pořadí	Náčrt	Popis	Stroj	Poznámky
1		Ustřížení kabelového svazku na požadovanou velikost	Stříhací stroj	Ustřížení kabelu na požadovanou délku
2		Založení kabelového svazku do automatu Schleuniger	Automat Schleuniger	
3		Odizolování kabelového svazku	Automat Schleuniger	Odizolování L=14,9 mm tolerance +0,1/-0,4 mm
4		Nasazení těsnění a přetažení stínění přes kabel	Automat Schleuniger	Maximální délka přetaženého těsnění je 5,55 mm
5		Odizolování jednotlivých kabelů	Automat Schleuniger	Délka odizolování L=9,5 mm tolerance -0,3 mm
6		Osazení kabelu krimpem	Automat Schleuniger	$L_1 = 14.6 \pm 0.3$, $L_2 = 17.8 \pm 0.3$
7		Zahnutí krimpů do požadované polohy	Automat Schleuniger	$L_1 = 12.25 \pm 0.15$ $L_2 = 10.25 \pm 0.15$ $R_1 = 2.9 \pm 0.05$ $R_2 = 0.9 \pm 0.05$ [mm]
8		Usazení kabelů do přídržovače kontaktů	Automat Schleuniger	
9		Zakrytí přídržovače kontaktů	Automat Schleuniger	
10		Nasazení konektoru	Automat Schleuniger	
11		Hotový výrobek, který pokračuje na kontrolu kvality		

Návrh automatizace výrobního procesu se koná v bodech 1 (stříh materiálu) a 2 (založení kabelového svazku do automatu).

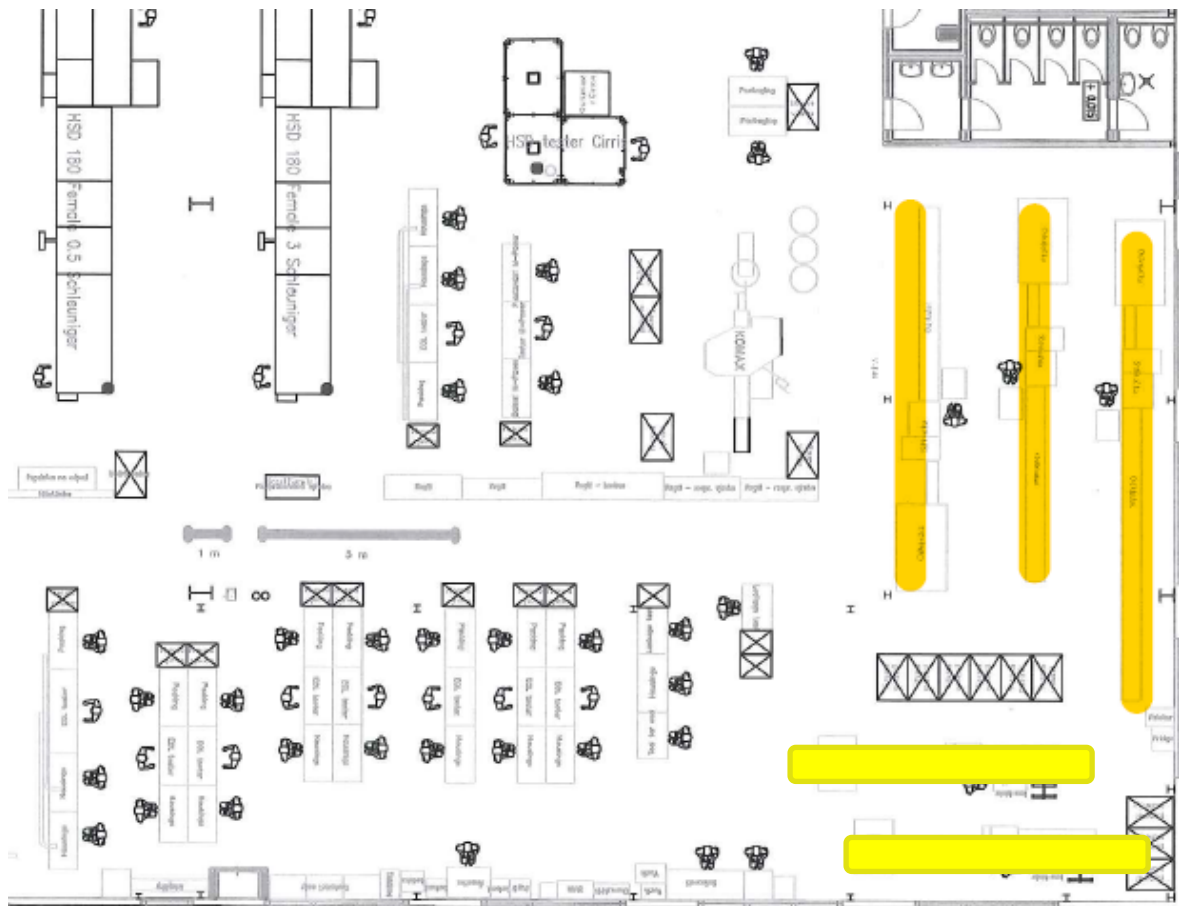
10.2 Layout výrobní haly

Layout výrobní haly (umístěn v Příloze II) zobrazuje prostory haly, umístění strojů a pracovní místa operátorů. Na layoutu jsou zobrazeny umístění strojů a obsluhy strojů pro následující jednotlivá pracoviště:

- stříhací stroje (jsou používány na počátku procesu výroby, kdy je materiál stříhán na určitý délkový rozměr),
- osazovací automaty (v hale je umístěno 8 osazovacích automatů Schleuniger, které vyrábí hotové osazené kabelové svazky),
- EOL testery, pracoviště balení a kontroly kvality (osazené kabelové svazky jsou kontrolovány vizuální kontrolou a na EOL testovacích zařízeních, poté baleny na místech, která jsou rozmístěna na více úsecích po výrobní hale).

Na následujícím obrázku jsou zvýrazněny umístění pěti stříhacích strojů. Po prvním kroku automatizace, při které bude přestavěn jeden automat, je jisté, že bude místo se stříhacími automaty zachováno. Pokud by proběhla automatizace na všech osazovacích automatech (podle varianty 1), tak by byla odstraněna nutnost mít stříhací stroje.

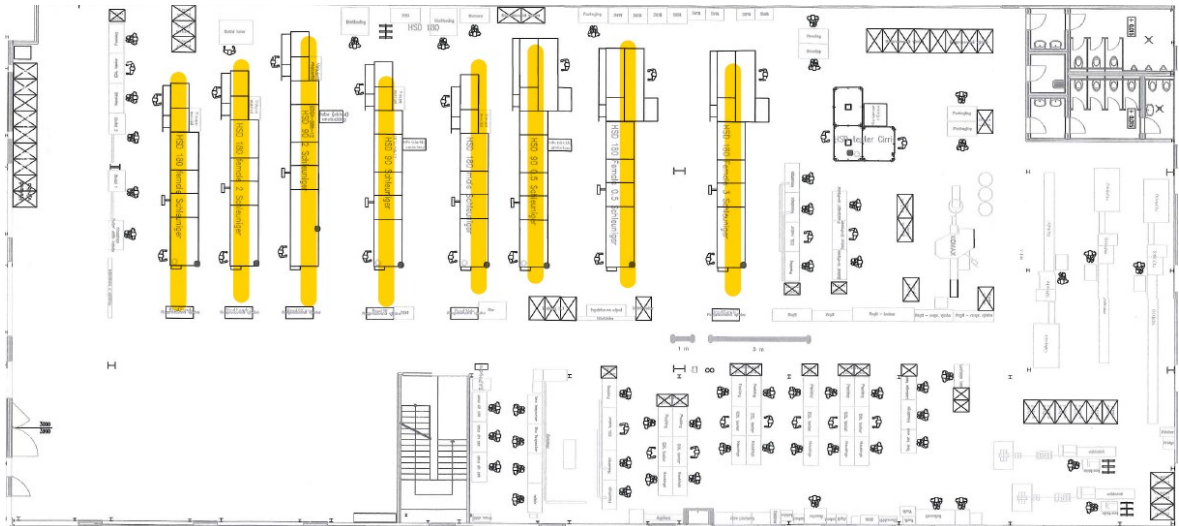
V layoutu je zakresleno pět stříhacích strojů, které zabezpečují dodávku nastříhaných kabelových svazků. U stříhacích strojů jsou skladovány cívky s kabelovými svazky. Nastříhané kabelové svazky jsou dodávány manipulačním technikem k operátorům, kteří zakládají materiál do automatů.



Obr. 14. Layout výrobní haly s označením stříhacích strojů

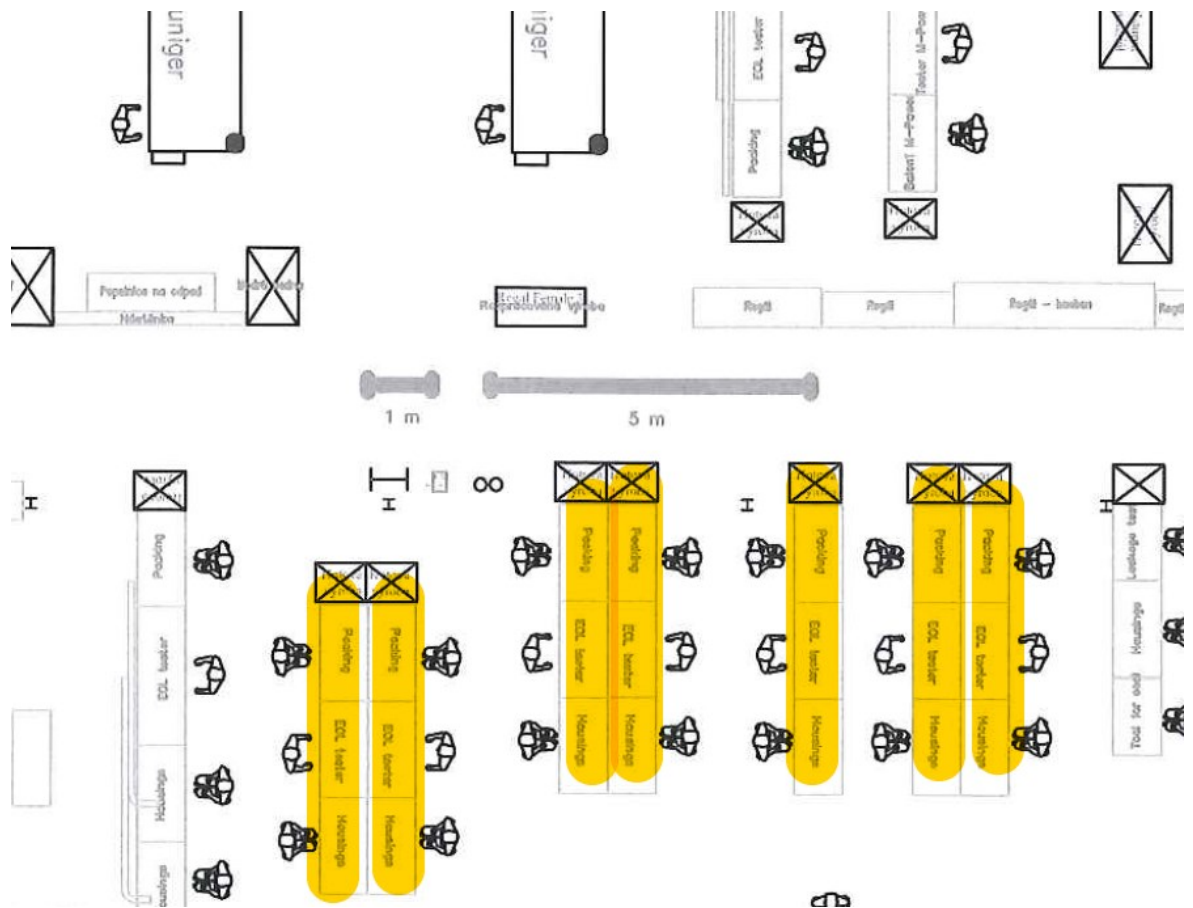
Na dalším obrázku jsou zvýrazněny osazovací automaty Schleuniger, u kterých je uvažována automatizace. V první řadě automatizace je uvažováno s automatizací jednoho automatu a po otestování bude možné s automatizací výrobních prostor pokračovat. Aktuálně je v hale 8 automatů, které jsou umístěny v řadě tak, aby bylo docíleno nejlepšího toku materiálu. Ta část automatů, do kterých je zakládán materiál, je vždy umístěna směrem do uličky – směrem k hlavnímu toku materiálů.

Dva automaty na pravé straně jsou určeny pro zpracovávání kabelů s větším průměrem $\text{Ø } 0,5 \text{ mm}^2$. Ostatních 6 automatů pracuje s kabelovými svazky dvou velikostí a to $\text{Ø } 0,22 \text{ mm}^2$, $\text{Ø } 0,14 \text{ mm}^2$.



Obr. 15. Layout výrobní haly TE Connectivity s označením 8 osazovacích automatů

Po osazení kabelových svazků v automatech Schleuniger je materiál vizuálně kontrolován a skládán do svazků operátorem, který je na konci každé osazovací linky. Poté jsou svazky přemístěny k poslední vizuální kontrole a EOL testovacímu zařízení, kde jsou podrobeny 100% kontrole kvality. U EOL testerů se nachází poslední operátor, který balí vyrobené produkty do krabic. K účelům kontroly a balení slouží místa zvýrazněné na následujícím obrázku.



Obr. 16. Layout výrobní haly s označením výstupní kontroly

10.2.1 Aktuální tok materiálu

Analýza toku materiálu je důležitá pro zjištění plynulosti toku výrobním procesem. Pokud by někde docházelo k vyšším potřebám manipulačních časů než je potřeba, je potřeba tok materiálu optimalizovat.

Aktuální tok materiálu obsahuje ucelené informace o toku materiálu, při kterém je vyráběn výsledný produkt. Tok materiálu ve výrobní hale na oddělení Infotainment začíná u dodávky vstupních materiálů ze skladů. Kabelový svazek je dodáván na cívkách, které vstupují do procesu jako hlavní surovina. Cívky jsou uloženy v blízkosti stříhacích strojů, což je výhodné z hlediska úspory manipulačních časů.



Obr. 17. Cívky s materiálem pro výrobu HSD kabelů

Kabelové svazky jsou následně stříhány na stříhacích strojích na požadovaný délkový rozměr. Vyráběné rozměry jsou od 10 cm po délky překračující 6 m. Stroj je obsluhován jedním operátorem. Čas stříhu jednotlivých kabelových svazků s rozdílnou délkou se mění a je přímo úměrný stříhané délce a času potřebnému k odvinutí. Následující časy stříhu jsou naměřeny pro délku kabelu 2,5 m s průměrem $\varnothing 0,22 \text{ mm}^2$, což je rozměr nejčastěji vyráběných produktů.

Tab. 3. Stříhací časy na stříhacím stroji Schleuniger pro kabel délky 2,5 m a průměru $0,22 \text{ mm}^2$

Stříhací stroj SCHLEUNIGER					
Měření	Čas stříhu [s]	Měření 2	Čas stříhu [s]2	Měření 3	Čas stříhu [s]3
1	10,1	51	9,4	101	9,4
2	9,5	52	9,3	102	8,6
3	9,6	53	8,5	103	7,5
4	10,6	54	9,3	104	9,1

5	10	55	10,8	105	9,7
6	9,3	56	8,2	106	9,4
7	10	57	8,9	107	8,6
8	8,6	58	9,8	108	8,9
9	9,5	59	8	109	8,7
10	10,2	60	10	110	9,1
11	10	61	10,4	111	9,2
12	9,1	62	9,7	112	8,7
13	9,4	63	9,7	113	9,5
14	9,6	64	9,8	114	9,9
15	9,4	65	9,7	115	10,8
16	9	66	10,3	116	8,9
17	9,7	67	9,7	117	10,3
18	9,2	68	9,4	118	9,8
19	9,8	69	9,7	119	9,7
20	9,2	70	9	120	8,7
21	10,3	71	9,2	121	9,3
22	10,6	72	9,6	122	10,1
23	10,4	73	8,5	123	9,3
24	9,9	74	10,5	124	9,8
25	10,1	75	9,6	125	10,6
26	10,2	76	9,7	126	8,5
27	10,4	77	9,2	127	7,4
28	9,8	78	9,2	128	9
29	9,1	79	8,5	129	9
30	9,6	80	10,3	130	9,8
31	9,1	81	7,5	131	10,6
32	9,7	82	9,1	132	10,5
33	10,2	83	8,3	133	11,3
34	9,6	84	9,2	134	9,9
35	9,1	85	10,4	135	8,7
36	11,1	86	9,7	136	9,7
37	10,2	87	11,1	137	9
38	9,6	88	9,2	138	8,6
39	10	89	10,7	139	10,1
40	9,1	90	9,3	140	10,1
41	10,4	91	8,6	141	9,5
42	10,8	92	9,6	142	9,5
43	10,3	93	10,3	143	9
44	9,6	94	10,7	144	8,9
45	10	95	8,8	145	8,7
46	10,4	96	9,7	146	8,6
47	9,8	97	8,6	147	9,1
48	9,4	98	9,4	148	10,1
49	9,1	99	9,8	149	9,2
50	10,1	100	9,1	150	10,5

Průměrná doba stříhu jednoho kusu kabelového svazku je 9,5 s se směrodatnou odchylkou 0,7 s. Tento výsledek tedy vyjadřuje čas, za který je ustřížen jeden kabelový svazek o délkovém rozměru 2,5 m. Uvedená varianta výrobku a doby stříhu bude dále použita při dalších výpočtech.



Obr. 18. Aktuální stříhací stroje kabelových svazků

Nastříhaný materiál se přesouvá k automatům. Pracoviště je označováno jako pracoviště s méněobsluhou (několik pracovníků obsluhuje jeden stroj). Jeden operátor vkládá kabely do automatu a druhý je u výstupní kontroly. U stroje mohou nastat prostoje, které jsou zapříčiněny chybami stroje (zaseklým materiálem, špatnou funkcí části stroje, špatně najetým materiálem atd.) Pokud se automat zastaví, k jeho opravě je zavolán tzv. junior, který se stará o jednodušší opravy. Pokud je oprava složitější, je přivolán seřizovač.

Software osazovacího automatu ukládá jednotlivé časy zakládání kabelových svazků, které budou v této práci dále analyzovány.

Tab. 4. Časy zakládání kabelů operátorem do automatu Schleuniger

Měření	Čas zakládání [s]	Měření	Čas zakládání [s]	Měření	Čas zakládání [s]
1	8,3	51	7,1	101	6,9
2	7,2	52	7,6	102	8,1
3	8,4	53	7,4	103	7,1
4	7,7	54	8,3	104	6,8
5	7,6	55	6,9	105	8,1
6	6,7	56	9,1	106	8,3
7	7,8	57	7,1	107	6,9
8	9,5	58	7,4	108	7,1
9	7,6	59	7,2	109	7
10	7,1	60	6,8	110	8
11	7,9	61	7,5	111	7,9
12	8,7	62	7,9	112	7
13	7,9	63	8,4	113	6,7
14	8,8	64	7,7	114	8,1
15	7,5	65	7,9	115	7,6
16	8,6	66	8,3	116	7,4
17	7,4	67	8,4	117	8
18	7,8	68	8	118	7
19	9	69	7,1	119	8,5
20	10	70	7,6	120	6,8
21	7	71	6,6	121	7
22	8	72	7,9	122	6,7
23	7,9	73	6,9	123	9
24	7,7	74	7,5	124	8
25	7,9	75	8	125	8,1
26	7,4	76	7,1	126	7,6
27	8,5	77	7,7	127	7,1
28	7,6	78	7,5	128	7,2
29	7,9	79	8,3	129	8,1
30	9,3	80	7,9	130	6,9
31	8,4	81	8	131	7,6
32	8,5	82	6,3	132	7,5
33	8,3	83	6,9	133	7,6
34	5,8	84	6,8	134	6
35	7,8	85	7,4	135	7,2
36	8,5	86	6,8	136	7,2
37	8,6	87	8,3	137	7,2
38	9	88	7	138	7
39	9,4	89	8,5	139	7,9
40	7,8	90	7,8	140	8,5
41	8,2	91	8,6	141	7,2
42	7,4	92	7,4	142	7,9

43	7,6	93	7,4	143	7,6
44	9,3	94	6,9	144	9,2
45	7,5	95	6,9	145	7,8
46	8,5	96	6,4	146	7,7
47	7,8	97	7	147	7
48	9,1	98	7,2	148	6,6
49	9,1	99	7,5	149	6,5
50	8,9	100	7,7	150	8,3

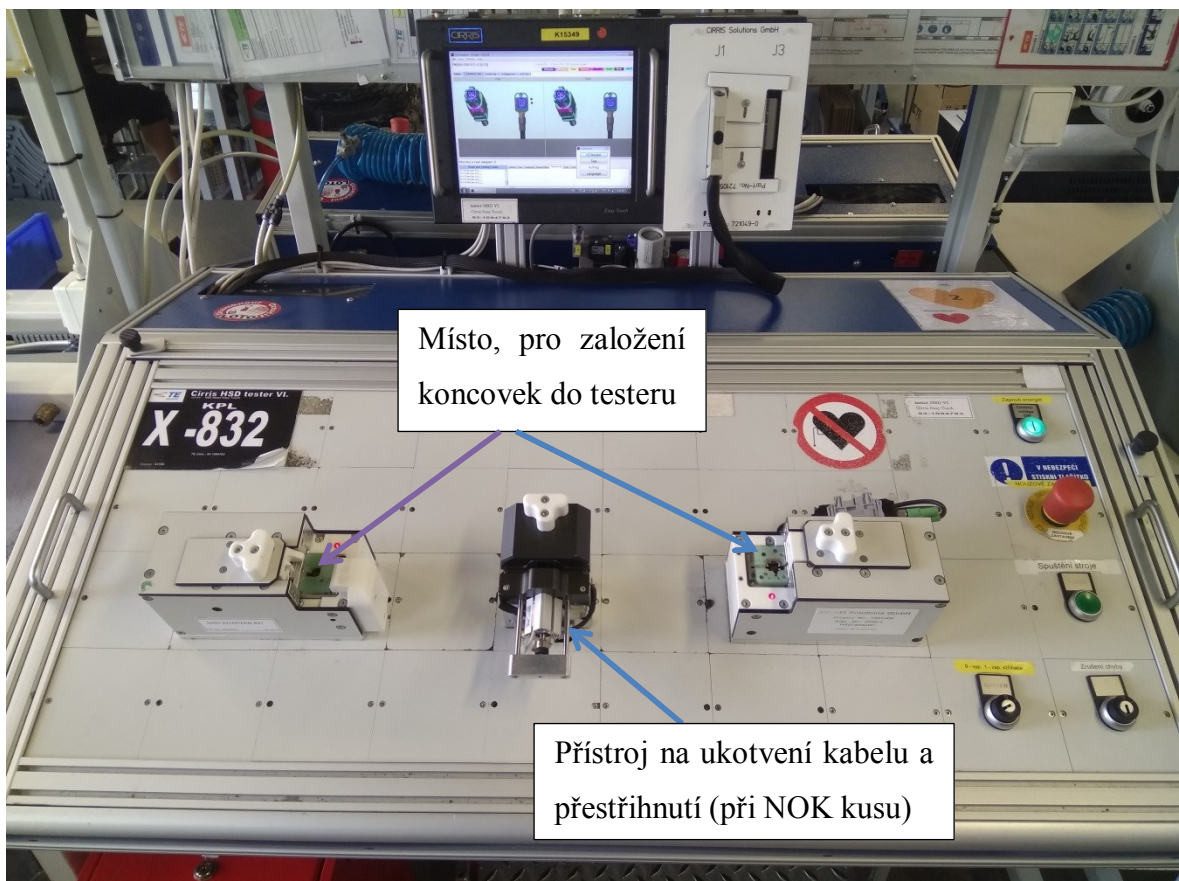
Průměrná doba založení jednoho kusu kabelového svazku je 7,7 s se směrodatnou odchylkou 0,8 s. Tento výsledek tedy vyjadřuje čas, za který operátor vloží jeden kabelový svazek o délkovém rozměru 2,5 m do osazovacího automatu. Osazovací automat pracuje s taktem 6,5 s, při manuálním zakládání operátorem dochází k časové ztrátě vyjádřené časovým rozdílem mezi založením kabelového svazku a taktem stroje. Rozdíl mezi průměrnou dobou zakládání automatu operátorem a konstrukční rychlostí stroje je 1,2 s. Na tuto část procesu bude posléze vytvořen projekt automatizace.



Obr. 19. Osazovací automat Schleuniger, na kterém je uvažována automatizace

Vyjmuté a zkontrolované kusy z automatu jsou přeneseny ke stolům, kde probíhá kompletace, testování a balení výsledného produktu.

U jednotlivých výrobků se postup výroby liší. V jednom případě jsou v automatu vyráběny osazené kabelové svazky finální koncovkou, které míří rovnou ke kontrole kvality. V druhém případě se jedná o osazené kabelové svazky bez finální plastové koncovky, která je nasunuta v dalším kroku operátorem. Při kompletaci operátor nasunuje koncovky, které jsou požadovány zákazníkem. Dále probíhá testování funkčnosti na EOL testeru, kde se koncovky zapojí do testovacího stroje a kabel se uloží do přístroje mezi koncovky, který při zjištění NOK kusu materiál přestřihne a operátor jej vloží do boxu určenému pro vyřazení. Tím je zabezpečeno, že NOK kusy z EOL testeru nebudou vloženy mezi OK kusy a nebudou dodány k zákazníkovi.



Obr. 20. EOL tester určený pro testování osazených kabelových svazků

Kusy, které jsou vyhodnocené jako OK, jsou podrobeny poslední vizuální kontrole, smotány, zabaleny a uloženy do kartonové krabice připravené k expedici.

Na tomto místě končí tok materiálu na oddělení Infotainment.

11 POPIS STÁVAJÍCÍHO PROBLÉMU

Při analýze aktuálního stavu výrobního pracoviště pro výrobu osazených kabelových svazků byla zjištěna možnost automatizace výrobních automatů na místě vkládání kabelových svazků do automatů. Tato možnost byla vybrána kvůli potenciální vysoké úspoře lidské pracovní síly a tím úsporách na mzdách zaměstnanců. Také se jedná o minimalizaci prodlev osazovacího automatu Schleuniger, které jsou zapříčiněny lidskou obsluhou.

Kabelové svazky jsou zakládány operátory na všech osmi osazovacích automatech. Tok materiálu začíná u dodávky nastříhaných kabelových svazků, ty jsou dodávány ve svazcích uložených v boxu. Tyto kusy jsou posílány od stříhacího stroje k jednotlivým pracovištím. Operátor následně odebírá kusy a vkládá je do automatu.

Společnost TE Connectivity se potýká s nedostatkem pracovníků a jejich navyšujícími se mzdovými nároky, a proto je nutné vyhodnotit přínosy vyšší automatizace provozu. Kvůli nedostatku pracovníků je nutno využívat personální agentury, které vyhledávají zaměstnance v sousedních nebo východních zemích a s tím souvisí vyšší náklady na zaměstnance, potřeba tlumočnicka, tvorba veškerých návodů v jazykových mutacích. Mzdové nároky na každého operátora jsou o to vyšší, protože se jedná o nepřetržitý provoz a je proto nutné počítat s příplatky za práci ve svátky a noční směny.

Po zvážení možných přínosů automatizace je tato diplomová práce zaměřená na možnost automatizace osazovacího automatu Schleuniger a to konkrétně místa, kde se zakládají kabelové svazky. K ručnímu zakládání kabelových svazků je zapotřebí operátora, který se věnuje pouze zakládání kabelových svazků na jednom automatu – založení je přibližně v intervalu 7,5 s, ale pracovní takt stroje je 6,5 s. Při vyšším stupni automatizace pracoviště je možné vynechat nynější stříhací automaty a nahradit je řešením stříhu, které je zakomponované v jednotlivých osazovacích automatech.

Při automatizaci je nutno dosáhnout nižších nákladů na výrobu.

11.1 Popis vyráběné součásti

Kabelový svazek je skupina kabelů, které jsou uspořádány do jedné jednotky (Obr. 13). Kabelové svazky se používají pro napájení nebo přenos informačních signálů. Výhodou je

lepší organizace, údržba, ochrana a instalace v porovnání se samostatnými kabely. Kabelový svazek poskytuje výkon několika samostatných kabelů. [8]

Průměry používaných kabelů jsou:

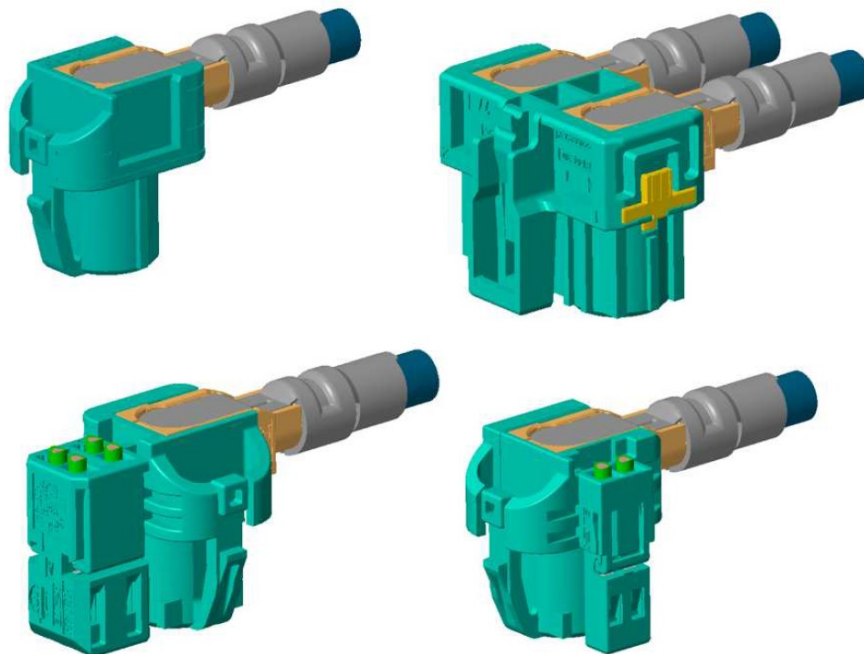
- $\varnothing 0,5 \text{ mm}^2$,
- $\varnothing 0,22 \text{ mm}^2$,
- $\varnothing 0,14 \text{ mm}^2$.

Koncovky kabelů jsou vyráběné ve variantách „male“ a „female“ s natočením 90° a 180° .

Možnosti zakončení produktu:

- hlava HSD,
- konektor HSD 90° ,
- konektor HSD 180° ,
- HSD hybridní konektor,
- HSD duální konektor,
- HSD RF systém.

Vyráběné součásti na automatu Schleuniger se liší podle požadavků zákazníka. V nabídce společnosti TE Connectivity je možné tedy nalézt bohatou nabídku produktů. Výrobek je vyráběn dle technologického postupu uvedeného v kapitole 8.1.1.



Obr. 21. Příklady osazených konců kabelových svazků

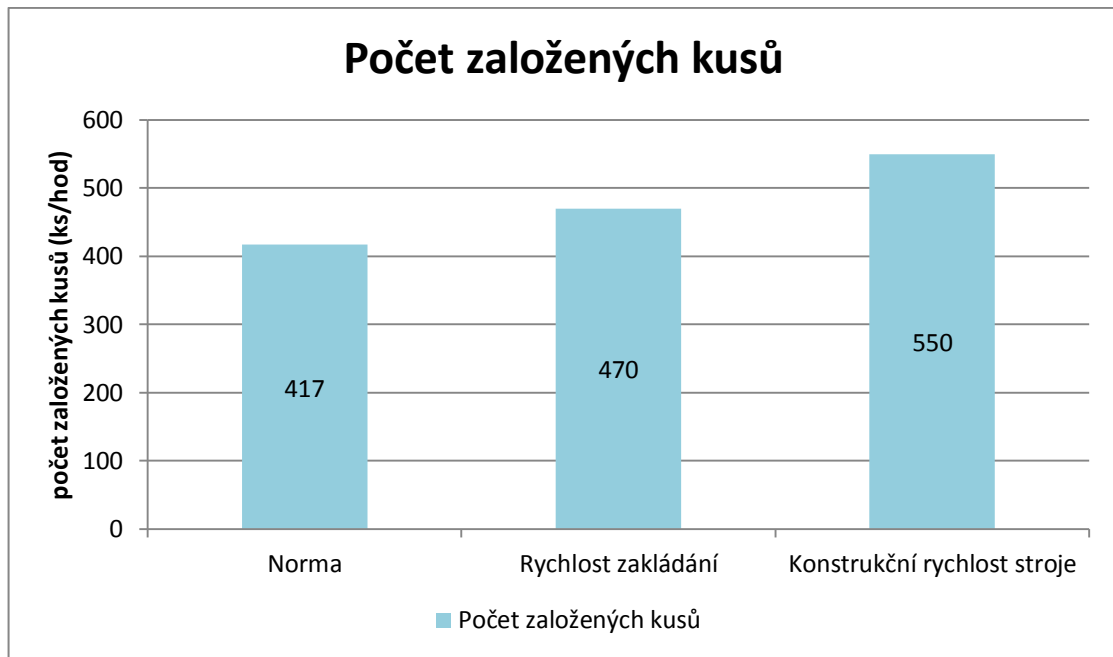
11.1.1 Vyráběné množství

U výrobních automatů Schleuniger jsou normy na výrobu jednotlivých výrobků. Pokud je počítáno s příkladem řešení kabelového svazku, který je osazován na jedné straně a jedná se o hlavu HSD 90° s průměrem kabelového svazku $\varnothing 0,22 \text{ mm}^2$, tak normované vyráběné množství je 417 kusů za hodinu. Infotainment oddělení vyrábí v nepřetržitém provozu.

V následujícím grafu zobrazeném v Obr. 22 je porovnání tří hodnot a to:

- norma, která určuje, kolik kusů kabelových svazků by mělo být vyrobeno za jednu hodinu,
- rychlost zakládání kabelových svazků, která je vypočítána z analýzy současného stavu, do kterého nejsou započítány časy na odpočinek, přestavby, opravy atd.,
- rychlost zakládání materiálu při využití konstrukční rychlosti automatu Schleuniger.

Diplomová práce se zabývá možností maximalizace výkonu a tím také vyráběného množství osazených kabelových svazků. Po automatizaci je žádané dosáhnout hodnot vkládání, které jsou co nejblíže konstrukční rychlosti stroje.



Obr. 22. Porovnání počtu založených kabelových svazků do automatu Schleuniger

11.2 Popis části pracoviště, kde je připravována automatizace

Automatizace pracoviště se bude týkat více pracovišť, vzhledem k variantě, která bude vybrána. Při automatizaci, kde se jedná o automatizaci vkládání kabelových svazků do osazovacího automatu včetně stříhacích čelistí a zásobníku kabelových svazků umístěného v rámci osazovacího automatu (varianta 1), je uvažováno o náhradě pracoviště zakládání kabelových svazků i pracoviště stříhání kabelových svazků. Při automatizaci, kde se jedná o dodávání kabelových svazků do osazovacího automatu pomocí dopravníku a za využití stávajícího zakládacího modulu (varianta 2), je uvažováno o zrušení pozice operátora, který zakládá kabelové svazky do osazovacího automatu.

Jedním z automatizovaných úseků je modul pro zakládání kabelových svazků. Zakládání kabelových svazků je nyní manuální, kdy operátor zakládá přibližně každých 7,7 s jeden kabelový svazek. Každý zakládací modul každého osazovacího automatu zaměstnává operátora, což je potencionální možnost budoucího snížení operátorů až o 40 osob. Zakládací modul pracuje s taktem 6,5 s a automatizace zakládání by měla čas zakládání co nejvíce přiblížit hodnotě 6,5 s, čímž by se zrychlila výroba jednoho osazeného svazku až o 1,2 s.



Obr. 23. Zakládání kabelových svazků

Dalším místem, které bude zasaženo při automatizaci, jsou stříhací stroje Schleuniger. Tyto stroje stříhají kabelové svazky na požadovaný délkový rozměr. K omezení stříhacích strojů dojde při automatizaci, kdy budou stříhací čelisti umístěné v rámci každého osazovacího automatu (varianta 1). Dojde k celkové úspoře až 25 operátorů při automatizaci všech osazovacích automatů. Při automatizaci u varianty 2 nedojde k žádnému zásahu do stříhacích strojů. Vznikne zde potřeba zakládání nastříhaných kabelových svazků do zásobníků, které budou dodávány k jednotlivým pracovištím.

11.2.1 Kapacita linky

Kapacita linky udává počet kusů produktů, které zvládne vyrobit za určitý časový úsek. Kapacita osazovacího automatu Schleuniger je konstruována na 550 kusů osazených kabelových svazků za jednu hodinu. Nynější využití linky, při kterém jsou kabelové svazky

zakládány ručně, je 470 osazených kabelových svazků za hodinu (Obr. 22). Ztráta stroje je v takovém případě 13 %. Cílem této diplomové práce je minimalizovat tuto ztrátovost.

V ideálním případě, při zakládání 550 kabelových svazků za hodiny, se jedná o zakládání kabelového svazku v intervalu 6,5 s. Podle analýzy v kapitole 8.2.1. Aktuální tok materiálu je nyní kabelový svazek zakládán v intervalu 7,7 s.

Nyní osazovací automat nepracuje v době přestávek operátorů, v tomto ohledu by automatizace přinesla další benefit, kdy automatizovaná linka může fungovat i bez lidského dozoru s tím, že hotové výrobky se budou hromadit v zásobníku na konci stroje a po přestávce operátorů budou hotové výrobky přesunuté k následné kontrole. Při dalších analýzách a výpočtech není započítán benefit možnosti provozu stroje během přestávek operátorů.

12 NÁVRHY AUTOMATIZACE

V této práci je uvažováno s dvěma typy automatizace osazovacího automatu Schleuniger, které obsahují různou míru automatizace. První případ automatizace je automatizovat proces od stříhu kabeláže po zakládání kabelů do automatu tím, že bude k automatu přidělena jednotka zásobníku, odvíječe se stříhací hlavou. S touto mírou automatizace odpadne proces stříhání a manipulace materiálu od stříhacího stroje po osazovací automaty. Druhý návrh je automatizovat pouze proces zakládání kabeláže do automatu pomocí dopravníku a zachovat stříh kabelových svazků na stávajícím místě. Oba typy automatizace zefektivňují výrobu, mají menší nároky na pracovní sílu, a zlevňují výsledný produkt.

Cíle automatizace:

- zvýšení produktivity,
- snížení ceny produkce,
- minimalizace lidské práce,
- využití menší výrobní plochy,
- snížení požadavků na výrobu,
- zlepšení kvality,
- snížení počtu zranění a zlepšení bezpečnosti ve výrobním prostředí,
- vhodnost pro výrobu komponentů při hromadné výrobě. (Gupta, a další, 2013)

V obou případech se jedná o tzv. tvrdou automatizaci, která se využívá u výrobků s vysokou produkcí. Je počítáno s vyššími vstupními náklady, které budou kompenzovány zvýšenou produkcí a minimalizováním lidské práce. Jelikož se jedná o individuální výrobu zařízení, jsou s tím spojené vyšší výrobní náklady a delší výrobní doba. Výsledné zařízení bude přizpůsobeno pro výrobu výrobní řady.

Od společnosti, která bude vykonávat automatizaci, se očekává upgrade automatu Schleuniger a zakomponování ovládání přidaných komponent do centrálního ovládání stroje. Doplnění o odvíjecí stanici, zásobník, unášecí a středící válce, navíjecí jednotku a jednotku pro stříh, která bude navazovat na vkládací modul.

Důležité parametry pro konstrukci stroje:

Rychlost odvíjení:	min. 1,1 m/s
Zpracovávaný materiál:	Ø 0,5 mm ² , Ø 0,22 mm ² , Ø 0,14 mm ² .
Max. průměr rolí:	1000 mm
Max. šíře:	800 mm
Hmotnost role:	700 kg

Ponechání možnosti ručního vkládání kabelových svazků.

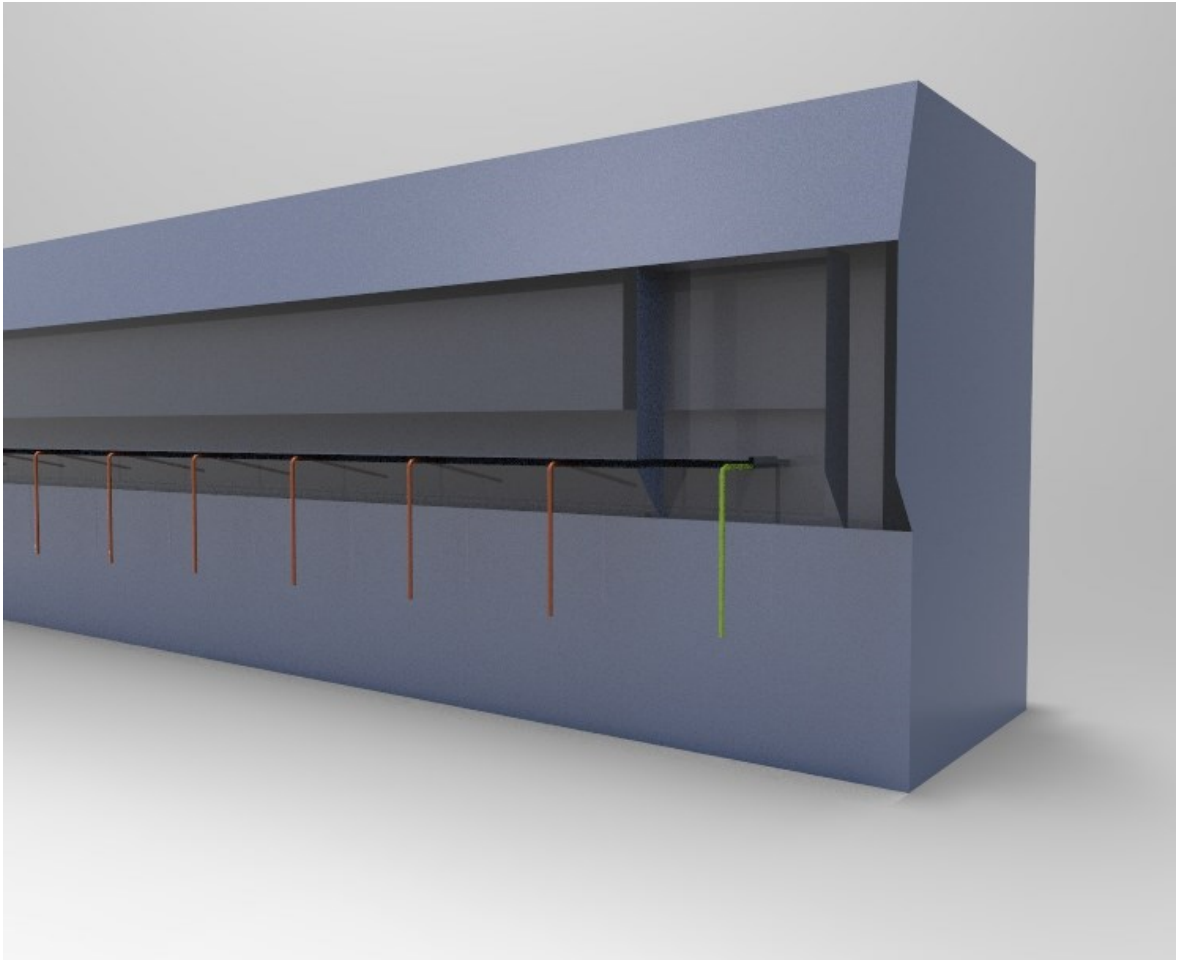
Další důležité prvky automatizace jsou:

Motor pro odvíjení materiálu s převodem, řídicí jednotka, propojení se stávajícím systémem automatu, nosný rám pro zařízení a vstupní materiál, zakrytování s ohledem na bezpečnost operátorů.

12.1 Návrh automatizace vkládání kabelů do automatu s použitím stříhacího stroje

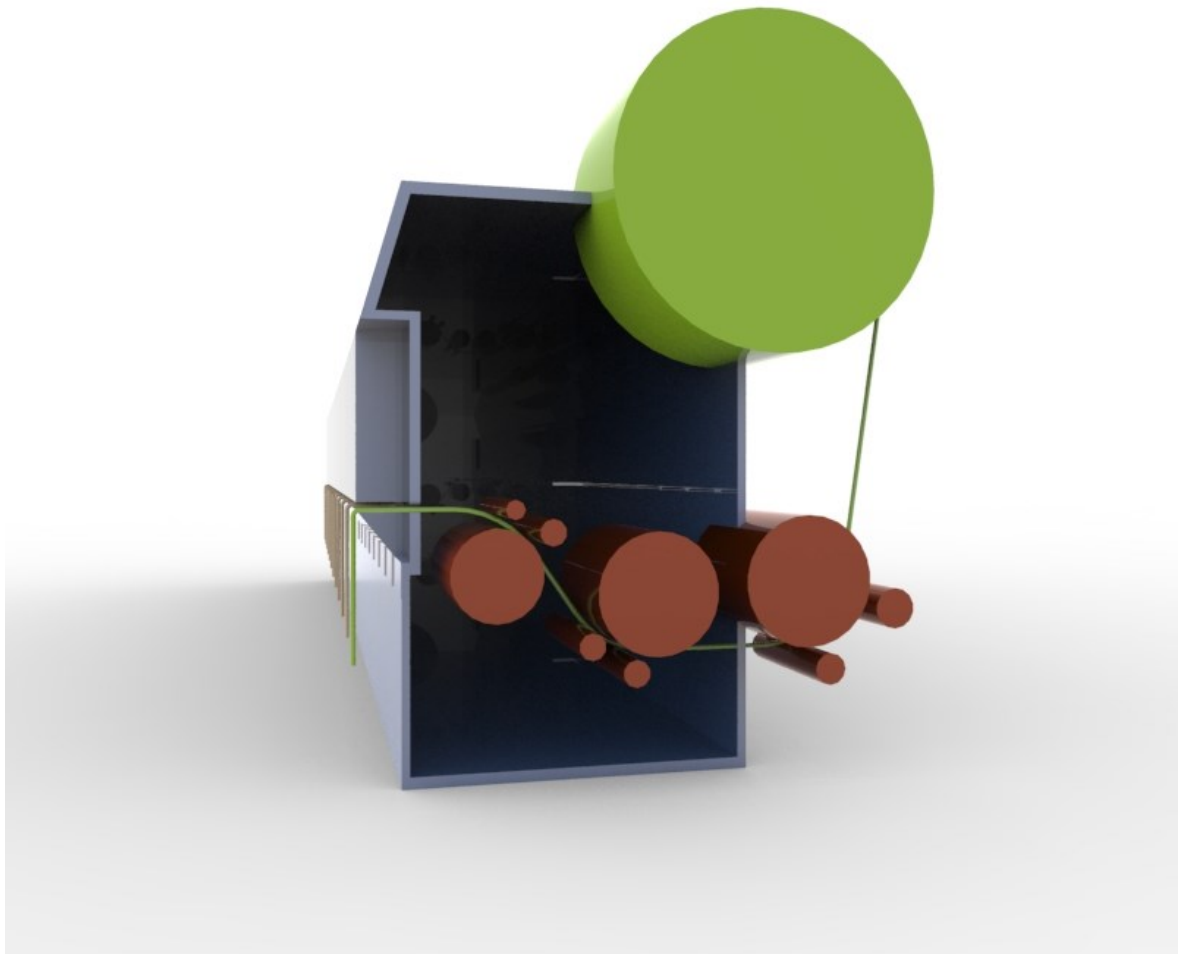
Kabelový svazek je vkládán do automatu v přední části stroje, pro zamýšlenou automatizaci je nutné modifikovat zakládací modul tak, aby odebíral kabelové svazky ze zadní strany automatu. Tok kabelového svazku bude začínat v zásobníku materiálu a odvíjen navíjecím zařízením ke stříhací jednotce, která bude navázána na zakládací modul.

Automat osazuje několik kabelových svazků ve stejném čase a je zde snaha o optimalizaci maximálního vytížení stroje. Takt stroje je 6,5 s, což znamená, že v intervalu 6,5 s bude vkládán jeden kabelový svazek do automatu, proběhne jeden stříh, bude odvinut potřebný délkový rozměr kabelového svazku a ve výsledku každé 6,5 s automat vyrobí jeden finální osazený produkt.



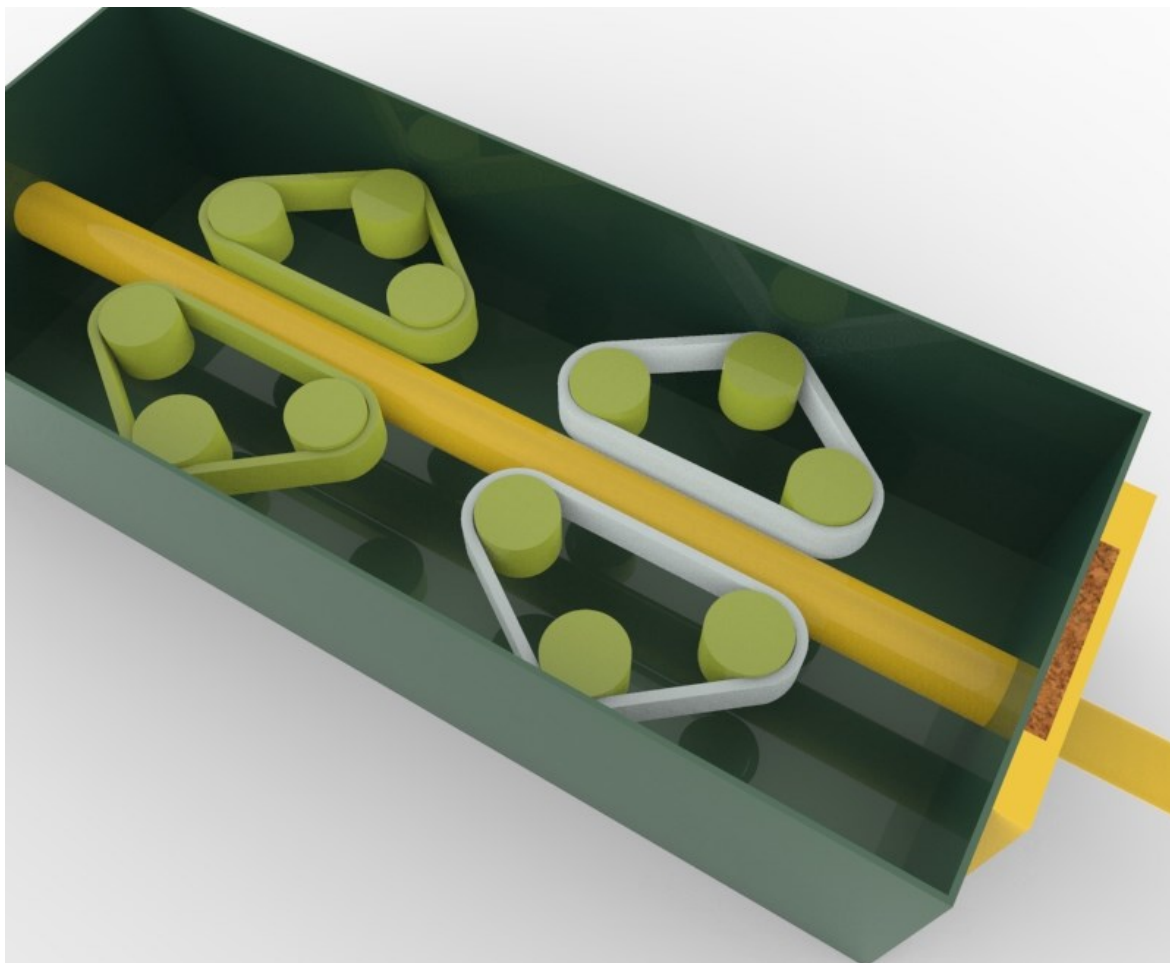
Obr. 24. Automat a vstup kabelových svazků

U navrženého designu automatizačního zařízení musí být zohledněn prostor potřebný pro automatizaci tak, aby nedošlo ke zbytečné manipulaci s automaty – změně polohy automatů. Proto je design navržen tím způsobem, že zásobník vstupního materiálu je umístěn ve vrchním prostoru. Tím sice dojde ke zvýšení výšky stroje, ale v tomto ohledu není v nynější hale limitace. Zásobník, odvíjení a napínání bude umístěno dle následujícího obrázku. Zásobník materiálu je koncipován na maximální operační nosnost 700 kg. Maximální hmotnost cívek používaných při výrobě je 600 kg.



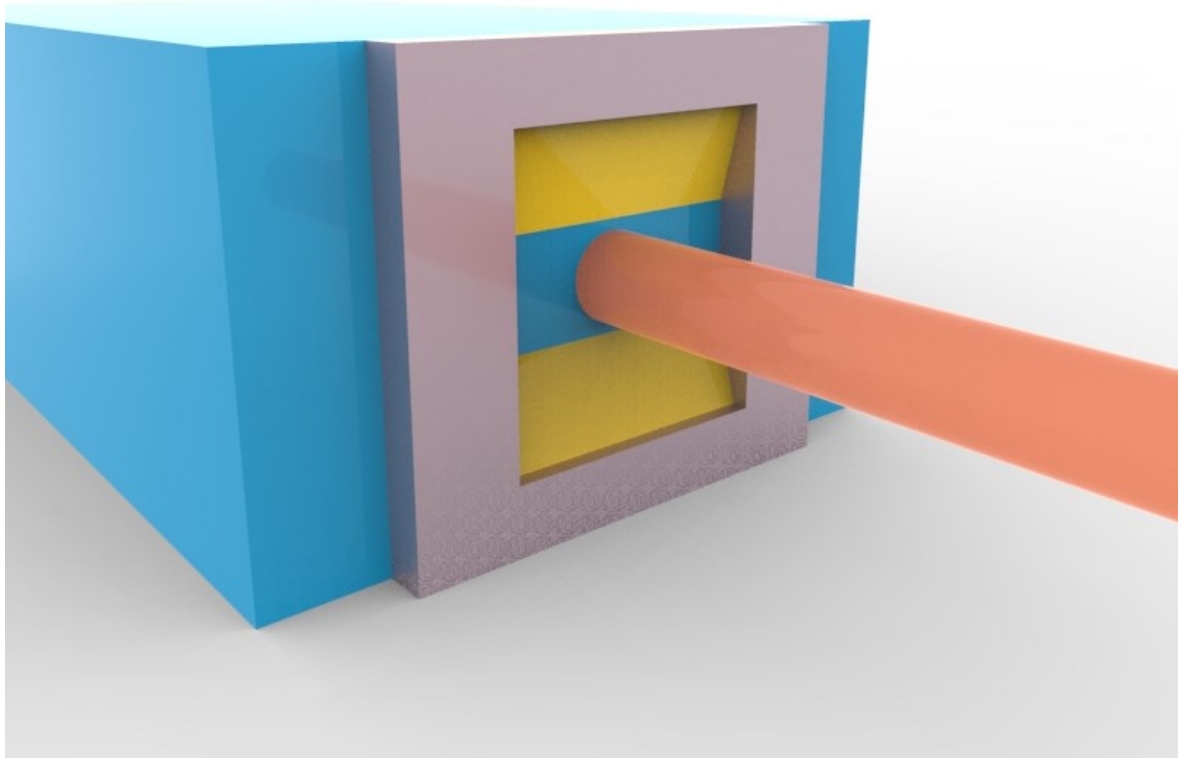
Obr. 25. Podavač kabelových svazků

Tok kabelového svazku – kabelový svazek je uložen na zásobníku umístěném v horní polovině osazovacího automatu, z něj je přesouván přes napínací a vodící válce k odvíjecímu zařízení, které je navrženo tak, aby bylo umožněno vyrábět kabelové svazky různých délkových rozměrů a průměrů. Takto je materiál přiváděn ke střížným nožům. Odvíjecí zařízení určuje budoucí délku stříhaného kabelového svazku a rychlost, jakou je kabelový svazek dodáván.



Obr. 26. Odvíjecí zařízení

Materiál je vycentrován do potřebné polohy pro stříh materiálu. Ve stříhacím zařízení je kabelový svazek střížen na požadovaný délkový rozměr. Dále je uchopen usazovacím modulem a proces pokračuje k dalším osazovacím modulům.



Obr. 27. Stříhací zařízení

12.1.1 Požadavky na zásobník a podavač kabelů

Na podavač kabelových svazků jsou kladeny takové požadavky, aby stíhal dodávat potřebné množství kabelových svazků potřebné délky, aby nezapříčinil prodlevu osazovacího stroje Schleuniger.

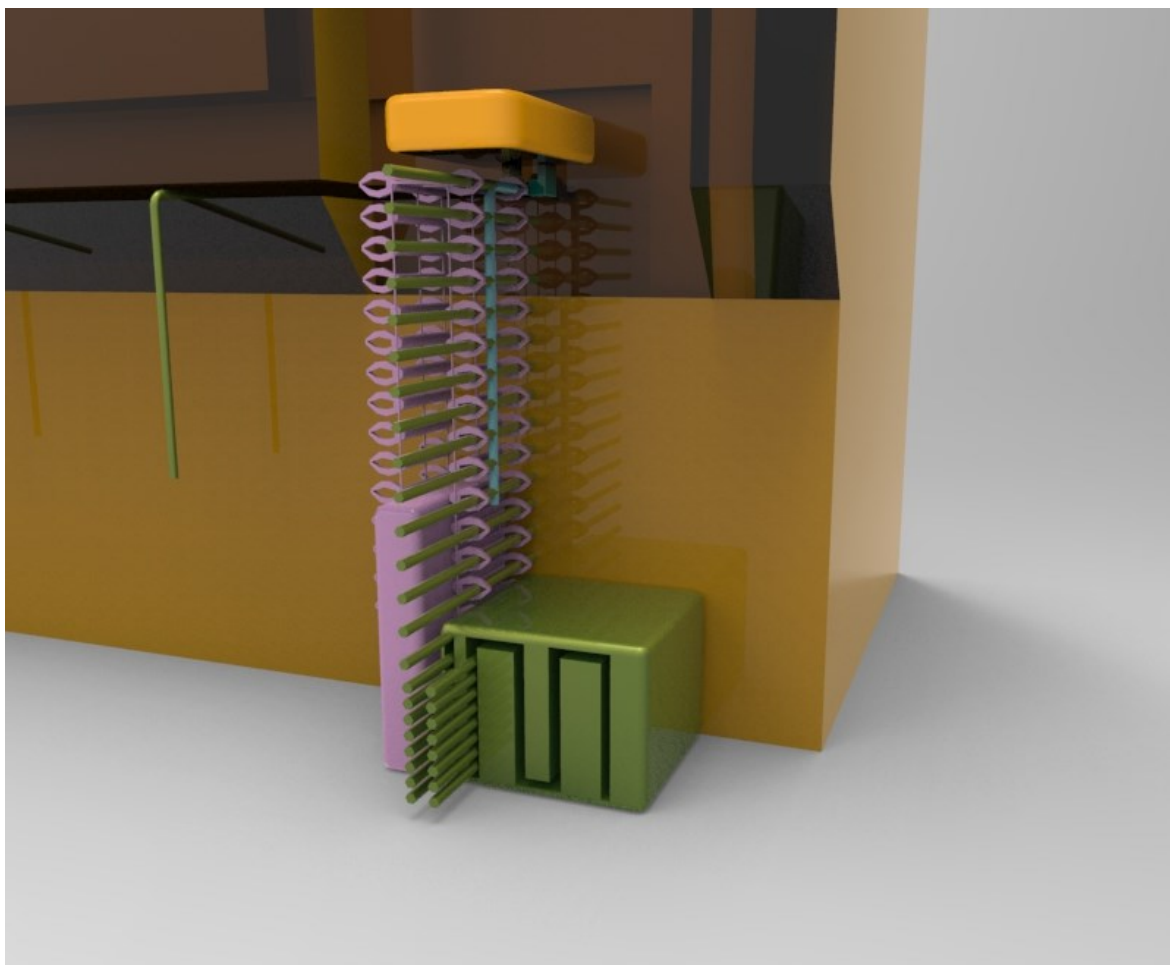
Takt osazovacího automatu je 6,5 s a za hodinu vyrobí 550 kusů osazených kabelových svazků.

Standartní délkové rozměry kabelů jsou od 10 cm po 6 m. U podavače materiálu je počítáno s nejdelším možným rozměrem z důvodu zabezpečení krátkého cyklu u všech kombinací produktu. Rychlost podavače materiálu musí být vyšší než 1,1 m/s, jelikož je nutné stále uvažovat o krátkém čase, který je určený pro stříh materiálu. Pro stříh materiálu je vypočtena doba 1 s.

Podavač kabelů se zásobníkem musí být robustní tak, aby odolával vibracím stroje, manipulaci s cívkami s kabeláží a musí být pevně připevněn k osazovacímu automatu.

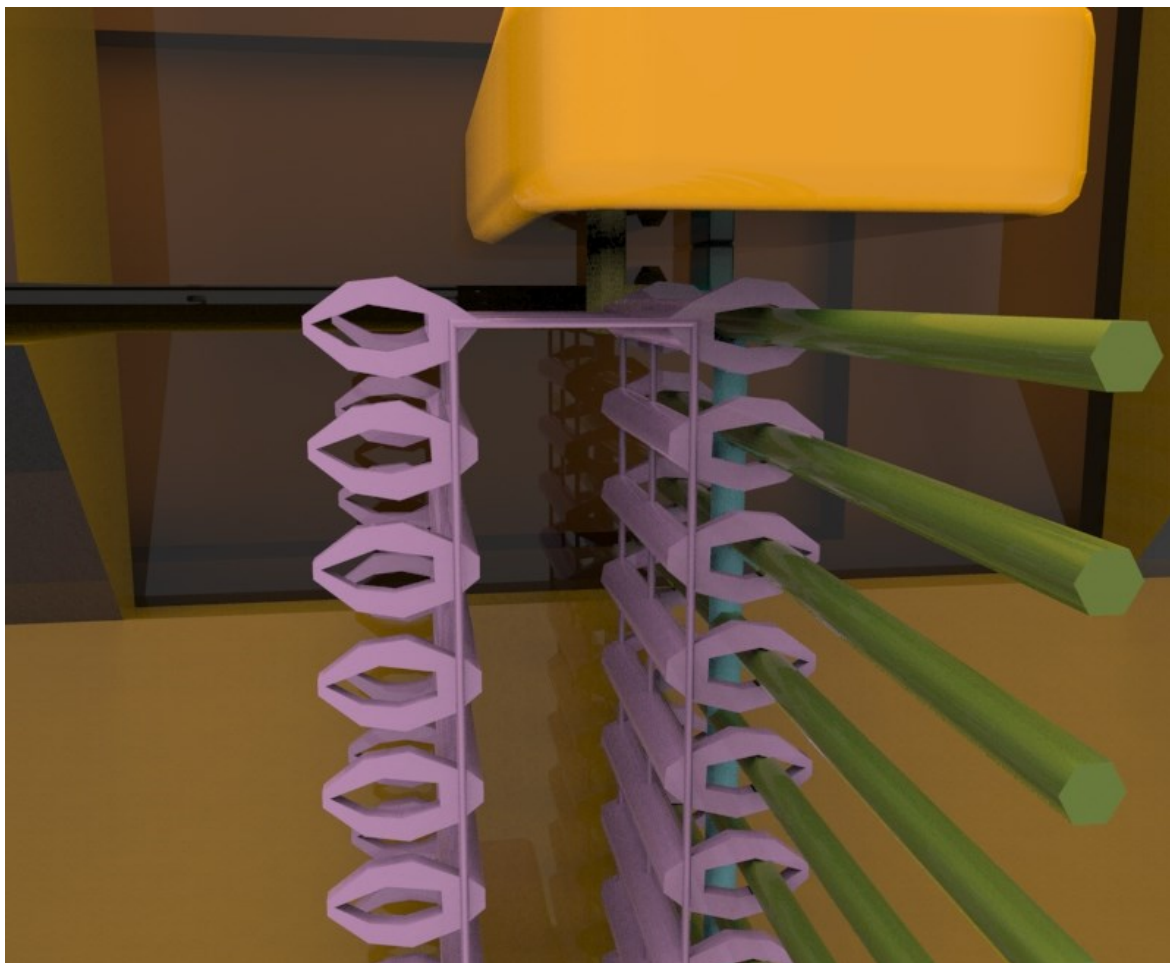
12.2 Automatizace linky s použitím podavače kabelů

Návrh č. 2 obsahuje menší podíl automatizace než předešlý návrh. Je uvažováno o automatizaci zakládání kabelových svazků do automatu, ale ne stříhání. Stříhání bude probíhat na současných strojích, ze kterých budou kabelové svazky poskládány do zásobníků (podavačů), které budou distribuovány k jednotlivým automatům, kde budou zakládány pomocí dopravníků a jednoúčelových zařízení. S navýšením efektivity výroby hrozí, že nastanou nedostatečné kapacity stříhacích strojů a bude nutné navýšit počet stříhacích strojů.



Obr. 28. Vizualizace automatizace osazovací linky s použitím podavače kabelů

Vstupní modul pro zakládání kabelových svazků je neměnný a není potřeba jej modifikovat. V návrhu je počítáno s robotickým manipulátorem, který bude odebírat kabelové svazky ze zásobníku a vsunovat je do stávajícího vstupního modulu, čímž nahradí práci operátora stroje.



Obr. 29. Dopravníkový systém na dopravu kabelů k jednoúčelovému zařízení

Materiálový podavač je koncipován na uložení nejméně 50 kabelových svazků. Tento počet zabezpečí chod stroje na 5,4 min. Poté je nutná výměna zásobníku. Zásobník bude poháněn a bude dodávat jeden kabelový svazek v taktu 6,5 s k robotickému manipulátoru. Robotický manipulátor se pohybuje v jedné ose od a k vstupnímu modulu. Manipulátor bude uchopovat kabelové svazky pomocí pneumatických čelistí.

12.2.1 Požadavky na zásobník a podavač kabelů

Podavač kabelových svazků musí být schopný dodávat jeden kabelový svazek v intervalu 6,5 s. Je potřebné, aby podavač materiálu stíhal takt osazovacího stroje, a tak dodával potřebné množství kabelových svazků.

Takt osazovacího automatu je 6,5 s a za jednu hodinu vyrobí 550 kusů osazených kabelových svazků. Na podavači kabelů je tedy potřeba dosáhnout stejného taktu.

Nevýhoda tohoto řešení je v nutnosti usazování nastříhaných kabelových svazků do pozic zásobníku a častá výměna zásobníků u jednotlivých automatů.

12.3 Tok materiálu po automatizaci

U obou automatizací pracoviště bude potřeba úpravy toku materiálu. Pro návrh automatizace vkládání kabelů do automatu s použitím stříhacího stroje se jedná o to, že materiál již nebude stříhán na stříhacích strojích, ale v modulu umístěném přímo v automatu u vkládacího modulu. V tomto případě nebude využit stříhací stroj a s tím spojené nasazování cívky, stříh a skládání kabelových svazků u operátora stříhacího stroje. Bude nově potřeba počítat s usazováním cívek na osazovací automaty.

V druhé variantě u automatizace linky s použitím podavače kabelů bude pozměněný krok ukládání ustřižených kabelů. Bude se zde jednat o uložení do speciálního zásobníku, který bude dopravován a zapojen k osazovacím automatům Schleuniger, kde již nebude manuální zakládání operátorem, ale automatizované strojové zakládání.

12.4 Představení společností Schleuniger a Valmatic

Schleuniger

- švýcarská společnost,
- hlavní dodavatel automatizovaných strojů na zpracování kabelových svazků pro společnost TE Connectivity,
- specializace společnosti na zpracování kabeláž,
- více než 700 zaměstnanců,
- výroba a vývoj ve Švýcarsku, Německu a Číně.

Valmatic

- česká společnost,
- specializace na vývoj a konstrukci jednoúčelových strojů,
- dodavatel do automotive,
- do 5-ti zaměstnanců.

12.5 Posouzení nabídek a shrnutí

Po prezentaci dvou variant automatizace bylo vedením společnosti TE Connectivity rozhodnuto v pokračování projektu s variantou automatizace včetně stříhání umístěného uvnitř osazovacího automatu. Na tuto variantu byl vytvořen dokument URS (User Requirement Specifications) a na základě tohoto dokumentu, který byl zaslán do společností Schleuniger a Valmatic byly předloženy nabídky od obou společností. Vyhodnocení finančních nabídek od výše uvedených společností proběhlo s vedením společnosti TE Connectivity. Posuzované nabídky:

Valmatic

- Pořizovací náklady:
 - 1 653 000 Kč.
- Výhody:
 - nižší cena projektu,
 - česká společnost.
- Nevýhody:
 - nemá reference na obdobné výrobní stroje,
 - nutno propojit software, hardware Valmatic a Schleuniger,
 - rizika spojené s novým dodavatelem a zabudováním nového systému do stávajícího řešení.

Schleuniger

- Pořizovací náklady:
 - 2 100 000 Kč
- Výhody:
 - navázaná spolupráce s TE Connectivity,
 - spolupráce na obdobných projektech se společností TE Connectivity,
 - hlavní dodavatel výrobních linek pro společnost,
 - upgrade stávajícího systému od společnosti Schleuniger.
- Nevýhody:
 - vyšší cena projektu

Co se týče cenových nabídek, tak česká společnost Valmatic nabídla nižší cenu o 447 000 Kč, ale s ohledem na dlouhodobou spolupráci a nižší rizika se zabudováním nového systému včetně nutnosti zásahu do software se vedení společnosti TE Connectivity rozhodlo pro pokračování v projektu se společností Schleuniger. S uvedenými náklady na automatizaci se dále počítá u ekonomického zhodnocení, kde je porovnáván stav výroby osazených kabelových svazků na stávajícím automatu s automatem po zavedení automatizace.

13 BLUESHEET

Dokument Bluesheet je interní dokument společnosti TE Connectivity. Je využíván pro prezentaci nejdůležitějších informací o projektu směrem k vedení společnosti a to následně rozhodne o schválení nebo neschválení projektu.

1

Project Management

Bluesheet – Automatizace linky Schleuniger

Project Name: Automatizace linky – zakládání kabelů do automatu			built for: TE Connectivity		Version: 1	
1. Back-ground Potřeba zefektivnění zakládání kabelových svazků do osazovacího automatu. Automatizace procesu, úspora na transportu surovin.	10. Supplier Schleuniger Valmatic	11. Project Manager Martin Vaněček	4. Executive TE Connectivity – Infotainment department	5. User Infotainment department	6. Target state Je očekáváno zvýšení produktivity osazovacího automatu. V ideálním případě by byla časová úspora vyšší než 0,5 sekundy. Stříhání materiálu se bude provádět přímo u automatu a bude automatizované – úspora lidské síly, transportu.	3.1. Benefit Zvýšení efektivity vkládání kabelů do automatu. Úspora lidské práce. Zlevnění výroby.
	8. Guidelines Schleuniger, Valmatic, TE Connectivity Vytvořený projekt – 06/2018 Počátek výroby po automatizaci pracoviště – 01/2019	9. Scope / Out of Scope Zvýšení produktivity. Omezení lidské práce. Potřeba zaučení seřizovačů na novou technologii. Zaučení na řízení a opravy stroje. Nutnost správného naprogramování kroků mezi automatem a novým zakládacím mechanismem.		7. Outcome Vznikne automatizovaná linka, kde jako vstup bude sloužit kabelový svazek navinutý v cívice. Automatizovaný stříh kabelového svazku, který bude plynule navazovat na osazovací automat bez nutnosti lidské síly.		
2. Impulse Nutnost automatizace procesu z důvodu nedostatku operátorů.	12. Risks Špatná instalace zařízení. Nevhodnost zařízení pro různé délky produktů.		13. Resources Investice – TE Connectivity Výroba a aplikace – externí firma (Schleuniger, Valmatic)			3.2. Damage Potřeba navýšení místa nad a za automatem v místě řezacího stroje a zásobníku.

Obr. 30. Vyplněný projektový dokument Bluesheet

Vysvětlení pojmů v dokumentu:

Back-ground	Důvod, proč vzniká tento projekt
Impulse	Impuls k započetí projektu
Benefit	Benefity, které vzniknou po zhotovení projektu
Damage	Změny aktuálního stavu, které jsou nutné k aplikaci projektu
Executive	Oddělení zastřešující projekt
User	Uživatelé projektu
Target state	Očekávané finální stav projektu
Outcome	Cíl projektu
Guidelines	Časový harmonogram
Scope/Out of scope	Viditelný rozsah projektu a nutné změny v aktuálním stavu výrobní linky
Supplier	Dodavatel, dodavatelé řešení
Project Manager	Vedoucí projektu
Risks	Risky spojené s projektem
Resources	Zdroje pro financování projektu

Obr. 31. Pojmy z dokumentu BlueSheet

14 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Tato kapitola se zabývá zhodnocením vybrané varianty automatizace vkládání kabelových svazků do automatu Schleuniger s využitím stříhacího modulu. Uvedená varianta byla vybrána vedením společnosti TE Connectivity jako nejvíce vyhovující z technického i provozního hlediska. V podkapitolách je počítáno s náklady na zaměstnance, návratností investice, a dále pak provozními náklady při a bez budoucí automatizace procesu.

Vybraná varianta je zhodnocena po ekonomické i technické stránce. Velký důraz je kladen na výpočet návratnosti investice.

14.1 Náklady na zaměstnance

V kalkulaci je uvažována průměrná hrubá mzda operátora 18 800,- Kč / operátor.

Výpočet superhrubé mzdy:

$$\text{Superhrubá mzda} = \text{Hrubá mzda} * 0,35$$

$$\text{Superhrubá mzda} = 18\,800 * 0,35$$

$$\text{Superhrubá mzda} = 25\,380 \text{ Kč}$$

Další náklady na zaměstnance:

- nájem kanceláře, elektrický proud, plyn, voda;
- čas nadřízených;
- licence na software;
- hardware;
- pojištění, cestovní náhrady,
- školení, ...

V této studii je počítáno s měsíčními náklady na zaměstnance podle superhrubé mzdy, tedy 25 380,- Kč.

14.2 Efektivnost výroby

Efektivní časový fond pro jednu směnu se vypočte z rovnice (1).

$$E = D * T_{sm}$$

$$E = 365 * 8$$

$$E = 2920 \frac{\text{hod}}{\text{rok}} \text{ pro jednu směnu}$$

$$E = 8760 \frac{\text{hod}}{\text{rok}} \text{ pro nepřetržitý provoz}$$

8760 hodin za rok je společností TE Connectivity požadovaná hodnota, po kterou je potřeba zajistit obsluhu stroje a s tato hodnota je dále uvažována při výpočtu efektivního času stroje.

Efektivní čas stroje se vypočte z rovnice (2).

$$E_s = E - x * E$$

$$E_s = 8760 - 0,12 * 8760$$

$$E_s = 7708,8 \text{ hod/rok}$$

Efektivní čas stroje je ponížěn o ztráty dané opravami a přesuny (konstanta x), která je uvažována 12 %.

Efektivní počet odpracovaných hodin operátora se vypočte z rovnice (3).

$$E_d = \frac{D_d * T_t}{D_t}$$

$$E_d = \frac{40 * 52}{1,15}$$

$$E_d = 1808 \text{ hod/rok}$$

Efektivní čas operátora je čas, který stráví pracovník na pracovišti.

Z vypočítaných efektivních časů stroje a operátora vychází, že k pokrytí automatu (vkládání) je zapotřebí 5 operátorů pro nepřetržitý provoz.

$$\text{počet operátorů} = \frac{E}{E_d}$$

$$\text{počet operátorů} = \frac{8760}{1808}$$

$$\text{počet operátorů} = 4,85 = 5 \text{ operátorů}$$

Pokud je počítáno s variantou automatizace s použitím stříhacího stroje, tak se jedná o potřebu 9 operátorů. Již z hlediska úspor pracovní síly se jedná o prostor výroby, kde je potřebná automatizace procesu.

Porovnání efektivit před a po automatizaci:

$$Efektivita = \frac{\frac{E}{takt\ stroje}}{\frac{E}{takt\ zakládání\ dle\ normy}} - 1$$

$$Efektivita = \frac{\frac{8760 \times 60 \times 60}{6,5}}{\frac{8760 \times 60 \times 60}{8,64}} - 1$$

$$Efektivita = 0,33 = 33 \%$$

Po provedené automatizaci, kde se počítá s rychlostí vkladů kabelových svazků stejnou jako je takt stroje je zvýšení efektivity 33 %, což je přibližné zvýšení produkce o 1 201 000 osazených kabelových svazků za rok.

14.3 Technické zhodnocení

Návrh automatizace výrobního pracoviště ve společnosti TE Connectivity byl zpracován ve dvou variantách, které obsahují různou míru automatizace. U varianty 1 se jedná o automatizaci zakládání kabelových svazků včetně stříhu umístěného uvnitř osazovacího automatu. Toto řešení zahrnuje nutnost úpravy vkladacího modulu osazovacího automatu včetně úprav software i větších mechanických úprav. Tyto úpravy jsou vyváženy vyšší mírou automatizace a vysokou úsporou lidské práce. Po automatizaci všech osazovacích automatů by mohlo dojít k úspoře až 65 pracovních míst. Odpadne nutnost manipulace se vstupním materiálem od stříhacího stroje po osazovací stroj. Cívky s kabelovým svazkem zde budou dodávány přímo do osazovacího stroje. Dojde také k úspoře místa potřebného pro výrobu. Odpadá nutnost meziskladů mezi stříhacím strojem a osazovacími automaty. Při realizaci této možnosti automatizace bude nutné odstavit osazovací automat na delší dobu a budou nutné větší mechanické i softwarové zásahy do stroje.

U varianty 2 se jedná o automatizaci zakládání kabelových svazků do osazovacího automatu. Tato možnost automatizace je spojená s minimálními úpravami na osazovacím automatu, ale to je spojené s menší mírou automatizace a s menší úsporou pracovních míst. Při

této variantě nedojde k redukci práce na stříhacích strojích, vstupní materiál bude stále stříhán na požadované délkové rozměry a poté převážen k osazovacím automatům, kde bude automaticky zakládán. Tato varianta je méně finančně náročná v porovnání s variantou 1.

Tab. 5. Porovnání variant automatizace

Porovnávací elementy	Varianta 1	Varianta 2
Větší úpravy na osazovacím automatu	Ano	
Větší úprava software osazovacího automatu	Ano	
Nahrazení stříhacího stroje	Ano	
Vyšší požadavky na manipulaci		Ano
Vyšší úspora místa vyžadovaného pro výrobu	Ano	
Nižší pořizovací náklady		Ano
Vyšší úspora pracovních míst	Ano	
Nutnost mezikladů		Ano
Rychlejší dodání		Ano
Nutnost odstavení stroje při instalaci na delší dobu	Ano	

14.4 Investiční náklady

Náklady investice jsou prověřeny u dvou nezávislých společností, a to společnosti Valmatic a společnosti Schleuniger. Valmatic je česká konstrukční kancelář zaměřená na automatizační systémy pro automotive. Tato společnost byla zvolena za účelem zjištění konkurenční ceny. Společnost Schleuniger je společnost, která dodává automatizační řešení pro společnost TE Connectivity a je také výrobcem současných osazovacích automatů. Po předložení nabídek od společností Schleuniger a Valmatic se vedení společnosti rozhodlo pokračovat na řešení od společnosti Schleuniger a následující výpočty jsou počítány s jejich nabídkou. Pořizovací náklady pro automatizaci pracoviště jsou 2 100 000,- Kč. Společnost TE Connectivity je jediný investor projektu automatizace osazovacího automatu.

14.4.1 Návratnost investice

Pro výpočet návratnosti investice byla použita ROI kalkulačka, která je dostupná online na webu robotics.org. Výpočet návratu investice je počítán na třech různých variantách (nepřetržitý provoz, dvousměnný provoz a jednosměnný provoz).

Údaje vkládané do kalkulačky pro variantu 1 jsou:

- cena instalovaného systému: 2 100 000,- Kč (nabídka od společnosti Schleuniger na zhotovení automatizace osazovacího automatu včetně stříhacího automatu),
- počet robotů: 1,
- kvantita práce (počet směn, pracovních dnů a týdnů): **3 směny, 7 pracovních dnů, 52 pracovních týdnů,**
- náklady spojené s operátorem: 25 380,- Kč – superhrubá mzda operátora, který vkládá kabelové svazky do osazovacího automatu,
- počet nahrazených operátorů: **3** (počet nahrazených operátorů na jednu směnu),
- procento práce, které je stále nutno vykonávat operátorem: zvoleno 15 %,
- předpokládané navýšení efektivity: 30 %,
- další případné úspory: 0 Kč.

Údaje vkládané do kalkulačky pro variantu 2 jsou:

- cena instalovaného systému: 2 100 000,- Kč (nabídka od společnosti Schleuniger na zhotovení automatizace osazovacího automatu včetně stříhacího automatu),
- počet robotů: 1,
- kvantita práce (počet směn, pracovních dnů a týdnů): **2 směny, 5 pracovních dnů, 50 pracovních týdnů,**
- náklady spojené s operátorem: 25 380,- Kč – superhrubá mzda operátora, který vkládá kabelové svazky do osazovacího automatu,
- počet nahrazených operátorů: **2** (počet nahrazených operátorů na jednu směnu),
- procento práce, které je stále nutno vykonávat operátorem: zvoleno 15 %,
- předpokládané navýšení efektivity: 30 %,
- další případné úspory: 0 Kč.

Údaje vkládané do kalkulačky pro variantu 3 jsou:

- cena instalovaného systému: 2 100 000,- Kč (nabídka od společnosti Schleuniger na zhotovení automatizace osazovacího automatu včetně stříhacího automatu),
- počet robotů: 1,
- kvantita práce (počet směn, pracovních dnů a týdnů): **1 směna, 5 pracovních dnů, 50 pracovních týdnů,**
- náklady spojené s operátorem: 25 380,- Kč – superhrubá mzda operátora, který vkládá kabelové svazky do osazovacího automatu,
- počet nahrazených operátorů: **2**, jedná se o počet nahrazených operátorů na jednu směnu,
- procento práce, které je stále nutno vykonávat operátorem: zvoleno 15 %,
- předpokládané navýšení efektivity: 30 %,
- další případné úspory: 0 Kč.

Výsledky výpočtu jsou:

- bod zlomu, kdy dojde k navrácení investice,
- uspořené peníze za operátory,
- celkové úspory,
- hodnoty jsou uvedeny na dobu 15 let.

Na následujícím obrázku jsou znázorněna pole, do kterých jsou zadávány vstupní parametry – vstupní parametry jsou zde vypsány a jednotlivé varianty se liší v počtu nahrazených operátorů a v kvantitě práce.

Jsou vypočteny varianty:

- nepřetržitý provoz,
- 2 směnný provoz
- 1 směnný provoz

VARIABLE FOR TOTAL SYSTEM COST

? Total System Cost: \$

 Quantity of Robots:

VARIABLES FOR CURRENT OPERATIONAL COSTS

- 1

Robot System Usage:

Disclaimer: Average Robot Electrical costs are roughly \$.50 per hour

Shifts/Day
 Days/Week
 Weeks/Year
- 2

Annual Labor Costs per Operator, Including Fringe Benefits:

Disclaimer: Average Robot Electrical costs are roughly \$.50 per hour
- 3

Number of Operators per Shift Removed:
- 4

Percentage of Labor Retained to Operate System per Shift:

%
- 5

Expected Productivity Gain:

%
- 6

Other Estimated Savings:

Additional Statement: We have found that there are often a number of additional unforeseen or industry specific values associated with the installation of Robotic Systems, such as: Scrap/Rework Saving, Material Savings, etc.

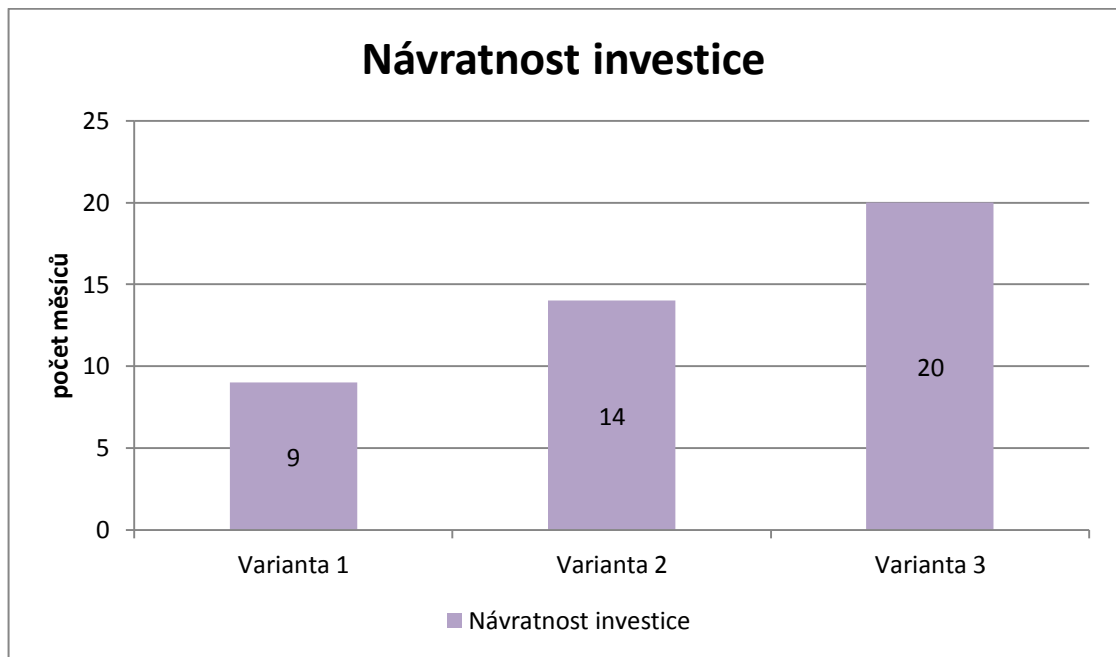
Obr. 32. Tabulka zadávaných údajů do výpočetního programu na výpočet návratu investice [15]

Výsledná návratnost investice pro Variantu 1. Při této variantě provozu je investice velmi rentabilní a bod zlomu je méně než jeden rok (přibližně 9 měsíců). Úspora na zaměstnancích je přes 40 miliónů v dalších 15 letech.



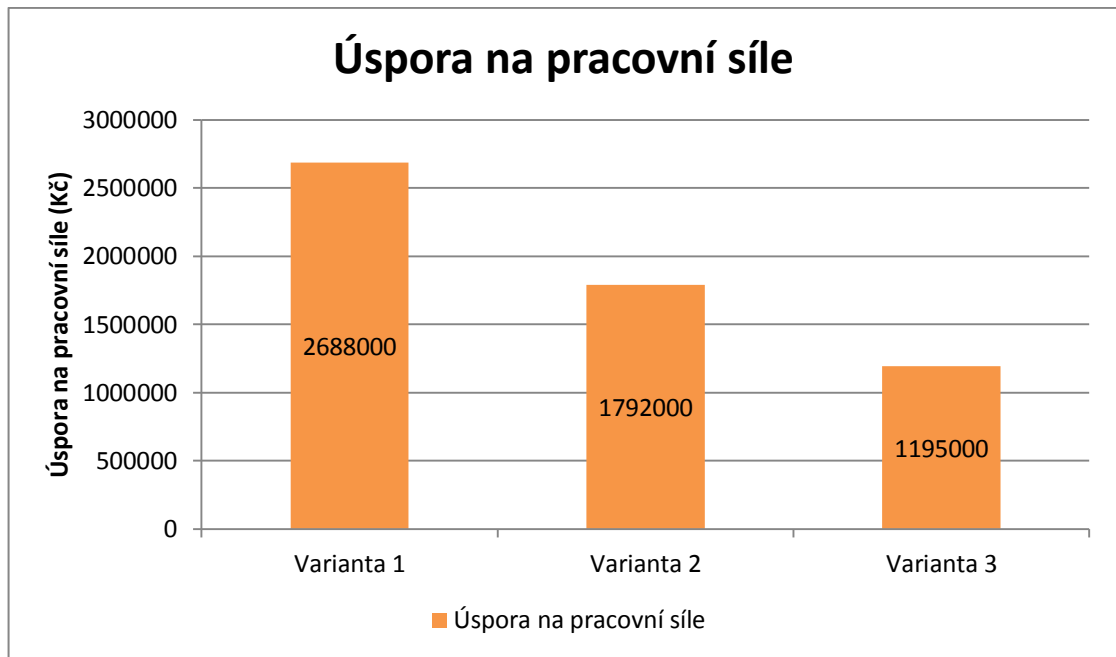
Obr. 33. Návratnost investice a úspory spojené s automatizací pro Variantu 1 [15]

Porovnání návratnosti investic je v následujícím grafu. Při Variantě 1 je počítáno s nepřetržitým provozem a je nahrazeno nejvíce pracovní síly, konkrétně 9 operátorů. V porovnání s variantou 2 a 3 je návratnost investice o 5 respektive o 11 měsíců dříve.



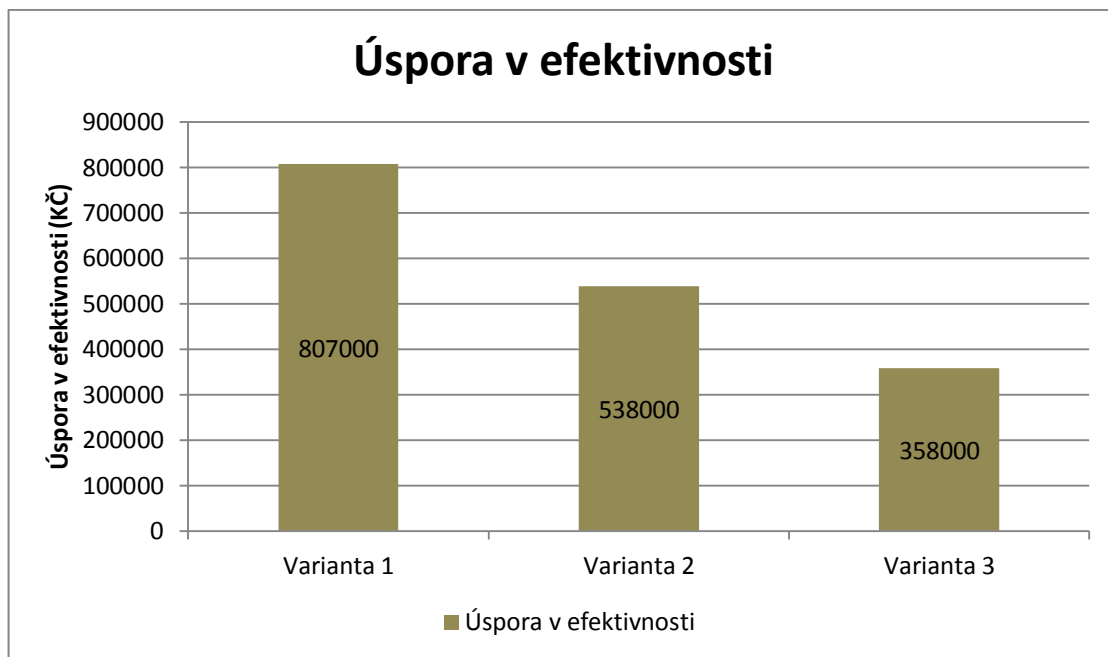
Obr. 34. Návratnost investice v měsících (Varianta 1 – nepřetržitý provoz, Varianta 2 – dvousměnný provoz, Varianta 3 – jednosměnný provoz)

V následujícím grafu jsou uvedeny průměrné roční úspory za lidskou práci v průběhu dalších 15 let pro Varianty 1, 2 a 3. Z výsledku vyplývá, že nejvyšší úspory jsou u automatizace osazovacího automatu, který bude vyrábět v nepřetržitém provozu, a úspory budou téměř 2,7 milionu Kč. Dále je Varianta 2 pro dvousměnný provoz, kde automatizace počítá s úsporou méně pracovních míst a úspory budou necelých 1,8 miliónu Kč/rok. Varianta 3 s jednosměnným provozem má úspory na operátory více než dvakrát menší než Varianta 1 a to téměř 1,2 milionu Kč.



Obr. 35. Porovnání úspor na pracovní síle (Varianta 1 – nepřetržitý provoz, Varianta 2 – dvousměnný provoz, Varianta 3 – jednosměnný provoz)

Jako další jsou porovnávány hodnoty úspor, které jsou spojeny se zvýšením efektivity automatizovaného zakládání kabelových svazků. V následujícím grafu jsou uvedeny průměrné roční úspory spojené se zvýšenou efektivitou, které jsou zprůměrované za dalších 15 let pro varianty 1, 2 a 3. Z grafu je patrné, že udané zvýšení efektivity o 30 % se promítá do úspor automatizace v řádu statisíců Kč/rok. Nejvyšší úspory je dosaženo při nepřetržitém provozu a s klesajícím počtem výrobních hodin klesá úspora spojená s efektivností.



Obr. 36. Porovnání úspor v efektivnosti stroje (Varianta 1 – nepřetržitý provoz, Varianta 2 – dvousměnný provoz, Varianta 3 – jednosměnný provoz)

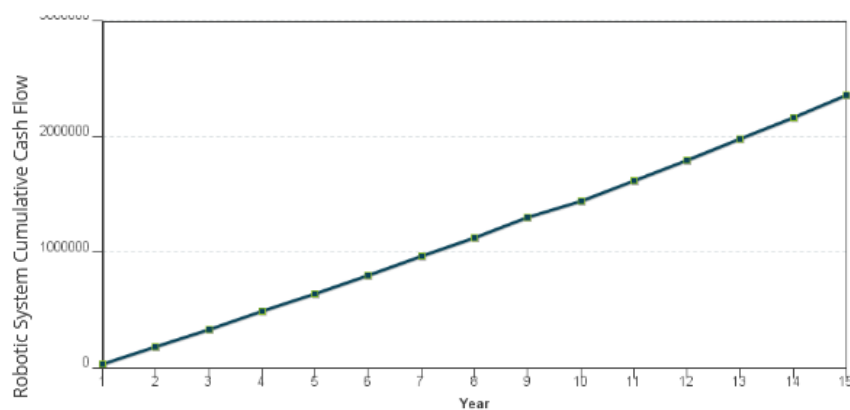
Pro každou variantu směnnosti je vypočítána ROI Chart, což je tabulka, ve které jsou stanoveny ekonomické údaje pro dalších patnáct let. Jedná se o tyto údaje:

- cena automatizačního řešení,
- náklady na opravy – náklady jsou konstantní kromě 5-tého roku a 10-tého roku, kdy se počítá s většími opravami,
- výrobní náklady,
- uspořené peníze za operátory,
- úspory spojené s efektivitou,
- další úspory,
- roční finanční bilance automatizačního řešení.

Year	System Costs ?	Maintenance Costs ?	Operating Costs* ?	Labor Savings** ?	Productivity Savings*** ?	Other Savings	Yearly Cash Flow	Cumulative Cash Flow
1	\$ 105,000	\$ 500	\$ 6,552	\$ 116,494	\$ 34,948	\$ 0	\$ 39,390	\$ 39,390
2		\$ 500	\$ 6,683	\$ 118,824	\$ 35,647	\$ 0	\$ 147,288	\$ 186,679
3		\$ 500	\$ 6,817	\$ 121,201	\$ 36,360	\$ 0	\$ 150,244	\$ 336,923
4		\$ 500	\$ 6,953	\$ 123,625	\$ 37,087	\$ 0	\$ 153,259	\$ 490,182
5		\$ 5,000	\$ 7,092	\$ 126,097	\$ 37,829	\$ 0	\$ 151,834	\$ 642,016
6		\$ 500	\$ 7,234	\$ 128,619	\$ 38,586	\$ 0	\$ 159,471	\$ 801,487
7		\$ 500	\$ 7,379	\$ 131,191	\$ 39,357	\$ 0	\$ 162,670	\$ 964,157
8		\$ 500	\$ 7,526	\$ 133,815	\$ 40,145	\$ 0	\$ 165,934	\$ 1,130,090
9		\$ 500	\$ 7,677	\$ 136,492	\$ 40,947	\$ 0	\$ 169,262	\$ 1,299,353
10		\$ 30,000	\$ 7,830	\$ 139,221	\$ 41,766	\$ 0	\$ 143,158	\$ 1,442,510
11		\$ 500	\$ 7,987	\$ 142,006	\$ 42,602	\$ 0	\$ 176,121	\$ 1,618,631
12		\$ 500	\$ 8,147	\$ 144,846	\$ 43,454	\$ 0	\$ 179,653	\$ 1,798,284
13		\$ 500	\$ 8,310	\$ 147,743	\$ 44,323	\$ 0	\$ 183,256	\$ 1,981,540
14		\$ 500	\$ 8,476	\$ 150,698	\$ 45,209	\$ 0	\$ 186,931	\$ 2,168,471
15		\$ 500	\$ 8,645	\$ 153,712	\$ 46,113	\$ 0	\$ 190,680	\$ 2,359,151
TOTALS		\$ 41,500	\$ 113,306	\$ 2,014,583	\$ 604,375	\$ 0		

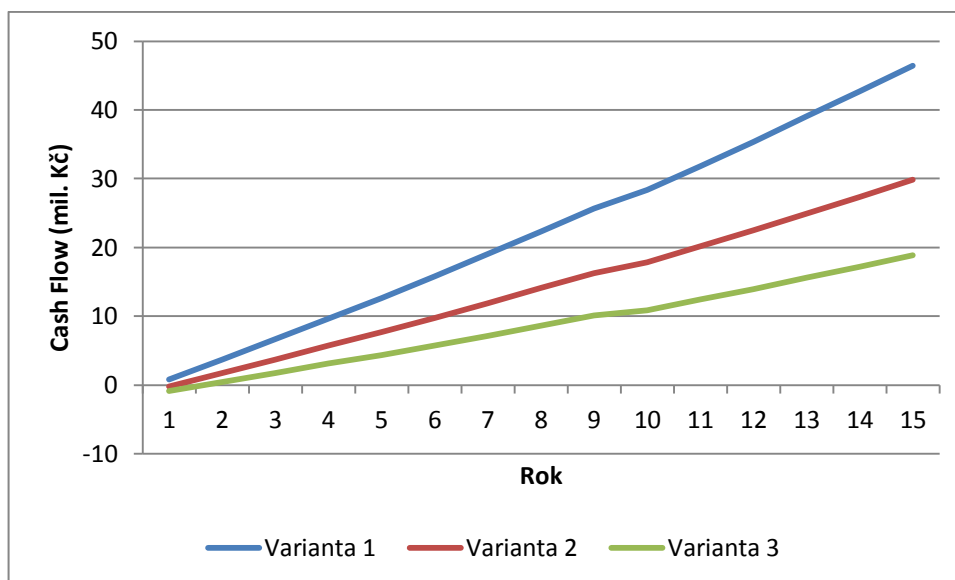
Obr. 37. ROI Chart pro variantu 1 ekonomického výpočtu návratu investice s nepřetržitým provozem [15]

Znázornění celkové finanční bilance automatizačního řešení v grafu.



Obr. 38. Celková finanční bilance pro variantu s nepřetržitým provozem [15]

V následujícím grafu je porovnání tří variant ekonomických analýz, kde je znázorněna celková finanční bilance automatizačních řešení. Varianta 1 (nepřetržitý provoz) má nejvyšší návratnost a z automatizace plynou nejvyšší úspory. Varianta 1 je porovnávána s Variantami 2 a 3, u kterých je návratnost a generovaný zisk automatizace nižší.



Obr. 39. Porovnání Cash Flow u jednotlivých variant pro následujících 15 let (Varianta 1 – nepřetržitý provoz, Varianta 2 – dvousměnný provoz, Varianta 3 – jednosměnný provoz)

Návratnost investice pro řešení od společnosti Schleuniger, u kterého jsou vstupní náklady 2 100 000,- Kč, vychází 9 měsíců pro variantu s nepřetržitým provozem. Pro provoz dvousměnný je to 14 měsíců a pro jednosměnný provoz je návratnost investice 20 měsíců. Na osazovacích automatech Schleuniger je vyráběno v nepřetržitém provozu a proto je pro společnost TE Connectivity nejdůležitější hodnota návratnosti investice 9 měsíců.

14.4.2 Provozní náklady

Provozní náklady jsou počítány pro nepřetržitý provoz. Jsou porovnávány náklady na spotřebu energie strojem a náklady na jeho údržbu s náklady na operátory. Do tabulky je započítána úspora, která je daná zvýšením efektivity stroje po a před automatizací, která vychází přibližně 30 %. Tento výpočet je dán pro následujících 15 let. Náklady na opravy stroje jsou vyčísleny na 10 000,- Kč a v pátém a desátém roce jsou uvažovány větší náklady na opravy a to konkrétně 100 000,- a 600 000,- Kč. Náklady na automatizační zařízení jsou náklady spojené se spotřebou energie. Ta je vypočítána pro následujících 15 letech a je zde počítáno s 2% inflací. Náklady na operátory jsou počítány na nepřetržitý provoz. Vypočítaná úspora v efektivity je rozdíl mezi efektivitami strojního zakládání kabelových svazků a zakládáním ručním. Při porovnání provozních nákladů jsou náklady na automatizované řešení několikrát nižší než náklady vynaložené na operátory.

Tab. 6. Vypsané provozní náklady společně s náklady na opravy s vyjádřenou úsporou na efektivnosti

Rok	Náklady na opravy (CZK)	Náklady na automatizační zařízení (CZK)	Náklady na operátory (CZK)	Úspora v efektivnosti (CZK)
1	10000	131040	1440000	432000
2	10000	133660	1468800	440640
3	10000	136340	1498180	449460
4	10000	139060	1527173	432000
5	100000	141840	1556263	440640
6	10000	144680	1585353	431880
7	10000	147580	1614443	427470
8	10000	150520	1643533	423060
9	10000	153540	1672623	418650
10	600000	156507	1701713	414240
11	10000	159487	1730803	409830
12	10000	162467	1759893	405420
13	10000	165447	1788983	401010
14	10000	168427	1818073	396600
15	10000	171407	1847163	392190
SUMA	830000	2262000	24653000	6315090

15 ZHODNOCENÍ

Byly zhotoveny dvě varianty návrhu automatizace osazovacího automatu Schleuniger. Tyto varianty byly vyhotoveny po analýze současného stavu a zjištění slabých míst výrobního procesu, kde je vhodná automatizace. Oba návrhy pracují s možností automatizovat vkládání kabelových svazků do osazovacího automatu. Z obou variant byla vybrána varianta 1 jako ta vhodnější. K této variantě jsou vztaženy veškeré výpočty a návratnosti investice. Náklady na investici činí 2 100 000,- Kč a z výpočtů vyplývá, že návratnost investice při nepřetržitém provozu je 9 měsíců. Automatizace je spojena s úsporami v rámci snížení počtu operátorů na osazovacím automatu a stříhací lince. S tím souvisí, kromě mzdových nákladů, také úspora na nákladech spojených s časem nadřizovaných, školeních, s potřebou místa pro osobní věci atd. Přínos v automatizaci je také v navýšení efektivity výroby, kdy dojde k plnému využití osazovacího automatu Schleuniger. Navýšení efektivity stroje je okolo 30 %. Z technického hlediska se bude jednat o náročnější přestavbu s nutností úpravy software osazovací linky, i z tohoto důvodu byla k modernizaci linky vybrána společnost Schleuniger.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce je návrh automatizace výrobního pracoviště ve společnosti TE Connectivity včetně technicko-ekonomického zhodnocení a porovnání současného a navrženého řešení automatizace.

Současný stav na pracovišti u osazovacího automatu je takový, že jeden operátor zakládá kabelové svazky do automatu a zde je slabé místo procesu, kde je možnost automatizace. Při ručním zakládání dochází ke ztrátám v efektivnosti osazovacího automatu a také nutnosti operátorů, kterých je na pracovním trhu nedostatek. Čas zakládání kabelových svazků do osazovacího automatu a čas konstrukčního taktu osazovacího automatu se liší o 30 %. Na pracovišti se vyrábí v nepřetržitém provozu, s tím jsou spojené vysoké náklady na obsluhu, avšak na druhou stranu se jedná o výhodné místo pro automatizaci. Ve společnosti TE Connectivity byl požadavek na zpracování dvou návrhů automatizace zakládání kabelových svazků do automatu, které by nahradily činnost operátora. Jelikož se jedná o specifické výrobky vyráběné ve vysokém počtu a specifický stroj, bylo nutné vymyslet fixní automatizaci, která zvýší efektivitu výroby. Byly navrhnuté dva návrhy řešení. První obsahuje modul pro střihání polotvaru uvnitř osazovacího stroje, druhý návrh obsahuje modul dodání již nastříhaných kabelových svazků, které jsou dodávány pomocí dopravního systému ke vstupnímu modulu osazovacího stroje. Oba dva návrhy řešení jsou zpracovány tak, aby konstrukční takt nového stroje byl stejný jako konstrukční takt osazovacího automatu. U řešení s automatizovaným střiháním uvnitř osazovacího automatu je nutné zasáhnout do stroje a změnit základní modul v automatu. V případě druhého návrhu není nutné zasahovat do osazovacího automatu, zakládání kabelových svazků probíhá za použití jednoúčelového stroje, ke kterému jsou kabelové svazky dodávány přes dopravníkový systém. Z těchto řešení bylo následně vybráno jedno, se zabudovaným střihacím modulem, a to bylo podrobena ekonomické analýze na zjištění návratnosti investice. Pro vybranou variantu byl vytvořen dokument Bluesheet, který provází nové projekty ve společnosti TE Connectivity a prezentuje projekt před schvalovateli projektu.

Ekonomické vyhodnocení vychází z nabídky provedení automatizace od společnosti Schleuniger a je počítáno pro tři různé možnosti provozu (nepřetržitý, dvousměnný a jednosměnný). Návratnost investice automatizace zařízení vychází na 9 měsíců při nepřetržitém provozu, jedná se o investici s vysokou ziskovostí a rychlou návratností, která je v blízké budoucnosti z pohledu automatizace výroby nutností.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **AALST, Wil van der a Kees van HEE.** *Workflow management: models, methods and systems*. Paperback ed. Cambridge: MIT Press, 2004. ISBN 0-262-72046-9.
- [2] **Autodesk.** Processanalysis360. *Processanalysis360*. [Online] [Citace: 28. 01 2018.] <http://processanalysis360.autodesk.com/>.
- [3] **Autodesk.** Autodesk Process Analysis 360. *Autodesk Knowledge Network*. [Online] [Citace: 20. 06. 2017] <http://help.autodesk.com/view/PROANA/ENU/>.
- [4] **BPMhandbook,** *Bussiness Process Handbook*. [Online] [Citace: 28. 01. 2018] <https://www.bpmhandbook.com/volume-1/table-of-content/phase-2-process-concept-evolution/figure-3/>
- [5] **DERBY, Stephen J.** *Design of automatic machinery*. New York: Marcel Dekker, c2005. Mechanical engineering (Marcel Dekker, Inc.), 182. ISBN 0824753690.
- [6] **DUCHOŇ, Bedřich a Šafránková, Jana. 2008.** *Management: integrace tvrdých a měkkých prvků řízení*. Praha : C.H. Beck, 2008. ISBN 978-80-7400-003-4.
- [7] **ELBERT, Mike.** *Lean production for the small company*. Boca Raton, FL: CRC Press, c2013. ISBN 9781439877791.
- [8] **Electronics, Future.** Future Electronics. [Online] [Citace: 20. 06 2017.] <http://www.futureelectronics.com/en/interconnect-connectors/cable-assemblies.aspx>.
- [9] **GARCÍA-ALCARAZ, Joerge Luis, MALDONADO-MACÍAS , Aidé Aracely a CORTES-ROBLES, Guillermo. 2014.** *Lean manufacturing in the developing world*. Switzerland : Springer International Publishing, 2014. ISBN 978-3-319-04950-2.
- [10] **GUPTA, A. K. a Arora, S. K. 2013.** *Industrial Automation and Robotics*. New Delhi : Laxmi Publication Pvt. Ltd., 2013. C-2954/011/02.
- [11] **MCGIURE, Patrick M..** *Conveyors application, selection, and integration*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. ISBN 9781439803905.
- [12] **MILLER, Jeremy. 2017.** Control Engineering. <http://www.controlengcesko.com/>. [Online] 14. 07 2017. [Citace: 23. 07 2017.] <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/zavadeni-flexibilni-automatizace/>.

- [13] **Nicoletti.** Nicoletti. [Online] [Citace: 25. 06 2017.]
<http://www.meccanicoletti.com/>.
- [14] **PHILLIPS, Patricia Pulliam a PHILLIPES, Jack J..** *Return on investment (ROI) basics.* Alexandria, Va: ASTD Press, 2005. ISBN 9781562864064.
- [15] **Robotics.** Roboticsonline. [Online] [Citace: 28. 01 2018.]
<https://www.robotics.org/robotics-roi-calculator>
- [16] **ŘEPA, Václav. 2007.** *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování. 2., aktualiz. a rozš. vyd.* Praha : Grada, 2007. ISBN 978-80-247-2252-8.
- [17] **SEPPANEN, Marvin S., Sameer. KUMAR a Charu. CHANDRA.** *Process analysis and improvement: tools and techniques.* Boston: McGraw-Hill/Irwin, c2005. McGraw-Hill/Irwin series Operations and decision sciences. ISBN 9780072857122.
- [18] **SHARMA, K. L. S.** *Overview of industrial process automation. Second edition.* Amsterdam: Elsevier, 2017. ISBN 978-0-12-805354-6.
- [19] **SVOZILOVÁ, Alena. 2011.** *Zlepšování podnikových procesů.* Praha : Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3938-0.
- [20] **TE Connectivity.** *TE Connectivity Corporation.* [Online] [Citace: 19. 06 2017.]
<http://www.te.com/>.
- [21] **Technikelektro.** Technik elektro. [Online] [Citace: 28. 01 2018.]
<http://www.technikelektro.cz/>.
- [22] **WILSON, Lonnie.** *How to implement lean manufacturing.* New York: McGraw-Hill, 2010. ISBN 9780071625081.
- [23] **WOMACK, Jim. 2004.** *A Lean Walk Through History. Lean Enterprise Institute.* [Online] 12. 07 2004. [Citace: 2017. 06 19.]
<https://www.lean.org/womack/DisplayObject.cfm?o=727>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%	Procento
Ω	Ohm (jednotka elektrického odporu)
BMW	Bavarian Motor Works
CNC	Computer Numeric Control
dB	Decibel (jednotka hladiny akustického tlaku)
EOL	End-of-line
FAKRA	Fachkreis Automobile (Experts Automobile)
GHz	GigaHertz
GPS	Global Positioning system
GVIF	Gigabit Video Interface
HDMI	Hogh Definition Multimedia Interface
hod	Hodina (jednotka času)
HSD	High Speed Data
HSL	High Speed Link
IEEE	The Institute of Electrical and Electronic Engineers
JIT	Just in time
Kč	Koruna česká
kg	Kilogram (jednotka hmotnosti)
LVDS	Low-Voltage Differential Signating
m/s	Metr za vteřinu (jednotka rychlosti)
min	Minuta (jednotka času)
mm	Milimetr (jednotka délkového rozměru)
mm ²	Milimetr čtvereční (jednotka plošného obsahu)
MOST	Media Oriented System Transport
NOK	Not okay
OK	Okay
RF	Radio Frequency
ROI	návratnost investice
s	Vteřina (jednotka času)
SMED	Single Minute Exchange of Die
USA	United States of America
USB	Universal Serial Bus

USCAR	United States Council for Automotive Research
VDC	Volt Direct Current
VW	Volkswagen

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Evoluce automatizace [12].....	14
Obr. 2. Rentabilita automatizace [12]	15
Obr. 3. Logo společnosti TE Connectivity	16
Obr. 4. Ukázka produktů vyráběných na oddělení Infotainment.....	17
Obr. 5. Základní schéma podnikového procesu [16]	21
Obr. 6. Graf zlepšování procesů [10]	21
Obr. 7. Pracovní plocha Autodesk Process Analysis 360	22
Obr. 8. Zobrazení základních principů Štíhlé výroby [4].....	23
Obr. 9. Zásobník kabelového materiálu od firmy Nicoletti [13]	28
Obr. 10. Stříhací přístroj pro stříh kabelových svazků [21]	29
Obr. 11. Jeden z výsledků ROI kalkulátoru – kumulativní peněžní tok spojený s automatizací pracoviště [15]	32
Obr. 12. Projekční dokument Bluesheet.....	34
Obr. 13. Průřez kabelem (a – vodič, b – izolace vodičů, c – ochranná vrstva, d – izolace kabelů, e – výplňový vodící prvek) [16].....	39
Obr. 14. Layout výrobní haly s označením stříhacích strojů.....	42
Obr. 15. Layout výrobní haly TE Connectivity s označením 8 osazovacích automatů	43
Obr. 16. Layout výrobní haly s označením výstupní kontroly	44
Obr. 17. Cívky s materiálem pro výrobu HSD kabelů	45
Obr. 18. Aktuální stříhací stroje kabelových svazků	47
Obr. 19. Osazovací automat Schleuniger, na kterém je uvažována automatizace	49
Obr. 20. EOL tester určený pro testování osazených kabelových svazků.....	50
Obr. 21. Příklady osazených konců kabelových svazků	53
Obr. 22. Porovnání počtu založených kabelových svazků do automatu Schleuniger.....	54
Obr. 23. Zakládání kabelových svazků	55
Obr. 24. Automat a vstup kabelových svazků	59
Obr. 25. Podavač kabelových svazků.....	60
Obr. 26. Odvíjecí zařízení.....	61
Obr. 27. Stříhací zařízení.....	62
Obr. 28. Vizualizace automatizace osazovací linky s použitím podavače kabelů	63
Obr. 29. Dopravníkový systém na dopravu kabelů k jednoúčelovému zařízení	64
Obr. 30. Vyplněný projektový dokument Bluesheet.....	68

Obr. 31. Pojmy z dokumentu BlueSheet	69
Obr. 32. Tabulka zadávaných údajů do výpočetního programu na výpočet návratu investice [15].....	76
Obr. 33. Návratnost investice a úspory spojené s automatizací pro Variantu 1 [15].....	76
Obr. 34. Návratnost investice v měsících (Varianta 1 – nepřetržitý provoz, Varianta 2 – dvousměnný provoz, Varianta 3 – jednosměnný provoz)	77
Obr. 35. Porovnání úspor na pracovní síle (Varianta 1 – nepřetržitý provoz, Varianta 2 – dvousměnný provoz, Varianta 3 – jednosměnný provoz)	78
Obr. 36. Porovnání úspor v efektivnosti stroje (Varianta 1 – nepřetržitý provoz, Varianta 2 – dvousměnný provoz, Varianta 3 – jednosměnný provoz)	79
Obr. 37. ROI Chart pro variantu 1 ekonomického výpočtu návratu investice s nepřetržitým provozem [15]	80
Obr. 38. Celková finanční bilance pro variantu s nepřetržitým provozem [15]	80
Obr. 39. Porovnání Cash Flow u jednotlivých variant pro následujících 15 let (Varianta 1 – nepřetržitý provoz, Varianta 2 – dvousměnný provoz, Varianta 3 – jednosměnný provoz)	81

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Významné letopočty pro štíhlou výrobu [23]	24
Tab. 2. Zpracovaný technologický postup na výrobu osazených kabelových svazků	40
Tab. 3. Stříhací časy na stříhacím stroji Schleuniger pro kabel délky 2,5 m a průměru 0,22 mm ²	45
Tab. 4. Časy zakládání kabelů operátorem do automatu Schleuniger	48
Tab. 5. Porovnání variant automatizace	73
Tab. 6. Vypsání provozních nákladů společně s náklady na opravy s vyjádřenou úsporou na efektivnosti.....	82

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: Výkres duálního konektoru.....	93
PŘÍLOHA P II: Layout výrobní haly.....	94

