



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU ZA VYUŽITÍ METOD ŠTÍHLÉ VÝROBY V TYCO ELECTRONICS CZECH S.R.O.

PROCESS OPTIMALIZATION AND LEAN IMPLEMENTATION IN THE MANUFACTURING COMPANY TYCO  
ELECTRONICS CZECH LTD

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Bc. Jiří Rudolf**

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA**

**BRNO 2018**

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Bc. Jiří Rudolf**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Strojírenská technologie a průmyslový management  
Vedoucí práce: **Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA**  
Akademický rok: 2017/18

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

## **Optimalizace výrobního procesu za využití metod štihlé výroby v Tyco Electronics Czech s.r.o.**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Úkolem studenta je navrhnout optimalizaci výrobního procesu za využití moderních metod řízení kvality a procesu (5S, LEAN, TPM).

### **Cíle diplomové práce:**

1. Analýza požadavků na pracoviště z pohledu štihlé výroby
2. Návrh uspořádání pracoviště
3. Kalkulace nákladů
4. Přínosy a zdůvodnění realizace návrhu

### **Seznam doporučené literatury:**

KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. Technologické projekty a manipulace s materiálem. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.

KOŠTURIÁK, Ján a kol. Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. ISBN 80-7100-553-3.

JONES, Erick C. Quality management for organization using lean Six Sigma techniques. Boca Raton: CRC Press, 2014. ISBN 978-1-4398-9782-9.



MACINNES, Richard L. Štíhlý podnik Memory Jogger: vytvářejte hodnotu a eliminujte ztráty v celém vašem podniku. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-02-01849-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 26. 10. 2017



prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

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

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá optimalizací konkrétního procesu v prostředí výrobní společnosti, která dodává komponenty v automobilovém a dalších průmyslech. V teoretické části práce jsou vysvětleny principy a techniky optimalizace výrobních procesů a je popsáno rozmístění pracovišť. V praktické části práce je zanalyzován současný stav výrobního procesu, jsou identifikovány potenciály ke zlepšení a je navrženo nové rozložení pracovišť. Návrh je poté zhodnocen z technického i ekonomického hlediska.

### **Klíčová slova**

Výrobní systém Toyota, Štíhlá výroba, Mapa toku hodnot, Montážní linka, EPA prostor

## **ABSTRACT**

This diploma thesis is focused on the optimization of a specific process in the environment of the manufacturing company that supplies the components in the automotive and other industries. The theoretical part explains the principles and techniques of optimization of production processes and describes the placement of workplaces. The practical part of thesis analyzes the current state of the production process, identifies potential for improvements and proposes a new layout of workplaces. The project is then evaluated from both technical and economical viewpoint.

### **Key words**

Toyota Production System, Lean Manufacturing, Value Stream Map, Assembly line, EPA

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

RUDOLF, J. Optimalizace výrobního procesu za využití metod štíhlé výroby v Tyco Electronics Czech s.r.o. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 96 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Optimalizace výrobního procesu za využití metod štlíhlé výroby v Tyco Electronics Czech s.r.o.** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Jiří Rudolf

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto svému vedoucímu práce Ing. Janu Strejčkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Děkuji také panu Pavlu Hrdinovi ze společnosti Tyco Electronics Kuřim za přínosné konzultace. Dále bych chtěl poděkovat své přítelkyni, rodině a přátelům za podporu během studia na vysoké škole.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	10
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	11
1.1 Toyota Production System.....	11
1.1.1 Kaizen.....	11
1.1.2 Genchi Genbutsu.....	12
1.1.3 Just in Time.....	12
1.1.4 Druhy plýtvání .....	12
1.1.5 Jidoka.....	14
1.1.6 Kanban (systém tahu).....	14
1.1.7 Heijunka .....	14
1.1.8 Value steam mapping .....	15
1.1.9 OEE a cílový čas cyklu .....	17
1.1.10 Procesní analýza.....	18
1.2 Rozmístění strojů a pracovišť .....	19
1.2.1 Volné uspořádání .....	19
1.2.2 Technologické uspořádání .....	20
1.2.3 Předmětné uspořádání .....	20
1.2.4 Modulární uspořádání .....	21
1.2.5 Buňkové uspořádání.....	21
1.3 Montážní linka .....	22
1.3.1 Varianty uspořádání montážních linek.....	23
1.4 EPA pracoviště.....	26
2 TYCO Electronic Kuřim.....	28
3 Rozbor současného stavu .....	29
3.1 Výrobky Charge inlet a aktuátor .....	29
3.2 Výběr produktového představitele .....	30
3.3 Popis výrobního procesu .....	33
3.3.1 Linka charge inlet.....	34
3.3.2 Linka aktuátor .....	37
3.4 Aktuální uspořádání pracovišť .....	41

3.5	Zásobování montážních linek .....	43
3.5.1	Tok materiálu při výrobě charge inletu .....	44
3.5.2	Tok materiálu při výrobě aktuátoru .....	45
3.6	Procesní diagram linky charge inlet .....	46
3.7	Procesní diagram linky aktuátor .....	47
3.8	Náměry času operací .....	50
3.9	Výrobní kapacita pro výrobu charge inlet .....	50
3.10	Výrobní kapacita pro výrobu aktuátoru .....	52
3.11	Přesné kapacitní propočty .....	54
3.11.1	Kapacitní propočty –počet pracovišť .....	54
3.11.2	Využití pracovišť .....	55
3.11.3	Kapacitní propočty – teoretický počet pracovišť linky charge inlet .....	55
3.11.4	Využití pracovišť linky charge inlet.....	57
3.11.5	Kapacitní propočty – teoretický počet pracovišť linky aktuátoru .....	58
3.11.6	Využití pracovišť linky aktuátor .....	61
3.12	Takt linky charge inlet .....	62
3.13	Takt linky aktuátoru.....	63
3.14	Zákaznický takt charge inlet .....	64
3.15	Zákaznický takt linky aktuátor .....	65
3.16	OEE a cílový čas cyklu pro linku charge inlet .....	66
3.17	Cílový čas cyklu pro linku aktuátoru.....	69
3.18	VSM současného stavu .....	71
4	Návrhy na zlepšení – řešení pracoviště.....	73
4.1	Snížení výrobního taktu montážní linky aktuátoru .....	73
4.1.1	Snížení taktu výroby varianta 1 .....	73
4.1.2	Snížení taktu výroby varianta 2 .....	75
4.1.3	Snížení taktu výroby varianta 3 .....	76
4.2	VSM Budoucího stav .....	77
4.3	Návrhy pro zvýšení OEE.....	78
4.4	Úprava layoutu – optimalizace toku .....	78
4.4.1	Úprava layoutu varianta 1.....	78
4.4.2	Úprava layoutu varianta 2.....	80
4.4.3	Úprava layoutu varianta 3.....	81
4.5	Velikost zastavěné plochy .....	82
5	ekonomické zhodnocení.....	83



5.1	Náklady na mzdu zaměstnance.....	83
5.2	Úspory na mzdách zaměstnanců pro jednotlivé varianty.....	83
5.3	Úspory na výrobní plochu pro jednotlivé varianty.....	84
5.4	Jednorázové investiční náklady jednotlivých variant.....	85
5.4.1	Navrhovaná varianta 1.....	85
5.4.2	Navrhovaná varianta 2.....	85
5.4.3	Navrhovaná varianta 3.....	86
5.5	Doba návratnosti investičních nákladů.....	86
	ZÁVĚR.....	88
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	89
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	91

## ÚVOD

Cílem každé výrobní společnosti je generování zisku. Právě proto je pro každou společnost důležité, aby její výrobky byly vyráběny s co nejnižšími náklady, dodávány zákazníkovi v co nejkratším čase, a v kvalitě, která pokud možno předčí jeho očekávání. Zvyšování produktivity výroby má přímo souvisí s generováním větších zisků pro společnost. Toho je často dosahováno za použití metodik štíhlé výroby (angl. Lean manufacturing), které umožňují větší využití výrobních zdrojů. Tyto metody vznikly v Japonsku po druhé světové válce a jejich úspěšné aplikování přivedlo tuto zemi zmítající se v ekonomické krizi zpět mezi světovou průmyslovou elitu.

Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci linky vyrábějící nabíjecí rozhraní pro elektromobily a hybridní vozy. Společnost Tyco Electronics je jedním z dodavatelů komponent dále zpracovávaných v automobilovém průmyslu.

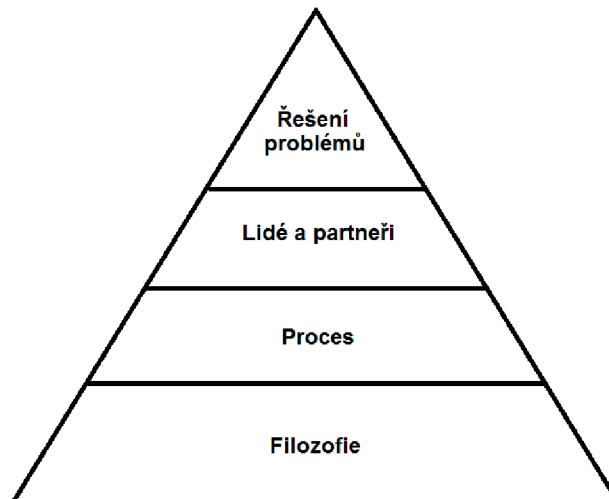
Výrobní podniky jsou pod stále větším tlakem na snížení výrobních nákladů. Jsou nuceny více optimalizovat své výrobní procesy a zvyšovat produktivitu výrobních procesů a využití strojů, lidí a materiálů. To s sebou nese vysoké nároky na výrobní management z hlediska řízení a plánování výroby. Pro správné rozhodování je nutné mít informace o kritických místech ve výrobě. Znat skutečné možné výrobní kapacity, vznik úzkých hrdel, různé prostoje a ztráty, které vznikají za konkrétních podmínek a kombinací různých variant. Diplomová práce se zabývá tím, jak měřit celkovou efektivitu výrobních zařízení a odkrýt vznikající ztráty ve výrobě.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Toyota Production System

Toyota Production System (zkr. TPS) byl vytvořen v automobilové společnosti Toyota po 2. světové válce. Tento systém měl pomoci dohnat automobilový průmysl západních zemí, které neměly výhody finančního kapitálu a rozsáhlých výrobních kapacit. Za otce systému jsou považováni Taiichi Ōno, Šigeo Šingó a Eidži Tojoda [1]. TPS se stal základem pro metodiku Lean manufacturing (štíhlé výroby) [2].

Principy TPS jsou rozděleny do čtyř kategorií: řešení problémů, lidé a partneři, proces a filozofie (viz obr 1.1). Kategorie filozofie se zabývá rozhodnutími managementu v delším časovém horizontu. V kategorii procesu se díváme na možnosti aplikování jednotlivých postupů k nastavení efektivního procesu. Těmi mohou být nepřetržitý tok, systém tahu, balancování výroby, zastavení výroby v případě nalezení kvalitativního problému a užívání ověřených technologií. V oblasti lidí a partnerů je důležité se zaměřit na vychovávání vedoucích pracovníků a chápatých zaměstnanců. Je třeba, aby aplikovali a dál předávali filozofii firmy, budovali firemní kulturu, kladli důraz na týmovou práci a respektovali externích partnery a dodavatele. Kategorie řešení problémů se zabývá průběžným a neustálým zlepšováním výrobních procesů a vytrvalou reflexí vlastní zkušeností, což vede k porozumění situace, rozváznému hledání řešení a také jeho rychlé následné implementaci. Jednotlivé principy a metody jsou popsány v dalších kapitolách [3].



Obr. 1.1 Principy Toyota Production System

### 1.1.1 Kaizen

Kaizen je termín přejatý z japonštiny, který znamená „změna k lepšímu“ a používá se k označení metody neustálého zlepšování. Klíčové je slovo neustálé, protože nejde o metodu aplikování konkrétního řešení (zlepšení), ale spíše filozofii říkající, že je potřeba nepřetržitě zdokonalovat. Tuto filozofii lze aplikovat v pracovním prostředí, ale i v osobním životě [4].

Do procesu neustálého zlepšování je podstatné zapojení všech zaměstnanců včetně managementu. Podle japonského managementu není hlavní zisk, ale kvalita, při jejímž udržování se příslušné zisky dostaví. Základními podmínkami pro správné fungování filozofie Kaizen jsou: týmová spolupráce, disciplína jednotlivců, vysoká morálka, kroužky kvality a návrhy na zlepšení.

### **1.1.2 Genchi Genbutsu**

Tento princip výrobního systému Toyoty říká, že je velice důležité se jít podívat a seznámit se sám se situací na vlastní oči. Spolu s výrobními daty je vizuální kontrolou užitečná k nalezení a skutečnému pochopení problémů na konkrétním pracovišti. Slovní spojení Genchi Genbutsu pochází z japonštiny. Genchi v překladu znamená určité místo, a Genbutsu znamená konkrétní výrobky nebo materiály. Určité místo nejčastěji chápeme jako výrobní pracoviště nebo výrobní linku, kde je vytvářena přidaná hodnota pro zákazníka [3].

Princip Genchi Genbutsu se v praxi využívá při pohledu na problémy, případně řešení reklamací. Management je v těchto případech podporou výrobního prostředí a rozděluje role a úkoly zaměstnancům společnosti. Právě proto je důležité, aby i řídicí manažeři byli s výrobními pracovišti skutečně seznámeni a rozuměli procesům, které se na něm odehrávají. [3].

Dále se princip Genchi Genbutsu využívá pro zacvičování nových zaměstnanců, především absolventů. Ve většině japonských společností se klade důraz na stabilitu a loajalitu zaměstnanců. Ti se postupně seznamují s prací od základu a jsou vedeni daleko zkušenějšími zaměstnanci po dobu 1 až 2 let. Populární je také profesní rotace zaměstnanců. Ta probíhá zhruba každé 2 až 3 roky a jejím záměrem je, aby se zaměstnanec důkladně seznámil se všemi aspekty výrobní společnosti. Tento postup často používají japonské společnosti k výchově řídicích manažerů, kteří jsou díky tomuto postupu dokonale seznámeni s procesy uvnitř společnosti [5].

### **1.1.3 Just in Time**

Anglický termín Just in Time lze přeložit do češtiny „Právě včas“. Je jedním z hlavních pilířů výrobního systému Toyoty. Základem přístupu je pohled na časovou osu výroby od vytvoření objednávky až po její předání na sklad zákazníka. Princip Just in Time nalézá a eliminuje činnosti, které nepřidávají hodnotu výrobku (jednotlivé druhy plýtvání jsou popsány v další kapitole) [6].

Zahrnuje nástroje a techniky používané k dosažení vyšší časové efektivity. Aplikací těchto technik je možné zkracovat dodací lhůty a flexibilně reagovat na požadavky zákazníka při zachování odpovídající kvality. Důležitý je také aspekt zmenšení výrobních dávek, který minimalizujeme množství materiálu pohybujícího se na skladě [3].

### **1.1.4 Druhy plýtvání**

Pro snížení nákladů je podle filozofie TPS nutné identifikovat a eliminovat tři typy výrobní neefektivity:

**MUDA** – Přeloženo z japonštiny znamená plýtvání. Za plýtvání lze označit všechny činnosti, při nichž nevzniká přidaná hodnota pro zákazníka. Muda je často největším zdrojem neefektivnosti ve výrobě. Neefektivity vzniklé plýtváním lze rozdělit na sedm druhů, popsanych níže [7].

**MURA** – Japonský výraz, který lze přeložit do češtiny jako nepravidelnost. Tento termín se používá pro označování výrobní nevyváženosti vedoucí k plýtvání. Příkladem může být nevyváženost na výrobní lince, kdy na každém pracovišti zaměstnanec vykonává opakovaně stejný úkon a následně předá výrobek na další pracoviště. Pokud úkon na některém pracovišti trvá déle než úkony na ostatních pracovištích, vzniká muda. Současně vzniká další muda, protože ostatní pracoviště čekají nebo produkuje nadvýrobu [7].

**MURI** – Termín v překladu do češtiny znamená nemožný. Popisuje neopodstatněné přetěžování výrobních zařízení nebo lidí. Tohle přetěžování zvyšuje šance vzniku defektivní výroby nebo profesního vyhoření zaměstnanců [7].

- **Plýtvání při čekání** – Možné příčiny čekání ve výrobě jsou: nedostatek materiálu, informace nebo instrukce, uvolnění stroje, porucha výrobního zařízení a nevyváženost výrobní linky. Plýtvání tohoto typu bývá často zjevné a k jeho definování se používá přezkoumání času výrobního cyklu.
- **Plýtvání při nadprodukcii** – Mezi příčiny patří: předem nakupovaný vstupní materiál, větší než potřebný počet výrobních zaměstnanců a výroba v příliš velkých sériích. Dochází k poklesu výkonosti společnosti z důvodu zbytečné práce zaměstnanců a nákladů na skladování a manipulaci.
- **Plýtvání při zbytečném pohybu** – Jde o všechny pohyby zaměstnance, které nepřidávají hodnotu výrobku. Jde například o hledání a přemisťování náradí nebo materiálu, nedostatečná standardizace úkonů na pracovišti, nevhodné uspořádání pracoviště.
- **Plýtvání při dopravě** – K tomuto druhu plýtvání dochází například při nevhodném uspořádání výrobních prostor podniku (velké vzdálenosti mezi jednotlivými operacemi), zbytečnému meziskladování materiálu nebo nevhodnému typu balení výrobků.
- **Plýtvání při nadbytečném skladování** – Nejčastěji k plýtvání při skladování dochází v případě udržování vysokých zásob materiálu nebo výrobků. Vysoké zásoby maskují neefektivní výrobní proces a zakrývají jeho nedostatky.
- **Plýtvání při neefektivním zpracování** – Jedná se o práci, za niž zákazník není ochoten zaplatit. Například neefektivita způsobená užitím nevhodného nástroje nebo nevhodného designu výrobku, ale i dosahování vyšší jakosti, než je požadovaná zákazníkem.
- **Plýtvání při defektní výrobě** – Tento typ plýtvání zahrnuje opakované kontroly nebo opravy výrobku. Zahrnuje i náklady na dodatečné činnosti (např. manipulace a skladování) spojené s nekvalitou [8].

### 1.1.5 Jidoka

Dalším základním prvkem TPS je Jidoka. Tento termín lze do češtiny přeložit jako automatizace a používá se v souvislosti s automatizováním úkonů a procesů vykonávaných na výrobních linkách. Můžeme ho také chápat jako proces interní kontroly kvality ve společnosti.

Jidoka je systém, který zabraňuje proniknutí defektních výrobků do výrobní linky a snižuje risk vznik defektů. Jidoka zahrnuje zařízení, které je schopné zastavit výrobní linku při detekování defektu na výrobku, ale i kontroly vykonávané pracovníky. Každý pracovník je tak zodpovědný za kontrolu kvality výroby a může, v případě nalezení vad na výrobku, zastavit probíhající výrobu. Tento systém také rozděluje pracovníky na různé pozice tak, že jsou zodpovědní pouze za určité části výroby.

Jidoka také zahrnuje předávání manuálních úkonů strojním zařízením. Pokud se tento systém správně implementuje, lze dosáhnout menšího počtu pracovníků na výrobní lince a navýšení výrobní kapacity. Tento postup také zaručuje shodnost všech výrobků a jejich požadovanou kvalitu [5].

### 1.1.6 Kanban (systém tahu)

Systém Kanban je jedním z hlavních nástrojů TPS a JIT managementu. Tento decentralizovaný systém řízení výroby je založen na signalizování poptávky jednoho pracoviště po výrobě z pracoviště předchozího tak, aby byly díly dodány v okamžik, kdy je jich zapotřebí (tzv. systém tahu). Tento systém přináší výhodu ve snížení skladových zásob. Opakem je konvenčně užívaný systému tlaku, kdy jsou výrobky na pracovišti vyráběny bez ohledu na počet výrobků na pracovišti dalším. Systém tlaku proto může zapříčinit akumulaci rozpracované výroby na určitých pracovištích a vyčítit mezioperační sklady [1] [9].

Termín Kanban lze přeložit jako karta nebo štítek. Karty jsou užívané k signalizování požadavku po výrobcích z předchozího pracoviště. Pro využití karet jako signalizace stavu zásob (ať na pracovišti nebo skladu) byly společnosti Toyota inspirací americké supermarketů. Ty tento systém využívaly pro doplňování zboží do regálů. [10].

### 1.1.7 Heijunka

Další z koncepcí zavedenou společností Toyota je Heijunka. Heijunka představuje vyrovnání výrobního procesu. Vyrovnáním se rozumí snaha o balancování pracovní zátěže mezi jednotlivými pracovišti a maximální možné využití jejich výrobní kapacity.

Tento koncept má dvě hlavní zaměření:

- Rovnoměrné rozložení pracovní zátěže na všechna pracoviště výrobní linky.
- Redukce zásob zmenšením výrobních dávek smíšené produkce.

Používá se často tam, kde je vyráběno více druhů relativně homogenních výrobků na jedné výrobní lince. Technika redukuje plýtvání mura (popsáno v kapitole 1.1.4). Přínosem je stabilní a předvídatelný výrobní takt a zvýšení flexibility produkčního procesu [6] [11].

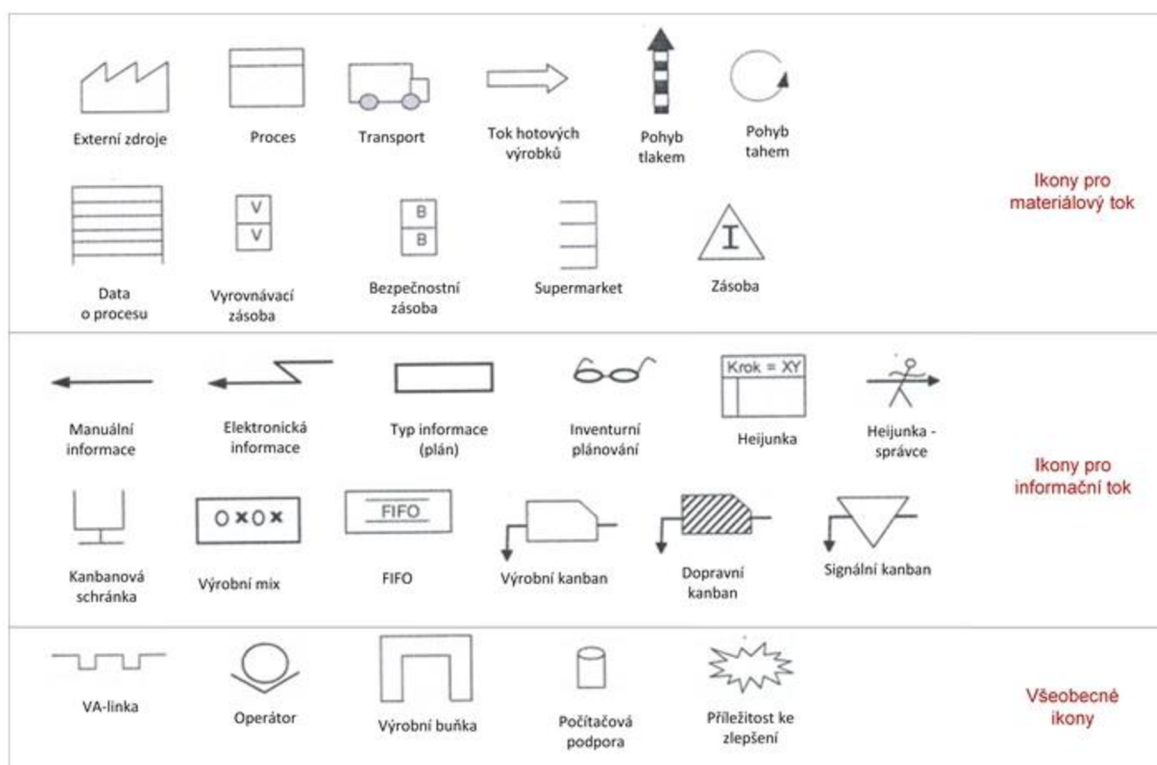


### 1.1.8 Value steam mapping

Jednou z nejučinnějších metod TPS je value stream mapping (dále také VSM) neboli sledování toku hodnot. VSM slouží k náhledu na průběh výroby jako celek, a ne pouze jednotlivé procesy. Tímto způsobem lze lépe pochopit souvislosti při výrobě produktu a objevit zdroje plýtvání. Pomáhá také objevit úzké místo, které může brzdit výrobní proces a snižovat efektivitu. VSM zahrnuje všechny akce (přidávající i nepřidávající hodnotu výrobku), které jsou potřebné proto, aby byl vytvořen výrobek. Tok hodnot se dá zpracovat ze dvou pohledů. Prvním je návrhový pohled od konceptu po výrobek vhodný pro započítání výroby. Druhým pohledem je produkční pohled, od vstupního materiálu až po předání zákazníkovi. V této práci je zpracován produkční tok hodnot a materiálu, začínající poptávkou zákazníkem [12].

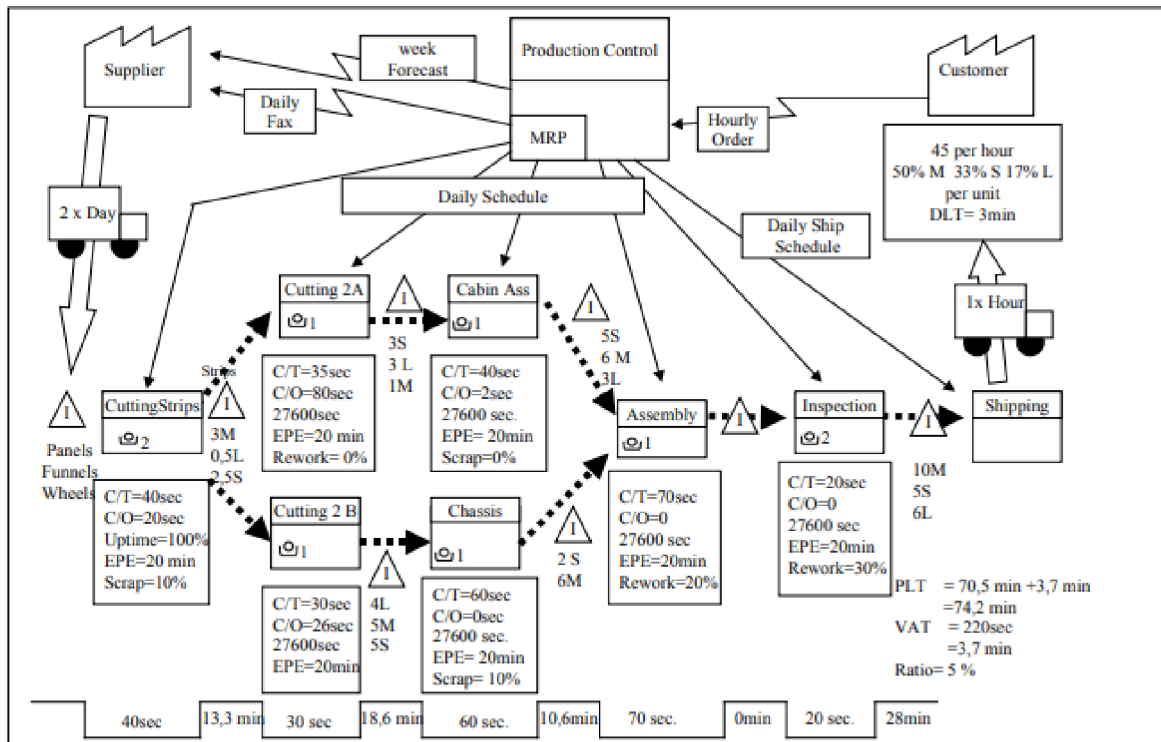
VSM se využívá pro lepší představu toku informací a materiálu výrobou. Nejčastěji je používáno v rámci firmy, ale je možné vypracovat tok hodnot i za rámec organizace [13].

Pro vytvoření VSM je podstatné si vybrat ze sortimentu produktů pouze jednu skupinu nebo konkrétní výrobek. To je důležité pro lepší orientaci na výrobu z pohledu zákazníka [14]. Začíná se znázorněním zákazníka a objemem výroby, který v určitém období požaduje. Dále se zaznačí dodávky vstupního materiálu na sklad společnosti. Hlavní část VSM je poté tvořena boxy znázorňující jednotlivé kroky výrobního procesu. Tento box obsahuje základní informace jako popis operace, čas operace, počet operátorů, časy potřebné k změně výrobního programu, dostupný časový fond a další dle potřeby a podmínek [12]. Symboly používané na těchto mapách jsou znázorněny na obr. 1.2.

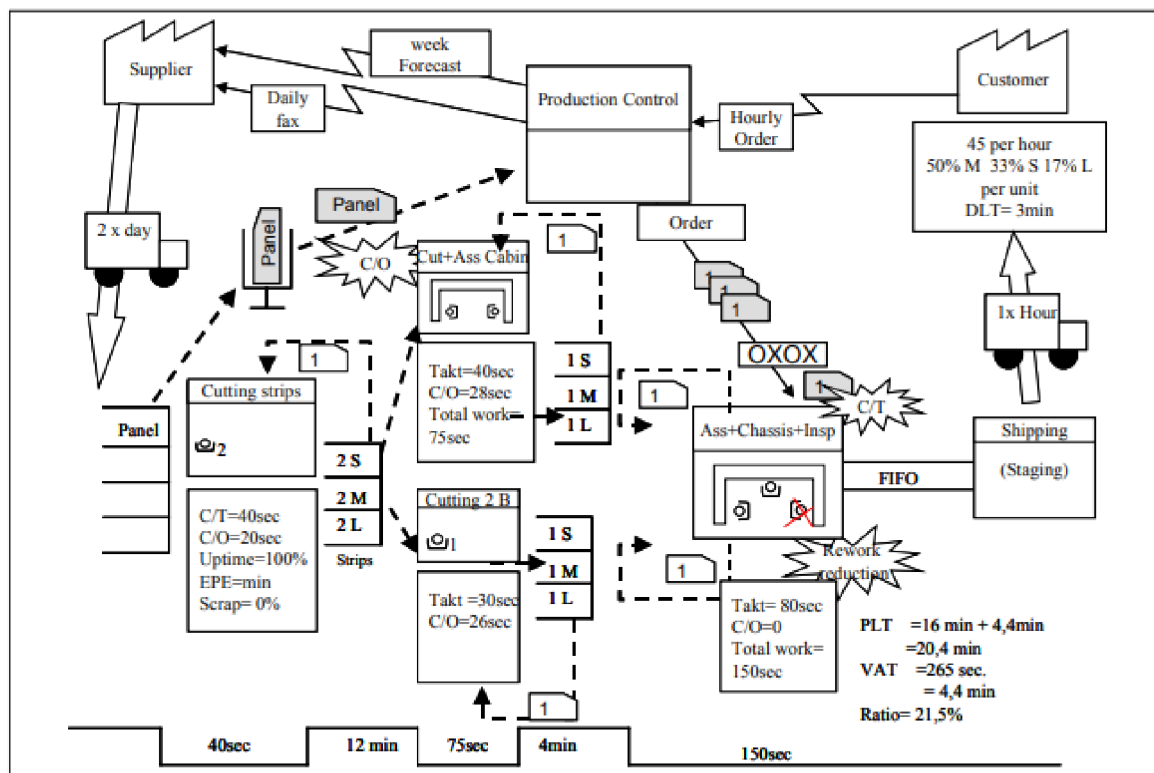


Obr. 1.2 Symboly používané ve VSM mapách [15]

VSM se skládá ze dvou fází, kdy se nejdříve zmapuje současný stav výroby. Následně se vytvoří návrh budoucího optimalizovaného stavu. Součástí znázornění jsou i vypočítané parametry jako například VA index. To je index porovnávající časy přidávající a nepřidávající hodnotu výrobku. Srovnáním obou stavů lze zhodnotit dosažené zlepšení. [13]. Příklad znázornění současného a budoucího stavu lze vidět na dvou obrázcích níže (obr. 1.3 a obr. 1.4).



Obr. 1.3 VSM – současný stav [13]



Obr. 1.4 VSM – Budoucí stav [13]

### 1.1.9 OEE a cílový čas cyklu

Pro výrobní společnosti je klíčové sledování a řízení efektivity výroby. K tomu účelu je využíván koeficient OEE (zkratka pro anglické označení overall equipment effectiveness), v češtině nazýván celková efektivita zařízení. Koeficient je vyjadřován v procentech a nejlepší podniky dosahují jeho hodnoty 85 % a více. Při výpočtu tohoto koeficientu jsou zohledněny tři kategorie [16]:

- Dostupnost zařízení pro výrobu – míra využití
- Výkon zařízení – míra výkonu
- Kvalita výroby na zařízení – míra kvality

Dostupnost zařízení pro výrobu bere v úvahu ztráty dostupnosti. Ztráty dostupnosti zahrnují neplánované přerušení (jako poruchy zařízení, nedostatek materiálu nebo personálu), ale také plánované přerušení (například změny výrobního programu). Časy potřebné ke změně výrobního programu jsou zahrnuté také, protože omezují možnou výrobu. K redukci časů potřebných ke změně výrobního programu se používá nástroje SMED (zkratka pro anglický výraz single-minute exchange of dies) [17].

Výkon zařízení zohledňuje ztráty výkonu výroby. Tento typ ztrát lze chápat jako běžící výrobní proces, který má menší výstup než nejvyšší možný (zahrnuje krátká zastavení výroby, bez nutnosti zápisu příčiny) [17].

Míra kvality bere v úvahu ztráty způsobené výrobou produktů neodpovídajícím standardům kvality. Produkce nedostatečné kvality musí být zlikvidována, případně přepracována (pokud je to možné). Zbývající čas je produktivní čas práce, rozklad jednotlivých pracovních časů je znázorněn na obr. 1.5 [17].



Obr. 1.5 Rozklad výrobních časů

Cílový čas cyklu (zkráceně CCC) je údaj zanášen do diagramu taktu. Při jeho stanovení se využívá hodnoty OEE vyjádřené v procentech. CCC tedy udává čas za jaký je potřeba vyprodukovat jeden kus. Tento údaj se vztahuje k zákaznickému taktu, který je snížen o ztráty výrobního zařízení [18].

### 1.1.10 Procesní analýza

Procesní analýza je základní metodou mapování procesu ve společnosti. Tento nástroj lze využít jak pro výrobní procesy, tak i v administrativě. Tato metoda popisuje výkonost kritických operací obsahující přesun, skladování a čekání. Výstupem je procesní diagram, který graficky znázorňuje sled úkonů a operací. K zaznamenání typu činnosti jsou používány symboly (zobrazeny na obr. 1.6) [19].

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

Obr. 1.6 Symboly procesní analýzy

## 1.2 Rozmístění strojů a pracovišť

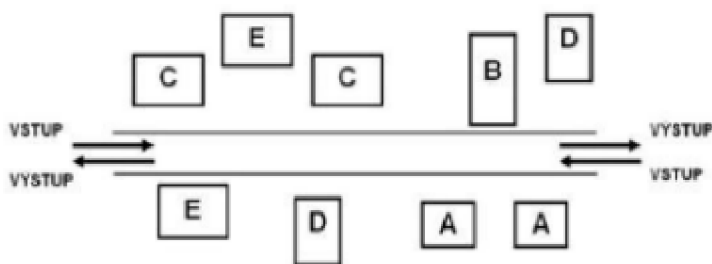
K sestavení návrhu rozmístění strojů a pracovišť jsou využívány metody jako např.: trojúhelníková metoda, metoda těžiště, metoda S.L.P. a metoda souřadnic. Projektant většinou používá vhodnou kombinaci metod [20]. Pro optimální rozmístění strojů a pracovišť je potřeba brát v potaz mnoho kritérií, mezi něž patří: přehlednost uspořádání, přímot technologického toku, minimální požadavky na prostor, minimalizace potřeby manipulace, hospodárnost výroby, bezpečnost práce atd. [21].

Podle zmíněných hledisek je zvolena jeden ze způsobů rozmístění strojů a pracovišť:

- volné
- technologické
- předmětné
- kombinace technologického a předmětného rozmístění
- modulární
- buňkové

### 1.2.1 Volné uspořádání

Volné uspořádání je uspořádáním nejméně využívaným, protože stroje a pracoviště jsou podle něj rozmístěny naprosto náhodně. Při rozmísťování není použito jakéhokoliv řídicího vztahu nebo toku materiálu. Využit lze pouze pro pracoviště vyrábějící prototypy, opravy nebo kusovou výrobu. Uspořádání je znázorněno na obrázku 1.7 [22].

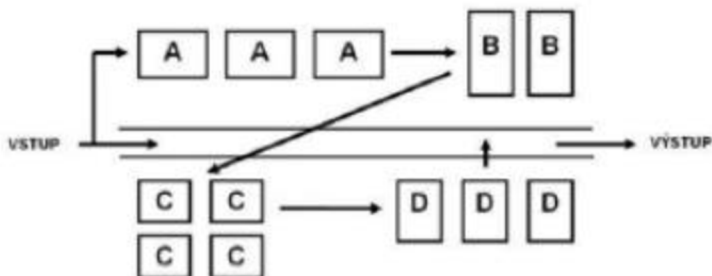


Obr. 1.7 Volné uspořádání strojů a pracovišť [22]

### 1.2.2 Technologické uspořádání

Tento způsob uspořádání strojů a pracovišť vychází z jejich technologické příbuznosti. To znamená, že například obráběcí zařízení jsou umístěna v obrobně, kovací v kovárně, montážní pracoviště v montovnách a podobně. V praxi jsou obdobné stroje nebo pracoviště se sdružovány do skupin kupříkladu soustruhy, frézky, vrtačky a další [23].

Přínosem takového rozmístění je lepší využití výrobních kapacit, lepší podmínky pro změnu výrobního programu, nižší omezení poruchami zařízení. Nevýhodami jsou náročné plánování výroby, nutnost mezikladů, dlouhá průběžná doba výroby, složitý tok materiálu. Takové rozmístění se uplatňuje pro kusovou nebo malosériovou výrobu, ve středním nebo těžkém průmyslu [20]. Příklad takového rozložení je zobrazeno na obr. 1.8.



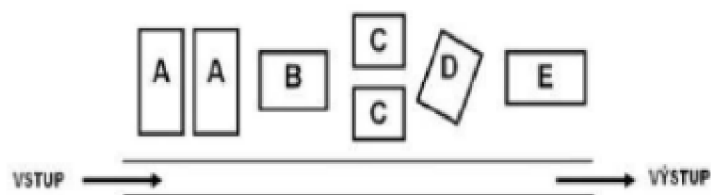
Obr. 1.8 Technologické uspořádání strojů a pracovišť [22]

### 1.2.3 Předmětné uspořádání

Předmětné uspořádání je charakterizováno orientací na výrobek. Tato orientace je vhodná především pro hromadnou a velkosériovou výrobu. Jednotlivé stroje a pracoviště jsou rozmístěny podle sledu operací technologického postupu výrobku. Výrobky jsou mezi pracovišti předávány v jednom směru [23].

Výhodami tohoto rozmístění je zkrácení manipulačních cest a nákladů na manipulaci, menší potřeba výrobní plochy, doba průběžné výroby. Mezi nevýhody předmětného rozmístění patří závislost využití strojů na objemu výroby, potřeba změny rozmístění v případě změny výrobního programu [20]. Příklad předmětného rozložení je znázorněn na obr. 1.9.



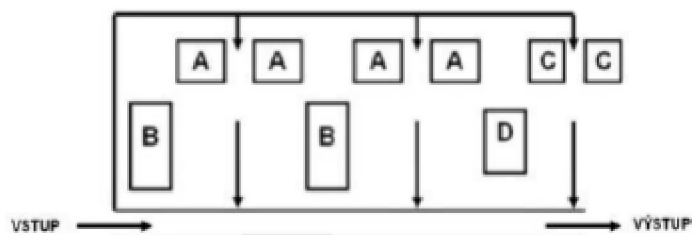


Obr. 1.9 Předmětné uspořádání strojů a pracovišť [22]

#### 1.2.4 Modulární uspořádání

Pro modulární uspořádání pracovišť je příznačné seskupování technologických bloků, přičemž každý může vykonávat více technologických funkcí. Charakteristické je dosahování vysoké produktivity práce a užívání ve vícesměnných provozech [22]. Rozmístění je vhodné především pro využití CNC zařízení [20].

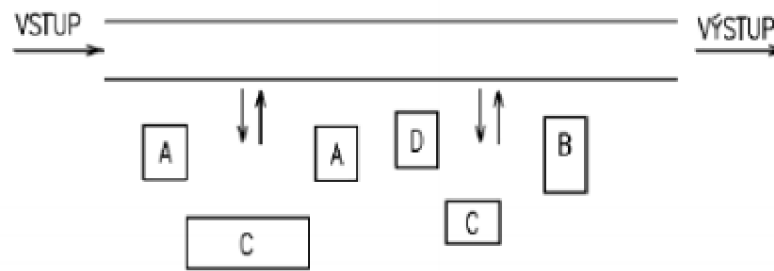
Mezi výhody tohoto zařízení patří vysoká produktivita práce, nízká průběžná doba, dobrá organizace a řízení výroby. Nevýhodou jsou vysoké nároky na technickou přípravu výroby, vysoké náklady na pořízení strojů a zařízení [20]. Příklad modulárního rozložení je znázorněn na obr. 1.10.



Obr. 1.10 modulární uspořádání strojů a pracovišť [22]

#### 1.2.5 Buňkové uspořádání

Buňkové uspořádání je podobné uspořádání modulárnímu, protože je nejčastěji tvořeno zařízením s vysokou produktivitou práce, obsluhovaným mechanicky nebo automaticky. Při přípravě buňkově uspořádaného pracoviště je zásadní předprojektová rozborová příprava, standardizace a zpracování skupinových technologických postupů. Použití spolu s výhodami i nevýhodami je podobné jako u rozmístění modulárního [20]. Schéma buňkového rozmístění je zobrazeno na obr. 1.11.



Obr. 1.11 Buňkové uspořádání strojů a pracovišť [20]

### 1.3 Montážní linka

Montážní linka je specializovaný soubor pracovišť rozmístěných dle technologického postupu. Jde tedy o především o předmětné uspořádání pracovišť, na kterých se vyrábí jedna součást nebo skupina technologicky podobných součástí [20]. Soubor pracovišť je spojen mezioperační dopravou a určený k vykonávání stanovených operací při montáži výrobku. Montážní linky se dělí dle různých hledisek na [24]:

- úroveň mechanizace a zapojení člověka:
  - ruční linky,
  - poloautomatizované linky,
  - automatizované linky,
- stupeň synchronizace:
  - synchronizované linky,
  - nesynchronizované linky
- počet typů výrobků montovaných na lince:
  - jednopředmětné linky,
  - víceřadové linky,
- způsob provádění operací:
  - přímo na dopravníku,
  - mimo dopravník,
- způsob prostorového uspořádání:
  - jednoduché linky,
  - rozvětvené linky,
- montážního taktu:
  - linky s pevným taktem,
  - linky s volným taktem,

- pohyb součásti při montáži:
  - stacionární linky,
  - pohyblivé linky (s nepřetržitým pohybem nebo po vykonání operace).

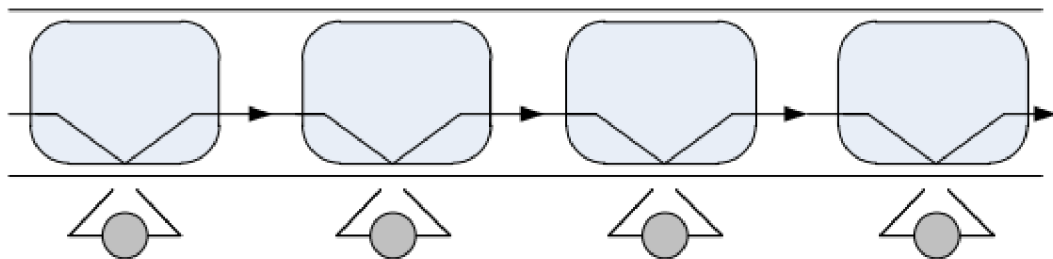
### 1.3.1 Varianty uspořádání montážních linek

Prostorové uspořádání montážních linek jednoduchých a rozvětvených je možné dále rozdělit. Další rozčlenění a jeho kritéria jsou následující [24]:

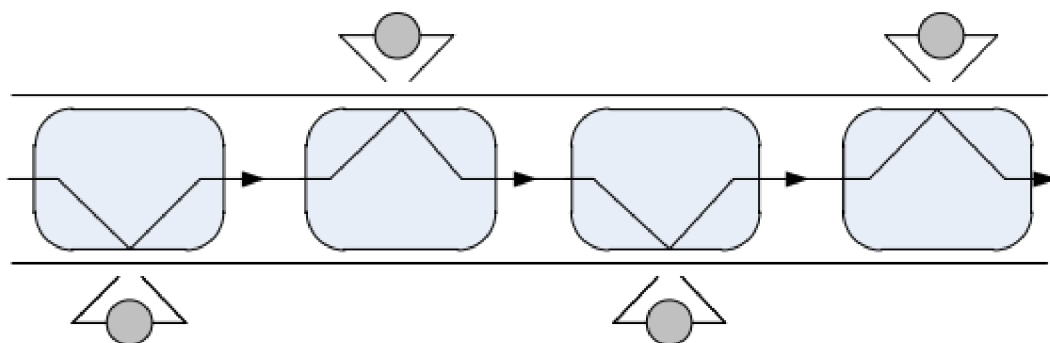
- obsazenost stran montážní linky:
  - jednostranné,
  - oboustranné.
- umístění montážních pracovišť vůči lince:
  - čelní postavení,
  - boční postavení.
- směr pohybu výrobků linkou:
  - jednosměrné,
  - obousměrné.

Uspořádání oboustranné montážní linky šetří prostorem. V případě jednostranné montážní linky lze předpokládat větší nároky na prostor, často využívají dopravníků s delší dráhou [24].

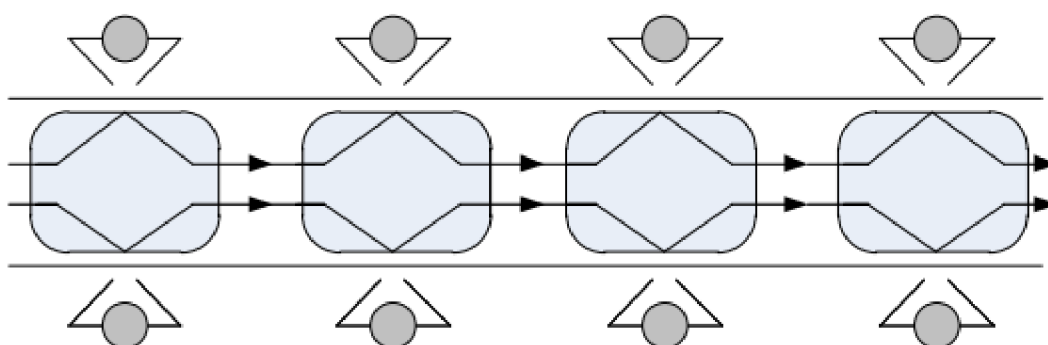
Montážní linky s bočním postavením pracovišť jsou vhodnější vzhledem k možnosti využití montážních strojů a rozměrných přípravků užívaných během montáže. Každý pracovník má vymezené a přehledné pracoviště. Při rozmístění montážní linky s čelním postavením pracovišť umožňují použití obou rukou při manipulaci s výrobkem a mají většinou menší nároky na prostor potřebný k vykonávání práce. Na těchto pracovištích lze používat pouze přípravky menších rozměrů [24].



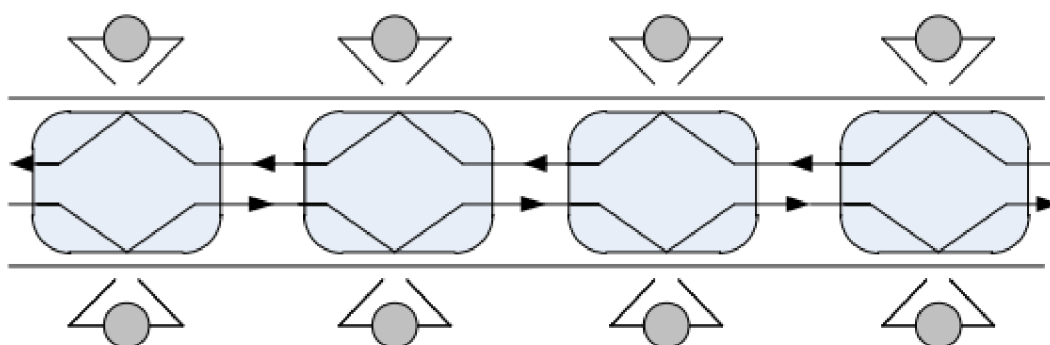
Obr. 1.12 Schéma jednostranné jednosměrné montážní linky [24]



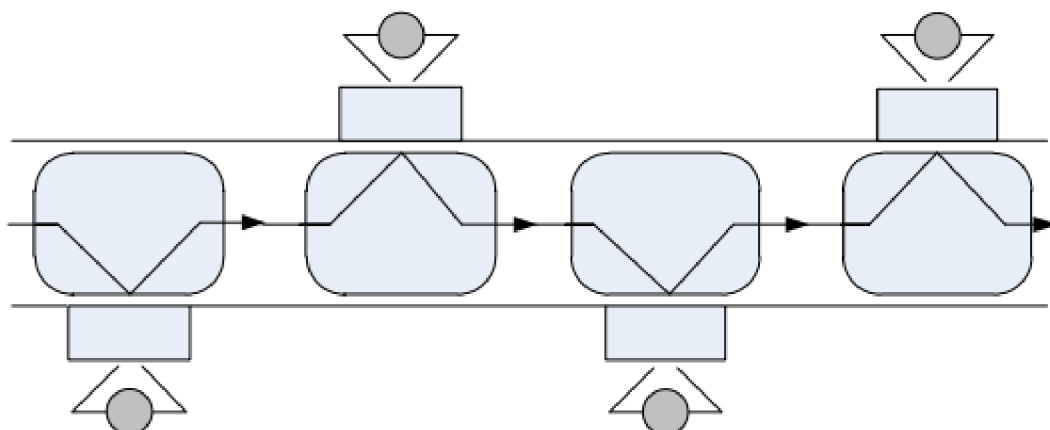
Obr. 1.13 Schéma oboustranné jednosměrné montážní linky [24]



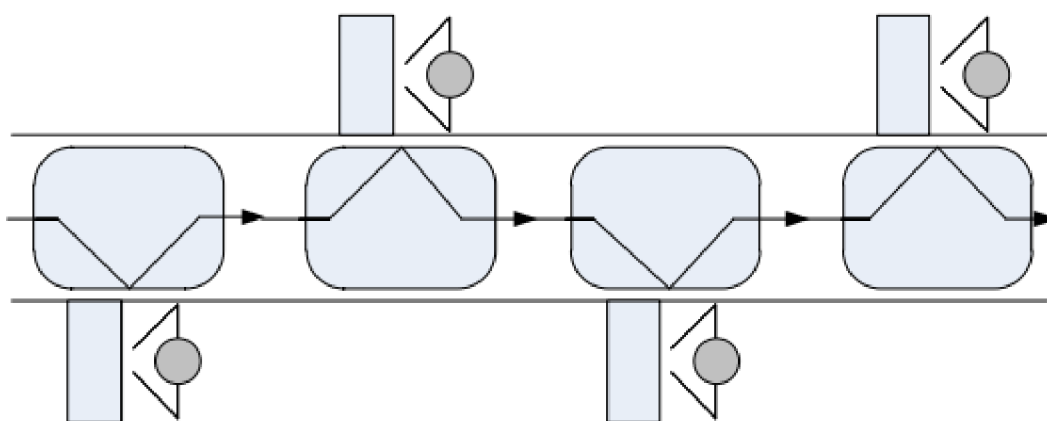
Obr. 1.14 Schéma oboustranné jednosměrné montážní linky [24]



Obr. 1.15 Schéma oboustranné obousměrné montážní linky [24]

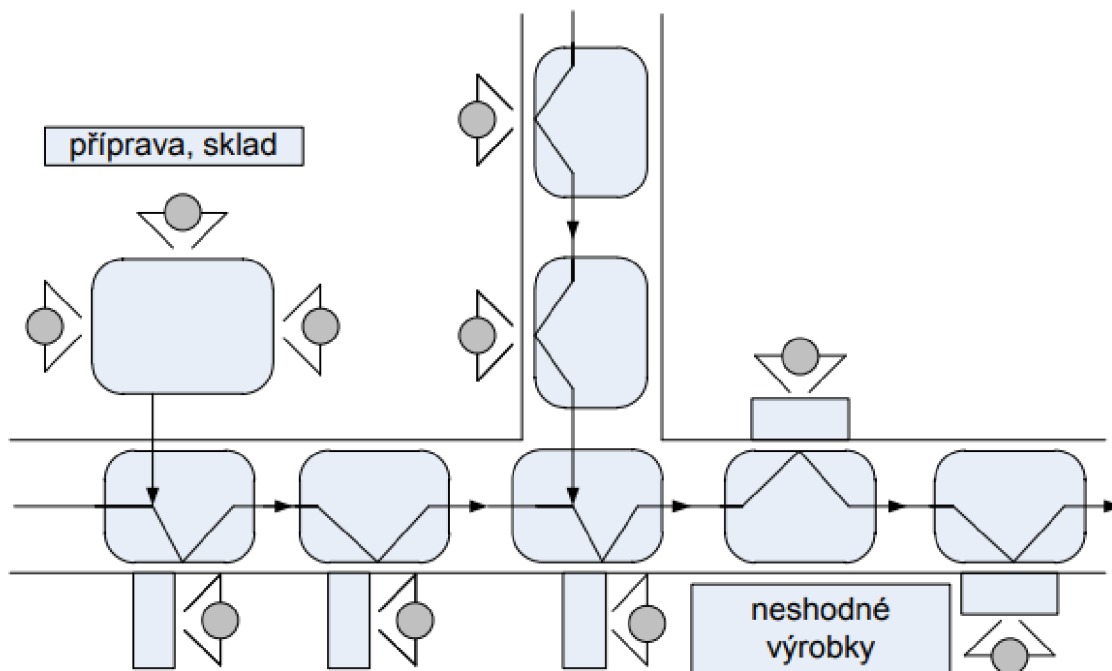


Obr. 1.16 Schéma montážní linky s čelními montážními pracovišti [24]



Obr. 1.17 Schéma montážní linky s bočními montážními pracovišti [24]

Rozvětvené montážní linky (obr. 1.8) jsou velmi náročné vzhledem k požadavkům na prostor. Takto uspořádané výrobní linky se v případě poruch zařízení těžko přizpůsobují změnám výrobního programu. Vzhledem k této skutečnosti jsou zaváděny pouze v případě hromadné výroby [24].



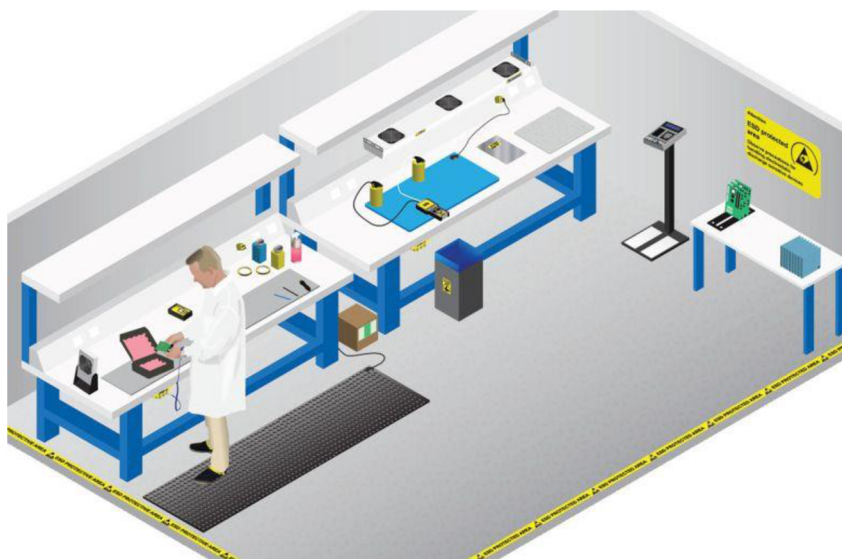
Obr. 1.18 Schéma rozvětvené montáží linky [24]

#### 1.4 EPA pracoviště

EPA je zkratkou pro electrostatic discharge protected area označení pocházející z angličtiny. Označení lze přeložit do češtiny jako „prostor chráněn před elektrostatickým výbojem“. V souvislosti s elektrostatickým výbojem se používá také zkratka ESD (z anglického electrostatic discharge), v souvislosti s výrobním pracovištěm poté ESD zóna. Elektrostatický výboj vzniká v případě dotyku nebo přiblížení dvou předmětů s rozdílným elektrostatickým nábojem [25]. Vzniku je důležité předcházet především tam, kde se používají elektrostaticky citlivé součástky, jedná se především o elektronické polovodičové součástky. V některých případech může ESD dokonce ohrozit život pracovníků, protože může způsobit výbuch hořlavých plynů a par [26].

EPA prostory (znázorněn na obr. 1.19) se řídí požadavky normy ČSN EN 61340-5-1 ed.3. Konstrukce a zapojení vyhrazeného prostoru musí být taková, aby elektrostatická pole v EPA nenabývala hodnoty vyšší než 10 kV/m. Uzemňovací rozvod EPA prostoru musí mít malou rezistivitu vzhledem k zemi vyhrazeného prostoru (menší než 2  $\Omega$ ). Pokud je to možné, musí být použita jako síťová ochranná zem. Předcházet ESD lze používáním antistatických prostředků, kterých je nepřeborné množství. Mezi prostředky například patří náramky uzemněné kabely pro pracovníky, ESD oděv, ESD obuv, testery obuvi a ionizátory vzduchu [25].





Obr. 1.19 příklad EPA prostoru [26]

## 2 TYCO ELECTRONIC KUŘIM

Výrobní podnik TYCO Electronics v Kuřim je součástí mezinárodní společnosti TE Connectivity. Společnost TE Connectivity (logo společnosti na obr. 2.1) se zabývá výrobou produktů z oblasti konektivity, zajišťující tok elektrické energie a informací. Produktové portfolio společnosti obsahuje více než 500 000 různých výrobků (převážně kabel, konektorů a senzorů) užívaných ve více průmyslových odvětvích [27].



Obr. 2.1 Logo společnosti TE Connectivity [27]

TYCO Electronics v Kuřimi je jednou ze tří výrobních lokací v České republice. Budova výrobního závodu v Kuřimi je zobrazena na obr. 2.2. Tato výrobní lokace se zaměřuje na výrobu kabelové a konektorové techniky dodávané pro automobilový průmysl. Výrobní závod je rozdělen na několik výrobních divizí podle přesnějšího zaměření výroby, například lisování kontaktů, vstřikování plastových dílů, montáž kabelových svazků, montáž hybridních zařízení atd [27].



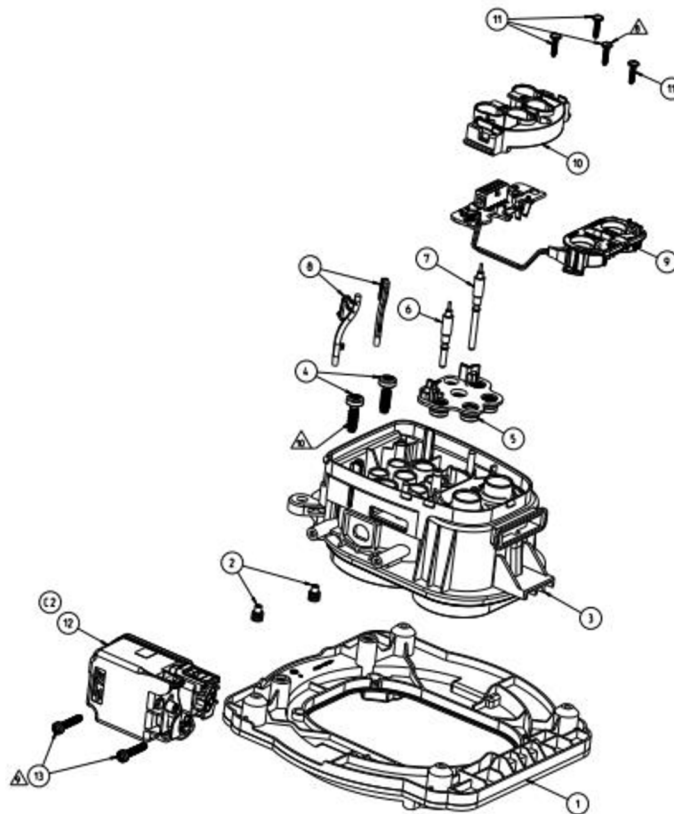
Obr. 2.2 Budova TYCO Electronics Kuřim [28]

### 3 ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU

Budeme se zabývat montážní linkou vyrábějící charge inlet neboli česky nabíjecí rozhraní. Linka bude sloužit k hromadné výrobě. Do rozboru zahrneme i montážní linku vyrábějící paralelně jeden z hlavních vstupních komponentů pro tuto linku. V současné době linka vyrábí pouze vzorkovou výrobu pro zákazníky a interní testování.

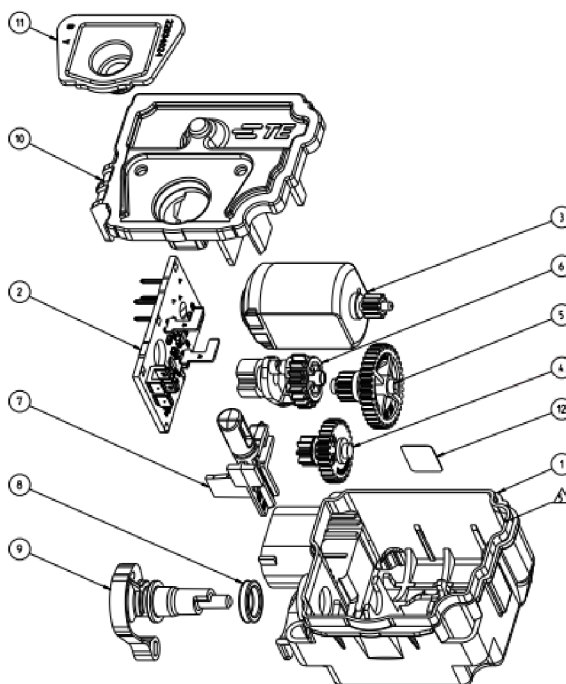
#### 3.1 Výrobky Charge inlet a aktuátor

Výrobkem, na jehož produkci je zaměřeno je nabíjecí rozhraní. Nachází se v automobilech s hybridním nebo elektrickým pohonem a slouží jako rozhraní pro nabíjení jeho akumulátorů ze sítě. Tento výrobek a součásti z nichž je složen jsou zobrazeny na obrázku 3.3.



Obr. 3.3 Charge inlet – schéma výrobku [27]

Hlavním vstupním komponentem pro charge inlet je aktuátor (používá se také označení akční člen). Aktuátor slouží k aretaci konektoru napájecího kabelu v nabíjecím rozhraní elektromobilu (případně vozidla s hybridním pohonem). Linka vyrábějící aktuátory vyrábí nezávisle na lince charge inlet. Aktuátor a komponenty z nichž je složen jsou zobrazeny na obrázku 3.4.



Obr. 3.4 Aktuátor – schéma výrobku [27]

### 3.2 Výběr produktového představitel

Před mapováním toku hodnot je potřeba identifikovat vhodného produktového představitel, pro následující analýzu výroby. Na sledované výrobní lince se vyrábí několik variant výrobku, které budou posouzeny na základě dostupných parametrů jako objem roční výroby jednotlivých variant, počet vstupních komponent a komplexnosti výrobku.

K posouzení komplexnosti pomůže tabulka s přehledem jednotlivých variant charge inletu. V tabulce níže (Tab. 3.1) jsou zaneseny pracoviště (stanice), kterými výrobek prochází, a množství komponent, které na tomto pracovišti vstupují do procesu. Výrobní postup bude popsán v podkapitole 3.3.1.

Tab. 3.1 Přehled komponent vstupujících do výroby variant výrobku charge inlet [27]

PN/Operace	Stanice A1	Stanice A	Stanice B	Stanice C	Stanice D	Suma	Typ
xxx5972-1	4	4	6	5	0	19	DC
xxx3853-2	5	4	6	2	0	17	DC
xxx5973-1	5	4	6	5	0	20	DC
xxx3854-1	4	3	3	2	0	12	AC
xxx6836-1	6	4	6	3	0	19	DC
xxx8459-1	4	3	3	2	0	12	AC
1-xxx3853-4	5	3	6	2	0	16	DC
1-xxx3853-2	5	3	6	2	0	16	DC
xxx3852-1	4	4	6	2	0	16	DC

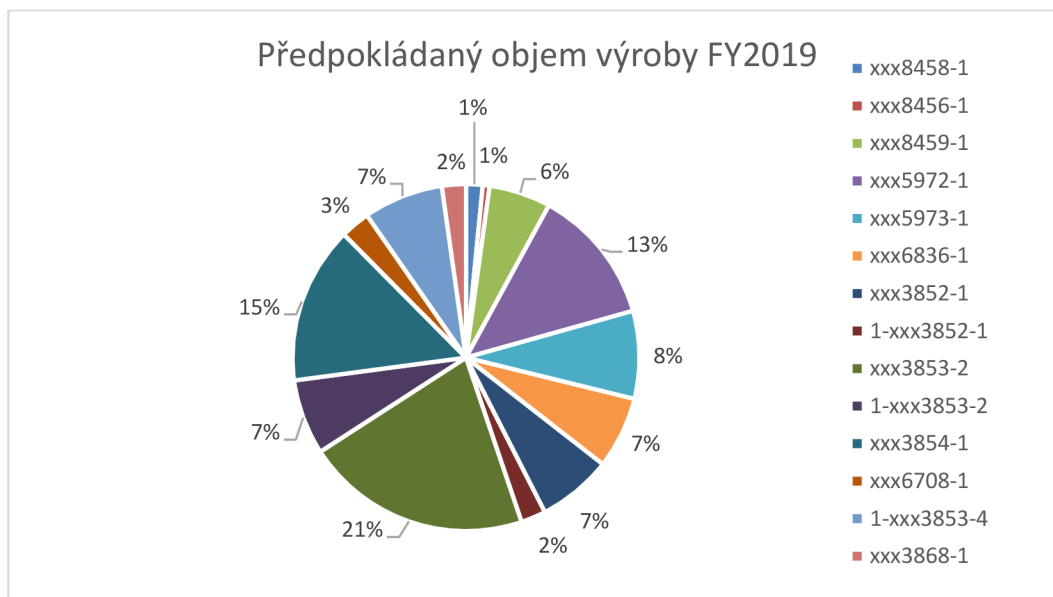
PN/Operace	Stanice A1	Stanice A	Stanice B	Stanice C	Stanice D	Suma	Typ
xxx8458-1	3	3	3	2	0	11	AC
xxx6708-1	4	3	3	3	0	13	AC
1-xxx3852-1	4	3	6	2	0	15	DC
xxx8456-1	4	3	3	2	0	12	AC

Z tabulky je patrné, že nejvhodnější bude rozdělit výrobky na dvě hlavní skupiny podle množství vstupujících komponent na stanici B. Výrobky u nich vstupuje méně komponent na pracovišti jsou označeny AC a ty u nichž více jsou označeny DC. Rozdílnou součástí je přídavný DC modul PCB. Vzhledem ke složitosti výrobku by bylo tedy vhodnější zvolení varianty ze skupiny výrobků DC.

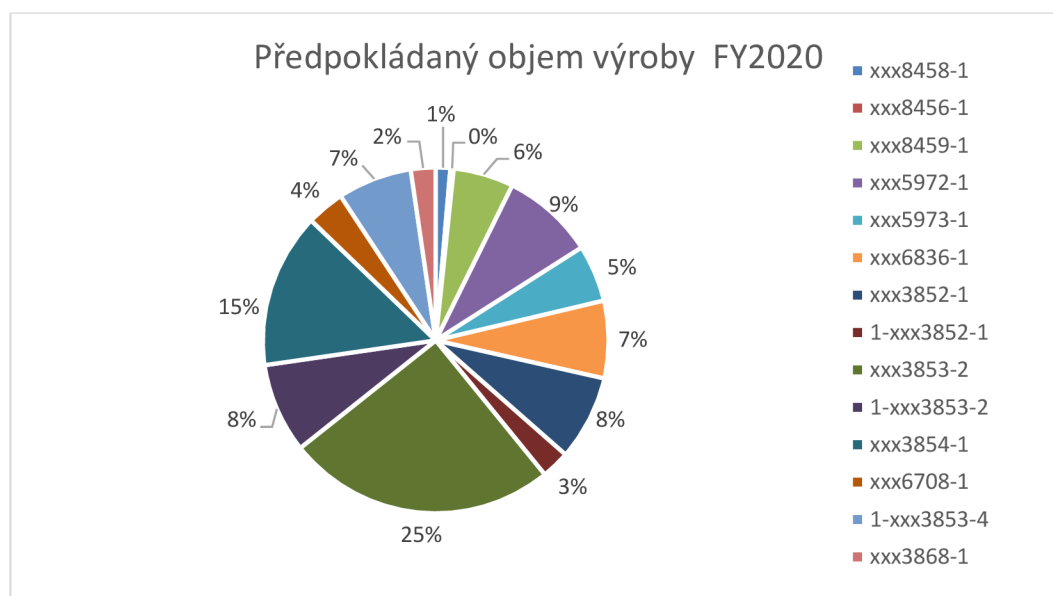
Při výběru představitele zohledníme také předpokládaný objem výroby a poměr poptávky jednotlivých variant výrobku charge inlet. Jako sledovaná období byly zvoleny fiskální roky 2019 a 2020. Tato data jsou uvedena v tabulce 3.2 a dále také znázorněna ve dvou grafech, na obr. 3.5 pro fiskální rok 2019 a na obr. 3.6 pro fiskální rok 2020.

Tab. 3.2 Předpokládaný objem produkce v kusech [27]

PN	Q <sub>Z19</sub> [ks]	P <sub>q19</sub> [%]	Q <sub>Z20</sub> [ks]	P <sub>q20</sub> [%]	Typ
xxx8458-1	2077	1,55	2348	1,36	AC
xxx8456-1	860	0,64	541	0,31	AC
xxx8459-1	7731	5,76	9729	5,63	AC
xxx5972-1	17072	12,71	14968	8,67	DC
xxx5973-1	10992	8,18	9195	5,32	DC
xxx6836-1	9000	6,70	12500	7,24	DC
xxx3852-1	9345	6,96	13725	7,95	DC
1-xxx3852-1	3115	2,32	4575	2,65	DC
xxx3853-2	28298	21,07	43493	25,18	DC
1-xxx3853-2	9433	7,02	14498	8,39	DC
xxx3854-1	19710	14,67	25030	14,49	AC
xxx6708-1	3700	2,75	6100	3,53	AC
1-xxx3853-4	10000	7,44	12000	6,95	DC
xxx3868-1	3000	2,23	4000	2,32	DC
Celkem	134332	100	172701	100	



Obr. 3.5 Procentuální znázornění objemu výroby charge inletu pro fisk. rok 2019



Obr. 3.6 Procentuální znázornění objemu výroby charge inletu pro fisk. rok 2020

Z obou grafů je patrné, že největší podíl objemu výroby v kusech bude mít varianta xxx3853-2. Ve fiskálním roce 2019 bude podíl činit 21 %, ve fiskálním roce 2020 dokonce 25 % z celkového objemu produkce všech variant charge inletu. Podle tabulky 3.2 také vyplývá, že je tato varianta výrobku typem DC charge inletu, jeví se tedy jako vhodná volba pro představitele výroby.

Tab. 3.3 Přehled variant aktuátorů použitých při výrobě charge inletu

charge inlet actuator	0-xxx8456-1	0-xxx8458-1	0-xxx8459-1	0-xxx3852-1	1-xxx3852-1	0-xxx3853-2	1-xxx3853-2	0-xxx3853-4	0-xxx5972-1	0-xxx5973-1	0-xxx6836-1	0-xxx3854-1	0-xxx6708-1
1-xxx3469-1			X	X									X
0-xxx3469-1	X							X					
0-xxx3469-2	X								X				
0-xxx3469-3		X											
1-xxx3469-3												X	
1-xxx3469-2					X	X	X			X			

Tab. 3.4 Množství komponent použitých při výrobě aktuátoru

PN	Počet komponent
xxx3469-1	12
xxx3469-2	12
xxx3469-3	12
1-xxx3469-1	13
1-xxx3469-2	13
1-xxx3469-3	12
2-xxx3469-1	12
2-xxx3469-2	12
2-xxx3469-3	12

Vhodným představitelem pro paralelní linku aktuátoru bude volen dle návaznosti na danou variantu zvoleného charge inletu. Návaznost je zanesena v tabulce 3.3. Tento postup bude dostatečný vzhledem k větší homogenitě produkce aktuátoru, pro představu můžeme nahlédnout do tabulky 3.4 v níž je uvedeno množství komponent pro jednotlivé varianty aktuátorů, které jsou použité jako podsestava při výrobě charge inletu.

### 3.3 Popis výrobního procesu

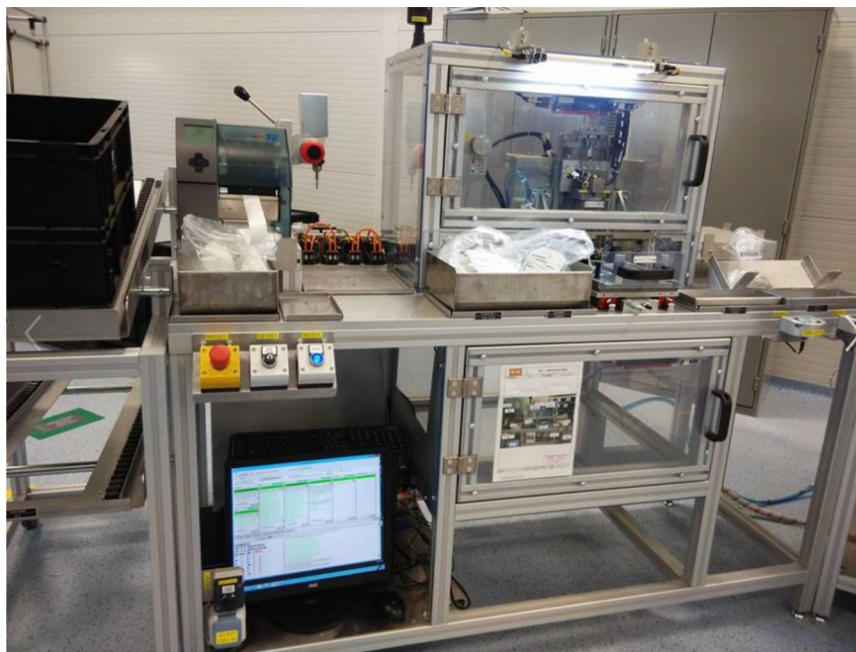
V této kapitole bude popsán proces výroby charge inletu, ale také jeho hlavní vstupní komponenty aktuátoru. Konkrétně byla vybrána verze výrobku charge inlet 0-xxx3853-2, a aktuátoru použitá při jeho výrobě 1-xxx3469-2. Oba produkty jsou vyráběny ve stejné prostoru výrobní haly, v ESD chráněné zóně. Postup výroby obou výrobních linek je graficky znázorněn v kapitole 3.21.



### 3.3.1 Linka charge inlet

Linka produkující charge inlet se stává z pěti pracovišť z toho na jednom probíhá kontrola a balení. Celá linka je řízena systémem kontrolujícím jednotlivé kroky, s možností zastavení výrobního procesu v případě registrace vady.

Prvním pracovištěm výrobní linky charge inlet je **stanice A1**. Pracoviště je zobrazeno na obr 3.7. Zde jsou do plastového tělesa ručně vloženy a následně strojně zalisovány piny CP a PP. Dále je na tomto pracovišti těleso osazeno těsněním kabeláže a těsnící průchodkou. Posledním krokem je nalepení štítku, umožňujícího sledování konkrétního výrobku řídicím systémem. Následně je rozpracovaný výrobek předán na další pracoviště.



Obr. 3.7 Pracoviště stanice A1

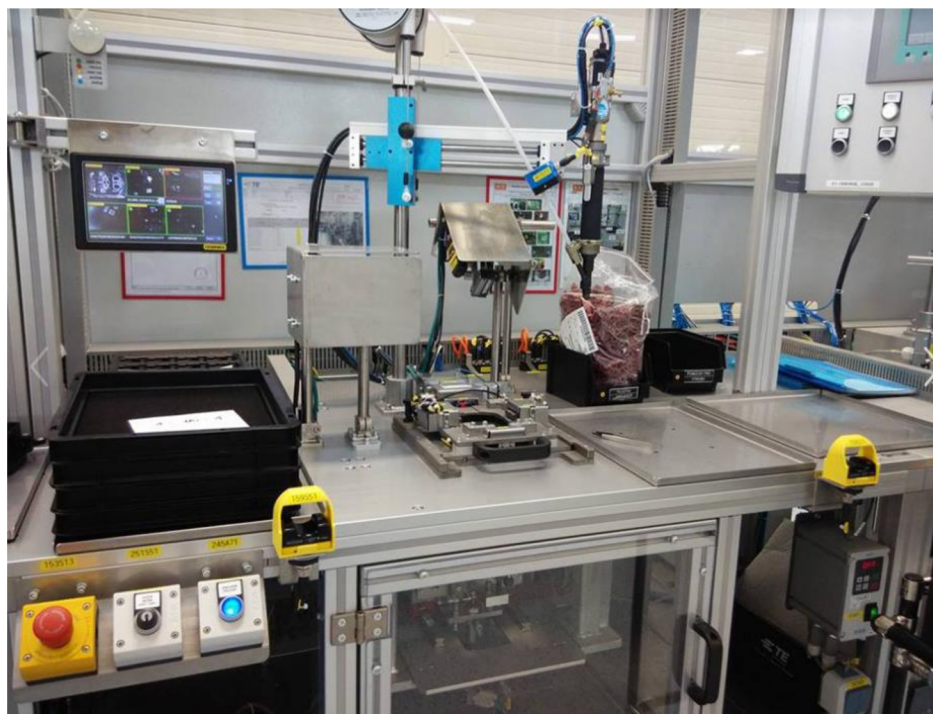
Druhým pracovištěm je **stanice A**. Pracoviště je zobrazeno na obr. 3.8. Na tomto pracovišti probíhá spojení objímky a dílu rozpracovaném na předchozím pracovišti. Díly jsou spojeny pomocí čtyř šroubků rozměru 5x16 mm. Ty jsou našroubovány operátorem pomocí ergonomické šroubovací stanice s automatickým podavačem šroubků. Následuje ruční montáž světlovodné trubice. V průběhu jednotlivých úkonů systém pomocí kamerového systému kontroluje použití správných verzí vstupních komponent jejich správné umístění, zároveň eviduje konkrétní díl pomocí štítku z předchozího pracoviště. Odtud díl pokračuje na další pracoviště.





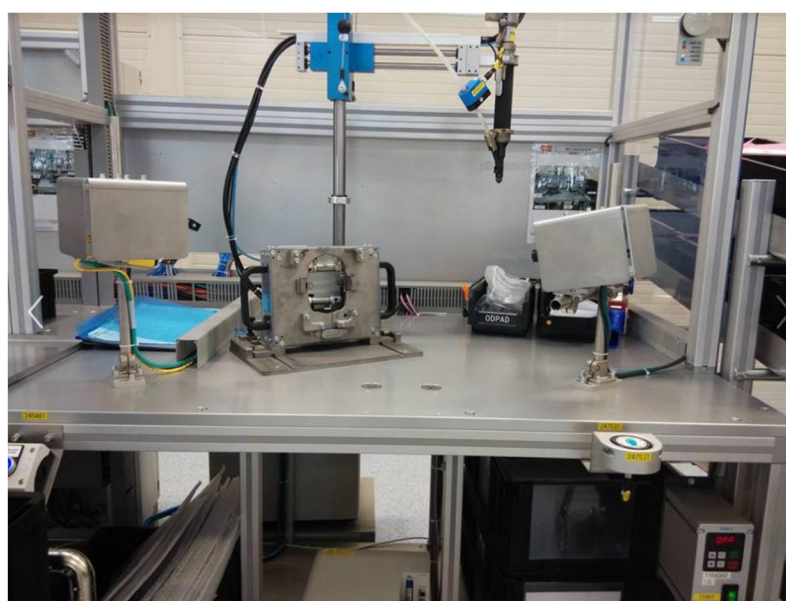
Obr. 3.8 Pracoviště stanice A

Následující pracoviště výrobní linky je označené jako **stanice B**. Pracoviště je zobrazeno na obr. 3.9. Na tomto pracovišti je namontována podsestava PCB Combo modulu a PCB DC modulu s kabelovým svazkem do rozpracovaného dílu. Připevnění komponent je zajištěno pomocí šroubového spoje. Přišroubování je provedeno operátorem obdobně jako v případě předchozího pracoviště. Kabelový svazek je pracovníkem naveden v tělese kolem pozičních kolíků. Dále jsou namontovány sekundární zámky na těleso. V průběhu postupu opět dochází ke kontrole a evidování kamerovým systémem.



Obr. 3.9 Pracoviště stanice B

Dalším pracovištěm je **stanice C**. Pracoviště je zobrazeno na obr. 3.10. Na tomto pracovišti dochází k montáži podstavy aktuátoru na tělo charge inletu z předchozího pracoviště. Spojení sestav je opět realizováno pomocí šroubového spoje podobným způsobem jako na předchozích pracovištích výrobní linky. Opět je díl zkontrolován kamerovým systémem.



Obr. 3.10 Pracoviště stanice C

Posledním pracovištěm je stanice D. Zobrazena je na obr. 3.11. Na tomto pracovišti probíhá finální kontrola hotového charge inletu jak kamerovým systémem, tak vizuální kontrola operátorem. Po kontrolách následuje hotové výroby balení operátorem dle zákaznické specifikace.



Obr. 3.11 Pracoviště stanice D

### 3.3.2 Linka aktuátor

Linka zaměřena na výrobu aktuátorů se stává z šesti pracovišť (operací). Pracoviště jsou převážně manuální s výjimkou svářecího zařízení a zařízení kontrolujícího funkčnost elektronických součástí a pozice pinů aktuátoru.

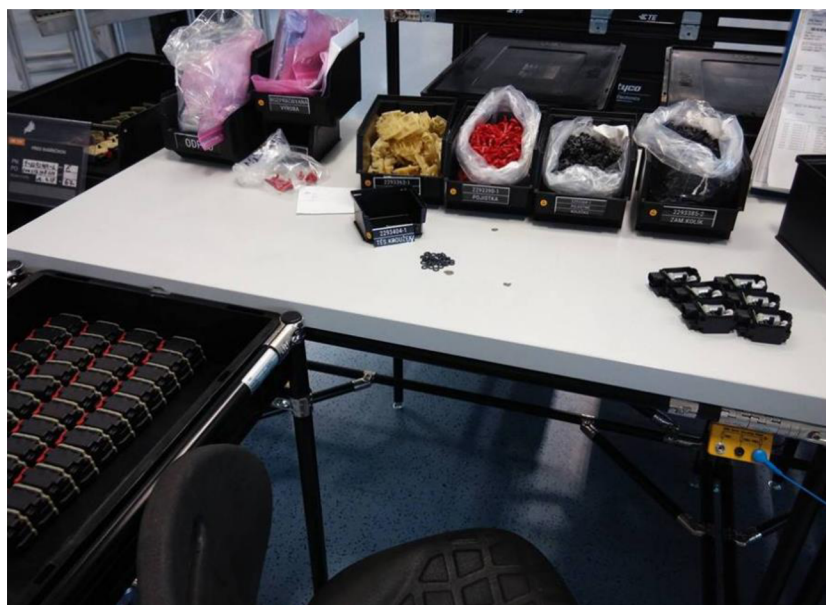
Prvním pracovištěm výrobní linky aktuátoru je první montážní stůl. První operací je montáž PCB a elektrického motoru a následného vložení do tělesa (krytu) aktuátoru. Oba úkony jsou provedeny operátorem manuálně pouze s použitím pomocného přípravku ustavujícího PCB při nasazování motoru. Pracoviště je zobrazeno na obr. 3.12. Následně se předává díl na další pracoviště.





Obr. 3.12 První montážní pracoviště linky aktuátor

Dalším pracovištěm je opět montážní stůl. Pracoviště je zobrazeno na obr. 3.13. Druhá operace se stává z montáže aretačního mechanismu aktuátoru. Montáž je provedena manuálně pracovníkem. Jako první je dohromady složena servisní páčka a zamykací kolík. Následuje vložení páčky s nasazeným kroužkovým těsněním. Dále jsou uloženy obě ozubená kolečka do tělesa aktuátoru. Po zkompletování vnitřního mechanismu je na těleso aktuátoru nasazeno těsnění a víko tělesa aktuátoru. Poté jde, takto rozpracovaný díl na další pracoviště.



Obr. 3.13 Druhé montážní pracoviště linky aktuátor

Následujícím pracovištěm linky je automatické svářecí zařízení. Toto zařízení je zobrazeno na obr. 3.14. Aktuátor složený na předchozím pracovišti je vložen pracovníkem do svařovacího zařízení a zajištěn v pozici. Poté je spuštěn automatický svařovací proces, který svaří těleso a víko aktuátoru. Po dokončení sváření je aktuátor operátorem vyjmut ze zařízení a předán na další pracoviště.



Obr. 3.14 Laserová svářecí stanice

Dalším pracovištěm v řadě je bounce test. Pracoviště je zobrazeno na obr. 3.15. Na tomto pracovišti je zkontrolována funkčnost aretačního mechanismu operátorem. Poté následuje předání na další pracoviště.



Obr. 3.15 Pracoviště bounce testu

Následuje kontrola na EOL testeru. Pracoviště je zobrazeno na obr. 3.16. Zde je pracovníkem aktuátor založen do zařízení kontrolující elektrické vlastnosti. Zařízení automaticky po založení zkontroluje různé elektrotechnické parametry aktuátoru a zaeviduje průběh testu. Poté je na aktuátor pracovníkem nalepen štítek umožňující sledování konkrétního aktuátoru. Testovací zařízení přečte štítek a zaeviduje konkrétní aktuátor. Následně operátor vyjme aktuátor a nasadí na něj kryt mikrosvínače a předá na další pracoviště.



Obr. 3.16 EOL tester

Posledním krokem linky je pracoviště kontroly těsnění a balení. Pracoviště je zobrazeno na obr. 3.17. Pracovník vloží aktuátor do zařízení na kontrolu těsnosti a spustí test. Po dokončení testu provede manuálně kontrolu výšky pinu kalibrem a díl uloží do klt bedny.

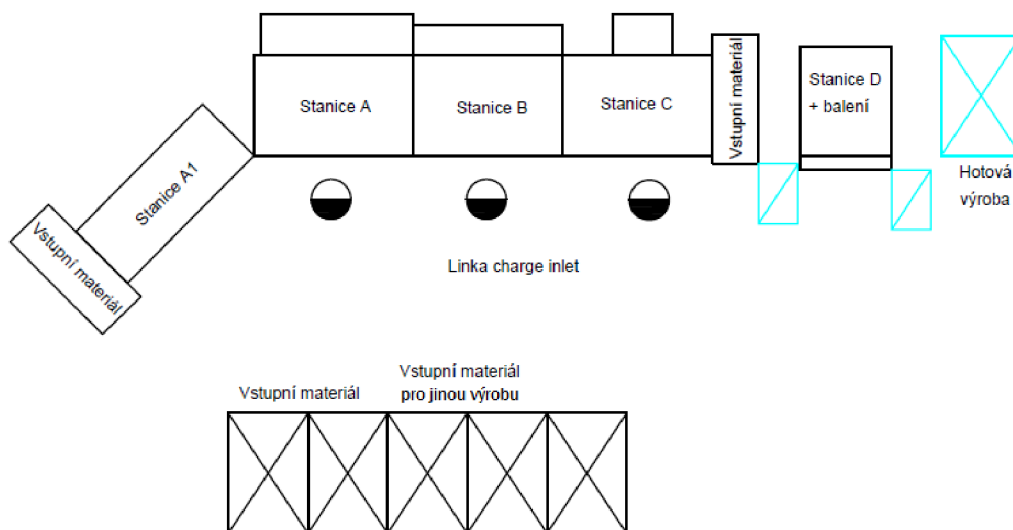


Obr. 3.17 Pracoviště testování těsnosti

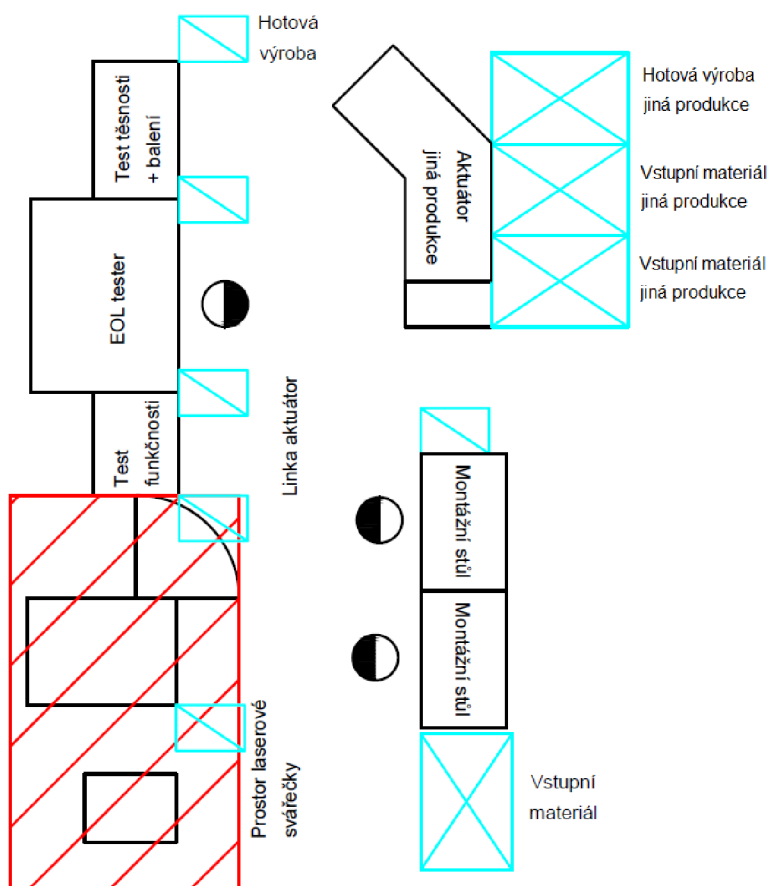
### 3.4 Aktuální uspořádání pracovišť

Na obrázcích níže je znázorněno uspořádání jednotlivých pracovišť linek výroby charge inletu (obr. 3.18) a aktuátoru (obr. 3.19). V obou případech se jedná o jednopředmětné uspořádání. V případě linky charge inlet jde o jednostrannou jednosměrnou montážní linku s čelním postavením pracovníků. U linky vyrábějící aktuátory se jedná o linku kombinující předmětné a volné uspořádání omezeno prostorovými možnostmi.





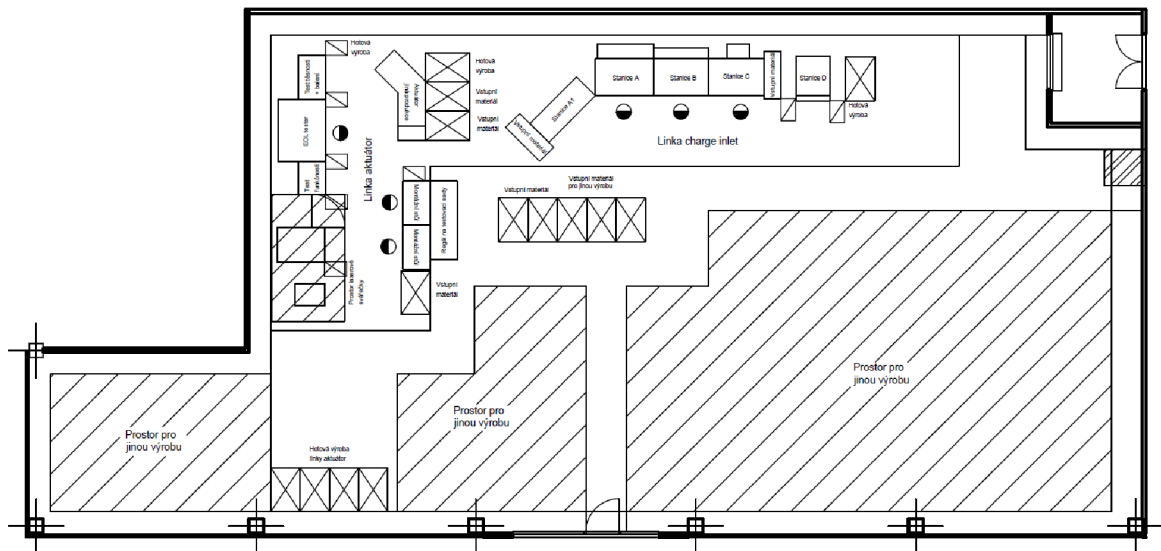
Obr. 3.18 Detail současného layoutu výrobní linky charge inlet



Obr. 3.19 Detail současného layoutu výrobní linky aktuátoru



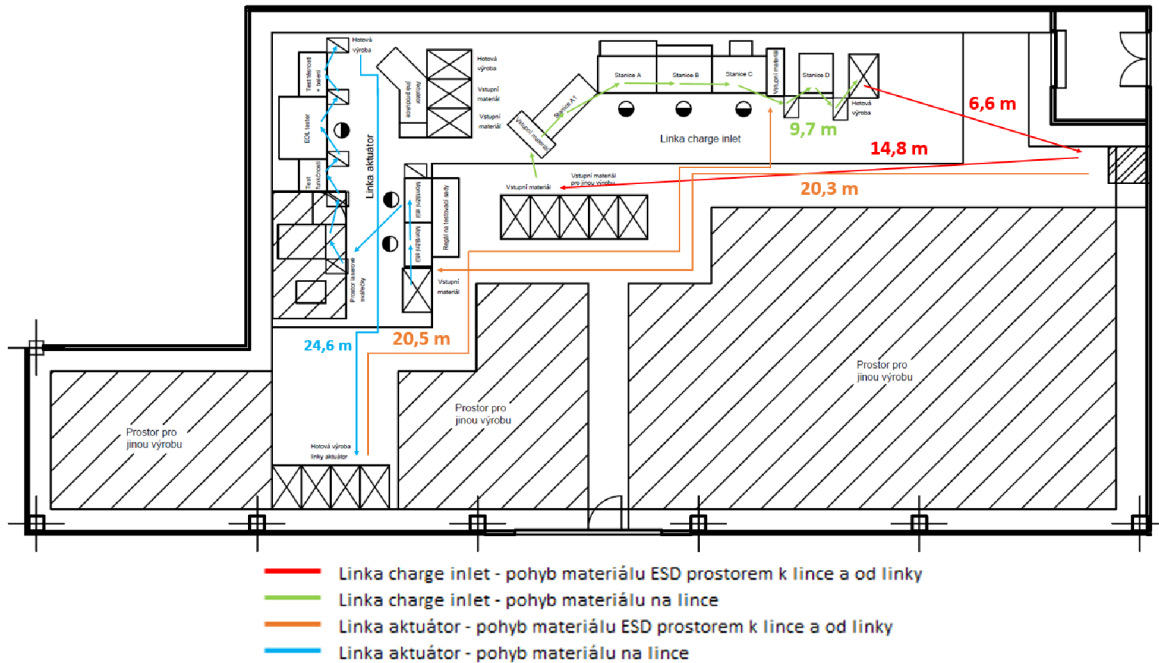
Níže na obr. 3.20 je zobrazeno současné rozložení těchto linek v rámci haly. Jak výrobní linka charge inletu, tak linka aktuátoru se nachází v ESD chráněné zóně. Důvodem je, že se při výrobě používají citlivé elektronické komponenty, jejichž funkčnost by mohla být ohrožena vlivem elektrostatického výboje.



Obr. 3.20 Zobrazení současného rozložení výrobní haly [27]

### 3.5 Zásobování montážních linek

Zásobování materiálem výrobních linek charge inletu a aktuátoru ze skladu materiálu probíhá v současné době v nepravidelných intervalech a vstupní materiál je ukládán na příslušné paletové pozice u každé z výrobních linek. Na sklad jsou téměř všechny vstupní komponenty doručovány v balení, které je nevhodné pro používání v ESD chráněné zóně, proto je nutné přebalení vstupního materiálu před transportem k výrobním linkám. Vstupní materiál je přebalen do plastových klt beden a následně převezen do ESD chráněné zóny komorou pro vstupní materiál. Následně je standardním paletovým vozíkem materiál přemístěn na pozice pro vstupní materiál linek charge inlet a aktuátor. Tok materiálu výrobou jednotlivými linkami spolu se vzdálenostmi je znázorněn na obr. 3.21 a údaje shrnuty v tabulce 3.5. Tok materiálu jednotlivými linkami bude dále popsán následujících dvou kapitolách.



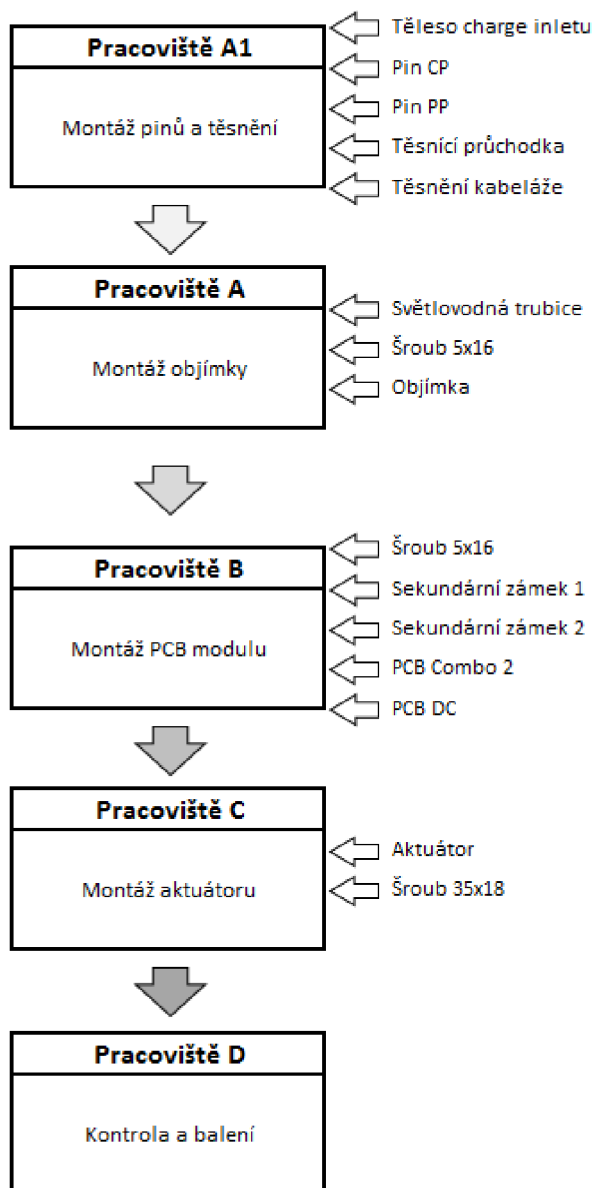
Obr. 3.21 Vzdálenosti toku materiálu výrobních linek

Tab. 3.5 Naměřené vzdálenosti toku materiálu obou výrobních linek

Popis	Vzdálenost [m]
Vstupní materiál k lince charge inlet	14,8
Pohyb materiálu na lince charge inlet	9,7
Hotová výroba od lince charge inlet	6,6
Celkem linka charge inlet	31,1
Vstupní materiál k lince aktuátor	20,3
Pohyb materiálu na lince aktuátor	24,6
Hotová výroba z lince aktuátor	20,5
Celkem linka aktuátor	65,4
Celkem obě montážní linky	96,5

### 3.5.1 Tok materiálu při výrobě charge inletu

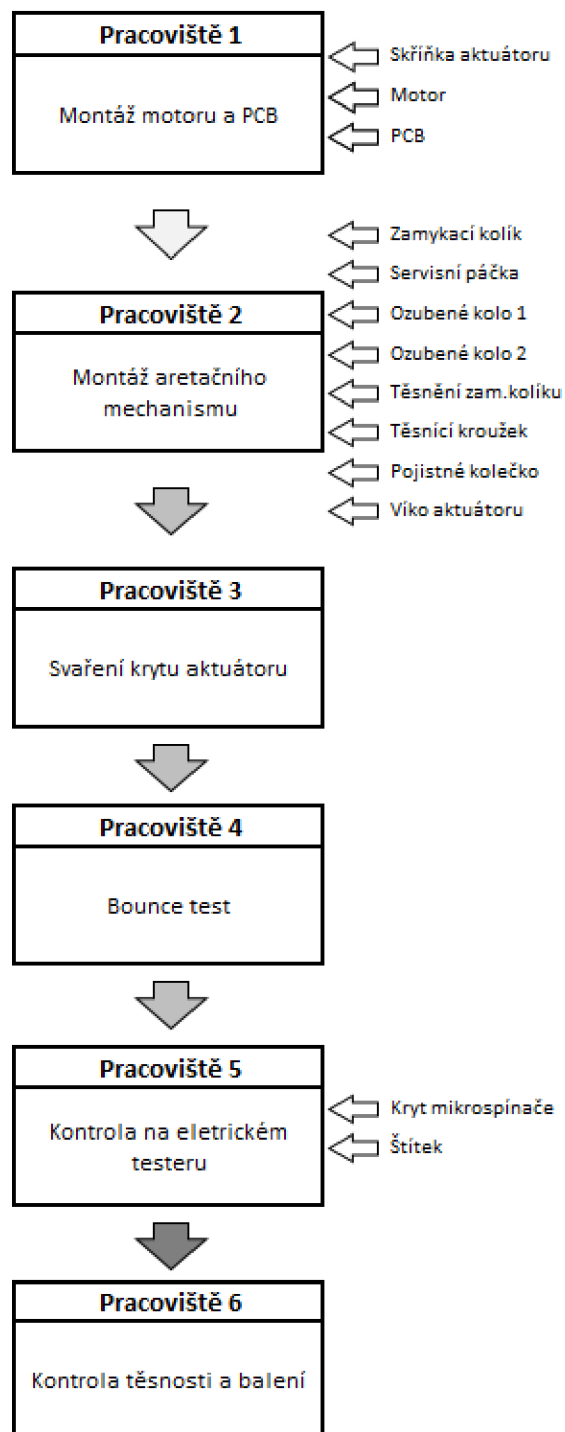
Materiál je předáván mezi pěti pracovišti na lince pro výrobu charge inletu (viz kapitola 3.3.1). Na jednotlivých pracovištích se přidávají komponenty k výrobku, který postupuje výrobní linkou. Vstupující komponenty jsou znázorněny na obr. 3.22. Počet součástek, ze kterých se výrobek v průběhu montáže roste, to je znázorněno pomocí postupné změny odstínu šipky.



Obr. 3.22 Tok materiálu na lince charge inlet

### 3.5.2 Tok materiálu při výrobě aktuátoru

Materiál je předáván mezi pěti pracovišti na lince pro výrobu aktuátoru (viz kapitola 3.3.2). Na jednotlivých pracovištích se přidávají komponenty k výrobku, který postupuje výrobní linkou. Vstupující komponenty jsou znázorněny na obr. 3.23. Počet součástek, ze kterých se výrobek skládá tedy roste, to je znázorněno pomocí postupné změny odstínu šipky.



Obr. 3.23 Tok materiálu na lince aktuátoru

### 3.6 Procesní diagram linky charge inlet

Procesní diagram podrobněji znázorňuje jednotlivé operace, úkony, mezioperační manipulaci. Mezi údaje patří vzdálenost mezi pracovišti a časy operací. Diagram je

znázorněn v tab. 3.6 a jednotlivé úkony jsou popsány v tab. 3.7 níže. Data poslouží ke srovnání současného a navrhovaného stavu.

Tab. 3.6 Procesní diagram linky charge inlet

Pracoviště	Úkon	Vzdálenost [mm]	Čas [s]	○	➔	◐	◑	▽
	1							■
	2	17300			■			
Stanice A1	3		49,3	■	■			
	4	1700			■			
Stanice A	5		59,8	■	■			
	6	1600			■			
Stanice B	7		111,5	■	■			
	8	1600			■			
Stanice C	9		42,5	■	■			
	10	2300			■			
Stanice D	11		26		■		■	
	12		12	■	■			
	13	6600			■			
	14							■
<b>Součet</b>		<b>31100</b>	<b>301,1</b>					

Tab. 3.7 Popis úkonů k procesnímu diagramu linky charge inlet

1	Naskladnění vstupních komponent pro výrobu charge inlet
2	Přesun vstupních komponent na pracoviště
3	Montáž pinů a těsnění na těleso charge inletu
4	Přesun vstupních komponent na pracoviště
5	Montáž objímky na těleso charge inletu
6	Přesun charge inletu na další pracoviště
7	Montáž PCB na těleso charge inletu
8	Přesun charge inletu na další pracoviště
9	Montáž aktuátoru na těleso charge inletu
10	Přesun charge inletu na další pracoviště
1	Kontrola charge inletu kamerovým systémem
12	Balení charge inletu
13	Přesun hotové výroby na skladovací místo
14	Skladování hotové výroby charge inlet

### 3.7 Procesní diagram linky aktuátor

Diagram je znázorněn v tab. 3.8 a jednotlivé úkony jsou popsány v tab. 3.9 níže. Data poslouží ke srovnání současného a navrhovaného stavu.

Tab. 3.8 Procesní diagram linky vyrábějící aktuátory

Pracoviště	Úkon	Vzdálenost [mm]	Čas [s]	○	➔	◐	◻	▽
	1							■
	2	21300			■			
Pracoviště 1	3		12,2				■	
	4		11,4	■				
	5		14,2	■				
	6	1300			■			
Pracoviště 2	7		14,7	■				
	8		12,2	■				
	9		8,1	■				
	10		10,8	■				
	11		9,6	■				
	12		4,6	■				
	13	3200			■			
Pracoviště 3	14		1,8	■				
	15		19,6	■				
	16		3,7	■				
	17	1700			■			
Pracoviště 4	18		2,6	■				
	19		5,1				■	
	20		2,9	■				
	21	1800			■			
Pracoviště 5	22		4,6	■				
	23		25,7				■	
	24		6,8	■				
	25		6,7	■				
	26		4,6	■				
	27	1700			■			
Pracoviště 6	28		4,1				■	
	29		6,1				■	
	30		3,6				■	
	31		10,4				■	
	32		2,5	■				
	33	13900			■			
	34							■
	35	20500			■			
	36							■
<b>Součet</b>		<b>65400</b>	<b>208,6</b>					

Tab. 3.9 Popis úkonů k procesnímu diagramu linky vyrábějící aktuátory

Č. úkonu	Popis
1	Naskladnění vstupních komponent pro výrobu aktuátoru
2	Přesun vstupních komponent na pracoviště
3	Vizuální kontrola tělesa aktuátoru
4	Montáž PCB a motoru
5	Vložení motoru s PCB do tělesa aktuátoru
6	Přesun aktuátoru na další pracoviště
7	Montáž zamykacího kolíku a pojistného kolečka
8	Nasazení těsnění na zam. kolík a vsunutí do tělesa
9	Uložení ozubeného kola 1 do tělesa aktuátoru
10	Uložení ozubeného kola 2 do tělesa aktuátoru
11	Montáž servisní páčky a těsnícího kroužku
12	Nasazení víka na těleso aktuátoru
13	Přesun aktuátoru na další pracoviště
14	Vložení aktuátoru do laserové svářečky
15	Svaření víka a tělesa aktuátoru
16	Vyjmutí aktuátoru z laserové svářečky
17	Přesun aktuátoru na další pracoviště
18	Připojení aktuátoru k bounce testeru
19	Zkouška zamykacího kolíku
20	Odpojení aktuátoru z bounce testeru
21	Přesun aktuátoru na další pracoviště
22	Vložení aktuátoru do EOL testeru
23	Test elektrických vlastností
24	Nalepení štítku sledování výroby
25	Načtení štítku/nasazení krytu
26	Vyjmutí aktuátoru z EOL testeru
27	Přesun aktuátoru na další pracoviště
28	Vložení aktuátoru do testeru těsnosti
29	Test těsnosti
30	Vyjmutí aktuátoru z testeru těsnosti
31	Vizuální kontrola aktuátoru
32	Uložení hotového aktuátoru do klt
33	Přesun hotové výroby na skladovací místo
34	Skladování hotové výroby aktuátoru
35	Přesun aktuátorů na další pracoviště
36	Naskladnění vstupních komponent pro výrobu aktuátoru

### 3.8 Náměry času operací

Na montážní lince charge inletu a aktuátoru bylo za pomoci pozorování a stoppek provedeno měření času jednotlivých operací. Jednotlivá měření vždy proběhla na 4 po sobě jdoucích kusech. Z naměřených hodnot se vypočítala průměrná hodnota času pro jednotlivé operace.

Tab. 3.10 Hodnoty měřené práce na lince produkující charge inlety

Pracoviště	Měření 1 [s]	Měření 2 [s]	Měření 3 [s]	Měření 4 [s]	Prům. čas $t_{ki}$ [s]
Stanice A1	49,4	53,1	45,6	48,9	49,3
Stanice A	56,3	62,5	65,8	54,4	59,8
Stanice B	123,8	109,2	102,1	110,9	111,5
Stanice C	44,1	46	38,7	41,2	42,5
Stanice D	23,7	33,7	21,4	25,2	26,0
Balení	8,6	9,3	8,3	9	8,8
Celkem	-	-	-	-	297,9

Z tabulky 3.10 je patrné, že úzkým místem je operace na stanici B – montáž PCB modulu. Dále je zjištěno, že celková pracnost na výrobu jednoho kusu je 297,9 s.

Tab. 3.11 Hodnoty měřené práce na lince produkující aktuátory

Pracoviště	Měření 1 [s]	Měření 2 [s]	Měření 3 [s]	Měření 4 [s]	Prům. čas $t_{ki}$ [s]
Operace 1	36,3	44,1	29,9	40,9	37,8
Operace 2	63,5	55,4	70,2	50,9	60,0
Operace 3	24,0	25,3	26,2	24,9	25,1
Operace 4	10,1	10,9	10,3	11,1	10,6
Operace 5	48,3	51,1	46,7	47,5	48,4
Operace 6	24,2	23,3	27,1	22,2	24,2
Balení	3,0	2,3	2,1	2,6	2,5
Celkem	-	-	-	-	208,6

Z tabulky 3.11 je patrné, že nejdelší operace je operace č. 2 – montáž mechanismu aktuátoru. Dalším zjištěním je, že celková pracnost na výrobu jednoho kusu je 211,6 s.

### 3.9 Výrobní kapacita pro výrobu charge inlet

Pomocí údajů z tabulky 3.2 vypočítáme výrobní kapacitu pro linku vyrábějící charge inlet xxx3853-2.

Nejdříve určíme efektivní časový fond pro jedno pracoviště  $F_e$  [29]:



$$F_e = (F_k - F_n) \cdot (h - t_z) \cdot s \quad (1)$$

kde:  $F_k$  – počet dnů v roce (kalendářní počet) [-]  
 $F_n$  – počet dnů kdy se v závodě nevyrábí [-]  
 $h$  – délka směny [hod]  
 $t_z$  – přestávky [hod]  
 $s$  – směnnost [-]

Sledovaným obdobím jsou fiskální roky 2019 a 2020. Rok 2019 má 365 dní a rok 2020 má 366 dní v obou letech odečteme 5 dní, které připadají na celopodnikové volno. Pracuje se ve dvou směnách dlouhých 12 hodin. Pracovníci mají celkem dvě přestávky, každou dlouhou 30 minut, o ty se zkrátí čas směny.

$$F_{e19} = (365 - 5) \cdot (12 - 1) \cdot 2 = 7920 \text{ hod}$$

$$F_{e20} = (366 - 5) \cdot (12 - 1) \cdot 2 = 7942 \text{ hod}$$

Na výrobním pracovišti se vyrábí více variant charge inletu. Podle tabulky 3.2 sledovaná varianta xxx3853-2 tvoří 21 % objemu celkové produkce pro rok 2019 a 25 % celkové produkce pro rok 2020. Nyní vypočítáme časový fond pro vybranou variantu.

$$F_{Is} = F_e \cdot P_{Iq} \quad (2)$$

kde:  $F_s$  – časový fond pro vybranou variantu [hod]  
 $F_e$  – Efektivní časový fond pracoviště [hod]  
 $P_{Iq}$  – Objem výroby variant charge inletů [%]

$$F_{Is19} = 7920 \cdot 0,21 = 1663,2 \text{ hod}$$

$$F_{Is20} = 7942 \cdot 0,25 = 1985,5 \text{ hod}$$

Výrobní kapacita je uvažována podle cyklu operace úzkého místa. Úzkým místem je montáž PCB modulu. K dispozici je 1663,2 hodin pro fiskální rok 2019 a 1985,5 hodin pro rok 2020.

$$K = \frac{F_s \cdot 3600}{CT} \quad (3)$$

kde: CT – doba cyklu úzkého místa [s]

$$K_{I19} = \frac{1663,2 \cdot 3600}{111,5} = 53699 \text{ ks}$$

$$K_{I20} = \frac{1985,5 \cdot 3600}{111,5} = 64105 \text{ ks}$$

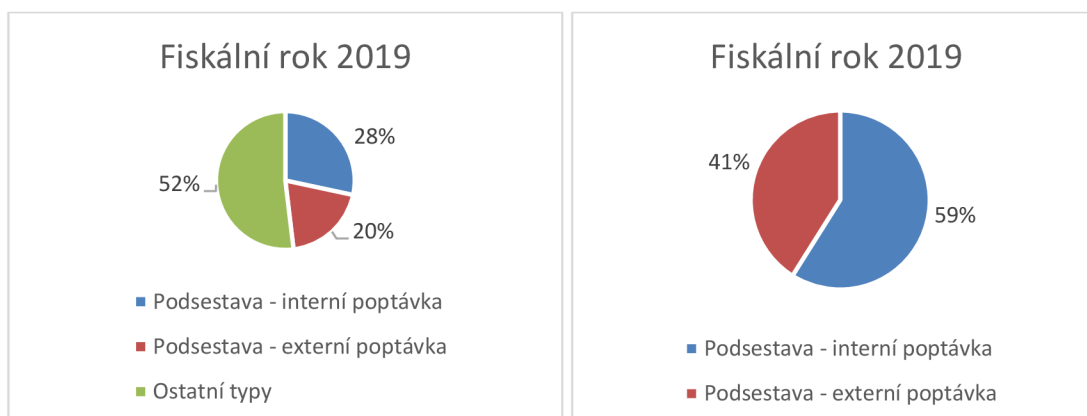
Výrobní kapacita pro variantu xxx3853-2 výrobku charge inlet je 53 699 ks pro fiskální rok 2019 a 64105 ks pro fiskální rok 2020.

### 3.10 Výrobní kapacita pro výrobu aktuátoru

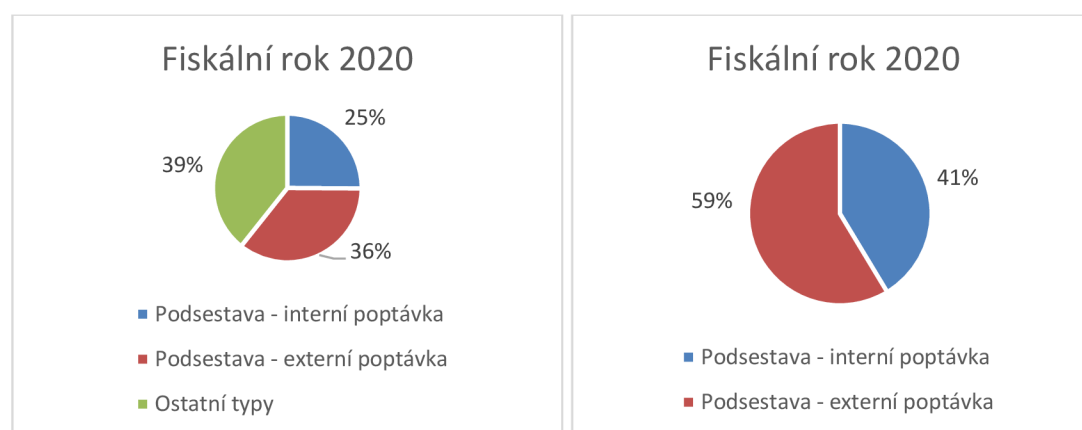
Výrobní kapacita pro varianty výroby aktuátoru, musí být spočítána znova samostatně nezávisle na výrobě charge inletu. Protože jde o samostatnou výrobní linku, která může vyrábět nezávisle na lince pro výrobu charge inletu. Dalším důvodem je, že na linkách bude vyráběno různé množství výrobků. Dalším rozdílem je, že linka v současné době má pracoviště sdílené s výrobou typově jiných aktuátorů, které neslouží jako podsestava pro výrobek charge inlet. Navíc i část objemu varianty aktuátorů používaných jako podsestava pro charge inlet nebude interně zpracována, ale bude odesílána zákazníkovi k jeho dalšímu zpracování. Objem výroby všech variant aktuátorů je znázorněn v tabulce 3.12 a poměr je znázorněn na obrázku 3.24 pro fiskální rok 2019 a na obrázku 3.25 pro fiskální rok 2020.

Tab. 3.12 Předpokládaný objem výroby všech variant aktuátoru

	Objem výroby pro fiskální rok 2019 [ks]	Procentuální podíl [%]	Objem výroby pro fiskální rok 2020 [ks]	Procentuální podíl [%]
Aktuátor podsestavy charge inlet – pro interní poptávku	134 332	28 (59)	172 701	25 (41)
Aktuátor podsestavy charge inlet – pro externí poptávku	93 549	20 (41)	244 880	36 (59)
Celkem aktuátor podsestavy charge inlet	227 881	(100)	417 581	(100)
Jiný typ aktuátoru	245 885	52	270 474	39
Celkem	473 766	100	688 055	100



Obr. 3.24 Rozdělení objemu výroby aktuátorů pro FY 2019



Obr. 3.25 Rozdělení objemu výroby aktuátorů pro FY 2020

Opět budeme sledovat fiskální roky 2019 a 2020. Hodnoty efektivního časového fondu pro výrobu aktuátoru jsou totožné jako u výroby charge inletu (vypočítáno v předchozí kapitole).

$$F_{e19} = 7920 \text{ hod}$$

$$F_{e20} = 7942 \text{ hod}$$

Podíl aktuátorů použitých jako podsestavy pro interní výrobu charge inletu je 28 % ve fiskálním roce 2019 a 25 % ve fiskálním roce 2020. K výpočtu posloužil vzorec použitý v předchozí kapitole k výpočtu.

$$F_{As19} = 7920 \cdot 0,28 = 2217,6 \text{ hod}$$

$$F_{As20} = 7942 \cdot 0,25 = 1980 \text{ hod}$$

Výrobní kapacita je uvažována podle cyklu nejdéle trvající operace. Operace s nejdéle trvajícím cyklem je montáž aretačního mechanismu aktuátoru. K dispozici je 2217,6 hodin pro fiskální rok 2019 a 1980 hodin pro fiskální rok 2020. Efektivní časový fond je omezen sdíleným pracovištěm EOL testeru. Výrobní kapacita linky aktuátorů je spočtena pomocí stejného vzorce jako výrobní kapacita linky charge inlet.

$$K_{A19} = \frac{2217,6 \cdot 3600}{48,4} = 164945 \text{ ks}$$

$$K_{A20} = \frac{1980 \cdot 3600}{48,4} = 147272 \text{ ks}$$

### 3.11 Přesné kapacitní propočty

#### 3.11.1 Kapacitní propočty –počet pracovišť

Při výpočtu teoretického počtu pracovišť se vychází z času potřebného na provedení operace na jednom kusu. Tento čas je vynásoben předpokládaným objemem výroby za rok, tímto postupem je získán požadovaný čas využití pracoviště [29]. Předpokládaný objem výroby je navýšen o 10% rezervu. Výsledná hodnota teoretického počtu pracovišť je vždy zaokrouhlena nahoru, tím je získán skutečný počet pracovišť.

$$P_{t(i)} = \frac{t_{ki} \cdot 1,1 \cdot Q_z}{3600 \cdot F_s \cdot k_{pn}} \quad (4)$$

kde:  $t_{ki}$  – čas cyklu jednotlivých operací [s]  
 $Q_z$  – objem předpokládané výroby [-]  
 $F_s$  – časový fond vybrané varianty [-]  
 $k_{pn}$  – koeficient překračování norem [-] (zvolena hodnota 1,2)

Koeficient překračování norem zohledňuje postupné zapracování pracovníků, kdy získávají vyšší zručnost při vykonávání počítané operace. Hodnota koeficientu se pohybuje v intervalu 1,1 až 1,3.

Pomocí tohoto vzorce spočítáme teoretický počet pracovišť jednotlivých operací linek charge inlet a aktuátor. Hodnoty budou spočítány pro fiskální roky 2019 a 2020. Jednotlivé operace včetně jejich délky cyklu jsou zapsány v kapitole náměry času operací.

### 3.11.2 Využití pracovišť

U skutečného počtu zařízení nejde téměř nikdy využít plná kapacita vlivem zaokrouhlení teoretického počtu pracovišť [29].

$$\eta_i = \frac{P_{ti}}{P_{si}} \cdot 100 \quad (5)$$

kde:  $P_{ti}$  – teoretický počet strojů pro danou operaci [ks]

$P_{si}$  – skutečný počet strojů pro danou operaci [ks]

### 3.11.3 Kapacitní propočty – teoretický počet pracovišť linky charge inlet

Zde jsou vypočítány hodnoty teoretického počtu pracovišť a z nich vycházejícího skutečného počtu pracovišť pro linku charge inlet. Pracoviště jsou seřazena podle postupu dílu linkou. Nejdříve jsou vypočítány hodnoty pro fiskální rok 2019.

Stanice A1

$$P_{It(1)19} = \frac{49,3 \cdot 1,1 \cdot 28298}{3600 \cdot 1663,2 \cdot 1,2} = 0,21$$

$$P_{Is(1)19} = 0,21 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Stanice A

$$P_{It(2)19} = \frac{59,8 \cdot 1,1 \cdot 28298}{3600 \cdot 1663,2 \cdot 1,2} = 0,26$$

$$P_{Is(2)19} = 0,26 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Stanice B

$$P_{It(3)19} = \frac{111,5 \cdot 1,1 \cdot 28298}{3600 \cdot 1663,2 \cdot 1,2} = 0,48$$

$$P_{Is(3)19} = 0,48 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Stanice C

$$P_{It(4)19} = \frac{42,5 \cdot 1,1 \cdot 28298}{3600 \cdot 1663,2 \cdot 1,2} = 0,18$$

$$P_{Is(4)19} = 0,18 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Stanice D + balení

$$P_{It(5)19} = \frac{(26 + 8,8) \cdot 1,1 \cdot 28298}{3600 \cdot 1663,2 \cdot 1,2} = 0,15$$

$$P_{Is(5)19} = 0,15 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Následují hodnoty teoretického a skutečného počtu pracovišť pro fiskální rok 2020.

Stanice A1

$$P_{It(1)20} = \frac{49,3 \cdot 1,1 \cdot 43493}{3600 \cdot 1985,5 \cdot 1,2} = 0,27$$

$$P_{Is(1)20} = 0,27 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Stanice A

$$P_{It(2)20} = \frac{59,8 \cdot 1,1 \cdot 43493}{3600 \cdot 1985,5 \cdot 1,2} = 0,33$$

$$P_{Is(2)20} = 0,33 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Stanice B

$$P_{It(3)20} = \frac{111,5 \cdot 1,1 \cdot 43493}{3600 \cdot 1985,5 \cdot 1,2} = 0,62$$

$$P_{Is(3)20} = 0,62 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Stanice C

$$P_{It(4)20} = \frac{42,5 \cdot 1,1 \cdot 43493}{3600 \cdot 1985,5 \cdot 1,2} = 0,24$$

$$P_{Is(4)20} = 0,24 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Stanice D + balení

$$P_{It(5)20} = \frac{(26 + 8,8) \cdot 1,1 \cdot 43493}{3600 \cdot 1985,5 \cdot 1,2} = 0,19$$

$$P_{Is(5)20} = 0,19 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

**3.11.4 Využití pracovišť linky charge inlet**

Využití pracovišť pro fiskální rok 2019

Stanice A1

$$\eta_{I(1)19} = \frac{0,21}{1} \cdot 100 = 21\%$$

Stanice A

$$\eta_{I(2)19} = \frac{0,26}{1} \cdot 100 = 26\%$$

Stanice B

$$\eta_{I(3)19} = \frac{0,48}{1} \cdot 100 = 48\%$$

Stanice C

$$\eta_{I(4)19} = \frac{0,18}{1} \cdot 100 = 18\%$$

Stanice D + balení

$$\eta_{I(5)19} = \frac{0,15}{1} \cdot 100 = 15\%$$

Využití pracovišť pro fiskální rok 2020

Stanice A1

$$\eta_{I(1)20} = \frac{0,27}{1} \cdot 100 = 27\%$$

Stanice A

$$\eta_{I(2)20} = \frac{0,33}{1} \cdot 100 = 33\%$$

Stanice B

$$\eta_{I(3)20} = \frac{0,62}{1} \cdot 100 = 62\%$$

Stanice C

$$\eta_{I(4)20} = \frac{0,24}{1} \cdot 100 = 24\%$$

Stanice D + balení

$$\eta_{I(5)20} = \frac{0,19}{1} \cdot 100 = 19\%$$

Tab. 3.13 Hodnoty počtu a využití pracovišť linky charge inlet

Označení pracoviště	ROK 2019			Rok 2020		
	Teoretický počet pracovišť	Skutečný počet pracovišť	Využití pracoviště [%]	Teoretický počet pracovišť	Skutečný počet pracovišť	Využití pracoviště [%]
Stanice A1	0,21	1	21	0,27	1	27
Stanice A	0,26	1	26	0,33	1	33
Stanice B	0,48	1	48	0,62	1	62
Stanice C	0,18	1	18	0,24	1	24
Stanice D + balení	0,15	1	15	0,19	1	19

Dle výpočtů pro teoretický počet pracovišť výrobní linky charge inlet vyšel skutečný počet jednotlivých pracovišť vždy jedna, není tedy potřeba navyšovat kapacitu výrobní linky pro rok 2019 ani rok 2020. Hodnoty teoretického a skutečného počtu pracovišť jsou společně s využitím pracovišť shrnuty v tab 3.13.

### 3.11.5 Kapacitní propočty – teoretický počet pracovišť linky aktuátoru

V této kapitole jsou vypočítány hodnoty teoretického počtu pracovišť link vyrábějící aktuátory. Jednotlivá pracoviště jsou seřazena podle postupu dílu linkou. Objem předpokládané výroby použitý ve výpočtu pro pracoviště EOL testeru se liší od ostatních pracovišť, protože se jedná o pracoviště sdílené s výrobou jiného výrobku. Délka cyklu operace typově jiného aktuátoru je srovnatelná s aktuátorem podstavy charge inletu, proto se pro se hodnota objemu výroby v tomto případě sloučí. Nejdříve jsou vypočítány hodnoty pro fiskální rok 2019.

Montáž motoru a PCB

$$P_{At(1)19} = \frac{37,8 \cdot 1,1 \cdot 227881}{3600 \cdot 7920 \cdot 1,2} = 0,28$$

$$P_{As(1)19} = 0,28 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$



Montáž mechanismu aktuátoru

$$P_{At(2)19} = \frac{60 \cdot 1,1 \cdot 227881}{3600 \cdot 7920 \cdot 1,2} = 0,44$$

$$P_{As(2)19} = 0,44 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Laserové svaření krytu aktuátoru

$$P_{At(3)19} = \frac{25,1 \cdot 1,1 \cdot 227881}{3600 \cdot 7920 \cdot 1,2} = 0,18$$

$$P_{As(3)19} = 0,18 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Bounce test

$$P_{At(4)19} = \frac{10,6 \cdot 1,1 \cdot 227881}{3600 \cdot 7920 \cdot 1,2} = 0,08$$

$$P_{As(4)19} = 0,08 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

EOL tester

$$P_{At(5)19} = \frac{48,4 \cdot 1,1 \cdot 473766}{3600 \cdot 7920 \cdot 1,2} = 0,74$$

$$P_{As(5)19} = 0,74 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Kontrola těsnosti + balení

$$P_{At(6)19} = \frac{(24,2 + 2,5) \cdot 1,1 \cdot 227881}{3600 \cdot 7920 \cdot 1,2} = 0,20 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

$$P_{As(6)19} = 0,20 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Opět následují hodnoty teoretického počtu pracovišť pro fiskální rok 2020 linky vyrábějící aktuátory.

Montáž motoru a PCB

$$P_{At(1)20} = \frac{37,8 \cdot 1,1 \cdot 417581}{3600 \cdot 7942 \cdot 1,2} = 0,51$$

$$P_{As(1)20} = 0,51 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Montáž mechanismu aktuátoru

$$P_{At(2)20} = \frac{60 \cdot 1,1 \cdot 417581}{3600 \cdot 7941 \cdot 1,2} = 0,80$$

$$P_{As(2)20} = 0,80 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Laserové svaření krytu aktuátoru

$$P_{At(3)20} = \frac{25,1 \cdot 1,1 \cdot 417581}{3600 \cdot 7942 \cdot 1,2} = 0,34$$

$$P_{As(3)20} = 0,34 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

Bounce test

$$P_{At(4)20} = \frac{10,6 \cdot 1,1 \cdot 417581}{3600 \cdot 7942 \cdot 1,2} = 0,14$$

$$P_{As(4)20} = 0,14 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

EOL tester

$$P_{At(5)20} = \frac{48,4 \cdot 1,1 \cdot 688055}{3600 \cdot 7942 \cdot 1,2} = 1,07$$

$$P_{As(5)20} = 1,07 \rightarrow 2 \text{ pracoviště}$$

Kontrola těsnosti + balení

$$P_{At(6)20} = \frac{(24,2 + 2,5) \cdot 1,1 \cdot 417581}{3600 \cdot 7942 \cdot 1,2} = 0,36$$

$$P_{As(6)20} = 0,36 \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

### 3.11.6 Využití pracovišť linky aktuátor

Využití pracovišť pro fiskální rok 2019

Montáž motoru a PCB

$$\eta_{A(1)19} = \frac{0,28}{1} \cdot 100 = 28\%$$

Montáž mechanismu aktuátoru

$$\eta_{A(2)19} = \frac{0,44}{1} \cdot 100 = 44\%$$

Laserové svaření krytu aktuátoru

$$\eta_{A(3)19} = \frac{0,18}{1} \cdot 100 = 18\%$$

Bounce test

$$\eta_{A(4)19} = \frac{0,08}{1} \cdot 100 = 8\%$$

EOL tester

$$\eta_{A(5)19} = \frac{0,74}{1} \cdot 100 = 74\%$$

Kontrola těsnosti + balení

$$\eta_{A(6)19} = \frac{0,20}{1} \cdot 100 = 20\%$$

Využití pracovišť pro fiskální rok 2020

Montáž motoru a PCB

$$\eta_{A(1)20} = \frac{0,51}{1} \cdot 100 = 51\%$$

Montáž mechanismu aktuátoru

$$\eta_{A(2)20} = \frac{80}{1} \cdot 100 = 80\%$$

Laserové svaření krytu aktuátoru

$$\eta_{A(3)20} = \frac{0,34}{1} \cdot 100 = 34\%$$

Bounce test

$$\eta_{A(4)20} = \frac{0,14}{1} \cdot 100 = 14\%$$

EOL tester

$$\eta_{A(5)20} = \frac{1,07}{2} \cdot 100 = 53,5\%$$

Kontrola těsnosti + balení

$$\eta_{A(6)20} = \frac{0,36}{1} \cdot 100 = 36\%$$

Tab. 3.14 Hodnoty počtu a využití pracovišť linky aktuátor

Označení pracoviště	ROK 2019			Rok 2020		
	Teoretický počet pracovišť	Skutečný počet pracovišť	Využití pracoviště [%]	Teoretický počet pracovišť	Skutečný počet pracovišť	Využití pracoviště [%]
Montáž č.1	0,28	1	28	0,51	1	51
Montáž č.2	0,44	1	44	0,80	1	80
Svařování	0,18	1	18	0,34	1	34
Bounce test	0,08	1	8	0,14	1	14
EOL test	0,74	1	74	1,07	2	53,5
Kontrola těsnosti + balení	0,2	1	20	0,36	1	36

Dle výpočtů pro teoretický počet pracovišť výrobní linky aktuátor vychází skutečný počet jednotlivých pracovišť vždy jedna pro rok 2019. Pro tento rok tedy není nutné navyšovat kapacitu.

Pro rok 2020 vychází většina počtu skutečných pracovišť jedna, pouze pro pracoviště EOL testeru vychází potřeba dvou pracovišť pro uspokojení požadované poptávky. Hodnoty teoretického a skutečného počtu pracovišť jsou společně s využitím pracovišť shrnuty v tab. 3.14.

### 3.12 Takt linky charge inlet

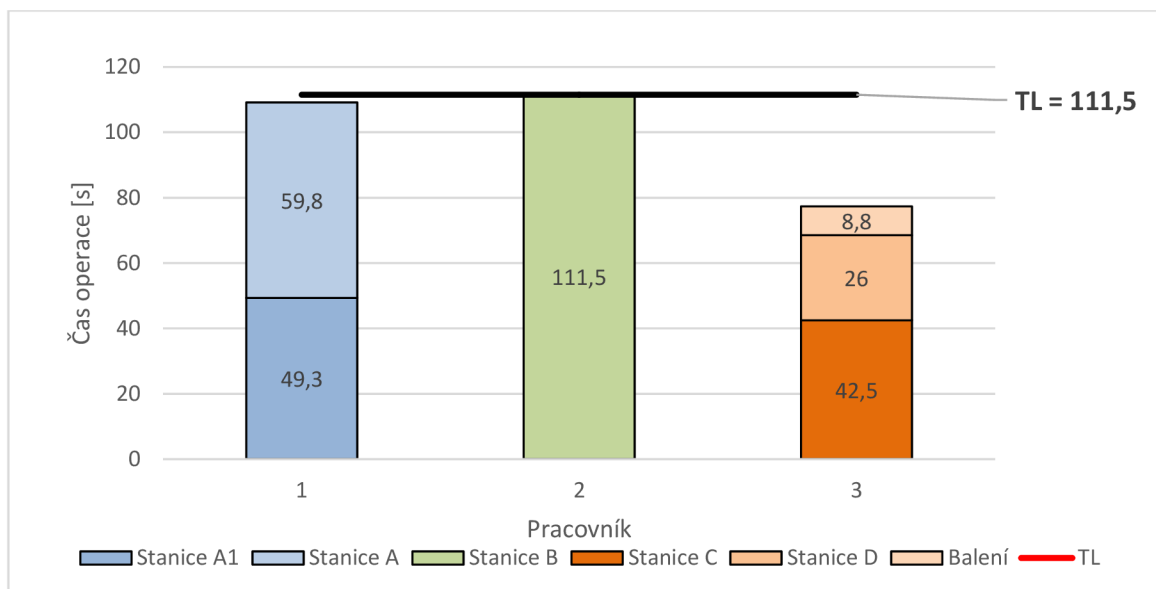
Takt linky je doba mezi dvěma výrobky, které vyprodukuje výrobní linka. Takt linky udává úzké místo, to je nejdelší čas cyklu pracovníka. Změnou počtu pracovníků na lince lze měnit úzké místo a regulovat tak takt linky.

Výrobní linka pro výrobu charge inletu nemá v současné době nastavený takt, protože výroba není v režimu sériové výroby. Časy veškerých operací linky jsou také znázorněny na obr. 3.26.

$$TL = CT_{max} \quad (5)$$

kde:  $CT_{max}$  – čas cyklu pracovníka úzkého místa [s]

$$TL_I = CT_{I_{max}} = 111,5 \text{ s}$$



Obr. 3.26 Diagram taktu pracovníků linky charge inlet

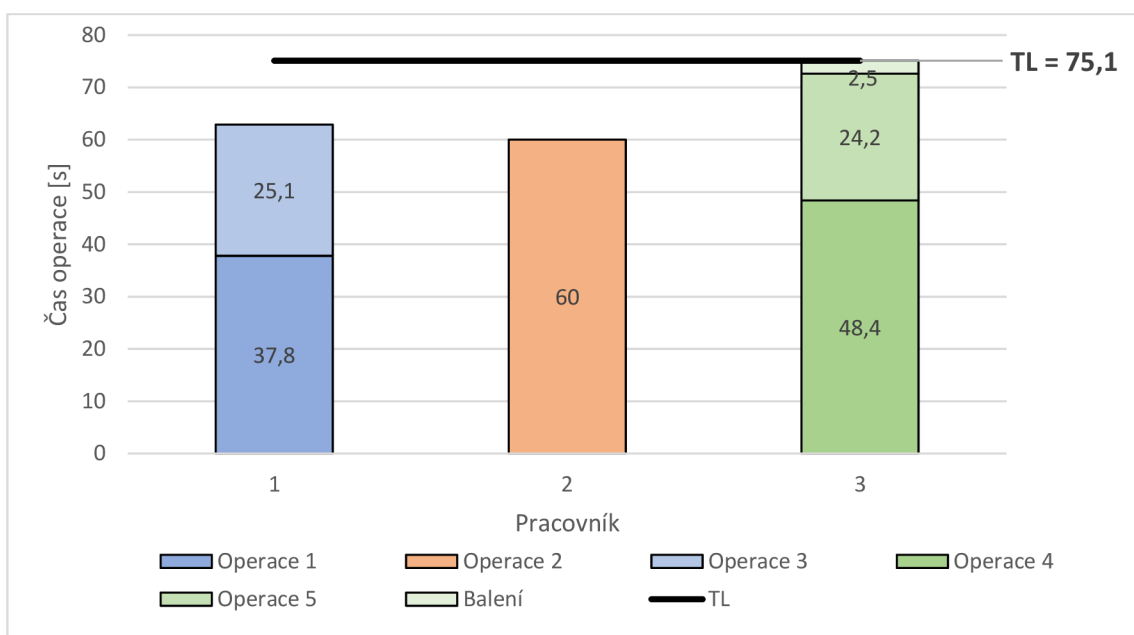
Z diagramu 3.26 je patrné, že úzkým místem cyklus pracovníka číslo 2 a jedinou operací, kterou vykonává je montáž PCB modulu. Rozložením jednotlivých úkonů tedy nelze dosáhnout snížení taktu linky.

### 3.13 Takt linky aktuátoru

Postup popsán stanovení taktu linky je popsán v předchozí kapitole.

Časy pracovníků linky jsou také znázorněny na obr. 3.27. Operace kontroly funkčnosti aretačního mechanismu pomocí bounce testeru není znázorněna, protože ji pracovník č.1 vykonává v rámci času laserového svařování, které probíhá automaticky (operace 2).

$$TL_A = CT_{A_{max}} = 75,1 \text{ s}$$



Obr. 3.27 Diagram taktu pracovníků linky výroby aktuátorů

Z diagramu 3.27 je vyplývá, že úzkým místem cyklus pracovníka číslo 2 a jedinou operací, kterou vykonává je montáž aretačního mechanismu aktuátoru. Snížení taktu linky je možné, přestože jde o jedinou operaci, kterou pracovník vykonává. Operaci lze rozdělit na montáž jednotlivých komponent aretačního mechanismu a některé úkony předat na sousední pracoviště operace 1 – montáž motorku a PCB.

### 3.14 Zákaznický takt charge inlet

Zákaznický takt vypočítáme pomocí následujícího vzorce:

$$ZT = \frac{F_s \cdot 3600}{1,1 \cdot Q_z} \quad (6)$$

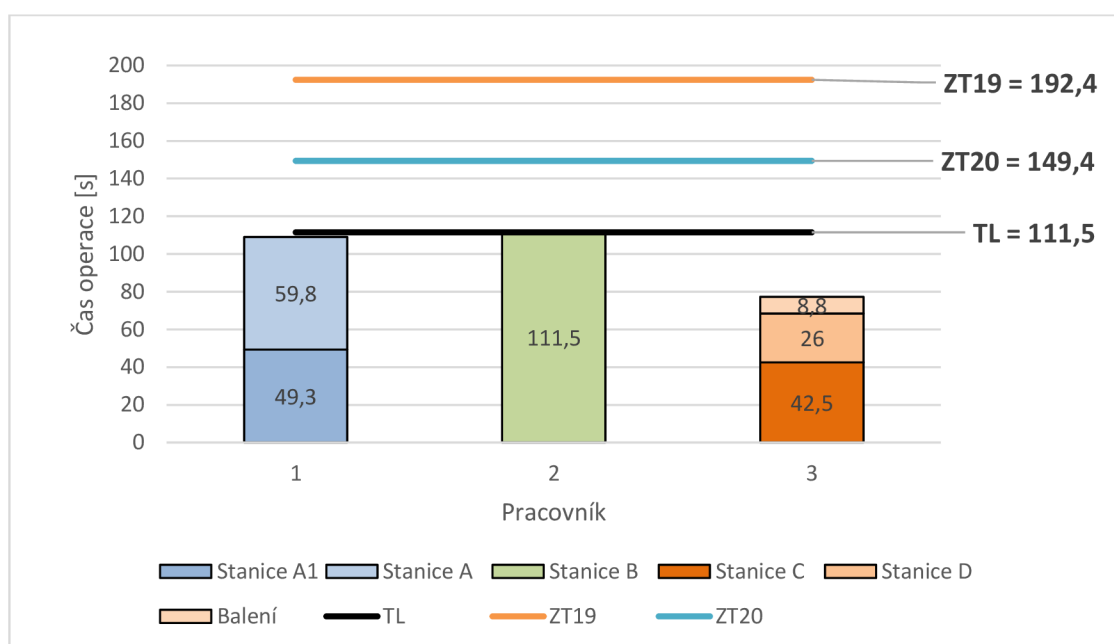
kde:  $Q_z$  – množství varianty výrobku poptávané zákazníkem [ks]

Poptávané množství výrobku je vynásobeno koeficientem 1,1, protože je zákazníkem požadovaná flexibility odběru výrobku. To znamená, že zákazník může roční poptávku změnit o 10 %. Počítá se s největší možnou poptávkou, je tedy nutné navýšit požadovaný objem výroby o 10% rezervu.

$$ZT_{119} = \frac{1663,2 \cdot 3600}{1,1 \cdot 28298} = 192,4 \text{ s}$$

$$ZT_{120} = \frac{1985,5 \cdot 3600}{1,1 \cdot 43493} = 149,4 \text{ s}$$

Při srovnání času zákaznického taktu s taktem linky je zřejmé, že lze naplnit požadavky zákazníka, protože je takt linky nižší než takt zákaznický. Srovnání je graficky znázorněno na obr. 3.28.



Obr. 3.28 Diagram taktu pracovníků linky charge inlet se znázorněným TL a ZT

### 3.15 Zákaznický takt linky aktuátor

Zákaznický takt je vypočítán pomocí stejného vzorce jako v předchozí kapitole. Upravena je hodnota efektivního časového fondu aktuátoru dále interně používaného jako vstupní komponent. Pro fiskální rok 2019 kvůli pracovišti sdílenému s jinou výrobou. Vydělením taktu linky, časem cyklu sdílené operace je získán koeficient, kterým je vynásoben efektivní časový fond.

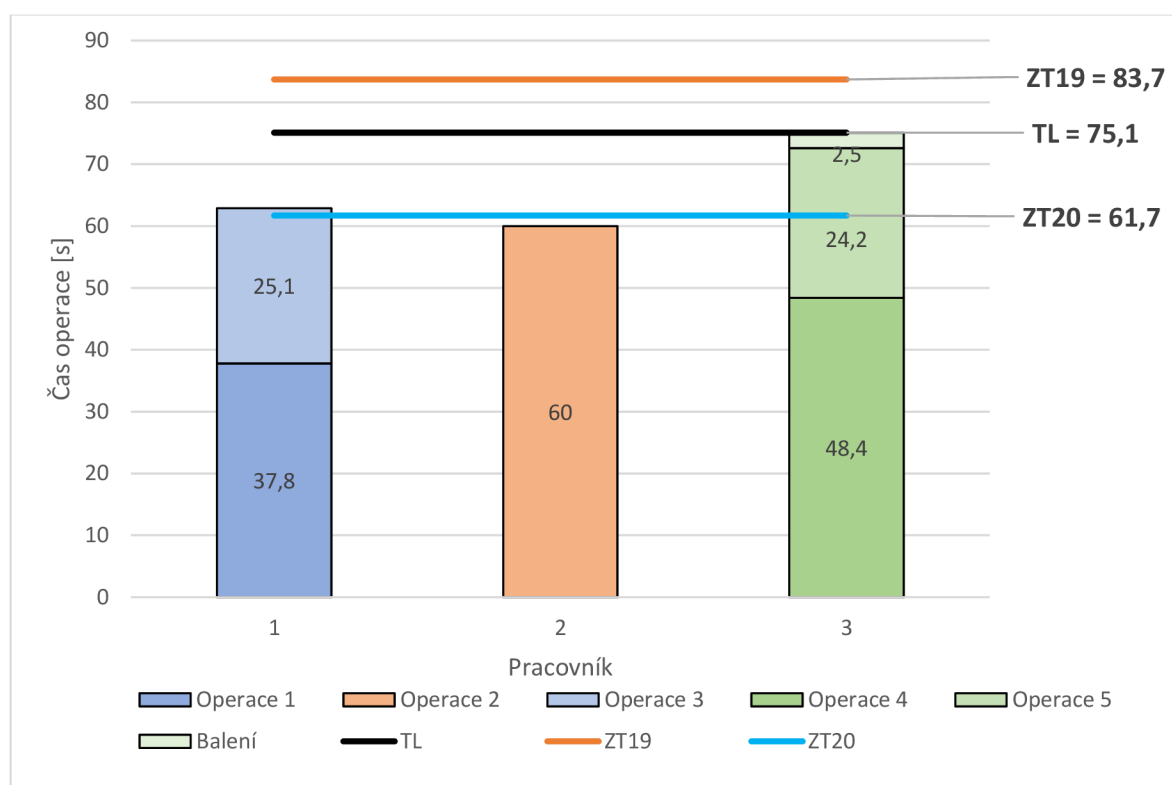
$$ZT_{A19} = \frac{2217,6 \cdot \frac{75,1}{48,4} \cdot 3600}{1,1 \cdot 134332} = 83,7 \text{ s}$$

Pro fiskální rok 2020 již budeme počítat s variantou kdy má linka pro výrobu aktuátoru (aktuátoru používaného jako podsestava výrobku charge inlet) vlastní EOL tester tímto je eliminováno sdílené pracoviště. Efektivní časový fond pro výrobu aktuátoru je tedy

rozdělen podle procentuálního rozdělení interně a externě poptávaného objemu výroby aktuátoru pro podsestavy.

$$ZT_{A20} = \frac{7942 \cdot 0,41 \cdot 3600}{1,1 \cdot 172701} = 61,7 \text{ s}$$

Při srovnání času zákaznického taktu s taktům linky je zřejmé, že pro rok 2019 lze naplnit požadavky zákazníka, protože je takt linky nižší než takt zákaznický. Pro rok 2020 nelze v současném stavu naplnit požadavek na objem výroby. Srovnání je graficky znázorněno na obr. 3.29.



Obr. 3.29 Diagram taktu pracovníků linky aktuátoru se znázorněným TL a ZT

### 3.16 OEE a cílový čas cyklu pro linku charge inlet

Pro výpočet cílového času cyklu je potřeba znát přibližnou hodnotu OEE (OEE a jeho parametry jsou popsány v kapitole 1.1.9) Pro výpočet OEE využijeme data odpovídající jedné pracovní směně. Data jsou zanesena v tabulce 3.15, další bude potřeba dopočítat pomocí vzorců níže.



Tab. 3.15 Data pro kalkulaci OEE

Parametr	Symbol	Hodnota
Délka směny [hod]	$h$	12
Přestávky [hod]	$t_z$	1
Prostoje [min]	$t_p$	85
Takt linky [s]	$TL$	112
Celkový počet výrobků [ks]	$Q_t$	258
Počet dobrých výrobků [ks]	$Q_{ok}$	248

## Plánovaný čas výroby

Celkový čas, v jakém se předpokládá, že zařízení bude vyrábět. Plánovaný čas výroby získáme odečtením veškerého času, ve kterém se nepředpokládá výroba (typicky přestávky) od celkové délky směny.

$$t_{pv} = h - t_z \quad (7)$$

$$t_{pv} = 12 - 1 = 11 \text{ hod}$$

## Skutečný čas výroby:

Jedná se skutečný čas ve, kterém skutečně probíhala výroba, tedy bez času, kdy byla výroba přerušena. To zahrnuje plánované (například změna varianty výrobku) i neplánované přerušení (např. poruchy).

$$t_s = t_{pv} \cdot 60 - t_p \quad (8)$$

$$t_s = 11 \cdot 60 - 85 = 575 \text{ min}$$

## Míra dostupnosti:

$$M_d = \frac{t_s}{t_{pv} \cdot 60} \quad (9)$$

$$M_d = \frac{575}{11 \cdot 60} = 0,87$$

## Míra výkonu:

$$M_v = \frac{TL \cdot Q_t}{t_s \cdot 60} \quad (10)$$

$$M_v = \frac{112 \cdot 258}{575 \cdot 60} = 0,84$$

Míra kvality:

$$M_q = \frac{Q_{ok}}{Q_t} \quad (11)$$

$$M_q = \frac{248}{258} = 0,96$$

OEE:

$$OEE = M_d \cdot M_v \cdot M_q \cdot 100 \quad (12)$$

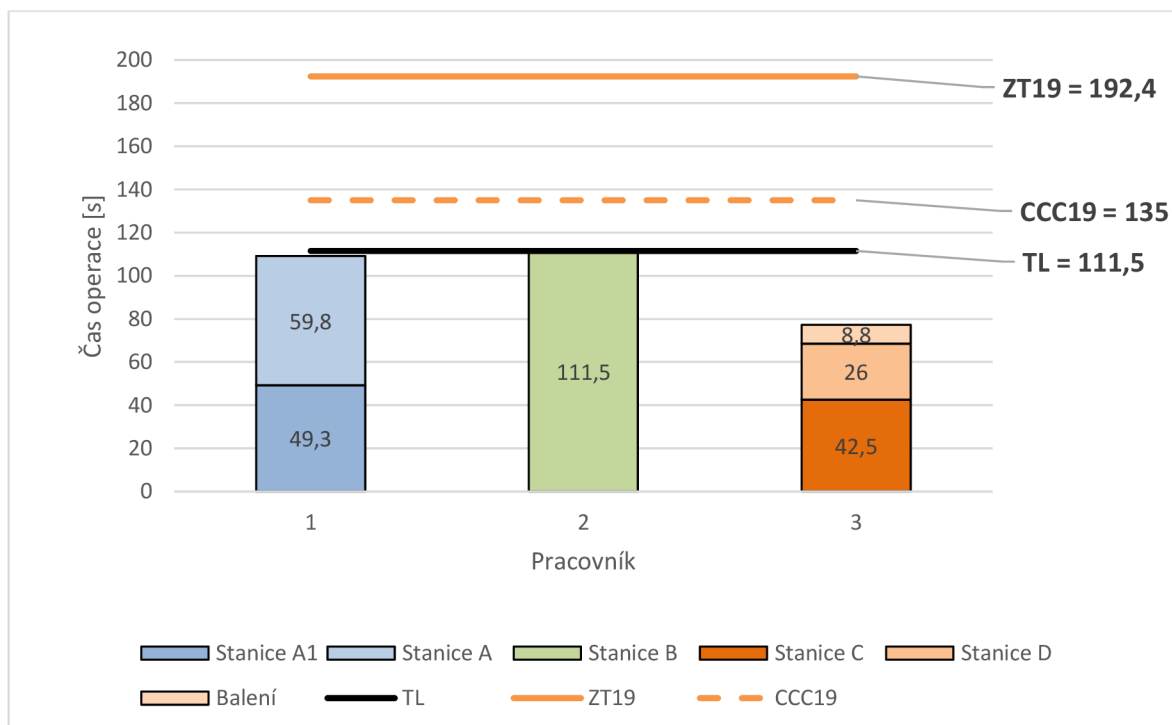
$$OEE = 0,87 \cdot 0,84 \cdot 0,96 \cdot 100 = 70,16\%$$

CCC:

$$CCC = ZT \cdot \frac{OEE}{100} \quad (13)$$

$$CCC_{19} = 192,4 \cdot \frac{70,16}{100} = 135,0 \text{ s}$$

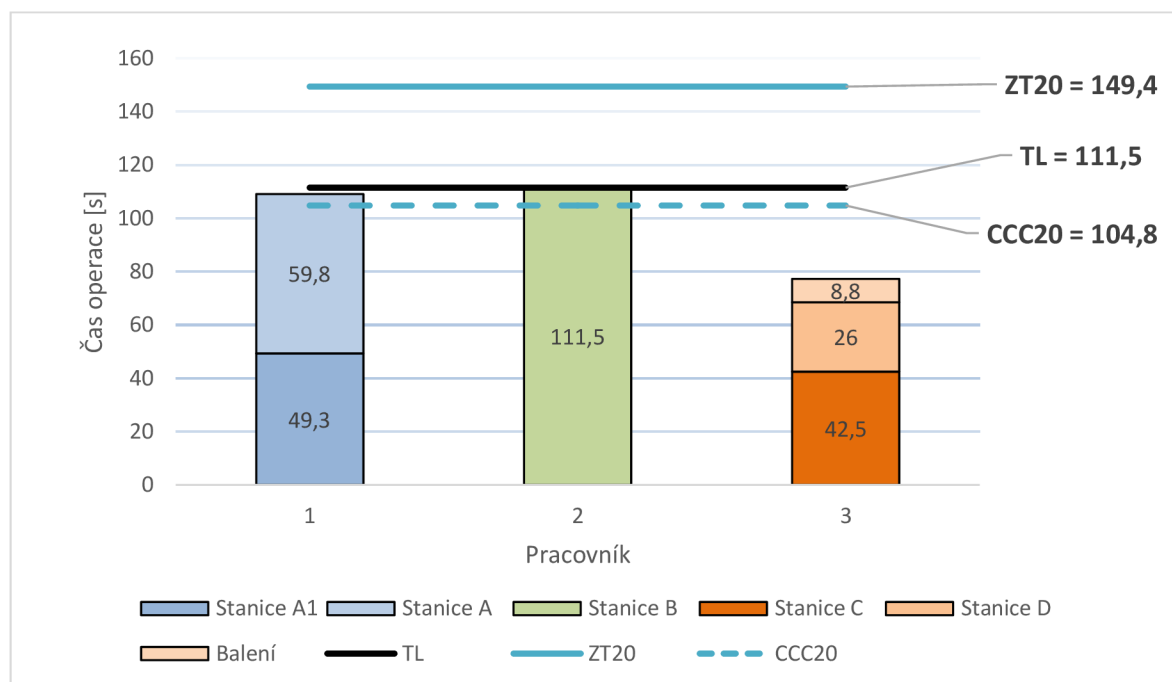
$$CCC_{20} = 149,4 \cdot \frac{70,16}{100} = 104,8 \text{ s}$$



Obr. 3.30 Diagram taktu linky charge inlet se znázorněným TL, ZT i CCC pro FY 2019

Z obrázku 3.30 je patrné, že pro fiskální rok 2019 je takt linky je menší než zákaznický takt, který zohledňuje ztráty výrobního zařízení. Je tedy zřejmé, že požadavky

zákazníka vzhledem k objemu výroby mohou být splněny i bez dalšího navyšování výrobní kapacity. Při současném stavu má takt linky rezervu 23 s vůči cílovému času cyklu pro fiskální rok 2019. Tato rezerva nám umožní flexibilnější plánování výroby a rovnoměrnější vytížení pracovišť.



Obr. 3.31 Diagram taktu linky charge inlet se znázorněným TL, ZT i CCC pro FY 2020

Z obrázku 3.31 vyplývá, že takt linky není nižší než cílový čas cyklu pro fiskální rok 2020. Takt linky vůči cílovému času cyklu trvá o 7,2 sekund déle, v tomto stavu je menší šance, že budou zákaznickovy požadavky na objem výroby splněny. Zákaznický takt je však stále vyšší hodnoty než takt linky a to o 37,4 sekund. Bohužel operace prováděna na stanovišti B nelze rozdělit mezi více pracovníků, takt linky by byl snížen pouze při duplikaci stanice B, tato možnost je zbytečná vzhledem k malému rozdílu mezi CCC<sub>20</sub> a TL<sub>1</sub>. Jako lepší možnost se jeví zvýšení hodnoty koeficientu OEE pro linku charge inletu. Návrh, jak toho dosáhnout, je v kapitole 4.3.

### 3.17 Cílový čas cyklu pro linku aktuátoru

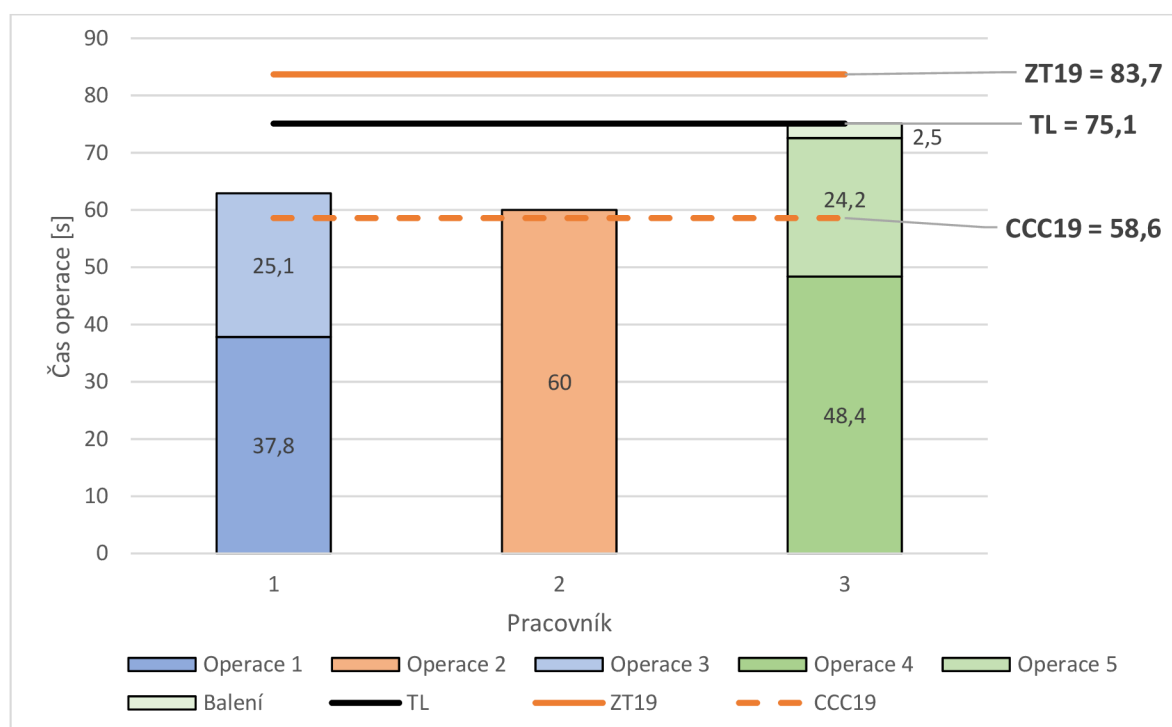
Pro výpočet cílového času cyklu se v případě linky na výrobu aktuátoru použije hodnota OEE 70 %, která udává hodnotu ztrát výrobního zařízení (viz předchozí kapitola).

CCC:

$$CCC = ZT \cdot \frac{OEE}{100} \quad (14)$$

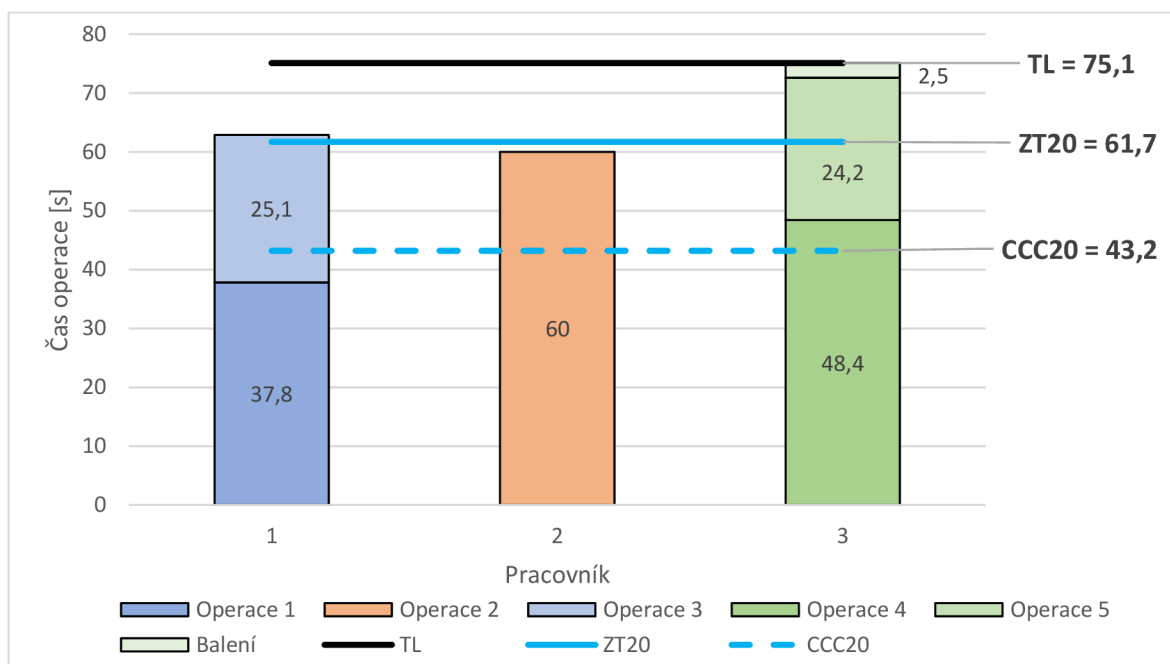
$$CCC_{19} = 83,7 \cdot \frac{70}{100} = 58,6 \text{ s}$$

$$CCC_{20} = 61,7 \cdot \frac{70}{100} = 43,2 \text{ s}$$



Obr. 3.32 Diagram taktu linky aktuátor se znázorněným TL, ZT i CCC pro FY 2019

Z obrázku 3.32 pro rok 2019 vyplývá, že takt linky je nižší, než je cílový čas cyklu, ale zákaznický takt je vyšší než takt linky. Rozdíl v případě zákaznického taktu činí 8,6 s a v případě cílového času cyklu 16,5 s vůči taktu linky. V současném stavu není možné uspokojit interní poptávku po podsestavě aktuátoru pro fiskální rok 2019. V tomto případě je možné dosáhnout snížení taktu linky přerozdělením operací a přidáním dalšího pracovníka. Poté by bylo možné dosáhnout v kombinaci se snížením výrobních ztrát uspokojení poptávky.



Obr. 3.33 Diagram taktu linky aktuátor se znázorněným TL, ZT i CCC pro FY 2020

Z obrázku 3.33 patrné, že takt linky je vyšší, než je cílový čas cyklu, ale také zákaznický takt. Rozdíl v případě zákaznického taktu činí 13,4 s a v případě cílového času cyklu dokonce 31,9 s. V současném stavu ani při zdvojnásobení pracoviště EOL testeru (zohledněno při výpočtu zákaznického taktu) není možné uspokojit interní poptávku po podsestavě aktuátoru pro fiskální rok 2020. Pro uspokojení poptávky v roce 2020 bude nutné rozdělit úkony montážní operace č.2 případně přidat montážní pracoviště a pracovníka. Pokud nebude dosaženo snížení ztrát výrobního zařízení, lze využít výrobní kapacity druhého EOL testeru, který je součástí výrobní linky typově jiného aktuátoru (nepoužívaného jako podsestava pro výrobek charge inlet).

### 3.18 VSM současného stavu

Mapa toku hodnot byla vytvořena se zaměřením na předávání informací a pohybu materiálu při výrobě charge inletu a souvisejícího komponentu, aktuátoru. Mapa současného stavu je zahrnuta v přílohách (příloha 1).

Mapování materiálu začíná u dodavatele, který vstupní materiál odešle na sklad hlavní budovy. Z tohoto skladu se následně dle potřeby přesune na sklad výrobní haly oddělení HEMS (zkratka pro Hybrid and Electric Mobility Solutions [27]), kde se nachází sledované produkce sledovaných výrobků.

Informační tok hodnot je možné popsat i slovně, kdy celý cyklus začíná u zákazníka finálního výrobku, který poptává určité množství výrobků přes zákaznickou podporu. Tato informace je zadána na logistické centrum (Tesog), které ho registruje. Dále je informace odeslána lokálnímu řízení výroby, které na jeho základě vytvoří poptávku u dodavatele komponent. Následně lokální řízení výroby naplánuje výrobu na linkách a pracovištích souvisejících s výrobou požadovaného produktu.

Tab. 3.16 Ukazatele výroby zjištěné mapováním

Ukazatel	Hodnota ukazatele
Úzké místo linky aktuátoru [s]	60
Úzké místo linky charge inlet [s]	111,5
Průběžná doba VA linky aktuátoru [s]	208,6
Průběžná doba VA linky charge inlet [s]	297,9
Průběžná doba NVA linky aktuátoru [dne]	0,26
Průběžná doba NVA linky charge inlet [dne]	0,25
VA index linky aktuátoru [%]	0,0043
VA index linky charge inlet [%]	0,0107

Mapováním současného stavu výrobních linek byla odhalena vysoká rozpracovanost výroby, která se promítla do vysokých hodnot průběžných časů nepřidávajících hodnotu u obou montážních linek. To má vliv na nízkou hodnotu VA indexu, který dává do poměru průběžné doby časů přidávajících a nepřidávajících hodnotu. Vybrané ukazatele získané jako výstup zmapování výroby jsou zobrazeny v tab. 3.16.

## 4 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ – ŘEŠENÍ PRACOVIŠTĚ

V této kapitole jsou představeny návrhy na odstranění nedostatků, které byly vyzorovány na výrobních linkách charge inlet a aktuátor. Některé nedostatky jsou uvedeny v tab. 4.1 a jejich řešení bude rozvedeno v následujících kapitolách.

Tab. 4.1 Návrhy na eliminaci nedostatků

Nedostatek	Návrh na odstranění
Nedostatečná výrobní kapacita linky aktuátoru	Snížení výrobního taktu na úroveň CCC (navýšení výrobní kapacity)
Zvýšení OEE	Vyčlenění pracovníka provozní kvality pouze pro prostory ESD zóny
Vysoká rozpracovanost výroby	Zavedení systému tahu, stanovení největší možné rozpracovanosti
Uložení materiálu daleko od montážní linky	Změna rozmístění pracovišť – optimalizace toku

### 4.1 Snížení výrobního taktu montážní linky aktuátoru

Zdaleka největším nedostatkem je výrobní kapacita neodpovídající požadavkům zákazníka. Pro fiskální roky 2019 a 2020 tedy je zásadní snížení výrobního taktu linky na úroveň cílových časů cyklu, tedy zákaznický takt upravený koeficientem OEE. Z procesního diagramu (Tab. 3.6) a popisu operací (kapitola 3.3.2) lze také usoudit, že je možné dosáhnout lepšího využití operátorů, a to tím způsobem, se během úkonů, které jsou vykonávány automaticky, se využije volná kapacita pracovníků. Mezi úkony automaticky prováděné zařízením patří svařování víka aktuátoru, bounce test, kontrola aktuátoru EOL testerem, načtení štítku a kontrola těsnosti. Vybrané parametry současného stavu jsou zobrazeny v tab. 4.2.

Tab. 4.2 Současné parametry výroby aktuátoru

Parametr	Současný stav
Takt linky [s]	75,1
Počet pracovníků	3
Výrobní kapacita na směnu [ks]	527
Produktivita (jeden pracovník za směnu) [ks·prac <sup>-1</sup> ·směň <sup>-1</sup> ]	175

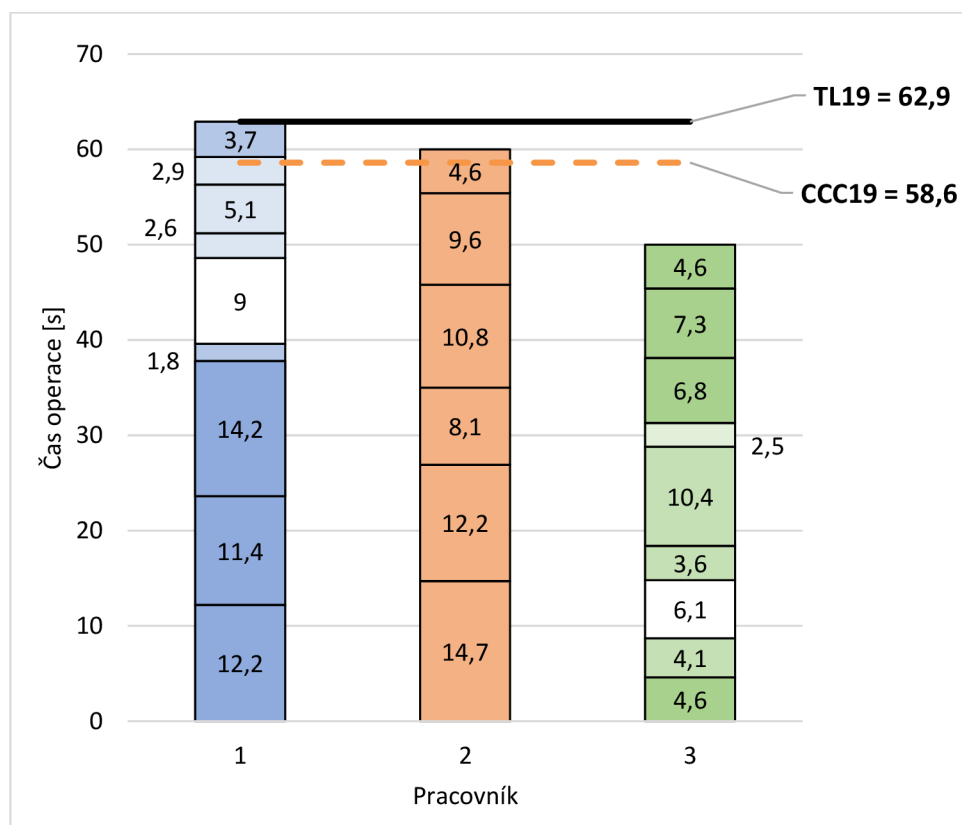
#### 4.1.1 Snížení taktu výroby varianta 1

První nabízející se variantou je úprava sledu úkonů prováděných operátory. V první variantě se bude stále počítat s využitím tří pracovníků na montážní lince, bez nutnosti zvyšování počtu pracovišť. Změna bude uvažovaná pouze pro fiskální rok 2019. Změněna bude pouze skladba vykonávaných úkonů pracovníků. V prvním představovaném případě pouze třetího pracovníka.

V současném stavu tento pracovník založí kus do EOL testeru a během testu jiný již otestovaný kus osadí krytem mikrosřínáče a předá na další pracoviště. Po dokončení

kontroly testovaný kus opatří evidenčním štítkem a znovu založí do testeru. Poté načtený aktuátor vyjme a odloží pro nasazení krytu mikrospínače. Na pracovišti kontroly těsnosti pracovník aktuátor založí do přístroje, kde ho testovací zařízení zkontroluje. Po dokončení kontroly s úspěšným vyhodnocení díl vyjme, zkontroluje servisní páčku kalibrem, vizuálně zkontroluje a vloží do klt bedny s hotovou výrobou.

Po změně bude sled operací následující. Pracovník kus založí do EOL testeru, v průběhu testování se přesune na pracoviště testování těsnosti, kde provede otestování a balení (standardní průběh operace). Následně se vrátí zpět na pracoviště EOL testeru, kde provede nalepení štítku a založí ho zpět do EOL testeru. Během evidování štítku zařízením, nasadí na již zaevidovaný aktuátor kryt mikrospínače a předá ho na pracoviště kontroly těsnosti. Nový diagram taktu je zobrazen na obr. 4.1. a nové dosažené parametry jsou uvedeny v tab. 4.3.



Obr. 4.1 Takt po eliminaci úzkého místa varianta 1

Tab. 4.3 Srovnání parametrů pro výrobu aktuátoru

Parametr	Současný stav	Aplikování varianty 1
Takt linky [s]	75,1	62,9
Počet pracovníků	3	3
Výrobní kapacita na směnu [ks]	527	629
Produktivita (jeden pracovník za směnu) [ks·prac <sup>-1</sup> ·směň <sup>-1</sup> ]	175	209

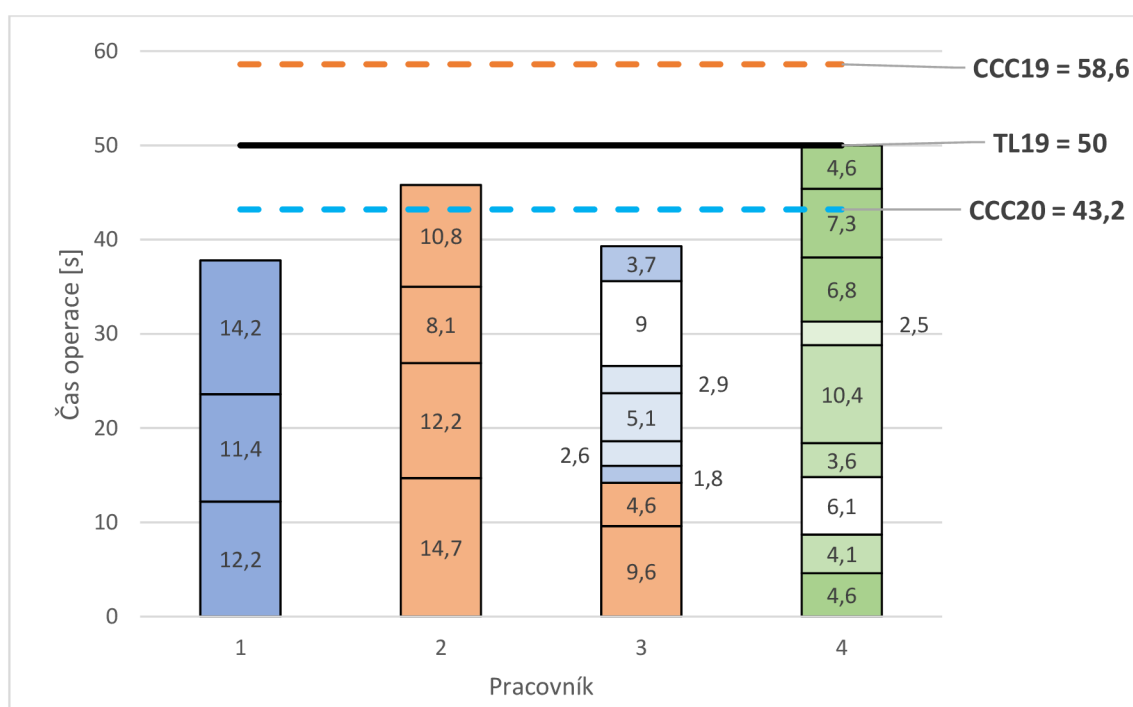


Při pohledu na změnu parametrů lze pozorovat zvýšení výrobní kapacity na směnu z původních 527 ks na 629 ks, tedy zlepšení o 19,4 %. Stejného zlepšení je dosaženo i u produktivity práce. Přesto hodnota taktu linky není nižší, než je hodnota CCC pro rok 2019. Z tohoto důvodu tato varianta není vhodná, pokud nebude snížena hodnota koeficientu OEE (návrh popsán v kap. 4.3).

#### 4.1.2 Snížení taktu výroby varianta 2

Dalším návrhem je navýšení počtu pracovníků na čtyři. Změní se rozdělení operací mezi pracovníky vůči variantě 1. Tímto způsobem se eliminují nově vzniklá úzká místa.

V této variantě bude na první operaci montáže bude samostatný pracovník a druhá montážní operace bude rozdělena mezi dva pracovníky, kdy jeden vykonává pouze 4 montážní úkony. Další pracovník potom udělá poslední dva úkony druhé montážní operace a zároveň další dvě operace (svařování a bounce test aktuátoru). Poslední pracovník má stejný sled úkonů jako při první variantě. Nový diagram taktu linky je spolu s CCC pro roky znázorněn na obr. 4.2 a srovnávané parametry zaneseny v tab. 4.4.



Obr.4.2 Takt po eliminaci úzkého místa varianta 2

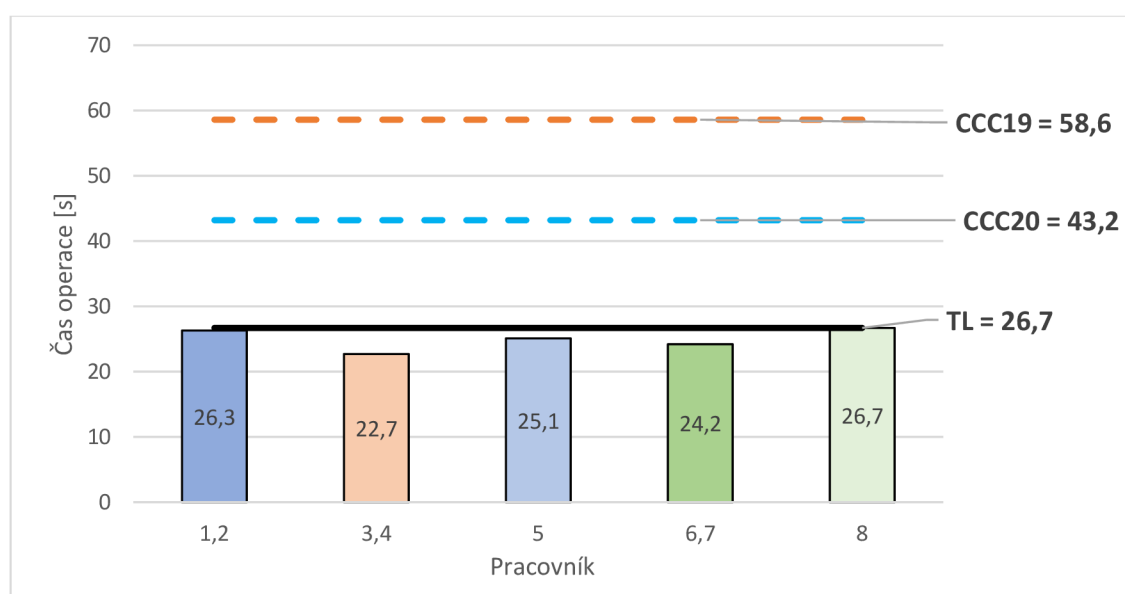
Tab. 4.4 Srovnání parametrů pro výrobu aktuátoru

Parametr	Současný stav	Varianta 1	Varianta 2
Takt linky [s]	75,1	62,9	50
Počet pracovníků	3	3	4
Výrobní kapacita na směnu [ks]	527	629	792
Produktivita (jeden pracovník za směnu) [ks·prac <sup>-1</sup> ·směn <sup>-1</sup> ]	175	209	198

Při pohledu na parametry je patrné snížení taktu linky o 12,9 s vůči variantě 1. Z toho vyplývá i vyšší hodnota výrobní kapacity na směnu z 629 ks na 792 ks (zlepšení o 25,9 %). Tato hodnota je dostatečná pro dosažení CCC pro rok 2019, ale stále nedostačuje pro CCC na rok 2020. Je tedy potřeba přijít s návrhem další varianty. Dále zaznamenáváme horší výrobní kapacitu na směnu, přepočtenou na jednoho operátora vůči variantě 1 a to o 11 ks. Tato hodnota je, ale stále o 23 kusů lepší než hodnota pro současný stav.

#### 4.1.3 Snížení taktu výroby varianta 3

Dalším návrhem je varianta, kde bude většina pracovišť zdvojená a složení operací více rozložené. Prvním pracoviště je montážní operace 1 s úkonem montážní operace 2. Tohle pracoviště je na montážní lince duplikované, každé obsazeno jedním operátorem. Dalším pracovištěm jsou zbylé montážní operace aretačního mechanismu aktuátoru (operace 2), i tohle pracoviště je duplikováno. Následuje operace laserového svařování vykonávaná jedním operátorem. V rámci ní je prováděn bounce test. Dále pak operace testování EOL testerem, pracoviště je opět duplikováno. Naposledy pak pracoviště vykonávající operaci ověření těsnosti a balení obsazené jedním pracovníkem. Znázornění operací varianty 3 je znázorněno na diagramu taktu (obr. 4.3).



Obr. 4.3 Takt po eliminaci úzkého místa varianta 3

Tab. 4.5 Srovnání parametrů pro výrobu aktuátoru

Parametr	Současný stav	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Takt linky [s]	75,1	62,9	50	26,7
Počet pracovníků	3	3	4	8
Výrobní kapacita na směnu [ks]	527	629	792	1483
Produktivita (jeden pracovník za směnu) [ks·prac <sup>-1</sup> ·směn <sup>-1</sup> ]	175	209	198	185

Při pohledu na diagram taktu a parametry lze sledovat daleko nižší takt linky a to o 23,3 s, ze stavu navrženého ve variantě 2 na stav navržený ve variantě 3. Výrobní kapacita na směnu dosahuje hodnoty přibližně 1483 ks, což činí rozdíl 691 ks (navýšení o 87,3 %). Tato varianta rozvržení výroby s velkou rezervou splňuje cílový čas cyklu jak pro rok 2019, tak i pro rok 2020. Výrobní kapacita na směnu, přepočtena na jednoho operátora poklesla oproti předchozí navržené variantě o 6,6 %.

#### 4.2 VSM Budoucího stav

Návrh budoucího stavu pomocí VSM je zaměřený hlavně na snížení rozpracované výroby mezi jednotlivými pracovišti a návrh systému tahu místo tlaku, kdy budou pracoviště zásobena komponenty pouze podle potřeby. Grafické zpracování návrhu odpovídá variantě 3 a je součástí příloh (příloha 2).

Mezi hlavní úpravy patří změna počtu kusů, které se budou nacházet přímo ve výrobní hale, tak i na skladu oddělení HEMS. Přepravení frekvence mezi skladem hlavní budovy je tři dodávky denně. Z tohoto vyplývá, že dostačuje přepravovat zásobu pro výrobu na dalších 8 hodin a zásobovat bude pouze v případě, pokud bude zásoba na skladě oddělení HEMS nižší než 8 hodin.

U montážních linek postačí zásoba materiálu na 2 hodiny, pro flexibilitu při změně výrobního programu. Skladování bude pro každou linku řešeno supermarketovým způsobem v kombinaci s řízením kanbanovými kartami. Díky tomu budou minimalizovány časy potřebné pro změnu výrobního programu. Výroba bude moci začít téměř okamžitě a obsluha provádějící zásobování má dostatek času na doplnění materiálu pro běžící výrobní program.

V rámci těchto změn bude ustoupeno od používání palet a přepravy paletovým vozíkem v ESD zóně. Paletové pozice budou nahrazeny regály a pro přepravu a umístění u montážních linek budou používány dolly vhodné do ESD zóny.

Tab. 4.6 Ukazatele výroby vypočítané z navržené VSM

Ukazatel	Hodnota ukazatele – současného stavu	Hodnota ukazatele – budoucího stavu
Úzké místo linky aktuátoru [s]	60	26,7
Úzké místo linky charge inlet [s]	111,5	111,5
Průběžná doba VA linky aktuátoru [s]	208,6	135,6
Průběžná doba VA linky charge inlet [s]	297,9	297,9

Ukazatel	Hodnota ukazatele – současného stavu	Hodnota ukazatele – budoucího stavu
Průběžná doba NVA linky aktuátoru [dne]	0,26	0,17
Průběžná doba NVA linky charge inlet [dne]	0,25	0,26
VA index linky aktuátoru [%]	0,0043	0,0093
VA index linky charge inlet [%]	0,0107	0,0134

Porovnání současného a budoucího stavu na základě ukazatelů z tab. 4.6 ukazuje zlepšení hodnoty VA indexu obou montážních linek. Rozdíl v hodnotách činí u linky aktuátoru 0,0050 % a u linky charge inlet 0,0027 %. Přímé porovnání je ale obtížnější a nejednoznačné díky tomu, že v současném stavu není přesně stanovená rozpracovanost výroby na linkách.

### 4.3 Návrhy pro zvýšení OEE

Produkce sledovaných výrobků je stále poměrně čerstvá s přihlédnutím na to, že je v režimu vzorkové výroby. Lze předpokládat postupné zvýšení hodnoty koeficientu OEE. Další návrh na zvýšení hodnoty OEE je vyčlenit pracovníka kontroly kvality pouze pro výrobní linky nacházející se v ESD zóně. Tento typ pracovníka provádí pravidelné kontroly a měření výrobků v různých stádiích výrobního procesu. Takové opatření umožní pohodovější řešení kvalitativních problémů, které mohou způsobovat ztráty dostupnosti. Dále může snížit množství tzv. „pseudoscrapu“. To jsou díly, které jsou vyrobeny podle požadavků zákazníka, ale z nějakého důvodu byly vyřazeny v průběhu výroby jako zmetky. Pracovník kontroly kvality může takový kus patřičné kontrole označit jako správně vyrobený a zvýšit, tak míru kvality (potažmo koeficientu OEE). Přínos takového řešení, ale nepůjde přesně stanovit, proto by jeho ekonomické zhodnocení postrádalo smysl.

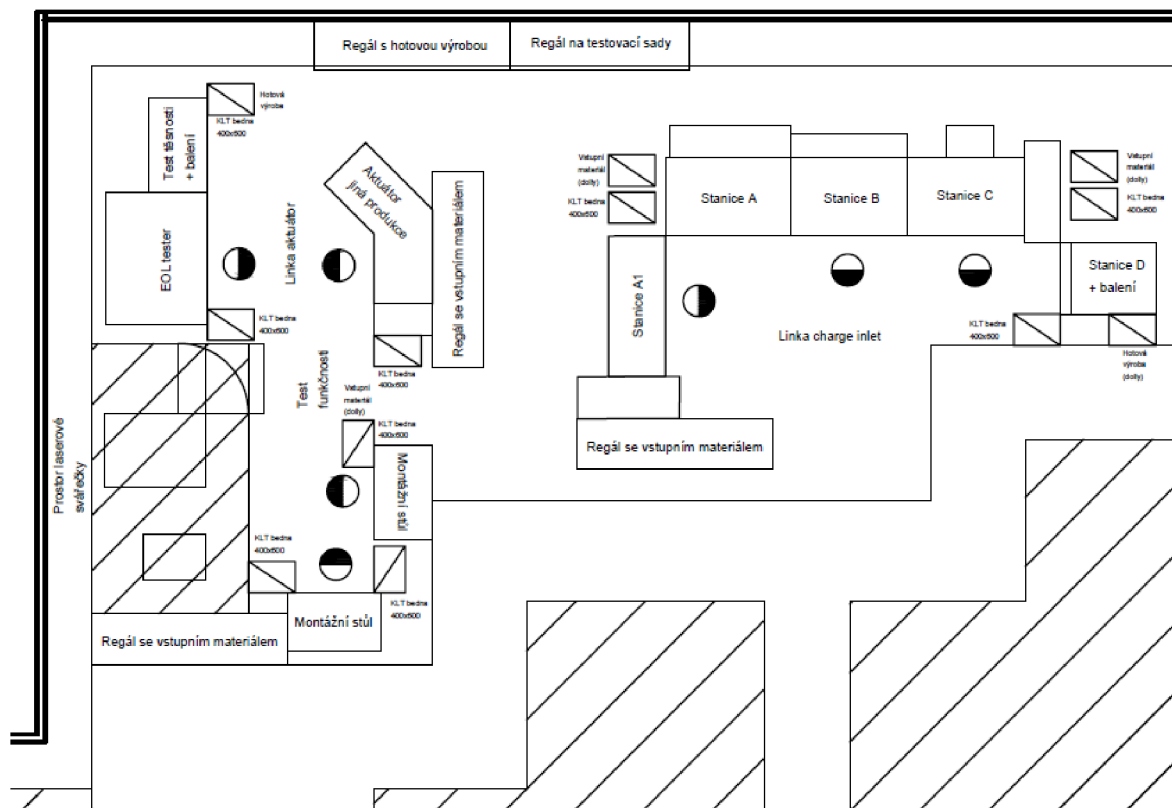
### 4.4 Úprava layoutu – optimalizace toku

V této kapitole jsou řešeny návrhy na budoucí rozmístění pracovišť linky charge inlet a linky aktuátoru. K dispozici je pouze omezený prostor výrobní haly nacházející se v ESD zóně (viz obr. 3.20). Zřejmým nedostatkem nevhodného uspořádání prostoru je skladování hotové výroby aktuátorů. Mezi místem, kde se skladují hotové aktuátory a montážními linkami, (resp. místy, na nichž vystupuje a opět vstupuje do výroby) jsou velké vzdálenosti.

Navrhované možnosti navazují na jednotlivé varianty úprav pro snížení taktu, s ohledem na toku materiálu a velikost zastavěné plochy.

#### 4.4.1 Úprava layoutu varianta 1

Na obrázku 4.4 níže lze vidět výřez z výkresu navrhovaného layoutu pro první variantu sledu operací. Kompletní výkres je součástí příloh (příloha 3). Při srovnání se současným layoutem lze pozorovat pouze minimální změny. V této variantě není nutné přidat pracoviště, které by rozšiřovalo výrobní kapacitu. Vzdálenosti materiálového toku navrhované varianty srovnané s původním stavem jsou zapsány v tab. 4.7.



Obr. 4.4 Detail layoutu navrženého ve variantě 1

Pro linku vyrábějící aktuátor bylo druhé montážní pracoviště natočeno, tak byla montážní linka kompaktnější, zkrátila se vzdálenost k laserové svářečce a byla ušetrěna část výrobní plochy ESD zóny. Dále bylo pracoviště s bounce testerem přesunuto blíže do prostoru laserové svářečky, to je umožněno odsunutím displeje řídicího panelu. Dalším úpravám brání pracoviště vyrábějící jiný typ aktuátoru, (typ, který není používán jako podsestava pro charge inlet), protože sdílí EOL tester s upravovanou linkou.

Montážní linka produkující charge inlet byla více semknuta, aby pracovníci 1 a 3 mohli vykonávat méně pohybu během přesunu mezi stanicemi na kterých pracují. Toto semknutí vytváří pozice pro umístění vstupního materiálu, který je na stanicích A1, A a C zásobován do gravitačních regálů (ty jsou u stanic A1 a C umístěny externě, u stanice A jsou součástí konstrukce).

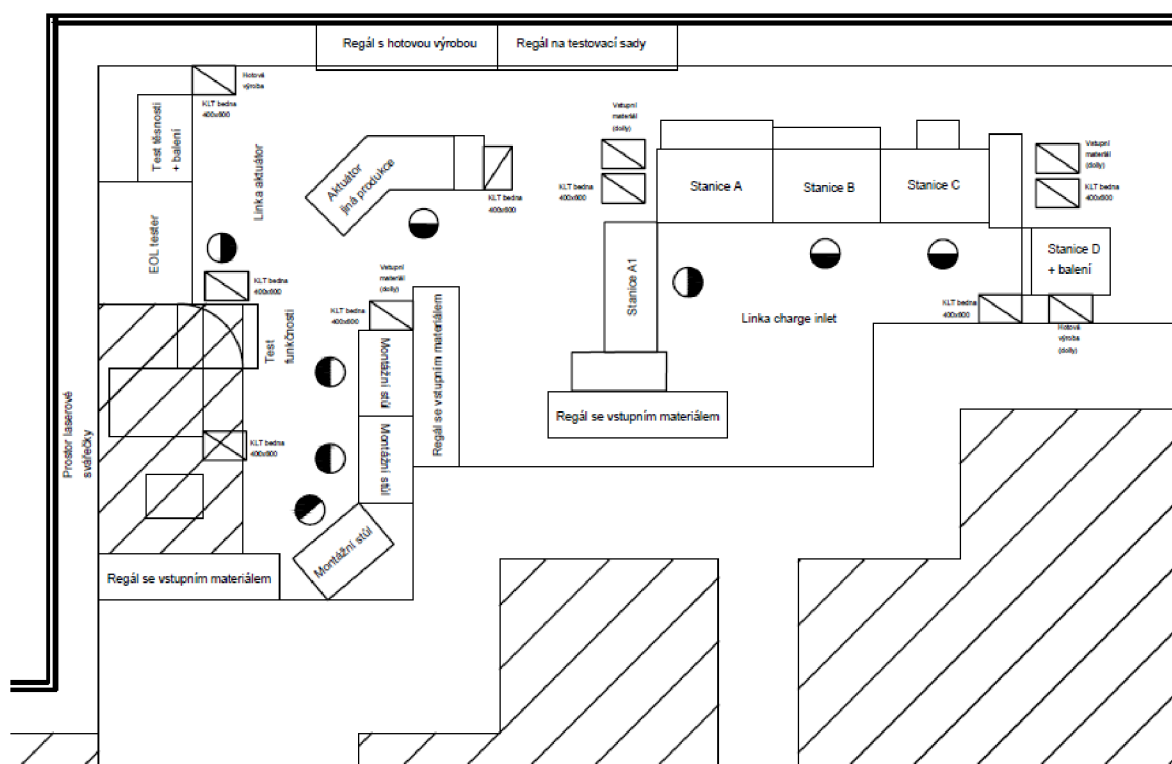
Tab. 4.7 Vzdálenosti toku materiálu pro obě montážní linky – varianta 1

Popis	Vzdálenost – původní [m]	Vzdálenost – varianta 1 [m]
Celkem linka charge inlet	31,1	33
Celkem linka aktuátor	65,4	50,5
Celkem obě montážní linky	96,5	83,5

V tab. 4.6. lze pozorovat zkrácení materiálového toku vůči výchozímu stavu. V tomto ohledu bylo dosaženo zlepšení 13,5 %. Největší podíl na tom má změna umístění hotové výroby aktuátoru.

#### 4.4.2 Úprava layoutu varianta 2

Úprava rozmístění pracovišť varianty 2 je znázorněno na obr. 4.5, detailněji zpracované je součástí příloh (příloha 4). Ve variantě 2 již muselo být provedeno rozšíření kapacity linky aktuátoru (popis níže). Layout montážní linky charge inletu se vůči předchozímu layoutu nijak nezměnil. Vzdálenosti materiálového toku navrhované varianty srovnané s původním stavem jsou zapsány v tab. 4.8.



Obr. 4.5 Detail layoutu navrženého ve variantě 2

Vůči současnému stavu a variantě 1 je přidáno jedno montážní pracoviště na němž jsou prováděny poslední dva úkony montáže aretačního mechanismu aktuátoru. Pracoviště je natočené pro snadné předávání a zkrácení vzdálenosti k laserové svářečce. Přemístěn byl regál se vstupním materiálem pro jiný typ aktuátoru a jeho linka otočena, tak, aby byl dostatečný prostor pro manipulaci u regálu s hotovými výrobky.



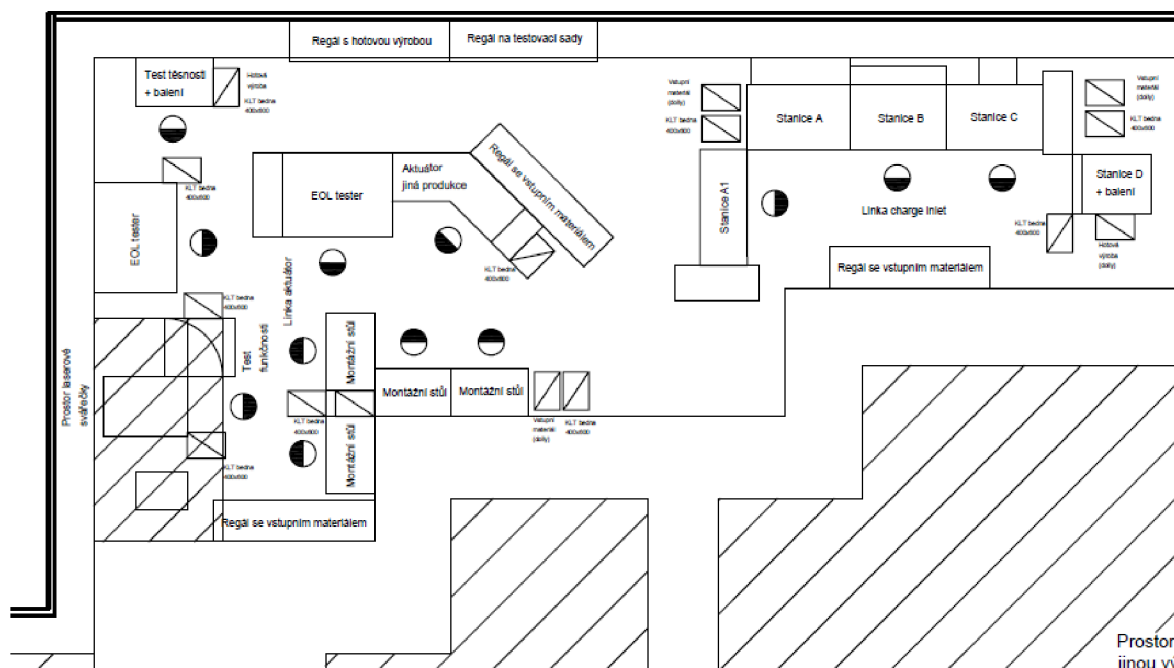
Tab. 4.8 Vzdálenosti toku materiálu pro obě montážní linky – varianta 2

Popis	Vzdálenost – původní [m]	Vzdálenost – varianta 1 [m]	Vzdálenost – varianta 2 [m]
Celkem linka charge inlet	31,1	33	32,3
Celkem linka aktuátor	65,4	50,5	55,8
Celkem obě montážní linky	96,5	83,5	88,1

Z parametrů popsaných v tab. 4.8. vyplývá zkrácení materiálového toku vůči výchozímu stavu, ale jeho prodloužení vůči předchozímu, na vině je přidání pracoviště montáže k lince aktuátoru. Kvůli tomu jsme zaznamenali o 5,5 % větší vzdálenost než u varianty 1.

#### 4.4.3 Úprava layoutu varianta 3

Změny v rozmístění pracovišť provedené v rámci varianty 3 jsou znázorněny na obr. 4.6. Kompletní výkres layoutu je součástí příloh (příloha 5). Při srovnání s layoutem provedeným v rámci varianty 3 jsou patrné značné změny montážní linky aktuátoru. Montážní linka charge inlet byla pouze posunuta vpravo, aby byl umožněn pohyb pracovníkům při manipulaci s materiálem v regálech, případně testovací sadou, při změně výrobního programu. Vzdálenosti materiálového toku navrhované varianty 3 srovnané s původním stavem jsou uvedeny v tab. 4.9.



Obr. 4.6 Detail layoutu navrženého ve variantě 3

Výrobní kapacita montážní linky aktuátoru zde byla značně navýšena a velká část pracovišť byla duplikována. Jde o montážní pracoviště 1, které jsou umístěny čelem do

prostoru zásobovací uličky. Duplikováno je také montážní pracoviště 2, jehož stoly jsou čelem k pracovištím vykonávajícím první operaci. Dalším duplikovaným pracovištěm je EOL tester, který je sdílený s montážní linkou aktuátoru jiného typu.

Tab. 4.9 Vzdálenosti toku materiálu pro obě montážní linky – varianta 3

Popis	Vzdálenost – původní [m]	Vzdálenost – varianta 1 [m]	Vzdálenost – varianta 2 [m]	Vzdálenost – varianta 3 [m]
Celkem linka charge inlet	31,1	33	32,3	25
Celkem linka aktuátor	65,4	50,5	55,8	58,2
Celkem obě montážní linky	96,5	83,5	88,1	83,2

V tab. 4.8. lze pozorovat zkrácení materiálového toku vůči předchozí variantě. Bylo dosaženo zlepšení 5,5 %, tedy téměř stejná hodnota jako je u varianty 1. Pokles vzdálenosti je zapříčiněn posunutím montážní linky blíže vstupu do ESD zóny.

#### 4.5 Velikost zastavěné plochy

Pracoviště jsou umístěny v omezeném prostoru části ESD zóny. Pro zjištění velikosti zastavěné plochy byla použita projektová dokumentace.

Tab. 4.10 Velikost zastavěné plochy pro jednotlivé varianty

Varianta	Velikost zastavěné plochy montážními linkami pro charge inlet i aktuátor [m <sup>2</sup> ]	Produktivita přepočítaná na výrobní plochu montážních linek [ks·směn <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> ]
Zastavěná plocha – současný stav	89	5,92
Zastavěná plocha – navrhovaná varianta 1	79,13	7,95
Zastavěná plocha – navrhovaná varianta 2	79,51	9,96
Zastavěná plocha – navrhovaná varianta 3	88,52	16,75

V tab. 4.10 lze porovnat velikosti zastavěné plochy pro jednotlivé varianty. I při vyšší výrobní kapacitě linky aktuátoru není zapotřebí více prostoru, než je tomu v současném stavu.



## 5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V této kapitole budou vyhodnocovány náklady a přínosy navrhovaných variant optimalizace. Přínos bude posuzován podle úspor navrhovaných variant ve srovnání se současným stavem. Nebudeme se řídit srovnáním zisku a nákladů, protože bylo se společností dohodnuto neuvádění ceny výrobků. Úspory budou posuzovány na základě produktivity přepočítané na jednoho operátora a na m<sup>2</sup> výrobní plochy v ESD zóně.

### 5.1 Náklady na mzdu zaměstnance

Nejdříve vypočítáme roční náklady na pracovníky linky aktuátoru pro všechny z možných variant. Náklady na zaměstnance jsou vypočítány pomocí následujícího vzorce (předpokládá se s hrubá mzda 22 000 Kč):

$$N_p = s \cdot M \cdot 12 \quad (15)$$

kde:  $N_p$  – roční náklady na pracovníka [Kč]

$s$  – směnnost [-]

$M$  – Měsíční hrubá mzda navýšená o zaměstnavatelský příspěvek na sociální a zdravotní pojištění 34 % [Kč]

$$N_p = 2 \cdot (22000 \cdot 1,34) \cdot 12 = 707\,520 \text{ Kč}$$

### 5.2 Úspory na mzdách zaměstnanců pro jednotlivé varianty

Úspory na mzdy zaměstnanců nám pomohou stanovit dobu návratnosti investic. Do vzorce za produktivitu a počet pracovníků hodnoty z tab. 4.5. Pro výpočet použijeme následující vzorec:

$$U_p = N_p \cdot i_p \cdot \left( \frac{E_{vi} - E_{vs}}{E_{vi}} \right) \quad (16)$$

kde:  $U_p$  – úspora na mzdách zaměstnanců za rok [Kč]

$i_p$  – počet pracovníku na lince pro variantu návrhu [-]

$E_{vi}$  – produktivita, na směnu, na zaměstnance pro variantu návrhu [ks/prac·směn]

$E_{vs}$  – produktivita, na směnu, na zaměstnance pro výchozí stav [ks/prac·směn]

Úspora na mzdách za rok pro variantu 1:

$$U_{p1} = 707520 \cdot 3 \cdot \left( \frac{209,7 - 175,7}{209,7} \right) = 344\,144 \text{ Kč}$$

Úspora na mzdách za rok pro variantu 2:

$$U_{p2} = 707520 \cdot 4 \cdot \left( \frac{198 - 175,7}{198} \right) = 318\,741 \text{ Kč}$$

Úspora na mzdách za rok pro variantu 3:

$$U_{p3} = 707520 \cdot 8 \cdot \left( \frac{185,4 - 175,7}{185,4} \right) = 296\,133 \text{ Kč}$$

Z výpočtu plyne, že ve všech variantách návrhu dosahujeme úspory na mzdách zaměstnanců. Jednotlivé hodnoty využijeme v dalších výpočtech.

### 5.3 Úspory na výrobní plochu pro jednotlivé varianty

Případný pronájem nebo zavedení ESD zóny na ploše výrobní haly je velice nákladné.

Pro výpočet úspor je zapotřebí znát náklady na plochy EDS zóny za rok  $n_{ESD}$ , ty byly stanoveny na hodnotě 8 000 Kč/m<sup>2</sup>. Ostatní hodnoty pro výpočet získáme z tabulky.

$$U_{ESD} = N_{ESD} \cdot S_{ESD} \cdot \left( \frac{E_{pi} - E_{pvs}}{E_{pi}} \right) \quad (17)$$

kde:  $U_{ESD}$  – úspora na náklady na výrobní plochu za rok [Kč]

$i_p$  – počet pracovníku na lince pro variantu návrhu [ks]

$E_{pi}$  – produktivita, na směnu, na výrobní plochu ESD zóny pro variantu návrhu [ks/směn·m<sup>2</sup>]

$E_{pvs}$  – produktivita, na směnu, na výrobní plochu ESD zóny pro výchozí stav [ks/směn·m<sup>2</sup>]

Úspora na náklady na výrobní plochu za rok pro variantu 1:

$$U_{ESD1} = 8000 \cdot 79,13 \cdot \left( \frac{7,95 - 5,92}{7,95} \right) = 161\,644 \text{ Kč}$$

Úspora na náklady na výrobní plochu za rok pro variantu 2:

$$U_{ESD2} = 8000 \cdot 79,51 \cdot \left( \frac{9,96 - 5,92}{9,96} \right) = 258\,008 \text{ Kč}$$

Úspora na náklady na výrobní plochu za rok pro variantu 3:

$$U_{ESD3} = 8000 \cdot 88,52 \cdot \left( \frac{16,75 - 5,92}{16,75} \right) = 457\,873 \text{ Kč}$$

#### 5.4 Jednorázové investiční náklady jednotlivých variant

Investicí, která je společná pro všechny navrhované varianty je nákup regálů (v celkovém počtu 4 ks). Jedná se o modifikovatelný regálový systém se 4 policemi vhodný do EPA prostor. Náklady na jeden takový regál jsou na základě jiných, již firmou pořízených, regálů stanoveny na 5 500 Kč.

$$N_r = 5\,500 \cdot 4 = 22\,000 \text{ Kč}$$

##### 5.4.1 Navrhovaná varianta 1

Ze zavedení tohoto návrhu vyplývají pouze náklady spojené upravením rozmístění pracovišť. Zde byly náklady odhadnuty na 15 000 Kč. Celkové jednorázové investiční náklady jsou tedy stejné, a to 15 000 Kč.

$$N_t = 15\,000 \text{ Kč}$$

$$N_i = 15\,000 \text{ Kč}$$

##### 5.4.2 Navrhovaná varianta 2

Při zavedení tohoto návrhu vznikají výdaje v podobě dodatečného upravení rozmístění některých pracovišť a nákupu jednoho montážního stolu vhodného pro ESD zónu. Podle informací dodavatele je stůl možné pořídit za 12 000 Kč. Přesun pracovišť je i

u této varianty bude vycházet přibližně na 15 000 Kč. Celkové jednorázové investiční náklady tedy činí 27 000 Kč.

$$N_t = 15\,000 \text{ Kč}$$

$$N_{\text{stůl}} = 12\,000 \text{ Kč}$$

$$N_2 = 15\,000 + 12\,000 = 27\,000 \text{ Kč}$$

### 5.4.3 Navrhovaná varianta 3

Zavedení této varianty je značně náročnější. Nejenomže jsou přidány dva montážní stoly, ale je nutné pořídit nový EOL tester. Přibližná cena nového zařízení stejného typu se na trhu pohybuje okolo 1 100 000 Kč. Náklady na jeho přesun a zapojení jsou zahrnuty v ceně. Náklady na montážní stoly se shodují s návrhem předchozí varianty, ale přesun pracovišť bude komplikovanější a tím pádem nákladnější, odhad na přesun je 18 000 Kč. Celková výše jednorázové investice tedy bude činit 1 142 000 Kč

$$N_t = 18\,000 \text{ Kč}$$

$$N_{\text{stůl}} = 12\,000 \cdot 2 = 24\,000 \text{ Kč}$$

$$N_{\text{EOL}} = 1\,100\,000 \text{ Kč}$$

$$N_3 = 1\,142\,000 \text{ Kč}$$

### 5.5 Doba návratnosti investičních nákladů

Doba návratnosti je vždy počítána vzhledem k výchozímu stavu výroby. Pro výpočet je použit následující vzorec:

$$T_N = \frac{N_i + N_S}{U_{pi} + U_{ESDi}} \cdot 12 \quad (18)$$

kde:  $T_N$  – doba návratnosti v měsících [-]  
 $N_i$  – individuální náklady jednotlivých variant [Kč]  
 $N_S$  – společné náklady jednotlivých variant [Kč]

Doba návratnosti investičních nákladů pro variantu 1

$$T_{N1} = \frac{15\,000 + 22\,000}{344\,144 + 161\,644} \cdot 12 = 0,87 \text{ měsíce}$$

Na základě tohoto výpočtu bylo zjištěno, že návratnost investice v případě navrhované varianty 1 je necelý měsíc. Návratnost je tedy téměř okamžitá. Z posuzovaných variant nejrychlejší a téměř bez investic.

Doba návratnosti investičních nákladů pro variantu 2

$$T_{N2} = \frac{27\,000 + 22\,000}{318\,741 + 258\,008} \cdot 12 = 1,02 \text{ měsíce}$$

Výpočet stanovil, že návratnost investice v případě navrhované varianty 2 je měsíc. Návratnost je i v tomto případě díky minimálním investicím téměř okamžitá.

Doba návratnosti investičních nákladů pro variantu 3

$$T_{N3} = \frac{1\,142\,000 + 22\,000}{296\,133 + 457\,873} \cdot 12 = 18,53 \text{ měsíce}$$

Na základě tohoto výpočtu bylo zjištěno, že návratnost investice v případě navrhované varianty 3 je 1,54 roku. Zde už je doba návratnosti delší vlivem pořízení EOL testeru. Hodnota je sice, ze všech nejnižší, ale zase dlouhodobě udržitelná při dalším růstu poptávky po výrobcích.

## ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zpracována v rámci zavádění nové montážní linky pro výrobky charge inlet a jeho vstupní komponent aktuátor ve společnosti Tyco Electronics Kuřim, jenž je pobočkou globální společnosti TE Connectivity. Ze souboru všech vyráběných variant produktů byly nejdříve vybrány vhodné představitele výrobků. V tomto směru rozhodovala především komplexnost výrobků, a jejich předpokládaný vyráběný objem v dalších fiskálních rocích. Tento krok usnadnil další pohled na výrobu a její další mapování.

Po změření výrobních časů obou linek následovalo zaměření na materiálový tok montážních linek. V tomto ohledu bylo shledáno jako nedostatek skladování hotové výroby aktuátorů, příliš vzdálené od montážní linky charge inlet. Poté byl proveden výpočet taktu s přihlédnutím na zákaznický takt obou linek pro splnění budoucího požadovaného objemu výroby. Zde vyšlo najevo, že linka vyrábějící komponent aktuátor nemá dostatečnou výrobní kapacitu a budou na ní muset být provedeny úpravy a navýšení počtu pracovišť a související úprava layoutu. Posledním krokem analýzy bylo vypracování VSM mapy.

Pomocí detailnějšího vyprofilování operací montážní linky aktuátoru na jednotlivé úkony a změnou jejich sledu pro pracovníky byly vytvořeny tři možné varianty. Ty byly zhodnoceny jako vhodné pro naplnění kapacitních požadavků na výrobu. Navržené varianty mají postupně nižší takt linky, ale vyšší počet pracovníků na směnu. Pro tyto tři varianty byly následně vypracovány 3 návrhy na možné rozmístění pracovišť a zařízení. VSM mapa budoucího stavu zase posloužila pro lepší vizualizaci a definování mezi výrobní rozpracovanosti, která ve výchozím stavu definována nebyla.

Výstupem těchto řešení byly hodnoty dále zpracovávány v ekonomickém zhodnocení. Každé variantě byly vypočteny úspory na mzdy zaměstnanců a nákladů na výrobní plochy ESD zóny. Z úspor na zaměstnance vycházela nejlépe varianta 1 s hodnotou úspory 344 144 Kč. Z nákladů na výrobní plochu si nejlépe vedla varianta 3, s dosaženou hodnotou úspory 457 873 Kč. Dále byly vypočteny investice pro navrhované dispoziční varianty na základě předchozích kroků. Zde bylo bezesporu největší položkou pořízení EOL testeru pro linku aktuátoru za 1 100 000 Kč. Návratnost investice prvních dvou variant byla téměř stejná, a to s bodem zvratu přibližně jeden měsíc. Pro variantu 3 byla doba návratnosti investice vypočítána na 1,5 roku. Přesto i tato varianta stojí za zvážení, protože je schopna pokrýt vyšší budoucí poptávku se strany zákazníků.

Vhodnou cestou se jeví co nejdříve využít varianty 1 a v průběhu roku 2019 přejít na variantu 2. Dále během roku 2020 vystřídat variantu druhou za variantu třetí. Popsanými kroky by bylo dosaženo uspokojení zákaznické poptávky a zároveň zvýšení zisku.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. MONDEN, Yasuhiro. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. 4th Edition. CRC Press, 2011. ISBN 9781439820971
2. Toyota Production System. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Toyota\\_Production\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Production_System)
3. LIKER, Jeffrey K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-173-7
4. IMAI, Masaaki. Kaizen: metoda, jak zavést úspěšnější a flexibilnější výrobu v podniku. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0461-3
5. HAGHIRIAN, Parissa. Understanding Japanese Management Practices. New York: Business Expert Press, 2010. ISBN 978-1-60649-118-8
6. OHNO, Tajichi. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Portland, Oregon: Productivity Press, 1988. ISBN 0-915299-14-3.
7. IMAI, Masaaki. GEMBA KAIZEN: ŘÍZENÍ A ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY NA PRACOVÍŠTI. Petr Jirásek; Vladimír Paulíny. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2005. 314 s. Business Books. ISBN 80-251-0850-3
8. RAEABDEH, Ibrahim A. A model for the assessment of waste in job shop environments. International Journal of Operations & Production Management. 2005, **25**(8), 800-822.
9. SENDIL KUMAR, C. a R. PANNEERSELVAM. Literature review of JIT-KANBAN system. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology [online]. 2007, 32(3-4), 393-408 [cit. 2018-03-03]. DOI: 10.1007/s00170-005-0340-2. ISSN 0268-3768. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00170-005-0340-2>
10. JUROVÁ, M., Výrobní procesy řízené logistikou, Brno, BizBooks, 2013, 260 s. ISBN 978-80-265-0059-9
11. COLEMAN, B. Jay; VAGHEFI, M. Reza. Heijunka (?): A key to the Toyota production system. Production and Inventory Management Journal, 1994, **35**(4): 31.
12. ROTHER, Mike a John SHOOK. Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda. Cambridge, MA USA: Lean Enterprise Institute, 2008. ISBN 0966784308.
13. LIAN, Yang-Hua; VAN LANDEGHEM, Hendrik. An application of simulation and value stream mapping in lean manufacturing. In: Proceedings 14th European Simulation Symposium. c) SCS Europe BVBA, 2002. 1-8.
14. NAGA, Vasmi Krishna Jasti a Aditya SHARMA. Lean manufacturing implementation using value stream mapping as a tool: A case study from auto components industry. International Journal of Lean Six Sigma [online]. 2014, 5(1), 89-116 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2012-0002>

15. Zmapujte hodnotový tok pomocí metody VSM. API–Akademie produktivity a inovací [online]. 2017 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25849n-zmapujte-hodnotovy-tok-pomoci-metody-vsm>
16. SVĚTLÍK, Vladimír. Sledování a řízení efektivity výroby. IT Systems [online]. 2003, (10) [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/sledovani-a-rizeni-efektivita-vyroby.htm>
17. OEE Factors. OEE.com: oee made easy by Vorne [online]. [cit. 2018-03-22]. Dostupné z: <https://www.oee.com/oee-factors.html>
18. Snížení výrobního taktu na montážní lince. Brno, 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
19. Jednotlivé metody a nástroje (I–P): API Akademie. API–Akademie produktivity a inovací [online]. 2014 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: <http://www.eapi.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>
20. HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
21. ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů a systémů. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 135 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
22. RUMÍŠEK, P. Technologické projekty. 1.vyd. Brno: VUT v Brně, 1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3
23. JUROVÁ, M. Řízení výroby I. – 2. část. Brno: VUT v Brně, 2006. 138 s. ISBN 80-214-3134-2
24. PETRŮ, Jana a Robert ČEP. Základy montáže. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠBTUO, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2773-5.
25. Základy elektrostatiky [online]. 2017 [cit. 2018-03-26]. Dostupné z: <http://www.antistatika.info/antistatika-obecne/>
26. Antistatika – Kompletní nabídka ESD vybavení [online]. 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: [https://www.epaprostory.cz/Antistatika-a1\\_1.htm](https://www.epaprostory.cz/Antistatika-a1_1.htm)
27. Interní zdroje společnosti.
28. Izokrat.cz: Hydroizolace plochých střech [online]. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z: <http://www.izokrat.cz/album/fotogalerie-tyco-electronics-kurim/tyco-electronics-ku-oim-022-jpg/>
29. KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. Technologické projekty a manipulace s materiálem. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<b>Zkratka</b>	<b>Popis</b>
AC	Alternate current
CCC	Cílový čas cyklu
CNC	Computer numeric control
ČSN	Česká státní forma
DC	Direct current
EOL tester	End of line tester
ESD	Electrostatic discharge
EPA	Electrostatic discharge protected area
FY	Fiscal year – fiskální rok
HEMS	Hybrid and Electric Mobility Solutions
JIT	Just in time
Kč	Koruna česká
KLT bedna	Kleinladungsträger
OEE	Overall equipment effectiveness
PCB	Printed circuit board
PN	Part number
S.L.P. metoda	Systematic layout planing
SMED	Single minute exchange of dies
TE	Tyco electronics
TPS	Toyota Production System
VA index	Valuea added index
VSM	Value stream mapping

atd.	a tak dále
č.	číslo
hod.	hodina
kap.	kapitola
ks	kus
m <sup>2</sup>	metr čtvereční
min	minuta
mm	milimetr
např.	například
prac.	pracovník
s	sekunda
tab.	tabulka

Symbol	Jednotka	Popis
CCC	[s]	Cílový čas cyklu
CCC <sub>19</sub>	[s]	Cílový čas cyklu pro rok 2019
CCC <sub>20</sub>	[s]	Cílový čas cyklu pro rok 2020
CT	[s]	Doba cyklu úzkého místa
CT <sub>max</sub>	[s]	Čas cyklu pracovníka úzkého místa
CT <sub>Amax</sub>	[s]	Čas cyklu pracovníka úzkého místa linky aktuátoru
CT <sub>Imax</sub>	[s]	Čas cyklu pracovníka úzkého místa linky charge inlet
E <sub>pi</sub>	[ks/směn·m <sup>2</sup> ]	Produktivita, na směnu, na výrobní plochu ESD zóny pro variantu návrhu
E <sub>pvs</sub>	[ks/směn·m <sup>2</sup> ]	Produktivita, na směnu, na výrobní plochu ESD zóny pro výchozí stav

$E_{vi}$	[ks/prac·směn]	Produktivita, na směnu, na zaměstnance pro danou variantu návrhu
$E_{vs}$	[ks/prac·směn]	Produktivita, na směnu, na zaměstnance pro výchozí stav
$F_{As19}$	[hod]	Časový fond pro vybranou variantu aktuátoru v roce 2019
$F_{As20}$	[hod]	Časový fond pro vybranou variantu aktuátoru v roce 2020
$F_e$	[hod]	Efektivní časový fond pro jedno pracoviště
$F_{e19}$	[hod]	Efektivní časový fond pro jedno pracoviště v roce 2019
$F_{e20}$	[hod]	Efektivní časový fond pro jedno pracoviště v roce 2020
$F_{Is}$	[hod]	Časový fond pro vybranou variantu charge inletu
$F_{Is19}$	[hod]	Časový fond pro vybranou variantu ch. inletu v roce 2019
$F_{Is20}$	[hod]	Časový fond pro vybranou variantu ch. inletu v roce 2020
$F_k$	[-]	Počet dnů v roce (kalendářní počet)
$F_n$	[-]	Počet dnů kdy se v závodě nevyrobí
$F_s$	[hod]	Časový fond vybrané varianty
$h$	[hod]	Délka směny
$K$	[ks]	Výrobní kapacita
$K_{A19}$	[ks]	Výrobní kapacita zvolené varianty aktuátoru v roce 2019
$K_{A20}$	[ks]	Výrobní kapacita zvolené varianty aktuátoru v roce 2020
$K_{I19}$	[ks]	Výrobní kapacita zvolené varianty ch. inletu v roce 2019
$K_{I20}$	[ks]	Výrobní kapacita zvolené varianty ch. inletu v roce 2020
$K_{pn}$	[-]	Koeficient překračování norem
$M$	[Kč]	Měsíční hrubá mzda navýšená o zaměstnavatelský příspěvek na sociální a zdravotní pojištění 34 %
$M_d$	[-]	Míra dostupnosti
$M_q$	[-]	Míra kvality

$M_v$	[-]	Míra výkonu
$N_{EOL}$	[Kč]	Náklady na pořízení EOL testeru
$N_i$	[Kč]	Jednorázové investiční náklady dané varianty
$N_p$	[Kč]	Roční náklady na pracovníka
$N_r$	[Kč]	Náklady na regály
$N_s$	[Kč]	Společné náklady jednotlivých variant
$N_{stůl}$	[Kč]	Náklady na montážní stůl
$N_t$	[Kč]	Náklady na rozmístění pracovišť
OEE	[%]	Efektivita výrobního zařízení
$P_{As(i)19}$	[ks]	Skutečný počet pracovišť dané operace linky aktuátor v roce 2019
$P_{As(i)20}$	[ks]	Skutečný počet pracovišť dané operace linky aktuátor v roce 2020
$P_{At(i)19}$	[-]	Teoretický počet pracovišť dané operace linky aktuátor v roce 2019
$P_{At(i)20}$	[-]	Teoretický počet pracovišť dané operace linky aktuátor v roce 2020
$P_{Iq}$	[%]	Objem výroby variant charge inletů
$P_{Is(i)19}$	[ks]	Skutečný počet pracovišť dané operace linky ch. inlet v roce 2019
$P_{Is(i)20}$	[ks]	Skutečný počet pracovišť dané operace linky ch. inlet v roce 2020
$P_{It(i)19}$	[-]	Teoretický počet pracovišť dané operace linky ch. inlet v roce 2019
$P_{It(i)20}$	[-]	Teoretický počet pracovišť dané operace linky ch. inlet v roce 2020
$P_{q19}$	[%]	Podíl z celkového objemu poptávaného objemu výroby v roce 2019

$P_{q20}$	[%]	Podíl z celkového objemu poptávaného objemu výroby v roce 2020
$P_{si}$	[ks]	Skutečný počet strojů pro danou operaci
$P_{ti}$	[ks]	Teoretický počet strojů pro danou operaci
$Q_{ok}$	[ks]	Počet dobrých výrobků
$Q_t$	[ks]	Celkový počet výrobků
$Q_z$	[ks]	Objem předpokládané výroby/množství varianty výrobku poptávané zákazníkem
$Q_{z19}$	[ks]	Objem předpokládané výroby/množství varianty výrobku poptávané zákazníkem v roce 2019
$Q_{z20}$	[ks]	Objem předpokládané výroby/množství varianty výrobku poptávané zákazníkem v roce 2020
TL	[s]	Takt linky
$TL_A$	[s]	Takt linky aktuátoru
$TL_I$	[s]	Takt linky charge inletu
$T_N$	[-]	Doba návratnosti v měsících
$U_{ESD}$	[Kč]	Úspora na náklady na výrobní plochu za rok
$U_{ESDi}$	[Kč]	Úspora na náklady na výrobní plochu za rok pro danou variantu
$U_p$	[Kč]	Úspora na mzdách zaměstnanců za rok
$U_{pi}$	[Kč]	Úspora na mzdách zaměstnanců za rok pro danou variantu
ZT	[s]	Zákaznický takt linky
$ZT_{A19}$	[s]	Zákaznický takt linky aktuátor v roce 2019
$ZT_{A20}$	[s]	Zákaznický takt linky aktuátor v roce 2020
$ZT_{I19}$	[s]	Zákaznický takt linky ch. inlet v roce 2019
$ZT_{I20}$	[s]	Zákaznický takt linky ch. inlet v roce 2020
h	[hod]	Délka směny

$i_p$	[-]	počet pracovníku na lince pro variantu návrhu
s	[-]	Směnnost
$t_{ki}$	[s]	Čas cyklu jednotlivých operací
$t_p$	[min]	Prostoje
$t_{pv}$	[hod]	Plánovaný výrobní čas na směnu
$t_s$	[hod]	Skutečný čas výroby
$t_z$	[hod]	Přestávky
$\eta_{A(i)19}$	[%]	Součinitel využití pracoviště linky aktuátor v roce 2019
$\eta_{A(i)20}$	[%]	Součinitel využití pracoviště linky aktuátor v roce 2020
$\eta_i$	[%]	Součinitel využití pracoviště
$\eta_{I(i)19}$	[%]	Součinitel využití pracoviště linky ch. inlet v roce 2019
$\eta_{I(i)20}$	[%]	Součinitel využití pracoviště linky ch. inlet v roce 2020