



# Návrh a optimalizace výrobní linky

## Diplomová práce

*Studijní program:*

N2301 Strojní inženýrství

*Studijní obor:*

Výrobní systémy a procesy

*Autor práce:*

**Bc. Stanislav Kubíček**

*Vedoucí práce:*

Ing. Jan Vavruška, Ph.D.

Katedra výrobních systémů a automatizace





# Design and optimalization of production line

## Diploma thesis

*Study program:*

N2301 Mechanical Engineering

*Study branch:*

Production systems and processes

*Author:*

**Bc. Stanislav Kubíček**

*Supervisor:*

Ing. Jan Vavruška, Ph.D.

Production systems and automatization  
department





## Zadání diplomové práce

# Návrh a optimalizace výrobní linky.

*Jméno a příjmení:* **Bc. Stanislav Kubíček**  
*Osobní číslo:* S18000260  
*Studijní program:* N2301 Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* Výrobní systémy a procesy  
*Zadávací katedra:* Katedra výrobních systémů a automatizace  
*Akademický rok:* **2020/2021**

### Zásady pro vypracování:

Cílem práce je analyzovat a specifikovat požadavky na výrobní linku, dle kapacitních požadavků zákazníka. Hlavním výstupem je specifikace parametrů pro subdodavatele výrobních technologií.

- 1) Definovat vstupy a výstupy linky.
- 2) Navrhnout počet stanic a způsob rozvrhování operátorů.
- 3) Navrhnout dílčí činnosti a výstupy jednotlivých stanic výrobní linky.
- 4) Specifikovat logistické požadavky, zásobování stanic a přesun polotovarů mezi stanicemi.
- 5) Analyzovat a navrhnout metody práce u jednotlivých stanic.
- 6) Analyzovat opatření v rámci pohybové ekonomie a ergonomie práce.
- 7) Poté linku optimalizovat např. metodou předem určených časů a navrhnout zlepšení z hlediska času cyklu a balancování linky.
- 8) Specifikovat požadavky na subdodavatele technologií.
- 9) Shrnout přínosy práce.

*Rozsah grafických prací:* dle potřeby  
*Rozsah pracovní zprávy:* 50-60  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

- [1] LIKER, J. Tak to dělá Toyota. Praha: Management press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.  
[2] IPA slovník [online slovník], 2015. Dostupné z <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník>.  
[3] BUREŠ, M. Tvorba a optimalizace pracoviště, e book. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3  
[4] MAREK, J., SKŘEHOT, P. Základy aplikované ergonomie. VÚBP, a.s. Praha, 2009. ISBN 978-80-86973-58-6.  
[5] BĚLOHLÁVKOVÁ, L. a kol.: ERGONOMIE na pracovištích (sešiti I. – V.), Praha 2004, Akademie práce a zdraví ČR, o.p.s. a MPSV ČR  
[6] CHUNDELA, L. Ergonomie. Praha: ČVUT, 2007. 173 s. ISBN 978-80-01-03802-4  
[7] MALÝ, S., KRÁL, M., HANÁKOVÁ, E., ABC Ergonomie. Praha, 2010. ISBN 978-80-7431-027-0.  
[8] GILBERTOVÁ, S; MATOUŠEK, O., Ergonomie: optimalizace lidské činnosti. Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0226-6.  
[9] SALVENDY, GAVRIEL. Handbook of human factors and ergonomics. 3rd ed. Hoboken : John Wiley Sons, Inc., 2006. ISBN 0-471-44917-2.  
[10] STANTON, N., HEDGE, A., BROOKHUIS, K., SALAS, E., HENDRICK, H. Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. USA: CRC Press, 2005. ISBN 0-415-28700-6. ČSN normy Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci (se změnami: 68/2010 Sb., 93/2012 Sb., 9/2013 Sb., 32/2016 Sb.)

*Vedoucí práce:* Ing. Jan Vavruška, Ph.D.  
Katedra výrobních systémů a automatizace

*Datum zadání práce:* 19. listopadu 2020  
*Předpokládaný termín odevzdání:* 19. května 2022

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan

L.S.

Ing. Petr Zelený, Ph.D.  
vedoucí katedry

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

1. června 2021

Bc. Stanislav Kubíček



#### Poděkování

Chtěl bych využít této možnosti a poděkovat panu Ing. Janu Vavruškovi Ph.D., vedoucímu diplomové práce, za odborné vedení, podnětné rady a návrhy, které byly přínosem při zpracování práce a také za jeho trpělivost a ochotu, díky kterým jsem práci dokončil.

Zároveň chci poděkovat vedení podniku Kautex Textron Bohemia, že mi umožnilo diplomovou práci ve firmě Kautex Textron Bohemia zpracovat a poskytlo mi užitečné podněty, rady a materiály. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat panu Vladimíru Svobodovi za profesionální přístup a čas, který mi věnoval během zpracování diplomové práce.

Tato práce byla podpořena Studentskou grantovou soutěží Technické univerzity v Liberci v rámci projektu Optimalizace výrobních systémů, 3D technologií a automatizace č. SGS-2019-5011“

**NÁZEV:**

Návrh a optimalizace výrobní linky palivových hrdel FAAR WE

**TITLE:**

Design and optimization of a production line FAAR WE fuel fillers

**ANOTACE:**

Tato diplomová práce se zabývá náběhem nového projektu palivových hrdel FAAR WE ve společnosti Kautex Textron Bohemia. Teoretická část práce je zaměřena na vysvětlení základních pojmů, popisů procesů a činností, které v podniku probíhají. Hlavním cílem práce je specifikace parametrů pro subdodavatele výrobních technologií. Jako další cíle jsou stanoveny následovně: definice vstupů a výstupů linky, navrhnout počet stanic a způsob rozvržení operátorů, specifikovat logistické požadavky, zásobování stanic a přesun polotovarů mezi stanicemi, analyzovat a navrhnout metodu práce obsluhy u jednotlivých stanic, analyzovat opatření v rámci pohybové ergonomie a ergonomie práce a případně linku optimalizovat.

**ANNOTATION:**

This diploma thesis deals with the launch of a new project of FAAR WE fuel fillers, in the company Kautex Textron Bohemia. The theoretical part of the work is focused on explaining the basic concepts, descriptions of processes and activities that take place in the company. The main goal of this work specification parameters for sub suppliers of each stations . Other goals are follows: definition of line inputs and outputs, design the number of stations and the method of scheduling operators, specify logistics requirements, supply stations and transfer of semi-finished products between stations, analysis and design method of operator work at individual stations, analyze measures in ergonomics improvement and ergonomics of work and line optimization for example by the method of predetermined times.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Palivová hrdla, process flow diagram, list parametrů, layout, CAQ, PLC, robotické centrum, krimpování, ultrazvuková zkouška těsnosti, RULA, OEE, SCRAP, SAP

## KEYWORDS:

Fuel filler, process flow diagram, parameters list, layout, CAQ, PLC, robotic center, swedging, ultrasonic leak tester, RULA, OEE, SCRAP, SAP



# Obsah

Úvod .....	11
Cíle práce.....	12
1. Teoretická část .....	13
1.1    Pojmy a metody průmyslového inženýrství.....	14
1.1.1    Projektové řízení .....	14
1.1.2    Průmyslové inženýrství .....	15
1.1.3    Výrobní proces .....	16
1.1.4    Štíhlá výroba.....	16
1.1.5    Štíhlá logistika .....	17
1.1.6    Tok jednoho kusu .....	17
1.2    Metody předem určených časů .....	18
1.2.1    MTM (Methods Time Measurement) .....	19
1.2.2    MOST (Maynard Operation Sequence Teqnique).....	20
1.3    Procesní vývojový diagram.....	20
1.4    FMEA .....	21
1.5    Systémy CAQ.....	21
1.6    Ergonomie práce .....	23
1.6.1    RULA (Rapid upper limb assessment) .....	23
1.6.2    Další metody ergonomie práce .....	24
1.7    SAP systémy .....	24
2    Praktická část .....	26
2.1    Představení společnosti Kautex Bohemia .....	27
2.2    Představení projektu.....	28
2.2.1    Definice vstupů a výstupů projektu .....	29
2.2.2    Varianty palivových hrdel.....	30
2.2.3    Plánovaný layout linky .....	31
2.3    Procesní vývojový diagram (process flow diagram).....	32
2.4    Navržená posloupnost operací .....	33
2.5    Počet operátorů a jednotlivé pracovní kroky.....	35
2.6    Procesní FMEA zpracovaná pro projekt FAAR WE hrdel.....	37
2.7    List parametrů .....	38
2.8    Specifikace jednotlivých zařízení.....	40
2.8.1    Obecné specifikace.....	40

2.8.2	Vyfukovací stroj H12/H a dochlazovací zařízení.....	41
2.8.3	Specifikace stanice krimpování .....	41
2.8.4	Stanice robotické centrum .....	44
2.8.5	Stanice ultrazvuková zkouška těsnost (ULST) .....	53
2.8.6	Specifikace systému CAQ .....	57
2.9	Logistické požadavky a zásobování stanic.....	61
2.9.1	Rozmístění polotovarů a nakupovaných dílů u jednotlivých stanic .....	61
2.9.2	Kalkulace potřeb komponent u jednotlivých stanic.....	61
2.9.3	Tok polotovarů, nakupovaných dílů, materiálu a finálních dílů linkou .....	62
2.10	Analýza a opatření v rámci pohybové ergonomie a ergonomie práce .....	63
2.11	Optimalizace linky, návrhy zlepšení z hlediska času cyklu a balancování linky .....	64
2.11.1	Automatický převod kódu do systému SAP .....	64
2.11.2	Implementace aplikátoru na lepení zákaznických štítků .....	66
2.11.3	Implementace kolaborativního robota na první stanici montáže.....	67
3	Shrnutí přínosů práce.....	71
4	Seznam použité literatury .....	73
5	Seznam obrázků .....	76
6	Seznam symbolů a zkratk .....	78
7	Seznam tabulek .....	79
8	Seznam příloh.....	79

# Úvod

Podmínky současného ekonomického prostředí 21. století jsou naprosto odlišné od podmínek, které panovaly dříve. Ve 20. století převládala orientace na snižování nákladů a snižování cen produktů za účelem dosažení konkurenční výhody. Současná doba je taková, že se firmy orientují především na zákazníka, a to nejen v oblasti služeb, ale i v oblasti průmyslu a automotive.

V tomto odvětví firmy přechází na nové trendy a primárně se soustředí na zajišťování, pochopení a uspokojování potřeb svých zákazníků. Orientace na zákazníka probíhá na všech úrovních podniku.

Jednou z oblastí, které se změny dotkly je plánování a řízení projektů. V rámci přizpůsobování se zákazníkům došlo ke změnám při náběhu projektu, při specifikaci projektu a dochází k nárůstu flexibility výroby a rozmanitosti produktového portfolia při redukci nákladů a postupném nahrazování lidské činnosti automatizovanými linkami a systémy. Firmy jsou nuceny hledat moderní a nové přístupy k řízení projektů a výroby. Počátky vzniku těchto konceptů jsou zejména ve Spojených státech amerických a Japonsku. Je to možná dáno tím, že tyto nové koncepty jsou orientovány především na kvalitu daných výrobků, a ne čistě na zisk, jako je to v některých jiných zemích. Svoji úlohu v tomto jistě hrají i historické a kulturní odlišnosti.

Tato diplomová práce se zabývá náběhem projektu palivových hrdel ve společnosti Kautex Textron Bohemia. Je zaměřena na specifikace jednotlivých částí linky, návrhu konceptu výroby, při splnění všech požadavků zákazníka a interních požadavků.

Hlavním cílem této práce je specifikace jednotlivých pracovišť výrobní linky. Při specifikaci byl kladen důraz na implementaci prvků automatizace při zachování jednoduchosti a možnosti výroby více variant výrobku s minimální přestavbou. Dále jsem se snažil implementovat poznatky z ostatních výrobních linek společnosti a nápady o kterých si myslím, že by mohly posunout výrobu hrdel zase o kousek dále k moderním trendům. V neposlední řadě jsem naslouchal radám a poznatkům ostatních kolegů. Tímto bych jim chtěl za jejich poznatky a připomínky poděkovat.

# Cíle práce

Cílem této diplomové práce je analýza a specifikace požadavků na výrobní linku dle kapacitních požadavků zákazníka.

Hlavním výstupem je specifikace parametrů pro subdodavatele výrobních technologií.

Další cíle práce jsou navrženy následovně:

1. Definice vstupů a výstupů linky.
2. Návrh počtu stanic a způsobu rozvržení operátorů.
3. Návrh dílčích činností a výstupů jednotlivých stanic výrobní linky.
4. Specifikace logistických požadavků, zásobování stanic a přesunu polotovarů mezi stanicemi.
5. Analýza a návrh metody práce u jednotlivých stanic.
6. Analýza a opatření v rámci pohybové ergonomie a ergonomie práce.
7. Optimalizace linky např. metodou předem určených časů a návrhy zlepšení z hlediska času cyklu a balancování linky.
8. Specifikace požadavků na subdodavatele technologií.
9. Shrnutí přínosů práce.

# **1. Teoretická část**

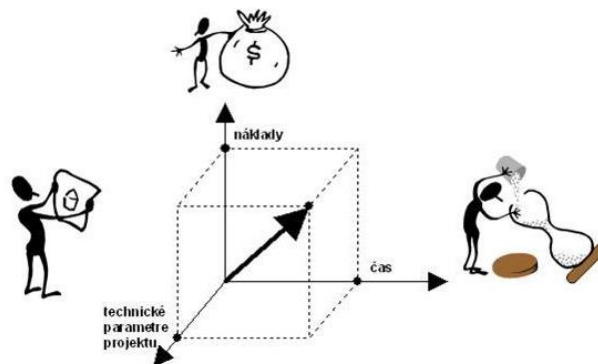
## 1.1 Pojmy a metody průmyslového inženýrství

Průmyslové inženýrství si představuji jako obor, který kombinuje technické znalosti a poznatky podnikového řízení. Snaží se o co nejlepší využití podnikových zdrojů, a jeho hlavním úkolem je optimalizace a zlepšování jak výrobních, tak nevýrobních procesů.

Následující podkapitoly se zabývají jednotlivými pojmy z oblasti průmyslového inženýrství.

### 1.1.1 Projektové řízení

Projektové řízení je definované jako umění a věda na koordinaci lidí, peněz a časových plánů tak, aby byl daný projekt ukončený ve stanoveném čase a při plánovaných nákladech. Grafické zobrazení vstupů projektového řízení lze vidět na obr.1. [1]



Obrázek 1: Projektové řízení [1]

#### Hlavní úlohy projektového řízení:

- plánování projektu,
- identifikace zákazníka,
- přesné definování technických parametrů a cílů projektu,
- stanovení potřebných zdrojů a času na projekt,
- rozhodnutí o způsobu organizace projektu,
- výběr klíčových pracovníků pro realizaci projektu,
- definování dílčích úloh v projektu,
- vypracování rozpočtu pro projekt. [1]

### **Časové rozvržení projektu:**

- podrobné definování činností a jejich struktury v projektu,
- stanovení časové náročnosti pro jednotlivé činnosti,
- určení pořadí činností,
- stanovení času pro začátek a konec projektu,
- zpracování podrobných rozpočtů pro jednotlivé činnosti,
- přiřazení pracovníků pro jednotlivé činnosti.[1]

### **Řízení projektu:**

- monitorování skutečného průběhu času, nákladů a parametrů projektu,
- porovnání plánovaných a skutečných ukazatelů projektu,
- rozhodování o potřebě korekcí projektu,
- příprava a vyhodnocení alternativ pro projekt,
- realizace alternativ. [1]

## **1.1.2 Průmyslové inženýrství**

Průmyslové inženýrství je jedním z nejmladších inženýrských oborů a prochází neustálým vývojem.

Průmyslové inženýrství je vědní obor, důraz se klade na plánování, navrhování, zavádění a řízení integrovaných systémů. Cílem je produkování výrobků nebo poskytování služeb. V těchto systémech zajišťuje vysoký výkon, spolehlivost, údržbu, plnění plánu a řízení nákladů v rámci celého životního cyklu výrobku. [2]

Jednoduše řečeno, průmyslové inženýrství je obor, který se v rámci hledání toho, jak důmyslněji provádět práci, zabývá odstraňováním plýtvání, nehospodárnosti, iracionality a přetěžování z pracovišť. Výsledkem těchto aktivit se stává to, že tvorba vysoce kvalitních produktů i poskytování vysoce kvalitních služeb je snadnější, rychlejší a levnější. [3], [4]

K základním principům zlepšování procesů z pohledu průmyslového inženýrství patří:

- eliminace,
- zjednodušení,
- kombinace,

- změna pořadí,
- skutečný test schopnosti zlepšit procesy a zvýšit produktivitu. [3]

### 1.1.3 Výrobní proces

Výrobní proces je proces, ve kterém dochází k transformaci vstupních zdrojů (činitelů) na výstupy (statky, služby). Statky jsou přitom chápány jako fyzické komodity a služby jsou úkony sloužící k uspokojení poptávky. [5]

Model výroby je tvořen výrobní jednotkou, výrobním úsekem a jednotlivými pracovišti. Pracoviště je samostatně fungující výrobní prostředek, který je jak technologicky, kapacitně, tak i místně vymezen. Tvoří základní prvek výrobního systému.

Výrobní úsek sestává z několika pracovišť a jako celek slouží k výrobě určitého souboru dílů.

Výrobní jednotka je tvořena souborem výrobních úseků, který se nazývá provoz, závod, dílna nebo podnik v závislosti na charakteru výroby. Jako celek umožňuje výrobu kompletního výrobku. [5]

### 1.1.4 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba je filozofie založená na snižování nákladů a zkrácení jednotlivých časů mezi zákazníkem a dodavatelem pomocí eliminace plýtvání v tomto řetězci. Myšlenka se zaměřuje především na zvyšování hodnoty, která je definována požadavkem zákazníka. [6]

Štíhlou výrobu je možno definovat jako způsob organizační změny, který je nejčastěji spojovaný s cílem navýšení zisku. Toho můžeme dosáhnout soustředěním se na snížení nákladů. [7]

Základními prvky štíhlé výroby jsou:

- management toku hodnot (VSM),
- štíhlé pracoviště (s tím souvisí 5S), vizualizace,
- týmová práce,
- neustálé zlepšování – kaizen:
  - štíhlý layout, výrobní buňky,



- totálně produktivní údržba (TPM), rychlé změny, redukce dávek,
- procesy kvality a standardizovaná práce,
- synchronizace procesů a vyvážené toky. [8]

### 1.1.5 Štíhlá logistika

Logistika lze ve stručnosti definovat jako pohyb materiálu a v některých případech i lidí. První použití tohoto termínu souviselo s vojenskými strategiemi, ale postupně se tento pojem rozšířil i do obchodních aktivit. [9]

V roce 1991 Rada pro řízení logistiky definovala logistiku jako proces plánování, implementace a kontroly účinného, efektivního toku zboží, služeb a příslušných informací z bodu jejich původu k bodu spotřeby podle potřeb zadaných zákazníkem. [9]

V souvislosti se štíhlou logistikou a materiálovým tokem dochází k soustředění se na pohyb materiálu a na informační tok. Cíl je odvozený od cíle štíhlého podniku a spočívá v zabezpečení co nejkratší průběžné doby výroby, a to bez zbytečných zásob. Štíhlá logistika má snahu odstranit všechny neproduktivní a neefektivní prvky v řetězci a eliminovat plýtvání časem, materiálem a lidským potenciálem. [10]

Základní prvky pro budování štíhlé logistiky jsou:

- management toku hodnot (VSM),
- optimalizaci logistické sítě,
- spolupráce s dodavateli a odběrateli,
- neustálé zlepšování – kaizen,
- informační a komunikační systém,
- totálně produktivní údržba (TPM) v logistice,
- kvalita a standardizace logistických procesů,
- management dodavatelských řetězců. [11]

### 1.1.6 Tok jednoho kusu

Tok jednoho kusu (One Piece Flow) označuje koncept pohybu jednoho dílu nebo polotovaru mezi operacemi v pracovní buňce. [12]

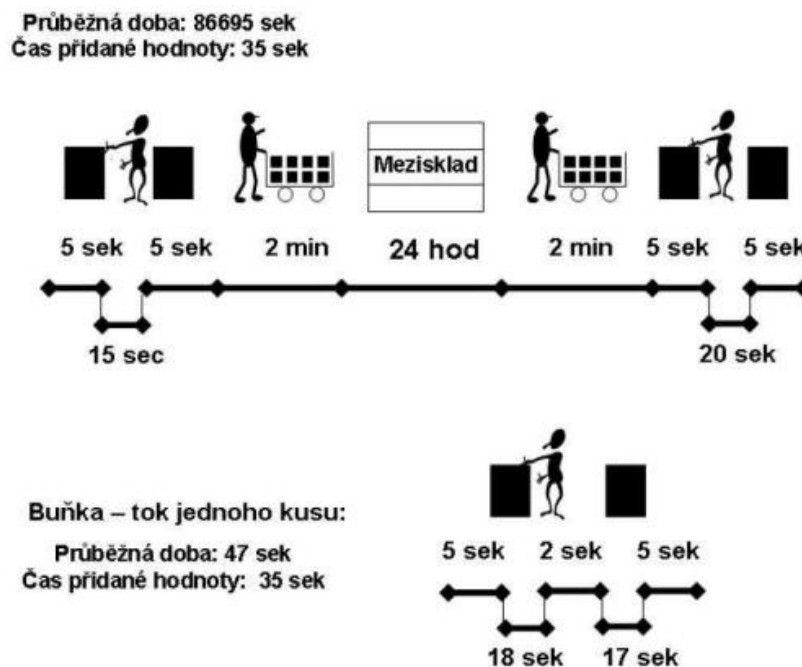
Základním prvkem při vzniku této metody byla myšlenka Henryho Forda, který hledal možnosti eliminace následujících druhů plýtvání:

- plýtvání při přemísťování objektů.
- plýtvání při samostatných činnostech pracovníků,
- plýtvání při hledání a porovnávání objektů,

Abychom mohli označit proces za „tok jednoho kusu“, je nutné splnit několik pravidel:

1. cyklový čas je založený na požadavcích zákazníka,
2. kapacitní využití strojů je založeno na cyklovém čase,
3. výroba se koncentruje především na montážní operace,
4. layout závodu musí být vhodný pro one piece flow výrobu,
5. produkt musí být vhodný pro one piece flow výrobu. [13]

Porovnání dávkové výroby versus výroby jednoho kusu je zobrazen níže na obr. 2.



**Obrázek 2:** Porovnání dávkové výroby a toku jednoho kusu [14]

## 1.2 Metody předem určených časů

Zatímco pozorování a snímky pracovního dne jsou metodami přímého měření, tak metody předem určených časů jsou metodami nepřímého pozorování. Založeny jsou na

kombinaci časových a pohybových studií. Přiřazují základním pohybům předem určené časy, zjištěné na základě dlouhodobých měření práce. Jsou vhodné pro aplikaci ve všech odvětvích průmyslu, pro malosériovou i velkosériovou výrobu. [15]

Mezi nejznámější metody patří skupiny MTM a MOST.

### **1.2.1 MTM (Methods Time Measurement)**

MTM je nejznámější skupina metod předem stanovených časů a vznikla roku 1948 pro společnost Westinghouse Electric Corporation v USA. Poté se začala velmi rychle šířit do celého světa. [15]

Při analýzách lidské práce se ukázalo, že se skládají ze souborů úkonů a pohybů, které se opakují. Tyto prvky se nazývají základními pohyby (např. sáhnout, uchopit, přemístit). Při výzkumu jednotlivých pohybů se došlo k závěru, že průměrná hodnota času, kterou potřebují „zaučení“ pracovníci na to, aby uskutečnily základní pohyb, je stejná. Na základě tohoto závěru je možné statisticky určit časové hodnoty pro trvání základních pohybů. Základní jednotkou je TMU: 1 TMU=0,036 sec. Metoda je založena na koncepci časových a pohybových studií, přiřazuje základním pohybům předem určené časy získané na základě dlouhodobých analýz pracovních činností. Systém je vhodný pro aplikaci ve všech odvětvích průmyslu, pro malosériovou i velkosériovou výrobu. [15]

MTM analyzuje a poskytuje informace o:

- možnostech pohybů (pohyby, které se mohou navzájem omezovat),
- možných kombinacích pohybů (kritické a nekritické),
- identifikaci o zbytečných, nebo neefektivních pohybech
- zlepšování existujících metod na zvýšení objemu výroby a snížení spotřeby práce,
- vytvoření časových norem pracovníků,
- výběru efektivního pracovního zařízení. [15]

V praktické části práce se zabývám metodou předem určených časů známou jako VWF (interní metoda společnosti KAUTEX na kalkulaci počtu operací na jednotlivých stanovištích a následné kalkulaci operátorů pro linku), která má stejně jako metoda MTM, ruční práce rozložené do základních pohybů a každý tento pohyb má předem stanovenou časovou hodnotu. Zápisem zkratk jednotlivých pohybů dostaneme finální čas operace a

dále i vytížení operátora. Metoda VWF se používá při přípravě projektu jako pomůcka pro kalkulaci počtu operátorů na montážní lince a zahrnuje předpokládané operace, které musí každý operátor splnit.

### **1.2.2 MOST (Maynard Operation Sequence Technique)**

Lidé v průmyslovém inženýrství jsou přesvědčeni, že každá metoda může být dále zlepšována, a tak věnují úsilí tomu, aby se co nejvíce zjednodušili a usnadnili analytické pracovní úkoly. To vede různorodosti používaných systémů a k dalšímu zkoumání konceptu měření produktivity práce. Výsledkem těchto činností bylo vytvoření přístupu, známého jako MOST. Koncept MOST byl vyvinut v roce 1967, ale kompletní systém byl představen ve Švédsku v roce 1972 a o dva roky později se tento koncept představil ve Spojených státech. MOST je uživatelsky velice příjemný systém pro stanovení předem určených časů a pohybů při práci. [16]

Metodu MOST můžeme dále dělit na: MINI MOST (trvání činností 2 – 10 sec), BASIC MOST (trvání činností 10 sec – 10 min), MAXI MOST (trvání činností 2 min a více).

Délky trvání pro jednotlivé metody jsou pouze orientační. Vždy je nutné posuzovat výběr varianty podle charakteru vykonávané činnosti.

## **1.3 Procesní vývojový diagram**

Procesní vývojové diagramy (PFD) představují grafický způsob popisu procesu, jeho základních úkolů a jejich posloupnosti. PFD pomáhá při brainstormingu a komunikaci návrhu procesu. O úrovni podrobností může rozhodnout tým. Zahrnutí větších podrobností vyžaduje čas, ale snižuje pravděpodobnost chyb.

Projektový tým by měl být schopen vytvořit PFD pro každý jednotlivý proces. Dobrým způsobem, jak postupovat při vytváření PFD, je nejprve stanovit hlavní úkoly procesu. Po definování hlavních úkolů je možné přejít na dílčí úkoly a kroky nezbytné k realizaci každého dílčího úkolu. Dalším krokem je kontrola PFD s dalšími odděleními, např. výrobními inženýry a techniky, technologickým týmem a týmem kvality. [17]

## 1.4 FMEA

FMEA je analýza jejíž cílem je identifikovat vznik vad v procesu (Failure mode and effect analysis). Je to základní nástroj pro zlepšení designu produktu i jeho procesu výroby. Lze ji použít pro návrh zařízení, procesu systému a designu.

FMEA je strukturovaný proces hodnocení, kvantifikace a snižování rizik spojených s různými prvky designu. Jednoduše řečeno to je proces hodnocení rizik, který hodnotí, jaké funkce nebo režimy selhání by mohly ovlivnit kvalitu produktu vnímanou zákazníkem (bez ohledu na to, kde se nacházejí v dodavatelském řetězci) a jak lze tato rizika snížit.

Ačkoli formální posouzení rizik FMEA by mělo být vždy součástí procesu přezkoumání návrhu, FMEA by měla být vytvořena s postupujícím designem. To umožňuje provádět konstrukční změny, aby se snížilo riziko a zlepšila kvalita při vývoji produktu, nikoli po jeho dokončení.

Z hlediska kvality poskytuje FMEA přehled robustnosti designu produktu, činí návrhy odolnějšími vůči chybám a vede k přirozenému vývoji plánu FMEA a plánu kontroly produktu. FMEA je týmový proces. Každý by se měl cítit plně zapojen do procesu a směřování k cíli. Přesto je vždy vhodné delegovat určité odpovědnosti na konkrétní osoby, aby monitorování a podávání zpráv mohlo být účinné. [18], [19]

V praktické části byla zpracována procesní FMEA (P-FMEA), která se zabývá možnými chybami a riziky v procesu výroby palivových hrdel.

U P-FMEA je u většiny zákazníků hlavním kritériem hodnota RPN – rizikové číslo, které je dáno součinem hodnot významu, výskytu a detekce. Porovnává se s kritickou hodnotou, kterou obvykle určuje zákazník (např.  $RPN_{krit}=125$ ). V mojí diplomové práci bylo rizikové číslo zákazníkem definováno na hodnotu  $RPN=100$

## 1.5 Systémy CAQ

CAQ systémy, neboli kvalita podporovaná počítačem (computer aided quality), jsou systémy pro řízení kvality, kde je nutné shromažďovat, zpracovávat, evidovat a třídit stále větší objem dat. Je samozřejmé, že výpočetní technika proniká stále ve větší míře i do procesu řízení kvality. Pro toto použití se vžila zkratka CAQ.

Počítačová podpora jakosti CAQ musí být navržena jako integrovaný systém určený pro podporu managementu jakosti. Jedná se o informačně – řídicí systém dělený do určitých oblastí, které pokrývají celou šíři požadavků mezinárodních norem pro management jakosti ČSN EN ISO 9001.

CAQ systémy nám přináší prokazatelnou evidenci historie výroby každého vyráběného kusu, a zároveň pomocí kontroly historie jednotlivých operací můžeme zajistit, že nám na další stanoviště v procesu nebudou přicházet NOK díly z předchozích výrobních operací. Vždy je nutné rozhodnout, která data budeme chtít z procesu vyhodnocovat, ukládat a archivovat.

Přínosy ze zavedení počítačové podpory systému řízení jakosti:

- naplnění požadavků na řízení procesních postupů dle norem pro systém managementu jakosti a ekologie bezpečnosti práce,
- vzájemné provázání a předávání informací při řízení všech procesních postupů,
- možnost zpracování elektronických dokumentů jednotlivých procesních postupů a jejich distribuce,
- zrychlení a zjednodušení činností při řízení a změně dokumentace,
- snadné řízení a udržování externích dokumentů,
- efektivní řízení a udržování záznamů o jakosti,
- nástroje pro efektivní plánování procesů,
- účinné řízení informací v oblasti plánování jakosti a ekologie a jejich snadná dostupnost,
- snadné a efektivní vedení vnitřních prověrek – auditů a řízení nápravných opatření,
- sběr dat z měřidel s digitálním výstupem a jejich snadné a efektivní zpracování pomocí statistických metod,
- evidence a řízení neshod, snadné provedení rozborů pomocí analýzy,
- efektivní řízení nápravných a preventivních opatření,
- vedení síťového databázového prostředí – snadné zálohování a údržba,
- možnost spojení s již existujícími výrobními nebo ekonomickými systémy. [20]

Popis systémů CAQ jsem zvolil, protože je to systém, který společnost KAUTEX globálně používá k řízení kvality výrobku a sledování jednotlivých činností procesu.

## 1.6 Ergonomie práce

První povědomí o ergonomii pochází již z doby kamenné, kdy lidé konstruovali nářadí a přizpůsobovali je svým úchopovým potřebám. Od doby kamenné se ergonomie vyvíjela souběžně s vývojem pracovní činnosti člověka. První písemný záznam o ergonomii vznikl až o několik tisíc let později, přesněji v roce 1857, kdy Wojciech Jastrzebowski vydal dílo s názvem *Nástin ergonomie*, tj. věda o práci. [21], [22]

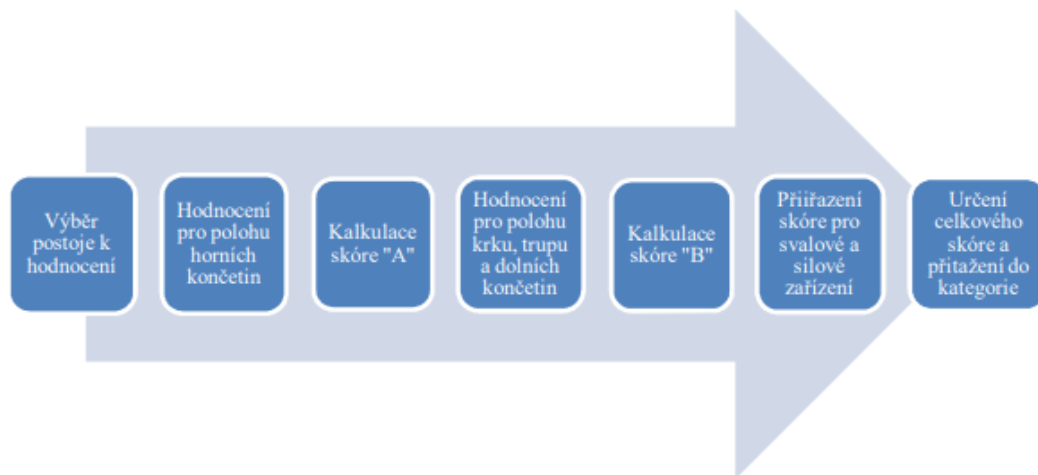
Za oficiální definici ergonomie je považována definice, která je schválená od roku 2000 Mezinárodní ergonomickou asociací (IEA), jež zní: „*Ergonomie (nebo human factors) je vědeckou disciplínou, která se zaměřuje na pochopení interakcí mezi lidmi a ostatními částmi systému a taktéž je ergonomie považována za profesi, která využívá teorie, principy, data a metody, zaměřené na navrhování optimalizace lidské pohody (zdraví a prospívání) a výkonu celého systému.*“ [23]

Různé státní a mezinárodní společnosti, instituce dokonce i samotní autoři popisují ergonomii různými způsoby, avšak všechny mají základní společnou myšlenku, tj. vylepšení pracovních podmínek, při kterých nebude člověku hrozit nebezpečí a zároveň bude pracovat ve vhodném prostředí, při zvýšení efektivnosti pracovní činnosti. [24]

### 1.6.1 RULA (Rapid upper limb assessment)

Jedná se o komplexní metodu, která slouží k pozorování, identifikaci a hodnocení pracovních poloh při určitém pracovním postoji a při manipulaci s břemeny. Zároveň však hodnotí míru potřeby nápravných opatření směřujících ke snížení rizika vzniku kumulativních traumatických těžkostí. Nejčastěji je využívána při hodnocení opakujících se činností. Pomocí metodiky ergonomické analýzy RULA lze vypočítat muskuloskeletální zátěž při pracovních činnostech, při kterých jsou pracovníci vystaveni riziku zátěže krku a horních končetin. Analýza však současně bere v potaz polohu krku, trupu, vynaloženou sílu a repetitivnost. [25]

Postup při hodnocení pracovní polohy metodou RULA je zobrazen na níže uvedeném obr. 3.



**Obrázek 3:** Postup při hodnocení pracovní polohy metodou RULA [26]

Celá analýza v podstatě spočívá v zaznamenávání do formuláře, počítání skóre a výsledného zhodnocení přijatelnosti práce pomocí čtyř kategorií:

- kategorie první (skóre 1–2) – přijatelná poloha, pokud však není vykonávaná po delší dobu,
- kategorie druhá (skóre 3–4) – je nutné provést další hodnocení, požadavky na změny,
- kategorie třetí (skóre 5–6) – urgentní požadavky na změny,
- kategorie čtvrtá (skóre 7) – okamžité zastavení práce. [27]

Rozdělení do kategorií v rámci RULA analýzy nijak nekorespondují s rozdělením do kategorií v rámci kategorizace prací v České republice. [27]

Formulář analýzy RULA je zobrazen v příloze 6. RULA analýza je zde zmíněna hlavně proto, že je to požadavek společnosti KAUTEX na tvorbu ergonomických auditů jednotlivých pracovišť a procesů.

### 1.6.2 Další metody ergonomie práce

Mezi další metody ergonomie práce můžeme zařadit metody REBA (Rapid entire body assessment), LUBA (Postural loading on the upper assessment), OWAS (Ovako working assessment systém), EAWS (EuropeanAssemblyWorksheet)

## 1.7 SAP systémy

SAP, neboli „Systems – Applications – Products in data processing“ (Systémy, Aplikace, Produkty ve zpracování dat), je název německé firmy, která se věnuje výrobě, vývoji



a prodeji podnikového softwaru. Pohybuje se v oblasti plánování podnikových zdrojů (ERP) a je schopna dodat podnikový informační systém pro firmy různých velikostí. Má specializované systémy pro malé a střední firmy, stejně jako pro velké korporátní společnosti. Každý systém SAP obsahuje několik modulů, které se věnují různým oblastem řízení podniku. Existují tak moduly pro účetnictví, controlling, správu majetku, plánování výroby, plánování prodeje, řízení lidských zdrojů, skladové hospodářství, logistiku nebo management kvality. [28]

ERP systém = podnikový informační systém. ERP (enterprise resource planning) lze volně přeložit jako podnikové plánování zdrojů. Jedná se o informační systém, který ve firmě zastřešuje veškeré důležité procesy. Jedná se o čtyři hlavní oblasti: výroba, prodej, finance a personalistika, pod které spadají činnosti jako účetnictví, práce s lidskými zdroji, nakupování, zásobování, kalkulace, marketing atp. Hlavní výhodou ERP systémů spočívá v provázanosti všech firemních procesů do jediného systému. Výstupy z něj velmi dobře slouží jako podklady pro rozhodování. Typické ERP systémy dnešní doby a zároveň ty úplně první pochází od německé firmy SAP. [29]

Popis systému SAP je zde zmíněn, protože je tento ERP systém využíván společností KAUTEX ve většině firemních procesů.

## **2 Praktická část**

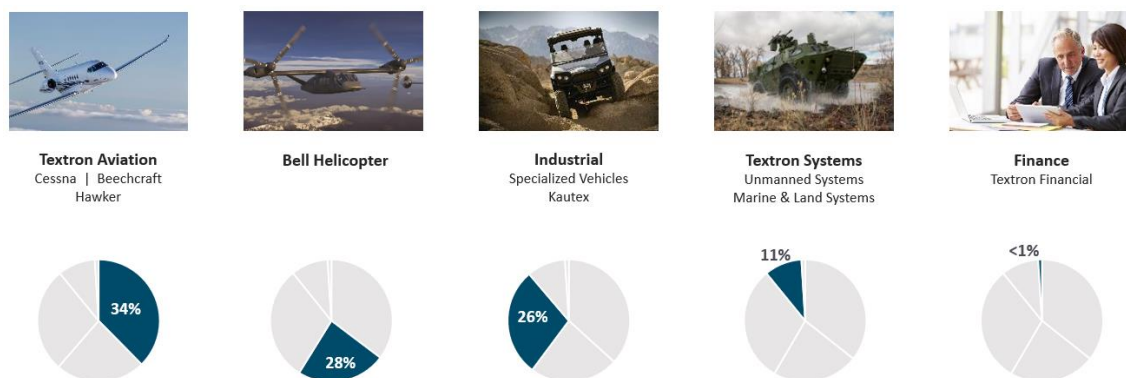
## 2.1 Představení společnosti Kautex Bohemia

Společnost Kautex Bohemia je součástí společnosti Kautex Textron se sídlem v Německém Bonnu. Kautex Textron je částí konsorcia Textron.

Textron je multioborová společnost, která využívá svou globální síť leteckých, obranných, průmyslových a finančních podniků k poskytování inovativních produktů a služeb zákazníkům po celém světě. Společnost Textron byla založena v roce 1923 a má po celém světě asi 35 000 zaměstnanců.

Průmyslový segment společnosti Textron nabízí dvě hlavní produktové řady. V první řadě jde o palivové systémy a funkční komponenty vyráběné společností Kautex. Druhá řada je specializovaná na vozidla, jako jsou golfová auta, rekreační a užitková vozidla, letecká pozemní podpůrná zařízení a profesionální sekačky, vyráběné firmami „Textron Specialized Vehicles“.

Firmy, které spadají do konsorcia Textron je možné vidět na obr. 4.



**Obrázek 4:** Firmy spadající do konsorcia Textron

Produktovou řadu palivové systémy a funkční součásti vyrábí společnost Kautex Textron.

Kautex je lídrem v navrhování a výrobě plastových palivových systémů pro osobní a lehké nákladní automobily. Společnost vyrábí konvenční plastové palivové nádrže, tlakové plastové palivové nádrže a nově i aplikace do hybridních vozidel.

Společnost Kautex má zhruba 6 000 zaměstnanců a ve 14 zemích patří z hlediska objemu prodeje mezi 100 největších dodavatelů automobilového průmyslu. Jakožto ověřený a preferovaný partner vyvíjí a vyrábí inovativní produkty pro inteligentní palivové systémy a úložné boxy pro baterie elektromobilů.

Kautex Bohemia jako součást společnosti Kautex Textron působí v České republice již více než 25 let. Závod v Kněžmostě má cca 500 zaměstnanců a zaměřuje se na výrobu palivových nádrží (FSE), SCR (Selective Catalytic Reduction) nádrží a dále na technologie pro snižování emisí a CVS (Clear Vision System) produkty – nádoby ostřikovačů.

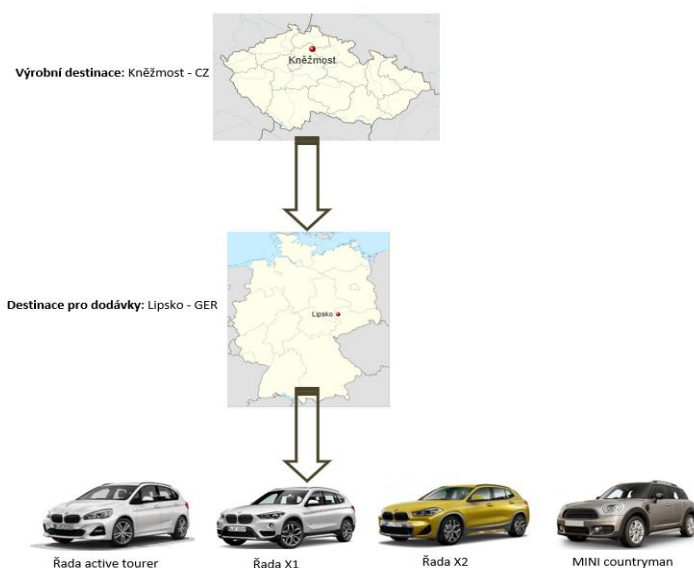
## 2.2 Představení projektu

Palivová hrdla FAAR WE jsou určena pro koncern BMW, pro platformu U06, kterou využívají některé modely řady X, activ tourer a modely MINI.

Projekt výroby palivových hrdel obsahuje celkem čtyři finální varianty. Jedná se o varianty diesel, benzín ECE, benzín US a benzín P-HEV. Všechny varianty hrdel se skládají z jednoho vyfouklého polotovaru a mixu komponent, které se pro každé hrdlo odlišují (jednotlivé varianty jsou popsány v kapitole 2.2.2).

Varianty se montují podle toho, do jakých automobilů se dodávají a na jaký trh jsou tyto automobily určeny. Obecně tato hrdla využívají modely na obr. 5.

Diplomová práce se soustředí na specifikaci požadavků na novou linku pro výrobu hrdel palivových nádrží. Destinace, ve které Kautex tato hrdla vyrábí, je závod v Kněžmostu, odtud se hrdla budou dodávat do německého Lipska, kde se namontují do jednotlivých modelů aut a následně se dodají na světové trhy.



**Obrázek 5:** Destinace výroby a dodávek palivových hrdel, modely vozů

## 2.2.1 Definice vstupů a výstupů projektu

Informace níže zobrazují požadavky zákazníka na počty jednotlivých variant po dobu trvání projektu.

Začátek produkce: Listopad 2021

Konec projektu: 2030-2031

Celkový počet dodaných kusů: 3 868 834kusů

Přehled dodávek v jednotlivých letech je zobrazen na obr. 6.

Požadavky zákazníka na objemy palivových hrdel FAAR WE														
Verze	Varianta	Závod		Suma celkem	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
		Lipsko		3 868 834	6 744	116 544	296 699	504 594	573 836	597 789	586 171	545 135	424 035	217 287
		Evropa		3 316 175	6 744	96 019	240 543	427 330	486 642	511 917	503 652	471 354	373 341	198 633
U06	ECE	Lipsko	EU6 / (EU6)	1 120 127	4 994	47 640	99 157	161 098	173 711	166 135	158 469	144 207	105 072	59 644
U06	US	Lipsko	US	1 367 720	368	16 682	55 713	145 574	183 059	221 592	227 807	220 749	189 760	106 416
U06	Diesel	Lipsko	Diesel	828 328	1 382	31 697	85 673	120 658	129 872	124 190	117 376	106 398	78 509	32 573
		Evropa		552 699	0	20 525	56 156	77 264	87 194	85 872	82 519	73 781	50 694	18 654
U06	PHEV	Lipsko	PHEV	124 656	0	20 525	25 074	20 893	18 691	16 769	14 243	8 460	0	0

**Obrázek 6:** Přehled dodávek v jednotlivých letech

Pro požadavky zákazníka jsou centrálou nastaveny následující vstupní požadavky na proces:

- čas cyklu: 28 sec,
- počet kusů za hodinu: 130,
- kapacita strojů: 77%,
- OEE (Celková efektivita výroby): 92%,
- SCRAP (NOK kusy) max.: 3%,
- počet operátorů na proces. 3,
- vyfukovací stroj H12/H,
- automatické navařovací a montážní zařízení,
- ultrazvuková zkouška těsnosti.

### Vstupy a výstupy projektu

Jako vstupy projektu jsou vybrány požadavky zákazníka a požadavky centrály společnosti Kautex Textron.

Z těchto vstupů jsou definovány výstupy projektu viz. obr. 7.

### Vstupy od zákazníka

- Začátek produkce: Listopad 2021
- Konec projektu: 2031
- Celkový počet dodaných kusů: 3 868 834 kusů
- Forecast(předpověď) dodávek v jednotlivých letech

Přibližný zápis odebírání na období příštích letů FAWT 06											
Year	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3
2022	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
2023	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
2024	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
2025	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
2026	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
2027	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
2028	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
2029	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
2030	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
2031	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000

### Vstupy centrály

- Čas cyklu: 28 sec
- Počet kusů za hodinu: 130
- Kapacita strojů: 77%
- OEE(Celková efektivita výroby): 92%
- SCRAP max.: 3%
- Počet operátorů na proces: 3
- Vyfukovací stroj H12/H
- Automatické navařovací a montážní zařízení
- Ultrazvuková zkouška těsnosti

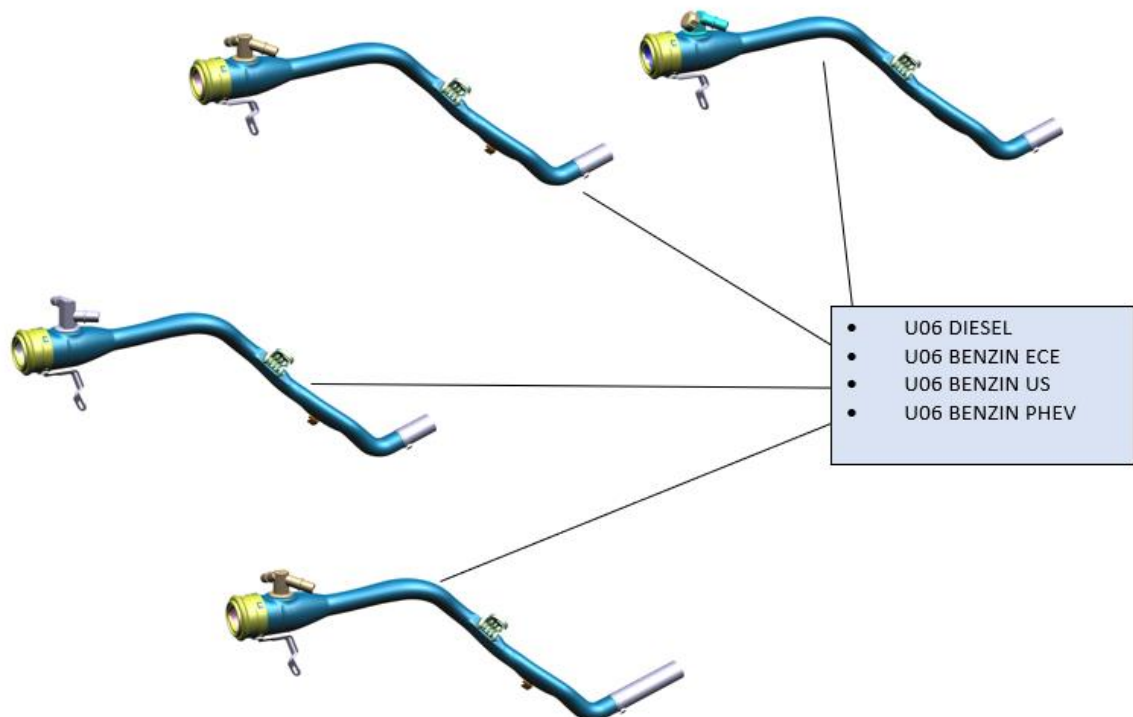
### Výstupy projektu

- Návrh a specifikace výrobní linky, která bude vyhovovat nejen z hlediska zadaných vstupů, ale bude splňovat i další požadavky společnosti KAUTEX.
- EHS
  - bezpečnost, ergonomie
- Logistika
  - tok materiálu, zásoby dílů u linky
- Výroba
  - návrh činností, balancování linky, metody práce na jednotlivých stanicích

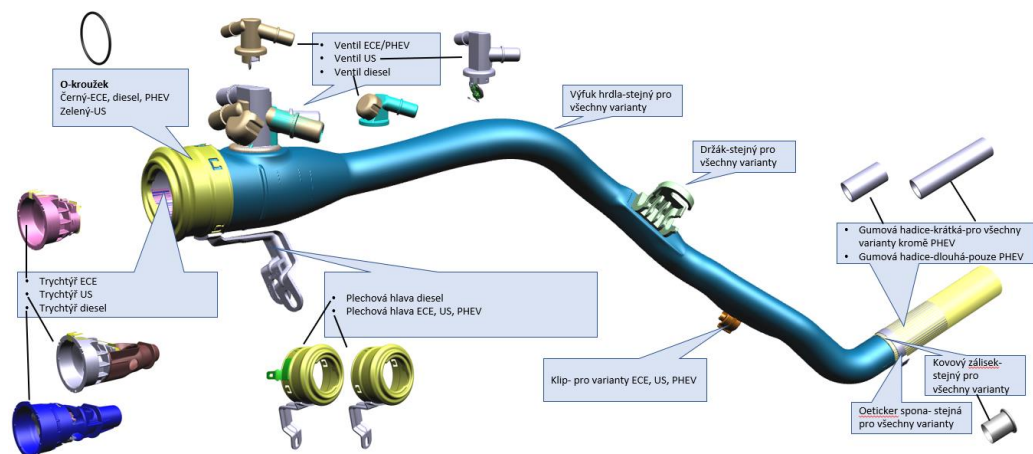
Obrázek 7: Definování vstupů a výstupů projektu

## 2.2.2 Varianty palivových hrdel

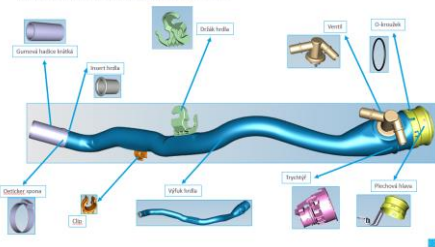
Na obr. 8 a na obr. 9 jsou zobrazeny vizualizace vyráběných variant hrdel a jednotlivé díly pro tyto varianty.



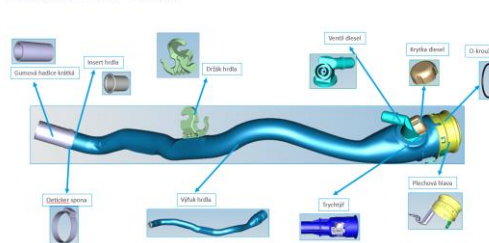
Obrázek 8: Vizualizace vyráběných variant hrdel



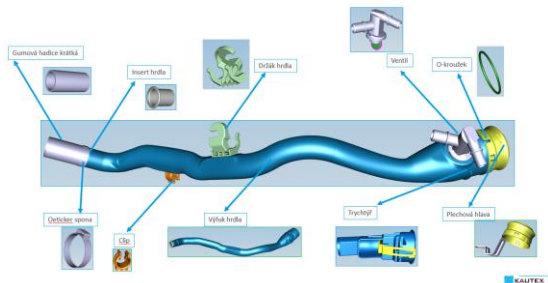
Varianta U06 Benzín ECE



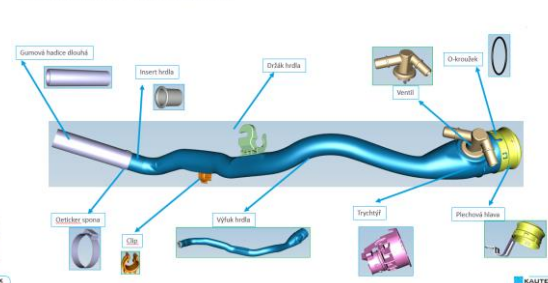
Varianta U06 Diesel



Varianta U06 Benzín US



Varianta U06 Benzín PHEV

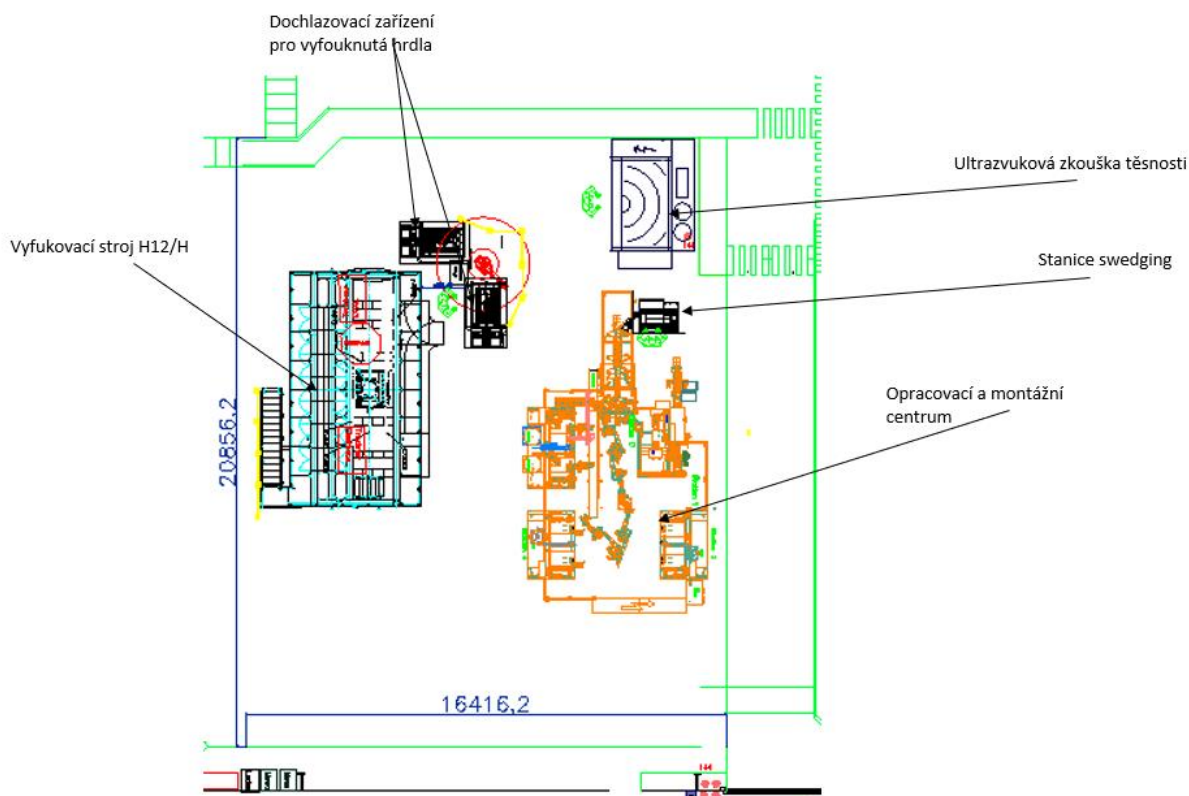


**Obrázek 9:** Vizualizace vyráběných variant hrdel a jednotlivé díly pro tyto varianty

### 2.2.3 Plánovaný layout linky

Po vyjasnění požadavků zákazníka a centrály je stanoven prostor na hale, kde by měla budoucí linka stát. Na obr. 10 jsem zakreslil předběžný layout pro vytváření dalších specifikací.


Kompletní plánovaný layout linky je dostupný v příloze 1.

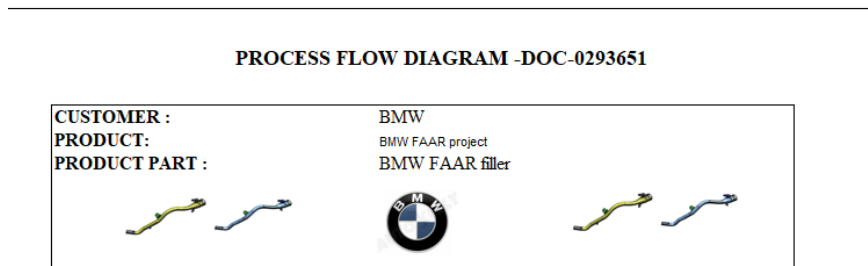


Obrázek 10: Plánovaný layout linky

## 2.3 Procesní vývojový diagram (process flow diagram)

Na připravený layout je navázán process flow diagram, zobrazený na obr. 11, který ukazuje jaký je materiálový tok linkou a jaké jsou jednotlivé pracovní kroky a postupy v procesu. Udává stručný popis výrobního postupu palivových hrdel.

 <b>KAUTEX</b> A Textron Company INDU	<b>KAUTEX TEXTRON BOHEMIA</b> Bakovska 36 294 02 Knezmost	DOCUMENT: BMW-FAAR-FILLER
		DOC.REVISION: 04
		DATE: 20.4.2019
		NO. OF PAGES: 1/6



Obrázek 11: Process flow diagram

Tento diagram je kompletně zobrazen v příloze 2



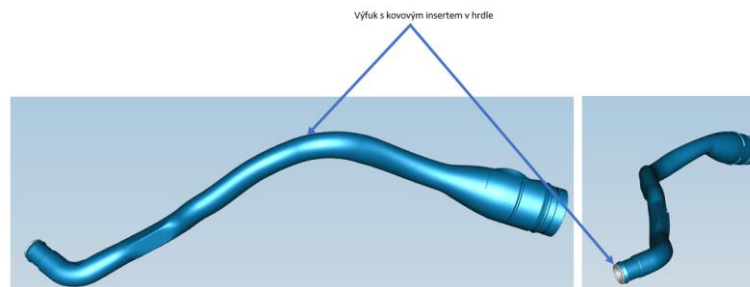
## 2.4 Navržená posloupnost operací

V této části jsou stručně popsány navrhované operace. Kompletní přehled prováděných úkonů operátorem je popsán v kapitole 2.5.

Operátor 1 (Stanice výfuk+dochlazení):

1. Odebrání hrdla z pásu.
2. Ořez přetoků (ručně).
3. Vložení kovového insertu.
4. Založení do dochlazovacího zařízení.
5. Odložení do boxu/na pás (offline/online proces).

Po splnění operací na první stanici vypadá hrdlo dle obr. 12.

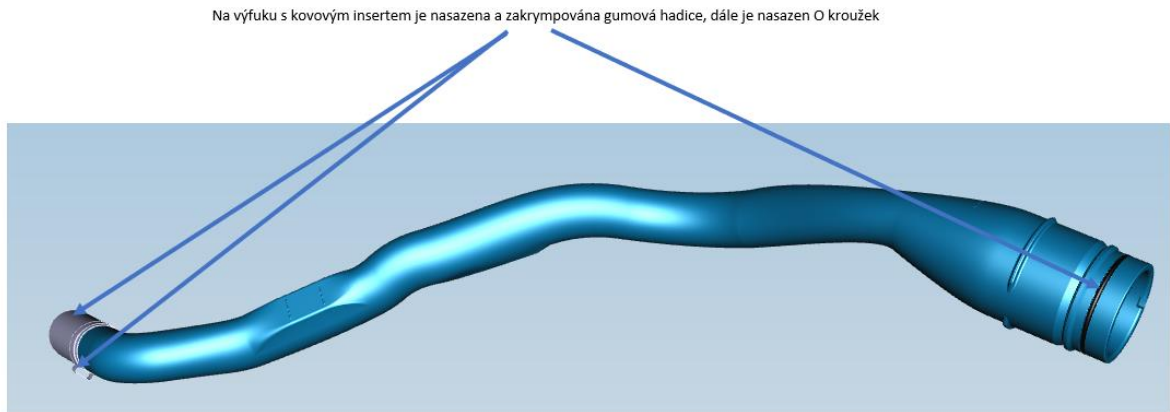


**Obrázek 12:** Vizualizace hrdla po splnění operací na stanici 1

Operátor 2 (Stanice “krimpování” a založení dílů do robotického centra):

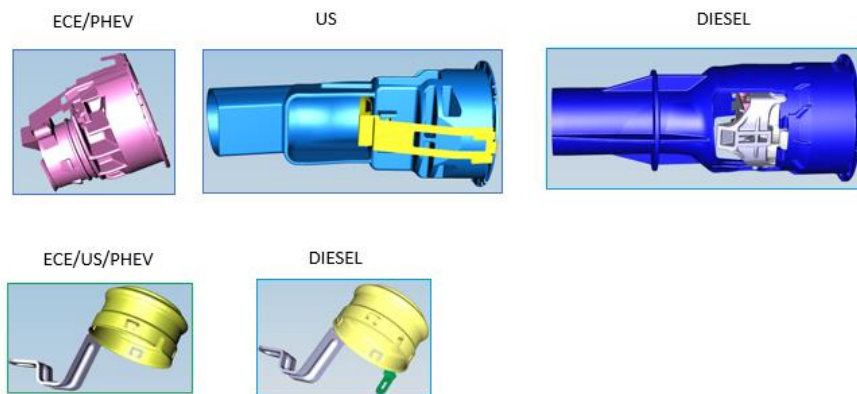
1. Odebrání hrdla z boxu/pásu (offline/online proces).
2. Založení hrdla do “krimpovacího” zařízení a nasazení gumové hadice a zakrimpování spony (automaticky).
3. Nasazení O-kroužku (ručně).
4. Založení trychtýře a plechové hlavy do podavačů.

Po splnění operací pracovníkem dvě vypadá hrdlo viz. obr. 13.



**Obrázek 13:** Vizualizace hrdla po splnění operací na stanici 2

Na obr. 14 jsou zobrazeny komponenty zakládáné operátorem 2.

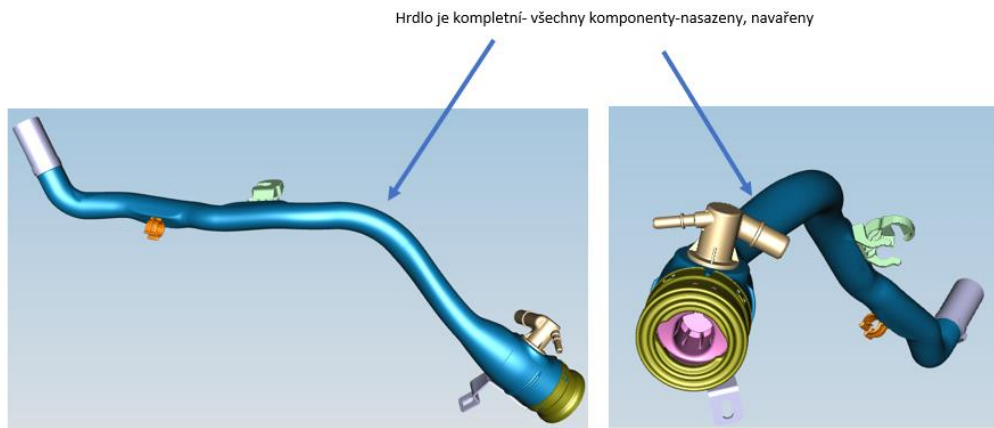


**Obrázek 14:** Založené komponenty (trychtýře a plechové hlavy) na stanici 2

Operátor 3 (test ultrazvukem+balení):

1. Odebrání hrdla z robotického centra.
2. Naskenování kódu.
3. Založení do zkoušky těsnosti.
4. Testování.
5. Odebrání ze zkoušky těsnosti.
6. Nalepení zákaznického kódu.
7. Nasazení krytek.
8. Kontrola a balení.

Před odebráním z robotického centra vypadá hrdlo takto obr. 15 :



Obrázek 15: Vizualizace hrdla před odebráním z robotického centra

## 2.5 Počet operátorů a jednotlivé pracovní kroky

Po stanovení počtu operátorů, kteří budou na lince pracovat, proběhla kalkulace VWF (metoda předem určených časů) na vytížení operátorů na jednotlivých pracovištích a navržení operací, co každý z operátorů bude dělat za činnosti.

Z kalkulace požadovaných pracovních kroků pro operátora 1 nám vychází následující pracovní operace a časy obr. 16 :

**VWF-table**

Krok procesu

Zkratky pro výpočet jednotlivých úkonů

Projekt: **Hrdlo FAAR WE**

Process: **H12/H výfuk-orez-dochlazení-Operátor 1**

Pracovní operace

Process	Amount	VU	sec tempo 70	sec tempo 80
381	381	22,86	21,43	
All in		23,57		
Max.Cycletime		27,70		
		85,11		

Celkový čas operací

Maximální čas cyklu

Vytížení operátora v %

Position	Description	# times	VWF-code	Allowances						VU	sec	Remark
				A	B	C	D	E	F			
1	Uchopení hrdla z dopravníku		1-0							20	1,24	
2	Otočení									0	0,00	
3	Chůze k ořezovému stolu	1	LW							27	1,67	
4	Uchopení nože		1-0							20	1,24	
5	Příprava nože na pozici		0-2							10	0,62	
6	Odfíznutí přetoku		0-0							10	0,62	
7	Odsunutí přetoku nožem do propadu		1-1							25	1,55	
8	Otočení hrdla		0-1							5	0,31	
9	Příprava nože na pozici		0-2							10	0,62	
10	Odfíznutí přetoku		0-0							10	0,62	
11	Odsunutí přetoku nožem do propadu		1-1							25	1,55	
12	Odložení nože		0-1							5	0,31	
13	Uchopení kovového inseru hrdla a vsunutí do hrdla		2-2							30	1,86	
14	Otočení k dochlazovacímu zařízení	1	LW+T							37	2,29	
15		0								0	0,00	
16	Vyndání dochlazeného hrdla		1-1							25	1,55	
17	Vložení teplého hrdla		0-2							10	0,62	
18	Správné napařování hrdla do chladicí skofepiny		0-0							10	0,62	
19	Vystoupení ze světelné závory		TL							10	0,62	
20	Stisknutí tlačítka start		0-0							10	0,62	
21	Přechod k dříždávacímu dopravníku	2	LW							41	2,54	
22	Zavěšení hrdla		0-2							10	0,62	
23	Přechod k pásu stroje	1	LW+T							31	1,92	
24										0	0,00	

**Obrázek 16:** VWF kalkulace operátora 1Z kalkulace požadovaných pracovních kroků pro operátora 2 nám vychází následující pracovní operace a časy obr. 17.

VWF-table												
Projekt: <b>Hrdlo FAAR WE</b>												
Process: <b>Robotické centrum-Operátor 2</b>												
<b>Grasp:</b> 0 no grasping 1 isolated object > 6mm 2 unordereed, main dim. > 6mm 3 unordereed, main dim. < 6 mm 4 isolated object, height < 6 mm		<b>Abbreviations:</b> TL movement 1 leg ZL movement 2 legs BT bodyturn HT headturn LH light hammer NH normal hammer C check LW unloaded walking LW+ loaded walking LW+T unloaded walking + turn LW+T loaded walking + turn sec machine cycle in secs		<b>Allowances:</b> T Turning S simultaneous Pp pre-positioning B bring out of fingers W1 weight 1.5 kg -3kg W2 weight 3kg- 6 kg W3 weight 6kg -12 kg + transport > 0.5 meter - transport < 0.5 meter		amount VU	427	VU	25,62	sec tempo 75	24,02	sec tempo 80
<b>Assembly:</b> 0 no assembly 1 hole + 3mm AND tol +10% 2 tolerances +3mm 3 hole -3mm OR tol -10% 1 tolerance - 3mm 4 hole -3 mm AND tol -10% 2 tolerances - 3mm						All in	26,42	sec				
						Max.Cycletime	27,70	sec				
							95,38	%	if cell is red, VWF code is false			
Position	Description	# times	VWF-code	Allowances						VU	sec	Remark
1	Uchopení hrdla		1-0	A	B	C	D	E	F	20	1,24	
2	Nasazení O kroužku		2-2							30	1,86	
3										0	0,00	
4	Pohyb k zakládací pozici	1	LW							27	1,67	
5	Založení hrdla		1-1							25	1,55	
6	Uprava police hrdla		0-1							5	0,31	
7	Uchopení hadice		2-0							20	1,24	
8	Nasazení hadice na pin		0-2							10	0,62	
9	Dotlačení hadice		0-0							10	0,62	
10	Uchopení oeticker spony		2-0							20	1,24	
11	Otevření svěrky spony		1-1							25	1,55	
12	Umístění spony		0-2							10	0,62	
13	Uzavření dveří		1-1							25	1,55	
14	Vyndání hrdla		1-0							20	1,24	
15	Přechod k zakládací pozici do robotického centra	1	LW+T							37	2,29	
16	Založení hrdla		0-2							10	0,62	
17	Pozicování hrdla		0-0							10	0,62	
18	Přecho k založení trychtyře a plechové hlavy	1	UW+T							31	1,92	
19	Uchopení trychtyře		2-0							20	1,24	
20	Založení trchtyře		0-2							10	0,62	
21	Uchopení plechové hlavy		2-0							20	1,24	
22	Založení plechové hlavy		0-2							10	0,62	
23	Pohyb zpět na začátek	2	UW							32	1,98	
24										0	0,00	

**Obrázek 17:** VWF kalkulace operátora 2

Z kalkulace požadovaných pracovních kroků pro operátora 3 nám vychází následující pracovní operace a časy obr. 18:

VWF-table												
Projekt: <b>EFR BMWG2Y</b>												
Process: <b>Zkouška těsnosti a lepení zákaznických kódů-Operátor 3</b>												
<b>Grasp:</b> 0 no grasping 1 isolated object > 6mm 2 unordereed, main dim. > 6mm 3 unordereed, main dim. < 6 mm 4 isolated object, height < 6 mm		<b>Abbreviations:</b> TL movement 1 leg ZL movement 2 legs BT bodyturn HT headturn LH light hammer NH normal hammer C check LW unloaded walking LW+ loaded walking LW+T unloaded walking + turn LW+T loaded walking + turn sec machine cycle in secs		<b>Allowances:</b> T Turning S simultaneous Pp pre-positioning B bring out of fingers W1 weight 1.5 kg -3kg W2 weight 3kg- 6 kg W3 weight 6kg -12 kg + transport > 0.5 meter - transport < 0.5 meter		amount VU	1719	VU	103,12	sec tempo 75	96,67	sec tempo 80
<b>Assembly:</b> 0 no assembly 1 hole + 3mm AND tol +10% 2 tolerances +3mm 3 hole -3mm OR tol -10% 1 tolerance - 3mm 4 hole -3 mm AND tol -10% 2 tolerances - 3mm						All in	106,34	sec				
						Max.Cycletime	110,80	sec				
							95,98	%	if cell is red, VWF code is false			
Position	Description	# times	VWF-code	Allowances						VU	sec	Remark
1	Odebrání hrdla ze skluzu	4	1-0	S						100	6,19	
2										0	0,00	
3	Pohyb ke zkoušečce	4	LW+T							76	4,70	
4	Založení do zkoušečky	4	0-2							40	2,48	
5	Start cyklu		0-0							10	0,62	
6	Uchopení hrdla	4	1-0							80	4,95	
7	Uchopení skeneru	4	1-0							80	4,95	
8	Scan	4	1-2							120	7,43	
9	Odložení skeneru	4	1-0							80	4,95	
10	Tisk	1	sec							16,66	1,03	
11	Uchopení štítku z tiskárny	4	1-2							120	7,43	
12	Nalepení na hrdlo	4	1-2							120	7,43	
13	Uchopení skeneru	4	1-0							80	4,95	
14	Scan	4	1-2							120	7,43	
15	Odložení skeneru	4	1-0							80	4,95	
16	Uchopení kryty hlavy	4	1-0							80	4,95	
17	Nasazení na hrdlo	4	0-2							40	2,48	
18	Uchopení skeneru SAP	4	1-0							80	4,95	
19	Scan	4	1-2							120	7,43	
20	Odložení skeneru SAP	4	1-0							80	4,95	
21	Zabalení do palety	4	1-2							120	7,43	
22	Pohyb zpět	4	LW+T							76	4,70	
23										0	0,00	

**Obrázek 18:** VWF kalkulace operátora 3

Vytíženost operátorů je tedy následující ( data z metody VWF):

- operátor 1- 85.11%,
- operátor 2- 95.38%,
- operátor 3- 95,98%.

Kompletní tabulka operací a VWF výpočtů je v příloze 3.

Pro požadované operace je tato kalkulace vyhovující. Po vyhodnocení všech operací, nepřekračujeme stanovený čas cyklu u žádného z operátorů.

Operátor 1 je oddělen od výrobní linky, a výroba na lince může probíhat offline/online. Operátor 2 a operátor 3 musí mít podobné časové vytížení, protože vždy vyrábí ve stejný čas na obou stanicích. Časová vytíženost je téměř stejná a finální porovnání obou pracovišť proběhne testováním v reálném procesu výroby.

V reálném provozu nemusí náměry odpovídat úplně realitě. Kalkulace VWF zatím není počítána na reálné operace, ale je to odhad toho, jak budou jednotlivé ruční operace probíhat. Dalším z důvodů je individuální zručnost a zapracovanost jednotlivých pracovníků. Je tedy možné, že bude nutné pracoviště v budoucnu znovu balancovat.

## **2.6 Procesní FMEA zpracovaná pro projekt FAAR WE hrdel**

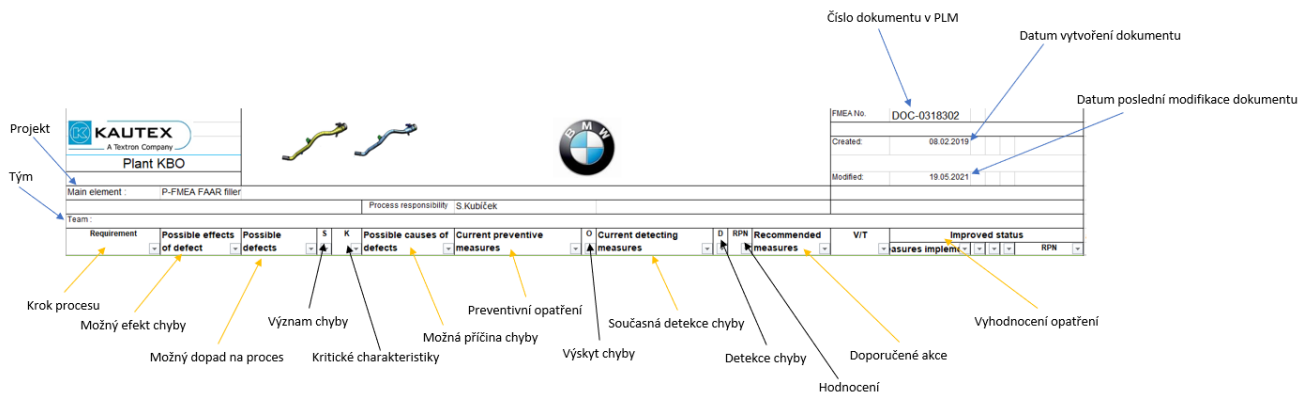
Procesní Fmea byla zpracována po dohodě se zákazníkem podle standartu a použití ratingu společnosti Kautex v jazyce požadovaném zákazníkem, tj. jazyk anglický. Dokument obsahuje 17 stran, ale smluvní vztahy mezi společností KAUTEX a zákazníkem neumožňují P-FMEA zveřejnit práce z důvodu know-how společnosti Kautex. Dokument podléhá obchodnímu tajemství.

P-FMEA byla zpracována pro následující procesy:

1. materiálová inspekce,
2. proces vyfukování,
3. proces ořezu hrdel,
4. proces dochlazování hrdel a balení,
5. proces předmontáže (swedging),
6. proces montáže hrdla,
7. proces testování těsnosti hrdla,
8. proces balení.

V rámci zpracování P-FMEA bylo identifikováno šest bodů, u kterých nebyly splněny požadavky na hodnocení. Na tyto body byla následně připravena nápravná opatření, která po implementaci zajistí, že tento krok procesu bude pod kontrolou a nebudou vznikat chyby. Nápravná opatření byla vyhodnocena a riziko vzniku těchto chyb v procesu se dostalo na požadovanou úroveň. Výstupy z těchto opatření byly implementovány do jednotlivých specifikací zařízení.

V P-FMEA je 18 kritických znaků definovaných zákazníkem, které se kontrolují. U takových znaků, kde je to možné, jsou operace vyhodnocovány systémem CAQ. Hlavička dokumentu P-FMEA je popsána na obr. 19.



Obrázek 19: Vizualizace dokumentu P-FMEA

## 2.7 List parametrů

V tabulce definují operace, které PLC posílá do systému CAQ, kde se kontrolují a vyhodnocují. Každá položka bude vyhodnocována buď jako atribut tzn. operace byla OK/NOK (0/1) a nebo variabilně, tzn. je poslána konkrétní hodnota, která musí odpovídat určitým mezím.

Na obr. 20 jsou kontrolované parametry zobrazeny.

Kompletní přehled a další možná chybová hlášení, které se ukládají jsou definovány v příloze 4.

Č.	Popis	Typ	Délky kódů	Jednotky	1	2	3	4
SOP (START PRODUKCE)					01.11.2021	01.11.2021	01.01.2021	01.07.2022
1	Kautex číslo	N	7		1076225	1076231	1084212	1076242
2	Zákaznické číslo	N	7		8741457	8741456	9844257	9884178
3	Popis artiklu	A/N	16		U06 FAAR DIESEL	U06 FAAR ECE	U06 FAAR US	U06 FAAR PHEV
4	Formát "born labelu"	A/N	16		12#####U06 DI	12#####U06 ECE	12#####U06 KOR	12#####U06 PHEV
5	Formát zákaznického kódu	A/N			BMW specifikace	BMW specifikace	BMW specifikace	BMW specifikace
<b>6 Robotické centrum</b>								
7	Váha hrdla spodní tolerance	Variabilní		g	20	20	20	20
8	Váha hrdla horní tolerance	Variabilní		g	20	20	20	20
9	Váha hrdla	Variabilní		g	415	415	415	440
10	Vypálení a skenování born labelu	0/1			1	1	1	1
11	Varianta plechové hlavy	0/1			1	1	1	1
12	Varianta trychtýře	0/1			1	1	1	1
13	Varianta O-kroužku	0/1			1	1	1	1
14	Zakrytování plechové hlavy	0/1			1	1	1	1
15	Varianta hadice	0/1			1	1	1	1
16	Varianta ventilu	0/1			1	1	1	1
17	Správné vykroužení otvoru pro ventil	0/1			1	1	1	1
18	Test průchodnosti hrdla	0/1			1	1	1	1
19	Stanice na vaření držáku	Variabilní			0-2	0-2	0-2	0-2
20	Správné navaření držáku	0/1			1	1	1	1
21	Stanice na vaření klipu	Variabilní			0	0-2	0-2	0-2
22	Správné navaření držáku	0/1			0	1	1	1
23	Test konduktivity spodní hranice	Variabilní		kOhm	1	1	1	1
24	Test konduktivity spodní hranice	Variabilní		kOhm	1000	1000	1000	1000
25	Test průchodnosti ventilu	0/1			0	1	1	1
27	SCRAP	0/1			1	1	1	1
28	Kód chyby pro SCRAP	Variabilní			0	0	0	0
<b>29 Ultrazvuková zkouška těsnosti</b>								
30	Nest 1, Nest 2, Nest 3, Nest 4	Variabilní			0-4	0-4	0-4	0-4
31	Zkouška těsnosti	0/1			1	1	1	1
<b>32 Stanice tisk zákaznického kódu</b>								
33	Kontrola historie	0/1			1	1	1	1
34	Tisk kódu	0/1			1	1	1	1
35	Verifikace kódu	0/1			1	1	1	1

Obrázek 20: Parametry kontrolované systémem CAQ

### Stručný popis systému CAQ (Computer-Aided Quality Assurance)

CAQ je kontrolní systém pro zajištění kvality výrobku, to znamená, že systém analyzuje procesní data a kontroluje, jestli jsou požadavky splněny. Požadovaná data vychází z požadavků zákazníka a interních požadavků společnosti Kautex.

Příklad využití systému CAQ na konkrétní kontrolovaný parametr (vodivost hrdla):

V případě měření vodivosti hrdla je ve specifikacích zákazníka požadovaná určitá vodivost hrdla (je požadována, aby při nehodě nedošlo ke vzplanutí vozu) vyjádřená mezemi odporu 0-1000 kΩ. V systému CAQ jsou tyto hodnoty zadány jako hraniční meze. Při výrobě se provede měření vodivosti a naměřenou hodnotu odešle PLC do systému CAQ. Pokud je hodnota ve správných mezích, systém CAQ dá OK signál a proces může pokračovat (tzn. po kontrole historie hrdla na další stanici je možné pokračovat ve zpracování hrdla). Pokud je hodnota mimo toleranci, tak CAQ udělí konkrétnímu hrdlu status NOK a není možné toto hrdlo zpracovat v dalším procesu. U kritických operací, které jsou definovány dojde navíc ke znehodnocení hrdla přímo v zařízení.








Specifikace systému CAQ je uvedena v kapitole 2.8.6.

## 2.8 Specifikace jednotlivých zařízení

### 2.8.1 Obecné specifikace

Veškeré specifikace výrobních linek testovacích zařízení, montážních pracovišť a kontrolních systémů vychází z obecných specifikací a požadavků společnosti Kautex. Tyto specifikace popisují základy toho, jak mají stanice fungovat, případně jaké komponenty jsou požadovány společností Kautex. Dále se vybraný dodavatel musí řídit, jak konkrétní specifikací na zadané pracoviště, tak i těmito obecnými specifikacemi, které jsou vytvořeny „Core“ týmem společnosti.

Pro tuto výrobní linku jsou vybrány následující obecné specifikace obr. 21:

-  General Specification Machining and Welding Devices
-  SN\_MS\_WW\_EN\_Kautex Equipment Standard - CAQ Shop Floor Systems
-  SN\_MS\_WW\_EN\_Kautex Equipment Standard - Energy Conservation and Efficiency
-  SN\_MS\_WW\_EN\_Kautex Equipment Standard - Ultrasonic Leaktester\_Dec
-  SN\_MS\_WW\_EN\_Kautex Equipment Standard for Equipment Safety
-  SN\_MS\_WW\_EN\_Kautex Equipment Standard for Machines and Devices
-  SN\_MS\_WW\_EN\_Kautex Equipment Standard\_General Devices\_Testing Measuring Labeling

**Obrázek 21:** Obecné Kautex specifikace

Tyto obecné specifikace (v anglickém vydání) není možné poskytovat třetím osobám, protože obsahují know-how společnosti Kautex.

Konkrétní specifikace jednotlivých pracovišť jsou předmětem následující kapitoly. Příklad specifikace stroje (stanice) odeslané dodavateli je v příloze 5. Tato specifikace je vytvořena autorem práce pro každou stanici linky zvlášť a je odeslána potencionálním dodavatelům. Tyto jednotlivé specifikace jsou hlavním výstupem této práce. V práci samotné nejsou tyto specifikace přiloženy jako přílohy, ale jednotlivé specifikace zařízení jsou popsány v kapitolách 2.8.2. - 2.8.6.

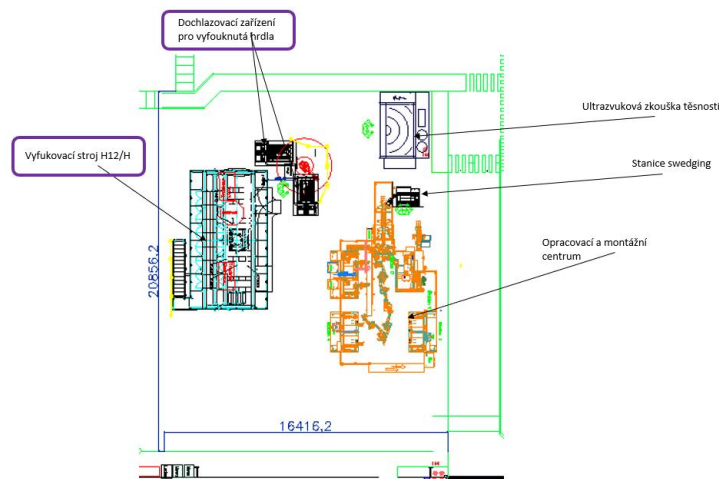
U všech těchto specifikací konkrétních zařízení jde o požadavky autora práce. Layouty jednotlivých zařízení slouží pro představu toho, jak bude finální linka vypadat, ale nejsou to přesné 2D layouty jednotlivých stanic.



## 2.8.2 Vyfukovací stroj H12/H a dochlazovací zařízení

Vyfukovací stroj s dochlazovacím zařízením hrdel bude relokován ze závodu Kautex Leer (KOF). To znamená, že u těchto dvou zařízení nebude vytvářena specifikace.

Stroj H12/H a dochlazovací zařízení budou relokovány v roce 2022 a výfuk hrdel bude do této doby probíhat na jiném vyfukovacím stroji stejného typu. Umístění vyfukovacího stroje a dochlazovacího zařízení je zobrazeno na obr. 22. Toto umístění bylo na návrh autora práce schváleno vedením společnosti KAUTEX.



**Obrázek 22:** Umístění vyfukovacího stroje a dochlazovacího zařízení v lince

### Shrnutí požadovaných operací autorem práce na stanici výfuk + dochlazení:

1. Odebrání hrdla z pásu stroje.
2. Oříznutí přetoků.
3. Vložení kovového insertu do hrdla.
4. Založení do dochlazovacího zařízení.
5. Odebrání hrdla z dochlazovacího zařízení.
6. Odložení hrdla do boxu/na pás.

## 2.8.3 Specifikace stanice krimpování

Tato stanice bude sloužit k navlékání gumy na hrdlo a automatickému zakrimpování spony, která hadici k hrdlu utáhne a utěsní.

### **Základní body specifikace zařízení navržené autorem práce:**

1. datum instalace: KT 12/2021,
2. čas cyklu: 26 sec,
3. jeden design hrdla (výfuku),
4. dva typy hadic (krátká/dlouhá),
5. jedna spona pro všechny varianty,
6. ruční založení komponent,
7. automatické nasazení hadice a zakrimpování spony,
8. ruční vyndání smontovaného hrdla,
9. změna mezi variantami max. 5 min,
10. max. rozměry stroje 1,7 x 1,5m (půdorys).

### **Požadavky autora práce na zařízení z hlediska procesu a kvality:**

1. Kontrola varianty hadice (krátká x dlouhá) – hard POKA YOKE (princip výroby, kterým zabraňujeme zbytečným chybám v procesu, prvek bývá mechanický či elektrický).
2. Vizualní pomůcka na správnou orientaci (natočení) hadice.
3. Detekce správného založení spony – kapacitní snímače na přítomnost spony v zařízení.
4. Detekce správného založení hrdla – kapacitní snímače na přítomnost hrdla v zařízení.

### **Kontroly a testy navržené autorem práce:**

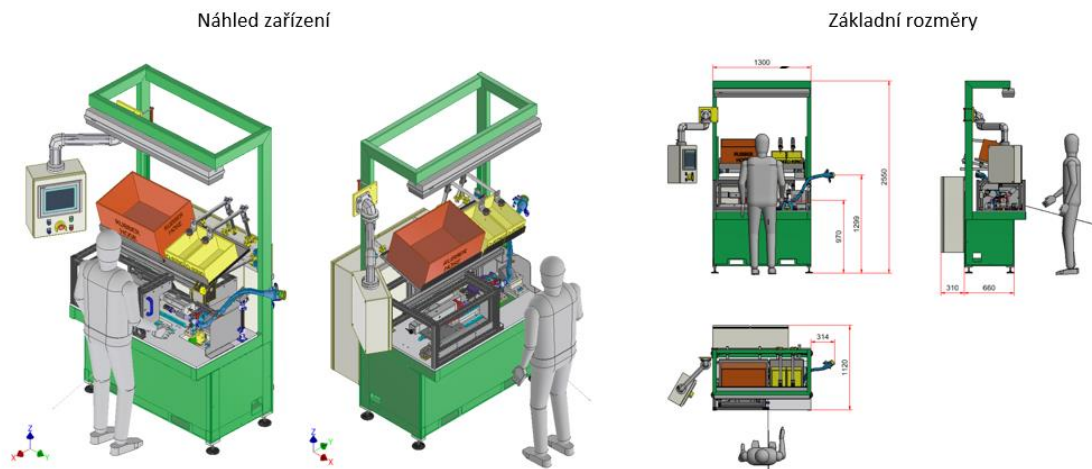
1. Kontrola síly utahení spony 2800 N +/- 100 N.
2. Kontrola mezery secvaknuté spony 2,5 mm +/- 0,5mm.

Tyto kontroly musí být detekovány utahovací jednotkou stroje a vyhodnocovány PLC stroje.

Toto zařízení nebude napojeno na kontrolní systém CAQ.

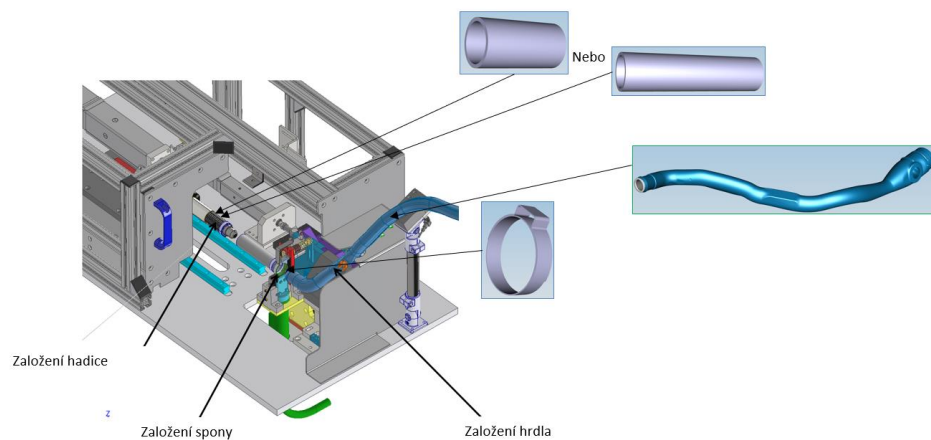
V případě vyhodnocení NOK, musí proběhnout přihlášení „nadřizového“ (pracovníka kvality, seřizovače, technologa) výroby a poté může být hrdlo odblokováno, separováno do NOK boxu a následně je sním zacházeno podle příslušné interní směrnice o nakládání s NOK kusy.

Po ukončení výběrového řízení a vyjasnění všech bodů s dodavatelem byl odsouhlasen následující design zařízení obr. 23:



**Obrázek 23:** Design stanice swedging

Na obr. 24 jsou zobrazeny díly, které se budou zakládat do stanice swedging včetně umístění ve stanici.



**Obrázek 24:** Založení dílů na stanici swedging

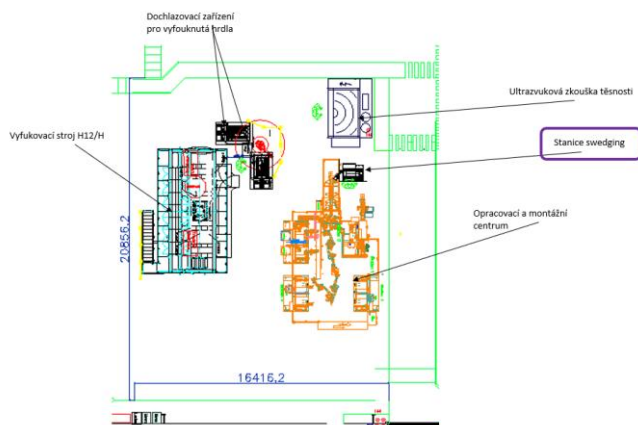
**Shrnutí požadovaných operací na stanici „krimpování“, které musí dodavatel splnit:**

1. Založení hrdla, gumové hadice (krátká/dlouhá) a O-eticker spony.
2. Uzavření dveří.
3. Automatické nasazení hadice na hrdlo.
4. Automatické utažení spony-PLC kontrola síly utažení spony.

5. Otevření bezpečnostních dveří.
6. Vydání hrdla.

Tato stanice není napojena na systém CAQ.

Umístění stanice krimpování lze vidět na obr. 25.



**Obrázek 25:** Umístění stanice krimpování v lince

## 2.8.4 Stanice robotické centrum

Tato stanice bude sloužit ke kompletaci hrdla, navaření a montáži jednotlivých komponent.

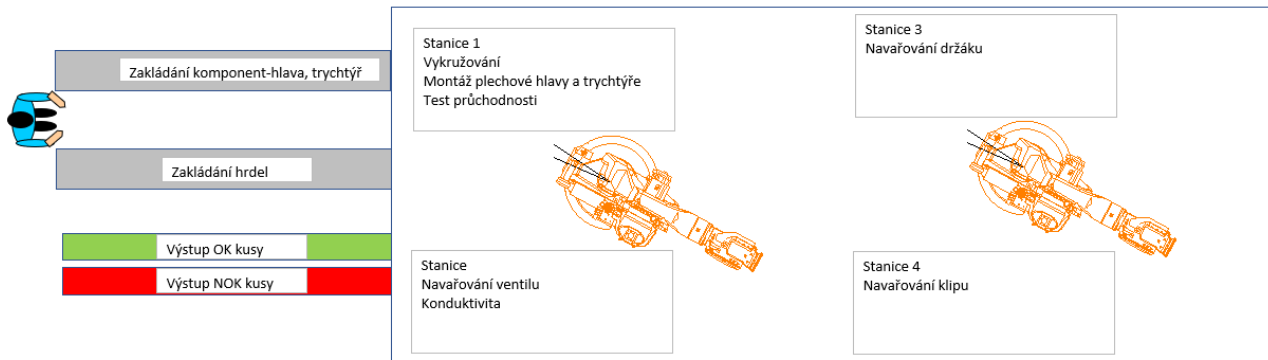
Pro robotické centrum jsou specifikovány dva roboty KUKA KR 16. Roboty KUKA jsou určeny jako standart společnosti KAUTEX. Finální specifikaci provádí dodavatel technologie (tomto případě dodavatel robotického centra).

### Základní body specifikace zařízení navržené autorem práce:

1. datum instalace: KT 12/2021,
2. čas cyklu: 26sec,
3. jeden design hrdla,
4. tři typy trychtýřů,
5. dva typy plechových hlav,
6. jeden typ držáku,
7. jeden typ klipu,
8. tři druhy ventilů,
9. max. rozměry stroje: 10 x 7 m,

10. čas změny max. 15 min.

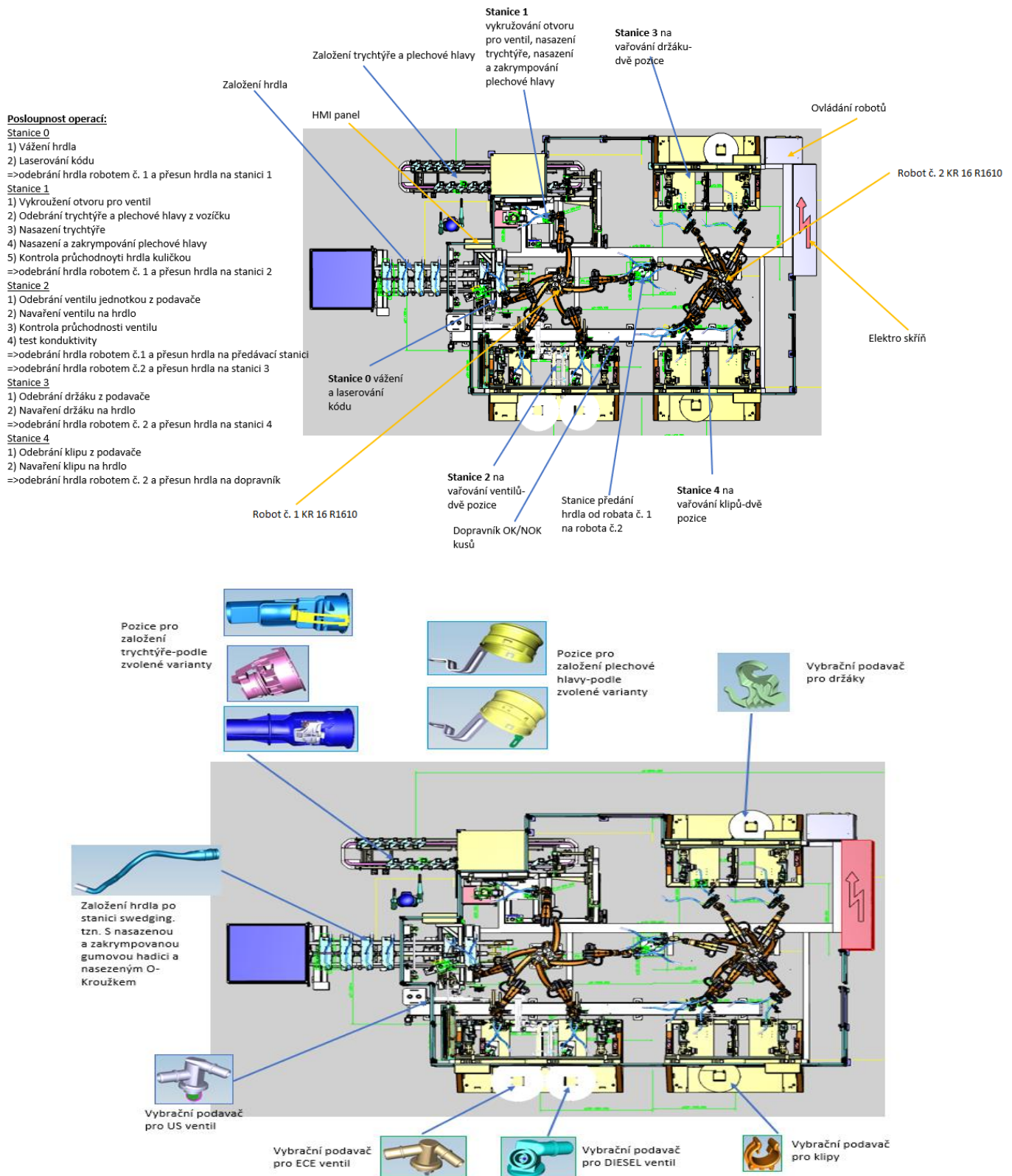
Schéma požadovaného layoutu je znázorněno na obr. 26.



**Obrázek 26:** Schéma požadovaného layoutu robotického centra

## Požadavky autora práce na zařízení z hlediska procesu a kvality:

Všechny požadavky na zařízení z hlediska procesu a kvality jsou uvedeny na obr. 27.



Obrázek 27: Požadavky na stanici robotické centrum

## Požadavky autora práce na jednotlivé stanice robotického centra:

### Stanice 0

- Operátor založí hrdlo s hadicí a O-kroužkem do definované pozice.
- Operátor založí plechovou hlavu a trychtýř do definovaných pozic.
- Proběhne kamerový test (blíže popsáno v požadovaných kontrolách a testech)
- Proběhne vážení hrdla a vylaserování kódu - tzv. Bornlabelu obr. 28 - bude obsahovat sériové číslo a typ hrdla - tento kód bude generován PLC stroje a CAQ systémem bude pouze kontrolován.

Popis	Kautex číslo dílu	Zákaznické číslo dílu	Obsah Bornlabelu
U06 FAAR DIESEL	1076225	8741457	12#####U06DI
U06FAAR ECE	1076231	8741456	12#####U06ECE
U06 FAAR US	1084212	9844257	12#####U06US
U06 FAAR PHEV	1076242	9884178	12#####U06PHEV

**Obrázek 28:** Obsah Bornlabelu

### Stanice 1

- Proběhne odebrání robotem č. 1 ze stanice 0 a založení do stanice 1, následně vykroužení otvoru pro ventil a nasazení trychtýře a plechové hlavy.

### Stanice 2

- Proběhne odebrání hrdla robotem č. 1 a založení do stanice 2, následně se navaří ventil a proběhne test vodivosti.

### Stanice 3

- Proběhne odebrání hrdla robotem č. 1 a založení do předávací stanice. Následně robot č.2 odebere hrdlo a založí do stanice 3, kde se navaří držáky.

### Stanice 4

- Proběhne odebrání hrdla robotem č. 3 a založení do stanice 4. Následně dojde k navaření klipů (varianta ECE a PHEV).

Následně robot č. 2 odebere hrdlo ze stanice 4 a odloží na dopravník.

## **Kontroly a testy požadované autorem práce:**

### Stanice 0

Kamerová kontrola:

- přítomnosti hrdla po založení-správná orientace a založení,
- O-kroužku na hrdle,
- nasazené hadice+kontrola správné varianty hadice,
- nasazené spony na hadici.

Tyto kontroly budou vyhodnocovány jednotlivými kamerami. V případě vyhodnocení jako NOK bude možnost díl zkontrolovat a test případně opakovat.

Ostatní kontroly:

- kontrola váhy hrdla,
- kontrola čitelnosti vypáleného kódu.

Tyto kontroly jsou vyhodnocovány zařízením, a následně je informace odeslána do systému CAQ, kde se pro váhu bude ukládat konkrétní hodnota a pro čitelnost kódu pouze atribut OK/NOK.

### Stanice 1

Kamerová kontrola:

- Kontrola správné varianty trychtýře a kontrola, že je trychtýř správně orientován pro odebírací jednotku.
- Kontrola správné varianty plechové hlavy a kontrola, že je plechová hlava správně orientována pro odebírací jednotku.

Tyto kontroly budou vyhodnocovány jednotlivými kamerami, v případě vyhodnocení jako NOK bude možnost díl zkontrolovat a test případně opakovat.

Ostatní kontroly:

- Kontrola správného vykroužení otvoru pro ventil.
  - Při této kontrole musí dojít ke správnému vykroužení otvoru a následně ke kontrole, že „výkružek“ nepropadl do hrdla, tzn. senzor na detekci výkružku na jednotce-jednotka drží výkružek (detekce výkružku musí být po celou dobu, než dojde k odhození výkružku).



- Další snímač bude po odhození „výkružku“. Dojde k přerušení optického senzoru a tím bude zajištěno, že „výkružek“ propadl do boxu a není nikde v pracovišti.
- Kontrola správně odebraného a nasazeného trychtýře.
  - Při této kontrole bude optickým snímačem zajištěno, že jednotka správně odebrala trychtýř a pomocí hlídaných parametrů (dráha, síla) bude zajištěno, že je trychtýř vsazen do hrdla na požadované místo.
- Kontrola správně odebrané a nasazené plechové hlavy.
  - Při této kontrole bude optickým snímačem zajištěno, že jednotka správně odebrala plechovou hlavu a pomocí hlídaných parametrů (dráha, síla) bude zajištěno, že je plechová hlava nasazena na hrdlo na požadované místo a kontrola pomocí snímače, že jednotka provedla pohyb pro „zakrympování“ plechové hlavy.
- Test průchodnosti hrdla.
  - Při tomto testu bude hrdlem protažena ocelová kulička o průměru 21mm. Kulička bude nasazena na „bowdenu“, ten se spojen s pístnicí, které se bude pohybovat po lineární vedení „tam a zpět“. Pro OK výsledek musí kulička dojet na kapacitní senzor, který bude umístěn u „hlavy“ hrdla a zase zpět do výchozí polohy (senzor v pracovní pozici a senzor v základní pozici).

Tyto kontroly budou vyhodnocovány zařízením. Následně bude informace z této stanice odeslána do systému CAQ jako soubor dat, jestli požadované testy proběhly v pořádku.

## Stanice 2

- Kontrola navařování ventilů.
  - Při této kontrole musí být vybrán ventil podle vyráběné varianty. Odebírací jednotka se po změně varianty přestaví na aktuální vyráběnou a odebere požadovaný ventil z vibračních podavačů (každá jednotka má „čelisti“ pro určitý design ventilu, tzn. není možné navařit ventil pro jinou variantu). Správné navaření ventilu bude zajištěno soustavou parametrů pro navařování, např. čas natavení, čas zpoždění, čas spojení, silou

natavení, silou spojení a dále dráhami, které jednotka musí splnit, aby byl ventil správně navařen a ve správné pozici.

- Test průchodnosti klapky trychtýře.
  - Při tomto testu bude vsunut do hrdla „pin“ na jehož konci bude optický senzor, který před najetím klapku „uvidí“ tzn. klapka je zavřená a po najetí pinu klapku „neuvidí“ tzn. klapka je otevřená.
- Test průchodnosti ventilu.
  - Při tomto testu najede jednotka k otvoru ventilu a uvolněním stlačeného vzduchu bude provedena kontrola, že je ventil průchozí. Vyhodnocení bude probíhat pomocí průtokoměru.
- Test vodivosti
  - Při tomto testu najedou kontrolní piny na plechovou hlavu hrdla a na vnitřní vrstvu gumové hadice. Při nastaveném napětí 45V, budou nastaveny hodnoty odporu, při kterých bude test vyhodnocen jako OK od 1k $\Omega$  do 1000k $\Omega$ .

### Stanice 3

- Kontrola navaření držáku.
  - Při této kontrole bude držák odebrán jednotkou (držáky jsou stejné pro všechny varianty). Odebírací jednotka odebere držák z vibračního podavače a bude probíhat proces navaření. Správné navaření držáku bude zajištěno soustavou parametrů pro navařování, např. čas natavení, čas zpoždění, čas spojení, silou natavení, silou spojení a dále dráhami, které jednotka musí splnit, aby byl držák správně navařen a ve správné pozici.

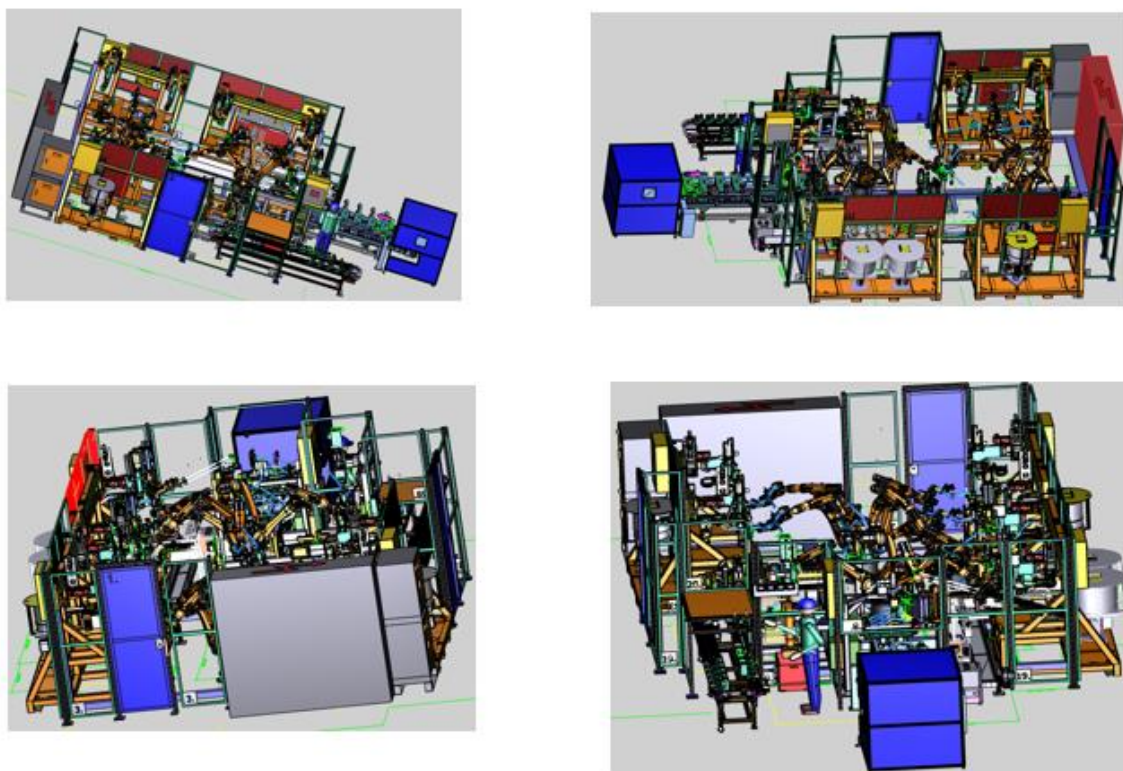
### Stanice 4

- Kontrola navaření klipu.
  - Při této kontrole bude klip odebrán jednotkou (klipy se navařují pouze u vybraných variant ECE a PHEV). Odebírací jednotka odebere klip z vibračního podavače a bude probíhat proces navaření. Správné navaření klipu bude zajištěno soustavou parametrů pro navařování, např. čas natavení, čas zpoždění, čas spojení, silou natavení, silou spojení a dále

dráhami, které jednotka musí splnit, aby byl klip správně navařen a ve správné pozici.

Pozn. Všechny navařovací a vykružovací jednotky musí pro dodavatele zařízení vyrobit a dodat firma Bielomatik HongKong. Tato firma byla vybrána společností Kautex jako dodavatel standartizovaných jednotek pro všechny procesy navaření a vykružování.

Po ukončení výběrového řízení a vyjasnění všech bodů s dodavatelem byl odsouhlasen následující design zařízení zobrazený na obr. 29:



**Obrázek 29:** Design stanice robotické centrum

**Shrnutí požadovaných operací v robotickém centru, které musí dodavatel splnit:**

Stanice 0

1. Vážení hrdla.
2. Laserování kódu.

Následuje odebrání hrdla robotem č. 1 a přesun hrdla na stanici 1.

### Stanice 1

1. Vykroužení otvoru pro ventil.
2. Odebrání trychtýře a plechové hlavy z vozíčku.
3. Nasazení trychtýře.
4. Nasazení a zakrympování plechové hlavy.
5. Test průchodnosti hrdla kuličkou.

Dále proběhne odebrání hrdla robotem č. 1 a přesun hrdla na stanici 2.

### Stanice 2

1. Odebrání ventilu jednotkou z podavače.
2. Navaření ventilu na hrdlo.
3. Test průchodnosti ventilu.
4. Test konduktivity.

Po testu konduktivity robot č.1 odebere hrdla a přesune je na předávací stanici, odkud robot č.2 odebere hrdla a přesune je na stanici 3.

### Stanice 3

1. Odebrání držáku z podavače.
2. Navaření držáku na hrdlo.

Po navaření držáku dojde k odebrání hrdla robotem č. 2 a přesun hrdla na stanici 4.

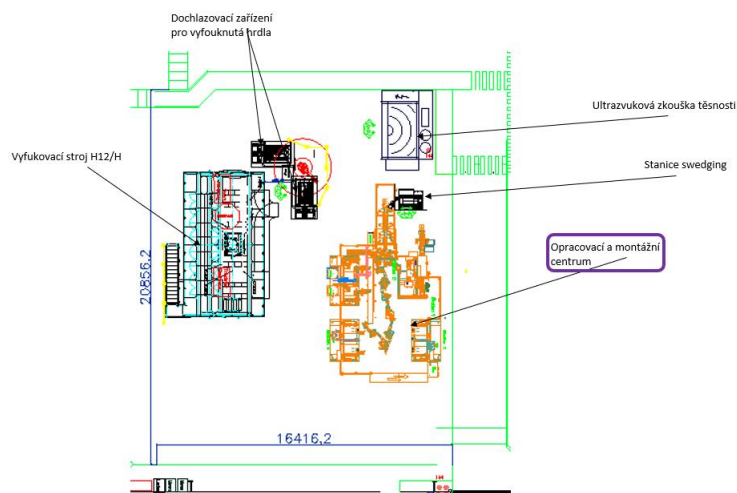
### Stanice 4

1. Odebrání klipu z podavače.
2. Navaření klipu na hrdlo.

Následně proběhne odebrání hrdla robotem č. 2 a přesun hrdla na dopravník.

Tato linka je připojena na systém CAQ.

Umístění robotického centra v lince je zobrazeno na obr. 30.



**Obrázek 30:** Umístění stanice robotické centrum v lince

### 2.8.5 Stanice ultrazvuková zkouška těsnost (ULST)

Tato stanice bude sloužit k ultrazvukové zkoušce těsnosti hrdel a detekci případného úniku. Maximální přípustný únik je specifikován zákazníkem na 15 $\mu$ m velikosti „otvoru“ na 3mm tloušťky stěny. Tzn. maximální dovolený počet „bublin“ je 19 během 25 sekund testování.

#### Základní body specifikace zařízení navrženém autorem práce:

1. datum instalace: KT 11/2021,
2. čas cyklu: 26sec,
3. zkouška těsnosti je vodní s vyhodnocováním těsnosti pomocí ultrazvuku,
4. dvě varianty geometrie,
5. dva typy hadic (krátká/dlouhá),
6. ruční skenování hrdel pro kontrolu historie,
7. ruční založení hrdel do zkoušečky,
8. automatické utěsnění hrdel,
9. automatické natlakování,
10. automatická detekce úniku,
11. ruční vyndání hrdel ze zkoušečky,
12. změna mezi variantami max. 15 min,
13. max. rozměry stroje 3 x 4 m.

## **Požadavky autora práce na zařízení z hlediska procesu a kvality:**

### **Požadavky autora práce na zkoušku těsnosti hrdel:**

- Operátor odebere hrdlo z dopravníku.
- Hrdlo bude naskenováno a pokud bude z hlediska kontroly historie vyhodnoceno jako OK je možné ho založit do zkoušky těsnosti.  
Pozn. pokud bude hrdlo vyhodnoceno jako NOK, tak je sice možné ho založit (chyba operátora), ale zařízení se nespustí.
- Vzhledem k času ustálení hladiny pro začátek cyklu (20sec) a samotným testem (25sec) je požadováno, aby byla testována čtyři hrdla v jednom cyklu stroje.  
Pozn. 1: Čas ustálení hladiny je navržen autorem práce podle zkušeností z předchozích projektů. Testovací čas je dán specifikací zákazníka na test těsnosti.  
Pozn. 2: Vzhledem k času cyklu na výrobu jednoho hrdla (28 sec) není možné testovat hrdla kontinuálně, proto je požadavek autora práce na test čtyř kusů v jednom cyklu. Zajistíme tím, že zbyde operátorovi čas na vytisknutí zákaznické kódu a na následné zabalení. Tisk kódu a balení bude probíhat během testování dalších hrdel v zařízení.
- Po založení a stisku „startovacího“ tlačítka dojde k utěsnění a natlakování hrdel. Utěsnění hlavy, ventilu a hadice hrdla dojde automaticky a následně bude hrdlo natlakováno na 320-390 mbar. Požadovaný tlak musí být dosažen před zahájením sekvence „potopení“ hrdel. Pokud není požadovaný tlak dosažen, bude dané hrdlo vyhodnoceno jako hrubá netěsnost a operátorem musí být potvrzeno jako status NOK a následně vyndáno ze zařízení, vloženo do NOK boxu a další postup bude podle příslušné směrnice kvality. PLC odešle do systému CAQ NOK status (hrdlo nepůjde zpracovat na další stanici)
- Po správném natlakování mohou být hrdla potopena a může začít samotný test těsnosti.
- Po testu se nad každým hrdel se musí rozsvítit maják, aby bylo zřetelné, jaký status hrdlo má. Tzn. zelené světlo-hrdlo je OK, červené světlo-hrdlo je NOK a musí být separováno podle příslušné směrnice kvality.
- Na zařízení bude samostatný panel „ultrazvuku“, na kterém bude vizualizace, jak bylo hrdlo vyhodnoceno. Pokud bylo vyhodnoceno jako NOK, tak se zobrazí oblast, ve které je hrdlo netěsné a hodnota kolik bublin bylo naměřeno.

- Po vyjmutí hrdel dojde k naskenování Bornlabelu. Následně CAQ systém provede kontrolu historie. Pokud je historie OK, systém CAQ vygeneruje zákaznický štítek podle specifikace zákazníka obr. 31. Operátor štítek nalepí na hrdlo a naskenuje obsah QR kódu. Tento bude odeslán do systému CAQ, kde je kód zkontrolován a napárován s Bornlabelem – proces bude tímto uzavřen.
- Poslední operací bude naskenování hrdla (Bornlabelu) do systému SAP, kde dojde k „systémovému“ zabalení hrdla a poté je možné hrdlo zabalit fyzicky do palety, dle příslušného balicího předpisu

The Data Matrix Code contains the barcode and the part number with change index and a unique serial number with five digit day counter.

Total length: 23 characters

Table 4: Data content

Contents	Number of digits	Abbreviation	Position in code
Identification for installation location / barcode identification	2	KK	1-2
Part number according to GS 90019 (alphanumeric)	7	SSSSSSS	3-9
Change index according to GS 91005-3	2	II	10-11
Production year	2	JJ	12-13
Character of manufacturer	1	H	14
Day of production year	3	TTT	15-17
Assembly line/location	1	M	18
Day production counter - decimal	5	PPPPP	19-23

EXAMPLE Battery (Barcode identification "K7", part number "1ABCDE9", AI "01", year 2015, character of manufacturer "H", day "001", assembly line/location "M", production counter "12345")

### Obrázek 31: Obsah zákaznického štítku

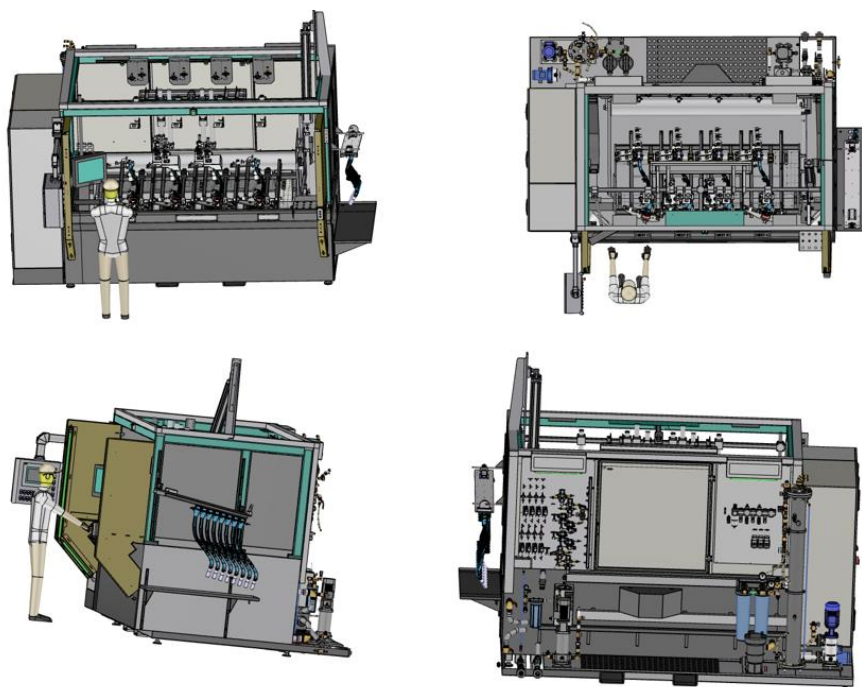
#### Kontroly a testy požadované autorem práce:

- Kontrola historie – po odebrání hrdla z robotického centra dojde k naskenování Bornlabelu a systém CAQ zkontroluje, že historie z robotického centra byla pro všechny operace OK.
- Kontrola správně založených hrdel – po kontrole historie dojde k založení hrdla do zkoušky těsnosti – v každém nestu (zakládací místo pro hrdlo) budou senzory správného založení a bude přítomna vizuální signalizace pro operátora, že je hrdlo založeno ve správné pozici.
- Test „hrubé“ netěsnosti – po utěsnění hrdel dojde k tzv. před tlakování na hodnotu 320-390 mbar – tyto tolerance musí být dodrženy po dobu 3 sec a až poté bude možné hrdla potopit a zahájit samotný test. Pokud tlak není dosažen, bude hrdlo

vyhodnoceno jako NOK s popiskem „hrubá netěsnost“ a nedojde k potopení na samotný test. Hrdlo musí být vyndáno a separováno.

- Test těsnosti – po potopení hrdla dojde k ustálení hladiny (20 sec) a poté začne samotný test (25 sec bude čas testování). Hranice testu budou následující:
  - 0-17 bublin během testu – test vyhodnocen jako OK,
  - 17-19 bublin během testu – prodloužení testu o dalších 10 sec a poté vyhodnocení, jestli jsou další detekované bubliny v toleranci – přepočteno z počtu bublin za 25 sec na počet bublin za 10 sec – poté bude test vyhodnocen OK/NOK,
  - 19 a více bublin během testu – test bude vyhodnocen jako NOK.
- Kontrola čitelnosti a obsahu zákaznického kódu – po nalepení zákaznického kódu dojde k naskenování a kontrole, že kód je čitelný (kontrola čtečkou) a že má správný obsah (kontrola systémem CAQ).

Po ukončení výběrového řízení a vyjasnění všech bodů s dodavatelem byl odsouhlasen následující design zařízení obr. 32:



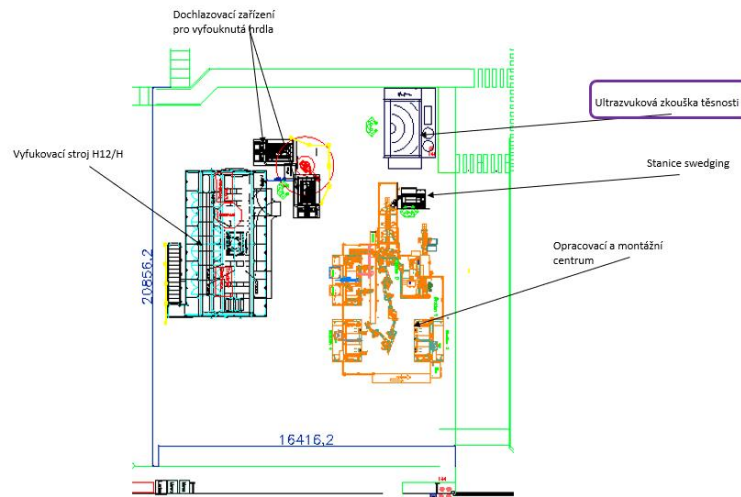
**Obrázek 32:** Design stanice ultrazvukové zkoušky těsnosti



### Shrnutí požadovaných operací na zkoušce těsnosti, které musí dodavatel splnit:

1. Odebrání hrdla z pásu robotického centra.
2. Naskenování hrdla a kontrola historie.
3. Založení hrdla do zkoušky těsnosti.
4. Utěsnění a natlakování hrdel.
5. Zkouška těsnosti.
6. Vyndání hrdel ze zkoušky těsnosti.
7. Tisk a naskenování zákaznického kódu.
8. Naskenování hrdel do systému SAP.
9. Zabalení hrdel.

Umístění stanice ultrazvukové zkoušky těsnosti v lince je uvedeno na obr. 33.



**Obrázek 33:** Umístění stanice ultrazvukové zkoušky těsnosti v lince

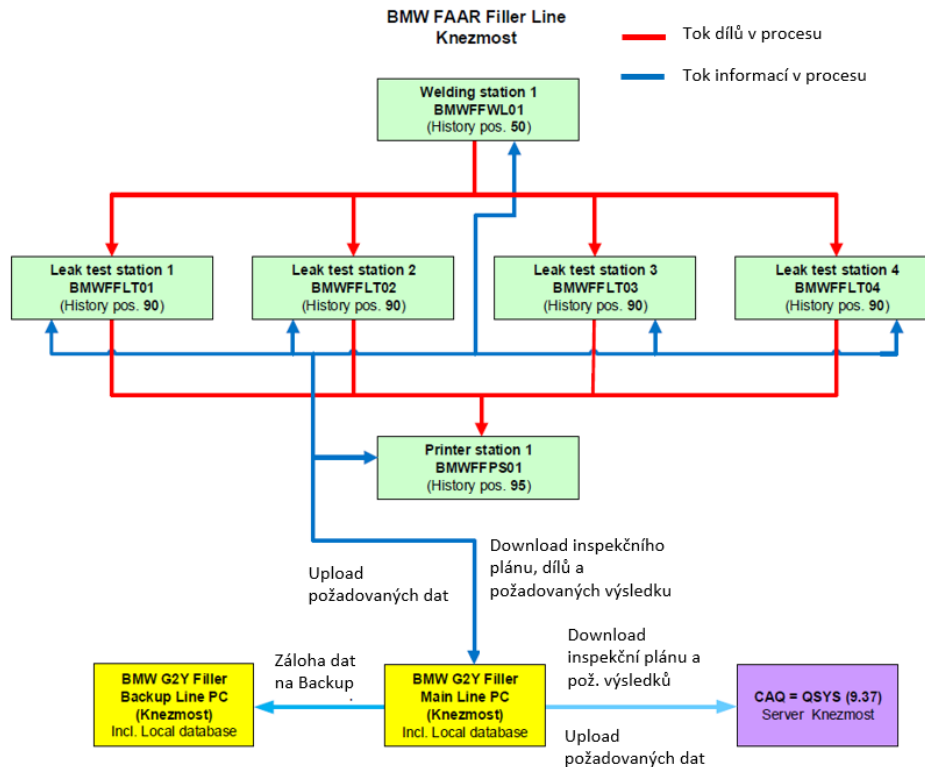
### 2.8.6 Specifikace systému CAQ

Jak bylo popsáno v kapitolách 1.5 a 2.7, tak CAQ je systém (software), který kontroluje proces a vyhodnocuje jeho jednotlivé kroky. Kontrola probíhá na základě komunikace PLC a CAQ přes jednotlivé databloky, do kterých zařízení posílá informace a hodnoty. CAQ si data z těchto databloků vezme a porovná s hodnotou, která je v systému nastavena. Kontrola může probíhat na základě atributivního vyhodnocení OK/NOK anebo na základě konkrétní hodnoty, která se musí nacházet v určité toleranci nebo mezích.

## Kontrolované parametry požadované autorem práce:

Kompletní list parametrů, které se mají kontrolovat, ukládat a testovat je uveden v kapitole 2.7 list parametrů a v příloze 4. V této příloze můžeme vidět i jednotlivé stanice na kterých se parametry kontrolují.

Tok procesu a tok informací pro CAQ systém je zobrazen na obr. 34.



**Obrázek 34:** Tok procesu a tok informací pro CAQ systém

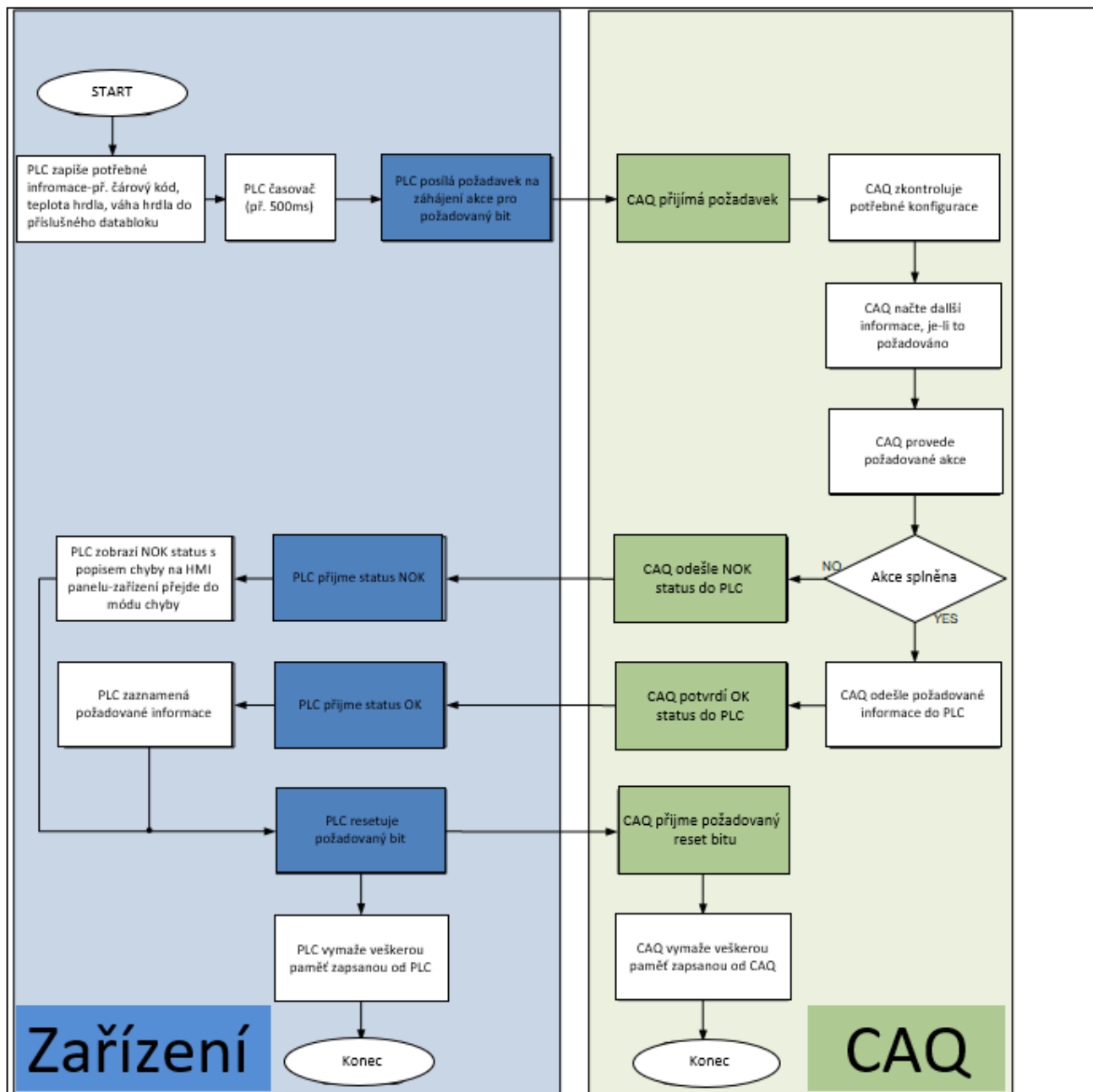
Komunikace mezi CAQ a strojem bude probíhat přes OPC (Open Platform Communications). To znamená, že v PLC musí být ethernetové připojení. Proměnné budou konfigurovány v systému CAQ. Systém bude mít přístup k IP adresám uvnitř PLC pro čtení a zápis.

Rozhraní bude obsahovat tři datové bloky. Jeden datový blok pro odesílání dat z PLC do CAQ (nahrávání) a druhý datový blok pro odesílání dat z CAQ do PLC (stahování). Třetí datový blok se bude používat pro informace o uživateli (je-li vyžadováno).

Uvnitř CAQ bude dispozici několik příkazů, které mohou být spuštěny přes PLC:

1. Živý bit (livebit).
  - Tzn. PLC každých 15sec odesílá do CAQ upload Live-Bit (počet datových bloků se liší). LinePC (počítač zodpovědný za komunikaci PLC a CAQ) reaguje stejným signálem download Live-Bit. Pokud odpověď od CAQ nedorazí např. do 10 sekund PLC zobrazí alarm „CAQ není k dispozici“. Poté PLC resetuje live bit nahrávání a CAQ odpoví také resetování. Následně PLC pokračuje v přepínání a resetuje alarm, dokud CAQ neodpoví zpět.
2. Synchronizace času.
3. Level uživatele.
4. Žádost o kontrolu historie.
5. Vyžádání vyráběné varianty.
6. Vytvoření(generování) čárového kódu.
7. Tisk čárového kódu.
8. Ověření čárového kódu.

Rozhraní komunikace PLC a CAQ je zobrazeno na obr. 35.



Obrázek 35: Rozhraní komunikace PLC-CAQ

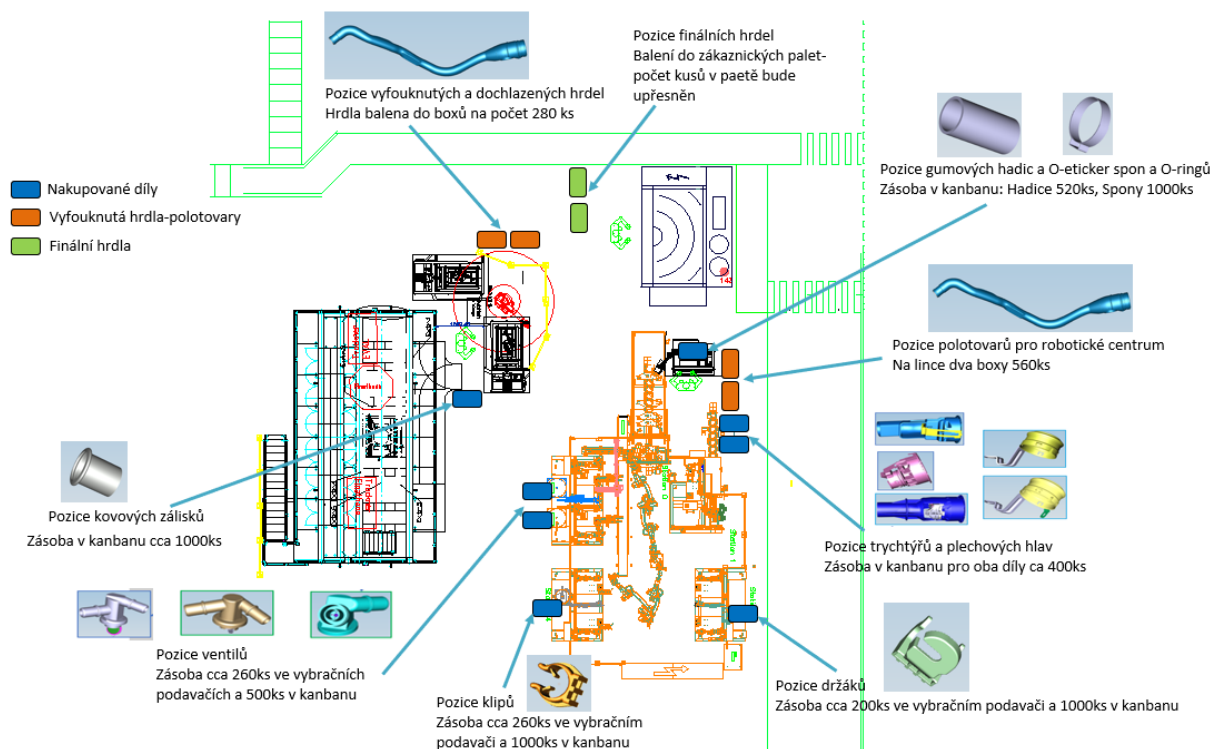
## 2.9 Logistické požadavky a zásobování stanic

Pro zpracování logistického konceptu, plánování a rozmístění jednotlivých komponent byly zpracovány následující body:

- 1) Rozmístění polotovarů a nakupovaných dílů u jednotlivých stanic.
- 2) Kalkulace potřeb komponent u jednotlivých stanic.
- 3) Tok polotovarů, nakupovaných dílů, materiálu a finálních dílů.

### 2.9.1 Rozmístění polotovarů a nakupovaných dílů u jednotlivých stanic

Detailní zobrazení nakupovaných dílů i polotovarů a jejich umístění na lince je vyobrazeno na obr 36.



**Obrázek 36:** Rozmístění polotovarů a nakupovaných dílů u jednotlivých stanic

### 2.9.2 Kalkulace potřeb komponent u jednotlivých stanic

Pro montážní linku BMW FAAR WE hrdla je autorem práce stanoveno, že zásoba polotovarů a nakupovaných dílů na lince bude min na tři hodiny výroby. Kalkulace jednotlivých dílů je v následující tabulce tab. 1.

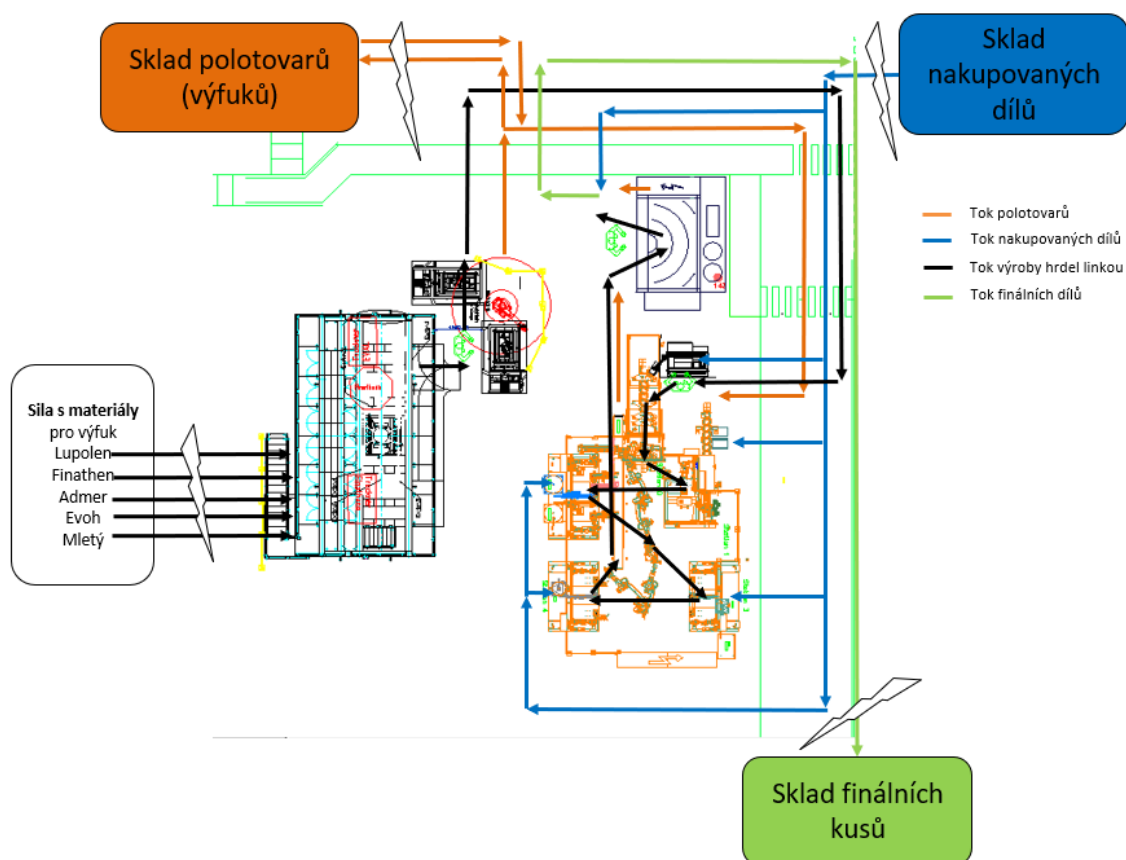
**Tabulka 1:** Kalkulace jednotlivých dílů na výrobní lince

Položka	Potřeba ks na 1 hod. výroby	Potřeba ks na 3 hod. výroby	Počet ks v balné jednotce	Kalkulované množství na lince	Zásoba vystačí na hod/výroby	Zaokrouhlený počet balných jednotek
Kovové zálsky	130	390	1000	1000	7,7	1
Polotovary	130	390	280	560	4,3	2,0
Gumové hadice	130	390	350	520	4,0	2,0
O-eticker spona	130	390	750	1000	7,7	2,0
Plechové hlavy	130	390	36	400	3,1	12,0
Trychtýře	130	390	80	400	3,1	5,0
Držáky	130	390	250	1000	7,7	4,0
Klipy	130	390	500	1000	7,7	2,0
Ventily	130	390	70	500	3,8	8,0

Pozn. Z hodnot v tabulce je patrné na kolik hodin vystačí kalkulovaná zásoba a kolik „balných“ jednotek se bude muset u linky skladovat. Spektrum barev znázorňuje počet hodin, které nám jednotlivé díly na lince vydrží při navrhovaném množství a balení. Resp. Kolik balení na lince musí být, od jednotlivých komponent.

### 2.9.3 Tok polotovarů, nakupovaných dílů, materiálu a finálních dílů linkou

Veškerý navrhovaný tok polotovarů, nakupovaných dílů i finální výrobků je schematicky zobrazen na obr. 37. Materiálový tok byl na návrh autora práce, schválen vedením společnosti KAUTEX.



**Obrázek 37:** Tok polotovarů, nakupovaných dílů, materiálu a finálních dílů linkou

## Zásobování linky

Zásobování materiálem ve formě granulátu

- Zásobování bude probíhat pomocí pneu dopravy ze sil (specifikace dopravy granulátu bude vytvořena po vyjasněním termínu relokace stroje – předběžný termín je do KT 16/2022), kde je materiál transportován do nasavačů, násypek a následně do gravimetrie.

Zásobování polotovarů

- Zásobování bude probíhat převozem boxů logistickým vláčkem od „výfuku“ k montážní lince.

Zásobování nakupovaných dílů

- Zásobování bude probíhat pomocí logistického vláčku, který bude přivážet jednotlivé díly v KLT (d:60 cm, š: 40 cm, v: 30 cm) k lince, případně do kanbanů u linky ze skladu nakupovaných dílů. Počet jednotlivých kusů v KLT je vidět v tabulce č. 1, ve sloupci: *počet ks v balné jednotce*

Odvoz finálních dílů

- Odvoz finálních dílů bude probíhat logistickým vláčkem, který odveze zabalená hrdla v zákaznických paletách (finální paleta ani počet balených kusů zatím nejsou schváleny zákazníkem – termín na odsouhlasení je KT 32/2021) do expedičního skladu.

## **2.10 Analýza a opatření v rámci pohybové ergonomie a ergonomie práce**

Pro analýzu ergonomie pracoviště byla zvolena analýza RULA (Rapid upper limb assessment). Analýza byla vybrána na základě interního požadavku společnosti KAUTEX.

RULA je kompletní metoda na identifikaci a hodnocení pracovních poloh při pracovním postoji a manipulaci s břemeny, viz kapitola 1.6.1.

Po finálním schválení designu všech stanic byla vytvořena RULA analýza na jednotlivá pracoviště. Celkové hodnocení pracovišť je možné vidět na obr. 38.

		Před	Po
<b>Celkové hodnocení:</b>	♂	16	
	♀	16	

**Obrázek 38:** Celkové hodnocení pracovišť metodou RULA

Pozn. Kompletní analýza pracoviště je v příloze 6.

## 2.11 Optimalizace linky, návrhy zlepšení z hlediska času cyklu a balancování linky

Z hlediska optimalizace a balancování linky jsou k případné optimalizaci vybrána pracoviště montáže. Tzn. operátor 2 a operátor 3. Jak z WVF kalkulace, tak prvních reálných náměrů vyplývá, že tato dvě pracoviště mohou být problematická z hlediska dosažení času cyklu a požadovaných výkonů na této lince.

Proto jsem v této části navrhnul následující optimalizace činností pro operátory 2 a 3.

- 1) Automatický převod kódu do systému SAP.
- 2) Implementace aplikátoru na lepení zákaznických štítků.
- 3) Implementace kolaborativního robota na první stanici montáže.

### 2.11.1 Automatický převod kódu do systému SAP

V navrhovaném postupu operací na ultrazvukové zkoušce těsnosti je operace skenování do systému SAP a balení. Skenování bylo navrženo jako operace ručním skenerem. Tato operace v průměru zabere operátorovi 7,6 sec. Náměry jsou v tabulce tab. 2



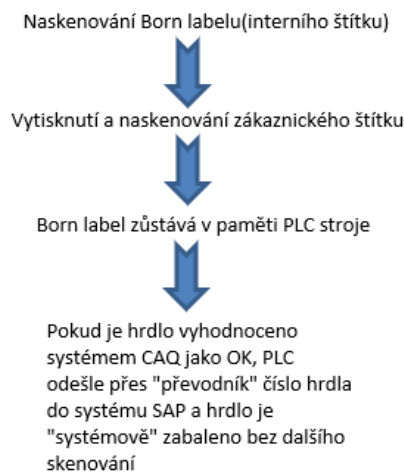
**Tabulka 2:** Náměry pro automatický převod kódu do systému SAP

#	Pracovní krok / Popis	Počátek měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Nejnižší opak. čas	Průměr	Fluktuace
1	Uchopení hrdla	Dotek hrdla	2,0	1,5	1,5	2,0	2,0	1,5	2,0	1,5	2,0	2,0	2,0	1,8	0,5
2	Uchopení skeneru	Dotek skeneru	2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	1,5	2	2	1,5	2,0	1,7	0,5
3	Naskenování hrdla	Stisknutí tlačítka	3,0	4,0	4,0	5,0	4,0	2,0	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	3,2	3,0
4	Odložení skeneru	Odložení skeneru	1,0	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	0,9	0,2
Celkový čas cyklu			8,0	7,8	8,0	9,4	8,3	6,3	7,5	7,4	6,8	6,3	8,0	7,6	4,2

## Návrh opatření

Pro operátora na ultrazvukové zkoušce těsnosti je proto navržena optimalizace skenování. Koncept je navržen tak, že dojde ke zrušení toho skenování a číslo dílu bude do systému SAP transferováno automaticky.

Po diskuzi a odsouhlasení byl navržen následující koncept, uvedený na obr. 39.



**Obrázek 39:** Koncept automatického převodu kódu do systému SAP

Návrh byl odsouhlasen a realizován. Komunikace je odzkoušena a „automatické skenování“ funguje.

Redukce času cyklu na poslední operaci balení: **cca 25%**.

Náklady na implementaci: **6 300 Kč**.

## 2.11.2 Implementace aplikátoru na lepení zákaznických štítků

Při lepení zákaznického štítku, který je papírový, se často stává, že štítek není nalepen vždy stejně, nebo je nalepen tak, že štítek je nečitelný či poškozený. Z projektů hrdel, které mají podobný koncept lepení, jsou až 2 % štítků poškozená nebo nečitelná.

I pro operátora, který štítek lepí, je tato operace problematická a zdržuje ho. Tato operace v průměru zabere operátorovi 4,9 sec. Náměry jsou v tabulce tab. 3.

**Tabulka 3:** Náměry pro implementaci automatického aplikátoru štítků

#	Pracovní krok / Popis	Počátek měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Nejnižší opak. čas	Průměr	Fluktuace
1	Odebrání štítku z tiskárny	Dotek štítku	0,5	0,7	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,7	0,5	0,4	1,0	0,5	0,3
2	Napoložování hrdla	Dotek hrdla	1	1	0,9	1,2	0,9	1	1	0,9	1	1	1,0	1,0	0,3
3	Napoložování štítku		2,7	3,0	2,8	2,9	3,0	3,0	2,1	2,8	2,9	2,2	3,0	2,7	0,9
4	Nalepení štítku na hrdlo	Puštění štítku	0,6	0,8	0,6	0,7	0,8	0,8	0,6	0,9	0,7	0,6	1,0	0,7	0,3
Celkový čas cyklu			4,8	5,5	4,7	5,2	5,2	5,2	4,2	5,3	5,1	4,2	6,0	4,9	1,8

Proto jsem v tomto kroku montáže přemýšlel o možném zlepšení. Po komunikaci s dodavateli a různých testech jsem došel k názoru, že na hrdlo by bylo možné lepit kód automaticky.

### Návrh opatření

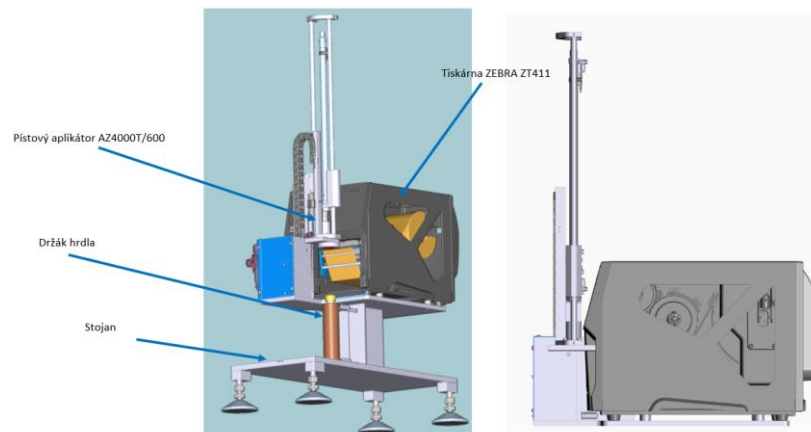
Pro lepení kódu byl vyvinut aplikátor štítku, který odebere štítek z tiskárny a nalepí ho automaticky na hrdlo. Při této příležitosti budou ještě ruční skenery nahrazeny automatickými.

Návrh operací s aplikátorem a automatickým čtením je zobrazen na obr. 40.



**Obrázek 40:** Koncept pro automatický aplikátor štítků

Návrh aplikátoru s integrovanou tiskárnou štítků a popis jeho částí je zobrazen na obr. 41.



**Obrázek 41:** Návrh aplikátoru štítků

Návrh byl odsouhlasen a bude realizován. Po specifikaci a odsouhlasení designu aplikátoru, je toto zařízení aktuálně vyráběno.

Termín dodání je cca KT 30/2021.

Redukce času cyklu na operaci lepení a skenování: **cca 16%**.

Náklady na implementaci: **94 000 Kč** (není započítána tiskárna a automatické skenery).

### **2.11.3 Implementace kolaborativního robota na první stanici montáže**

Pro první stanici montáže (swedging a zakládání do robotického centra) jsem přemýšlel nad možným zlepšením z hlediska času cyklu a možném zjednodušení pro obsluhu a odebrání činností.

Po úvahách, jak v rámci projektu jak eliminovat určité manuální operace, jsem se dostal k myšlence přidání kolaborativního robota (robot který je schopný pracovat s člověkem bez nutnosti „plotů a bariér“).

Pro operaci swedging a zakládání hrdel není robot použitelný bez předělání konceptu celého pracoviště, ale na založení hlav a trychtýřů do zařízení by použitelný byl. Proto vznikl návrh na implementaci tohoto robota do linky.

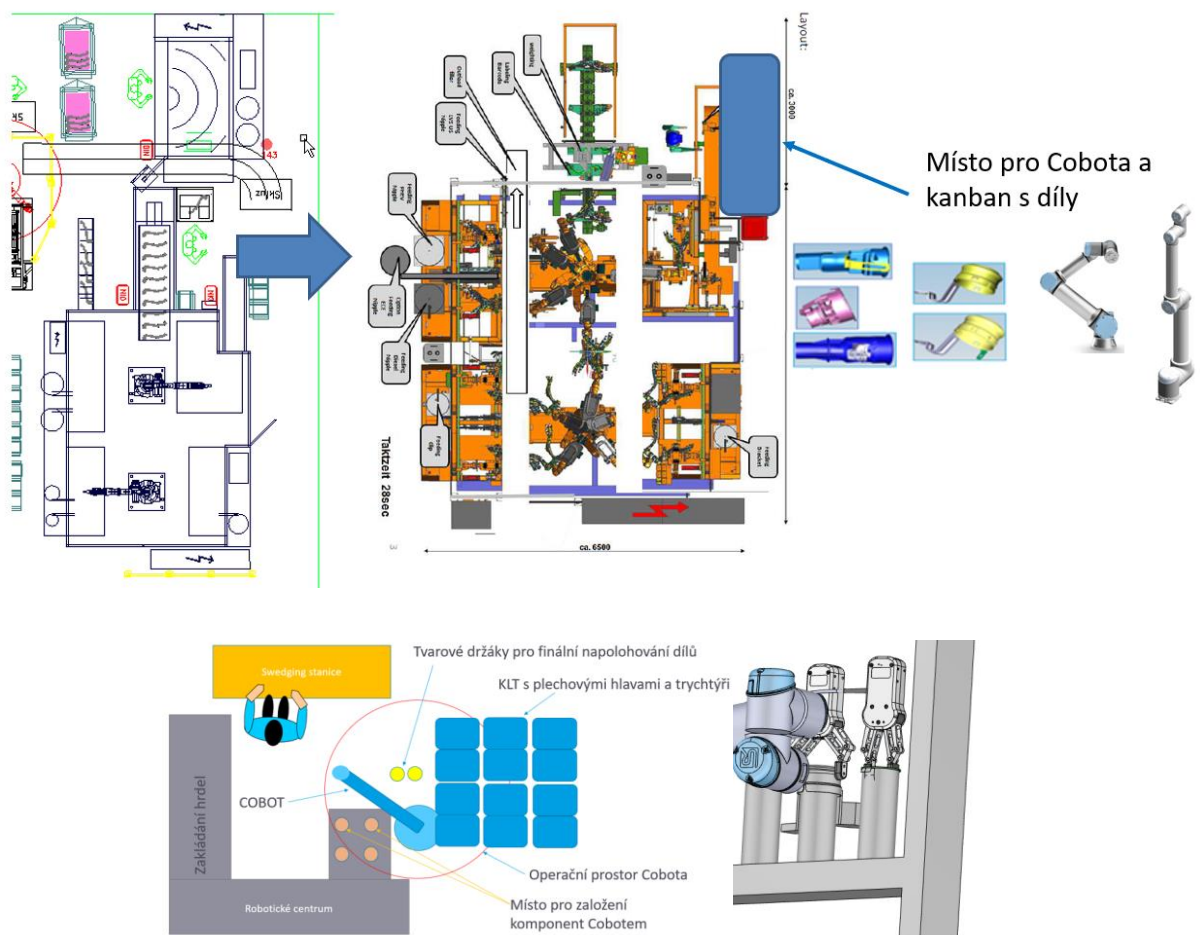
Popis a vizualizace pracoviště s kolaborativním robotem (Cobotem)

Návrh spočívá v instalaci Cobota, polohovacích jednotek, a kanbanu pro KLT, ze kterých bude Cobot díly odebírat.

## Popis navrhovaného procesu:

- 1) Operátor provede operaci swedging (nasazení gumové hadice na hrdlo) a založí hrdlo do robotického centra. Dále jde nasazovat hadici na další hrdlo.
- 2) Cobot odebere trychtýř z KLT a založí do polohovací jednotky.
- 3) Cobot odebere plechovou hlavu z KLT a založí do polohovací jednotky.
- 4) Polohovací jednotky „natočí“ trychtýř a plechovou hlavu na finální požadovanou polohu pro robotické centrum.
- 5) Cobot odebere trychtýř a plechovou hlavu z polohovacích jednotek a založí do transportních jednotek do robotického centra.
- 6) Proběhne kontrola založení, Cobot se vrací do základní pozice a dále opakuje proces.

Vizualizace navrhovaného procesu je zobrazena na obr. 42.



**Obrázek 42:** Vizualizace procesu s kolaborativním robotem

## Kalkulace přínosu implementace kolaborativního robota:

Po zkalkulování přínosů je jasné, že Cobot nemůže na této stanici plně nahradit operátora a redukovat tím náklady.

Přínos by byl v tom, že Cobot by ušetřil operátorovi na této stanici část činností, zrychlil by se čas cyklu a tím i výstup z robotického centra. Data zlepšení jsou v tabulce 4.

**Tabulka 4:** Data zlepšení po implementaci kolaborativního robota

CAR kalkulece	
Požadovaný čas cyklu	28 sek
Požadovaný počet kusů za hodinu	128 ks
Požadovaný počet kusů za směnu	1024 ks
Požadovaný počet kusů za den	3072 ks
Aktuální data	
Aktuální čas cyklu pro operátora na robot. centru	28 ks
Aktuální výstup z robot. Centra	127 ks
Čas cyklu/počet kusů s Cobotem	
Čas cyklu	26 sek
Počet kusů za hodinu	138 ks/hod
Počet kusů za směnu	1104 ks/směnu
Počet kusů za den	3312 ks/den
Zvýšení produkce	
Vyrobené kusy navíc během jedné hodiny	11 ks/hod
Vyrobené kusy navíc během jedné směny	88 ks/směnu
Vyrobené kusy navíc během jednoho dne	264 ks/den

## Náklady na pořízení Cobota

Pořízení a instalace kompletního pracoviště pro Cobota je kalkulována na **1 310 000 Kč**.

Tato aplikace byla vzhledem k vysoké vstupní investici předána na schválení na centrálu společnosti Kautex, kde se jedná o jejím případném schválení.

Vzhledem k vysoké investici a tomu, že Cobot nedokáže na tomto pracovišti plně nahradit člověka, nepředpokládám, že bude instalace finálně schválena.

V této aplikaci šlo spíše o to, ukázat, že i v prostředí kde dělali většinu „ručních“ operací operátoři, je možné tuto práci nahradit prací robota anebo minimálně zajistit to, že člověk může pracovat s robotem na jedné výrobní operaci dohromady, bez technických či bezpečnostních překážek.

Tímto návrhem bych chtěl přispět i pro budoucí projekty, kdy už ve specifikacích pro jednotlivá zařízení bych chtěl mít vytipované operace, které půjdou nahradit automatizací anebo alespoň operace, které bude moci dělat dohromady člověk a robot.

### 3 Shrnutí přínosů práce

Tato práce byla zpracována za účelem specifikace a navržení konceptu výroby palivových hrdel FAAR WE. Výstupem práce je kompletní specifikace linky a návrh dalších dílčích činností na výrobní lince.


Do specifikací zařízení byla zahrnuta „Leason Learned“ (poučení z chyb a implementace poznatků a opatření z jiných výrobních linek, aby k těmto chybám nedocházelo), poznatky a zlepšovací procesy z ostatních výrobních linek a moje nápady, jak mít efektivnější a robustnější proces.

Hlavním cílem práce bylo specifikovat jednotlivá zařízení výrobní linky tak, aby byla linka funkční a splňovala všechny požadavky, jak ze strany zákazníka, tak ze strany společnosti Kautex.

V současné době je linka v závodě postavena a předána ze strany dodavatelů. Na lince proběhlo kompletní nastavení procesů, jak z hlediska kvality dílů, kde jsou všechny požadavky na kvalitu dílů splněny a uvolněny pro sériovou výrobu, tak z hlediska optimalizace a nastavení jednotlivých zařízení pro výrobu.

Na lince proběhl první zátěžový test, výroba probíhala dvě hodiny a během této doby se nevyskytly žádné problémy, které by se týkaly zařízení. Výstupy ze zátěžového je možné vidět v tabulce 5. pozn. Tabulka je vytvořena autorem práce pro vizualizace zátěžových testů jednotlivých linek, případně pro prezentaci při zákaznických auditech. Tato tabulka není řízený dokument společnosti KAUTEX.

**Tabulka 5: Výsledky zátěžového testu linky**

 <b>IRR FAAR filler</b>	
1) FAAR hrdlo - Varianta Diesel	
Výroba probíhala 2 hodiny	
<b>Cíl vyrobených kusů</b>	256
<b>Vyrobené díly</b>	252
DIESEL	252 pcs
<b>OEE</b>	98%
<b>SCRAP</b>	0,79%
<b>OK kusy</b>	
Diesel	250 pcs
<b>Výstup z robotického centra</b>	274 pcs
<b>Výstup ze zkoušky těsnosti</b>	250 pcs
<b>Analýza NOK kusů</b>	
DIESEL	2x na chybu svaření ventilu
<b>Poznámka</b>	Navařovací jednotka nebyla v automatickém režimu
<b>Problémy při výrobě</b>	
<b>Robotické centrum</b>	
Robotické centrum vyrábělo bez prostojů	
<b>Zkouška těsnosti</b>	
2x díl vyhodnocen jako netěsný- díly separovány a po ukončení výroby znovu přetestovány s výsledkem OK- příčina byla chybné založení operátorem	
<b>Prostoje celkem</b> 0 min	

Z výsledků zátěžového testu je patrné, že výstup ze zkoušky těsnosti není stejný jako z robotického centra. Z mého pohledu je to tím, že na zkoušce těsnosti je více manuálních operací. Je potřeba, aby se personál více zaškolil na tento typ výroby a jednotlivé činnosti se operátorům zautomatizovaly.

Po kompletním tréninku operátorů na této lince jsem přesvědčen, že linka bude vyrábět požadovaný počet kusů bez výraznějších problémů.

Z hlediska návržení procesu a specifikace linky si myslím, že vše proběhlo v pořádku a očekávání byla splněna. Proto si myslím, že tímto byl splněn i cíl této diplomové práce.

Lepší vyhodnocení navrženého konceptu bude možné po delším časovém období, kdy bude linka vyrábět.



## 4 Seznam použité literatury

[1] IPA slovník [online slovník], 2015. Dostupné z <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník>.

[2] MIKULEC, P. Výrobní buňky – management výroby úspěšného podniku. In Sborník příspěvků z mezinárodní konference studentů doktorského studia – MendelNet 2002/3. 2. díl – Sekce managementu a marketingu. Brno: Konvoj, 2003. ISBN 80-7302-047-5 (2. díl), ISBN 80-7302-045-9 (celý soubor).

[3] MIKULEC, P. Využití internetu pro marketing firmy. In Sborník příspěvků z Mezinárodního vědeckého kolokvia – Marketingový management a manažerský marketing. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta managementu a ekonomiky, Ústav managementu a Centrum dalšího vzdělávání Ekonomické univerzity v Bratislavě, 2002. s. 191-194 ISBN 80-7318-079-0.

[4] MIKULEC, P., KRESSOVÁ, P. Co víme o začínajících podnikatelích z ČR, Walesu a Nizozemí? In Sborník z konference Nové trendy rozvoje průmyslu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2004. ISBN 80-214-2787-6

[5] GEJZA Horváth, Logistika výrobních procesů a systémů, Západočeská univerzita, fakulta trojní, ISBN 80-7082-625-8, skripta, Plzeň 2000

[6] KYSEL, M. Čo je štíhla výroba? [online]. [cit. 2009-06-06].

Dostupné na [www <http://www.ipaslovakia.sk/Default.aspx?id=26&sub\\_id=0&pos=1>](http://www.ipaslovakia.sk/Default.aspx?id=26&sub_id=0&pos=1)

[7] MIKULEC, P. Application of Industrial Engineering Principles in the Production Management for Productivity Escalation. In Sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference Business Development and European Community. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2003. s. 194-197. ISBN 80-214-2408-7.

[8] MIKULEC, P. Týmová společnost – efektivní organizace moderní firmy. In Sborník příspěvků z mezinárodní konference studentů doktorského studia – MendelNet 2003. Brno: MZLU v Brně, Provozně-ekonomická fakulta, 2003. s. 124-127. ISBN 80-7157-719-7.

- [9] Štíhlá logistika [online]. [cit. 2017-02-25]. 2017,  
Dostupné na [www:https://www.ipaslovakia.sk/clanok/stihla-logistika](https://www.ipaslovakia.sk/clanok/stihla-logistika)
- [10] Štíhlá logistika a materiálový tok [online]. [cit. 2009-06-09].  
Dostupné na [www:http://e-api.cz/page/67820.stihla-logistika-a-materialovy-tok/](http://e-api.cz/page/67820.stihla-logistika-a-materialovy-tok/)
- [11] UHROVÁ, M. Čo je štíhla logistika? [online]. [cit. 2009-06-06].  
Dostupné na [www:http://www.ipaslovakia.sk/Default.aspx?id=27&sub\\_id=0&pos=1](http://www.ipaslovakia.sk/Default.aspx?id=27&sub_id=0&pos=1)
- [12] One Piece Flow [online]. [cit. 2008-06-30]. 2008,  
Dostupné na [www:http://www.strategosinc.com/onepieceflow.htm](http://www.strategosinc.com/onepieceflow.htm)
- [13] IPA Slovakia [online]. 2017 [cit. 2017-02-25]. Slovník.  
Dostupné na [www: https://www.ipaslovakia.sk/clanok/one-piece-flow](https://www.ipaslovakia.sk/clanok/one-piece-flow)
- [14] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. a kol. Štíhlý a inovatívny podnik. Praha: Alfa Publishing, s.r.o, 2006. 237 s. ISBN 80-86851-38-9.
- [15] IPA Slovakia [online]. 2010 [cit. 2011-11-18]. Slovník.  
Dostupné na [www:http://www.ipaslovakia.sk/slovník\\_view.aspx?id\\_s=125](http://www.ipaslovakia.sk/slovník_view.aspx?id_s=125)
- [16] ZANDIN, Kjell B. MOST Work Measurement Systems [online]. New York, USA: Marcel Dekker, Inc., 2003 [cit. 2011-12-13].  
Dostupné na [www: http://www.amazon.com/MOST-Work-Measurement-Systems3rd/dp/0824709535/ref=pd\\_rhf\\_se\\_p\\_t\\_1#reader\\_0824709535](http://www.amazon.com/MOST-Work-Measurement-Systems3rd/dp/0824709535/ref=pd_rhf_se_p_t_1#reader_0824709535)>. ISBN 0-8247-0953-5 ISBN 0-8247-0953-5.
- [17] Bijan Elahi Safety Risk Management for Medical Devices, 2018 ISBN 978-0-12-813098-8
- [18] Robin Kent Quality Management in Plastics Processing, 2017 ISBN 978-0-08-102082-1
- [19] D.R. Kiran , Total Quality Management , 2017 ISBN978-0-12-811035-5
- [20] <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1112>

- [21] KRÁL, Miroslav, 1994. Ergonomie a její užití v technické praxi. 1. vyd. Ostrava: AKS. ISBN 8085798357.
- [22] JACOBS, Karen, c2008. Ergonomics for therapists. 3rd ed. St. Louis, Mo.: Mosby. ISBN 978-0-323-04853-8.
- [23] Definition and Domains of Ergonomics: Definition, 2016. In: International Ergonomics Association[online]. Zurich [cit. 2016-01-20].
- Dostupné z: <http://www.iea.cc/whats/index.html>
- [24] GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK, 2002. Ergonomie: optimalizace lidské činnosti. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 80-247-0226-6.
- [25] STANTON, N., HEDGE, A., BROOKHUIS, K., SALAS, E., HENDRICK, H. Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. USA: CRC Press, 2005. ISBN 0-415-28700-6. ČSN normy Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci (se změnami: 68/2010 Sb., 93/2012 Sb., 9/2013 Sb., 32/2016 Sb.)
- [26] PIVODOVÁ, Pavlína, 2014. Seminář ergonomie [prezentace v rámci předmětu Průmyslové inženýrství – metody II]. Zlín. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014.
- [27] HLÁVKOVÁ, Jana a Alena VALEČKOVÁ, 2007. Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik: metodický materiál Národního referenčního pracoviště pro fyziologii a psychofyziologii práce. Praha: Státní zdravotní ústav. ISBN 978-80-7071-289-4.
- [28] [https://itslovník.cz/pojem/sap/?utm\\_source=cp&utm\\_medium=link&utm\\_campaign=cp](https://itslovník.cz/pojem/sap/?utm_source=cp&utm_medium=link&utm_campaign=cp)
- [29] [https://itslovník.cz/pojem/erpsystem/?utm\\_source=cp&utm\\_medium=link&utm\\_campaign=p](https://itslovník.cz/pojem/erpsystem/?utm_source=cp&utm_medium=link&utm_campaign=p)

## 5 Seznam obrázků

Obrázek 1: Projektové řízení.....	14
Obrázek 2: Porovnání dávkové výroby a toku jednoho kusu.....	18
Obrázek 3: Postup při hodnocení pracovní polohy metodou RULA.....	24
Obrázek 4: Firmy spadající do konsorcia Textron .....	27
Obrázek 5: Destinace výroby a dodávek palivových hrdel + modely vozů .....	28
Obrázek 6: Přehled dodávek v jednotlivých letech .....	29
Obrázek 7: Definování vstupů a výstupů projektu .....	30
Obrázek 8: Vizualizace vyráběných variant hrdel .....	30
Obrázek 9: Vizualizace vyráběných variant hrdel a jednotlivé díly pro tyto varianty ....	31
Obrázek 10: Plánovaný layout linky.....	32
Obrázek 11: Process flow diagram.....	32
Obrázek 12: Vizualizace hrdla po splnění operací na stanici 1.....	33
Obrázek 13: Vizualizace hrdla po splnění operací na stanici 2.....	34
Obrázek 14: Založené komponenty na stanici 2.....	34
Obrázek 15: Vizualizace hrdla před odebráním z robotického centra.....	35
Obrázek 16: VWF kalkulace operátora 1.....	35
Obrázek 17: VWF kalkulace operátora 2.....	36
Obrázek 18: VWF kalkulace operátora 3.....	36
Obrázek 19: Vizualizace dokumentu P-FMEA .....	38
Obrázek 20: Parametry kontrolované systémem CAQ.....	39
Obrázek 21: Obecné Kautex specifikace.....	40
Obrázek 22: Umístění vyfukovacího stroje a dochlazovacího zařízení v lince.....	41

Obrázek 23: Design stanice swedging.....	43
Obrázek 24: Založení dílů na stanici swedging.....	43
Obrázek 25: Umístění stanice krimpování v lince.....	44
Obrázek 26: Schéma požadovaného layoutu robotického centra.....	45
Obrázek 27: Požadavky na stanici robotické centrum.....	46
Obrázek 28: Obsah Bornlabelu.....	47
Obrázek 29: Design stanice robotické centrum.....	51
Obrázek 30: Umístění stanice robotické centrum v lince.....	53
Obrázek 31: Obsah zákaznického štítku.....	55
Obrázek 32: Design stanice ultrazvukové zkoušky těsnosti.....	56
Obrázek 33: Umístění stanice ultrazvukové zkoušky těsnosti v lince.....	57
Obrázek 34: Tok procesu a tok informací pro CAQ systém .....	58
Obrázek 35: Rozhraní komunikace PLC-CAQ.....	60
Obrázek 36: Rozmístění polotovarů a nakupovaných dílů u jednotlivých stanic.....	61
Obrázek 37: Tok polotovarů, nakupovaných dílů, materiálu a finálních dílů linkou....	62
Obrázek 38: Celkové hodnocení pracovišť metodou RULA .....	64
Obrázek 39: Koncept automatického převodu kódu do systému SAP.....	65
Obrázek 40: Koncept pro automatický aplikátor štítků.....	66
Obrázek 41: Návrh aplikátoru štítků.....	67
Obrázek 42: Vizualizace procesu s kolaborativním robotem.....	68

## 6 Seznam symbolů a zkratek

TPM – Totálně produktivní údržba

VSM – Management toku hodnot

5S – Pořádek na pracovišti

FMEA – analýza poruchových režimů a efektů

PFD – procesní vývojový diagram

CAQ – Computer-Aided Quality Assurance kvalita podporovaná počítačem

PLC – programmable logic controller-programovatelný logický automat

RULA – komplexní metoda, která slouží k pozorování, identifikaci a hodnocení pracovních poloh při určitém pracovním postoji a při manipulaci s břemeny

SAP – Systémy – Aplikace – Produkty ve zpracování dat

ERP – podnikové plánování zdrojů

SCR – Selective Catalytic Reduction-nádrže na močovinu

FSE – Fuel system engineering

CVS – Clear Vision System – nádobky ostřikovačů

P-HEV – plug-in Hybrid Electric Vehicle – též „hybrid do zásuvky“, je označení pro paralelní hybridní automobily

ECE – benzínová varianta hrdla

US – benzínová varianta hrdla

OEE – celková efektivita výroby

SCRAP – NOK kusy

VWF – interní metoda předem určených časů

POKA YOKE – princip výroby kdy zabraňujeme zbytečným chybám v procesu

LinePC – počítač zodpovědný za komunikaci PLC a CAQ

CAR – dokument kalkulací projektu pro zákazníka

OPC – Open Platform Communications – jednotné standardní otevřené komunikační rozhraní většinou mezi PLC systémy a nadřazenými SW aplikacemi.

## **7 Seznam tabulek**

Tabulka 1: Kalkulace jednotlivých dílů na výrobní lince.....	62
Tabulka 2: Náměry pro automatický převod kódu do systému SAP.....	65
Tabulka 3: Náměry pro implementaci automatického aplikátoru štítků.....	66
Tabulka 4: Data zlepšení po implementaci kolaborativního robota.....	69

## **8 Seznam příloh**

Příloha 1. – Layout linky
Příloha 2. – Procesní vývojový diagram
Příloha 3. – VWF kalkulace
Příloha 4. – List parametrů
Příloha 5. – Specifikace zařízení
Příloha 6. – Analýza RULA