

Řízení rizik výrobního procesu

Bc. Petr Novotný

Diplomová práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Petr Novotný
Osobní číslo: L21281
Studijní program: N1032A020002 Bezpečnost společnosti
Specializace: Rizikové inženýrství
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Řízení rizik výrobního procesu

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte literární rešerši vztahující se k problematice diplomové práce.
2. Analyzujte současný stav vybraného výrobního procesu.
3. Vyhodnoťte rizika vybraného výrobního procesu s využitím odpovídajících metod rizikového inženýrství.
4. Na základě provedené analýzy navrhněte systémová opatření k minimalizaci identifikovaných rizik daného výrobního procesu v podobě metodické příručky.

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

Seznam doporučené literatury:

1. AVEN, Terje. *Risk analysis*. 2nd Edition. Chichester: Wiley, 2015. ISBN 978-1-119-05779-6.
 2. ČASTORÁL, Zdeněk. *Management rizik v současných podmínkách*. Praha: Univerzita Jana Amose Komenského, 2017. ISBN 978-80-7452-132-4.
 3. FILIP, Ludvík. *Efektivní řízení kvality*. Praha: Pointa, 2019. ISBN 978-80-90753-05-1.
- Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Veselík, Ph.D.**
Ústav krizového řízení

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **26. dubna 2024**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 4. prosince 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti, dne: 26.4. 2024

Jméno a příjmení studenta: Bc. Petr Novotný

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce analyzuje současný stav řízení rizik ve vybraném výrobním procesu a všech jeho výrobních variantách. V teoretické části jsou vymezeny základní pojmy a popsány metody rizikového inženýrství a řízení kvality, jako jsou FMEA analýza, Ishikawa diagram, TESEO, Diagram procesu, Pareto analýza a statistické vyhodnocení dat. Metody byly použity k identifikaci, analýze a vyhodnocení rizik v druhé části práce. V praktické části diplomové práce jsou již přímo zpracovány zjištěné údaje a výsledky použitých metod a nástrojů pro obě varianty výrobního procesu. Konkrétní opatření jsou ihned implementována nebo navržena k implementaci, po provedení potřebných předcházejících kroků vlastníky procesu. Na závěr je zpracována Metodická příručka pro snížení identifikovaných rizik v projektové fázi, v závislosti na zvolené výrobní variantě.

Klíčová slova: FMEA, ISO normy, kvalita, management rizik, převodovka, riziko, výroba.

ABSTRACT

The diploma thesis analyses the current state of risk management in the selected production process and all its production variants. In the theoretical part, basic terms are defined, and methods of risk engineering and quality control are described, such as FMEA, Ishikawa, TESEO, Process diagram, Pareto analysis, and statistical evaluation of data. The methods were used to identify, analyze, and evaluate risks in the second practical part of the work. It already deals directly with specific data and results from the tools and methods used for both variants of production processes and responds by implementing or proposing the implementation of specific corrective measures. Finally, a Methodological Guide for reducing identified risks in the project phase is prepared, depending on the chosen production variant.

Keywords: FMEA, gearbox, ISO standards, production, risk, risk management, quality.

Nejprve bych rád na tomto místě poděkoval Ing. Petru Veselíkovi, Ph.D. za trpělivost, ochotu, vstřícnost, odborné vedení a neocenitelné rady při tvorbě a zpracování této práce. Dále pak i své rodině, za psychickou podporu a nekonečnou trpělivost. Rovněž i všem, kteří mi poskytli veškerá data a potřebnou pomoc, byť nemohu zmínit jméno firmy.

„Riziko se objevuje vždy, když nevíte, co děláte.“ Warren Buffet.

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 TEMATICKÝ RÁMEC MANAGEMENTU RIZIK.....	13
1.1 VYMEZENÍ POJMŮ.....	13
1.2 MANAGEMENT RIZIK.....	15
1.3 FÁZE MANAGEMENTU RIZIKA.....	16
2 METODY POSUZOVÁNÍ RIZIK VYUŽÍVANÝCH VE VÝROBNÍCH PODNICÍCH.....	23
2.1 JEDNOTLIVÉ METODY POSUZOVÁNÍ RIZIK.....	24
2.1.1 Analýza způsobů a důsledků poruch - FMEA.....	26
2.1.2 Hodnocení pravděpodobnosti selhání lidského činitele – metoda TESEO.....	27
3 VÝROBA, VÝROBNÍ PROCES.....	30
3.1 AUTOMATIZACE VÝROBY A VÝROBNÍCH PROCESŮ.....	31
3.2 TRAINING WITHIN INDUSTRY (TWI).....	32
4 ŘÍZENÍ KVALITY.....	34
4.1 SYSTÉMY ŘÍZENÍ KVALITY.....	34
4.2 NÁSTROJE KVALITY.....	38
5 ZMĚNY VE VÝROBNÍCH SPOLEČNOSTECH A ŘÍZENÍ RIZIKA ZMĚN.....	42
5.1 ZMĚNOVÉ ŘÍZENÍ.....	43
6 ZÁVĚREČNÁ KAPITOLA TEORETICKÉ ČÁSTI.....	45
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	46
7 PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ SPOLEČNOSTI.....	47
7.1 ZAMĚŘENÍ VÝROBY.....	47
7.2 ZÁVOD ELEKTRO.....	48
7.2.1 Linka manuální.....	49
7.2.2 Linka automatická.....	51
8 ANALÝZA VYBRANÉHO VÝROBNÍHO PROCESU.....	55
8.1 LINKA MANUÁLNÍ – AKTUÁLNÍ STAV.....	57
8.1.1 Aktuální PFMEA k manuální lince.....	58
8.2 LINKA AUTOMATICKÁ – AKTUÁLNÍ STAV.....	59
8.2.1 Aktuální PFMEA k automatické lince.....	59
9 POSOUZENÍ RIZIK VÝROBNÍCH PROCESŮ.....	60

9.1	ANALÝZA RIZIK VÝROBY NA MANUÁLNÍ LINCE.....	61
9.2	NÁVRH VHODNÝCH OPATŘENÍ K MANUÁLNÍ LINCE	70
9.3	ANALÝZA RIZIK VÝROBY NA AUTOMATICKÉ LINCE.....	72
9.4	NÁVRH VHODNÝCH OPATŘENÍ K AUTOMATICKÉ LINCE	83
10	METODICKÁ PŘÍRUČKA PRO PROJEKTOVÉ TÝMY PŘI IMPLEMENTACI ZMĚN NEBO NOVÉHO VÝROBKU DO VÝROBY.....	86
	ZÁVĚR	92
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	94
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	98
	SEZNAM OBRÁZKŮ	99
	SEZNAM TABULEK.....	100
	SEZNAM PŘÍLOH.....	101

ÚVOD

V době čtvrté průmyslové revoluce, využití digitalizace, robotizace a umělé inteligence jsou stále procesy, kde nahrazování opakované, stereotypní lidské práce buď není technicky možné, je přinejmenším velmi složité, organizacím se ekonomicky nevyplatí nebo je člověk prostě nenahraditelný. Potřeba nahradit lidskou sílu však není způsobena jen technickým a technologickým pokrokem, který nám stále více umožňuje získávat více průběžných dat přímo z linek, ale také společenskými změnami a změnami na trhu práce. V posledních letech jsme právě svědky nedostatku odborně vzdělaných a manuálně zručných pracovníků na trhu práce, velmi nízké míry nezaměstnanosti nebo nezájmu o nabízené pozice operátorů výroby. S tím mnohdy souvisí fluktuace již zaškolených pracovníků, případně nábor zahraničních pracovníků s rozdílnou jazykovou výbavou, pracovními návyky, vzděláním nebo zkušenostmi. To přináší mnohá úskalí oborům a organizacím, kde je stále nevyhnutelná potřeba lidské práce nebo výrobní technologie vyžaduje obsluhu a organizace na to musí nevyhnutelně reagovat.

Naproti tomu digitalizace, automatizace a robotizace přináší úplnou změnu přístupu, potřebných postupů a nároků na celou strukturu organizace. Nejde jen o změnu výrobních procesů, ale také o změnu například v infrastruktuře, kde už z principu vyplývá daleko větší potřeba vybudovat dostatečně silnou a kapacitní datovou a kabelovou síť, ale také vytvořit funkční a odolnou ochranu našich dat před nechtěnou průmyslovou špionáží či úmyslnými útoky na základní funkce organizace. Nutnost změny a případnému přechodu k automatickým procesům, nám také mohla ukázat poslední celosvětová pandemie COVID – 19.

Takové změny nutně potřebují změnu v myšlení, ale také v přístupu napříč celou organizací. Některé organizace se změnami již začaly nebo se nachází v transformačním procesu, který je prováděn postupně.

Proto si myslím, že jde o téma velmi aktuální a pro výrobní organizace může být jeho zpracování velmi přínosné. Pro výzkum byla vybrána společnost, která používá oba výrobní koncepty. Téma je však velmi rozsáhlé, proto se tato diplomová práce zaměřuje pouze na výrobní procesy a posouzení a řízení jejich rizik. Přesněji, na srovnání dvou rozdílných přístupů k výrobnímu procesu sestavení převodovky pro tubusový motor - manuálního a automatického, v konkrétním výrobním závodě.

Samotné srovnání obou výrobních postupů odkrývá řadu podnětů a zajímavostí. Rozdílný charakter procesů - jeden obsluhován operátory a druhý plně automatický - naznačuje, že každý proces bude vyžadovat specifický přístup, nejen při samotné výrobě, ale i při údržbě, řízení změn, implementaci obou procesů do výroby, a to včetně způsobů moderování změn, které přináší životní cyklus výrobku. Práce se tak rovněž zaměřuje na posouzení rizik projektové fáze návrhu výrobku a technologie.

Očekávaným přínosem práce je praktickým způsobem upozornit na část problematiky posuzování rizik při rozdílných přístupech výroby, specifických podmínkách a ukázat možnosti řešení v případech, kde je právě kombinace manuálních procesů, digitalizace a automatizace úzce propojena tak, aby při změnách produktu nebo procesu, byly zahrnuty a zohledněny potřeby jednotlivých výrobních technologií a výrobků. Druhým očekávaným přínosem je poskytnutí jednoho z možných řešení pro maximální efektivitu zaučení nových operátorů výroby a jejich podporu během výrobního procesu tak, aby to pomohlo organizacím překonat některá úskalí pracovního trhu a výrazně pomoci rozšířit okruh potenciálních uchazečů o pracovní pozici operátora výroby.

CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY

Hlavním cílem diplomové práce je posouzení rizik vybraného procesu ve výrobní společnosti XYZ s.r.o, navrhnout nápravná opatření k identifikovaným rizikům a vypracovat metodickou příručku pro systémové snížení identifikovaných rizik. Pro charakteristiku současného stavu vybraného procesu, bylo nutné prostudovat výkresovou dokumentaci výsledného produktu a jeho části, pracovní postupy a pokyny. Následovala identifikace, analýza a vyhodnocení rizik s využitím vybraných metod plynoucích s rozdílných výrobních postupů pro stejný finální výrobek. Dále pak navrhnout nápravná opatření k identifikovaným rizikům v závislosti na zvolené výrobní variantě.

Postup při sběru informací:

Brainstorming – rozhovory s operátory linky, mistry, údržbáři a techniky na téma zácviku, ergonomie, kontroly kvality, údržby a záznamů;

Indukce – Sběr dat na lince, jejich analýza a vyhodnocení, analýza dostupných dokumentů a jejich porovnání s reálnou situací na lince;

Deskripce – popis současného procesu výroby;

Observace – pozorováním skutečného stavu procesu výroby a chování operátorů při výrobě, manipulaci s materiálem a hotovým výrobkem, pozorování chování údržby.

V analyticko-empirické části diplomové práce je využito nástrojů kvality a metod rizikového inženýrství.

Použité metody:

Diagram procesu – podrobně a vizuálně popisuje celý proces výroby, návaznosti, vztahy, místa kontroly kvality;

Ishikawa diagram – je využit k identifikaci všech možných rizik, které mohou na výrobní proces působit;

Statistické vyhodnocení procesních dat – bylo využito ke confirmaci návrhu výrobní linky a její stability a schopnosti vyrábět výrobek bez vad bez použití kontroly;

Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA) – využita k analýze všech možných způsobů poruch a vad s vlivem na výrobek nebo proces výroby, jejich důsledků, mechanismu poruch a vad a popisu opatření, jak těmto poruchám nebo vadám zabránit;

Hodnocení pravděpodobnosti selhání lidského činitele (TESEO) – využita ke kvalitativnímu hodnocení různých možných nastalých situací a jejich vlivů na selhání operátorů při procesu výroby konečného výrobku.

Všechny použité metody jsou podrobněji popsány v kapitole 2 a podkapitole 4.4.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TEMATICKÝ RÁMEC MANAGEMENTU RIZIK

Jelikož je s managementem rizik spojeno mnoho pojmů a definic, je třeba si nejprve na začátku vyjasnit základní terminologii. Také bude nejprve vysvětleno, co je vlastně myšleno pojmem Management rizik, kde všude se s tímto pojmem můžeme setkat, jaký byl vývoj a jaký význam má v současné době.

K základní definici rizika se s určitostí uvádí, že žádná ustálená a konkrétní definice neexistuje. Co však s určitostí můžeme tvrdit je, že s rizikem pracuje každá organizace i osoba, aniž by si to mnohdy uvědomoval.

Ne každé riziko nás musí nutně ohrozit, ale je třeba si uvědomit, že riziko je vždy možné definovat souhrou mnoha okolností, které, pokud se potkají, představují problém k řešení (Filip, 2019).

Riziko a nejistota patří do většiny lidských aktivit i těch podnikatelských. Při jakémkoliv rozhodování vždy podstupujeme riziko a cítíme nejistotu ve vztahu k našemu počínání a jeho výsledku a rozhodnutí v budoucnosti. Riziko vnímáme spíše z té negativní stránky, jako určité nebezpečí např. riziko havárie, onemocnění nebo vzniku možné ztráty. Může mít však i pozitivní stránku např. v podnikání můžeme realizovat vyšší zisk, než byl očekáván (Smejkal a Rais, 2013).

Historický exkurz k pojmu riziko: Pojem Riziko je historický výraz, který se poprvé objevil pravděpodobně v 17. století v souvislosti s lodní plavbou. Základ slova pochází z italského – *risico* a označoval úskalí, kterému se museli mořeplavci vyhnout. V Ottově obchodním slovníku z roku 1924 se objevuje vysvětlení, že se jedná o odvalu nebo nebezpečí nebo také že „riskovat“ znamená odvážit se něčeho. V Masarykově slovníku naučném z roku 1932 se již objevuje i význam ve smyslu možné ztráty. Podle dnešních výkladů se rizikem obecně rozumí nebezpečí vzniku škody, poškození, zničení či ztráty, případně nezdaru při podnikání (Smejkal a Rais, 2013).

1.1 Vymezení pojmů

Vždy na začátku každé práce je potřebné si vyjasnit základní pojmy a terminologii s jakou bude pracováno. Ani v tomto případě to nebude jinak. Je to důležité kvůli tomu, abychom definice chápali, tak jak je zamýšleno a nedošlo tak k záměně za jiný význam slova nebo definice.

Riziko autoři Korecký a Trkovský označují jako účinek nejistoty na dosažení cílů, které je charakterizováno odkazem na potenciální události a následky nebo na jejich kombinaci (Korecký a Trkovský, 2011).

Smejkal a Rais v publikaci Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích dále uvádějí k riziku toto: „*Riziko je situace, v níž existuje možnost nepříznivé odchylky od žádoucího výsledku, ve který doufáme nebo ho očekáváme.*“ (Smejkal a Rais, 2013, s. 91).

Autoři Hnilica a Fotr ve své knize Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování rozlišují Riziko a Nejistotu. „*Riziko je spojeno vždy s určitým procesem, aktivitou či projektem s nejistými výsledky, přičemž tyto výsledky ovlivňují situaci subjektů (podniků, jejich manažerů), kteří je realizují. Nejistota je pak spojena především s neschopností spolehlivého odhadu budoucího vývoje faktorů, které výsledky procesů, aktivit či projektů ovlivňují.*“ (Hnilica a Fotr, 2014, str. 24).

Riziko a nejistotu rozlišují také autoři knihy Finanční řízení podniku Valach a kolektiv: „*Nejistota se chápe jako širší pojem – jde o neurčitost, náhodnost podmínek či výsledků nějakých jevů. Riziko se pak vysvětluje jako užší pojem: jde o takový druh nejistoty, kdy je možné – pomocí různých matematických a statistických metod – kvantifikovat pravděpodobnost vzniku odchylných alternativ.*“ (Valach et al., 1999, s. 48).

Dle Filipa, můžeme rizika rozdělit na:

- **Předvídatelná** – jsou lépe říditelná, lépe se s nimi pracuje a v mnoha případech jsou opakovatelná;
- **Nepředvídatelná** – Jsou to například legislativní změny, kurzové změny nebo při současných změnách klimatu i přírodní vlivy.

V případě, že se rozhodneme rizika řídit, ať už z jakéhokoliv důvodu, můžeme k tomu využít spoustu nástrojů (Filip, 2019).

Pojem **Nejistota** je již částečně popsán v předchozích odstavcích. Jako definici bych však užil kombinaci definic autorů Valacha a Koreckého s Trkovským, že nejistotu můžeme považovat za neurčitost, náhodnost podmínek či výsledků nějakých jevů nebo nedostatku informací (buť i částečných), které přímo souvisí s pochopením nebo znalostí událostí a jejich následků nebo možnosti výskytu (Valach, 1999; Korecký a Trkovský, 2011).

Cíle můžeme definovat jako metu, kterou například výrobní společnosti svou existencí a svým podnikáním chtějí dosáhnout. Cíle mohou mít různá hlediska a mohou být

uplatňovány na různých úrovních. Rizika pak mohou ovlivnit jejich dosažení (Korecký a Trkovský, 2011; Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010).

O hrozbě nebo příležitosti hovoříme v souvislosti s nejistotou toho, co nastane při možném působení, nebo-li **Účinku**, rizika. Pokud je nejistota spojená s negativním vnímáním účinku na cíle společnosti, pak hovoříme o **Hrozbě**, pokud je nejistota vnímána kladně, pak hovoříme o **Příležitosti**. Výsledek působení na cíle, pak nazýváme **Následek**. Ten může být vyjádřen kvalitativně nebo kvantitativně, následky se mohou měnit v průběhu času a mohou se kumulovat nebo stupňovat. Změna, ke které dojde při účinku nastalého rizika, je zvána **Dopadem** (Korecký a Trkovský, 2011; Čermáková a Volfová, 2011).

Zainteresanou stranou je pak osoba nebo organizace, která má vliv na rozhodnutí nebo činnosti nebo se může cítit těmito činnostmi nebo rozhodnutími ovlivněna (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018).

1.2 Management rizik

Managementem rizik se přímo zabývá mezinárodní norma ISO 31000:2018, která byla pro potřeby českých uživatelů, přeložena a převedena Českou agenturou pro standardizaci do souboru Českých technických norem v podobě normy ČSN ISO 31000:2018. Tato norma nepodléhá certifikaci, ale jedná se o podpůrnou normu pro všechny, kdo se v organizacích zabývají implementací managementu rizik jako ochrany hodnot, stanovování strategie, dosahování daných cílů a přijímání informovaných rozhodnutí. Je to jakýsi návod, chceme-li směrnice, pro řízení rizika v jakékoliv organizaci bez ohledu na její zaměření a pro jakoukoliv činnost. Norma vysvětluje základní pojmy, stanovuje zásady managementu rizik a zdůrazňuje a upozorňuje na soustavnou a opakující se potřebu managementu rizik při stále se měnících prvcích procesu, činností a opatření v organizacích. Rovněž zdůrazňuje nutnost převzetí odpovědnosti a vůdčí role za provádění managementu rizik vedení organizace. Doplnjuje a podporuje další harmonizované normy např. řady 9000, 14000 a dalších (ÚNMZ, 2018).

Organizace čelí široké škále rizik, které mohou ovlivnit jejich výsledky:

- Rizika nebezpečí – ohrožují cíle společnosti;
- Rizika příležitosti – posilují cíle společnosti;
- Rizika kontroly – nejistota dosažení výsledků;

- Rizika neshody s legislativními požadavky.

Řízení rizik neprobíhá v organizaci izolovaně, je nutná podpora napříč organizací a mělo by být zahrnuto do strategických cílů společnosti. Má být v souladu s ostatními činnostmi, s hlavními procesy a kulturou v rámci organizace. Řízení rizik by mělo být zasazeno do rámce řízení rizik v kontextu podnikatelského prostředí a odpovídat úrovni rizika, které je zkoumáno (Hopkin a Thompson, 2022).

Častorál také konstatuje, že dobře zavedený a udržovaný management rizik umožňuje organizacím například:

- Zvýšit možnost dosažení stanovených cílů;
- Podporovat odvážné, proaktivní vedení;
- Zlepšit organizaci vedení a důvěryhodnost pro zainteresované strany;
- Vědomě identifikovat a ošetřovat rizika v celé organizaci;
- Mít lepší identifikaci hrozeb a příležitostí;
- Mít po kontrolou všechny zákonné požadavky;
- Zlepšit prevenci ztrát;
- Zvýšení pružnosti organizace atd. (Častorál, 2017).

Management rizik norma vysvětluje jako soubor systematických činností k vedení a řízení organizace s ohledem na rizika. Rozlišuje pojmy vedení a řízení a klade důraz na systematicčnost a logiku procesu. Upozorňuje také na potřebu přihlídnout ke specifičnosti každé organizace a jejich potřeb (Častorál, 2017).

1.3 Fáze managementu rizika

Proces managementu rizik zahrnuje systematické uplatňování politik, postupů a praktik v oblasti komunikace a konzultací, vymezení kontextu a hodnocení, zpracování, monitorování, přezkoumávání, zaznamenávání a ohlašování rizik. Měl by být nedílnou součástí managementu a rozhodování a má být zahrnut do struktury, provozu a procesů organizace. Jeho znázornění vidíme na obrázku 1 (ÚNMZ, 2018).



Obrázek 1 Proces managementu rizika – Zdroj: ÚNMZ, 2018.

Hlavní prvky managementu rizik:

- **Komunikace a konzultace** se zainteresovanými stranami, tak aby byly potřeby a zájmy stran správně pochopeny a zohledněny, byly propojeny všechny odborné znalosti a zahrnuty všechny hlediska pro identifikaci a analýzu rizik. Komunikace a konzultace jsou důležité i pro zabezpečení schválení a podporu plánu ošetření rizik.
- **Stanovením kontextu** se vymezí základní parametry pro řízení rizika, nastaví se rozsah platnosti a kritéria rizik. Dochází k vymezení interního a externího kontextu, respektive prostředí, ve kterém se rizika posuzují.
- **Posuzování rizik** (zahrnuje identifikaci rizik, analýzu rizik a hodnocení rizik)
- **Ošetření rizik**, po ukončení posuzování rizik, zahrnuje volbu odsouhlasené varianty nebo více variant, jejich zavedení pro změnu pravděpodobnosti výskytu a důsledků rizik.
- **Monitorování a přezkoumání** je důležité k neustálému posuzování platnosti rizik, jejich dopadů, kontrolu platnosti, účinnosti a efektivitu ošetření rizik (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020).

Norma ČSN ISO 31000:2018 hovoří o tom, že řízení rizik je:

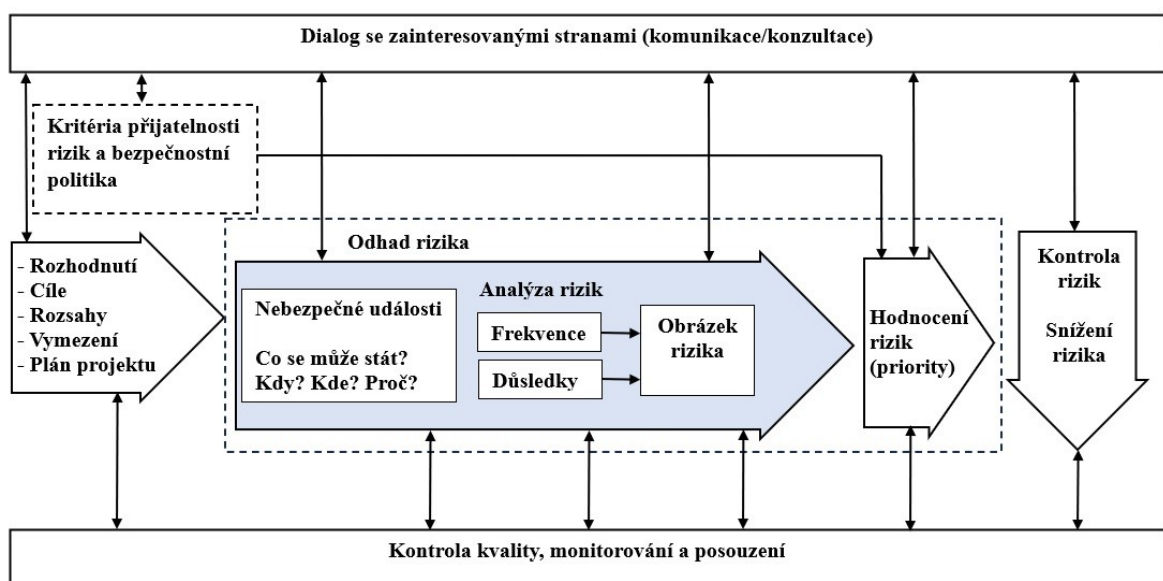
- *Soustavně se opakující činnost a pomáhá organizacím při stanovování strategie, dosahování cílů a přijímání informovaných rozhodnutí.*

- *Součástí správy a vedení organizace a je nezbytné pro její řízení na všech úrovních. Přispívá ke zlepšování systémů managementu.*
- *Součástí všech činností souvisejících s organizací a zahrnuje vzájemné působení se zainteresovanými stranami.*
- *Zohledňuje externí a interní kontext organizace včetně lidského chování a kulturních faktorů (ÚNMZ, 2018, s. 7).*

Aven ve své knize Risk Analysis říká, že řízení rizik můžeme definovat jako soubor všech opatření a činností, které jsou prováděné za účelem řízení rizik. Zabývá se vyvažováním konfliktů spojených se zkoumáním příležitostí na jedné straně a předcházení ztrátám, nehodám a katastrofám na straně druhé. Vztahuje se na všechny činnosti, podmínky a události, které mohou ovlivnit (Aven, 2015).

Rausand k řízení rizik uvádí: „Řízení rizik je definováno jako nepřetržitý proces řízení s cílem odhalit, analyzovat a vyhodnotit potenciální nebezpečné události v systému a identifikovat a zavést účinná opatření pro kontrolu rizik za účelem eliminace nebo snížení možného poškození lidí, životního prostředí nebo jiných aktiv. Řízení rizik je nedílnou součástí veškerého dobrého řízení.“ (Rausand, 2011, s. 117).

Řízení rizik, management rizik nebo také risk management je složen s několika kroků, které jsou znázorněny na obrázku 2.



Obrázek 2 Prvky řízení rizik – Zpracování: Vlastní dle Rausand, 2011

1.3.1 Posuzování rizik

Posuzování rizik je celkový proces identifikace rizik, analýzy rizik a hodnocení rizik. Je prováděno systematicky, opakovaně a na základě spolupráce s použitím znalostí a názorů zainteresovaných stran. Účelem je poskytnout informace a analýzu založenou na faktech s cílem zasvěceně rozhodnout, jak ošetřit určitá rizika a jak volit mezi variantami (ÚNMZ, 2018; ÚNMZ, 2020).

Identifikace rizik – Cílem je rozpoznat, definovat a vytvořit komplexní seznam rizik založený na událostech, které mohou vytvořit, zvýšit, zabránit, zhoršit, urychlit nebo zpozdít dosažení cílů. Je také důležité identifikovat rizika spojená s nevyužíváním příležitosti. Komplexní identifikace rizik je mimořádně klíčová, protože riziko, které není v této fázi identifikováno, nebude zahrnuto do další analýzy rizik. K tomu je zásadní mít neustále platné, aktuální informace (Tupa et al., 2017; ÚNMZ, 2018).

K identifikaci rizik by se měly použít nástroje a techniky odpovídající cílům organizace a vhodné podklady z minulosti. Identifikaci rizik by měly provádět lidé s odpovídajícími znalostmi (Častorál, 2017).

Analýza rizik – Účelem analýzy rizik je pochopit povahu rizika, jeho charakteristiku či jeho úroveň. Zahrnuje detailní posouzení nejistot, zdrojů rizik, následků, pravděpodobnosti jejich výskytu, událostí, scénářů, opatření a jejich efektivnost. Analyzovaná událost může být způsobena několika příčinami a následky a tím mít dopad na více cílů (ÚNMZ, 2018).

Analýza rizik je vždy proaktivní čímž je myšleno, že se zabývá výhradně potenciálními nehodami. Oproti tomu zjišťování příčiny a okolnosti nehod, které se již staly, je přístup reaktivní (Rausand, 2011).

Provedením analýzy rizik získáme:

- Přehled o rizicích;
- Porovnání různých alternativ a řešení z hlediska rizika;
- Identifikaci faktorů, podmínek, činností, systémů, komponentů atd., které jsou důležité (kritické) s ohledem na riziko.

Analýzou rizik můžeme také prokázat účinek různých opatření na riziko, což nám může poskytnout volby mezi různými alternativními řešeními a aktivitami v plánovací fázi systému tak, aby byl systém méně zranitelný a lépe mohl snášet zatížení a namáhání. Poskytuje nám základ pro vyvození závěrů z různých řešení a opatření, zda splňují

stanovené požadavky. Jsme schopni dokumentovat přijatelné úrovně bezpečnosti a rizika (Aven, 2015).

Analýzy rizik lze provádět v různých fázích životnosti systému, tj. od rané fáze konceptu, přes fáze podrobnějšího plánování až po fáze výstavby, provozu a vyřazování z provozu. Hlavním důvodem pro provedení analýzy rizik je podpora rozhodování, kdy může poskytnout důležitý základ pro nalezení správné rovnováhy mezi různými zájmy, jako jsou bezpečnost a náklady (Aven, 2015).

Cílem analýzy rizik je:

- Identifikovat nebezpečí a hrozby související s objektem (systémem);
- Identifikovat potenciální nebezpečné události, které mohou nastat v souvislosti s objektem (systémem);
- Najít příčiny každé nebezpečné události;
- Identifikovat překážky a ochranná opatření, která mohou zabránit nebo snížit pravděpodobnost nebezpečných událostí a/nebo důsledků těchto událostí a posoudit spolehlivost těchto překážek;
- Identifikovat scénáře nehod související s každou nebezpečnou událostí a určit jejich následky a četnost (tj. vytvořit obraz rizika) (Rausand, 2011).

Hodnocení rizik – Norma uvádí, že účelem hodnocení rizika je podpořit rozhodnutí. Porovnává výsledky analýzy rizik se stanovenými kritérii rizik pro určení potřeby dalších opatření. To může vést k rozhodnutí:

- Nadále nedělat nic;
- Zvážit možnost ošetření rizika;
- Provést další analýzu k lepšímu porozumění rizika;
- Udržovat existující opatření;
- Přehodnotit cíle.

Rozhodování by však mělo brát v úvahu stanovený kontext a dopady na zainteresované strany (ÚNMZ, 2018).

Cílem hodnocení rizik, podle Rausanda, je:

- Posoudit obraz rizika, který byl vytvořen a porovnat jej se stanovenými kritérii přijatelnosti rizika;
- Zvážit alternativní systémová a/nebo provozní řešení;
- Popsat rizika, které souvisí s objektem (systémem);
- Navrhnout opatření ke snížení rizik a posoudit účinek na snížení rizik každého z nich ve vztahu k nákladům na takové opatření;
- Poskytovat informace/podněty pro rozhodování o riziku (Rausand, 2011).

K hodnocení rizik Yoe uvádí:

„Při hodnocení rizik jsou zodpovězeny otázky manažera rizik. Obvykle zahrnuje popisy pravděpodobnosti výskytu a závažnosti nepříznivých důsledků spojených s nebezpečími, jakož i rozsah potenciálních zisků z příležitostí identifikovaných na základě důkazů a analýzy ve všech předchozích krocích. Hodnocení rizik zahrnuje jeden nebo více odhadů rizik a jejich doprovodné popisy rizik. Odhad rizika je odhad pravděpodobnosti a závažnosti nepříznivých účinků nebo příležitostí, který se zabývá klíčovými nejistotami. Kvantitativní odhady jsou preferovány před narativními kvalitativními odhady. Odhady rizik by měly zahrnovat všechny relevantní aspekty rizika, které mohou zahrnovat stávající, budoucí, historická, snížená, zbytková, nová, transformovaná a převedená rizika.“ (Yoe, 2019, s. 111-112).

Ošetřování rizik – účelem je vybrat a implementovat možnosti řešení. Je to soustavně opakující se proces:

- Formulace a výběr ošetřování rizika;
- Plánování a implementace ošetřování rizika;
- Posuzování efektivnosti ošetřování;
- Rozhodování o přijatelnosti zbytkového rizika;
- V případě nepřijatelnosti, přijmutí dalšího ošetření.

Ošetřování rizik se nemusí nutně vylučovat nebo nemusí být za všech okolností vhodné. Zahrnuje vyvážení potenciálních přínosů v porovnání s dosaženým cílem, vynaloženému úsilí a nákladům (ÚNMZ, 2018).

Odůvodněním implementace ošetřování rizik je potřeba vnímat v interním a externím kontextu, nejen z ekonomického hlediska. Je potřeba vzít v úvahu všechny legislativní požadavky, dobrovolné závazky a názory zainteresovaných stran (ÚNMZ, 2018).

Monitorování a přezkoumávání – opět se jedná o plánovanou činnost, která zahrnuje pravidelné kontroly a zavedený dohled. Mohou být systematická, pravidelná nebo nahodilá. Jejich účelem je zajištění efektivnosti a účinnosti všech opatření, získávání důležitých dat pro další posouzení rizik a rozpoznání změn a vlivů, které mohou na organizaci působit. Touto činností mohou být identifikována nová, dosud neposuzovaná rizika. Výstupem monitoringu je dokumentovaný záznam, který by měl sloužit jako vstup pro přezkoumání managementu rizik (Častorál, 2017).

2 METODY POSUZOVÁNÍ RIZIK VYUŽÍVANÝCH VE VÝROBNÍCH PODNICÍCH

Posuzování rizik je organizacemi prováděno na různých stupních, v různých fázích i do různé hloubky. Slouží k pochopení rizik, jejich příčin, následků a pravděpodobností. K posuzování rizik se používá mnoho různých metod. Může být použita jedna metoda nebo kombinace více. Záleží vždy na organizaci a osobě, která posuzování provádí, ale obecně platí, že vhodnost vybrané metody by měla splňovat:

- Oprávněnost a vhodnost vzhledem k situaci a organizaci;
- Výsledky posouzení jsou pochopitelné a jasné a vedou k ošetření rizik;
- Její použití je opakovatelné a ověřitelné.

Pokud jsou použity rozdílné metody, pro posouzení jednoho rizika, pak by jejich výstupy měly být mezi sebou porovnatelné (Bernatík, 2016; ÚNMZ, 2020).

Dalšími faktory na výběr metody jsou:

- Cíle posuzování rizik;
- Potřeby managementu k podpoře jejich rozhodnutí;
- Typy a rozsah rizik;
- Potenciální závažnost následků;
- Dostupnost a potřeba expertních či jiných lidských zdrojů;
- Dostupnost vstupních dat;
- Potřebnost aktualizace v budoucnu;
- Požadavky vyplývající ze zákonných požadavků a smluvních ujednání (ÚNMZ, 2020).

Výběr vhodné metody však podléhá více různým faktorům, které však musí být posouzeny vždy individuálně a vždy v kontextu stanoveného rámce. Každá má své výhody a své nevýhody, proto se hodí pro posouzení jiných typů rizik, do jiných typů organizací apod. (Bernatík, 2016; ÚNMZ, 2020).

2.1 Jednotlivé metody posuzování rizik

Metod, které se dají použít je velká řada, ale většina vychází z těch nejznámějších a nejvyužívanějších. Příklady jsou v tabulce 1. Některé z nich budou krátce představeny (Bernatík, 2016; ÚNMZ, 2020).

Metodám Analýza příčin a důsledků poruch (FMEA) a Hodnocení pravděpodobnosti selhání lidského činitele (TESEO) budou věnovány samostatné podkapitoly, jelikož jsou použity v druhé části práce.

Tabulka 1 Přehled nejčastěji využívaných metod Zpracování: Vlastní dle (Bernatík, 2016; Akademické centrum studentských aktivit, 2019; ÚNMZ, 2020).

Zkratka názvu metody	Název metody	Český název metody
CL	Checklist Analysis	Kontrolní seznam
PHA	Preliminary Hazard Analysis	Předběžná analýza ohrožení
WI	What-If Analysis	“Co se stane, když ...” analýza
HAZOP	Hazard and Operability Analysis	Analýza nebezpečnosti a provozovatelnosti
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis	Analýza příčin a důsledků poruch
FTA	Fault Tree Analysis	Analýza stromu poruch
ETA	Event Tree Analysis	Analýza stromu událostí
CCA	Cause – Consequences Analysis	Analýza příčin a následků
HRA	Human Reliability Analysis	Analýza lidského faktoru
TESEO	Tecnica Empirica Stima Errori Operatori	Hodnocení pravděpodobnosti selhání lidského činitele
RIPRAN	Risk Project Analysis	Metoda pro analýzu rizik projektů

Kontrolní seznamy (CL) – Jednoduchá forma identifikace rizik, pomocí sepsaných seznamů poruch, nebezpečí a rizik. Ty jsou vytvořeny na základě předchozích zkušeností. Pro jeho vytvoření je tedy potřebná znalostní základna, dostupné informace a odbornost. Výhodou při použití kontrolních seznamů je, že je mohou využívat i lidé bez odbornosti a nejsou opomenuty i obecná rizika. Nevýhoda je, že mohou svádět ke zjednodušenému vyplnění „pro forma“ a k popisu jen viditelných problémů (ÚNMZ, 2020).

HAZOP – Jedná se o kvalitativní metodu, která se může použít na produkt, proces i systémy. Byla původně vyvinuta pro potřeby analýzy chemických procesů. Identifikuje rizika a způsoby poruch, jejich příčiny i následky. Používá systém vodících slov v kombinaci s procesními parametry. Jsou posuzovány kritičnosti odchylek. Vstupem je návrh a specifikace zkoumaného procesu. Výstupem pak soubor možných odchylek od zamýšleného fungování procesu. Jedná se o metodu, která vyžaduje složení celého týmu lidí. Výhodou je, že při zkoumání rovnou vznikají návrhy řešení ošetření rizika, má široké využití, zahrnuje i lidské chyby. Nevýhodou je její časová náročnost, opírá se o odborné znalosti v týmu (Bernatík, 2016; ÚNMZ, 2020).

FTA – Metoda, která nejprve stanoví tzv. vrcholovou událost a následně snaží určit veškeré způsoby, jak k ní může dojít. Události jsou pomocí popsanych a stanovených obrazců zakresleny do diagramu – stromu. Strom zobrazuje faktory selhání a jejich logický vztah k vrcholové události. Metoda může být použita jako kvalitativní nebo kvantitativní. Jako vstupy jsou však zapotřebí odborné znalosti jak posuzovaného systému, tak technické znalosti toho, jak porucha ohrozí systém nebo jsou potřebné data o intenzitách poruch. Výhodou je flexibilita, zařazení vlivu lidského činitele a fyzikálních jevů do systému poruch, přímá souvislost s vrcholovou událostí zkoumaných stavů, použitelná při složitějších systémech s více rozhraními. Nevýhodou může být nezohlednění vzájemných časových závislostí, domino efektů událostí (Bernatík, 2016; ÚNMZ, 2020).

HRA – Tato metoda se zabývá se dopadem člověka na funkčnost systému. Je používána k hodnocení vlivů lidských chyb na posuzovaný systém. Ukazuje, jak může být nebezpečné ignorování možné lidské chyby, zdůrazňuje chyby bránící produktivitě a jak mohou být chyby a poruchy napraveny lidským pozorovatelem nebo údržbáři. Použití může být kvantitativní i kvalitativní. V případě kvantitativního použití poskytuje data o lidském selhání, v případě kvalitativního použití identifikuje potenciální lidské chyby a jejich příčiny. Výstupem je seznam chyb, způsob chyb, příčiny a následky chyb. Výstupem jsou také metody, pomocí kterých mohou být chyby omezeny. Silnou stránkou metody je začlenění lidské chyby do posuzování rizik, jejich mechanismů vzniku. Nevýhodou je pak rozmanitost přístupů lidí a jejich samotných a tím také stanovení způsobu a pravděpodobnosti vzniku poruch (ÚNMZ, 2020).

RIPRAN – Metoda sestavená pro analýzu rizik projektů, která pracuje registrem rizik a časovým průběhem. Založena na chápání procesních posloupností procesu s definovanými vstupy, výstupy a činnostmi procesu. Provádí se před samotnou implementací projektu a je

postupně aktualizována v průběhu implementace projektu (Akademické centrum studentských aktivit, 2019).

2.1.1 Analýza způsobů a důsledků poruch - FMEA

Zkratka vychází z anglického Failure Mode and Effect Analysis. Tato metoda byla vyvinuta pro potřeby analýzy poruch v systémech roku 1963 v NASA, pro projekt Apollo. Předpokladem, je že každý systém se chová jako řetěz, porucha jednoho prvku může negativně ovlivnit funkčnost dalšího prvku nebo celého systému (Pačaiová et al., 2016).

Jde o jednu z nejrozšířenějších metod. V různých modifikacích se využívá pro analýzy a hodnocení rizik:

- Systému;
- Konstrukčních návrhů;
- Procesu nebo technologií;
- Výrobků.

FMEA je týmovou metodou a pokud má být efektivní, pak je potřeba tým složit z odborníků napříč organizací (Filip, 2019).

Je to technika používaná k identifikaci těch způsobů, jak mohou součásti, systémy nebo procesy selhat ve splnění záměru jejich návrhu.

Pomocí analýzy FMEA jsou identifikovány:

- Všechny možné způsoby poruch různých částí systému;
- Důsledky, jaké mohou mít tyto poruchy na systém;
- Mechanismy poruchy;
- Způsob, jak zabránit poruchám a/nebo zmírnit důsledky poruch na systém.

Pro analýzu FMEA jsou potřebné podrobné informace o prvcích systému kvůli analýze způsobů, jakými může mít daný prvek poruchu (ÚNMZ, 2020).

Informace mohou zahrnovat:

- Výkresy nebo vývojové diagramy analyzovaného systému a jeho součástí, nebo stupně procesu;
- Porozumění funkci každého stupně procesu nebo součásti systému;

- Podrobnosti o prostředí a další parametry, které mohou ovlivnit provoz;
- Porozumění výsledků určitých poruch;
- Historické informace o poruchách včetně dat o intenzitě poruch, pokud jsou k dispozici.

Jako každá metoda má své výhody, chceme-li silné stránky a své nevýhody, respektive omezení (ÚNMZ, 2020).

Silné stránky FMEA:

- Široce aplikovatelná na způsoby poruch činnosti člověka, na způsoby poruch zařízení a systému a na hardware, software a postupy;
- Identifikuje způsoby poruch součástí, jejich příčiny a jejich důsledky pro systém a prezentují se v jednoduše čitelném formátu;
- Vyhýbá se potřebě nákladných modifikací zařízení uvedených do provozu pomocí časně identifikace problémů v etapě návrhu;
- Identifikuje způsoby poruch a požadavky na zálohované nebo bezpečnostní systémy;
- Zdůrazňuje klíčové vlastnosti, jež mají být monitorovány.

Omezení, nevýhody

- Může být použita pouze k identifikaci jednotlivých způsobů poruch, ne ke kombinaci způsobů poruch;
- U složitých vícevrstevných systémů může být obtížná a zdlouhavá (ÚNMZ, 2020).

2.1.2 Hodnocení pravděpodobnosti selhání lidského činitele – metoda TESEO

Jedná se o metodu expertního kvantitativního hodnocení lidského selhání. Jde o zkratku názvu metody *Tecnica Empirica Stima Errori Operatori*, v překladu Empirická metoda pro odhad chyb operátorů, kterou vypracovali v roce 1980 autoři G.C. Bello a C. Columbori. Řadí se mezi screeningové metody a patří mezi ty jednodušší, jelikož vyžaduje nejmenší kapacitní a materiální zdroje. Její nevýhodou je, že z mnoha aspektů, které mohou ovlivnit spolehlivost obsluhy bere v potaz pouze pět základních (Kotek a Babinec, 2009; Ščurek, 2016):

- Typ činnosti – K_I ;

- Časové vyčerpání a stresovost – K_2 ;
- Osobní kvality a schopnosti operátora – K_3 ;
- Vliv pracovního prostředí – K_4 ;
- Únava – K_5 .

Charakteristické typy uvedených faktorů jsou vypsány v tabulce 2.

Tabulka 2 Charakteristické typy klíčových faktorů K_1 až K_5 Zdroj: (Král, 2020)

K_1	Je založen na typu činnosti kvantifikovaného stupně rutiny. Jestliže je aktivita normální rutinou, potom je pravděpodobnost chyby pracovníka velmi nízká.
K_2	Jeho kritérium je čas, který je k dispozici k provedení dané aktivity. Zvýšená stresovost pracovníka vede následně k vyšším rizikům vzniku chyby.
K_3	Uvažuje odbornou kvalitu pracovníka (znalosti, délka praxe apod.). Čím větší má pracovník zkušenosti, tím je pravděpodobnost vzniku chyby nižší.
K_4	Zohledňuje psychickou odolnost pracovníka při plnění pracovních úkolů. S rostoucí psychickou zátěží úměrně klesá spolehlivost pracovníka ve výkonu činnosti.
K_5	Zvýrazňuje pracovní podmínky (organické, fyzické i sociální).

Ke kritériím K_1 až K_5 jsou hodnotitelem vždy přiřazeny hodnoty specifikované v tabulce 3.

Tabulka 3 Hodnocení faktorů spolehlivosti Zdroj: (Kotek a Babinec, 2009)

Faktor	kategorie	Kvantitativní charakteristika	Hodnota K_i
K_1	typ činnosti	jednoduchá, rutinní	0,001
		vyžadující pozornost, rutinní	0,01
		neobvyklá	0,1
K_2	přechodný stresový faktor pro běžné činnosti	2	10
		10	1
		20	0,5
	přechodný stresový faktor mimořádné činnosti	3	10
		30	1
		45	0,3
		60	0,1
K_3	kvality operátora	dobře vybraný, expert, školený	0,5
		průměrné znalosti a školení	1

K_4	vliv úzkosti a stresu	závažná nepředvídaná situace	3
		nepředvídaná situace	2
		normální stav	1
K_5	vliv ergonomie	vynikající mikroklima i koordinovanost s provozem	0,7
		dobré mikroklima, dobrá koordinovanost s provozem	1
		slabé mikroklima, slabá koordinovanost s provozem	3
		slabé mikroklima, chabá koordinovanost s provozem	7
		špatné mikroklima, chabá koordinovanost s provozem	10

Pravděpodobnost selhání operátora K , pro konkrétní pracovní činnost, je pak uvažován jako součin všech uvedených faktorů (Kotek a Babinec, 2009; Ščurek, 2016).

Dle hodnoty K se následně určuje pravděpodobnost vzniku chyby lidského faktoru dle tabulky 4.

Tabulka 4 Hodnocení faktorů spolehlivosti Zdroj: (Kotek a Babinec, 2009)

$K \geq 1$	Selhání téměř jistě nastane
$K = 0,7$ až $0,9$	Pravděpodobnost vzniku mimořádné události
$K = 0$ až $0,6$	Mimořádná událost nehrozí

3 VÝROBA, VÝROBNÍ PROCES

Výrobní závod vidí Thomopoulos jako soubor vstupních aktiv, jako jsou základní suroviny, stroje, komponenty nebo také kvalifikovaní pracovníci. Aktiva pak slouží ke zhotovení výrobku s další přidanou hodnotou. Úlohu vedení pak vidí v koordinaci všech aktiv a v periodickém plánování činností, které vedou k tomuto cíli. K tomu mu slouží výrobní plán, který je strategickým dokumentem a provoznímu personálu říká, jaké zdroje a kdy využít (Thomopoulos, 2016).

Martinovičová et al., z pohledu ekonomického, definuje výrobní činnost jako přeměnu výrobních faktorů na účelné výrobky a služby, které umožní podnikatelským subjektům naplnit jejich hlavní účel – dosažení zisku. Také hovoří o tom, že zmiňovaná přeměna, tedy výrobní proces musí být předem dobře připravený a řízený. Výrobní proces vidí jako proces složený z pracovních procesů – s účastí člověka, procesů automatických – bez přímé účasti člověka a přírodních procesů, které jsou připraveny člověkem (Martinovičová et al., 2014). Oproti tomu Veber a Švecová již vidí výrobu jako rozdělené, na sebe navazující disciplíny produktového a provozního managementu, za kterými vidí řídicí aktivity, které jsou nezbytné k naplnění funkce podniku. Produktový management se zabývá rozhodováním, jaký výrobek vyrábět či který naopak stáhnout z nabídky, provozní management se naopak zabývá všemi činnostmi spojené s tím, kde a za jakých podmínek se produkt vyrábí a jak se dostane k zákazníkovi (Veber a Švecová, 2021).

Základní procesy výroby jsou:

- **Hlavní výroba** – výstupy tvoří hlavní náplň výroby podniku;
- **Vedlejší výroba** – např. výroba polotovarů nebo náhradních dílů;
- **Doplňková výroba** – využívá se volných výrobních kapacit a zpracovává se odpad z hlavní a vedlejší výroby;
- **Přidružená výroba** – liší se od výše uvedených pouze charakterem.
- **Pomocná výroba** – např. svépomocná výroba nástrojů a nářadí, případně výroba energií apod. (Martinovičová et al., 2014).

Typy výroby :

- **Výroba na sklad** – při tomto druhu výroby musí podnik předvídat situaci na trhu, jelikož veškeré zboží vyrábí dopředu, bez objednávky. Výhodou je rychlé uspokojení zákazníka. Nevýhodou pak je, že pokud dojde k přesycení trhu, jsou ve zboží na skladě vázané prostředky a materiál a při prodeji pak můžeme realizovat i ztrátu;

- **Výroba na zakázku** – tento typ výroby oproti výrobě na sklad čeká na přijatou objednávku a následně zboží vyrobí. Výhodou je lepší řízení zásob a dalších vstupů, nemusíme mít tak velké sklady. Nevýhodou je, že zákazník vždy čeká, až je zboží vyrobeno;
- **Výroba pro montáž** – jde o kombinaci obou předešlých typů. Podnik vyrábí na sklad pouze dílčí součásti a při objednávce pak může rychleji reagovat a uspokojit poptávku. Pokud je poptávka nižší, součásti ponechává na skladě (What is manufacturing?, 2024).

Výroba také využívá více modelů montážních linek:

- **Jedno modelové linky** – využívá se pro výrobu menších výrobků, které jsou vždy dokončeny. Veškerý materiál, díly a polotovary jsou shromážděny na lince a podle kusovníku výrobku a stanovených pracovních postupů, jsou postupně montovány k dokončení hotového výrobku. Linka může mít více montážních stanic/pozic, které na sebe navazují;
- **Více modelové linky (výroba na sklad)** – jedná se o linky, kde zpravidla dochází k výrobě více druhů výrobků. Ty mohou být dopracovány do fáze polotovaru a mohou být dokončovány až po objednávce zákazníka;
- **Linky pro výrobu na zakázku** – typicky linka pro výrobu automobilů, kde za sebou mohou být kompletovány různé typy vozů s různou zákaznickou konfigurací (Thomopoulos, 2016).

Z uvedeného je patrné, že typy výroby mohou úzce korelovat s typem použitého modelu montážních linek.

3.1 Automatizace výroby a výrobních procesů

Technologie se napříč odvětvími jsou vyvíjeny rychlým tempem. Na začátku tisíciletí byl autonomní výrobní proces jako například automatické obráběcí centrum, robotické montážní linky nebo expediční systémy, které jsou na základě jednoho kódu schopny vyskladnit zboží až ke svému zákazníkovi, utopíí. Vývoj průmyslových a kolaborativních robotů, virtuální reality, umělé inteligence, cloudových úložišť a softwarových aplikací, však umožňuje strmý nárůst využití automatizace ve výrobě (Malaga et al., 2022).

Díky, v současnosti dostupným technologiím, automatizované systémy mohou dosahovat optimálních výrobních výkonů, který, ve srovnání s operátory, nepolevuje po celou pracovní

dobu. Mohou pracovat v nepřetržitém provozu, nepotřebují přestávky, nejsou nemocní, mohou pracovat v prostředí, které je pro lidský organismus škodlivý apod. Zavedením automatizace je dosaženo lepší kontroly nad celým výrobním procesem a lepšího sběru dat pro okamžité vyhodnocení situace. Tím je dosaženo lepší kontroly plánování výroby, diverzifikace možností vyráběných produktů a kontroly kvality produktu bez možnosti lidské chyby (Malaga et al., 2022).

Výhody:

- Zvyšují efektivitu výroby;
- Zlepšují pracovní podmínky;
- Zvyšují bezpečnost;
- Zlepšují kontrolu kvality;
- Snižují náklady.

Nevýhody:

- Vysoká pořizovací cena;
- Nutnost specializovaného servisu;
- Vysoká cena náhradních dílů;
- Vyšší nároky na znalosti obsluhy a dalších technických profesí.

Kvůli vysokým pořizovacím nákladům je tedy nutné zvážit, zda se taková investice organizaci, i přes nesporné výhody, vyplatí. Je nutné definovat, co je od technologie očekáváno, co bude implementací vyřešeno, a tedy jaká je návratnost vložené investice (Malaga et al., 2022).

3.2 Training within industry (TWI)

Jde o metodu praktického zlepšování dovedností přímo v provozu s okamžitým zavedením nabytých dovedností. TWI je metoda původně vyvinuta pro efektivní fungování válečného průmyslu v USA během druhé světové války. Po válce své uplatnění a velký rozvoj našla ve společnosti Toyota. Je nejčastěji využívána výrobními společnostmi, jelikož její velkou výhodou je její univerzálnost. Je zaměřena nejen na procesy, ale na lidi a procesy zároveň. Zaměřuje se na to, jak správně předávat informace, aby zaměstnanci pracovali správně, bezpečně a svědomitě. Řeší také pozitivní vztahy mezi zaměstnanci, vztahy na pracovišti

a týmovou práci. Ambicí metody je tedy v krátkém horizontu zavedení, jako tréninkové metody ve výrobě, snížit plýtvání zdroji, snížit náklady, zvýšit kvalitu a produktivitu práce a snížit fluktuaci pracovníků (RIX, s.r.o., 2013; DMC management consulting s.r.o., 2014).

4 ŘÍZENÍ KVALITY

Organizace všech typů a velikostí jsou vystavovány působení interních a externích faktorů a vlivů, které vytvářejí nejistotu, zda dosáhnou svých cílů.

Základní charakteristikou výrobního procesu je kvalita výroby. Od ní se odvíjí úspěšnost podniku na tržním prostředí, ale i míra rizik, které se při procesu výroby vyskytují. Dokládá to i snaha významných podniků (především japonských a amerických) účelně eliminovat jakýkoliv nezdár při podnikání a neustále zlepšovat efektivitu práce ve svých podnicích (Smejkal a Rais, 2013).

O řízení kvality nebo také managementu kvality, norma ČSN EN ISO 9000 obecně říká že: *“Zahrnuje činnosti, podle nichž organizace identifikuje své cíle a určuje procesy a zdroje potřebné pro dosahování žádoucích výsledků.”* Také říká, že: *“Řídí vzájemně působící zdroje a procesy potřebné pro poskytování hodnot a dosahování výsledků pro relevantní zainteresované strany.”* (ÚNMZ, 2016a, s. 9).

Jedná se tedy o koordinovanou činnost určené pro vedení a řízení organizace sdružených do čtyř hlavních souborů, které označujeme jako plánování kvality, řízení kvality, prokazování kvality a zlepšování kvality. Činnosti jsou v organizaci koordinovány společně v tzv. systémech managementu jakosti (Nenadál et al., 2008).

4.1 Systémy řízení kvality

Základními systémy řízení kvality jsou:

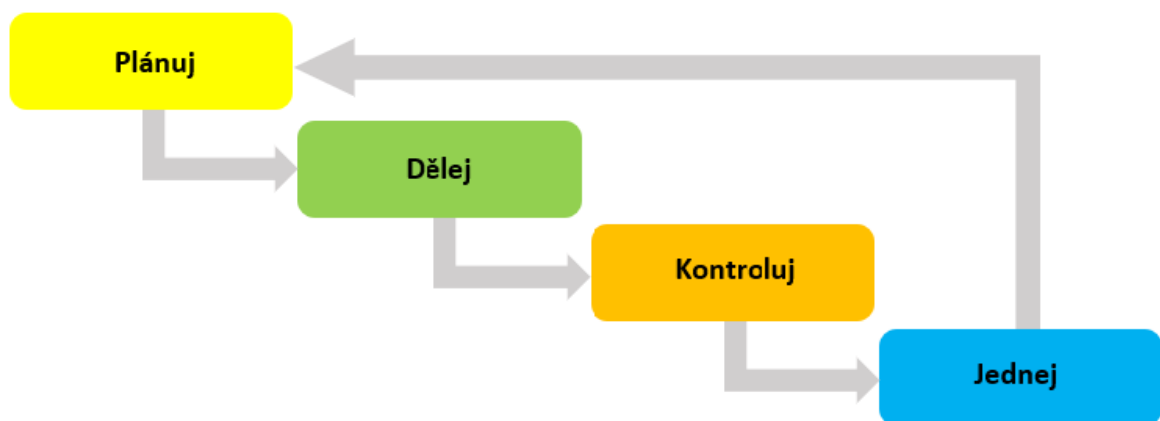
- TQM – Total quality management
- KAIZEN
- Soubor ISO norem

Total quality management (TQM) – Jedná se o velmi komplexní techniku, která klade důraz na řízení kvality ve všech dimenzích života organizace. Překračuje tak rámec řízení kvality a stává se i metodou strategického řízení a manažerskou filozofií pro veškeré konání organizace. Jednotlivé složky organizace tedy jednájí ve vzájemné symbióze a vytvářejí tak výsledek podnikání (Total Quality Management, 2014; Filip, 2019).

Jako první tento systém definoval Armand Feigenbaum jako systém vzájemně propojených činností a opatření, které se zaměřují na stanovení požadavků na kvalitu, její udržení na požadované úrovni a zlepšení kvality všech činností a procesů, které by mohly ovlivnit

výrobek po dobu jeho životního cyklu, s cílem splnění požadavků zákazníka, a to vše při minimálních nákladech (Filip, 2019).

Základní Feigenbaumovy myšlenky byly dále rozvíjeny W. Edwards Demingem, Joseph M. Juranem a dalšími. Deming prosazoval systém efektivního dodavatelského řetězce a užití statistického řízení pro splnění požadavků zákazníka. Rovněž poukazoval na rozhodující roli vrcholového vedení nebo-li TOP managementu. Jeho cyklus PDCA: Plánuj – Dělej – Kontroluj – Jednej, anglicky **Plan – Do – Check – Act**, obrázek 3, se stal základem pro všechny činnosti v organizaci (Filip, 2019).



Obrázek 3 Cyklus PDCA – Zdroj: Vlastní zpracování dle ÚNMZ, 2016b

Naproti tomu Joseph M. Juran vybízel k tomu, aby veškerá činnost organizace byla prováděna v týmech jako způsob podpory změn v organizaci. Každá změna přináší nejistotu a každá změna je krok do neznáma (Filip, 2019).

Philip B. Crosby doplnil, resp. určil 4 předpoklady totální kvality:

- Definování kvality pro každou činnost;
- Zavedení systémů;
- Zavedení standardů zaručujících filozofii „nulových vad“;
- Vytvoření systému měření.

Přestože se myšlenka TQM zrodila v 50. letech v USA, nejúrodnější půdu našla posléze v Japonsku (Total Quality Management, 2014).

KAIZEN – Název metody již sám o sobě napovídá o metodě samotné. Jedná se o složení dvou slov: Kai – změna a Zen – k lepšímu což můžeme přeložit jako Trvalá změna k lepšímu nebo také Trvalé zlepšování.

První použití metody KAIZEN bylo realizováno v roce 1981 a prakticky ihned byla japonskými společnostmi přijata a implementována jako systém řízení kvality. Díky této metodě se na začátku 21. století stala automobilka Toyota, na úkor General Motors, nejlepší automobilkou na světě (Imai, 2012).

Základní, jednoduchou myšlenkou je metodou malých, ale neustálých zlepšování dosáhnout velkých změn v budoucnu.

Základní koncepty KAIZEN:

- KAIZEN a management;
- Proces vs. výsledky;
- Uplatňování základního cyklu PDCA;
- Kvalita na prvním místě;
- Zaměření na data;
- Zaměření na zákazníka.

TOP management musí vytvořit podmínky a jasně a velmi pečlivě definovat pravidla pro celou společnost a převzít vůdčí roli v jejich plnění a naplňování (Imai, 2012).

V kontextu KAIZEN má management dvě hlavní role:

- Zaměření na zlepšování;
- Zaměření na údržbu.

Údržbou se rozumí činnosti zaměřené na udržování aktuálních technologických, manažerských a provozních standardů a jejich dodržování prostřednictvím školení a disciplíny. V rámci své funkce údržby plní management svěřené úkoly tak, aby každý mohl dodržovat standardní provozní postupy. Původní japonské pojetí rolí jednotlivých úrovní managementu, bylo vzhledem k silnému zaměření západních společností na inovace, reflektováno v systému TQM a také implementováno do metody KAIZEN. Jednotlivé pojetí rolí je znázorněno na obrázku 4 (Imai, 2012).

Top management	Inovace
Střední management	Zlepšování
Mistři / předáči linek	Údržba
Operátoři / dělníci	

Obrázek 4 Zapojení inovace do vnímání jednotlivých rolí – Zdroj: (Imai, 2012)

Pravidlo „Kvalita na prvním místě“ vychází z myšlenky, že je pro organizaci kvalita klíčová, a to bez ohledu na cenu a termín doručení, jelikož bez dostatečné kvality u zákazníka neuspěje. Závazek TOP managementu o jeho vůdčí roli je klíčový a důležitý, jelikož tlak na snižování nákladů a úspěch organizace, je vede k ústupkům a ke kompromisům (Imai, 2012).

International Organization for Standardization (ISO) – Jde o světovou organizaci založenou v roce 1947, se sídlem v Ženevě. Jde o nezávislou organizaci, která spojuje odborníky ke shodě na způsobech, jak věci dělat lépe. V současnosti existuje více než 18000 norem. Organizace nyní sdružuje 162 členů, z toho 105 řádných členů, 47 korespondenčních členů a 10 kandidátů na členství. Přestože má ISO celosvětovou působnost, její rozšíření je nejvýznamnější zejména v Evropských zemích. (International Organization for Standardization, 2024)

Z hlediska managementu mezi nejvýznamnější patří tyto normy:

- ISO 9001 Systém managementu kvality;
- ISO 14001 Systémy environmentálního managementu (Environmental management system);
- ISO 27000 – rodina norem Bezpečnosti informací;
- ISO 31000 – Systém Risk managementu. (International Organization for Standardization, 2024).

ISO 9001:2015 – Systém managementu kvality

Požadavky na systém managementu kvality specifikované v této mezinárodní normě a požadavky na produkty a služby se vzájemně doplňují.

Norma využívá procesní přístup, který zahrnuje cyklus Plánuj – Dělej – Kontroluj – Jednej (PDCA) a zvažování rizik. PDCA cyklus umožňuje organizaci ujistit se, že jsou pro její

procesy zajištěny a řízeny odpovídající zdroje, jsou stanoveny příležitosti ke zlepšování a jedná se podle nich (ÚNMZ, 2016b).

Procesní přístup umožňuje organizaci plánovat její procesy a jejich vzájemné vazby. Zvažování rizik umožňuje organizaci určit faktory, které by mohly způsobit odchýlení jejích procesů a jejího systému managementu kvality od plánovaných výsledků, zavést preventivní nástroje řízení s cílem minimalizovat negativní účinky a maximálně využít příležitosti, které nastanou. Trvalé plnění požadavků a řešení budoucích potřeb a očekávání představuje pro organizaci ve stále dynamičtějším a složitějším prostředí výzvu. Aby organizace tohoto cíle dosáhla, může považovat za nezbytné přijmout kromě náprav a neustálého zlepšování různé formy zlepšení, jako je skoková změna, inovace a reorganizace (ÚNMZ, 2016b).

4.2 Nástroje kvality

Základních nástrojů jakosti je celkem sedm.

Záznamník – Nejjednodušší a nejběžněji využívaný nástroj. Při plánování formuláře je potřeba již dopředu určit strukturu dat, která budou zjišťována a zaznamenána. Příkladem může být např. záznamník pro účast na školení, kde v hlavičce budeme mít o jaké školení se jedná, kdy bylo vykonáno, kdo jej školil a následně v prezenci můžeme dohledat, kdo jmenovitě školení absolvoval.

Data mohou být zaznamenávána buď jako čísla, resp. konkrétní hodnoty nebo také formou předem domluvených značek apod. (Filip, 2019).

Vývojové diagramy – Rovněž velmi jednoduchý grafický nástroj, jehož pomocí ukazujeme vzájemné návaznosti a posloupnosti procesů. Můžeme podle něj nastavovat parametry procesů nebo činností. Je vhodný zejména k analýze procesu, jeho kroků a větvení, k analýze rozmístění kontrolních míst a identifikaci případných nadbytečných činností. Jedná se o vytvořený algoritmus, který je nastaven pomocí předem stanovených značek. K nim jsou doplněna informační data konkrétních činností a rozhodnutí nebo také odpovědnost za realizaci dané činnosti apod. (Nenadál et al., 2018; Filip, 2019).

Histogram – Jedná se o sloupcové diagramy, které umožňují sledovat soubory hodnot, a to v určených, předem stanovených intervalech. Výstupem je názorná grafická podoba souboru hodnot, pomocí níž můžeme hodnotit danou činnost. Po posouzení tvaru histogramu je možné zpětně usuzovat, jak činnost probíhala, jaké byly příčiny odchylek od plánovaného stavu, zda a za jakých podmínek je výrobní proces stabilní. Na základě těchto dat tedy

můžeme rozhodnout i o zásahu do procesu např. výměně nástroje nebo jeho seřízení (Filip, 2019).

Diagram příčin a následků – Známý jako Ishikawa diagram nebo také Diagram rybí kosti, resp. Metoda rybí kosti. Jedná se o jednu z nejčastěji využívaných metod pro zjišťování kořenových příčin problémů. Využívá systémového přístupu řešení problému, a to dokumentací všech myšlenek a námětů grafickou metodou. Měl by být zpracováván vždy v týmu, s využitím brainstormingu. Příčiny se zapisují do jednotlivých oblastí, resp. větví. Bývá také využíván jako doplněk 8D reportů (Nenadál et al., 2018; Filip, 2019).

Při analýze technického systému se nejčastěji využívá šesti základních kategorií – větví (6M)

1. MAN (lidé) – příčiny způsobené lidmi.
2. METHODS (metody/postupy) – příčiny způsobené postupy, směrnicemi, pravidly.
3. MATERIALS (materiály) – příčiny způsobené použitým materiálem.
4. MACHINERY (stroje) – příčiny způsobené zařízením, strojem.
5. MAINTENANCE (údržba) – příčiny způsobené údržbou.
6. MOTHER NATURE (prostředí, okolí) – příčiny způsobené okolím, vlivem prostředí.

Pro větší přesnost, resp. pro jistotu, aby nebylo nic opomenuto, je využívána i podrobnější verze (8M), kdy základní kategorie – Metody, je rozdělena ještě na další 2 samostatné větve

7. MEASUREMENTS (měření) – příčiny způsobené nevhodným nebo špatně zvoleným systémem měření
8. MANAGEMENT (vedení) – příčiny způsobené nesprávným řízením/vedením.
(Ishikawův diagram, 2015)

Paretova analýza – Jedná se o důležitý nástroj pro manažerské rozhodování, který umožňuje stanovit priority při řešení problémů. Paretova analýza vychází ze základního principu, který je znám jako pravidlo 80:20. Obecně platí, že 80% problémů s kvalitou je způsobeno jen 20% příčin. Z tohoto pravidla tedy plyne, že bychom se měli soustředit na identifikaci a následná opatření 20% největších kořenových příčin (Nenadál et al., 2018; Filip, 2019).

Korelační diagram – Nazýváme je také bodové diagramy. Zobrazují totiž každý bod jako výslednici dvou souřadnic x a y. Odpovídají tedy dvěma proměnným. Používají se například

pro získání parametrů znaků kvality, které bychom jinak získali destruktivní zkouškou (Filip, 2019).

Regulační diagram – Jedná se o nástroj, který napomáhá regulaci, řízení stanovených činností. Využívají se jako nástroje statistické regulace procesu. Jedná se o grafické znázornění hodnot a změn v daném časovém úseku. Pokud se hodnoty blíží k limitní hranici – mezi zásahu, dochází k přenastavení systému. Tento nástroj je vhodný pro poloautomatizovaná nebo plně automatizovaná pracoviště (Filip, 2019).

Mezi další, pokročilé nástroje kvality můžeme zařadit mimo jiné i **statistickou regulaci procesu (SPC)**. Principy statistické regulace byly poprvé zformulovány W.A. Shewhartem ve dvacátých letech 20. století. Cílem je odhalit neobvyklé chování procesů a nastavit správnou míru regulace procesu. Směřuje ke statisticky zvládnutému procesu tak, aby byl stabilní. Tím předchází výrobě neshodných výrobků, dává prostor k rychlejšímu zásahu do procesu, pokud se v procesu odehrávají zvláštní nebo neočekávané změny. Statisticky zvládnutý proces pak vybízí rovněž k hodnocení způsobilosti procesu a bezpochyby také k jeho zlepšování (Nenadál et al., 2018).

Statistická regulace procesu člení variabilitu na dva typy:

- Variabilita vyvolaná přirozenými, náhodnými příčinami;
- Variabilita vyvolaná zvláštními, neobvyklými a identifikovatelnými příčinami.

Variabilitu můžeme specifikovat jako určitou vlastnost procesu, způsobující nedostatečnou opakovatelnost (Nenadál et al., 2018).

V případě příčin náhodných, přirozených se proces stále považuje za statisticky zvládnutý, jelikož jej ovlivňují malou měrou. Jde o takové vlivy, jako je například vlhkost prostředí, kolísání teplot, nestejnorodost materiálu apod. Odstranění těchto vlivů vyžaduje obvykle systémová opatření jako je například nákup nové technologie, úprava prostředí apod. Oproti tomu zvláštní vlivy jsou zdrojem variability, která při běžných podmínkách procesu na něj nepůsobí. Mohou být například způsobeny poškozením nástroje, špatným seřízením stroje, změnou materiálu nebo neproškolenou obsluhou. Tyto zdroje způsobí kolísání hlídaných parametrů a můžeme je také rozdělit na:

- Sporadické – vznikají náhle a trvají pouze krátkou dobu. Mohou se nepravidelně a opakovaně objevovat;
- Přetrvávající – vyvolávají změny u sledované veličiny nebo rozměru na delší dobu.

Principy SPC se aplikují tam, kde je zájem o realizaci principu neustálého zlepšování procesu.. Udržování statisticky zvládnutého procesu, tj. procesu bez vlivu zvláštních příčin vyžaduje permanentní monitoring a vyhodnocování chování procesu. Takovýto stav pak udržuje nízkou variabilitu výrobního procesu (Nenadál et al., 2018).

Pro kvalitu produktů je zásadním a významným faktorem kvalita výrobních procesů. Jako hodnotící kritérium je využívána **analýza způsobilosti procesů a výrobních zařízení**. Způsobilostí rozumíme schopnost procesu trvale poskytovat produkty, které splňují požadovaná kritéria kvality. Provádí se v průběhu plánování produktů v rámci ověřovací výroby, ale také u již probíhajících procesů (Nenadál et al., 2018).

Samotná analýza způsobilosti procesu musí splňovat dvě kritéria:

- Hodnocený proces musí být statisticky zvládnutý tzn. variabilita sledovaného rozměru (znaku) je vyvolána pouze působením náhodných vlivů;
- Rozdělení sledovaného rozměru (znaku) musí odpovídat normálnímu rozdělení.

Hodnocení způsobilosti výrobního zařízení ukazuje schopnost samotného stroje nebo výrobního zařízení zabezpečit výrobu produktů, které splňují kritéria kvality. Používá se jako hodnotící kritérium při nákupu zařízení, po jeho opravách nebo také při změnách výrobního sortimentu (Nenadál et al., 2018).

5 ZMĚNY VE VÝROBNÍCH SPOLEČNOSTECH A ŘÍZENÍ RIZIKA ZMĚN

Změna, tak jako pojem riziko, může mít vícero definicí. Obecně můžeme říci, že se jedná o plánovaný nebo neplánovaný odklon od dosavadního stavu. Změna přináší příležitost nebo i hrozbu (Kubíčková a Rais, 2012).

Koncept Průmyslu 4.0 vede výrobní společnosti k silným inovacím a ke změnám jejich současného modelu podnikání. Cílem je přechod z doby analogové do digitální. Prostřednictvím implementace digitálních technologií, jako jsou různé typy datových senzorů, automatizace, umělé inteligence a robotiky, dosáhnout zvýšení efektivity výroby, větší kontroly a řízení procesů a zlepšení komunikace. Implementace těchto technologií, bezprostředně vede ke změně obchodních modelů podniků, strukturálním i organizačním změnám. Každá změna přináší jak výhody, tak nevýhody a jako takové musí být společnostmi cíleně řízeny (Kubíčková a Rais, 2012; Favoretto et al., 2021).

Změny výrobních technologií mají rovněž vliv na změnu produktu a celkovou infrastrukturu, která je potřebná pro implementaci nové technologie. Změny musí být tedy náležitě a podrobně komunikovány pomocí dokumentované informace jak směrem do organizace, tak směrem k zákazníkům a dalším zúčastněným zainteresovaným stranám. Nové technologie a změněné postupy a procesy, musí být zahrnuty do řízení rizik podniku (Favoretto et al., 2021; Hnátek et al., 2016).

Požadavky na změny výrobku nemusí souviset pouze s aplikací nových technologií, někdy dochází k potřebě změny v reakci na vývoj na trhu, požadavku zákazníků nebo samotné výrobní organizace. Jakákoliv modifikace však musí probíhat strukturovaným, řízeným a dokumentovaným způsobem, musí být náležitým způsobem ověřena a podléhá dílčím schválením, resp. uvolněním do další fáze vývoje či implementace. Změny mohou probíhat jak ve fázi vývoje a návrhu, tak i po jeho ukončení. Je to neustálý a trvalý proces (Hnátek et al., 2016).

Pro oba typy změn, tj. implementace nového výrobku či změny současného, je potřeba provést tzv. technickou přípravu výroby. Ta má vliv na efektivní provedení produktu, použité technologie a také organizaci výroby. Zohledňuje kapacitní i technologické možnosti organizace. Provedení technické přípravy výroby má přímo vliv nejen na samotnou organizaci a její výrobu, ale také na dodavatelský i odběratelský řetězec. Je zřejmé, že situaci organizace ovlivní jak dobrá, tak i špatná příprava a její podcenění mohou mít až fatální následky pro samotnou existenci organizace (Tomek a Vávrová, 2014).

Častorál shrnuje proces změn do tzv. desatera procesu realizace změn:

1. *Uvědomění si potřeby změn a naléhavosti jejich uskutečnění.*
2. *Analýza vnějších a vnitřních faktorů, které potřebu vyvolaly.*
3. *Vytvoření realizační vize a strategie.*
4. *Stanovení směru, v němž je potřeba podniknout kroky.*
5. *Vytvoření týmů připravených prosadit a realizovat změny.*
6. *Tvorba variant možných kroků a komunikace o nich.*
7. *Stanovení priorit změn a kritérií hodnocení.*
8. *Výběr kroků realizace změn se zaměřením na postupné výsledky.*
9. *Kontrola výsledků a jejich využití pro další změny.*
10. *Zobecnění výsledků do podmínek managementu společnosti.* (Častorál, 2017, s. 73-75).

Norma ČSN EN ISO 9001 uvádí o řízení změn: „*Organizace musí přezkoumávat a řídit změny při výrobě a poskytování služeb v rozsahu nezbytném pro zajištění trvalé shody s požadavky. Musí uchovávat dokumentované informace popisující výsledky přezkoumání změn, osobu (osoby) schvalující změnu a všechna nezbytná opatření vyplývající z přezkoumání.*“ (ÚNMZ, 2016, s. 32).

5.1 Změnové řízení

Jak bylo uvedeno, změna musí být vždy dokumentována. V případě výrobních společností jde především o změny, které se budou týkat primárně jejich výrobků, proto do svých procesů implementují tzv. změnové řízení. Smyslem tohoto procesu je strukturovaně a procesně plánovat a evidovat navrhované změny výrobku, procesu výroby, technologie a organizačních procesů tak, aby došlo k co nejmenšímu dopadu na výkonnost výroby, její kvalitu, efektivitu a rentabilitu (Tomek a Vávrová, 2014).

Změnové řízení obvykle probíhá podle scénáře:

- Návrh na změnu;
- Projednání změn s dotčenými odděleními organizace;
- Určení rozsahu a termínu provedení změny;

- Úprava dokumentace;
- Realizace;
- Ekonomické vyhodnocení změny.

Problémem pro organizace může být:

- Nedostatečná disciplína při dodržování firemní kultury řízení změn;
- Neexistence procesu změnového řízení;
- Neurčitá odpovědnost pro provádění řízení;
- Nedodržení časového rámce;
- Nezjištěná nebo nevhodněná odpovědnost za vznik potřeby změny. (Tomek a Vávrová, 2014).

6 ZÁVĚREČNÁ KAPITOLA TEORETICKÉ ČÁSTI

Úspěch každé výrobní firmy je úzce spjat s tím, že její produkty jsou vyhledávány zákazníky a ti jsou ochotni za ně zaplatit požadovanou cenu. Tento úspěch je však závislý na kvalitě výrobků. Organizacemi je také usilováno o maximalizaci zisku při minimalizaci nákladů, s předpokladem trvalého zájmu zákazníků o jejich produkci. Řízení rizik výrazně pomáhá firmám kvalifikovaně odhadnout budoucí vývoj, zpřehlednit možné dopady na jejich podnikání a přijmout opatření, která zvyšují šance na dosažení stanovených cílů.

V rámci teoretické části práce jsou popsány základní principy a definice výroby a výrobních závodů, principy řízení rizik a jednotlivé fáze řízení rizik. Dále jsou rozebrány metody identifikace a analýzy rizik, včetně metody FMEA, které byly následně aplikovány na téma práce v praktické části. Představeny jsou základní principy, přístupy a nástroje pro řízení kvality, které se vzájemně prolínají s metodami řízení rizik. V kontextu současného dynamického vývoje a čtvrté průmyslové revoluce je zdůrazněna důležitost řízení změn v procesech i produktech a změnového řízení jako celku.

Teoretická část poskytuje rámec porozumění principům řízení rizik a metodám používaným v rizikovém inženýrství a řízení kvality. Tato teoretická základna je klíčová pro efektivní aplikaci metodiky v praktické části diplomové práce, která se dále zabývá konkrétní aplikací těchto principů a metod v reálném prostředí výrobního procesu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ SPOLEČNOSTI

Vzhledem ke skutečnosti, že je analyzovaný proces součástí výroby společnosti, která neudělila souhlas se zveřejněním jejího jména a přesných informací, které nejsou veřejně dostupné, bude v práci označována jako společnost XYZ s.r.o.. Důvodem neudělení souhlasu je ochrana know-how a konkurenčních výhod plynoucích z technologického vývoje lídra trhu.

Společnost XYZ s.r.o. je nadnárodní společností, s výrobními i vývojovými centry po celém světě. Na trhu působí již 80 let a zabývá se výrobou „specifického druhu“ oken, stínících a zatemňovacích doplňků. Společnost má dvě pobočky v České republice, z nichž první je zaměřená na obchodní činnost, vývoj elektrických a elektronických komponent potřebných k ovládní uvedených doplňků a servis doplňků. Druhá je zaměřena na sériovou výrobu doplňků a jejich skladování. Obě pobočky jsou situovány v Jihomoravském kraji.

Počet zaměstnanců je zhruba 470. Organizace je vedená generálním ředitelem, který zastřešuje obě pobočky. Je řízena liniově, s poměrně plochou strukturou, kdy generální ředitel vede tým manažerů jednotlivých oddělení (vývoj, technické odd., kvalita a bezpečnost práce, výrobní logistika, centrální sklad výrobků a expedice) a je jejich přímým personálním nadřízeným. Dále spolupracuje s týmem manažerů (personální odd., správa budov, IT podpora), kteří provádí podporu oběma pobočkám v České republice, jsou však personálně vedeni centrálně mateřskou společností.

Společnost je certifikována dle standardů ISO. Disponuje certifikáty ISO 9001:2015 – Management kvality, ISO 14001:2015 – životní prostředí, ISO 45001:2018 – bezpečnost, ISO 50001:2018 Management energy system a OEKO-TEX STeP – systém pro zavádění výrobních procesů šetrných k životnímu prostředí, zdraví a bezpečnosti ve výrobních závodech, které zpracovávají látky.

7.1 Zaměření výroby

Český výrobní závod je největší výrobní pobočka doplňků pro okna v celé společnosti a v rámci skupiny působí již 25 let. Má čtyři závody, kdy jeden je plně skladovací, určen pro celou Evropu, druhý je zaměřen pouze na výrobu elektrických pohonů včetně jejich solárních verzí a bezdrátových ovladačů, třetí je určen pro zpracování hliníkových profilů a čtvrtý se zaměřuje na kompletaci výrobu samotných doplňků pro okna. Ty mohou být čistě manuální, v různých variantách (sítě, žaluzie, plisé, rolety) nebo elektricky ovládané.

Můžeme tedy říci, že kompletuje výsledné produkty – doplňky, které jsou pak distribuovány ke konečnému zákazníkovi, instalačním a servisním firmám či dalším sesterským závodům, které je dále instalují do dalších produktů např. přímo do oken.

Analyzovaný proces výroby je situován do výrobního závodu Elektro, který je označován jako závod „E“.

V roce 2020 bylo nejvyšším vedením společnosti rozhodnuto o investici do inovace a zcelení části výrobního portfolia. Týkalo se to redesignu všech typů tubusových motorů tak, aby byly schopny nadále pracovat se stejnou, tedy modulární převodovkou. Představou bylo zjednodušení výroby pro větší využití automatizace při výrobě, ale aby byla zachována možnost manuální výroby.

V roce 2021, po potřebném interním vývoji, byla postavena první manuální linka pro výrobu modulárních převodovek. Linka byla umístěna v sesterském závodě mimo Českou republiku. Po ověření koncepce, bylo nejvyšším vedením rozhodlo, že výroba tubusových motorů, resp. pro varianty, pro které existuje nebo je předpokládána nejvyšší poptávka, budou vyráběny v závodě v České republice. Vzhledem k předpokládaným objemům prodeje, bylo také rozhodnuto o investici do plně automatické linky pro výrobu tubusových modulárních převodovek. To bylo vnímáno jako přelomové rozhodnutí, neboť pro takovýto typ výroby, nebyla v historii firmy, využita plně automatická linka.

7.2 Závod Elektro

Počtem zaměstnanců se jedná o největší závod české pobočky podniku. Výroba zde probíhá ve třísměnném provozu a co do charakteru výroby a strojové vybavenosti, patří k nejmodernějším, v porovnání se všemi výrobními závody. V době zpracování této práce, jsou do areálu provozu investovány nemalé finanční prostředky, zejména do automatického skladovacího systému a systému automatického doplňování výrobním materiálem a komponenty na výrobní linky. Systém, po příjmu materiálu od dopravce a označením příslušné palety kódem zboží, sám rozhodne, zda za pomoci automatizovaného, autonomního paletového vozíku, umístí paletu do skladu nebo je paleta dále rozložena do jednotlivých boxů, které jsou následně skladovány v automatických, skladovacích, policových systémech. Samotné linky jsou pak zásobovány autonomními vozíky, které, po objednavce materiálu obsluhou linky, distribuují boxy z policového systému. Takový systém téměř zcela nahrazuje několik pracovníků skladu, kteří se touto činností zabývali před jeho implementací. Další investicí společnosti je kompletní redesign motorů určených pro

ovládání vnitřních doplňků, jako jsou zatemňovací rolety a plisé, určených převážně pro trh v USA. Pro rok 2025 je firmou připravován projekt rozšíření výrobních kapacit na areálu Elektro o novou, kombinovanou halu pro výrobu, skladovací prostory a administrativu.

7.2.1 Linka manuální

Manuální linka je složena ze dvou montážních stolů. V závislosti na potřebách výrobních kapacit, je obsluhována jedním až čtyřmi výrobními operátory. Primárně je určena pro vykrývání prostojů linky automatické. Těmito prostoji mohou být například plánované odstávky nebo neplánované závadové stavy, které vyžadují delší zásah specializované servisní firmy. Může být využívána také v případech zpětné demontáže, kontroly nebo dopracování rozestavených převodovek, které z jakýchkoliv důvodů nemohly být provedeny v automatické lince. Rovněž je využívána pro výrobu, pokud by objem objednávek do výroby nedával ekonomický smysl pro provoz linky automatické. Materiálový tok linky je vždy realizován zleva doprava a pro úplné sestavení převodovky je ve dvou místech využita předem montovaná sestava materiálů. Jedna podsestava je montována externím dodavatelem, druhá na samostatném pracovišti, které není součástí linky a je schopno produkovat podsestavu mimo takt linky.

Manuální linkou je myšleno, že veškerý přesun materiálu mezi výrobními stoly, je prováděn operátorem, jednotlivé výrobní operace jsou prováděny převážně manuálně včetně zásobování a v případě použití jakýchkoliv strojů či nástrojů jsou ovládány, respektive spouštěny operátorem. Linka obsahuje prvky automatické kontroly.

Činnosti prováděné na jednotlivých výrobních stolech:

- **Stůl 1** – Podle objednávky do výroby, si operátor nachystá pracoviště, obrázek 5, pro výrobu s využitím konkrétních surových dílů. Začíná montáží distanční podložky dle typu stejnosměrného motorku, také označován jako DC motorek. Poté na kontakty DC motorku napájí vodiče s konektorem. Tuto sestavu pak umístí do lisovacího zařízení, kde předem umístí již sestavený magnet a roznášecí kolečko. Iniciuje proces lisování pomocí kapacitního tlačítka. Výsledkem procesu je sestava DC motoru připravená pro montáž převodové skříně. Sestavu operátor předá na druhý montážní stůl. Síla zalisování roznášecího kolečka je v čase, automaticky vyhodnocována siloměrem a operátor následně, po komparaci s databází, dostává barevnou signalizaci na vědomí, zda může pokračovat dál v procesu kompletace. Zelená barva signalizuje pokračování bez další kontroly, červená signalizuje stav, kdy byl krok

neúspěšný a je nutné rozpracovaný kus vyřadit z procesu a sešrotovat jej. Při signalizaci žlutým světlem má za úkol operátor zkontrolovat, zda se na hnacím kolečku nenacházejí praskliny. Pokud ne, je možno pokračovat v další operaci. Při přítomnosti prasklin následuje opět vyřazení a sešrotování.



Obrázek 5 Manuální linka - Stůl 1 Zdroj: Vlastní

- **Stůl 2** – Operátor si opět na stole 2, na obrázku 6, opět dle objednávky do výroby, přichystá správné surové díly pro daný typ převodovky. Montáž začíná nejprve sestavením spodní části převodové skříně se středovým kolíkem a ozubeným kolem s kolíkem s čepičkou. Tuto podsestavu pak ručním elektrickým šroubovákem s kontrolovaným momentem utahování, přichytí na tělo sestavy DC motorku. Postupně, jako první, osazuje daný typ vnitřního roznášecího ozubeného kola, následně patřičného planetového unašeče s první vrstvou ozubených koleček. V dalším kroku osadí předem připravenou podsestavu planetové klece s druhou řadou ozubených koleček, umístí kryt klecového držáku a zkompletuje tubusovou převodovku zacvaknutím horní části skříně převodovky. Tubusovou převodovku následně uloží do bedny nebo palety, pokud nenavazuje další krok montáže. Pokud ano, předává převodovku na montážní stůl pro tubusovou motorovou jednotku.



Obrázek 6 Manuální linka - Stůl 2, Zdroj: Vlastní

7.2.2 Linka automatická

Oproti manuální lince, je automatická linka (Obrázek 7 a 8) obsluhována vždy maximálně dvěma operátory. Jelikož je linka navržena jako plně automatická a vyrábí převodovku z příslušného surového materiálu, je vždy jeden operátor určen pro doplňování tohoto materiálu do vibračních zásobníků a podavačů linky. Druhý plní dělenou roli operátora automatické linky a supervizora montážních pracovišť, které na automatickou linku navazují. Operátorem, na základě objednávky do výroby, je volen režim automatické linky pro výrobu konkrétního typu převodové skříně. Montáž tubusových motorů je samostatný výrobní proces, proto není zahrnut do analýzy procesu.



Obrázek 7 Automatická linka – pohled přední, Zdroj: Vlastní



Obrázek 8 Automatická linka – pohled zadní, Zdroj: Vlastní

Celá kompletace převodovky je prováděna v samostatných montážních nosičích tzv. paletkách, které jsou posouvány na středovém oběžném pásu linky. Každá paletka je osazena radiofrekvenčním identifikačním čipem, zkráceně RFID čipem, do kterého je zaznamenán

stav jednotlivých montážních stanic, označených K01 až K13. Prostřednictvím RFID čipu je následně aktuální stav paletky komunikován s hlavní řídicí jednotkou linky.

- **K01** – Kompletace magnetu s držákem pro snímání otáček převodovky, resp. konečné motorové jednotky;
- **K02** – Odebrání stejnosměrného motoru (DC motoru) ze zásobníku, kontrola správného typu DC motoru, nasazení příp. našroubování spojovacího dílu dle typu DC motoru, osazení kompletního magnetu na spodní část osy DC motoru a usazení podsestavy do paletky. Od tohoto okamžiku je podsestava připravena v paletce na kompletaci v dalších stanicích. Veškerá manipulace probíhá za pomoci robotické ruky;
- **K03** – Osazení hnacího kolečka na horní část osy DC motoru za pomoci tlaku a kontrola správné výšky osazení;
- **K04** – Kompletace spodní části skříně převodovky (GHL), do které je na karuselu osazen středový pin a ozubené roznášecí kolečko s kolíkem s čepičkou. Ramenem s uchopovačem je podsestava GHL následně osazena na DC motor s hnacím kolečkem;
- **K05** – Šroubování spodní části skříně automatickým šroubovákem pro pevné uchycení k DC motoru a osazení vnitřního nebo vnějšího planetového unašeče, vždy podle typu převodové skříně;
- **K06** – Montáž planetového kolečka s první vrstvou ozubených kol. Zde rovněž probíhá volba planetového kolečka dle typu převodové skříně;
- **K07** – Montáž planetové klece s druhou vrstvou ozubených koleček a zajišťovacími kolíky. Zde probíhá ověření, zda jsou všechny ozubená kolečka na svém místě;
- **K08** – Umístění krytu klecového držáku a následné zkompletování tubusové převodovky zacvaknutím horního dílu převodové skříně (GHU);
- **K09** – Kontrola funkčnosti tubusové převodovky kontaktováním paletky malým napětím a roznesení maziva pomocí rotace převodové skříně;
- **K10** – Označení převodové skříně pořadovým číslem, typovým značením a výsledkem OK (shodný výrobek), pokud kontrola RFID čipu indikuje, že jsou

všechny kroky dokončeny, či NOK (z anglického Not OK čili neshodný výrobek), pokud došlo v některém z kroků k selhání;

- **K11** – Kontrola kompletnosti a potenciální defektnosti sestavy magnetu. Za pomoci ramena uchopovače, je převodová skříň vyzvednuta ke kontrolní kameře a po vyhodnocení, je buď umístěna do distribučního vozíku na stanovišti K12 nebo vyřazena do sběrného místa pro neshodné kusy;
- **K12** – Umístění převodové skříně do distribučního vozíku. Následně je odvezena na jednotlivá pracoviště kompletace tubusového motoru.

Umístění dílů nebo sestav na stanovištích K05 až K07 do rozpracované převodové skříně je prováděno rameny s uchopovači. Rozdělení automatické linky na jednotlivé stanice, jejich značení a následný popis pořadovým číslem tubusové převodovky, umožňuje vyhledávat zpětně v databázi veškeré údaje spojené s výrobou konkrétní převodovky.

8 ANALÝZA VYBRANÉHO VÝROBNÍHO PROCESU

Vybraným analyzovaným výrobním procesem je sestavení převodové jednotky pro tubusové motory. Modulární převodovka je znázorněna na obrázku 9. Tubusové motory, které jsou na obrázku 10, jsou určeny pro venkovní rolety a jsou rozděleny:

Podle použitého napájení

- Varianta s napájením ze sítě;
- Varianta s napájením z integrované baterie a dobíjením ze solárního článku.

Podle varianty zastínění

- Lehká varianta zatížení;
- Vysoká varianta zatížení.

Samotná varianta použití napájení nemá na typ použité převodovky žádný vliv. Toto rozdělení ovlivňuje až následnou kompletaci samotného tubusového motoru. Oproti tomu varianta použitého zastínění má vliv na to, jaká modulární převodovka má být použita v tubusovém motoru. Převodovky se mezi sebou liší použitými materiály součástek uvnitř převodové skříně. Na vnější pohled, jsou však obě varianty stejné. Z tohoto důvodu je důležité, aby byla převodovka vnějším popisem lehce rozlišitelná a nemusela se pro identifikaci typu rozdělovat.



Obrázek 9 Převodovka pro tubusové motory (Zdroj: Vlastní)



Obrázek 10 Tubusové motory - vlevo varianta s napájením ze sítě; vpravo varianta s baterií
(Zdroj: Vlastní)

Pro výrobu převodovek jsou využity dva rozdílné výrobní procesy, a to manuální výroba a plně automatická linka. Obě linky a jejich procesy budou podrobně představeny a následně porovnány.

Jak již bylo výše uvedeno, firma je certifikována dle ISO 9001:2015, čímž je vázána k aktivní identifikaci, analýze a ošetřování rizik, které by mohly ovlivnit očekávání zainteresovaných stran. To také aktivně činí, a proto jsou ke všem výrobním procesům k dispozici PFMEA tzn. procesní analýzy příčin a důsledků. K provedení PFMEA, je napříč organizací využíváno interních vyhodnocovacích tabulek pro Význam, Výskyt a Odhalitelnost. Tabulky jsou přiloženy v Přílohách I až III. Níže, v tabulce 5, je pro názornost uveden náhled pro pravidla Významu následků. Pravidla v přílohách I až III budou i nadále využívána pro vlastní analýzu rizik.

Tabulka 5 Příklad – Význam následků Zdroj: Interní směrnice společnosti

Účinek	Zákazník (1. volba)	Výroba (2. volba)	Hodnota
Riziko bez varování. Nesplňuje právní požadavky	Produkt nefunguje.	Nebo - Obsluha stroje je vystavena nebezpečí (bez varování)	10
	Důsledky tohoto typu poruchy jsou považovány za velmi vážné.		
	Tento typ poruchy může ovlivnit bezpečný provoz nebo nesplňuje právní požadavky .		
	Tento typ poruchy nastane bez jakéhokoliv varování .		
Velmi vysoký Ztráta nebo snížení hlavní funkce	Produkt nebo jeho důležité funkce nefungují.	Nebo - Všechny výrobky (100%), musí být sešrotovány nebo opraveny. Obvykle je vyrobeno více jak 100 dílů s vadami, než je detekovaná chyba.	8
Mírný Ztráta nebo snížení vedlejších funkcí.	Tento produkt funguje, ale funkce ovlivňující komfort bude snížena.	Nebo - Část výroby (méně než 100%) musí být sešrotována nebo opravena. Obvykle je vyrobeno méně jak 50 dílů s vadami, než je detekovaná chyba.	6
	Někteří zákazníci budou nespokojeni.		
	Pár zákazníků budou nespokojených		
Žádné riziko	Bez efektu	Nebo - Jen velmi málo problémů ve výrobě / ne důležité	1

8.1 Linka manuální – aktuální stav

Dokumentace k identifikaci rizik nebyla nalezena, proto nelze určit, zda je aktuální analýzou reagováno na všechna identifikovaná rizika. Příčinou může být fakt, že manuální linka pro výrobu modulární převodovky a celé tubusové motorové jednotky byla implementována do výroby v českém závodě společnosti XYZ s.r.o. dodatečně.

K výrobní manuální lince je k dispozici PFMEA s poslední revizí provedenou v roce 2021. Zároveň se jedná o PFMEA, která byla výchozí analýzou rizik při objednávce výroby automatické linky a je v ní obsažena analýza procesní části pro kompletaci celé tubusové, motorové jednotky.

Revize PFMEA je zpravidla prováděna při nálezů neshody v jakékoliv fázi životního cyklu výrobku či identifikaci neshody interními kontrolními procesy. Takovým interním procesem může být podnět ze strany operátorů pracujících na konkrétní lince nebo interní reklamacie

ze sesterských závodů, kam jsou tubusové motory dodávány. Po nalezení kořenové příčiny neshody, je tato kořenová příčina zkoumána ve vztahu k poslední revizi PFMEA a pokud na tuto příčinu není v současné analýze reagováno nebo není vůbec zahrnuta, pak je do PFMEA implementována včetně navržených nápravných opatření. Periodická revize není společností nastavena ani vyžadována.

Současná PFMEA nebyla aktualizována od roku 2021 ze dvou zásadních důvodů. Prvním důvodem je, že současná PFMEA byla platná pro linku v sesterském závodě, kde byla manuální linka instalována jako první a měla tedy sloužit jen jako vstupní podklad pro návrh a výrobu linky automatické.

Druhým důvodem je, že manuální linka byla dodatečně umístěna i do procesu výroby v českém závodě firmy. V původním projektu automatické linky byla totiž zcela pominuta potřeba alternativního zastoupení automatické linky např. při údržbě nebo výpadku, ale také potřeba opravného specializovaného pracoviště pro modulární převodovky. Z tohoto důvodu, byly osloveni stejní dodavatelé a byla objednána manuální linka zcela identická, jako je linka v sesterském závodě, byla tedy převzata i stávající PFMEA a samotné převzetí probíhalo podle stejných kritérií.

Diagram procesu z projektové ani ze sériové fáze k manuální lince není k dispozici a není známo, zda tento dokument existoval v projektové fázi sesterského závodu.

8.1.1 Aktuální PFMEA k manuální lince

Vzhledem k originálnímu formátu formuláře a jeho rozsáhlosti, je kompletní procesní analýza přiložena k práci v samostatném souboru. Ukázka dokumentu byla vložena jako Příloha IV. Veškeré dokumenty, vyjma výrobních standardů jsou v organizaci vypracovávány v anglickém jazyce a musely být pro účely této diplomové práce nejprve přeloženy.

Při fyzické prohlídce linky a jejím srovnáním s předloženým dokumentem je patrné, že některé doporučené kroky pro snížení analyzovaného rizika nebyly implementovány. Jako příklad můžeme uvést použití online návodu při výrobě. Rovněž je vidět, že některé kroky nebyly vyhodnoceny jako rizikové, byť mají velký vliv na funkčnost celého produktu např. montáž špatného ozubeného kolečka na osu DC motoru. V původní PFMEA je ohodnoceno jako bez vlivu.

8.2 Linka automatická – aktuální stav

Automatická linka tohoto typu je v celé divizi Doplnky unikátem. S podobným zařízením tedy neměla firma žádnou zkušenost napříč všemi závody po celém světě. Proto bylo důležité, aby pro stavbu automatické linky, byla vybrána externí společnost, která má dostatečnou zkušenost, vlastní vývojové centrum a prostředky k tomu, aby navrhla, zkonstruovala a v budoucnosti poskytovala servis pro navrženou technologii. Mezi vstupními dokumenty a informacemi, pochopitelně, nechyběla procesní FMEA z manuální linky již instalované v sesterském závodě.

8.2.1 Aktuální PFMEA k automatické lince

Souběžně s konstrukcí linky, byla procesní FMEA pro automatickou linku aktualizována. Jelikož tým, který pracoval na projektu implementace neměl dostatečné zkušenosti potřebné k definování přesných požadavků technologie této úrovně, konzultace opatření, které by mohly být vyžadovány, jakož i údaje, které budou při výrobě archivovány, byly formulovány postupně a společně s konstruktéry z externí firmy. Výsledkem je poměrně rozsáhlý dokument, který však v době zpracování diplomové práce, nebyl zcela dokončen, respektive zcela aktualizován dle posledních implementovaných opatření z interních nálezů a reklamací od zainteresovaných stran. Dokument zde nebude uveden na žádost firmy.

Diagram procesu ani identifikace rizik nebyly zpracovány. Ze strany výrobce linky však byly zaznamenány v zápisech z jednání dozorových kontrol upozornění na tři zásadní věci, a to na ukončení konstrukční fáze všech vstupních dílů k určitému datu, následně na jejich výrobní přesnost a dostatečně připravenou a dimenzovanou infrastrukturu na místě umístění linky.

9 POSOUZENÍ RIZIK VÝROBNÍCH PROCESŮ

Vzhledem k vytyčenému cíli diplomové práce bylo rozhodnuto, že pro posouzení rizik, jakož i pro další kroky, budou využity současné postupy, programové vybavení a formuláře, které firma interně používá, pro jejichž použití má popsány interní postupy a nastaven systém školení. Veškeré nástroje, které jsou k dispozici jsou k tomuto účelu dostatečné.

Vlastní identifikace a analýza rizik byla započata nejprve tím, že byla prostudována aktuální výkresová dokumentace vyššího konstrukčního celku, což jsou elektrické i solární verze tubusového motoru a všech jejich variant. Tím je myšleno již popsané rozdělení na lehkou a zátěžovou variantu. Následně byly prostudovány konstrukční výkresy obou variant modulární převodovky a pak i jednotlivých součástek, které, po kompletaci, tvoří celek modulární převodovky. Druhým krokem byla fáze zpětného rozebrání produktů až do fáze prvotních materiálů a jejich porovnání s předloženou výkresovou dokumentací. Třetím krokem bylo studium kompletní dokumentace z projektové fáze a implementace výrobních procesů do výrobního závodu, nakonec i oba samotné výrobní procesy na výrobních linkách.

Jak bylo popsáno výše, konkrétní materiály k identifikaci rizik ani diagram procesu výroby nebyly nalezeny. Po konzultaci s členy projektových týmů bylo zjištěno, že se však ve společnosti tyto nástroje využívají, ale při jiných situacích. Metoda rybí kosti je společností primárně využívána pouze pro identifikaci rizik při šetření reklamace nebo interního problému, a to v případě, kdy není známa kořenová příčina problému a tím není také známo, potenciální řešení problému. V diplomové práci byla využita i pro identifikaci rizik pro oba zvolené výrobní procesy.

Pro vytváření Ishikawa diagramu, který byl popsán v teoretické části, jsou společností dána jednoduchá interní pravidla:

- „Všichni účastníci jsou si rovni a prokazují si vzájemný respekt.“;
- „V počáteční fázi každý účastník individuálně generuje co možná největší počet myšlenek - každá myšlenka je vítaná (může být inspirací pro ostatní).“;
- „Soustředit se na kvantitu ne na kvalitu - v rámci brainstormingu neexistuje hloupá myšlenka.“;
- „Zaznamenat všechny myšlenky do diagramu rybí kost. Vzájemně se poslouchat, ale nehodnotit, nekritizovat“;

- „*Neplýtvat časem svých kolegů. Zaměřit se na dané téma. Vyvarovat se odbíhání od tématu, vyprávění příběhů, vtipů apod.*“ (XYZ, 86.F10080.29, 2019).

Pro tvorbu všech diagramů procesů a diagramů metody rybí kosti, byl využit, společností licencovaný software, Mindjet MindManager 2018.

Pro analýzu rizik metodou FMEA, byl využit formulář vytvořený společností v programu Microsoft Excel, ke kterému, jako návod k hodnocení, jsou použity již výše zmíněné vyhodnocovací tabulky Významu, Výskytu a Odhalitelnosti.

Pro statistické vyhodnocení procesních dat z výrobních procesů, respektive způsobilosti procesu výroby stroje, byl opět použit interní formulář vytvořený v Microsoft Excel.

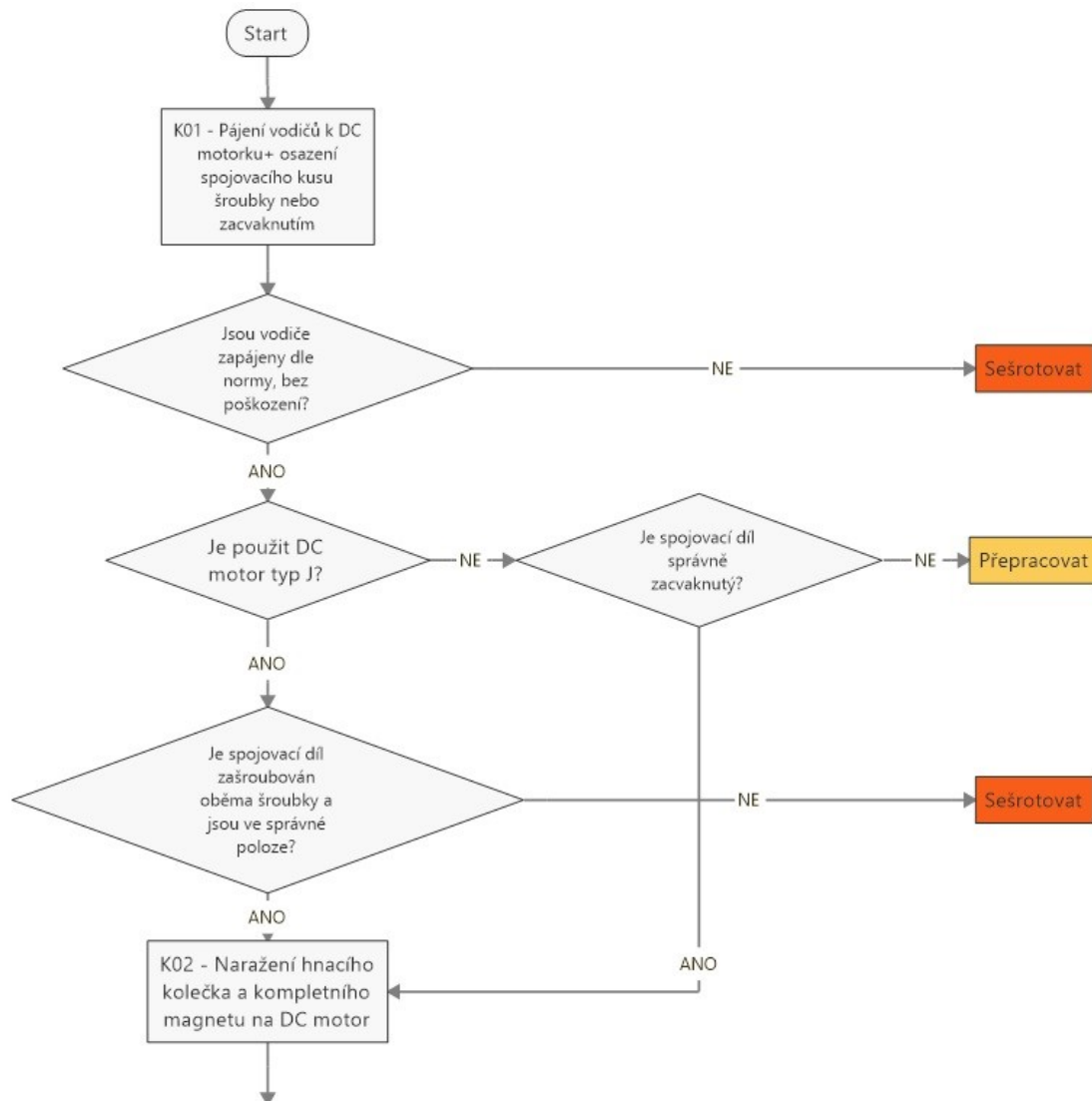
9.1 Analýza rizik výroby na manuální lince

Manuální linka se sestává ze dvou výrobních stolů – pracovišť a jde tak o jednoduché, velmi účelné zařízení. Byť je linka dobře řešena, co se týče bezpečnosti a ergonomie, stále je na první pohled patrné, že všechny stupně kontroly v procesu jsou vyžadovány po samotných operátorech. Všechny učiněné kroky jsou hierarchicky popsány v jednotlivých odstavcích tak, jak byly prováděny.

Diagram procesu výroby na manuální lince je sestaven dle dílčích kroků celého procesu výroby tubusové převodovky a na jednotlivé kroky pak úzce navazuje procesní FMEA.

Na obrázku 11 můžeme vidět část Diagramu procesu výroby na manuální lince. Celý dokument je opět přílohou v samostatném souboru.

Diagram neobsahuje dva samostatné podprocesy, při kterých jsou kompletovány podsestavy dílů, které jsou nezbytnou součástí převodovky. Tyto procesy jsou zcela nezávislé a pro naše účely se chovají jako samostatný vstupní materiál. Jeden z podprocesů je prováděn externím dodavatelem, jelikož proces kompletace základního materiálu je již využíván pro výrobu jiného motoru.



Obrázek 11 Ukázka Diagram procesu (Process flow) výroby na manuální lince Zdroj: Vlastní zpracování s využitím Mindjet MindManager 2018

Pohledem na diagram procesu je jasně patrné, že všechny mezioperační kontroly jsou prováděny operátorem, vyjma operace lisování hnacího kolečka. Tato kontrola je prováděna automaticky, vyhodnocením tlaku senzorem. Tady však platí, že v jedné konkrétní situaci může nastat situace, kdy je pro rozhodnutí potřeba kontrola operátorem. Rovněž je patrné, že většina kontrol je soustředěna na stůl 1 pracovní linky. Na prvním stole je také prováděna jedna z důležitých činností – pájení vodičů. Pájení je nutno provést velmi přesně, za použití schválených postupů a nástrojů a operátor musí být nejen řádně vyškolen, ale mít také určitou šikovnost a praxi v pájení.

Metoda rybí kosti neboli Ishikawa diagram, je v organizaci poměrně rozšířena. Jelikož je členům projektového týmu dobře známa interní metodika k jejímu provádění, bylo rozhodnuto o jejím využití, jako jediné metody, k účelu identifikace rizik u existujícího, již

zavedeného projektu. Celý soubor obsahující Ishikawa diagram, je samostatnou přílohou diplomové práce, pro ukázkou je jeho část v Příloze V.

Všechna identifikovaná rizika byla ohodnocena podle závažnosti a sumarizována v tabulce 6.

Tabulka 6 Výsledek prioritizace v identifikaci rizik pro manuální linku Zdroj: Vlastní

Identifikace rizik dle priorit	
Priorita	Počet
1	7
2	7
3	8
4	8
5	2

Jako prioritní rizika se závažností 1 byla vyhodnocena, rizika spojená s lidskou činností, přesněji kvalifikací operátorů a údržby a procesem jejich zaškolování.

Procesní FMEA byla zpracována v návaznosti kroků procesu výroby, v souladu s předpisy společnosti. K hodnocení Závažnosti, Výskytu a Detekce byly využity předložené tabulky a v případě, že byla identifikována potřeba doplňujícího opatření, tyto byly navrženy nebo přímo implementovány.

Na identifikovaná rizika bylo v PFMEA reagováno v souladu s prioritizací. Opatření ke snížení výskytu chyby a zvýšení pravděpodobnosti detekce chyby, byly navrženy v analýze ihned, a to společností využívanou metodou výcviku operátorů – TWI. Tam, kde je při operacích vyžadováno pájení, je také vyžadováno školení podle normy IPC-A-610H. Norma je souhrnem kritérií přijatelnosti při vizuální kontrole kvality elektronických a elektrotechnických sestav. Z toho tedy vyplývá, že nároky na operátora provádějícího činnost zejména na stole č.1 manuální linky, jsou velmi vysoká. Důraz musí být kladen jak na řádné školení před samotným začleněním konkrétního operátora, tak na osobu trenéra, na procesy spojené se samotným školením včetně přípravy a zakončení. I přesto, že v závěru výroby tubusového motoru, bez ohledu na jeho variantu, probíhá fáze finálního testování všech vyrobených kusů, kde je simulováno reálné zatížení jako při konečném běžném použití, je z pohledu cílů výroby a strategií společnosti vyžadováno, aby se na jakoukoliv nehodu se specifikací přišlo co nejdříve.

V rámci FMEA analýzy bylo doporučeno provést, v určitých krocích, statistické vyhodnocení procesních dat z výrobního procesu k posouzení stability a variability procesu

strojů. Vyhodnocením, je pak možno identifikovat případnou potřebu dalších nápravných opatření. Celý dokument procesní FMEA je opět přílohou v samostatném souboru. Ukázka je uvedena v Příloze VI.

Pro ověření konstrukce strojů a případné nutnosti implementace průběžného ověřování v procesu, bylo rozhodnuto o provedení ověření způsobilosti stroje C_{mk} , a to na krátkodobé sérii sta kusů. To znamená provedení **statistického vyhodnocení procesních dat**, jak bylo zmíněno a doporučeno v PFMEA. Pro ověření byly vytipovány dva procesy – naražení kolíku s čepičkou a naražení středového kolíku. Důvody pro ověření těchto procesů, je právě vliv konstrukce stroje na finální požadavek a také to, že ověření v následném kroku procesu nebo dodatečné ověření je velmi těžko proveditelné a případná potřeba ověření by mohla proces výroby neúměrně prodloužit. To by vedlo nevyhnutelně k potřebě změny konstrukce strojů či postupu výroby.

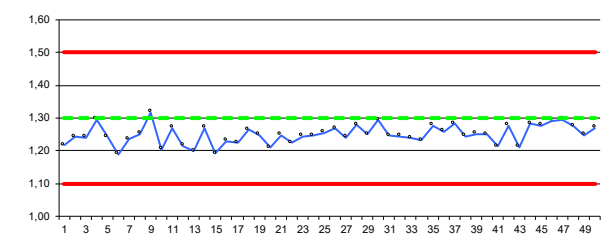
Pro vyhodnocení dosažených výsledků a stanovení dalších opatření nebo nutných akcí, je využit výňatek z tabulky v interním předpisu na obrázku 14. Důvodem pro volbu modře vyznačených kritérií je stáří výrobní linky do jednoho roku, tedy poměrně nová linka a velký vliv na funkčnost převodovky. Výše popsaná série sta kusů, splňuje další kritéria vyžadovaná předpisem na maximální eliminaci vlivu na výsledky použitím jedné výrobní šarže od jednoho výrobce na počtu minimálně padesáti kusů, vyrobených po sobě, bez vnějšího zásahu operátora či údržby.

Na základě měření způsobilosti stroje při procesu naražení kolíku s čepičkou, protokol na obrázku 12, který byl v PFMEA analyzován jako jeden z rizikových, můžeme konstatovat, že stroj s variabilitou procesu $C_m = 2,26$ a $C_{mk} = 1,78$ je, za předpokladu správného seřízení a shodného materiálu, schopen stabilní výroby s předpokládaným defektem, resp. neshodou menší než 0,58PPM. Z hodnot $C_m = 7,47$ a $C_{mk} = 4,03$ pro proces naražení středového kolíku, protokol na obrázku 13, můžeme konstatovat, že tento proces, vzhledem k vykazovaným hodnotám, průběhu histogramu a korelačního diagramu, je zajištěn konstrukčně. To znamená, že stroj nemůže v žádném případě vyrobit neshodný kus. Pokud by k takovému případu došlo, je jisté, že část stroje, spojená s tímto krokem, musí být poškozena nebo zcela zničena a musí dojít k opravě.

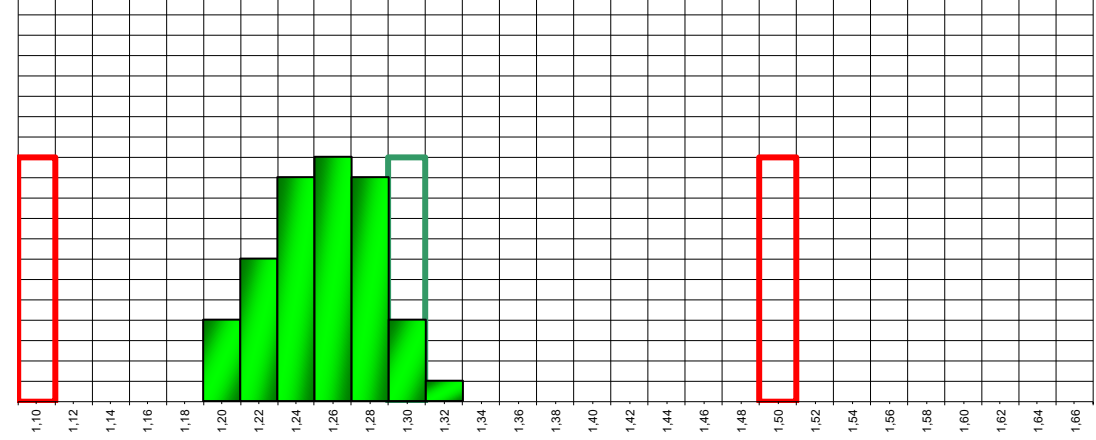
Oba protokoly měření způsobilosti jsou v plném rozsahu, v elektronické podobě přílohou práce.

Modulární převodovka - Kolík s čepičkou	$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$	$R = x_{\max} - x_{\min}$	$C_{mk} = \min.(C_{mo}, C_{mu})$	Nominální hodnota	1,300
PN			$C_{mk} \geq 1,67$	Horní tolerance	0,200
Manuální modulární linka	$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$	$C_{mu} = \frac{\bar{x} - UGW}{3s}$	$C_{mo} = \frac{OGW - \bar{x}}{3s}$	Spodní tolerance	0,200
Výškoměr					
Petr Novotný					

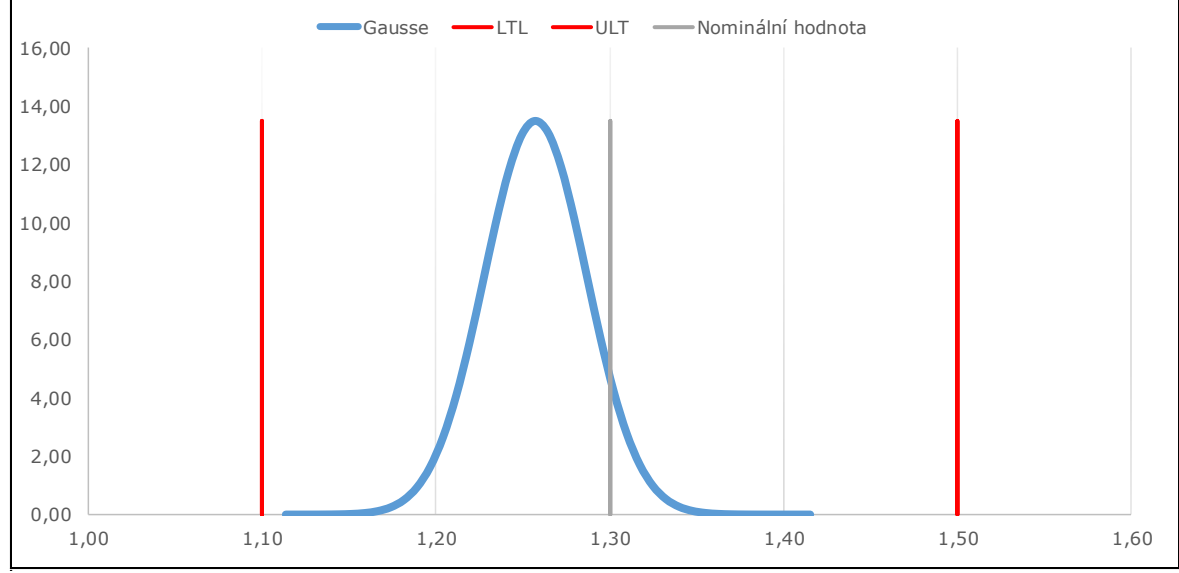
Základní údaje		Způsobilost	
n	100	Cmku	2,7390
\bar{x}	1,2573	Cmkl	1,7754
max.	1,3400	Cmk	1,7754
min.	1,1890	Cm	2,2572
R	0,1510		
1 x s	0,02953	Počet chyb	
8 x s	0,2363	DPML	0,050121670
UTL(OGW)	1,500	DPMU	0,000000000
LTL(UGW)	1,100	DPM	0,050121670



UTL = Horní toleranční mez = (OGW) LTL = Spodní toleranční mez = (UGW) k 0,020



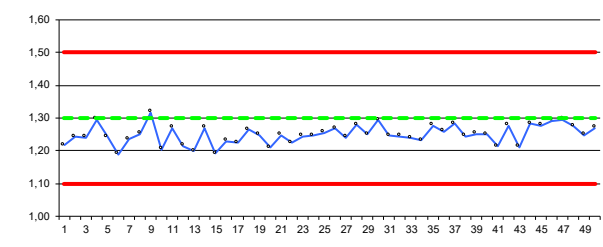
Gaussova křivka - pouze ilustrační



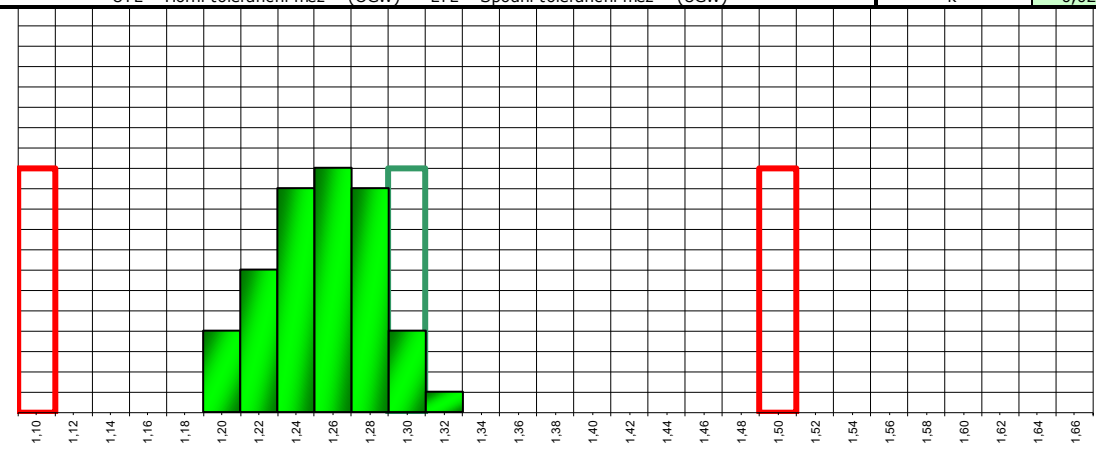
Obrázek 12 Způsobilost procesu – Narážení kolíku s čepičkou – manuál, Zpracování vlastní do protokolu XYZ. 86.F10085.29, 2021

Modulární převodovka - Kolík s čepičkou	$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$	$R = x_{\max} - x_{\min}$	$C_{mk} = \min(C_{mo}, C_{mu})$	Nominální hodnota	1,300
PN			$C_{mk} \geq 1,67$	Horní tolerance	0,200
Manuální modulární linka	$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$	$C_{mu} = \frac{\bar{x} - UGW}{3s}$	$C_{mo} = \frac{OGW - \bar{x}}{3s}$	Spodní tolerance	0,200
Výškoměr					
Petr Novotny					

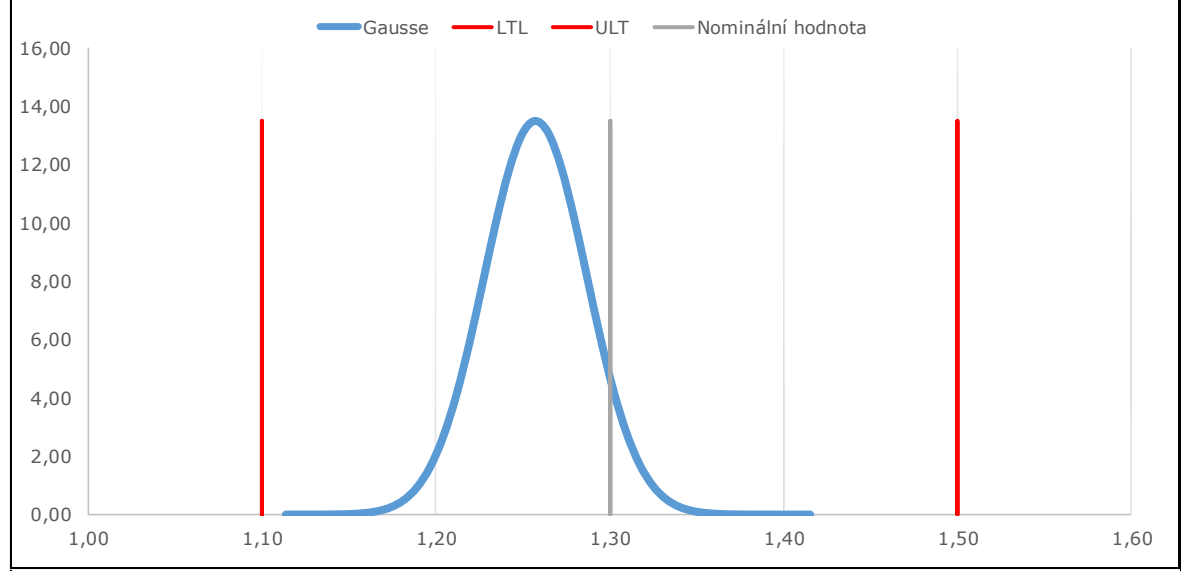
Základní údaje		Způsobnost	
n	100	Cmku	2,7390
\bar{x}	1,2573	Cmkl	1,7754
max.	1,3400	Cmk	1,7754
min.	1,1890	Cm	2,2572
R	0,1510		
1 x s	0,02953	Počet chyb	
8 x s	0,2363	DPML	0,050121670
UTL(OGW)	1,500	DPMU	0,000000000
LTL(UGW)	1,100	DPM	0,050121670



UTL = Horní toleranční mez = (OGW) LTL = Spodní toleranční mez = (UGW) k 0,020



Gaussova křivka - pouze ilustrační



Obrázek 13 Způsobnost procesu – Narážení středového kolíku – manuál, Zpracování vlastní do protokolu XYZ. 86.F10085.29, 2021

			4	3	2	1	1	0	
		Symbol					CTQ.XX	CTQs.XX	
		Designations of centred and critical capability indices	Non-critical cosmetic issues	Critical cosmetic or dimensional issues which do not impact fit and function	Fit and function which effects the performance of the end product	Potential recall, big impact on fit & function or effects fit & function in a recall	Mandator and Legal Requirements	Safety Critical	
New Processes/Machines	A	Machine performance study (Instantaneous study)	$C_m \geq 1,0$ $C_{mk} \geq 1,0$	$C_m \geq 1,0$ $C_{mk} \geq 1,0$	$C_m \geq 1,33$ $C_{mk} \geq 1,33$	$C_m \geq 1,33$ $C_{mk} \geq 1,33$	$C_m \geq 1,5$ $C_{mk} \geq 1,5$	$C_m \geq 2,0$ $C_{mk} \geq 2,0$	
		Samples (n) min.	50	50	50	50	50	50	
		Duration: Ensuring exclusion of all relevant sources of variation							
		Sampling method: Parts one batch, one supplier - Minimize sources of variation							

Obrázek 14 Výňatek z tabulky pro vyhodnocení způsobilosti procesů ve firmě XYZ –
Zdroj: Interní směrnice společnosti VR29.01

Vzhledem k tomu, že do procesu výroby na manuální lince vstupuje lidský faktor jako hlavní, bylo rozhodnuto o implementaci **hodnocení pravděpodobnosti selhání lidského činitele – operátora, metodou TESEO**. Samotná metoda a princip provedení je blíže popsán v podkapitole 2.2 diplomové práce.

Během analýz bylo potvrzeno, že použití manuálních linek je zamýšleno ve třech specifických situacích. Níže budou postupně uvedeny výsledky hodnocení ke všem z nich.

První situací (S1) je neočekávaná odstávka automatické linky. Tato situace je v celku pochopitelná i přesto, že její výskyt je očekáván pouze ve výjimečných případech. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulce 7. Tabulka je také doplněna o slovní popis pro jednotlivé kategorie.

Tabulka 7 Hodnocení faktorů spolehlivosti – odstávka automatické linky, neplánovaná
Zpracování: Vlastní

Faktor	Kategorie	Kvantitativní charakteristika		Hodnota K_i
K_1	typ činnosti	vyžadující pozornost, rutinní		0,01
K_2	přechodný stresový faktor mimořádné činnosti	doba pohotovosti (s)	30	1
K_3	kvality operátora	průměrné znalosti a školení		1
K_4	vliv úzkosti a stresu	závažná nepředvídaná situace		3
K_5	vliv ergonomie	dobré mikroklima, dobrá koordinovanost s provozem		1

Pro faktor K_1 byla zvolena hodnota parametru 0,01 a to na základě znalosti procesu. Jedná se o rutinní činnost s potřebou neustálé pozornosti operátora. Faktor K_2 – vztah časového vytížení a stresu, byl vyhodnocen na hodnotě 1, jelikož se jedná o situaci mimořádnou. Nicméně linka je v takovém případě obsluhována více operátory, proto stresové riziko na jednoho operátora při kompletaci výrobku, připadá na dobu menší, jak 30 sekund. U faktoru K_3 byla zvolena hodnota 1. V případě okamžitého přechodu na linku, při nenadálém výpadku automatické linky, není možné naplánovat kapacity tak, aby byly na lince přítomni pouze operátoři – experti. Faktor K_4 má hodnotu 3, a to z toho důvodu, že nenadálý výpadek linky způsobuje zpoždění dodávek, které výroba musí nahradit a klade vysoké nároky na výkon operátorů a kvalitu výrobků. Faktor K_5 je stanoven na hodnotu 1, jelikož se jedná o linku, kde bylo dbáno ergonomie včetně výškově nastavitelných stolů linky, ale není zde implementována žádná vizuální pomoc či další podpůrné procesy.

Druhá situace (S2), kdy je využívána manuální linka, je využití jako opravného pracoviště pro převodovky, které jsou z nějakého důvodu vyřazeny z procesu výroby automatickou linkou. Tato činnost je předem plánovaná, je prováděna jen jedním operátorem, který je pro tuto práci řádně zaškolen, na manuální lince v minulosti již pravidelně pracoval a má k tomuto procesu k dispozici popsany technologický postup, jak kterou rozpracovanou převodovku zkontrolovat a dokončit nebo ji trvale vyřadit. Tento proces je oproti situaci S1 více častý, respektive s různou intenzitou využíván na denní bázi. Tyto okolnosti se také promítly do hodnocení, v tabulce 8.

Tabulka 8 Hodnocení faktorů spolehlivosti – opravy, Zpracování: Vlastní

Faktor	kategorie	Kvantitativní charakteristika		Hodnota K_i
K_1	typ činnosti	vyžadující pozornost, rutinní		0,01
K_2	přechodný stresový faktor pro běžné činnosti	doba pohotovosti (s)	2	10
K_3	kvality operátora	dobře vybraný, expert, školený		0,5
K_4	vliv úzkosti a stresu	normální stav		1
K_5	vliv ergonomie	dobré mikroklima, dobrá koordinovanost s provozem		1

Třetí situaci (S3) je doplnění kapacity automatické linky. I v tomto případě je činnost vždy plánována. Na rozdíl od oprav, je však prováděna vždy více operátory, kteří jsou vždy proškoleni, jak na lince pracovat a jsou pod dohledem koordinátora. Operátoři pracují v normě výkonu, která je dána pro konkrétní počet operátorů, kteří činnost vykonávají. Hodnocení je uvedeno v tabulce 9.

Tabulka 9 Hodnocení faktorů spolehlivosti – doplnění kapacity, Zpracování: Vlastní

Faktor	kategorie	Kvantitativní charakteristika		Hodnota K_i
K_1	typ činnosti	vyžadující pozornost, rutinní		0,01
K_2	přechodný stresový faktor pro běžné činnosti	doba pohotovosti (s)	20	0,5
K_3	kvality operátora	průměrné znalosti a školení		1
K_4	vliv úzkosti a stresu	normální stav		1
K_5	vliv ergonomie	dobré mikroklima, dobrá koordinovanost s provozem		1

Na základě metody TESEO byly vypočítány koeficienty spolehlivosti pro situace uvedené v této podkapitole a výsledky jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10 Vyhodnocení Koeficientu spolehlivosti pro všechny tři situace Zpracování:

Vlastní

Situace	S1	S2	S3
Koeficient spolehlivosti K	0,03	0,05	0,005

Na základě těchto výsledků můžeme konstatovat, že nejrizikovější situací je situace S1 s koeficientem 0,03, tedy neočekávaný výpadek automatické linky. Z analýz je však také patrné, že ani jedna situace není natolik riziková, aby u ní hrozil vznik mimořádné události.

Dalším identifikovaným a analyzovaným rizikem jsou činnosti spojené s údržbou. V rámci PFMEA je jako opatření navrženo nastavení TPM ve společnosti, v nově používaném systému Hexagon. Systém automaticky generuje, na základě zadaných cyklů pro preventivní údržbu, sestavu úkonů a strojů, na kterých je nutné preventivní údržbu provést. Po provedení úkonu, je nutné zpětně do systému zapsat co přesně bylo na stroji provedeno, zda byly nějaké díly vyměněny či zda stroj nevyžaduje větší zásah. Systém také kontroluje stav zásoby náhradních dílů. Vzhledem k jednoduchosti strojů a jejich systémové a principiální podobnosti s dalšími výrobními manuálními linkami, je zaškolení také poměrně jednoduché. Prvním předpokladem je, že na pozici údržbáře je vždy vyžadováno patřičné vzdělání a určitá praxe ve výrobním podniku. Následně je vždy využito zkušenějšího údržbáře – trenéra.

Rozhovory s operátory přímo na lince bylo také zjištěno, že školení dle TWI probíhá vždy pro nového pracovníka na lince, ale také pro ty, kteří více jak 3 měsíce na lince nepracovali. Dále bylo zjištěno, že školení specialistou dle IPC normy probíhá jednou ročně a školením musí projít všichni operátoři. Zaškolení nového zaměstnance - operátora však provádí, do první naplánované lekce specialisty, pouze trenér, a to na praktické dovednosti.

9.2 Návrh vhodných opatření k manuální lince

Prvním z opatření, které reaguje na systém školení je opatření ke zkvalitnění školení operátorů pro operaci pájení.

1. Zvýšení počtu kvalifikovaných a certifikovaných specialistů, popřípadě trenérů minimálně o jednoho pro normu IPC-A-610H - souhrn kritérií přijatelnosti při

vizuální kontrole kvality elektronických a elektrotechnických sestav – návrh je vyškolit jednoho technika oprav PCBA;

2. Vybudování separovaného pracoviště pro účely praktického školení postupu pájení tak, aby byl budoucí operátor nebo kontrolor kvality zaškolen na všechny typy pájených spojů, které se mohou v průběhu výroby vyskytnout;
3. Zařazení praktického školení procesu pájení a identifikaci potenciálních defektů na pravidelné bázi, a to minimálně 1x ročně u již zapracovaných operátorů a vstupního školení před zařazením na výrobní linku nového operátora.

I přesto, že analýza metodou TESEO prokázala, že u všech tří situací, které mohou pro použití výrobní manuální linky nastat, je vznik mimořádné události nepravděpodobné, bylo doporučeno linku doplnit o systémy jako jsou Pick to light a Assisted Assembly, které jsou oba znázorněny na Obrázku 15.



Obrázek 15 Ukázka linky osazené systémy Pick to light a Assisted Assembly (Zdroj: Vlastní)

- **Systém Pick to light** – systém ovládaný naprogramovaným PLC, který rozsvěcuje postupně jednotlivé dvoubarevné lampy s pohybovým čidlem. Operátor tak následuje vždy zelené světlo, které mu ukazuje, z jaké pozice na stole má vzít díl a provést s ním žádanou operaci osazení. Jakmile je komponent odebrán, čidlo na lampě zachytí pohyb ruky, přepne barvu světla na červenou a rozsvítí další lampu v pořadí zeleným světlem. Takto operátor postupuje až do samého konce, kdy dojde k úplné kompletaci výrobku. Kompletaci potvrdí stiskem rozsvíceného

potvrzovacího tlačítka na stole linky. Stiskem také spustí novou sekvenci pro kompletaci dalšího výrobku.

Z toho tedy plyne, že pozice jednotlivých komponent musí být předem jasně definované a musí být jasné, která varianta je potřeba vyrábět. Toto je zajištěno popisem všech boxů s materiálem včetně čárového kódu, kterým je označeno i příslušné místo na lince. Operátor obdrží objednávku na výrobu s čárovým kódem, kde je uložena také informace o vyráběném výrobku. Načtením tohoto kódu dojde ke kontrole BOM v informačním systému společnosti a operátor postupným skenováním čárových kódů krabiček s materiálem a pozic v lince, je spáruje.

- **Systém Assisted Assembly** – jde o systém jedné nebo dvou obrazovek, které operátorovi pomáhají vizuálně, ať už obrázky nebo krátkými videi, vzít správnou součástku a tu správně osadit na své místo. I tento systém je doplněn o čidla snímající pohyb a PLC, které řídí celou sekvenci.

Společnost instaluje tyto systémy odděleně nebo také v kombinaci obou dohromady v případě, že se jedná o složitější kompletaci nebo linku, kde se kompletují pohonné jednotky ve více variantách.

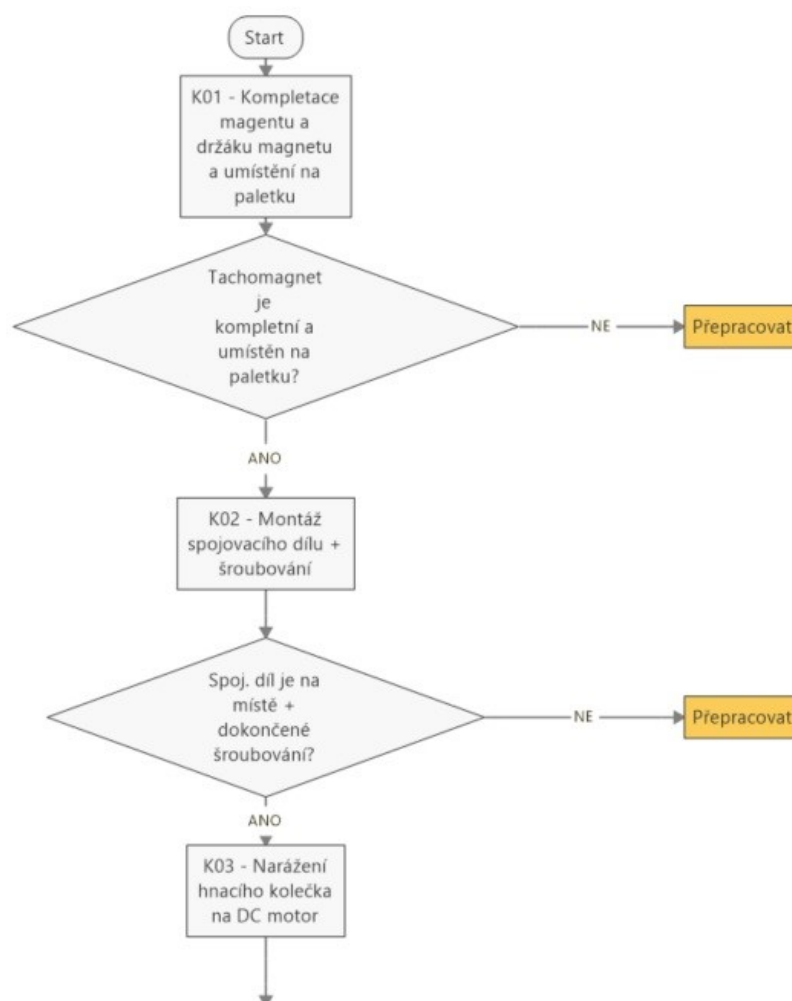
9.3 Analýza rizik výroby na automatické lince

Zadáním pro návrh automatické linky vedením společnosti bylo, aby byla maximalizována efektivita výroby při minimálním počtu obsluhy. To znamená, při zachování kvality produktu, snížit výrobní čas a tím i náklady na výrobu těchto převodovek. Vedením bylo též požadováno, aby nová konstrukce převodovky v budoucnu umožňovala převod celého portfolia tubusových motorů, na převodovky tohoto typu. Z logiky věci tedy vyplývá, že efektivita produkce má a bude mít vliv na vstupní náklady, takt výroby i dodatečné opravy a tím také na finální cenu kompletního produktu. Proto i přístup k analýze rizik musí odpovídat zadáním a představám vedení společnosti a získané informace, musí být zpětně předloženy k posouzení případné změny strategie v klíčových oblastech.

Cílem výroby v automatickém režimu tedy je, aby byla bez zásahu člověka – operátora zkompletována převodovka tubusového motoru s ujištěním, že převodovka obsahuje veškeré součásti, které jsou na správném místě, ve správném pořadí a během výroby nedojde k jejich poškození. Manipulační a kompletační procesy tedy musí provádět stroje, které jako vstupy používají různé laserové, tlakové nebo indukční senzory nebo také kamery pro

strojovou vizuální kontrolu. Toho může být také využito k větší kontrole nad celým výrobním procesem a k průběžnému vyhodnocování výsledků.

Jako v případě diagramu procesu pro manuální linku, tak i kompletní **diagram procesu výroby pro automatickou linku** je přiložen v samostatném souboru a na obrázku 16 je předložena pouze ukázka první části. Už na první pohled je při srovnání obou diagramů patrný velký rozdíl oproti manuální variantě. V případě automatické linky, je velmi komplexní, s velkým počtem rozhodovacích bloků, kde dochází ke kontrole shody se zadanými parametry. Ta je prováděna a vyhodnocována samotnou linkou na základě vhodně zvolených kritérií.



Obrázek 16 Diagram procesu (Process flow) výroby na automatické lince, Zdroj: Vlastní zpracování s využitím Mindjet MindManager 2018

Při identifikaci rizik automatického procesu pomocí **Ishikawa diagramu**, byla jednotlivá rizika prioritizována dle zadání vedení společnosti. Prioritou číslo jedna je vždy bezpečnost práce a kvalita výsledného produktu. U linek, kde je použita automatická část s robotickou rukou je i bez ohledu na požadavek vedení, bezpečnost práce jako prioritní legislativní

požadavek. Druhou prioritou je pak vliv identifikovaného rizika na efektivitu produkce. Proto byly tyto priority v identifikaci rizik označeny kategorií 1. Do této kategorie byly dále začleněny měřicí metody, které by mohly zkreslovat výsledky a veškerá rizika spojené s kvalitou a konstrukcí vstupního materiálu. Prioritou 2 byly převážně označeny procesy spojené se školením, erudicí údržby a operátorů, nevhodně zvolené metody měření nebo konstrukce jednotlivých kroků v automatické lince. Do priority 2 bylo rovněž zahrnuto riziko chybějících náhradních dílů. Souhrnný výsledek identifikace rizik a následné prioritizace je uveden v tabulce 11.

I v tomto případě platí, že celý Ishikawa diagram je v elektronické příloze k diplomové práci kvůli svému rozsahu a jeho ukázkou nalezneme v Příloze VII.

Tabulka 11 Výsledek prioritizace v identifikaci rizik automatické linky, Zpracování:
Vlastní

Identifikace rizik dle priorit	
Priorita	Počet
1	10
2	11
3	9
4	4
5	0

V podkapitole 8.2.1 této práce je uvedeno, že je k dispozici nedokončená procení FMEA, která však nemůže být předložena. Současná PFMEA je, jako všechny dokumenty, v anglickém jazyce. Proto je **procesní FMEA**, pro účely diplomové práce, vypracována zcela znovu a jsou do ní zapracovány všechny předchozí nálezy a nápravná opatření, tak aby byl reflektován současný stav automatické linky. Jde o rozsáhlý dokument, který je sestaven dle kroků popsaných v diagramu procesu pro automatickou linku. Ukázkou nalezneme v Příloze VIII a její celou verzi v elektronické příloze této práce. V procesní FMEA bylo primárně cíleno na identifikovaná rizika dle jejich prioritizace, a proto, pokud v analýze vyplynula potřeba reagovat, byl kladen vyšší důraz na jejich eliminaci nebo maximální snížení dopadu. Většinou jsou to činnosti spojené s lidskou aktivitou jako je samotný návrh výrobku a jeho částí, jejich výroby nebo pak údržbou a dodržováním pravidel a termínů.

V původní PFMEA byly identifikovány tři procesy, které není možno během procesu kontrolovat, zda odpovídají výkresovým požadavkům, proto bylo provedeno opětovné ověření těchto parametrů **statistického vyhodnocení dat, respektive statistické kontroly**

procesních dat – SPC. Požadavek vyplývá z vypočteného rizikového čísla, minulé zkušenosti s podobnými procesy nebo požadavkem na periodické ověření. Opětovné měření způsobilosti procesu stroje je také vyžadováno k ověření, zda je stroj, po určitý, předem daný časový úsek, stabilní, nebude měnit parametry nastavení opotřebením či jinými vlivy a nebude tím ohrožována kvalita výrobku. Jedná se také o confirmaci zvolené metody výroby v případech, kdy nelze implementovat další opatření či se to již ekonomicky nevyplatí a muselo by dojít k přepracování procesu. K tomuto účelu bylo využito opět nástroje z portfolia firmy, který je vytvořen v programu Microsoft Excel. Procesy, které byly podrobeny tomuto zkoumání jsou:

- Proces šroubování spodní části převodové skříně na DC motorek;
- Narážení kolíku s čepičkou;
- Narážení středového kolíku.

U všech uvedených procesů záleží na přesném umístění součástek do převodové skříně a jejich konečné výšce, respektive pevnému spojení spodní části s DC motorkem. Po dokončení těchto operací již není možno efektivně ověřovat, zda byly dokončeny dle požadavku, a to jak v dalším kroku kompletace či dodatečnou manuální kontrolou nebo testováním na finálním testeru tubusového motoru.

Pro stanovení kritérií přijatelnosti je znovu použito firemního interního předpisu a metody krátkodobého měření sta, po sobě následujících vyrobených kusů, bez vnějšího zásahu do technologie, změny parametrů nastavení či zásahu údržby hodnotou způsobilosti stroje $C_{mk} \geq 1,33$ viz obrázek 14 a dalších kritérií popsanych v podkapitole 9.1.

Na obrázku 17 je předložen protokol způsobilosti pro proces narážení kolíku s čepičkou, u něhož byla vyhodnocena variabilita procesu $C_m = 2,48$ a $C_{mk} = 1,49$. V porovnání s požadovanými parametry je výsledek pro stroj velmi dobrý, ale z histogramu i korelačního diagramu můžeme vidět, že výsledky jsou posazeny více k minimální výkresové toleranci, resp. dolní hranici toleranční meze. V tomto případě tedy platí, že je velmi důležité sledovat kvalitu materiálu a svědomitě přistupovat k seřízení stroje. Pro proces šroubování sestavy na DC motorek byly, při vyhodnocení způsobilosti procesu, vypočítány hodnoty $C_m = 24,68$ a $C_{mk} = 25,36$. Z konstrukčního hlediska je tedy zcela vyloučeno, že by vlivem stroje nedošlo ke správnému zašroubování šroubku do žádané pozice. Proto si můžeme být jisti, v případě chyby na této stanici, že se bude vždy jednat o chybu materiálu či seřízení. Protokol je uveden na obrázku 18. Na obrázku 19, je předložen protokol způsobilosti procesu narážení

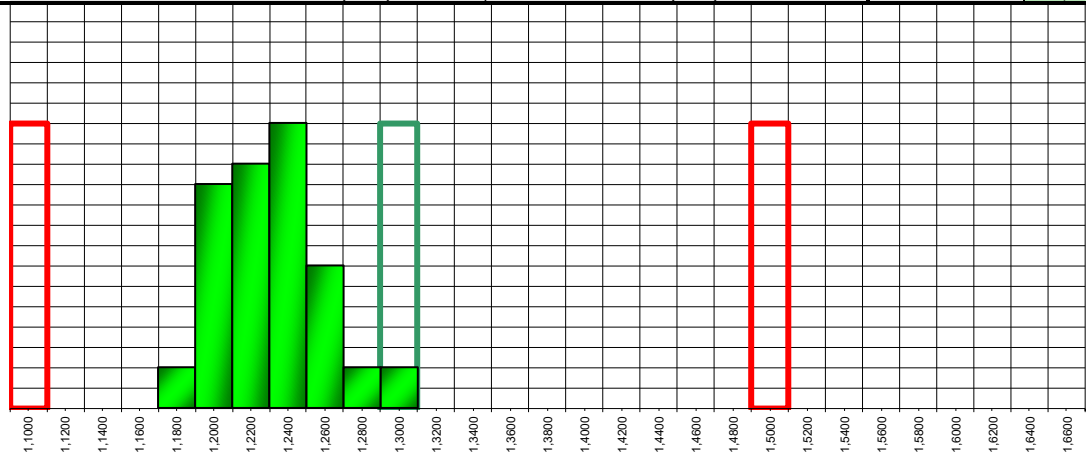
středového kolíku. Hodnotami $C_m = 2,12$ a $C_{mk} = 2,56$ je zaručeno, že stroj je schopen provádět potřebný proces kompletace bez toho, aniž by do něj kdokoliv zasahoval. Opět je potřeba perfektního prvotního seřízení a dodávek stejného materiálu. Všechny protokoly jsou v originálních souborech přílohou diplomové práce.

Modulární převodovka - Kolík s čepičkou	$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$	$R = x_{max} - x_{min}$	$C_{mk} = \min.(C_{mo}, C_{mu})$ $C_{mk} \geq 1,67$	Nominální hodnota	1,300
PN				Horní tolerance	0,200
Automatická modulární linka	$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$	$C_{mu} = \frac{\bar{x} - UGW}{3s}$	$C_{mo} = \frac{OGW - \bar{x}}{3s}$	Spodní tolerance	0,200
Výškoměr					
Petr Novotný					

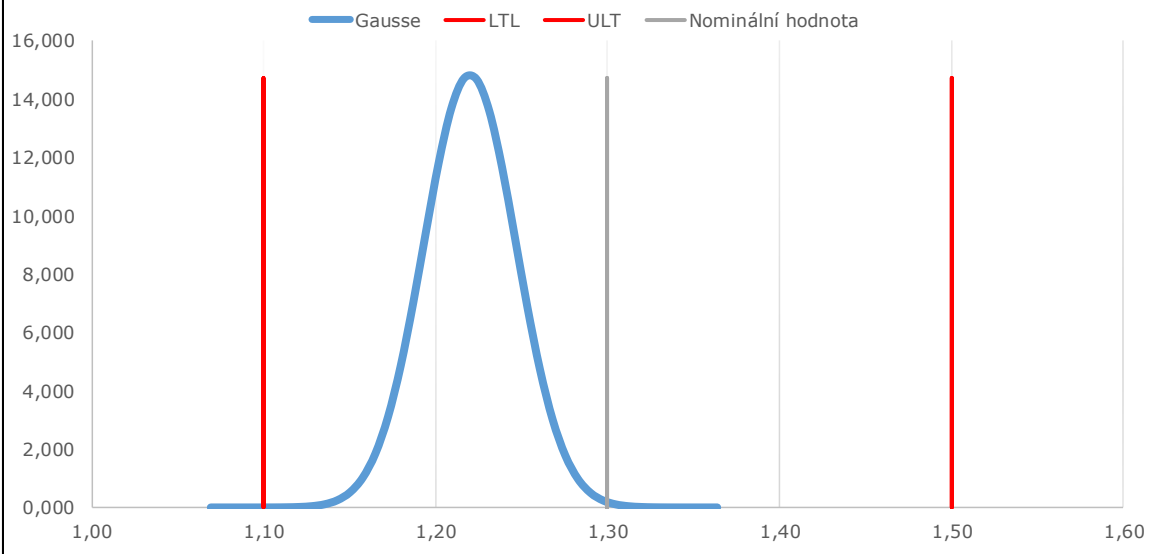
Základní údaje		Způsobilost	
n	100	Cmku	3,4711
\bar{x}	1,2199	Cmkl	1,4865
max.	1,2900	Cmk	1,4865
min.	1,1430	Cm	2,4788
R	0,1470		
1 x s	0,02689	Počet chyb	
8 x s	0,2152	DPML	4,105639763
UTL(UGW)	1,500	DPMU	0,000000000
LTL(UGW)	1,100	DPM	4,105639763

UTL = Horní toleranční mez = (UGW) LTL = Spodní toleranční mez = (UGW)

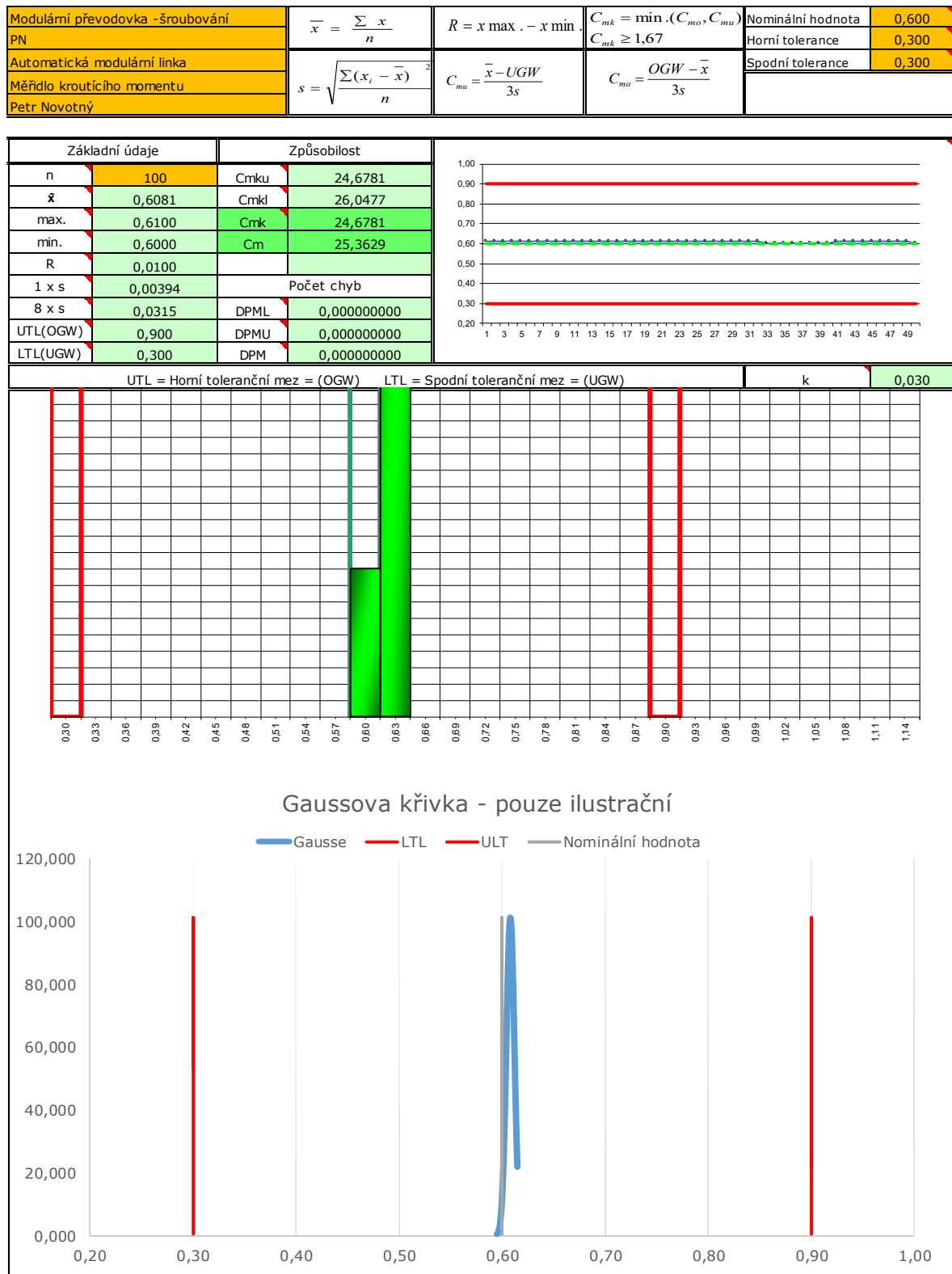
k 0,020



Gaussova křivka - pouze ilustrační



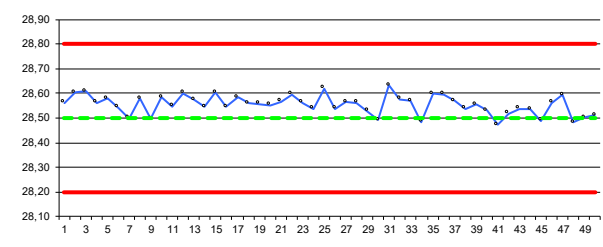
Obrázek 17 Způsobnost procesu – Narážení kolíku s čepičkou – automat, Zpracování vlastní do protokolu XYZ. 86.F10085.29, 2021



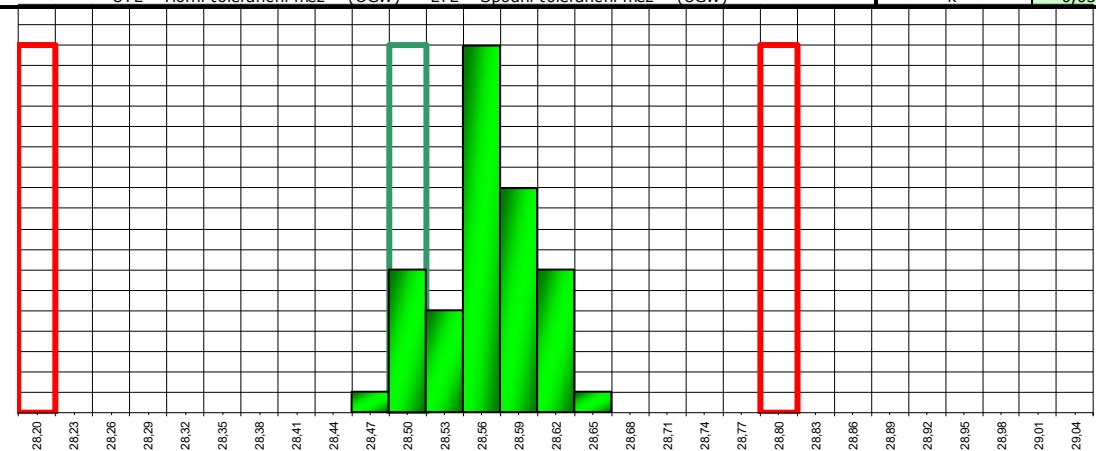
Obrázek 18 Způsobnost procesu – Šroubování spodní části na DC motorek – automat, Zpracování vlastní do protokolu XYZ. 86.F10085.29, 2021

Modulární převodovka - středový pin	$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$	$R = x_{\max} - x_{\min}$	$C_{mk} = \min.(C_{mo}, C_{mu})$	Nominální hodnota	28,500
PN			$C_{mk} \geq 1,67$	Horní tolerance	0,300
Automatická modulární linka	$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$	$C_{mu} = \frac{\bar{x} - UGW}{3s}$	$C_{mo} = \frac{OGW - \bar{x}}{3s}$	Spodní tolerance	0,300
Výškoměr					
Petr Novotny					

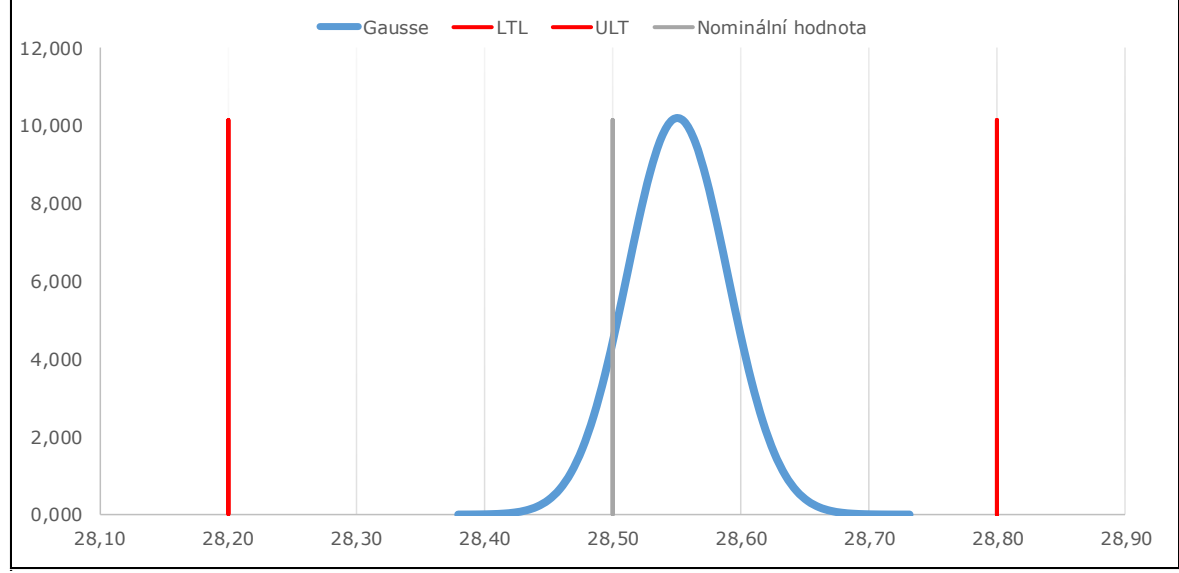
Základní údaje		Způsoblost	
n	100	Cmku	2,1212
\bar{x}	28,5510	Cmkl	2,9890
max.	28,6440	Cmk	2,1212
min.	28,4680	Cm	2,5551
R	0,1760		
1 x s	0,03914	Počet chyb	
8 x s	0,3131	DPML	0,000000000
UTL(OGW)	28,800	DPMU	0,000098629
LTL(UGW)	28,200	DPM	0,000098629



UTL = Horní toleranční mez = (OGW) LTL = Spodní toleranční mez = (UGW) k 0,030



Gaussova křivka - pouze ilustrační



Obrázek 19 Způsoblost procesu – Narážení středového kolíku – automat, Zpracování vlastní do protokolu XYZ. 86.F10085.29, 2021

Pro podrobnější analýzu chybovosti automatické linky při výrobě tubusové převodovky, byly využity souhrnná data z databáze společnosti za rok 2023 a k jejich správné interpretaci

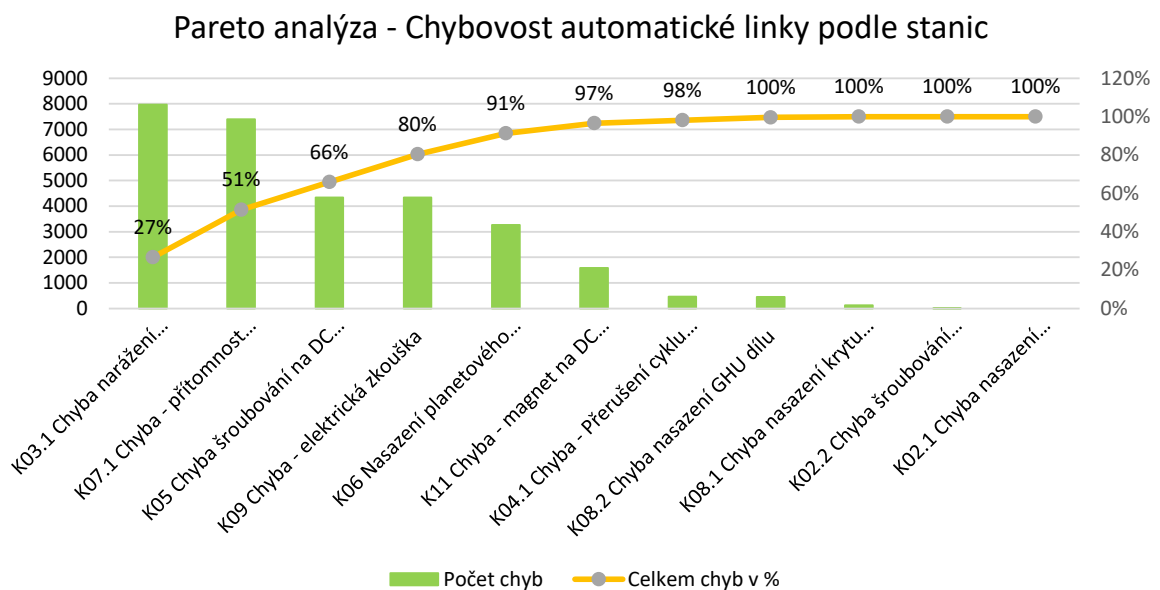
je využita **Paretova analýza**. Data byla zpracována do tabulky 12 a seřazena od nejvyššího počtu chyb po nejmenší. Jednotlivé chyby mohou být přiřazeny ke konkrétním procesním krokům montáže. V druhém řádku jsou jednotlivé chyby, převedeny do procentuálního vyjádření. Ve třetím řádku je procentuálně vyjádřeno, kolik chybovosti je způsobeno konkrétním krokem vzhledem k celku. Kvůli zpřesnění výsledků pro další analýzu, bylo rozhodnuto o sloučení obou pozic šroubování do jedné, jak u procesů montáže GHU na DC motorek, tak i u šroubování spojovacího dílu na DC motor. Ke sloučení došlo také u vyhodnocení otáček a odběru proudu na stanici K09.

Tabulka 12 Souhrnná data chybovosti automatické linky, Zdroj: interní databáze společnosti XYZ s.r.o., Zpracování: Vlastní

Stanice / Popis operace	K03.1 Chyba narážení hnacího kolečka na DC motor	K07.1 Chyba - přítomnost kovových koleček 3x	K05 Chyba šroubování na DC motor	K09 Chyba - elektrická zkouška	K06 Nasazení planetového kolečka + plastová kolečka 3x	K11 Chyba magnet na DC motoru	K04.1 Chyba - Přerušení cyklu kompletace sestavy	K08.2 Chyba nasazení GHU dílu
Počet chyb	7972	7395	4332	4332	3266	1578	456	448
Počet chyb v %	27%	25%	14%	14%	11%	5%	2%	1%
Celkem chyb v %	27%	51%	66%	80%	91%	97%	98%	100%

Stanice / Popis operace	K08.1 Chyba nasazení krytu planetové klece	K02.2 Chyba šroubování spojovacích o dílu	K02.1 Chyba nasazení magnetu na DC motor	K03.2 Chyba výšky hnacího kolečka	K04.2 Chyba lisování kolíku s čepičkou	K04.3 Chyba lisování středového kolíku	K07.3 Chyba - přítomnost kolíků v sestavě 3x
Počet chyb	118	3	0	0	0	0	0
Počet chyb v %	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Celkem chyb v %	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Z tabulky je evidentní, že na posledních šesti pozicích nefiguruje žádná chyba, proto byl graf Paretovy analýzy znázorněn na obrázku 20, pro lepší rozlišení, očištěn o posledních 5 pozic. Dále v něm bude zohledněna pouze jedna pozice s nulovou chybovostí.



Obrázek 20 Graf Pareto analýzy – Chybovosti automatické linky, Zdroj: interní databáze společnosti XYZ s.r.o., Zpracování: Vlastní

Jak je patrné, 80% chybovost při montáži v automatické lince je způsobena chybami na stanicích K03 – narážení hnacího kolečka na DC motor; K07 – kompletace kovových koleček do planetové klece; K05 – šroubování sestavy GHU na DC motor a K09 – elektrická zkouška.

Výsledky z Pareto analýzy byly diskutovány s procesními inženýry a techniky společnosti, kde bylo identifikováno že u procesu K03 – narážení hnacího kolečka je chybovost způsobována dvěma faktory – kvalitou samotného hnacího kolečka, zejména jeho vnitřním průměrem a přesností umístění DC motoru do paletky. U stanice K07 – kompletace kovových koleček – je chybovost způsobena jednoznačně seřízením stroje a jeho čidel, případně poruchovostí čidel. Čidla jsou seřizována tak, aby vždy zachytily chybový stav, ale někdy dochází i k falešným chybám. Chybovost stanice K05 – šroubování sestavy GHU na DC motor, je způsobena tím, že šroub netrefí závitový otvor na DC motoru. Zde mají největší vliv dva faktory. Opětovně přesnost umístění DC motoru do paletky a samotné šrouby. Používané šrouby totiž nemají náběhové úhly nebo sražení a dle sdělení dodavatele jde o šrouby, které nejsou vhodné pro použití v automatických procesech šroubování. Chybovost na stanici K09 je převážně způsobena seřízením stroje, jeho čidel, dále poruchovostí čidel nebo opotřebenými kontakty v paletce. I přesto, že jsou při analýzách chybových kusů nacházeny takové, kterým chybí díly nebo jsou mimo správné umístění,

není to chybou materiálu, ale některého kroku na jednotlivých stanicích v lince. Chybovost v elektrických vlastnostech DC motorů nebyla doposud v žádné analýze potvrzena.

Rozhovory s obsluhami linky, techniky a procesními inženýry bylo také zjištěno, že chybovost automatické linky je sice velmi přesně vedena, ale nezahrnuje všechny chyby, které mohou mít vliv na výkon linky. Oblast, která není zaznamenána v chybovosti je poruchovost nebo problémy s provozem vibračních podavačů. Vibrační podavače a lišty podavačů jsou konstruovány jako Poka-Yoke systémy pro eliminaci materiálu a jednotlivých částí převodovky mimo toleranci. Může tak docházet k zastavení linky, pokud díly zůstanou zaseknuty přímo v podávací liště. Stroj pak tento stav signalizuje obsluze, která sjednává nápravu. Takové řešení je sice správné pro kvalitu a funkčnost celé převodovky, jak bylo také analyzováno v PFMEA, ale může mít významný dopad na požadovanou efektivitu výroby. Dle dosavadních zkušeností a dostupných informací největší chybovost v tomto směru vykazuje stanice K04, přesněji vibrační podavač pro kolíky s čepičkou. Pro podavač a jeho podávací lištu je klíčová kvalita a stálý rozměr samotných kolíků s čepičkou. Podávací lišta je v tomto případě poměrně dlouhá a je včetně její vrchní části zcela krytá kvůli eliminaci přeskočení čepiček kolíků při podávání. Proto jakýkoliv kolík, který nesplňuje výkresové požadavky, způsobuje zatavení linky a je časově náročné linku uvést opět do provozu. Průměrné zastavení linky, odstranění neshodného kolíku a znovu spuštění linky trvá v průměru 90 vteřin. Na obrázku 21 můžeme vidět nejčastější chyby kolíků s čepičkou.



Obrázek 21 Kolíky s čepičkou mimo specifikaci, Zpracování: Vlastní

Požadavky na výrobu tubusových motorů jsou shrnuty do tabulky 13. Vycházíme-li z těchto údajů, pak to znamená, že při normalizované chybovosti AQL 1 (Acceptance quality limit, česky limit kvality přijatelnosti) s chybovostí 1% v dodávce, v ročním úhrnu dodávek, bude dodáno 5500 ks kolíků s čepičkou, které způsobí zastavení linky a časovou ztrátu pro znovu zprovoznění 137,5 hodiny viz. tabulka 14. Přepočteno na nevyrobené převodovky to znamená, že ročně nebude vyrobeno 27500 ks, což činí 5% z předpokládaného plánu vyrobených kusů. Výpočty ke ztrátě z výkonu jsou uvedeny v tabulce 15.

Dle interních informací je dodavatel však smluvně zavázán k dodávkám s maximální chybovostí 6%. To však nemohlo být ověřeno, jelikož smlouva nebyla předložena kvůli ochraně obchodního tajemství. Do výpočtových tabulek je tedy zahrnuta i varianta s chybovostí 6%.

Tabulka 13 Požadavek na výrobu tubusových motorů, Zdroj: interní informace společnosti XYZ s.r.o., Zpracování: Vlastní

Výroba tubusových motorů			
Počet ks/směna	Počet ks týden/2 směny denně	Výrobních týdnů	Vyrobených ks/rok
1100	11000	50	550000

Tabulka 14 Výpočet chybovosti dodávek dle dodaných kusů (Zdroj: interní informace společnosti XYZ s.r.o., Zpracování: Vlastní)

Počet dodaných kolíků/ks	Chybovost od dodavatele/ks	
	Při 1%	Při 6%
200000	2000	12000
550000	5500	33000

Tabulka 15 Výpočet ztráty z výkonu (Zdroj: interní informace společnosti XYZ s.r.o.,
Zpracování: Vlastní)

Ztráta z výkonu při počtu/ks	Čas ztráty/hod	Počet potenciálně nevyrobených převodovek / ks	Procento z roční produkce
2000	50	10000	1,8%
5500	137,5	27500	5,0%
12000	300	60000	10,9%
33000	825	165000	30,0%
144	3,6	720	0,1%

Pokusným třízením dodávky 10000 ks bylo nalezeno 144 ks kolíků s čepičkou, které byly klasifikovány jako neshodné s výkresovou dokumentací. Přepočtem můžeme tedy konstatovat, že chybovost pro tuto dodávku dosahuje 1,44%. Výpočet časové ztráty a ztráty na nevyrobených převodovkách je pak zahrnuta v tabulce 15 v červeně označeném řádku.

9.4 Návrh vhodných opatření k automatické lince

V posouzení rizik bylo vyhodnoceno několik oblastí, kde by implementací dodatečných opatření mohlo dojít ke snížení rizika zastavení výroby, rizika snížené kvality produktu a rizika snížení efektivity výroby. Analýzou dostupných dat a rozhovory s operátory a techniky, bylo definováno vhodné místo k aplikaci systému pro sběr dalších dat. Proto byla navržena tato opatření:

1. Implementace systémového opatření pro sledování počtu zastavení vibračních podavačů. Opatření je důležité pro včasnou identifikaci problémů s velkým vlivem na efektivitu výroby. Nabízí se dva způsoby, které již firma v současnosti používá. První z nich je systém Hexagon, do kterého zaznamenává údržba všechny zásahy do strojů. Vhodnou úpravou, by do systému mohly zaznamenávat a identifikovat chyby také obsluhy automatické linky;

Druhým z nich je systém nazvaný Process inspection (PI), který využívají operátoři v druhém výrobním závodě „Hliník“, kdy operátor prostřednictvím grafického rozhraní na tabletu, kliknutím na předem definovanou dlaždici, zaznamenává počet závad, které nastaly. Na základě týdenního vyhodnocení, např. využitím Paretovy analýzy, pak mohou být přijata patřičná nápravná opatření;

2. Pro automatický proces výroby platí jiné, přísnější podmínky pro dodávky vstupního materiálu. Proto by měly být přehodnoceny dosavadní dodavatelsko-odběratelské smlouvy, kdy do požadavků, které dodavatel musí splňovat, musí být zařazen požadavek tzv. „nulové tolerance defektu“. Výjimku mohou tvořit výrobci spojovacího materiálu, jako jsou kolíky, šrouby, nýty a pod, kde je obecná tolerance 50PPM čili 50 defektních kusů na milion dodaných. Tímto požadavkem bychom se vyhnuli neočekávaným zastavením automatické linky a tím i zvýšením efektivity výroby;
3. V duchu předchozích bodů bylo navrženo dočasné opatření pro reakci na současný stav – kvalita kolíků s čepičkou a hnacího kolečka. Dodavatelé byli, ve spolupráci s vývojovým oddělením a nákupčím oddělením informováni o chybovosti a problémech způsobených dodávaným materiálem. Na základě jednání došlo k úpravě dílčích smluv – v případě kolíku s čepičkou aplikaci pravidla 50PPM a v případě hnacího kolečka k úpravě jeho konstrukce, resp. odstranění galvanického pokovení a nahrazení jiným druhem ochrany proti korozi. Tím by mělo dojít ke zpřesnění výroby na straně dodavatele a tím odstranění problémů s narážením a akceptací pravidla o nulovém defektu;
4. I přesto, že stanice K07 vykazuje dobrou funkci a chová se podle daného požadavku, je silně doporučeno změnit logiku kontroly například kamerou s vysokým rozlišením a umělým přísvitem jiného barevného spektra. S touto úpravou by byl systém schopný nejen vyhodnocovat chybějící kolečka v sestavě, ale došlo by ke snížení vyhodnocení „falešných chyb“ u sestav, které jsou v současnosti, jako podezřelé, rovněž vyřazovány. Úprava by měla pozitivní efekt na efektivitu linky a snížení počtu oprav;
5. Na základě doporučení výrobce automatické šroubovací stanice procesu K05 a výsledků chybovosti v databázi, byly navrženy dvě doplňková opatření. První z nich je, opět ve spolupráci oddělení konstrukce a nákupu, vybrat vhodné šrouby s náběžnou hranou, které nebudou způsobovat opakovaná zastavení šroubovacího procesu a aplikace pravidla 50PPM. Druhým opatřením je výroba kontrolního a seřizovacího přípravku pro kontrolu a seřízení usazení DC motoru v jednotlivých paletkách. Tento kontrolní přípravek bude mít pozitivní vliv pro všechny operace v automatické lince, jelikož dojde ke zpřesnění a vycentrování sestavy, na které jsou nasazovány další komponenty tvořící celou převodovou skříň;

6. S celkovým požadavkem na kompletaci a přesnost výroby souvisí doporučení na změnu konstrukce všech komponent tak, aby v místech, kde dochází k osazení do sestavy, byly všechny ostré hrany a úhly nahrazeny zkosením nebo méně ostrými úhly tak, aby docházelo k navedení dílu do sestavy i přes mírné vyosení z požadované pozice;
7. V návaznosti na předchozí body, je silně doporučeno pro vstupní kontrolu materiálu, využívat místo klasických měřidel spíše systém kalibrovaných atributivních kontrolních přípravků, které imitují mechanismus použití v automatickém procesu a sestavě celé převodové skříně.

10 METODICKÁ PŘÍRUČKA PRO PROJEKTOVÉ TÝMY PŘI IMPLEMENTACI ZMĚN NEBO NOVÉHO VÝROBKU DO VÝROBY

1. Účel:

Popsat proces při zavedení změny existujícího výrobku, přechod na novou technologii výroby existujícího výrobku nebo při zavedení zcela nového výrobku do portfolia společnosti. Pomoci v orientaci všem zúčastněným stranám v celém procesu tak, aby vše proběhlo v souladu se zavedenými standardy a očekáváním zainteresovaných stran. Zdůraznit některé důležité aspekty, na které je potřeba brát zřetel při multidisciplinárním přístupu k projektovému řízení.

2. Rozsah:

Všechny projekty implementace změn výrobku, technologie či zavedení nového výrobku do výroby v divizi Doplňky bez ohledu na to, která se zainteresovaných stran požaduje některou z uvedených akcí.

3. Odpovědnost:

Jednotlivé odpovědnosti jsou popsány v textu.

4. Pokyny:

Každá změna, která má vliv na produkt, díl použitý v produktu či na použitou technologii nebo výrobní proces, musí proběhnout v koordinaci projektového týmu s definovaným projektovým vedoucím, který je odpovědný za správnou a úspěšnou implementaci. Projektový vedoucí pověřuje členy projektového týmu dílčími odpovědnostmi za jejich část. Projektové týmy jsou sestaveny dle posouzení vlivu na:

1. Produkt nebo jeho část nebo výrobní technologii
2. Výrobní proces

Pokud je vyhodnocen vliv dle bodu č.1, musí být sestaven projektový tým na obou stranách tzn. musí být do projektu přizvána jak strana vývojová, tak i výrobní.

Pokud je vliv vyhodnocen dle bodu č.2, pak je projektový tým sestaven pouze na straně výrobní. Tento tým pak musí, v každé fázi implementace, pečlivě posuzovat, zda dle zjištěných informací nedojde ke vlivu na produkt, použité díly či technologii, kde by byla potřeba aktivovat širší projektový tým jako v bodě č.1.

Složení projektového týmu dle posouzení vlivu č.1:

- a) Konstruktor produktu, konstruktéři dílů, SW inženýr vývojový
- b) Nákupčí
- c) Logistika
- d) Globální kvalita – vývojová část
- e) Konstruktor technologie, SW inženýr pro technologii
- f) Procesní inženýr výrobní
- g) Inženýr technologie výrobní
- h) Inženýr kvality výrobní
- i) Technik BOZP výrobní

Složení projektového týmu dle posouzení vlivu č.2:

- a) Konstruktor technologie, SW inženýr pro technologii
- b) Procesní inženýr výrobní
- c) Inženýr technologie výrobní
- d) Inženýr kvality výrobní
- e) Technik BOZP výrobní
- f) Logistika výrobní

Jednotlivé fáze projektu

1. fáze – Sběr dat

Tato fáze musí být provedena ještě před sestavením projektových týmů a výstupem musí být soupis dostupných informací např. zda máme podobný produkt v portfoliu, jakou technologií je vyráběn, nejčastější reklamace a interní nálezy, praktické zkušenosti z výroby, finanční zdroje, předpokládaný objem výroby, potřebné know-how a návrh konkrétního obsazení projektových týmů.

2. fáze – Volba technologie výroby

V tomto kroku by mělo být rozhodnuto o tom, zda bude výrobní technologie konstruována jako manuální, poloautomatická či plně automatizovaná.

3. fáze – Sdílení produktových návrhů s potenciálními konstruktéry technologie.

V této fázi již nákupčí poptává potenciální dodavatele technologie, proto je potřeba, aby byly k dispozici téměř konečné návrhy celého produktu i jeho částí a zároveň všechny poznatky z fáze číslo 1.

4. fáze – Zapracování připomínek konstruktérů technologie do návrhu produktu nebo jeho částí

Po výběru konkrétního dodavatele, musí být jeho případné konstruktivní připomínky zapracovány do návrhu produktu. Jedná se zejména o připomínky vztahující se ke vztahu produkt vs. výrobní technologie, a to vždy v případě, že dojde ke zjednodušení, zrychlení nebo vyšší bezpečnosti výrobního procesu nebo také k lepší kontrole kvality produktu.

UKONČENÍ VÝVOJE PRODUKTU!

Ukončením vývoje produktu musí dojít k dočasnému zastavení vývoje produktu.

Nákupčí, spolu s globální kvalitou případně výrobním inženýrem kvality (projektovým týmem výrobním), definují podmínky a přijímací kritéria technologií a jednotlivých komponent výrobku. Definují podmínky smlouvy pro zajištění dodávek, jejich kvality a podmínky pro řešení případných neshod a nestandardních situací.

Nákupčí předá dodavatelům konečné výkresy produktu a jeho částí, včetně 3D modelů. Ty jsou důležité pro zahájení konstrukce a vývoje vlastních výrobních technologií a výrobu výrobní – linky. Součástí dokumentace jsou rovněž výše uvedené definované podmínky.

5. fáze – Sdílení návrhů výrobní technologie s projektovým týmem výrobním

Projektový tým výrobní je zapojen již ve 4. fázi sdílením vypracované analýzy rizik při procesu výroby, včetně podnětů ze současné výroby.

Úlohou projektového týmu výrobního v 5. fázi je dohlédnout, že výrobce výrobní linky postupuje dle návrhu, který předložil a různými, předem danými testy, potvrzuje shodu s návrhem. Podílí se na testování jednotlivých komponent produktu.

Dílní změny nebo změny vyvolané projektovými zkouškami musí být od této chvíle nejprve odsouhlaseny dodavatelem s jasným vyjádřením dopadů na jejich část, následně mohou být realizovány.

6. fáze – Převzetí technologie, akceptace vzorkování komponent produktu

V této fázi globální kvalita, ve spolupráci projektovým týmem výrobním, ověřuje dle definovaných podmínek, shodu prototypů a případně prvních vyrobených komponentů se všemi konstrukčními výkresy a požadavky a také schopnost dodané výrobní technologie dosáhnout požadovaných výsledků a výkonů. Rovněž posuzuje, zda technologie splňuje legislativní požadavky na bezpečnost provozu a bezpečnost práce. Vytváří „zlaté vzorky“ které slouží jako vzor pro případné další posuzování kvality dodávek.

4. Doporučení a pravidla:

Konstruktér produktu by měl přemýšlet nad tím, jaké budou zvoleny tolerance a materiály podle toho, jak přesný proces bude, zda se jedná o sériovou výrobu nebo kusovou, nad chemickými nebo mechanickými vlastnostmi materiálů, teploty provozu, prostředí, tlaku, potřebnou životnost apod.

Doporučené „Desatero konstruktéra pro konstrukci produktu a jednotlivých dílů“:

1. Minimalizujte počet dílů;
2. Produkt musí mít vhodnou, robustní základní část (základnu), na které lze sestavu výrobku postupně stavět;
3. Základna musí být konstruována tak, aby ji bylo možno stabilizovat v horizontální rovině (poloze);
4. Výrobek by měl být navržen tak, aby jej bylo možné sestavovat ve vrstvách, přičemž každá část je sestavena shora a musí být umístěna tak, aby neměla tendenci se pohybovat působením horizontálních sil během přemísťování na další montážní pracoviště nebo kroky;
5. Pokud je to možné, vyhněte se časově náročným (a drahým) upevňovacím operacím, jako je šroubování, pájení atd;
6. Jednotlivé díly musí být navrženy tak, aby jejich hrany a vnitřní úhly neumožňovaly zaseknutí dílu při montáži, naopak spíše naváděly jednotlivé díly do správné polohy např. zkosení, zakulacení, rádius s vyšším poloměrem apod;
7. Díly musí být navrženy bez výčnělků, otvorů nebo štěrbin nebo pokud jsou tyto nutné, pak musí být navrženy tak, aby nezpůsobovaly zamotávání nebo zaseknutí do sebe samých v balení, při použití automatických podavačů i v těchto samotných. U automatického procesu dbát rovněž i na zabránění možnosti překrytí či nadskočení dílů při manipulaci v zásobnících;
8. Díly by měly být navrhovány jako symetrické, abychom co nejvíce eliminovali co nejvíce potřeby orientaci dílu před samotným procesem sestavení nebo v jeho průběhu;
9. Pokud i přesto je nutno použít asymetrické díly, navrhňte asymetrické prvky v maximální velikosti pro usnadnění orientace tzv. Poka-Yoke systémy;
10. Pokud v jednotlivých vrstvách musí být využity podobné díly (např. ozubená kolečka), pak musí být konstrukce provedena tak, aby bylo jednoduše odlišitelné, o jaký díl se jedná např. rozdílnou barvou, materiálem, značením na díle (Boothroyd, Dewhurst a Knight, 2011).

Pro konstrukci technologie manuální výroby/procesu je nutné mít na paměti:

- a) Pokud je nebo bude potřeba využít dalšího nástroje, pak design komponent musí být jednoduchý pro případné uchopení nebo nastrčení nástroje;
- b) Operátor musí vyvíjet minimální tlak potřebný pro umístění do polohy;
- c) Operátor musí mít prostor pro dobrou manipulaci s komponentem do konečné polohy vně i uvnitř;
- d) Pokud to lze, implementovat jakoukoliv technologii pro pomoc operátorovi orientace v sekvenci umístování dílů do sestavy například systémy Pick-to-light, Assisted assembly či komparace BOM s čtením čárového kódu komponentu;

Pro konstrukci technologie automatické výroby/procesu je nutné mít na paměti:

- a) Pokud jsou komponenty nebo materiál manipulovány robotem, mít na zřeteli použití a vlastnosti uchopovačů, které jsou schopny s materiálem pracovat;
- b) Použití automatických zásobníků a vibračních podavačů, které jsou schopny manipulovat díl do polohy, která vyhovuje uchopovačem robota a nemohou způsobit zadrhnutí dílu v podavači;
- c) Kondice dodávaných materiálů musí být na konstrukčních výkresech definována nejen vzhledem k životnosti jednotlivých dílů a produktu, ale také vzhledem ke správné funkci použitých technologií;

Důležitou součástí celého procesu není jen konstrukce nového produktu a konstrukce nové technologie, ale definování jasných pravidel pro přejímku komponent a technologie jak v projektové fázi, tak i ve fázi sériové produkce. Proto smlouvy o dodávkách a kvalitě musí být jasně definovány tak, jak jsou jasně definovány konstrukční výkresy.

Nákupčí odpovídá za zajištění několika podmínek:

- A. Každý potenciální dodavatel, musí mít sjednanou a podepsanou dohodu o mlčenlivosti, na základě, které pak může obdržet citlivé dokumenty jako jsou konstrukční výkresy a 3D modely;
- B. Definice smluv o zajištění dodávek a kvality dle použité technologie výroby. Podmínky při využití manuálních a automatických linek se mohou lišit;
- C. Předání dodavateli všech definovaných dokumentů projektovým týmem;
- D. Při definování kritických součástí nebo dílů, najít alternativní dodavatele pro případné výpadky v dodávkách;
- E. Závazku dodavatele neprovádět jakékoliv změny v konstrukci jednotlivých komponent a technologiích bez předchozího ověření a souhlasu. Jakékoliv změny

musí být, před zavedením trvalých změn, ověřeny na současném nastavení technologie se závodem, který komponenty používá k výrobě. Pokud změna komponentu vyžaduje zásah do výrobní technologie, musí být s dodavatelem technologie nejprve ověřeno, že je zásah možný a musí být posouzeno riziko, zda nedojde ke zhoršení výrobního procesu;

- F. Dodavatel, který není schopen vyrobit komponent dle specifikací nebo ještě před odesláním komponent do závodu zjistil, že komponenty neodpovídají specifikaci, musí o tomto informovat závod a následně obdržet schválení dodávky písemně.

Globální kvalita a výrobní inženýr kvality, s ohledem na použitou technologii výroby produktu, definují:

- A. Legislativní požadavky na bezpečnost materiálu, použití surového materiálu apod. Příkladem jsou doložení materiálového certifikátu, země původu, zakázaných látek atd.;
- B. Kritické body, důležité body a minima pro zabezpečení bezproblémového použití jednotlivých komponent produktu;
- C. Kvalitu dodávek - při použití automatické výrobní technologie produktu, musí být na úrovni chybovosti dodávek 0 PPM, resp. maximálně 50 PPM v případě spojovacího materiálu;
- D. Balení - v balení s komponenty nejsou žádné jiné komponenty, odpad nebo jiný materiál, který neodpovídá výkresovým požadavkům;
- E. Metody kontroly – pro každý komponent musí být navržen postup, jak ověřit shodu komponenty s konstrukčním výkresem;
- F. Kritické součástky nebo díly, pro které je potřeba mít definován alternativní dodavatele.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo analyzovat současný stav řízení rizik procesu výroby modulární převodovky ve výrobní společnosti, pomocí metod rizikového inženýrství posoudit rizika procesu, navrhnout ošetření rizik nebo nápravná opatření a vypracovat metodickou příručku pro snížení rizik.

Úvod práce byl věnován základním pojmům, teoretickému přiblížení, co to vlastně výroba a výrobní proces je, vysvětlení, co management rizik znamená a také jednotlivých použitých metod a nástrojů pro samotné posouzení rizik. S managementem rizik je úzce propojen systém managementu jakosti, proto jsou v teoretické části také popsány teoretické základy řízení kvality a používané nástroje při řízení jakosti. S ohledem na neustálý vývoj, inovace a změny, které výrobní společnosti, jejich výrobní procesy a samotné produkty podstupují, je v části práce také vysvětlen pojem změny a změnového řízení.

Identifikace rizik obou posuzovaných procesů výroby proběhla velmi podrobně, za využití sestavených vývojových diagramů procesů, metody rybí kosti a návazných analýz rizik, pomocí metody FMEA. Analýza rizik u manuálního procesu byla rozšířena o metodu hodnocení lidského selhání TESEO, kde byly zkoumány reálné situace využití manuální linky, u kterých je známo, že mohou při výrobě nastat. Bylo provedeno srovnání původní analýzy rizik FMEA s analýzami FMEA, které byly pro účel diplomové práce provedeny. Na základě závěrů byla, nejprve u manuální linky, navržena nápravná opatření, ke snížení dopadu a zvýšení schopnosti detekce, jako jsou přenastavení modelu a plánu zaškolení nových operátorů, zvýšení počtu odborných specialistů pro posouzení naplňování legislativních požadavků a vybudování samostatného pracoviště pro provádění výcviku a přeškolení operátorů výroby. Dále bylo doporučeno implementovat technické, podpůrné vizualizační systémy Pick-to-light a Assisted assembly, jejichž používáním dojde ke zvýšení sebejistoty operátorů, maximální eliminaci vad při kompletaci výrobku a případné eliminaci nákladů za nevyrobený kus. Přidanou hodnotou zavedení vizualizačních systémů je maximální podpora a efektivita při zaškolování nových pracovníků, jejich podpora během výrobního procesu a zvýšení flexibility pro nábor nových pracovníků.

Opatření, navržená k implementaci pro automatickou linku na základě předchozí analýzy, byla převážně spojena se vstupním materiálem a jeho kvalitou. Jedná se zejména o úpravu dodavatelsko-odběratelských smluv ke zpřísnění kvality materiálu, implementaci vhodnějšího způsobu ověření shody vstupního materiálu s výkresovou dokumentací při

vstupní kontrole a zavedení nového způsobu zaznamenávání způsobovaných vad, při vstupu materiálu pomocí vibračních podavačů, do procesu kompletace v samotné lince. Byla také navržena dvě technická opatření ke zvýšení efektivity linky, instalace systému kamery s vysokým rozlišením a přísvitom, čímž dojde k eliminaci vysokého počtu falešných chyb a výroba přípravku pro seřizování souososti paletky a v ní umístěného DC motorku.

Byla vypracována metodická příručka pro projektové týmy, která by měla v budoucnu napomoci všem, kteří se budou podílet na implementaci nového výrobku nebo výrobní technologie či budou provádět inovace stávajících technologií nebo výrobků. Jelikož je předpoklad, že takové změny či inovace, i v kontextu doby čtvrté průmyslové revoluce, budou nadále probíhat, jsou v metodice stanovena pravidla a postupy, jak se vyvarovat podobným rizikům a problémům, jaké byly identifikovány během posuzování rizik automatické linky v této práci.

Na základě uvedených skutečností lze konstatovat, že stanovené cíle práce byly naplněny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AVEN, Terje, 2015. *Risk analysis*. Second edition. Chichester: Wiley. ISBN 978-1-119-05779-6.

BERNATÍK, Aleš, 2016. *Analýza nebezpečí a rizik*. Online. Ostrava. Dostupné z: https://www.fbi.vsb.cz/export/sites/fbi/cs/.content/galerie-souboru/U3V/studijni-materialy/U3V_Analyza_nebezpeci_a_rizik.pdf. [cit. 2024-03-31].

BOOTHROYD, Geoffrey; DEWHURST, Peter a KNIGHT, Winston. A., 2011. *Product design for manufacture and assembly*. 3rd ed. Boca Raton, Fl: CRC Press. ISBN 9781420089271.

ČASTORÁL, Zdeněk, 2017. *Management rizik v současných podmínkách*. Vydání I. Praha: Univerzita Jana Amose Komenského. ISBN 978-80-7452-132-4.

ČERMÁKOVÁ, Hana a VOLFOVÁ, Julie, 2011. *Ekonomika spolehlivosti a rizika*. Liberec: Technická univerzita v Liberci. ISBN 978-80-7372-811-3.

DMC MANAGEMENT CONSULTING S.R.O., 2014. TWI (Training within industry) - metoda, jejíž kouzlo objevují české firmy. EVROPSKÁ DATABANKA S.R.O. *Evropská databanka* [online]. [cit. 2024-03-11]. Dostupné z: <https://www.edb.cz/clanek-1755-twi-training-within-industry-metoda-jejiz-kouzlo-objevuji-ceske-firmy>

FAVORETTO, Camila; MENDES, Glauco Henrique de Sousa; FILHO, Moacir Godinho; GOUVEA DE OLIVEIRA, Maicon a GANGA, Gilberto Miller Devós, 2021. Digital transformation of business model in manufacturing companies: challenges and research agenda. Online. *Journal of Business & Industrial Marketing*. 2021-08-16, roč. 37, č. 4, s. 748-767. ISSN 0885-8624. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/JBIM-10-2020-0477>. [cit. 2024-03-29].

FILIP, Ludvík, 2019. *Efektivní řízení kvality*. Praha: Pointa. ISBN 978-80-90753-05-1

FOTR, Jiří a HNILICA, Jiří, 2014. *Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Expert (Grada). Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5104-7.

HOPKIN, Paul a THOMPSON, Clive, 2022. *Fundamentals of risk management: understanding, evaluating and implementing effective risk management*. 6th ed. London: Kogan Page. ISBN 978-1-3986-0286-1.

HNÁTEK, Jan; HRUDKA, Otakar; HYKŠ, Ondřej; JEDLIČKA, Miroslav; STANĚK, Miroslav et al., 2016. *Komentované vydání normy ČSN EN ISO 9001:2016: systémy managementu kvality - Požadavky*. 1. Praha: Česká společnost pro jakost. ISBN 978-80-02-02642-6.

IMAI, Masaaki, 2012. *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. 2nd ed. New York: McGraw Hill. ISBN 978-0-07-179035-2.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2024. *About ISO*. Online. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO: Global standards for trusted goods and services. Dostupné z: <https://www.iso.org/about-us.html>. [cit. 2024-03-29].

Ishikawův diagram: Co je Ishikawův diagram, 2015. *Managementmania.com* [online]. Wilmington, 2011-2016, 1 [cit. 2024-03-10]. ISSN 2327-3658. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/ishikawuv-diagram>.

KORECKÝ, Michal a TRKOVSKÝ, Václav, 2011. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3221-3.

KOTEK, Luboš a BABINEC, František. © 2014 - 2024. *Použití metody Human HAZOP při redukci chyb operátorů*. In: FCC Public [online]. Praha: FCC Public [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39901.pdf>.

KRÁL, Miroslav. © 2020. *Přístup k analýze a hodnocení spolehlivosti člověka v pracovním systému*. In: Práce a mzda [online]. Praha: Wolters Kluwer [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: <https://www.praceamzda.cz/clanky/pristup-k-analyze-hodnoceni-spolehlivosti-cloveka-v-pracovnim-systemu>.

KUBÍČKOVÁ, Lea a RAIS, Karel, 2012. *Řízení změn ve firmách a jiných organizacích*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4564-0.

MALAGA, Miroslav; BROUM, Tomas; SIMON, Michal a FRONEK, Michael, 2022. Industrial robotics as an important part of modern production automation. Online. *Acta Mechatronica*. 2022-12-31, roč. 7, č. 4, s. 31-36. ISSN 24537306. Dostupné z: <https://doi.org/10.22306/am.v7i4.91>. [cit. 2024-04-16].

MARTINOVIČOVÁ, Dana; KONEČNÝ, Miloš a VAVŘINA, Jan, 2014. *Úvod do podnikové ekonomiky*. Expert (Grada). Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5316-4.

NENADÁL, Jaroslav; NOSKIEVIČOVÁ, Darja; PETŘÍKOVÁ, Růžena; PLURA, Jiří a TOŠENOVSKÝ, Josef, 2008. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-186-7.

NENADÁL, Jaroslav a kolektiv, 2018. *Management kvality pro 21. století*. 1. Praha: Management Press. ISBN 978-80-726-1561-2.

PAČAIOVÁ, Hana; MARKULIK, Štefan a NAGYOVÁ, Anna, 2016. *Význam rizika v manažérských systémech*. Košice: BEKI Design. ISBN 9788055326184.

RAUSAND, Marvin, 2011. *Risk assessment: Theory, methods and applications*. 1. Hoboken: John Wiley. ISBN 978-0-470-63764-7.

RIX, S.R.O., 2013. *Metoda TWI výrazně šetří náklady ve výrobě*. Online. RIX, S.R.O. IProsperita.cz. 4.4.2013. Dostupné z: <https://www.iprosperita.cz/kvalita/3127-metoda-twi-vyrazne-setri-naklady-ve-vyrobe>. [cit. 2024-04-19].

SMEJKAL, Vladimír a RAIS, Karel, 2013. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4644-9.

ŠČUREK, Radomír, 2016. *Analýza rizik objektu kritické infrastruktury*. In: The Science for Population Protection [online]. Lázně Bohdaneč: MV [cit. 2024-01-29]. Dostupné z: <http://www.population-protection.eu/prilohy/casopis/10/74.pdf>.

TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Expert (Grada). Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4486-5.

Total Quality Management (TQM), 2014. *Managementmania.com* [online]. Wilmington, 2011-2016, 1 [cit. 2024-03-10]. ISSN 2327-3658. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/total-quality-management>.

THOMOPOULOS, Nick T., ©2016. *Elements of Manufacturing, Distribution and Logistics: Quantitative Methods for Planning and Control*. Online. 1. Springer International Publishing Switzerland. ISBN 978-3-319-26862-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26862-0>. [cit. 2024-03-24].

TUPA, Jiří; ŠIMOTA, Jan a STEINER, 2017. *Aspects of risk management implementation for Industry 4.0*. *Procedia Manufacturing* [online]. Elsevier B.V., 2017(11), 1223 – 1230 [cit. 2024-03-09]. ISSN 2351-9789. Dostupné z: [doi:10.1016/j.promfg.2017.07.248](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.248).

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ], 2011. ČSN EN 31010:2010, *Management rizik - Techniky posuzování rizik*. Praha. Česká agentura pro standardizaci.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ], 2016a. ČSN EN ISO 9000:2016, *Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník*. Praha. Česká agentura pro standardizaci.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ], 2016b. ČSN EN ISO 9001, *ČSN EN ISO 9001 - Systémy managementu kvality - Požadavky*. 02/2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ], 2018. ČSN ISO 31000, *Management rizik - Směrnice*. 12/2018. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ [ÚNMZ], 2020. ČSN EN IEC 31010 (010352), *Management rizik - Techniky posuzování rizik*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

VALACH, Josef a kolektiv, 1999. *Finanční řízení podniku*. 2. vyd. Praha: EKOPRESS s.r.o., 1999. ISBN 80-86119-21-1.

VEBER, Jaromír a ŠVECOVÁ, Lenka, 2021. *Produkční a provozní management*. 1. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-1385-9.

What is manufacturing?: Definition, types and examples, 2024. Online. In: TWI LTD. TWI. Dostupné z: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-manufacturing>. [cit. 2024-03-29].

XYZ. 86.F10080.29, *G_VY_Template PDCA*. 1. Copenhagen: XYZ, 2019.

XYZ. 86.F10085.29, *G_QA_Template - Capability - Cp, Cpk (Cm, Cmk)*. 1. Copenhagen: XYZ, 2021.

XYZ. VR29.01, *Performance requirements for processes*. 1. Copenhagen: XYZ, 2020.

YOE, Charles E., (2019). *Principles of risk analysis: decision making under uncertainty*. Second edition. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-138-47820-6.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AQL	Acceptance quality limit – limit kvality přijatelnosti
BOM	Bill of material – Seznam použitého materiálu
ČSN	Česká státní norma
DC	Stejnoseměrný proud
FTA	Fault tree analysis – Analýza stromu poruchových stavů
GHL	Gearbox housing lower – spodní část skříně převodovky
GHU	Gearbox housing upper – horní část skříně převodovky
ISO	International Organization for Standardization
PDCA	Plan Do Check Act - cyklus Plánuj – Dělej – Ověř – Jednej
PFMEA	Process failure mode and effect analysis – Analýza příčin a následků
PLC	Programmable logic controller – Programovatelný logický automat
PPM	Parts per million
RFID	Radio-frequency identification – Radiofrekvenční identifikace
SPC	Statistical process control – Statistická kontrola procesů
TQM	Total Quality management
TPM	Total productive maintenance – Totálně produktivní údržba
TWI	Training within industry – Metoda praktického tréninku zlepšování základních dovedností přímo ve výrobě

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Proces managementu rizika – Zdroj: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.....	17
Obrázek 2 Prvky řízení rizik – Zpracování: Vlastní dle Rausand, 2011	18
Obrázek 3 Cyklus PDCA – Zdroj: Vlastní zpracování dle ÚNMZ, 2016b	35
Obrázek 4 Zapojení inovace do vnímání jednotlivých rolí – Zdroj: (Imai, 2012).....	37
Obrázek 5 Manuální linka - Stůl 1 Zdroj: Vlastní	50
Obrázek 6 Manuální linka - Stůl 2, Zdroj: Vlastní	51
Obrázek 7 Automatická linka - pohled přední, Zdroj: Vlastní	52
Obrázek 8 Automatická linka – pohled zadní, Zdroj: Vlastní	52
Obrázek 9 Převodovka pro tubusové motory (Zdroj: Vlastní)	55
Obrázek 10 Tubusové motory - vlevo varianta s napájením ze sítě; vpravo varianta s baterií (Zdroj: Vlastní)	56
Obrázek 11 Ukázka Diagram procesu (Process flow) výroby na manuální lince Zdroj: Vlastní zpracování s využitím Mindjet MindManager 2018	62
Obrázek 12 Způsobnost procesu – Narážení kolíku s čepičkou – manuál, Zpracování vlastní do protokolu XYZ. 86.F10085.29, 2021	65
Obrázek 13 Způsobnost procesu – Narážení středového kolíku – manuál, Zpracování vlastní do protokolu XYZ. 86.F10085.29, 2021	66
Obrázek 14 Výňatek z tabulky pro vyhodnocení způsobnosti procesů ve firmě XYZ – Zdroj: Interní směrnice společnosti VR29.01	67
Obrázek 15 Ukázka linky osazené systémy Pick-to-light a Assisted Assembly (Zdroj: Vlastní).....	71
Obrázek 16 Diagram procesu (Process flow) výroby na automatické lince, Zdroj: Vlastní zpracování s využitím Mindjet MindManager 2018.....	73
Obrázek 17 Způsobnost procesu – Narážení kolíku s čepičkou – automat, Zpracování vlastní do protokolu XYZ. 86.F10085.29, 2021	77
Obrázek 18 Způsobnost procesu – Šroubování spodní části na DC motorek – automat, Zpracování vlastní do protokolu XYZ. 86.F10085.29, 2021.....	77
Obrázek 19 Způsobnost procesu – Narážení středového kolíku – automat, Zpracování vlastní do protokolu XYZ. 86.F10085.29, 2021	78
Obrázek 20 Graf Pareto analýzy – Chybovosti automatické linky, Zdroj: interní databáze společnosti XYZ s.r.o., Zpracování: Vlastní	80
Obrázek 21 Kolíky s čepičkou mimo specifikaci, Zpracování: Vlastní	81

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled nejčastěji využívaných metod Zpracování: Vlastní dle (Bernatík, 2016; Akademické centrum studentských aktivit, 2019; ÚNMZ, 2020).....	24
Tabulka 2 Charakteristické typy klíčových faktorů K_1 až K_5 Zdroj: (Král, 2020)	28
Tabulka 3 Hodnocení faktorů spolehlivosti Zdroj: (Kotek a Babinec, 2009)	28
Tabulka 4 Hodnocení faktorů spolehlivosti Zdroj: (Kotek a Babinec, 2009)	29
Tabulka 5 Příklad - Význam následků Zdroj: Interní směrnice společnosti.....	57
Tabulka 6 Výsledek prioritizace v identifikaci rizik pro manuální linku Zdroj: Vlastní.....	63
Tabulka 7 Hodnocení faktorů spolehlivosti – odstávka automatické linky, neplánovaná Zpracování: Vlastní.....	68
Tabulka 8 Hodnocení faktorů spolehlivosti – opravy, Zpracování: Vlastní.....	69
Tabulka 9 Hodnocení faktorů spolehlivosti – doplnění kapacity, Zpracování: Vlastní	69
Tabulka 10 Vyhodnocení Koefficientu spolehlivosti pro všechny tři situace Zdroj: (vlastní)	70
Tabulka 11 Výsledek prioritizace v identifikaci rizik automatické linky, Zpracování: Vlastní	74
Tabulka 12 Souhrnná data chybovosti automatické linky, Zdroj: interní databáze společnosti XYZ s.r.o., Zpracování: Vlastní	79
Tabulka 13 Požadavek na výrobu tubusových motorů, Zdroj: interní informace společnosti XYZ s.r.o., Zpracování: Vlastní	82
Tabulka 14 Výpočet chybovosti dodávek dle dodaných kusů (Zdroj: interní informace společnosti XYZ s.r.o., Zpracování: Vlastní)	82
Tabulka 15 Výpočet ztráty z výkonu (Zdroj: interní informace společnosti XYZ s.r.o., Zpracování: Vlastní)	83

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: VÝZNAM NÁSLEDKŮ (ZDROJ: INTERNÍ SMĚRNICE SPOLEČNOSTI)

Příloha P II: VÝSKYT VAD (ZDROJ: INTERNÍ SMĚRNICE SPOLEČNOSTI)

Příloha P III: ODHALITELNOST (ZDROJ: INTERNÍ SMĚRNICE SPOLEČNOSTI)

Příloha P IV: UKÁZKA PFMEA PŮVODNÍ

Příloha P V: UKÁZKA ČÁSTI ISHIKAWA DIAGRAMU K MANUÁLNÍ LINCE

Příloha P VI: UKÁZKA PFMEA K MANUÁLNÍ LINCE

Příloha P VII: UKÁZKA ČÁSTI ISHIKAWA DIAGRAMU K AUTOMATICKÉ LINCE

Příloha P VIII: UKÁZKA PFMEA K AUTOMATICKÉ LINCE

PŘÍLOHA P I: VÝZNAM NÁSLEDKŮ (ZDROJ: INTERNÍ SMĚRNICE SPOLEČNOSTI)

Efekt	Zákazník (1. volba)	Výroba (2. volba)	Hodnota
Riziko bez varování. Nesplňuje právní požadavky	Produkt nefunguje.	Nebo - Obsluha stroje je vystavena nebezpečí (bez varování)	10
	Důsledky tohoto typu poruchy jsou považovány za velmi vážné.		
	Tento typ poruchy může ovlivnit bezpečný provoz nebo nesplňuje právní požadavky.		
	Tento typ poruchy nastane bez jakéhokoliv varování.		
Riziko s varováním Nesplňuje právní nebo interní požadavky.	Produkt nefunguje.	Nebo - Obsluha stroje je vystavena nebezpečí (s varováním)	9
	Důsledky tohoto typu poruchy jsou považovány za velmi vážné.		
	Když dojde k tomuto typu selhání, je to s předchozím varováním.		
Velmi vysoký Ztráta nebo snížení hlavní funkce	Produkt nebo jeho důležité funkce nefungují.	Nebo - Všechny výrobky (100%), musí být sešrotovány nebo opraveny. Obvykle je vyrobeno více jak 100 dílů s vadami, než je detekovaná chyba.	8
Vysoký Ztráta nebo snížení hlavní funkce	Mnoho zákazníků bude velmi nespokojeno.	Nebo - Většina výrobků bude sešrotována nebo opravena. Obvykle je vyrobeno 50 až 100 dílů s vadami, než je detekována chyba.	7
Mírný Ztráta nebo snížení vedlejších funkcí.	Tento produkt funguje, ale funkce ovlivňující komfort bude snížena.	Nebo - Část výroby (méně než 100%) musí být sešrotována nebo opravena. Obvykle je vyrobeno méně jak 50 dílů s vadami, než je detekovaná chyba.	6
	Někteří zákazníci budou nespokojeni.		
Nízké Ztráta nebo snížení vedlejších funkcí.	Tento produkt funguje, ale funkce ovlivňující komfort bude snížena.	Nebo - Možná celý výrobek musí být přepracován nebo opraven.	5
	Pár zákazníků budou nespokojených		
Velmi nízké riziko Nespokojenost	Výrobek pracuje, ale pocit kvality (zvuk, povrch, operační síla a tak dále), není v souladu s požadavky.	Nebo - Pokud byla zjištěna vada, výrobky musí být tříděny a méně jak 100% z nich musí být přepracováno nebo opraveno.	4
	Selhání si všimne většina zákazníků (více jak 75%).		
	Selhání si všimne mnoho zákazníků (50%).	Nebo - Pokud byla zjištěna vada, výrobky musí být tříděny a méně jak 50% z nich musí být přepracováno nebo opraveno.	3

	Selhání si všimnou jen někteří zákazníci (méně jak 25%).	Nebo pokud byla zjištěna vada, výrobky musí být tříděny a méně jak 20% z nich musí být přepracováno nebo opraveno.	2
Žádné riziko	Bez efektu	Nebo - Jen velmi málo problémů ve výrobě / ne důležité	1

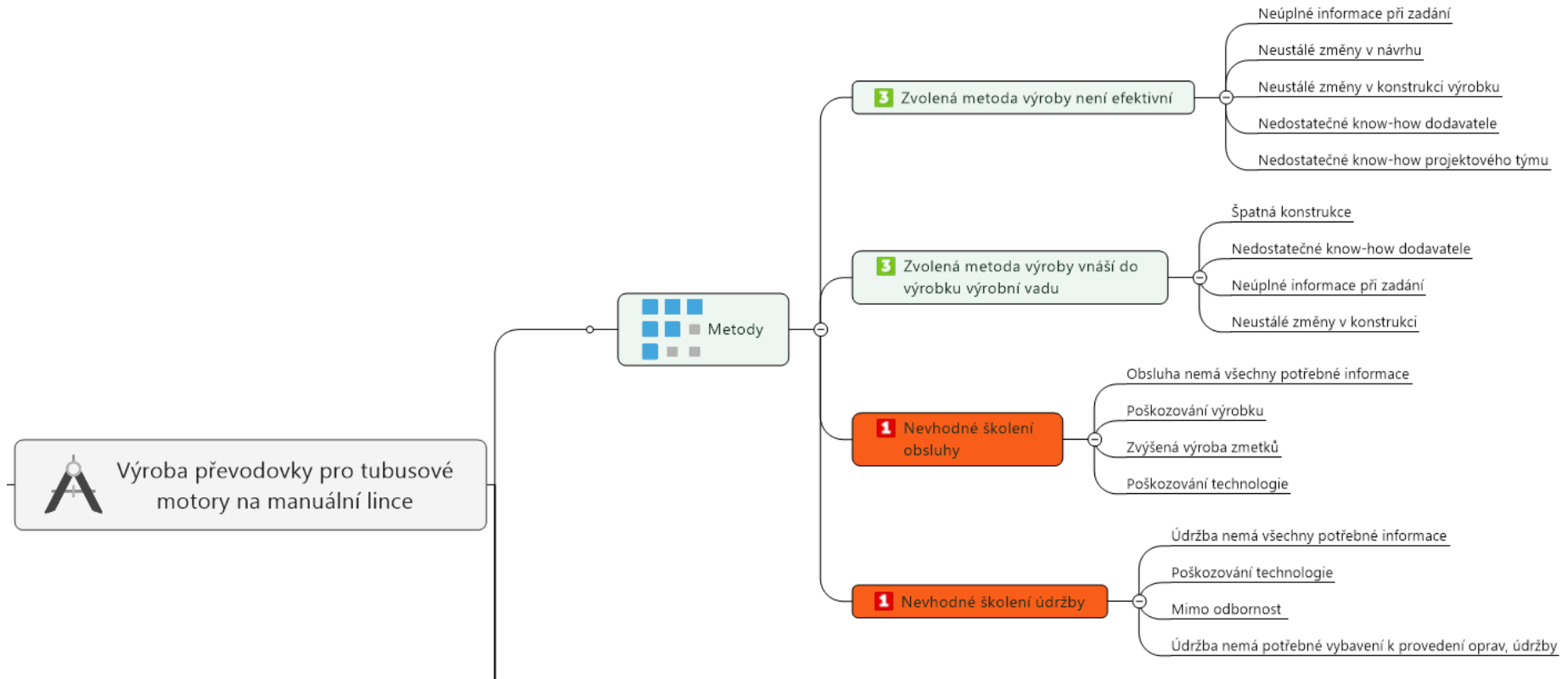
PŘÍLOHA P II: VÝSKYT VAD (ZDROJ: INTERNÍ SMĚRNICE SPOLEČNOSTI)

Pravděpodobnost selhání	Pravděpodobnost výskytu chyb	C _{pK}	Popis	Hodnota	Manuální proces	Automatický proces
Velmi vysoká časté, opakované vady	1 ze 2	< 0,33	Předpokládá se, že se chyby vyskytují velmi často	10	X	
	1 ze 3	≥ 0,33	Velmi vysoká pravděpodobnost vyskytujících se vad	9	X	
Vysoká pravidelné vady	1 z 8	≥ 0,51	Co bylo vyrobeno (100%) musí být opraveno. Obvykle je vyrobeno více jak 100 dílů s vadou předtím, než je vada odhalena.	8	X	
	1 z 20	≥ 0,67	Výrobek je zkontrolován, díly budou sešrotovány nebo opraveny. Obvykle je vyrobeno 50 až 100 dílů s vadou, než je vada odhalena.	7	X	
	1 z 80	≥ 0,83	Část výroby (méně jak 100%) bude sešrotována nebo opraveno. Obvykle je vyrobeno méně jak 50 dílů s vadou, než je vada odhalena.	6	X	
Mírná nahodilé vady	1 z 400	≥ 1,00	Výrobek musí být přepracován nebo opraven	5	X	X
	1 z 2.000	≥ 1,17	Pokud je vada odhalena, pak musí být výrobky vytřízeny a méně než 100% musí být přepracováno.	4	X	X
Nízká poměrně málo vad	1 z 15.000	≥ 1,33	Pokud je vada odhalena, pak musí být výrobky vytřízeny a méně než 50% musí být přepracováno.	3	X	X
	1 z 150.000	≥ 1,50	Pokud je vada odhalena, pak musí být výrobky vytřízeny a méně než 20% musí být přepracováno.	2		X
Nepatrná vada je velmi vzácná	1 z 1.500.000	≥ 1,67	Předpokládá se, že se vada vyskytuje zřídka nebo nikdy	1		X

PŘÍLOHA P III: ODHALITELNOST (ZDROJ: INTERNÍ SMĚRNICE SPOLEČNOSTI)

Pravděpodobnost odhalení vady	Typ inspekce			Inspekce/inspekční metody	Hodnota
	Zajištěno v procesu/Designem výrobku	Kontrola/Měření/Testování	Manuální/Vizuální kontrola		
Téměř nemožná			X	Závadu nelze identifikovat / Díl nebude kontrolován.	10
Velmi nepravděpodobná			X	Inspekce je prováděna nepřímo nebo jen občasně.	9
Nepravděpodobná			X	Vizuální kontrola je jako jediná kontrolní metoda.	8
Velmi nízká			X	Vizuální kontrola je použita v několika krocích během výroby.	7
Nízká		X	X	Inspekce s použitím kontrolních systémů/metod. (např. Q kontrolní body, systematická kontrola, sběr dat pomocí elektronických senzorů ve stroji nebo výrobním procesu).	6
Mírná		X		Inspekce je založena na rozličných měření dílů po opuštění výrobního procesu nebo 100% kontrola všech vyrobených dílů Go/ No Go kalibry po opuštění výrobního procesu.	5
Dobrá	X	X		Chyba je identifikována na dalším výrobním kroku nebo měření je prováděno vždy na prvním vyrobeném dílu po každém spuštění nebo restartu výrobního procesu.	4
Vysoká	X	X		Chyba je identifikována na pracovišti nebo na dalším operačním kroku. Defektní díly neprojdou procesem nebo na dalším operačním kroku.	3
Velmi vysoká	X	X		Chyba je identifikována na pracovišti (automatické/ hardwarové měření s automatickým vypnutím) Neshodné kusy nejsou akceptovány.	2
Skoro jistá	X			Defektní díly nemohou být vyrobeny. Díly jsou zabezpečeny designem výrobku nebo procesem výroby.	1

PŘÍLOHA P V: UKÁZKA ČÁSTI ISHIKAWA DIAGRAMU K MANUÁLNÍ LINCE



PŘÍLOHA P VII: UKÁZKA ČÁSTI ISHIKAWA DIAGRAMU K AUTOMATICKÉ LINCE

