

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Metody zabezpečování jakosti

Bakalářská práce

Vedoucí práce: **prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Autor práce: **Jan Dušek**

Praha 2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Dušek

Zemědělské inženýrství
Inženýrství údržby

Název práce

Metody zabezpečování jakosti

Název anglicky

Quality control methods

Cíle práce

Na základě literární rešerše shromáždit používané metody zabezpečování jakosti, stručně je popsat, uvést případy vhodnosti jejich použití v systémech řízení jakosti. Nejpoužívanější metody podrobněji popsat a uvést příklady konkrétního použití.

Metodika

1. Úvod – historie a současnost jakosti
2. Cíl a metodika práce
3. Používané metody zabezpečování jakosti
4. Praktické využití vybraných metod
5. Závěr

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

jakost; metody zabezpečování jakosti

Doporučené zdroje informací

- Dale H. Besterfield: *Quality Control (8th Edition) (Hardcover)*, Prentice Hall, April 24, 2008, 978-0135000953
- FAGERHAUG, T. – ANDERSEN, B. *Analýza kořenových příčin : zjednodušené nástroje a metody*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011. ISBN 978-80-02-02356-2.
- GOETSCH, D L. – DAVIS, S B. *Quality management for organizational excellence : introduction to total quality*. New Jersey: Pearson Education Limited, 2010. ISBN 9780138003548.
- JURČA, V. – HORÁKOVÁ, A. – LEGÁT, V. *Jakost, spolehlivost a obnova strojů [elektronický zdroj]*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2006. ISBN 80-213-1514-8. Aktualizováno 2018.
- LEGÁT, V. a kol.: *Management a inženýrství údržby*. Professional Publishing, Praha, 2013, 570 s., ISBN 978-80-7431-119-2
- MASAOKI, Imai. *GEMBA KAIZEN : Řízení a zlepšování kvality na pracovišti*. 1. vyd. Brno: Computer Press, a.s., 2008. 312 s. ISBN 80-251-0850-3.
- NENADÁL, Jaroslav. *Měření v systémech management jakosti*. Praha: Management Press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- TÖPFER, Armin, et al. *Six Sigma: Koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. 1. vyd. Brno: Computer Press, a.s., 2008. 508 s. ISBN 978-80-251-1766-8.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 14. 12. 2018

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 01. 02. 2020

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Metody zabezpečování jakosti vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne: 08.04.2020

Jan Dušek

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Vladimírovi Jurčovi, CSc. nejen za jeho cenné rady, ale především za jeho ochotu a vstřícnost i přes nesnáze spojené s uzavíráním škol na jaře roku 2020.

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se věnuje metodám zabezpečování jakosti. Cílem bylo vytvořit ucelený přehled nástrojů a metod používaných v oblasti kvality včetně vhodných příkladů jejich použití. To bylo ilustrováno v případové studii, která se zabývá analýzou kořenových příčin neshodných produktů na výrobní lince povrchových úprav lakováním. Studie ukazuje v příslušných krocích také volbu nouzových, dočasných, trvalých i preventivních opatření z hlediska zvyšování jakosti výrobních procesů.

Klíčová slova: kvalita, jakost, metody zabezpečování jakosti

Quality Control Methods**Summary:**

This bachelor thesis focuses on quality assurance methods. Its aim was to make comprehensive overview of tools and methods used in quality field, including appropriate examples of their usage. This was illustrated by case study, which concerns root cause analysis of products not meeting customers' requirements at paint job production line. Study shows also in relevant steps choice of emergency response actions, interim containment actions, permanent corrective actions, and preventive actions in perspective of manufacturing processes' quality improvement.

Key words: quality, quality control, quality assurance methods

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl a metodika práce	2
2.1	Cíl práce.....	2
2.2	Metodika práce	2
3	Koncepce managementu jakosti	3
3.1	Modely s kritériálními standardy (ISO řady 9000)	4
3.2	Koncepce odvětvových standardů.....	5
3.3	TQM a modely excellence.....	5
4	Nástroje managementu jakosti	6
4.1	Základní nástroje managementu jakosti	6
4.1.1	Vývojový diagram	6
4.1.2	Ishikawův diagram příčiny a následku.....	7
4.1.3	Sběr údajů.....	8
4.1.4	Paretův diagram	9
4.1.5	Histogram	10
4.1.6	Bodový korelační diagram	12
4.1.7	Regulační diagram	12
4.2	„Nové“ základní nástroje managementu jakosti	13
4.2.1	Diagram afinity	14
4.2.2	Diagram vzájemných vztahů.....	14
4.2.3	Systematický (stromový) diagram	15
4.2.4	Maticový diagram	15
4.2.5	Analýza údajů v matici	16
4.2.6	Diagram PDPC.....	17
4.2.7	Síťový graf	17
4.3	Další nástroje a metody zabezpečování jakosti	18
4.3.1	Akční plán	18
4.3.2	Brainstorming	18
4.3.3	Metoda kritické události.....	19
4.3.4	5W2H, Matice „Je – Není“	19
4.3.5	„5x proč?“ metoda	19
4.3.6	Hlas zákazníka (VOC) a kritické hodnoty kvality (CTQ).....	20
5	Pokročilé metody a systémy zabezpečování jakosti	21

5.1	Plánování a prokazování jakosti.....	21
5.1.1	Metoda QFD	21
5.1.2	Analýza systému měření (MSA).....	22
5.1.3	Návrh experimentu (DOE)	22
5.1.4	Metody managementu rizik	23
5.1.5	Pokročilé plánování kvality produktu (APQP)	24
5.1.6	Analýza způsobilosti procesu.....	25
5.1.7	Teorie tvůrčího řešení problémů (TRIZ)	26
5.2	Operativní řízení jakosti	26
5.2.1	Analýza kořenových příčin (RCA).....	26
5.2.2	Osm disciplín řešení problému (G-8D report)	27
5.3	Systémy neustálého zlepšování	29
5.3.1	Štíhlá výroba (Lean)	29
5.3.2	Six Sigma	31
6	Případová studie	33
6.1	Popis výrobního procesu.....	33
6.2	Řešení neshody	35
6.2.1	Prvotní zjištění	35
6.2.2	D0 – Příprava na proces 8D	35
6.2.3	D1 – Vytvoření týmu.....	35
6.2.4	D2 – Popis problému	36
6.2.5	D3 – Dočasná opatření k zamezení škod	39
6.2.6	D4 – Nalezení kořenové příčiny	41
6.2.7	D5 – Návrh trvalého nápravného opatření	47
6.2.8	D6 – Zavedení a ověření trvalého nápravného opatření	48
6.2.9	D7 – Preventivní opatření.....	48
6.2.10	D8 – Obeznamení a zhodnocení týmu	49
7	Závěr	50
8	Bibliografie.....	53
9	Seznam obrázků a tabulek.....	56

Seznam zkratek

Zkratka	Pojem	Překlad, český ekvivalent nebo vysvětlení pojmu
5Why	Five Why Analysis	Metoda analýzy "5x proč?"
6σ	Statistical Six Sigma	Statistická část celkového konceptu Six Sigma
8D	Eight Disciplines of Problem Solving	Osm disciplín řešení problému
APQP	Advanced Product Quality Planning	Pokročilé plánování kvality produktu
CL	Central Line	Centrální přímka v regulačním diagramu
C _p	Process Variation Index	Index způsobilosti
C _{pk}	Process Capability Index	Kritický index způsobilosti
CPM	Critical Path Method	Metoda kritické cesty (síťový graf)
CTQ	Critical to Quality	Kritické hodnoty kvality (z pohledu zákazníka)
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control	Cyklus neustálého zlepšování, vychází z Demingova cyklu
DOE	Design of Experiments	Design (návrh) experimentů
EFQM	European Foundation for Quality Management	Evropská nadace pro řízení kvality
ERA	Emergency Response Action	Okamžité nouzové opatření
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis	Analýza možného výskytu a vlivu vad
FTA	Failure Tree Analysis	Stromový diagram poruchových stavů
ICA	Interim Containment Action	Dočasné opatření k zamezení škod
JIT	Just in Time	Princip dodávek "Právě včas"
LCL	Lower Control Line	Dolní regulační přímka (regulační diagram)
MSA	Measurement System Analysis	Analýza systému měření
PCA	Permanent Corrective Action	Trvalé nápravné opatření
PDCA	Plan, Do, Check, Act	Cyklus neustálého zlepšování, Demingův cyklus
PDPC	Process Decision Program Chart	Stromový diagram možných problémů a navržených protiopatření
PPAP	Part Production Approval Process	Proces schvalování dílů do výroby
QFD	Quality Function Deployment	Funkční rozklad kvality
RCA	Root Cause Analysis	Analýza kořenových příčin
SIPOC+CM	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers + Constrains, Measures	Diagram mapy procesu
SPC	Statistical Process Control	Statistická regulace procesu
TOC	Theory of Constrains	Teorie omezení
TPS	Toyota Production System	Výrobní systém Toyoty
TQM	Total Quality Management	Celkové řízení jakosti
TRIZ	The Theory of Inventive Problem Solving	Teorie tvůrčího řešení problémů
UCL	Upper Control Line	Horní regulační přímka (regulační diagram)
VOC	Voice of Customer	Hlas zákazníka
VSM	Value Stream Map	Mapa budování přidané hodnoty

1 Úvod

Zabezpečování jakosti je dnes neoddělitelnou součástí jak výrobků či služeb, tak i celých systémů a procesů, tj. souhrnně „entit“. Filosofie budování zákaznické hodnoty se odráží v požadavku neoddělitelně vtisknout definovanou kvalitu těchto entit od počátku jejich životního cyklu či koncepčního návrhu nejenom k bodu předání výstupu do rukou zákazníka, ale daleko za něj. Nelze proto opomíjet dnes stále se zvyšující nároky na plynulost a přizpůsobivost procesů, stále větší důraz na efektivitu a kvalitu samotných entit, tak zároveň ubývající prostor na chybu nebo nedostatky v globálně konkurenčním prostředí.

Složité koncepty filosofie řízení jakosti se opírají zejména o nástroje analýzy údajů o problémech, o požadavcích zákazníků a o nástroje predikce či řešení problémů.

Teoretická část bakalářské práce si klade za cíl vytvořit stručný přehled vybraných konceptů managementu jakosti. Podrobněji budou rozvinuty právě základní nástroje a metody zabezpečování jakosti s nezastupitelným místem v rámci zlepšování výkonosti procesů i v rámci řešení neshod.

Motivací této práce je ilustrovat na případové studii praktickou aplikaci základních nástrojů při odstraňování vad ve výrobě pomocí kroků typických pro analýzu kořenových příčin. Součástí studie je také ukázka výběru a zavedení nouzových, dočasných, nápravných i preventivních opatření, a to v kontextu maximálního zachování objemu výroby a současnou minimalizací vzniklých ztrát způsobených nízkou jakostí výroby.

2 Cíl a metodika práce

2.1 Cíl práce

Cílem práce je na základě literární rešerše shromáždit používané metody zabezpečování jakosti, stručně je popsat, uvést případy vhodnosti jejich použití v systémech řízení jakosti. Nejpoužívanější metody popsat podrobněji a uvést příklady konkrétního použití.

2.2 Metodika práce

Na základě rešerše odborné literatury, a to jak zahraničních, tak českých autorů, tato bakalářská práce ve své první části představí teoretický přehled metod zabezpečování jakosti.

Nejprve budou uvedeny moderní pohledy koncepce managementu jakosti, dále se práce blíže zaměří na popis základních nástrojů a vybraných jednoduchých metod zabezpečování jakosti včetně příkladů a vhodnosti jejich použití. V závěru první části pak práce shrne a charakterizuje široké spektrum složitějších metod a systémů zabezpečování jakosti.

Ve své druhé části práce využije případovou studii z prostředí výrobní linky na povrchové úpravy ocelových plechových výrobků k ilustraci, jak mají být vybrané základní nástroje a metody použity při řešení problémů s neshodnými výrobky.

3 Koncepce managementu jakosti

K hledání optimální definice jakosti přispělo mnoho významných osobností minulého století, současná definice se ustálila ve znění: „*Jakost vyjadřuje stupeň splnění požadavků souborem inherentních znaků*“ [1]. Nej kvalitnější (a tím pádem nejvhodnější) entita je tak pro zákazníka a zainteresované strany ta nejlépe uspokojující jejich předem stanovené požadavky nebo předpokládané potřeby [2].

Základní principy a zásady managementu jakosti každý konkrétní systém nebo koncept definuje mírně odlišným způsobem. Obecně však lze rozlišit nejméně 11 společných bodů, z toho body 1-7 jsou přímo obsaženy v normách ISO řady 9000 [1], zbylé 4 jsou pak přidávány v modelech excelence organizací [3], [4], [5]:

1. Zaměření na zákazníka: Zákazník je ten, kdo určuje výslednou jakost výrobku. Organizace by proto měly svým zákazníkům předávat nejvyšší možné hodnoty díky tomu, že umí předvídat, pochopit a naplnit jejich požadavky.
2. Vedení (leadership): Vedoucí pracovníci jdou jako vůdčí osobnosti pozitivním příkladem. Díky tomu udávají směřování organizace a motivují k dosahování co nejlepších výsledků.
3. Zapojení (angažovanost) lidí: Potenciál zaměstnanců je jedním z nejhodnotnějších firemních zdrojů. Kompetentní a dobře vedení zaměstnanci jsou schopni dosahovat vynikajících výsledků.
4. Procesní a systémový přístup: Organizace chápe a řídí to, co dělá, jako procesy, vzájemně související procesy pak chápe a řídí jako systém.
5. Neustálé zlepšování: Rozvoj ve smyslu neustálého zlepšování a inovací je hnacím motorem zvyšování výkonosti, reagování organizace na rizika a eliminování slabých míst ve stávajících procesech. Tento princip pak propojuje všechny ostatní [6].
6. Rozhodování na základě faktů: Každé rozhodnutí (nejen) vedoucích pracovníků uvnitř organizace by mělo být podloženo objektivními, úplnými a dobře analyzovanými fakty.
7. Management vztahů: Dosahování maximální výkonosti je možné pouze při silném partnerství s dodavateli, které je založené na důvěře a sdílení faktů díky vzájemnému rozvíjení prospěšných vztahů.
8. Prevence: Předcházení potenciálním problémům je mnohem efektivnější než bojovat s jejich následky.

9. Učení se: Zvyšování kvalifikace zaměstnanců vede k jejich osobnímu rozvoji, znalosti lidí jsou tím nejcennějším zdrojem, který má organizace k dispozici.
10. Flexibilita a agilita: Organizace je schopna pružně a efektivně reagovat na podněty a změny na otevřených náročných trzích.
11. Společenská odpovědnost: Etický přístup, splnění legislativních požadavků a enviromentální management jsou jedny z prvků společenské odpovědnosti organizace a jejího důrazu na udržitelný rozvoj.

Rozlišujeme celkem 3 základní koncepce managementu jakosti: koncepce ISO; odvětvové standardy; modely excelence vycházející z TQM (Total Quality Management) – shrnuty v tabulce 1.

Koncepce	ISO	Odvětvové standardy	TQM
Charakter:	Generická, aplikovatelná ve všech typech odvětví a organizací	Platné pouze pro určité odvětví ekonomiky (letectví, automotive, farmacie apod.)	Generická
Normativní základna:	Zejm. normy ISO ř. 9 000 a ř. 10 000	Odvětvové normy, např. IRIS nebo IATF 16 949	Neexistuje, je považována za filosofii managementu, základem jsou modely excelence.
Požadavky:	Základní, získané celosvětovým konsensem.	Obvykle vychází z požadavků norem ISO ř. 9 000, navíc obsahují specifické požadavky odvětví.	Modely excelence nekladou požadavky, nýbrž obsahují pouze doporučení odvozená od nejlepší světové praxe.
Celková náročnost aplikace na znalosti a zdroje:	Relativně nízká	Střední	Vysoká

Tabulka 1: Základní charakteristiky koncepcí systémů managementu kvality, zdroj: [6, s. 15]

3.1 Modely s kriteriálními standardy (ISO řady 9000)

Modely ISO řady 9000 (se vznikem v r. 1987) jsou zřejmě světově nejrozšířenějšími koncepcemi managementu jakosti a z uvedených jsou nejméně náročné. Jejich charakteristickým rysem je snaha o naprostou univerzálnost pro jakoukoliv organizaci. Postupně však prochází revizemi a úpravami, takže se svou strukturou blíží k základním myšlenkám modelů excelence organizací. Poslední revize v roce 2015, resp. 2016 zjednodušila normou kladené požadavky a normu postavila na základech cyklu neustálého zlepšování, označeného **PDCA** (Plan, Do, Check, Act), také jako „Demingův cyklus“ [1], [4]:

- Plan: Stanovit cíle a procesy nezbytné k dosažení výsledků; identifikovat procesy; analyzovat příčiny existujících nebo potenciálních rizik či příležitostí; naplánovat řešení.
- Do: Implementovat procesy tak, jak byly naplánovány.
- Check: Monitorovat a měřit procesy včetně závazků, cílů a provozních kritérií.

- Act: Upravit či přijmout změny opatření pro neustálé zlepšování na základě předchozího monitoringu; hledat a analyzovat možnosti pro další aplikace neustálého zlepšování.

Z této řady je běžně certifikována ČSN EN ISO 9001:2016, která je výčtem požadavků na danou organizaci. ČSN EN ISO 9000:2016 je pak základním slovníkem pojmů a ČSN EN ISO 9004:2018 požaduje konkrétní přístupy managementu kvality. Další normy ČSN ISO řady 10000 jsou doplňkovým vysvětlením a rozšířením konkrétních požadavků normy ISO 9001 a norma ČSN ISO 19011:2011 [7] je pak normou pro auditování systémů managementu. Obecně je celý systém norem orientován zejména na zákazníka pomocí standardizace procesů [1], [6].

3.2 Koncepce odvětvových standardů

Odvětvové standardy jsou historicky nejstarší z uvedených koncepcí, kdy vznikaly zejména pro potřeby různých odvětví průmyslu a služeb. Po vzniku norem ISO řady 9000 je běžné, že odvětvové standardy prošly postupnými úpravami tak, aby ISO řady 9000 kopírovaly a dále rozšiřovaly právě pro potřeby jednotlivých odvětví [4]. Dobrým příkladem takového odvětvového standardu kopírující ISO řady 9000 je standard IRIS pro oblast kolejových vozidel [8] nebo v Čechách velmi rozšířený standard IATF 16949:2016, aplikovaný v automobilovém průmyslu [9]. Naopak příklad samostatného odvětvového standardu je světově uznávaný soubor norem IPC pro výrobu a vývoj elektroniky a elektronických komponent [10].

Jedním z nejzásadnějších rozšíření, které IATF 16949:2016 klade nad rámec normy ČSN EN ISO 9001:2016 je přejímání produktů přímo u dodavatelů v rámci APQP, zejména pak postup schvalování dílů do výroby (PPAP) [1], [4], [9].

3.3 TQM a modely excelence

TQM je ze zmíněných koncepcí nejkompexnější. Zakládá se na myšlence, že kvalita je záležitostí bez výjimky všech zúčastněných (tj. na úrovni jednotlivých zaměstnanců) a tím pádem se musí týkat naprosto všeho, co se v organizaci děje. Už z podstaty se nemůže jednat o rigidní soustavu předpisů a pravidel, ale naopak o neustále se vyvíjející organický systém zcela unikátní každé organizaci. Historicky tak na bázi TQM vzniklo mnoho tzv. modelů excelence, např.: EFQM Model excelence; Model Demingovy aplikační ceny; Model Národní ceny kvality Malcoma Bridge; Model excelence G. Kanjiho; Model 4P + 3C [3].

4 Nástroje managementu jakosti

Základními nástroji rozumíme jednotlivé stavební články pokročilých metod zabezpečování jakosti. Správně provedená analýza a zpracování údajů je prvním klíčem k úspěchu jakéhokoliv zabezpečování jakosti. Bez správných základů a analýz totiž jakákoliv pokročilá metoda selhává.

4.1 Základní nástroje managementu jakosti

Soubor těchto nástrojů se uplatňuje zejména při operativním řízení jakosti (tj. řešení jakostních problémů) a při metodách neustálého zlepšování jakosti, jedná se zejména o jednoduché statistické a grafické prvky [3].

4.1.1 Vývojový diagram

Neboli také postupový diagram, je ideální pro zobrazení a analýzu procesu. Pro zobrazení procesu samotného ve smyslu VSTUP => PROCES => VÝSTUP se nejčastěji jsou použity [3]:

- Lineární vývojový diagram – nevhodnější při zobrazení složitých rozhodovacích kroků a jejich návazností, tak i pro znázornění relativně lineárních procesů. Používá zavedené symboly, zejména:
 - Operace a činnosti obdélníkem.
 - Rozhodovací kroky kosočtvercem (většinou ano / ne).
 - Začátek a konec procesu, případně vstupy, výstupy, zdroje, pomocí oválu.
 - Návaznosti kroků pomocí šipek.
- Integrovaný vývojový diagram – nazýván také dráhový diagram nebo dekomponovaná mapa procesu [11]. Ukazuje, kdo provádí a má zodpovědnost za který krok procesu, resp. v případě zobrazení složitějších procesů (celková výroba apod.), kdo je vlastníkem jednotlivých subprocesů [12].

Mapa procesu je velmi široký pojem zahrnující různá grafická zobrazení VSTUP => PROCES => VÝSTUP rozšířená o další sady informací. Mapa může být znázorněna právě ve formě různých vývojových diagramů a infografik, přičemž nejvíce záleží, za jakým účelem vzniká a jakou informaci má komunikovat. Objevuje se prakticky na všech úrovních řízení jakosti. Například je nedílnou součástí tzv. „karty procesu“ požadované v ISO 9001:2016 [1], její využití se prolíná celým procesem DMAIC metody (Lean) Six Sigma [11], [12], [13], na správném zmapování

procesu staví analýzy rizik (např. FMEA), využívá se při pochopení problému v analýze kořenových příčin [14] atd. K zobrazení mapy procesu (pro potřeby jak plánování, tak operativního řízení jakosti) jsou využívány přidružené nástroje:

Mapa budování přidané hodnoty neboli Value Stream Map (**VSM**) – využívané zejména v Lean managementu pro zmapování složitých procesů (např. průběh celé výroby), dokáže zobrazit materiálové a informační toky včetně záznamu průběžné doby jednotlivých subprocesů [11], [12].

Želví diagram procesu – k linii VSTUP => PROCES => VÝSTUP navíc přidává jasně strukturované odpovědi na otázky [1]:

- „S čím“ – potřebné vybavení a nástroje pro daný proces.
- „S kým“ – v otázce lidských zdrojů, kdo s jakými kompetencemi a proškolením se procesem v jakých rolích účastní.
- „Jak“ – použité metody, postupy práce a techniky.
- „Kolik“ – co bude měřeno, jak v rámci procesu, tak v rámci výsledného produktu. Stanovuje obecně cíle procesu.

SIPOC+CM – přehledový souhrn údajů o procesu přehledně zařazený do kategorií: dodavatelé, vstupy, proces, výstup, zákazníci, omezení procesu, postupy či opatření (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers + Constraints, Measures). Může sloužit jak pro pochopení celého procesu, tak pro vyznačení potřeb procesu či zákazníka, vše ve velmi přehledném formátu [11], [12], [15]. Často je využíván v kombinaci s analýzou zákaznických hodnot (VOC, CTQ) [16].

4.1.2 Ishikawův diagram příčiny a následku

Někdy také nazývaný diagram „rybí kost“ díky svému specifickému vzhledu. Přehledný a jednoduchý grafický nástroj, který umožňuje hlubší pochopení příčiny problému na základě symptomů. Z tohoto důvodu je hojně využíván právě při analýze kořenových příčin [2]. Diagram je založen na týmové práci a brainstormingu, lze jej dobře použít:

- „K analýze variability existujícího procesu.“
- *K definování potenciálních faktorů, které by mohly vést k žádoucím výsledkům (přínosům)“ [3, s. 313].*

Velmi zásadní pro úspěšné vytvoření diagramu je jednoznačná definice problému, ke kterému jsou příčiny hledány [12], [14].

4.1.3 Sběr údajů

I přes vysokou automatizaci má ruční sběr dat stále své místo. Běžné shromažďování údajů pracovníkem pro jejich další analýzu může bez standardizace a pochopení hlubšího kontextu vyústit ve velmi chaotické a neuspořádané záznamy. Organizovaná struktura formuláře pro sběr údajů v podobě kontrolní tabulky, záznamníku atp. má za cíl sběr údajů o problému co nejvíce zjednodušit, zefektivnit a učinit jej spolehlivým [3]. Ať už s jakoukoliv mírou automatizace, rozlišujeme sběr údajů pomocí [14]:

- Vzorkování – shromažďuje údaje výběrem jistého vzorku ze základního souboru dat. Zásadním je posouzení jednak vhodného systému vzorkování a rozsahu vzorkování pro konkrétní základní soubor a jednak zda provedený výběr po ukončení vzorkování skutečně základní soubor dat reprezentuje [3], [12].
 - Systematické vzorkování – měření jsou prováděna ve stanovených časových intervalech, na stanovených (kritických) místech procesu apod. Například počet lidí uvnitř prodejny se zaznamená každých několik minut nebo například na prvním výrobku z nové výrobní dávky je měřen konkrétní tolerovaný rozměr.
 - Náhodné vzorkování – snaží se o získání každého vzorku náhodně, nesmí existovat systematický rozdíl mezi údaji, které měříme a které neměříme [11]. Tedy například z celé výrobní dávky vybereme ke kontrole několik výrobků, a to s co největší nahodilostí.
 - Stratifikované vzorkování použijeme v případě, že v produktu či procesu existují skupiny nebo kategorie, které je nutné rozlišit, aby každá kategorie byla zastoupena stejnou měrou. Je vhodné například pro hodnocení spokojenosti dvou stejně velkých skupin zákazníků, které něco kvalitativně odlišuje (bydliště ve městě vs. na vesnici), nebo například pro produkt paralelně vyráběný na několika výrobních linkách, když je opakovaná vada zjištěna až v situaci, která identifikaci konkrétní linky už neumožňuje [15].
- Průzkumů a dotazníků – shromažďuje hůře měřitelné či kvantifikovatelné údaje o pocitech, názorech a postojích lidí, tedy zákazníků nějakého procesu. Je vždy zásadní jasně definovat cíl a formu provádění průzkumu. Rozlišujeme zejména [14]:

- Zjištění spokojenosti zákazníků vzhledem k nějakému problému.
- Stanovení potřeb a očekávání zákazníků.
- Seznamu kontrolovaných částí – strukturovaná kontrolní tabulka se záznamy: kategorie a typ výskytu, četnost anebo místo výskytu, doba trvání výskytu apod. Zásadní je jednak jasně definovat, které události budou zaznamenány během určeného časového intervalu, a jednak následně posoudit, zda zaznamenané údaje mají reálnou vypovídající hodnotu a zda byla tím pádem zvolena správná forma záznamu kontroly. Tedy například, že nějaká obecně formulovaná kategorie vady (v nejhorším případě pojmenovaná „Ostatní“) obsahuje většinu záznamů. Takový sběr údajů je třeba přehodnotit a provést znovu [12], [15].

4.1.4 Paretův diagram

Obecně známý a parafrázovaný Paretův princip „80/20“ říká, že přibližně 80 % problémů je způsobeno přibližně 20 % příčin. Tyto vybrané příčiny jsou nazývány „životně důležitá menšina“ [4], [12].

Jinými slovy v terminologii kvality, 80 % nákladů souvisejících s jakostními problémy má na svědomí pouze 20 % ze všech vzniklých příčin. Tento princip lze obměnit na pravidlo 75/25, 90/10 atp., princip však zůstává stejný [14].

Paretova analýza je v managementu jakosti postup využívající tohoto principu. Cílem analýzy údajů je nalézt nejpodstatnější faktory, které by právě měly být příčinou většiny problémů a následně je graficky v Paretově diagramu zobrazit [17]. Využití analýzy je velmi široké, může jít o oblasti:

- *„Analýza počtu neshodných výrobků a jejich druhů.*
- *Analýza ztrát s nimi spojených.*
- *Analýza časových a finančních ztrát spojených s vypořádáním neshodných výrobků.*
- *Analýza reklamací z hlediska finančních ztrát či důvodů reklamací.*
- *Analýza příčin výroby neshodných výrobků.*
- *Analýza příčin prostojů strojů.*
- *Analýza poruch a havárií zařízení.*
- *Srovnání stavu před realizací a po realizaci opatření ke zlepšení“ [3, s. 309].*

V Paretově diagramu se typicky na levou svislou osu vynáší dopad jednotlivých příčin (například prostoj stroje v hodinách za měsíc). Pravá svislá osa pak vyjadřuje kumulativní dopad při seřazení příčin od nejvyšší četnosti po nejnižší.

Podmínkou úspěšné Paretovy analýzy je vhodná volba historických údajů, resp. správné nastavení experimentu a zejména vhodná volba sledovaných příčin. Pro výběr příčin používáme dalších nástrojů, například Ishikawův diagram příčiny a následku [11].

4.1.5 Histogram

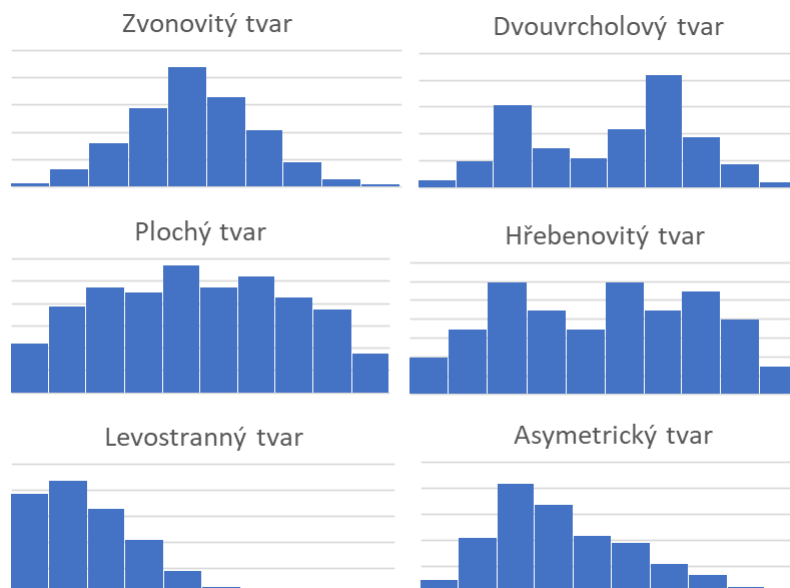
Jedná se o sloupcový diagram, v praxi jeden z nejpoužívanějších nástrojů, který je vhodný pro grafické znázornění hodnot v různých třídách (intervalech). Nejčastěji zobrazuje rozložení a variabilitu v rámci datového souboru, přičemž výška sloupce vyjadřuje četnost hodnot v rámci stejně velkých intervalů. Počet intervalů na vodorovné ose označujeme jako počet tříd [3], [12].

Pro nejvyšší vypovídající schopnosti histogramu je počet tříd vhodné volit adekvátně. Mimo různých empirických vzorců lze uvažovat počet tříd přibližně jako logaritmus o základu dva z počtu naměřených hodnot [11], je však vždy vhodné počet sloupců kriticky přehodnotit, aby vyhovoval zobrazované skutečnosti. Z tohoto důvodu není vhodné histogram využívat pro méně, než 30 naměřených hodnot [4]. Nízké rozlišení histogramu vede ke splynutí hodnot, naopak příliš vysoké rozlišení vede k hřebenovitému uspořádání a nejasným interpretacím. U histogramu s vhodným počtem tříd pak zkoumáme zejména: polohu středu rozdělení, šířku rozdělení, tvar rozdělení [11].

Díky tomu dokážeme už při prvním pohledu na příklady histogramů v obrázku 1 provést jak analýzu tvaru histogramu, odhadu statistických ukazatelů střední hodnoty a rozptylu, tak prvotní analýzu způsobilosti procesu [3]. Předpokládejme, že proces či produkt má ve zkoumaném znaku Gaussovo normálové rozdělení (tedy zvonovitý tvar) a každá odchylka od tohoto tvaru signalizuje působení dalších vlivů [11], [12], [17]:

- Zvonovitý tvar – na proces působí náhodné vlivy, které jsou však statisticky stabilní.
- Dvouvrcholový tvar
 - Jedná se o dvě normálová rozdělení, kdy důvodem může být například:
 - Dva různé produkty ze dvou výrobních linek (šarží, dávek, směn atp.).

- Oscilace nebo posun procesu mezi dvěma stavy (pro nevhodný způsob regulace).
 - Jedná se o jedno normálové rozdělení, které již bylo nedokonale vytříženo a nyní měříme na zbytku po vytřížení jeho krajní stavy jako dominantní.
- Plochý tvar – měření má nízkou vypovídající hodnotu, pravděpodobně je proces nestabilní z důvodu například [3]:
 - Špatného výrobního předpisu nebo jeho nedodržování.
 - Podobně jako u dvouvrcholového tvaru, pouze nyní je splynutých vrcholů více.
- Hřebenovitý tvar – většinou z důvodu zbytečně vysokého počtu tříd, chyb měření nebo špatného zařazování do tříd.
- Levostranný tvar – proces může mít stále ve skutečnosti normální rozdělení (tj. zvonovitý tvar), avšak hodnoty nalevo jsou pod rozlišovací schopnost měření.
- Asymetrický tvar
 - Proces je statisticky stabilní, ale rozdělení je ve skutečnosti zatížené nějakou další podstatou (fyzikální, logistickou atp.) a již samo o sobě není normálové.
 - Jedná se o dva vrcholy, které jsou blízko sebe.



Obrázek 1: Tvary histogramů s předpokládaným normálovým rozdělením, zdroj: [3], vlastní zpracování.

4.1.6 Bodový korelační diagram

Grafické zobrazení změřeného vztahu mezi dvěma proměnnými, například mezi dvěma znaky kvality produktu anebo procesu, proměnnou v závislosti na čase atp. Diagram vyžaduje znalost dvojic jednoznačně odpovídajících si hodnot, kdy je jedna vynesena na svislou osu, druhá na vodorovnou osu. Pro smysluplné výsledky korelačních koeficientů bychom těchto dvojic měli shromáždit nejméně 30, lépe však 100 a více [14].

Zobrazené body v diagramu pak mohou vykazovat korelační závislost, její analýza se nazývá **korelační analýza**. Nejčastějším vyjádřením závislosti je korelační koeficient R , pohybuje se v hodnotách $(-1;1)$ a udává, jak závislost je pozitivní ($R>0$), resp. negativní ($R<0$) a jak je závislost silná ($R\rightarrow\pm 1$). Při jiné, než lineární závislosti se může R pohybovat kolem nuly bez větší vypovídající hodnoty. Tu získáme pomocí testu statistické významnosti [3], [17].

Regrese neboli regresní analýza se uplatňuje ve chvíli, kdy se jednu proměnnou (zpravidla vynášenou na svislé ose) snažíme vyjádřit v závislosti na druhé (zpravidla na vodorovné ose) pomocí funkčního vztahu, kterým body vhodně proložíme [12]. Na rozdíl od korelace zde nejsme odkázáni pouze na lineární závislost, proložit body můžeme prakticky jakoukoliv vhodnou funkcí. Mimo zmíněné lineární závislosti se nejčastěji setkáváme s kvadratickými, kubickými, exponenciálními a logaritmickými závislostmi [13].

4.1.7 Regulační diagram

Grafickým nástrojem pro přehledné zobrazení průběhu daného znaku jakosti v čase je **průběhový diagram**. Sledujeme u něj trend (tedy zda převažuje rostoucí, resp. klesající tendence), cyklus a setrvačnost (paměť) procesu [11].

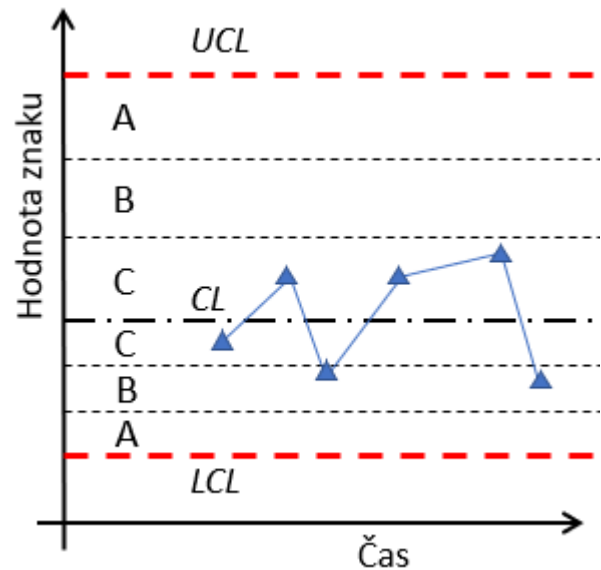
Regulační diagram je pak průběhový diagram, který má za cíl „odlišit variabilitu procesu vyvolanou vymezitelnými (tj. zvláštními, nenáhodnými) příčinami od variability vyvolané náhodnými (tj. přirozenými) příčinami“ [4, s. 68].

Odstranění vymezitelných příčin je řešitelné na úrovni obsluhy procesu, například seřízením stroje. Procesy, kde působí vymezitelné (nenáhodné) příčiny, nazýváme nestabilní. Naopak odstranění náhodných příčin (tedy snížení rozptylu hodnot) nebývá jednoduchou otázkou a často vyžaduje významné změny v procesu (nové technologie, nová zařízení apod.) [3].

Regulační diagram, příklad na obrázku 2, je standardně zobrazován s křivkami [11], [12]:

- Centrální přímka (CL) – ukazuje polohu středu procesu.
- Regulační meze – vyznačují mezní přirozenou proměnlivost procesu, běžně dvojici mezí nazýváme horní (UCL), resp. dolní regulační mez (LCL).
 - Tyto regulační meze vždy vznikají na základě měření a pozorování, nejedná se o toleranční meze.
 - Centrální přímka rozděluje interval regulačních mezí, tj. „regulační pás“ na dvě (ne nutně stejné) poloroviny. Každá z polorovin je dále rozdělena na 3 stejné intervaly: „zóny“ A, B, C.

Regulační diagram je základním nástrojem pro **statistickou regulaci procesu (SPC)** a pro hodnocení způsobilosti procesu. SPC „můžeme definovat jako bezprostřední a průběžnou kontrolu procesu, která je založena na matematicko-statistickém vyhodnocení znaků jakosti produktů. Poskytuje informace pro operativní a včasné zásahy do procesu“ [3, s. 317].



Obrázek 2: Regulační diagram, zdroj: [11], vlastní zpracování

Projev nestability procesu se pak odhaluje

pomocí definovaných testů seskupení bodů (hodnot) na regulačním diagramu [3], [11]:

- jeden bod mimo regulační meze diagramu;
- 6 bodů jdoucích v řadě za sebou je rostoucích, resp. je klesajících;
- 9 bodů jdoucích za sebou leží bez přerušení ve stejné polovině regulačního pásu;
- 14 bodů v řadě za sebou pravidelně bez přerušení osciluje;
- dva ze tří bodů v řadě za sebou leží v jedné polovině v zóně A;
- čtyři z pěti bodů v řadě za sebou leží v jedné polovině v zóně A nebo B;
- 15 bodů v řadě za sebou leží v zóně C na obou polovinách;
- ani jeden z 8 bodů v řadě za sebou neleží v jedné ze zón C.

4.2 „Nové“ základní nástroje managementu jakosti

Tyto nástroje nachází uplatnění zejména při plánování a zlepšování kvality, zastávají spíše manažerský než statistický přístup. Obecným charakterem těchto metod je jejich závislost na

týmové spolupráci, zakládají se spíše na kreativitě a tvůrčích schopnostech, než „tvrdých“ datech. „Označení „nové“ v žádném případě neznamena, že by nahrazovaly sedm základních nástrojů, ale vztahuje se k tomu, že tyto nástroje měly pomoci v nové éře komplexního řízení kvality“ [4, s. 69].

4.2.1 Diagram afinity

Sestavení diagramu afinity je kreativní a tvůrčí týmová metoda, která si v rámci analýzy údajů o problému klade za cíl identifikaci skupin jednotlivých příčin. Je vhodná tam, kde se vyskytuje mnoho problémových námětů popsaných kvalitativními údaji, které spolu zdánlivě nesouvisí a problém například už nějakou dobu odolává řešení ve formě běžných meetingů. Výsledný diagram afinity tyto údaje uspořádává do přirozených skupin, které mohou být v další analýze uvažovány společně [3].

Diagram předpokládá jasnou definici problému a znalost velkého množství námětů z předchozího zkoumání nebo brainstormingu. Jeho vytvoření probíhá v následujících krocích [15]:

1. Shromáždit co největší množství problémů popsaných několika slovy na samostatné kartičky či lístky.
2. Pracovní skupina mlčky bez dorozumívání setřídí lístky do logických skupin tak, jak každému z členů přijde nejvhodnější.
3. Po seskupení nápadů (běžný počet skupin se pohybuje mezi 6 a 12 [11]) by měla proběhnout diskuse nad celkovým uspořádáním lístků včetně jednoznačného pojmenování jednotlivých skupin a případného doplnění dalších lístků do skupin, pokud v počátku zcela chyběly.

Výsledná struktura diagramu je tak vlastně strukturovaným seznamem klíčových příčin roztříděných do logických skupin. Jednotlivé zjištěné skupiny jsou pak velmi často dále využívány v další analýze kořenových příčin nebo pro další pochopení problému [14].

4.2.2 Diagram vzájemných vztahů

Jedná se o jednoduchý týmový nástroj, který z logických, resp. příčinných souvislostí mapuje vzájemné vztahy mezi vybranými náměty. Příčinné a logické souvislosti není vhodné v jednom diagramu kombinovat. Náměty by měly být z jedné skupiny nebo souvisejícího celku. Čím větší provázanost námětů, tím více je metoda vhodná [3].

Úkolem týmu je analyzovat, které náměty ovlivňují jiné, což zobrazí jako vztahy pomocí šipek. Dalším krokem je doplnit k námětům množství šipek „ven“ a „dovnitř“, náměty se silně dominantním směrem „ven“ se nazývají klíčová východiska, resp. klíčové příčiny, náměty s dominantním směrem „dovnitř“ se nazývají klíčové následky [14]. Použití nachází při [15]:

- Snaze o porozumění souvislostí a identifikace problémů s největším dopadem.
- Implementaci komplexních řešení, která se mohou vzájemně ovlivňovat.
- Velmi často využívá identifikované skupiny z afinitního diagramu nebo výchozí příčiny z Ishikawova diagramu příčiny a následku.

4.2.3 Systematický (stromový) diagram

Stromový diagram je znázorněním dekompozice celku na jeho dílčí části, které strukturuje a umožňuje jejich náležité řazení. Diagram může nabývat vysoké míry podrobností, záleží na požadavcích týmu, který jej vytváří. Velmi často navazuje na odhalené klíčové problémy z afinitního diagramu a diagramu vzájemných vztahů. Jeho nevýhodou může být velmi rychle narůstající rozsáhlost. Stromový diagram je užíván jako jeden z hlavních nástrojů pro metody managementu rizik, zejména v metodě **FTA** (Failure Tree Analysis) [3].

Stromový diagram obecně vyžaduje jasné formulování cíle, projektu, akčního plánu, problému atp., který má diagram zkoumat. Heslovitě se námět zapíše jako začátek stromu. Pro postupnou tvorbu stromového diagramu je důležité správné pokládání otázek, které se odvíjí od charakteru zkoumaného cíle, například [15]:

- „Co má být splněno, jak toho lze dosáhnout?“ pro cíl, akční plán, strukturu rozpisu práce atp.
- „Co to způsobuje, proč se tak stane?“ pro použití v analýze příčin.

4.2.4 Maticový diagram

Maticový diagram si klade za cíl analyzovat příčinné vztahy mezi skupinami dat, zmapovat dopady těchto příčin a pomocí navazujícího nástroje „Analýza údajů v matici“ stanovit, který vztah má největší dopad. Diagram velmi dobře data graficky strukturuje a dokáže zobrazit kombinaci mnoha faktorů, pro zobrazení vztahu používá zavedené symboly [14]:

Slabý vztah: Δ , míra významnosti: 1.

Střední vztah: \circ , míra významnosti 3.

Silný vztah: ●, míra významnosti: 9.

Tvar	Počet skupin	Struktura porovnávaného vztahu
L	2	$A \leftrightarrow B$
T	3	$A \leftrightarrow B \leftrightarrow C$, ale už ne $A \leftrightarrow C$
Y	3	Cyklicky $A \leftrightarrow B \leftrightarrow C \leftrightarrow A$
C	3	Všechny 3 navzájem
X	4	$A \leftrightarrow B \leftrightarrow C$ a $A \leftrightarrow D \leftrightarrow C$, ale už ne $A \leftrightarrow C$ a ne $B \leftrightarrow D$
A	1	$A \leftrightarrow A$, často v kombinaci s L nebo T tvarem

Tabulka 2: Srovnání tvarů maticových diagramů, zdroj: [15], vlastní zpracování

Rozlišujeme různé tvary maticových diagramů, nejběžnější je tvar „L“ – tabulka s porovnáváním 2 skupin (řádky x sloupce). Další tvary jsou již kreativnější, jejich srovnání je zobrazeno v tabulce 2.

4.2.5 Analýza údajů v matici

Komplexní analytické metody pro maticové diagramy složitějšího a rozsáhlejšího charakteru jsou užívány zejména za účelem porovnávání a výběru nejlepší varianty [15]. Analýza může být provedena například [3]:

- Redukcí prvků jako lineární kombinace prvků do hlavních komponent matice.
- Stanovením vzdáleností jednotlivých prvků manhattanskou metrikou a porovnání s optimální vzdáleností.
- Grafickým zobrazením pomocí transformace údajů do mapy nebo do plošného diagramu (např. Sun Ray Plot) apod.

Zcela všeobecně se pak analýza sestává z kroků [4]:

1. definování cíle;
2. volba kritérií, na jejichž základě bude vybírána nejlepší varianta;
3. vymezení posuzovaných variant;
4. shromáždění údajů o konkrétních hodnotách kritérií jednotlivých posuzovaných variant;
5. definování optimální varianty;
6. výběr vhodné metody analýzy údajů v matici;
7. vyhodnocení nejlepší varianty.

4.2.6 Diagram PDPC

PDPC (Process Decision Program Chart) je nástroj vhodný pro identifikaci problémů v procesu. Využití nachází zejména při plánování a implementování nových řešení a při plánování kritických míst ve smyslu poruchy nebo selhání procesu [15].

Vychází svou strukturou ze stromového diagramu, který by měl být spíše většího a podrobnějšího rozsahu alespoň tří úrovní. Na tento již sestavený stromový diagram nástroj PDPC navazuje. Na každém základním prvku (tedy tam, kde každá „větev“ diagramu končí) se brainstormingem hledá vše, co by se mohlo pokazit, a k těmto problémům se dále hledají nápravná opatření. Tato plánovaná nápravná opatření se zapisují k příslušným základním prvkům (pro odlišení se zobrazují většinou jako „obláček“ se šipkou). Při hledání příslušných nápravných opatření obecně využíváme kombinaci těchto tří směrů [3]:

1. Nalezení alternativního řešení, tj. vyhnutí se problému.
2. Redukování pravděpodobnosti výskytu problému (např. zařazením vhodných přidružených činností).
3. Vytvoření krizového plánu, pokud by identifikovaný problém nastal.

4.2.7 Síťový graf

Síťový graf je velmi užitečný plánovací nástroj zobrazující časový harmonogram procesu. Síťový graf je takový graf, který je spojitý, orientovaný, acyklický a má pouze jeden počáteční a jeden koncový uzel [18].

Nejčastěji se používá jako hranově orientovaný síťový graf, tedy že jednotlivé procesy jsou znázorněny šipkami a údaje o těchto procesech jsou zobrazeny ve vrcholech (uzlech) grafu [3]. Pro analýzu hranově orientovaného síťového grafu nejčastěji využíváme metodu **kritické cesty (CPM)**, ta umožňuje zjistit [18]:

- Celkovou dobu trvání projektu
- Nejdříve možné a nejpozději přípustné termíny realizace jednotlivých uzlů
- Časové rezervy pro jednotlivé uzly a činnosti
- Kritickou cestu, tedy tu cestu grafem, která žádnou rezervou nedisponuje.

Síťový graf je častým nástrojem použitý při **Analýze procesních toků** [12] Ze síťového grafu je často vytvářen tzv. **Ganttův diagram**. Ten zobrazuje plán projektu přehledně na časové ose

(horizontálně) a pomocí sloupců (na vertikální ose) zobrazuje příslušné činnosti v projektu, jedná se o běžný manažerský nástroj projektového řízení [11], [18].

4.3 Další nástroje a metody zabezpečování jakosti

Sedm základních a sedm „novým“ nástrojů zabezpečování jakosti zdaleka není kompletním výčtem. Naopak dále rozlišujeme velké množství dalších nástrojů a méně rozsáhlých metod mnoha různých zaměření.

4.3.1 Akční plán

Z anglického „Action plan“ také překládaný jako *plán akcí*, je jednoduché a souhrnné vyjmenování úkolů, termínů a zodpovědných osob dohlížejících na splnění daného úkolu. Je používán zejména při implementaci změn či opatření vztahující se k určitému problému nebo zlepšení [15].

4.3.2 Brainstorming

Pojem definovaný jako metoda vytváření nápadů, která je jich schopna generovat velké množství za relativně krátkou dobu. Principem staví na povaze lidského myšlení, které velmi dobře dokáže fungovat v logických návaznostech a asociacích, v tomto případě vyřčené myšlenky a nápady tak podněcují další nápady. Tedy už z podstaty se jedná o týmovou metodu pro generování nápadů, běžně využívanou široce nad rámec zajišťování kvality [15].

Kroky a pravidla brainstormingu [12], [14]:

- Před začátkem brainstormingu jasně definovat uvažovaný problém, nejlépe uvedený otázkami „Proč“, „Jak“, „Co“ atp.
- Každý nápad ihned zaznamenávat a záznam zobrazovat viditelně všem účastníkům.
- Během brainstormingu není dovoleno kritizovat, vyhodnocovat nebo diskutovat jednotlivé nápady, naopak každý musí dostat příležitost své nápady vyslovit.
- Všechny nápady jsou hodny zaznamenání a zaznamenávat je tak, jak jsou vyřčeny.
- Kombinování, rozšiřování a navazování na nápady druhých je žádoucí.

Alternativou je **brainwriting**, kdy účastníci své nápady popisují písemně, většinou samostatně bez účasti druhých. Jeho výhodou je, že může probíhat i s určitou mírou anonymity a zároveň si může účastník prohlédnout už dříve uvedené nápady [14]. Uplatnění běžně nachází jako dotazník v drobných zlepšeních na pracovišti (Kaizen).

4.3.3 Metoda kritické události

Jedná se o jednoduchou dotazníkovou metodu, kdy jsou jednotlivé zainteresované strany anonymně dotázány [14]:

- Která událost z jejich pohledu způsobila nejvíce komplikací.
- Která událost byla nejhůře řešitelná.
- Která událost má z jejich pohledu největší dopad na zkoumaný problém atp.

Po shromáždění, roztřídění a analyzování odpovědí podle četnosti uvedených událostí lze vybrat nejkritičtější událost či události. Využití nachází zejména ve zlepšení týmové spolupráce a vztahů na pracovišti, což je však zároveň i nevýhodou této metody, protože může odhalit i potenciálně komplikované situace uvnitř pracovní skupiny [15].

4.3.4 5W2H, Matice „Je – Není“

Matice „Je – Není“. je nástroj, který napomáhá kritickému myšlení díky porovnání logických rozdílů mezi fakty. Snaží se tím usnadnit vyřízení podstatných informací na ty, které mohou vést k příčině problému a na ty, které se s jistotou daného problému netýkají. Matice je souhrn otázek ve stylu „Je“, respektive „Není“ [14], [17]:

1. Co se vyskytuje, v čem je problém? Co se naopak nevyskytuje a v čem problém není, ale při tom by mohl být?
2. Kde je problém? Kde se problém naopak nevyskytuje, ale při tom by mohl být?
3. Kdy se problém vyskytuje? Kdy se naopak nevyskytuje, ale při tom by mohl?
4. Jaký je rozsah problému? Jaký rozsah naopak není, ale logicky by mohl být?
5. Koho se problém týká? Koho se naopak netýká, ale při tom by se týkat mohlo?

Často používaný nástroj pod označením 5W2H je téměř identickou metodou, má konkrétní výčet sedmi otázek (what, why, where, when, who, how much/many, how) [15].

4.3.5 „5x proč?“ metoda

Běžně označovaná jako 5 Why (Five Why Analysis) je metoda zaměřená na odhalení kořenové příčiny, případně únikového bodu problému, a to pomocí zmapování příslušného „vlákna“ příčinných souvislostí. Je zobrazována ve formě konkrétních, stručných a navazujících odpovědí na opakované dotazování „Proč?“, první otázka začíná vždy na jasně formulovaný

problém. Protože výsledné vyřknutí kořenové příčiny přichází běžně kolem 3. až 6. opakování dotazu se „Proč?“, je název metody zvolen příhodně tomu [11].

Je vyhledávána zejména pro svou schopnost jasně, stručně a pochopitelně prezentovat problém a komunikovat jej tak zákazníkovi, vedení podniku, jiným oddělením apod. Z tohoto důvodu je velmi užívaným nástrojem v reportingu problémů při řešení reklamací [17].

4.3.6 Hlas zákazníka (VOC) a kritické hodnoty kvality (CTQ)

VOC (Voice of Customers) je souhrn očekávání zákazníka, jak vyslovených, tak i nepřímo implikovaných. Často jediná možnost je zaznamenat potřeby zákazníka „doslova“, tj. ve formě ne zcela konkrétních a technicky přesných vyjádření (tzv. hlas zákazníka). Tato vyjádření je tedy nutné vhodně přeložit na jasné zákaznické potřeby, tj. *„faktory, které v pohledu zákazníka nejvíce přispívají k vytvoření určité kvality“* [12, s. 173]. VOC zapsané do přehledové tabulky obsahuje: situaci; hlas zákazníka; požadavek (potřebu) zákazníka. Na příkladu kapesní svítilny by tak VOC mohl obsahovat [15]:

- Situaci, které zákazník musí čelit: Výměna kola automobilu v noci po defektu pneumatiky.
- Zaznamenaný výrok zákazníka: Svítilnu je těžké vhodně na práci nasměrovat, protože při položení na rovnou zem vůbec matky na kole neosvítí.
- Předklad výroku do požadavků zákazníka: Zákazník stále vidí na práci, i když používá obě ruce.

Zjištěné zákaznické požadavky a potřeby je nutné vyjádřit ve formě jednoho či více měřitelných ukazatelů (tzv. nositelů kvality) popisujících vlastnost, která zákaznické potřeby pokryje. Hodnoty těchto ukazatelů, při jejichž dosažení byla potřeba specifikovaná zákazníkem pokryta, se označují „Kritické hodnoty kvality“ **CTQ (Critical To Quality)** [12].

Na VOC navazuje **Kano model**, který analyzuje *„hodnoty, jaké zákazník přikládá vlastnostem předmětu, který mu předkládáme“* [12, s. 174]. Model srovnává míru splnění zákaznických potřeb s mírou spokojenosti zákazníka [13], [15]. Rozlišuje zejména: vyslovené (zákazníkem specifikované) požadavky; nevyslovené požadavky (zákazník jejich splnění bere jako naprostou samozřejmost); neuvědomělé či neočekávané požadavky (zákazník obdrží pro něj užitečnou nebo příjemnou službu navíc, která není běžná a kterou neočekává) [2], [11].

5 Pokročilé metody a systémy zabezpečování jakosti

Složitost jednotlivých systémů zabezpečování jakosti může být nemalá, tyto pokročilé metody staví na užití základních nástrojů a dílčích metod popsaných dříve.

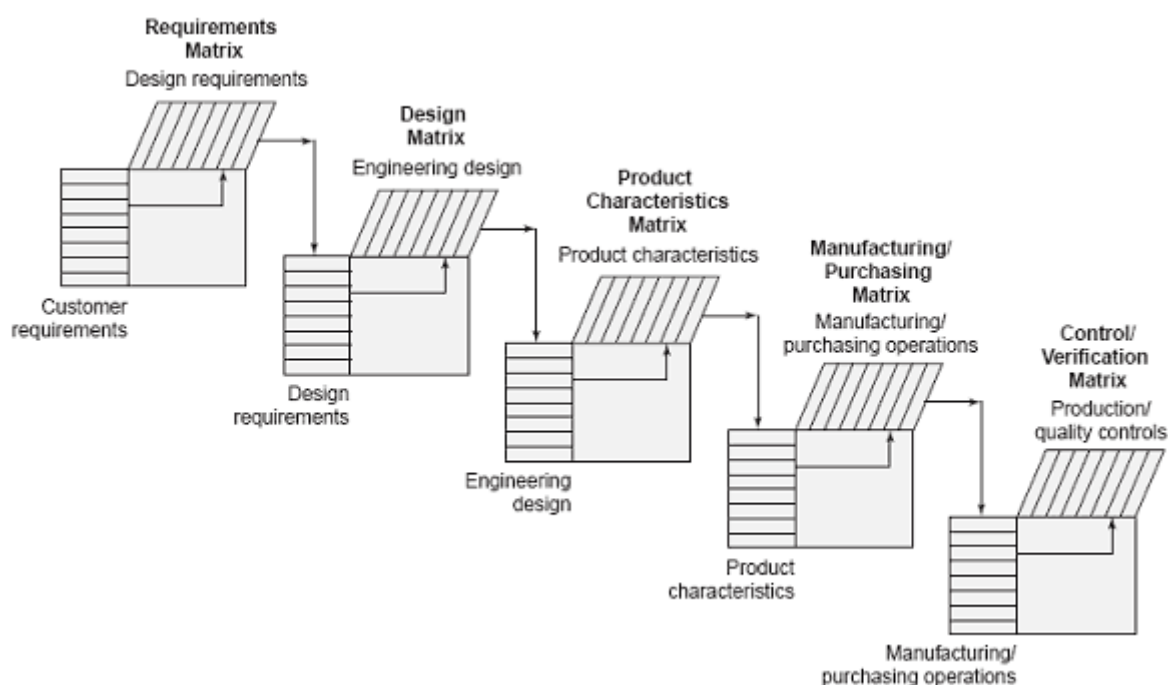
Vzhledem k předepsanému rozsahu práce obsahuje tato kapitola pouze velmi stručnou charakteristiku vybraných metod. Relativně větší prostor je věnován pouze metodě „Osm disciplín řešení problému“, a to z důvodu jejího využití v případové studii.

5.1 Plánování a prokazování jakosti

Vtisknout jakost do celé životnosti entity je základním klíčem k úspěchu ve formě spokojeného zákazníka. Proto zjištění potřeb zákazníka, následné plánování jakosti procesů a prokazování jejich jakosti zákazníkovi a zainteresovaným stranám zastává velmi důležitou roli.

5.1.1 Metoda QFD

Metoda staví zejména na maticových diagramech. QFD (Quality Function Deployment) má za cíl požadavky zákazníka na danou entitu transformovat do znaků jakosti dané entity a do procesu její realizace. QFD využívá řetězce navazujících souvislostí zobrazeného na obrázku 3.



Obrázek 3: QFD, vzájemná provázanost matic, zdroj: [15]

V této metodě je nejužívanějším diagramem **Dům kvality**. Ten kombinuje několik maticových diagramů tvaru „L“ a „A“, zejména [2], [4], [16]:

- Vztahy požadavků zákazníků (metoda VOC) a znaků jakosti (CTQ) – matice typu „L“.
 - Jedná se o řetězovou návaznost z obrázku 3 od „Customer requirements“ do „Product characteristics“ [15].
- Požadavky zákazníků v porovnání s konkurencí (zákaznické hodnocení, Kano model) – matice typu „L“.
- Znaky jakosti v porovnání s konkurencí (benchmarking) – matice typu „L“.
- Vzájemné vztahy mezi jednotlivými znaky jakosti – matice typu „A“.

5.1.2 Analýza systému měření (MSA)

Pozorovaná variabilita reálných systémů se skládá ze dvou složek: proměnlivost vlastního procesu a proměnlivost systému měření. Cílem MSA je *„určit stav systému měření a prověřit jeho potenciál pro aplikaci v kontrolních procesech. Konkrétní cíle jsou: poloha systému měření (tj. systematické vlivy) a variabilita v systému měření (náhodné a vymezitelné vlivy)“* [19, s. 8].

Často je skloňován v souvislosti s metodou MSA **princip 6M**. Ten charakterizuje zdroje variability výrobního procesu do kategorií: materiál, stroj, člověk, postup, prostředí, měření [19], [20].

Příčiny proměnlivosti měření lze rozdělit do oblastí [11], [13]:

1. Reprodukovatelnost je proměnlivost vnášená lidským faktorem a opakovatelnost je proměnlivost samotného měření po odečtení lidského vlivu (reprodukovatelnosti).
2. Strannost neboli vychýlení střední hodnoty naměřené veličiny od její skutečné hodnoty.
3. Stabilita a konzistence měřidel či měření v závislosti na čase.
4. Linearita – naměřené hodnoty jsou úměrné těm skutečným v celém rozsahu měření.

Použití MSA je přímo vyžadováno normou IATF 16 949:2016 v kap. 7.1.5.1.1 [9], [19].

5.1.3 Návrh experimentu (DOE)

DOE (Design of Experiments) reprezentuje jednu z odnoží statistiky. Zabývá se otázkou nastavení jednotlivých experimentů tak, aby byly co nejpřínosnější, tj. aby získaná data měla největší vypovídací schopnosti a byla věrohodná [16]. *„Plánování experimentů se využívá v oblasti výzkumu, návrhu a realizace produktu, návrhu výrobních procesů či zlepšování procesů. Aplikováno je ale i v nevýrobní sféře, ve službách, v marketingu apod“* [4, s. 103].

V experimentu nazveme závislé proměnné „charakteristiky jakosti“. Ty zkoumáme přes nezávislé návrhové parametry, které je ovlivňují, tj. „faktory“. Je využíván Taguchiho princip, který redukuje potřebný počet experimentů na nutné minimum v závislosti zejména na počtu faktorů [17]. Zároveň počet významných faktorů je také redukován, z modelu procesu jsou vyloučeny nevýznamné faktory, tím se celý model zjednoduší a nazýváme jej pak „robustním“ [11]. Postup DOE se sestává v pořadí z pěti etap:

1. *„přípravy experimentu*
2. *návrhu experimentu*
3. *provedení experimentu*
4. *analýzy výsledků*
5. *aplikace výsledků“* [11, s. 93].

5.1.4 Metody managementu rizik

Oblast řízení rizik je velmi obsáhlá a bohatá na mnoho jednotlivých nástrojů a metod, které slouží k prevenci vad a problémů. Jak například v oblasti lidského zdraví (zdravotnické prostředky), lidského chování, tak v oblasti spolehlivosti či poruchových stavů [13], [17]. Nejpoužívanějšími metodami řízení rizik při řešení problémů jsou FTA a FMEA, užívá se však mnoho dalších [2], [15]:

- **FTA** (Failure Tree Analysis) je deduktivní typ analýzy, který si klade za cíl vytvoření zřejmého přehledu možných příčin. Pro jeho zobrazení se využívá stromový diagram [14].
- **FMEA** (Failure Mode and Effect Analysis) je týmová metoda, která umožňuje systematicky analyzovat entitu a vyhledat její potenciální slabiny.
 - FMEA procesu – „*minimalizuje rizika vzniku možných vad v průběhu navrhovaného procesu*“ [4, s. 94].
 - FMEA návrhu produktu – „*minimalizuje rizika vzniku možných vad u navrhovaného produktu v průběhu jeho užívání*“ [4, s. 94].
 - Pro prvky či kroky procesu nebo funkce produktu hledá možná selhání a z nich vyplývající důsledky selhání a k nim příčiny selhání. Selhání a jejich důsledky a příčiny jsou následně ohodnoceny na škále 1-10 pro: míru (významnost) rizika; pravděpodobnost výskytu rizika; pravděpodobnost odhalení (odhalitelnost) rizika současnými kontrolními mechanismy. Součin těchto tří hodnot pak dává

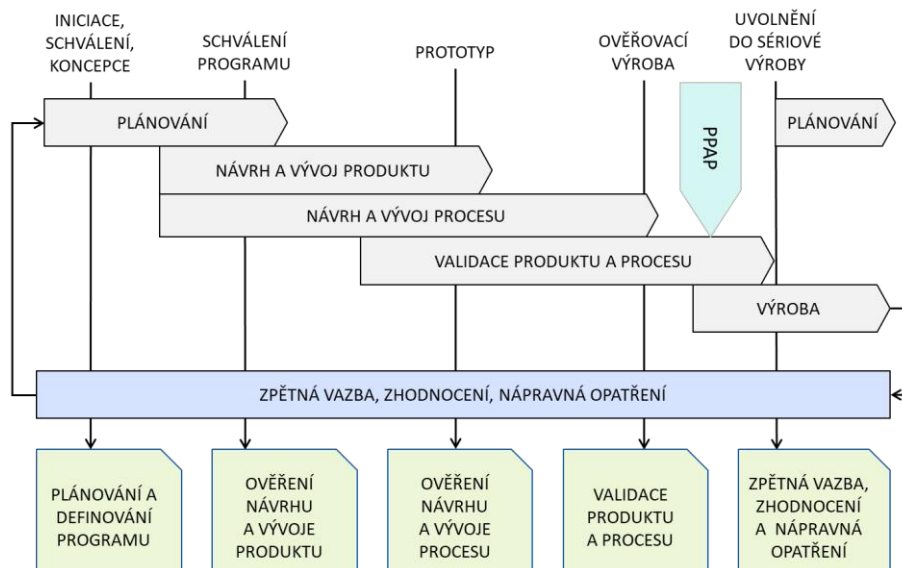
rizikové prioritní číslo (RPN). Prioritně jsou pak řešeny selhání s nejvyšším RPN.

Obecně je tento postup označován jako „**rozhodovací matice**“ [11].

- ETA (Event Tree Analysis) – Analýza stromu událostí.
- CCA (Cause Consequence Analysis) – analýza příčin a následků, jde o kombinaci metod FTA a ETA.
- WIA („What if“ Analysis) – analýza „Co se stane, když ...“.
- HRA (Human Reliability Analysis) – analýza bezporuchové činnosti (spolehlivosti) člověka.
- PHA (Preliminary Hazard Analysis) – předběžná analýza nebezpečí.
- HAZOP (Hazard Operability Studies) – studie nebezpečí a provozuschopnosti.
- RBD (Reliability Block Diagramme) – analýza blokového diagramu bezporuchovosti“ [21, s. 5/27, upraveno].

5.1.5 Pokročilé plánování kvality produktu (APQP)

Advanced Product Quality Planning je metoda, která strukturovaným způsobem definuje a zavádí kroky pro zabezpečení spokojenosti zákazníka s dodaným výrobkem. Norma IATF 16946:2016 [9] požaduje v bodě 8.3.5.2 dokumentaci výstupu z návrhu výrobního procesu, což je jeden z hlavních důvodů použití APQP, zejména v oblasti automotive [22], [23].



Obrázek 4: Model APQP s vyznačeným PPAP, zdroj: [22], vlastní zpracování

Aplikace APQP má tyto hlavní přínosy:

- „orientuje zdroje na uspokojování zákazníka;

- *podporuje včasné odhalení potřebných změn (koncepte včasné výstrahy);*
- *předchází pozdějším změnám;*
- *pomáhá vytvářet produkty dobré kvality včas a s nejnižšími náklady“ [4, s. 230].*

Part Production Approval Process (PPAP) je pak soubor dokumentů shrnující a dokládající zákazníkovi, že produkt bude konzistentně dodržovat stanovenou jakost při požadovaném objemu produkce. Jednotlivé dokumenty, které se zákazníkovi v rámci PPAP předkládají (nebo mohou být zákazníkem vyžadovány), jsou např: dokumentace návrhu a vývoje; dokumentace a schvalování konstrukce; FMEA návrhu i procesu; mapa procesu; kontrolní plán; MSA; výsledky měření; definované kontrolní pomůcky; záznamy materiálových zkoušek; vzorky z výroby; „master“ vzorek; záznam o shodě s požadavky zákazníka; průvodka předložením (Part Submission Warrant) [22].

5.1.6 Analýza způsobilosti procesu

Způsobilost „*lze charakterizovat jako schopnost procesu trvale poskytovat produkty splňující požadovaná kritéria kvality*“ [4, s. 105]. Způsobilost je tedy vztahem mezi dvěma hodnotami: „*požadavkem vyjádřeným specifikací znaku kvality; schopností prokázat, že požadavek byl naplněn*“ [20, s. 8]. Způsobilost má smysl ovšem zjišťovat pouze u stabilních procesů jako výhled stability do budoucnosti [11].

Koeficienty (indexy) způsobilosti jsou zavedeným a důležitým indikátorem. K jejich výpočtu jsou užity dolní a horní toleranční meze daného měřitelného znaku jakosti a naměřené hodnoty tohoto znaku (pozor, nejedná se o regulační meze z SPC, ale o zákazníkem danou či schválenou toleranci hodnot znaku jakosti). Zavádíme dva indexy [12], [13], [16]:

- Index způsobilosti C_p (Process Variation Index) je podílem šířky tolerančního pásma se šestinásobkem směrodatné odchylky rozptylu individuálních hodnot měření. Udává variabilitu výsledných hodnot kolem předpokládané hodnoty znaku jakosti, tj. velikost variability ve vztahu k toleranční oblasti (kvalita rozdělení).
- Kritický index způsobilosti C_{pk} (Process Capability Index) je minimum z podílu horní, resp. dolní toleranční meze a trojnásobku směrodatné odchylky rozptylu individuálních hodnot měření. Udává polohu odhadnuté střední hodnoty uvnitř toleranční oblasti, tj. variabilita ve vztahu k toleranční oblasti (poloha rozdělení). Z definice jasně plyne, že vždy platí vztah $C_p > C_{pk}$.

Čím vyšší jsou tyto indexy, tím více je proces způsobilý a zvládnutý. Analýza způsobilosti procesu je základním stavebním kamenem statistického pojetí Six Sigma, ozn. „6σ“ [16].

5.1.7 Teorie tvůrčího řešení problémů (TRIZ)

Metoda TRIZ byla vyvinuta před více než 50 lety pro nalézání a řešení rozporů, zejména technického a konstrukčního charakteru, tedy tzv. „tvůrčí problémy“. Umožňuje problém kriticky rozebrat na dílčí složky, odpoutat se od konvenčních řešení a objevit skutečně inovační řešení problému. V dnešní době nalézá velkou míru využití jako součást Design for Six Sigma, zejména v oblasti analýzy problému (I-TRIZ, ARIZ) [16].

Metoda poskytuje seznam 40 nejčastějších základních tvůrčích principů a proti nim v opozici 39 technických parametrů. Po nalezení, které technické parametry jsou vzájemně v rozporu, lze následně identifikovat ten princip, který je třeba měnit, a naopak identifikovat ten, který je nežádoucím efektem [14].

5.2 Operativní řízení jakosti

Operativní řízení jakosti se zabývá řízením a zlepšováním jakosti na základě vzniklých neshod s požadavky zákazníka. Při masové produkci jsou často rozlišovány základní oblasti, kde došlo k detekci problému, tedy odchylky od očekávání (například vysokého rozptylu v rámci regulačních mezí). Například automotive odvětví je pojmenovává „Failure at (...)“:

- Production – neshoda detekována kdekoli v oblasti výroby a dodavatelského řetězce.
- Okm – neshoda detekována na hotovém produktu při závěrečném osazení do vozidla nebo výstupní kontrole v automobilce.
- Field – neshoda zjištěna zákazníkem po koupi vozidla.

5.2.1 Analýza kořenových příčin (RCA)

Při operativním řízení jakosti se setkáváme často s potřebou analyzovat kořenovou příčinu vzniklého problému. Tato analýza má jasnou strukturu, z dříve uvedených nástrojů jsou pro jednotlivé kroky typické [4], [14], [17]:

1. Pochopení problému: vývojové diagramy a mapy procesu, metoda kritické události.
2. Popis příčiny problému: brainstorming a brainwriting, 5W2H,
3. Shromažďování údajů o příčině problému: vzorkování, průzkumy a dotazníky, seznam kontrolovaných částí.

4. Analýza údajů o příčině problému: histogram, Paretův diagram, bodový korelační diagram, průběhový a regulační diagram, statistické testování hypotéz.
5. Identifikování kořenových příčin: Ishikawův diagram, maticový diagram, 5 Why, FTA.
6. Eliminování kořenových příčin: TRIZ, rozhodovací matice.
7. Implementování řešení: akční plán, FMEA.

Uvedené nástroje zdaleka nepatří striktně k jednotlivým krokům RCA, ale jsou využívány v celém spektru managementu jakosti [3], [11], [12], [15].

5.2.2 Osm disciplín řešení problému (G-8D report)

Osm disciplín řešení problému, běžně nazývané „8D“, je týmovou metodou komplexního řešení problémů spadající pod analýzu kořenových příčin, kopíruje její strukturu. 8D je obdoba metody **Quality Journal** [17]. Cílem 8D je také nalezení a přijetí nápravných opatření, výstupem 8D je pak strukturovaný formulář (8D report), který celý proces řešení neshody dokumentuje. 8D report se těší vysoké oblibě v automobilovém průmyslu, nachází si však cestu i do jiných odvětví. Těchto 8 základních disciplín lze charakterizovat následovně [2], [17], [24], [25], [26]:

- D0 – Příprava na proces.
 - Vyhodnocení potřeby procesu jako odezvy na příznak či symptom, tedy měřitelný případ nebo účinek, který může značit existenci problému. Jsou vyhodnocována aplikační kritéria, zda a v jakém rozsahu bude 8D metodika použita.
 - Může být zaváděno ERA (Emergency Response Action) – okamžité nouzové opatření, má za úkol zejména prvotní izolování problému od zákazníků.
- D1 – Vytvoření týmu.
 - Je požadováno složení efektivního týmu ze 4 až 10 osob s různými technickými schopnostmi, tento tým se může v průběhu řešení problému měnit.
- D2 – Popis a definice problému.
 - Kritická část metody, kdy je nutné co nejpřesněji problém popsat v měřitelných termínech. Pokud je problém nesprávně popsán a tím pádem je jeho řešení špatně uchopeno, celá metoda selhává.
- D3 – Dočasné opatření k zamezení škod.

- Může být zavedeno ICA (Interim Containment Action), krom ochrany zákazníka před vlivem problému už také se snaží izolovat problém od dalších nákladů, aby byl získán čas pro samotné řešení problému, ERA je pozastaveno.
- Vždy je nutné ověření před samotnou aplikací opatření (např. zkušebními výpočty) i po aplikaci opatření (např. zkoušky, experimenty, regulační diagramy atp.), že tímto dočasným opatřením byl problém skutečně izolován, že působí, jak bylo zamýšleno a že se nevnáší nový problém na jiné místo v procesu. Jakmile je ověření úspěšné, ERA se zcela ruší.
- D4 – Definování a ověření kořenové příčiny problému a únikového bodu problému.
 - Únikový bod je nejbližší místo v procesu, nejtěsnější k základní příčině, kde by se měl problém zjistit. Naopak kontrolní bod je místo v systému, kde se výrobek či proces kontroluje z hlediska shody s určitými specifikovanými požadavky na jakost.
 - Pasivní ověření – analýza již získaných dat, ze kterých se hledá existence kořenové příčiny.
 - Aktivní ověření – jsou měněny významné faktory tak, aby problém zmizel a zpátky se znovu objevil, tím je většinou kořenová příčina potvrzena.
- D5 – Zvolení trvalého nápravného opatření.
 - Cílem tohoto kroku je vybrat optimální trvalé nápravné opatření PCA (Permanent Corrective Action), které povede k odstranění kořenové příčiny a povede k řešení a zachycení únikového bodu.
 - Při výběru PCA je vhodné ověřit a dokázat (např. výpočtem), že jednak budou opatření úspěšná (tedy „neminou se částečně účinkem“) a jednak nezpůsobí nežádoucí následky (tedy neodsunou či nevytvoří problém na nějakém jiném místě). V praxi se často setkáváme s neúčinným PCA zavedeným bez hlubší analýzy a ověření nebo naopak s opatřením daleko přesahujícím řešení původního problému. V obou případech se jedná o zbytečné plýtvání zdroji.
- D6 – Zavedení a ověření trvalého nápravného opatření.
 - Tento krok zahrnuje naplánování a implementaci vybraných PCA společně s pozastavením ICA. Následně je provedeno empirické ověření PCA, včetně sledování dlouhodobých výsledků, často při aplikaci MSA. Jakmile je ověření PCA úspěšné, může být ICA odstraněno úplně.

- D7 – Prevence opakovaného výskytu problému.
 - V tomto kroku jsou prováděny modifikace stávajících systémů s cílem zabránit opakovanému výskytu podobných problémů, případně doporučení pro zlepšení systému, který vůbec výskyt problému umožnil. Častokrát jsou tyto změny zaneseny do FMEA anebo dalších nástrojů managementu rizik.
 - Krok D7 je tak první možností, jak provést vhodná opatření nad rámec aktuálního problému.
- D8 – Ověření a vyhodnocení efektivity, ocenění jednotlivých členů týmu.
 - Členové týmu si doplňují zkušenosti, je zpracován závěr z řešení problému.
 - Výsledný report je komunikován zákazníkovi procesu a všem dalším zainteresovaným stranám, dokumentace se ukončuje a archivuje.

5.3 Systémy neustálého zlepšování

Podstatou kontinuálního zlepšování „je realizace přírůstkových malých změn, které představují postupné vylepšení, zdokonalení existujících výrobních procesů a pracovních postupů, zvyšování kvality a snižování počtu neshod, úspory materiálu a času vedoucí ke snižování nákladů, vyšší bezpečnosti práce a nižší úrazovosti na pracovišti“ [4, s. 309]. Dnes je zlepšování a inovace zásadním motorem většiny konceptů zabezpečování jakosti a modelů excelence.

5.3.1 Štíhlá výroba (Lean)

Historicky jedním z nejvýznamnějších průkopníků na poli jakosti je japonská firma Toyota. Původní koncept zaležený na několika principech jako „pull“ plánování (Kanban), dodávky „právě včas“ (JIT, Just In Time), neustálé zlepšování (Kaizen) a inovace (Kaikaku, Kakushin) se postupně vyvinul do hluboké filosofie celo-korporátního řízení označovaného **Toyota Production System (TPS)**, na obrázku 5 [5].

Na základech a zkušenostech z filosofie TPS vzniklo sdružení principů a metod, pro které se vžilo obecné pojmenování „štíhlá“ výroba, tzv. **Lean**. Tyto principy a metody se „zejména zaměřují na identifikaci a eliminaci činností, které nepřinášejí žádnou hodnotu při vytváření výrobků nebo služeb, jenž mají sloužit zákazníkům procesu“ [12, s. 32].

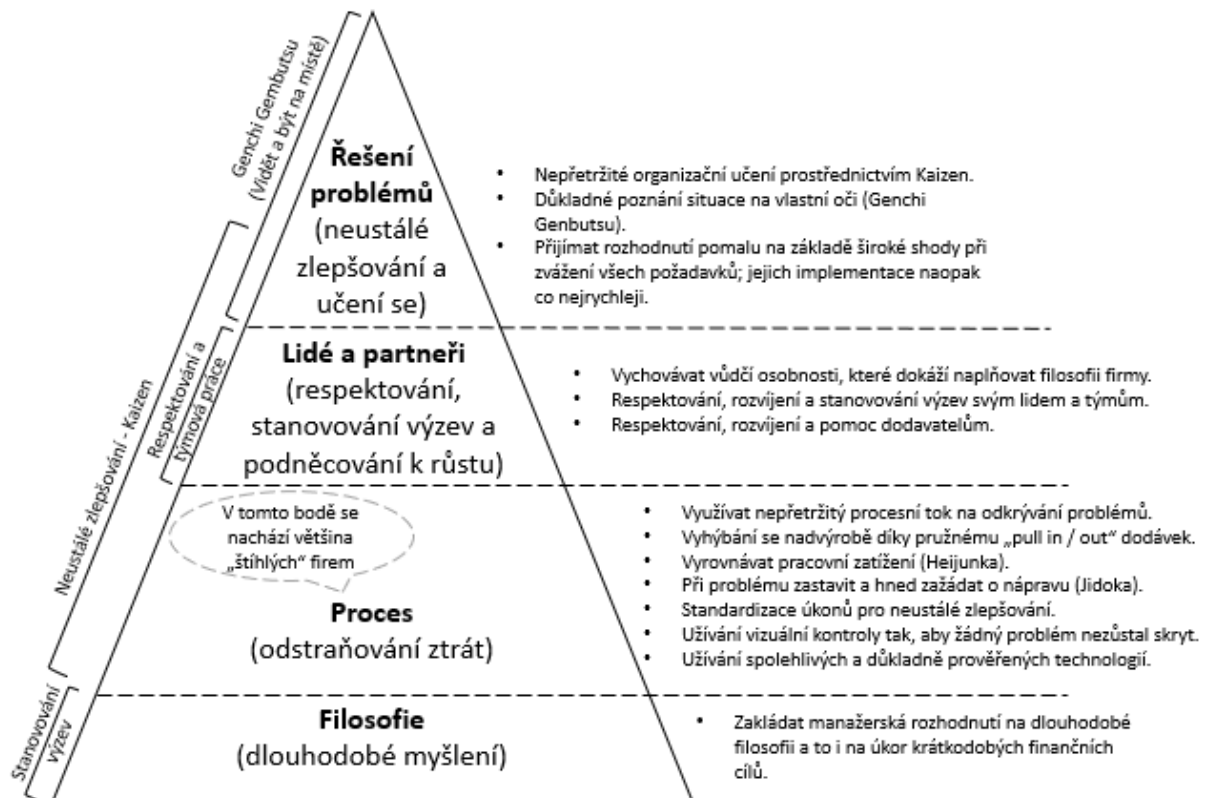
V případě řízení a organizace výrobních procesů jsou pro štíhlou výrobu z nejzásadnějších pilířů metody **JIT (Just In Time)** a tzv. **teorie omezení TOC (Theory of Constraints)**. JIT je strategie řízení opakované hromadné výroby. Jejím cílem je minimalizace zdrojů zadržovaných

v procesu při produkci jen takového množství, které dává maximální možnou efektivitu. Toho se snaží dosáhnout zejména dodávkou zdrojů přesně v daný čas. Koncept TOC nahlíží na zlepšování procesu na základě nalezených omezení (tzv. „úzkých míst“), a to z pohledu maximalizace průtoku procesu (tj. efektivní využití kapacity úzkého místa). Základním měřítkem je přidaná hodnota za jednotku času [4].

Lean inklinuje při využívání analytických metod spíše ke grafickým nástrojům, diagramům a RCA [12]. Vybrané principy, nástroje a metody štíhlé výroby zaměřené na zlepšování jsou [27]:

- S důrazem na kvalitu:
 - 5S neboli štíhlé pracoviště, je řízení zaměstnanců v oblasti obecné kázně na pracovišti. Jedná se o jeden z nejčastěji využitých Lean nástrojů [28]. Sestává se z hesel (vztaženo k pracovišti): seiri (sort, vytřídění nepotřebných věcí); seiton (set in order, pořádek a uspořádání); seiso (shine, uklizeno); seiketsu (standardize, funkční a přehledné dle standardů); shitsuke (sustain, udržování návyků) [15].
 - JIDOKA – kvalita je zabudovaná do samotného procesu a důraz na ní je zřejmý a přirozený všem zapojeným pracovníkům. Každý pracovník při jakékoliv abnormalitě by měl zastavit svou činnost, analyzovat, zda řešení chyby je v jeho kompetencích a případně věc předat nadřízenému [5].
 - Poka-yoke je prevence chyb zabudovaná přímo do samotného výrobku nebo procesu. Jedna z nejčastějších aplikací je ve výrobě na výrobních přípravcích a při montážích sestav, například tak, že díl (díly) nelze sestavit / zapojit / umístit / orientovat jinak než pouze správně [2].
- S důrazem na zvyšování průtoku a omezování plýtvání:
 - Omezování ztrát (3M) je: redukcí činností nepřidávajících hodnotu (8 druhů „Muda“: čekání, nadvýroba, přepracování, pohyb, přemísťování, zpracovávání, skladování, intelekt); omezování variability procesů a nerovnoměrností výkonu („Mura“); odstranění špatných pracovních podmínek a přetížení systému („Muri“) [4].
 - SMED (Single Minute Exchange of Die) je metoda zaměřená na minimalizaci prostojů při výměně a seřizování: jednak přesunem co nejvíce seřizovacího času externě mimo výrobní linku, jednak zkrácení prostojů jako takových [17].

- Heijunka (Leveling) – rovnoměrné pracovní zatížení všech částí procesu [5].
- Pull princip (Kanban)– pružné a plovoucí přesuny termínů dodání objednávek. „Zákazník procesu dává svým odběrem signál k zahájení dalšího výrobku nebo souboru výrobků, který zmenšenou zásobu v místě odběru doplní“ [12, s. 182].
- Value Stream Map (VSM) a analýza procesních toků (např. síťový graf).



Obrázek 5: Toyota Production System, zdroj: [5, s. 13], přeloženo.

5.3.2 Six Sigma

Základním konceptem Six Sigma je statistické pojetí, označované jako „6 σ “, které udává požadavek na počet neshod. Pokud totiž jsou toleranční meze daného znaku jakosti vzdáleny od jeho střední hodnoty o šestnásobek směrodatné odchylky daného normálového rozdělení, pak bude počet neshod přibližně 3,4 **DPMO** (Defects Per Million Opportunities), tj. vad na milion příležitostí. Často užívané označení je také 3,4 **ppm** (parts per million), tj. počet na 1 milion dílů. Tento statistický cíl úzce se postupně rozrostl v hlubokou filosofii Six Sigma moderního řízení kvality [13], [16].

Hlavním motorem Six Sigma je zvyšování profitability a zvyšování hodnoty dodávané zákazníkům díky snížení variability procesů. Aplikace metodiky Six Sigma probíhá v procesu

neustálého zlepšování označeného DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control). Jedná se o variantu PDCA, tentokrát ne jako iterativní cyklus, ale jako proces zaměřený na přímou aplikaci na identifikovaný problém [12], [13], [15].

Jednotlivé kroky DMAIC zahrnují dle [3], [11], [12], [15], [16], [29] sady nástrojů:

1. Define. Jasně porozumění a definice problému, možnosti a příležitosti ke zlepšení, definování cílů celého cyklu, stanovení požadavků zákazníka. Typické nástroje: QFD (dům jakosti, VOC, CTQ), mapa procesu (SIPOC+CM, VSM), Kano model, diagram afinity, FMEA a jiné analýzy rizik, Paretova analýza.
2. Measure. Měření dat vypovídajících o výkonosti a variabilitě procesu, samotné „6σ“. Typické nástroje: MSA, analýza způsobilosti procesu, průběhový a regulační diagram, sběr údajů, benchmarking, histogram, mapa procesu (vývojový diagram).
3. Analyse. Analyzování procesu ke zjištění kořenové příčiny jeho přílišné variability a snížené výkonosti. Typické nástroje: RCA (5 Why, Ishikawův diagram, 5W2H, brainstorming, diagram vzájemných vztahů), Paretova analýza, bodový korelační diagram, regresní analýza a další analýzy rozptylů, DOE, statistické metody a ověřování hypotéz.
4. Improve. Zlepšení výkonosti procesu díky odstranění kořenové příčiny. Typické nástroje: TRIZ, 6M, rozhodovací matice, mapa procesu, brainstorming, 5S, DOE, QFD, maticový diagram, Ganntův diagram, analýza způsobilosti procesu.
5. Control. Kontrolování a sledování výkonosti zlepšeného procesu. Typické nástroje: SPC (regulační diagram), CTQ, standardizace procesů (ISO ř. 9000), kontrolní tabulky, FMEA a jiné analýzy rizik.

Důležitým konceptem je také **Design for Six Sigma**, které se zaměřuje na implementaci Six Sigma prvků již při fázi hledání optimálního návrhu a vývoje produktu (zejména ve výrobě), zavádí myšlenku robustního návrhu jako inovaci [16].

Složením všech výše zmíněných principů neustálého zlepšování tak vzniká dnes velmi často využívaný systém managementu jakosti **Lean Six Sigma** [12]. Tento komplexní a velmi obsáhlý systém nachází uplatnění nejenom ve výrobním a zpracovatelském průmyslu, ale z velké části také ve službách (oblíbený je zejména v sektoru zdravotnictví). Jednomyslně pro průmysl i služby platí při aplikaci Lean Six Sigma využití cyklu DMAIC, jednotlivé typické nástroje se už dle konkrétní aplikace odlišují [29].

6 Případová studie

Následující případová studie ukazuje využití některých výše popsaných metod v praxi.

6.1 Popis výrobního procesu

Firma, která se zabývá kovovými výrobami, povrchovými úpravami a montáží, je dodavatelem ocelových plechových krytů pro průmyslové optické detektory ve verzi F100, F60 a F30.

Výroba všech verzí krytů probíhá podobně. Svařenec krytu se sestává z 2 částí typu „Příruba“, 2 částí typu „Žebro“ a 1 části typu „Tělo“.

- Plechové části „Tělo“ jsou nejprve vyřezávány a ohýbány, části „Příruba“ a „Žebro“ vysekávány.
- Následuje bodové svařování v ustavovacím přípravku. Svařenec je pak uložen v mezioperačním skladu, čímž končí proces kovové výroby.
- Dále jsou díly otryskány korundovým abrazivem pro odstranění otřepů, zdrsnění a sjednocení povrchu (mechanická příprava povrchu). Důležitým aspektem otryskání je také prvotní odstranění vrstvy mastnoty a nečistot z tváření a svařování.
 - Renovování abraziva probíhá jednou týdně.
 - Automatická tryskácká kabina je využívána pro všechny díly společně.
- Následuje chemická příprava povrchu, zde má každý díl svou linku: Alkalická čisticí lázeň, oplach v horké vodě a následné sušení.
 - Náplň čisticí lázně je měněna každých 120 minut, nová se načerpá z centrální nádrže.
- Výroba pokračuje automatickou lakovací linkou (lakovací robot), každý díl má své lakovací stanoviště. Lakovací roboti nanášejí průměrnou rychlostí 60 dm² / min.
- Dále je lak vytvrzen ve vytvrzovací peci, ta je již využívána pro všechny díly společně.
 - Pracovníci lakovny mají za úkol po vyjmutí dílů z vytvrzovací pece díly zběžně vizuálně prohlédnout, než je sundají ze stojanů. Hledají pouze výrazné defekty laku.
 - Po vytvrzení je díl znovu uložen v mezioperačním skladu, čímž končí část procesu povrchových úprav.
- Následně proběhne na montážní lince nanýtování zámků, pantů, úchytů a nalepení štítku.

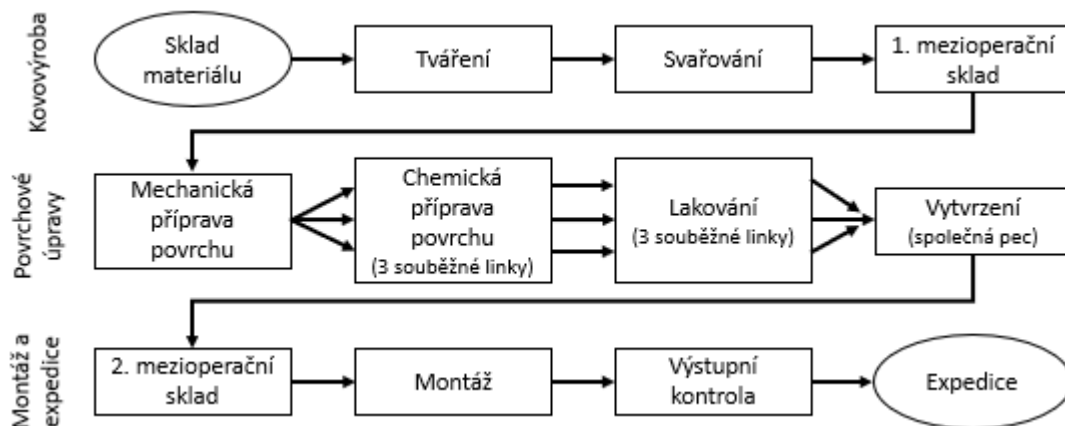
- Výroba končí reprezentativní namátkovou výstupní kontrolou a následným přesunem dílu na expediční stanoviště, kde probíhá zabalení a odeslání k zákazníkovi.

V procesu je trvale kritickým místem lakovna, která jako nejpomalejší místo udává výrobní kapacitu celé linky. Na lakování je jako potřebná inovace nasazena nová barva, která má rychlejší čas zavaznutí v lakovací kabině. Povedlo se tak technologické prostoje zkrátit ze 1,5 minuty na 1 minutu pro každý z dílů. Tím je možné zvýšit objem výroby až o 10 krytů za hodinu na každém lakovacím stanovišti. Paralelně tak 3 lakovací stanoviště produkují:

- Typ F100, lakovaná plocha dílu 105 dm².
 - Dříve 12 ks / hod, nyní 13,3 ks / hod (nárůst 11 %).
- Typ F60, lakovaná plocha dílu 45 dm².
 - Dříve 20 ks / hod, nyní 24 ks / hod (nárůst 20 %).
- Typ F30, lakovaná plocha dílu 15 dm².
 - Dříve 30 ks / hod, nyní 40 ks / hod (nárůst 33 %).

Za běžných podmínek je na výstupní kontrole v týdenním průměru přibližně 0,9 % výrobků s vadou, regulační mez je dlouhodobě stanovena na 1,5 %.

Pro zobrazení výrobního procesu na obrázku 6 použijeme lineární vývojový diagram.



Obrázek 6: Mapa výrobního procesu, vývojový diagram, zdroj: vlastní zpracování.

6.2 Řešení neshody

6.2.1 Prvotní zjištění

Díky nové barvě v lakovně bylo možné zkrátit prostoje. Tato barva byla důkladně prověřena a otestována, kromě rychlejšího zavaznutí v lakovací kabině je barva technologicky shodná s dříve používaným typem. Krom zkrácených prostoje se výrobní postup neliší.

První týden 1. – 5. června byla barva na linku nasazena ještě bez zkrácených prostoje, aby byla potvrzena její technologická shoda v ostrém provozu.

Dne 8. června byl dle plánu zvýšen objem lakovaných dílů zkrácením prostoje. Na montáž a následnou namátkovou výstupní kontrolu se díly ze zvýšeného objemu výroby dostaly druhý den 9. června.

Mezi 9. a 12. červnem (tj. za 3 výrobní dny) hlásí výstupní kontrola, že bylo zaznamenáno zvýšené množství neshodných produktů (přes 5 %), zejména jsou hlášeny drobné vady laku. Výsledky výstupní kontroly jsou zobrazeny v tabulce 4.

Pro šetření neshod firma běžně využívá 8D reportu, dále bude proto v případové studii řešení vzniklého problému rámcově zasazeno do 8 disciplín řešení problému.

6.2.2 D0 – Příprava na proces 8D

Po zajištění a prohlédnutí vyřazených vzorků z výstupní kontroly se zdá, jako by barva k povrchu špatně přilnula, na některých drobných místech lakování prakticky chybí. Bylo rozhodnuto, že tyto vady povrchu jsou mimo požadované parametry výrobku, musí být prošetřeny a zavedena nouzová opatření pro ochranu zákazníka před dodáním neshodných dílů.

Okamžitá nouzová opatření (ERA):

1. Zavedena 100% vizuální kontrola vad laku při příjmu na druhý mezioperační sklad
2. Po potvrzení se zákazníkem: Okamžitá zastavení expedice dílů, nyní vyráběné díly budou dočasně zadrženy na expedičním skladu (před zabalením pro transport).

6.2.3 D1 – Vytvoření týmu

Tým byl sestaven z:

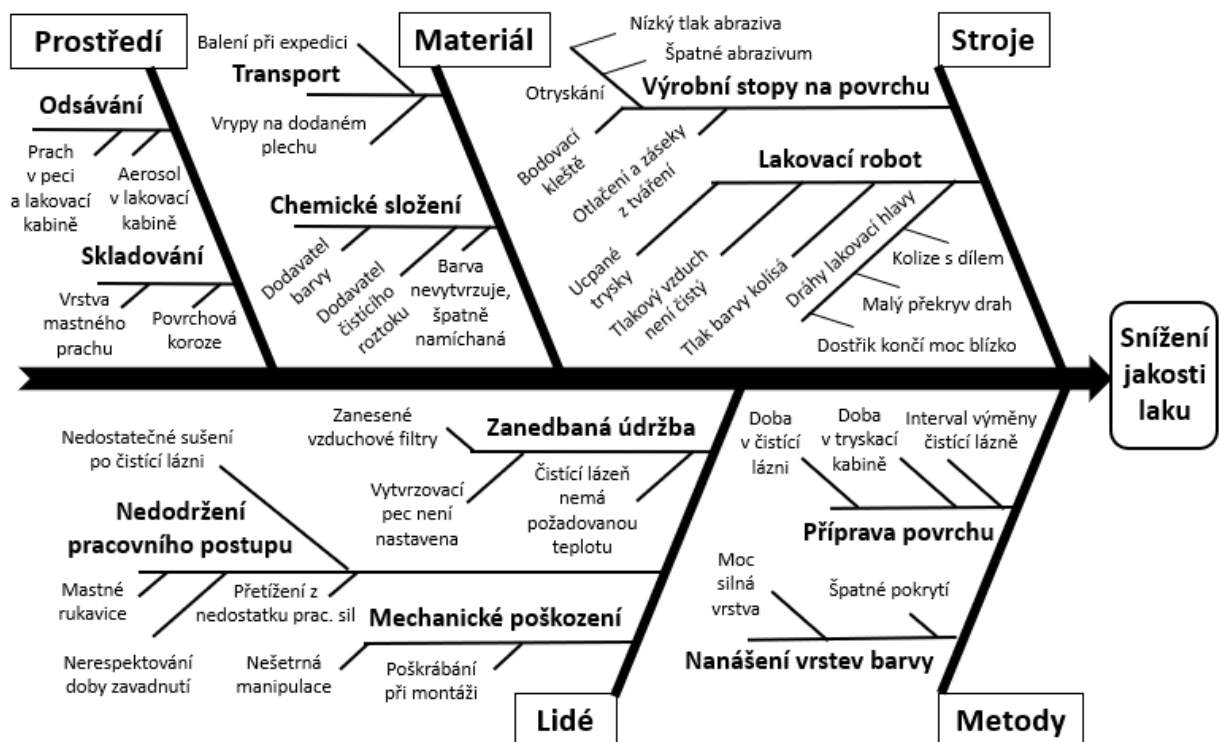
- Technolog lakování – člen týmu.

- Vedoucí údržby – člen týmu.
- Procesní inženýr výroby – vedoucí týmu.
- Vedoucí výroby – sponzor týmu.
- Inženýr kvality – moderátor týmu, zapisovatel.

Tým bylo dosaženo počtu 5 členů. V případě rozsáhlejšího problému je v plánu přizvat ty pracovní pozice, ke kterým bude problém relevantní (zejm. technology dalších operací a specialisty dalších oddělení jako např. oddělení logistiky nebo oddělení prodeje a péče o zákazníky).

6.2.4 D2 – Popis problému

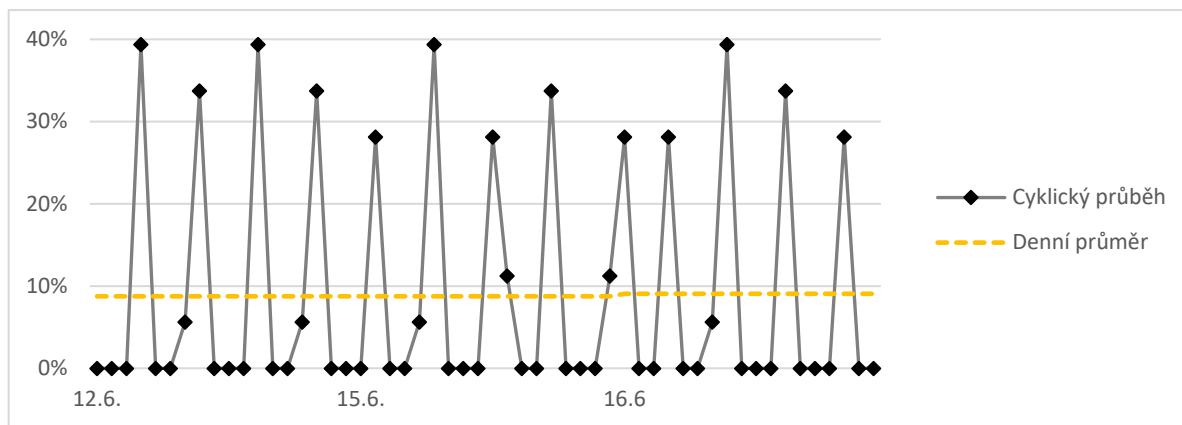
Oddělení kvality ze svých předchozích zkušeností s provozem lakovny disponuje Ishikawovým diagramem pro příčiny vad laku, na obrázku 7. Tento diagram byl původně sestaven na základě brainstormingu a pomocí diagramu afinity byly navržené kořenové příčiny seskupeny do jednotlivých kategorií. Následně byl diagram při nových problémech doplňován a aktualizován.



Obrázek 7: Ishikawův diagram pro vady laku, zdroj: vlastní zpracování.

Po dalších 3 výrobních dnech, kdy probíhala nouzová opatření, byly sepsány nové poznatky vyšetřování:

- 100% kontrola na příjmu do 2. mezioperačního skladu a kontrola všech již nalakovaných dílů v navazující výrobě odhalila:
 - Kryt F100, zkontrolováno: 436 kusů, z toho 2 měly vady laku různého charakteru.
 - Kryt F60, zkontrolováno: 810 kusů, z toho 2 měly vady laku „malá nenalakovaná místa“ a 3 měly vady laku jiného charakteru.
 - Kryt F30, zkontrolováno 1320 kusů, z toho 117 mělo vady laku „malá nenalakovaná místa“ a 4 měly vady laku jiného charakteru.
 - Z toho 960 kontrolováno vizuálně na příjmu do 2. mezioperačního skladu a 85 mělo vady typu „malá nenalakovaná místa“. Navíc byl pozorován periodický výskyt vad s časovým intervalem přibližně 2 hodiny, průběhový diagram je zobrazen na obrázku 8.
 - Tyto vady byly ve větším množství náhodně rozmístěny po celém povrchu dílu, jejich množství kolísalo mezi 5 až 15 nenalakovanými místy.
 - Hotové díly, které již prošly výstupní kontrolou a byly zabaleny a připraveny na expedičním skladu, jsou zatím pouze dočasně zadrženy a nekontrolovány. Jejich kontrola je časově náročná z důvodu vybalení z krabic a manipulace s dílem již připraveným k odeslání v obalovém materiálu.
- Laboratorní kontrola barvy i čisticího roztoku nepotvrdila žádnou změnu v požadovaných parametrech, zároveň dodavatel žádnou změnu nehlásil.
- Prvotní interní kontrola nepotvrdila žádnou zjevnou systematickou chybu ve špatném nastavení strojů nebo základním nedodržení parametrů od operátorů.
- 100% vizuální kontrola při příjmu do druhého mezioperačního skladu dokázala vady dostatečně dobře zachytit, protože namátková výstupní kontrola se zpátky ustálila na průměrnou hodnotu kolem 0,9 % neshodných dílů.
- Na základě zjištěných skutečností byl do týmu přizván:
 - Specialista z oddělení logistiky, zodpovědný za dané díly.
 - Specialista z oddělení prodeje a péče o zákazníky, zodpovědný za dané díly.



Obrázek 8: Průběhový diagram poměru neshodných dílů krytu F30 během 100% kontroly, zdroj: vlastní zpracování.

Pro lepší pochopení problému byla dále vytvořena matice „Je – Není“, v tabulce 3.

Otázka		"Je"	Logicky by být mohl, ale "není"
"Co"	Který předmět vykazuje vadu?	F30	F60 nebo F100
	Jak se projevuje závada?	Nenalakovaná místa	Puchýřky, odlupování nebo špatné pokrytí v tenké vrstvě
"Kde"	Kde je vada na předmětu nalézána?	Náhodně na povrchu	Lokalizovaná na určitém místě
	V jaké části procesu byla vada spatřena?	Při výstupní kontrole	Po vyjmutí z vytvrzovací pece nebo na expedici
	Na jakém místě byla vada nalezena?	Ve výrobě	U zákazníka
"Kdy"	Kdy byla poprvé objevena?	Tento týden	Už dříve
	Kdy byla ještě objevena?	V pravidelných intervalech	Kontinuálně nebo sporadicky
"Kolik"	Jak předměty vykazují vadu?	Vždy skupinově	Plošně celá dávka
	Jaký je rozsah na zasaženém vzorku?	Přibližně 9 %	Větší rozsah než 9 %
	Kolik vad na předmět je pozorováno?	Více, přibližně 5 až 15 míst	Pouze několik málo
	Jaký je trend vývoje vady?	Stabilní	Rostoucí nebo klesající
"Kdo"	Koho se problém týká?	Vlastního provozu	Dodavatele

Tabulka 3: Matice „Je – Není“, zdroj: vlastní zpracování.

Závěrem kroku D2 je tedy:

- *Definice problému:* Nenalakovaná místa na krytu F30.
- *Popis problému:* Díl F30 vykazuje cyklicky a skupinově opakující se vady v podobě nenalakovaných míst, které se vyskytují náhodně rozmístěná po povrchu.

6.2.5 D3 – Dočasná opatření k zamezení škod

Na základě popisu problému bylo rozhodnuto o přijmutí následujících dočasných opatření, jsou zpracovány do Akčního plánu:

1. 100% vizuální kontrola pouze dílů F30 při příjmu do druhého mezioperačního skladu. Tato kontrola přímo vychází z nouzového opatření, které ihned nahrazuje.
 - Kdo: Inženýr kvality; termín: dnes; termín vyhodnocení účinnosti: za 3 dny.
2. Alokování zasažených dílů F30 od zákazníka, které byly vyexpedovány před zavedením nouzového opatření, zjištění možnosti jejich stažení zpět k přetřizení.
 - Kdo: Inženýr kvality; termín: do dalšího pracovního dne.
3. Plné obnovení expedice dílů F100 a F60, obnovení expedice dílu F30 z dílů vyrobených po zavedení nouzového opatření.
 - Kdo: Specialista logistiky; termín: dnes.
4. Provedení kontroly na vady laku u všech hotových krytů F30, nyní zadržovaných na expedici.
 - Kdo: Inženýr kvality; termín: do 3 pracovních dnů.
5. Evidence údržby tryskacího boxu, čisticí lázně pro F30, lakovacího stanoviště pro F30 a vytvrzovací pece
 - Kdo: Vedoucí údržby; termín: do 5 pracovních dní.
6. Evidence procesu lakování, vyhodnocení bodu úniku, zejména proč vady prošly kontrolou od pracovníků lakovny.
 - Kdo: Technolog lakování; termín: do 10 pracovních dní.
7. Vyhodnocení finančního dopadu likvidace škod na zajištěných dílech (přelakováním / ruční opravou laku / sešrotováním) a na neodhalených dílech (u zákazníka / reklamace až při provozu).
 - Kdo: Specialista prodeje a péče o zákazníky; termín: do 10 pracovních dní.

Pro bod 1. z Akčního plánu byly po dalších 3 dnech získány výsledky z namátkové výstupní kontroly, uvedené v tabulce 4.

Vyhodnocení údajů z tabulky 4 (a navíc přidanych údajů ze dvou posledních týdnů předcházejícího měsíce) bylo provedeno pomocí jednostranného regulačního diagramu na obrázku 9, který vykresluje týdenní průměrnou hodnotu z denního procenta neshodných dílů. Horní regulační mez je pro týdenní průměr stanovena na 1,5 % a centrální přímka představuje

dlouhodobý průměr procenta neshodných dílů (0,9 %). Navíc je pro přehlednost vykresleno také denní procento neshodných.

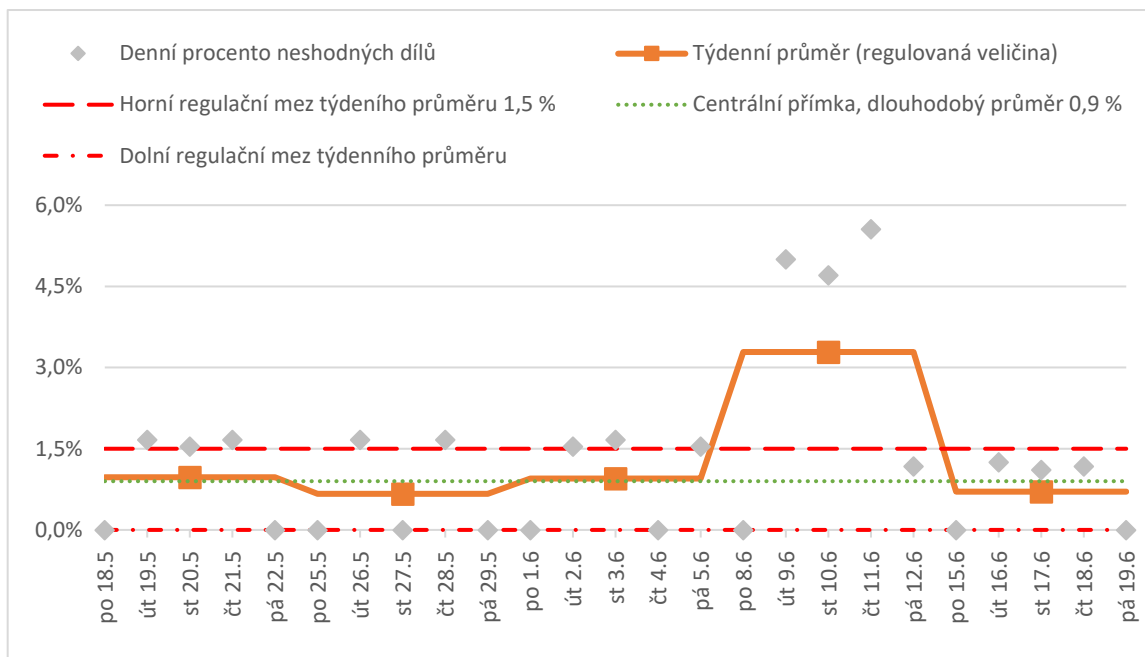
Z tabulky 4 je dále patrné, že paralelně se zkoumaným problémem bylo zahájeno šetření na opakované nálezy uvolněných či chybějících nýtů na základě jak opakovaného výskytu, tak díky analýze pomocí Paretova diagramu na obrázku 10, kde je jasně vyznačená životně důležitá menšina v podobě „defektů laku“ a „nýtů“.

Závěrem kroku D3 je: *Zavedení dočasných opatření*. Nejdůležitějším opatřením je 100% vizuální kontrola pouze dílů F30 při příjmu do druhého mezioperačního skladu. Po 3 dnech bylo opatření vyhodnoceno jako účinné, nedochází tak k úniku neshodných dílů k zákazníkovi.

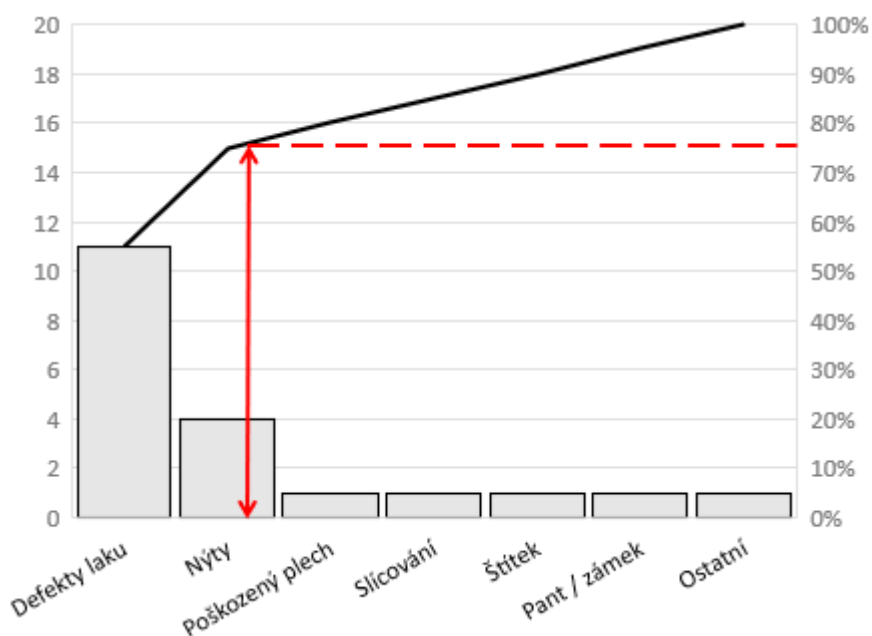
Datum	Popis vady									Neshodných dílů celkem	Počet zkoumaných vzorků	Denní procento neshodných dílů
	Rozměry mimo toleranci	Štítek – poškozený / špatně nalepený	Špatné sílcování svařence	Uvolněné / chybějící nýty	Vadný pant / zámek nejde zacvaknout	Plech je promáčknutý, ohnutý	Mechanické poškození laku (poškrábáno)	Defekty laku (jiné, než mechanické)	Ostatní			
1.6										0	60	0,0 %
2.6		1								1	65	1,5 %
3.6				1						1	60	1,7 %
4.6										0	60	0,0 %
5.6								1		1	65	1,5 %
8.6										0	65	0,0 %
9.6					1		3			4	80	5,0 %
10.6							4			4	85	4,7 %
11.6				1			4			5	90	5,6 %
12.6			1				(x)			1	85	1,2 %
15.6										0	80	0,0 %
16.6						1				1	80	1,3 %
17.6				1						1	90	1,1 %
18.6				1						1	85	1,2 %
19.6				(x)						0	85	0,0 %

(x) zahájení řešení problému pro nadměrný či opakovaný výskyt

Tabulka 4: Výsledek reprezentativního námtkového vzorkování, zdroj: vlastní zpracování.



Obrázek 9: Regulační diagram reprezentativního namátkového vzorkování, zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 10: Paretův diagram namátkové výstupní kontroly, zdroj: vlastní zpracování

6.2.6 D4 – Nalezení kořenové příčiny

Na základě předchozích poznatků tým na další schůzce formuloval z Ishikawova diagramu na obrázku 7 celkem šest hypotéz pro možnou příčinu (seřazeno podle pořadí v procesu výroby).

1. Nedostatečné otryskání. Z důvodu zvýšeného průchodu dílů není otryskáním odstraněna mastnota z povrchu v dostatečné míře.

2. Mastné rukavice. Operátoři zavěšují čerstvě otryskané díly do lakovacích stojanů v rukavicích špinavých od olejovitých látek, které čisticí lázeň neodstraní. Tento problém se již v minulosti vyskytl.
3. Doba v čisticí lázni. Z důvodu zvýšeného průchodu dílů je doba, kterou díl F30 stráví v čisticí nádrži, nedostatečná na úplné odmaštění.
4. Interval výměny lázně. Z důvodu zvýšeného průchodu dílů je čisticí roztok již před výměnou nasycen, proto klesá jeho účinnost odmaštění.
5. Sušení nechává kapky. Z důvodu zvýšeného průchodu dílů není sušení po oplachu z čisticí lázně před lakováním dostatečně účinné a na povrchu zůstávají vodní kapky. Tento problém se již v minulosti vyskytl.
6. Olej v pneumatickém systému. Olej (příp. kondenzát) se dostává do rozvodů stlačeného vzduchu a je rozstříkovan společně s barvou.

Tyto hypotézy byly následně podrobeny zkoumání, jejich vyhodnocení poukázalo na nejsilnější vztah k hypotéze 3, nedostatečný interval výměny lázně. Argumenty byly přeneseny do přehledové tabulky 5 vycházející z matice „Je-Není“.

Na základě dalšího vyšetřování byly hypotézy „Mastné rukavice“, „Sušení nechává kapky“ a „Olej v pneumatickém systému“ vyřazeny jako neplatné. Hypotéza „Doba v čisticí lázni“ byla také shledána neplatnou, protože neodpovídá cyklickému charakteru výskytu neshod.

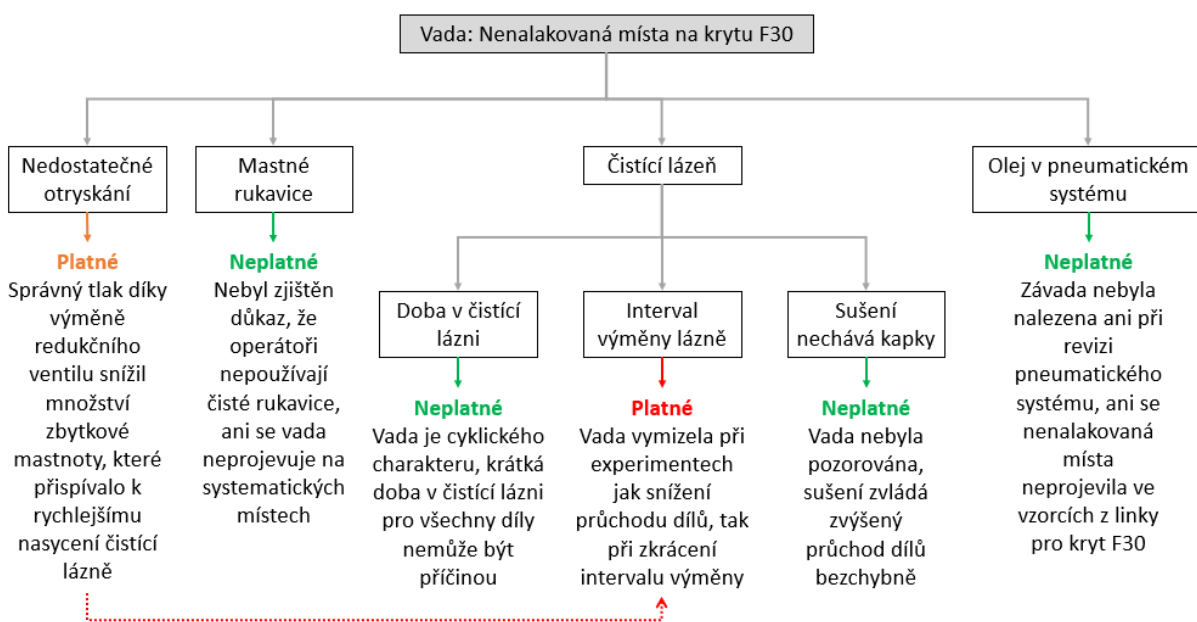
Naopak hypotéza „Interval výměny lázně“ se jeví jako platná, zejména silnou korelací intervalu výměny lázně s cyklickým průběhem nalezených neshodných kusů. Byly navrženy experimenty k jejímu potvrzení (uvedeny později v této kapitole).

Hypotéza „Nedostatečné otryskání“ byla shledána jako možná příčina, protože pokud není díl dostatečně odmaštěn tryskáním, může zbytková mastnota přispívat k rychlejšímu zanášení čisticí lázně.

Postup hledání kořenové příčiny byl zaznamenán do Analýzy stromu poruchových stavů (FTA) na obrázku 11.

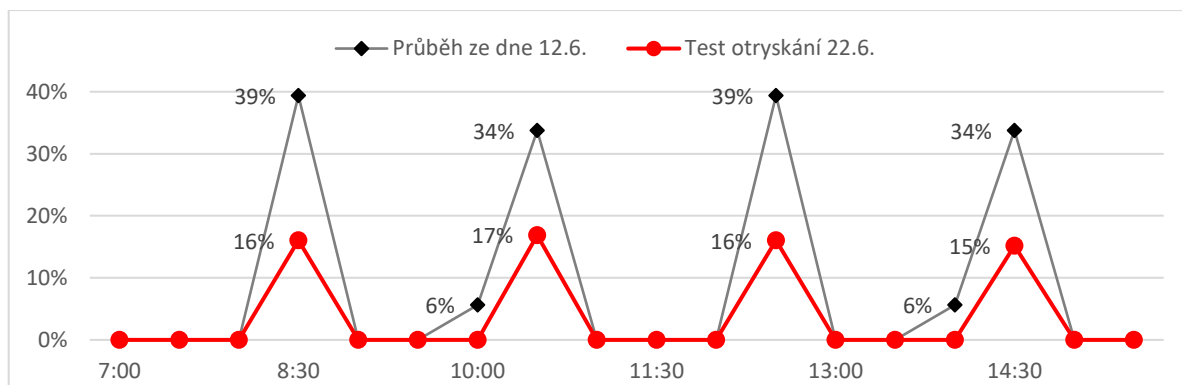
Zjištěný znak		Možná příčina					
		Nedostatečné otryskání	Mastné rukavice	Doba v čisticí lázni	Interval výměny lázně	Sušení nechává kapky	Olej v pneumatickém systému
"Co"	Kryt F30	Proč pouze F30, objem byl zvýšen u všech dílů	Proč pouze F30, operátoři obsluhují linky společně	Proč pouze F30, objem byl zvýšen u všech dílů	Proč pouze F30, objem byl zvýšen u všech dílů	Proč pouze F30, objem byl zvýšen u všech dílů	Proč pouze F30, rozvod je společný
	Nenalakovaná místa			Proč nejsou zasaženy větší oblasti			
"Kde"	Náhodně na povrchu		Proč není výskyt systematický, operátoři se dílů dotýkají na podobných místech			Proč není výskyt systematický, kapky jsou při sušení stáhnuty do stejného místa	
	Při výstupní kontrole	Proč si vad nevyšimli pracovníci lakovny	Proč si vad nevyšimli pracovníci lakovny	Proč si vad nevyšimli pracovníci lakovny	Proč si vad nevyšimli pracovníci lakovny	Proč si vad nevyšimli pracovníci lakovny	Proč si vad nevyšimli pracovníci lakovny
"Kdy"	Tento týden		Proč se problém projevil až teď			Proč se problém projevil až teď	
	V pravidelných intervalech	Proč se vada vyskytuje cyklicky	Proč se vada vyskytuje cyklicky	Proč se vada vyskytuje cyklicky	Interval výměny je 120 minut	Proč se vada vyskytuje cyklicky	Proč se vada vyskytuje cyklicky
"Kolik"	Vždy skupinově	Proč se vada vyskytuje skupinově	Proč se vada vyskytuje skupinově	Proč se vada vyskytuje skupinově		Proč se vada vyskytuje skupinově	Proč se vada vyskytuje skupinově
	Stabilní		Proč je trend stabilní				

Tabulka 5: Přehled hypotéz kořenových příčin, zdroj: vlastní zpracování.



Obrázek 11: Analýza stromu poruchových stavů, zdroj: vlastní zpracování.

Při revizi údržby automatické tryskací kabiny (bod č. 5 z Akčního plánu) bylo zjištěno, že některé redukční ventily trysek nejsou plně funkční. Z předchozích nepravidelných revizí vyplynulo, že nikdo neprováděl jejich systematickou kontrolu. Po výměně redukčních ventilů zjištěný počet neshod rázem poklesl na méně než polovinu. Celkový počet neshodných výrobků se tak ustálil na zhruba 4 % z objemu výroby krytu F30, průběh je zobrazen na obrázku 12.



Obrázek 12: Porovnání průběhových diagramů po výměně redukčních ventilů, kryt F30, zdroj: vlastní zpracování.

Po výměně redukčních ventilů byl dále stanoven experiment ve formě prodloužení času dílu F30 v automatické tryskací kabině. Prodloužení času v tryskací kabině o 15 %, resp. 30 % vedlo jen k velmi nepatrnému, resp. žádnému snížení procenta neshodných dílů. Z toho důvodu bylo pravděpodobně výměnou ventilů nedostatečné otryskání vyřešeno. Problém tak nevznikl z důvodu krátkého pobytu dílu v tryskací kabině, nýbrž z důvodu nízkého tlaku abraziva.

Po výměně redukčních ventilů dále došlo na plánované experimenty k hypotéze „Interval výměny lázně“, které její platnost plně potvrdily:

- Postupné snižování průchodu dílů F30 skrz čisticí lázeň, k vymizení cyklického opakování vad došlo již při 37 až 38 ks / hod.
- Postupné zkracování intervalu výměny čisticí lázně, kdy problém vymizel kolem doby 110 minut mezi výměnami.

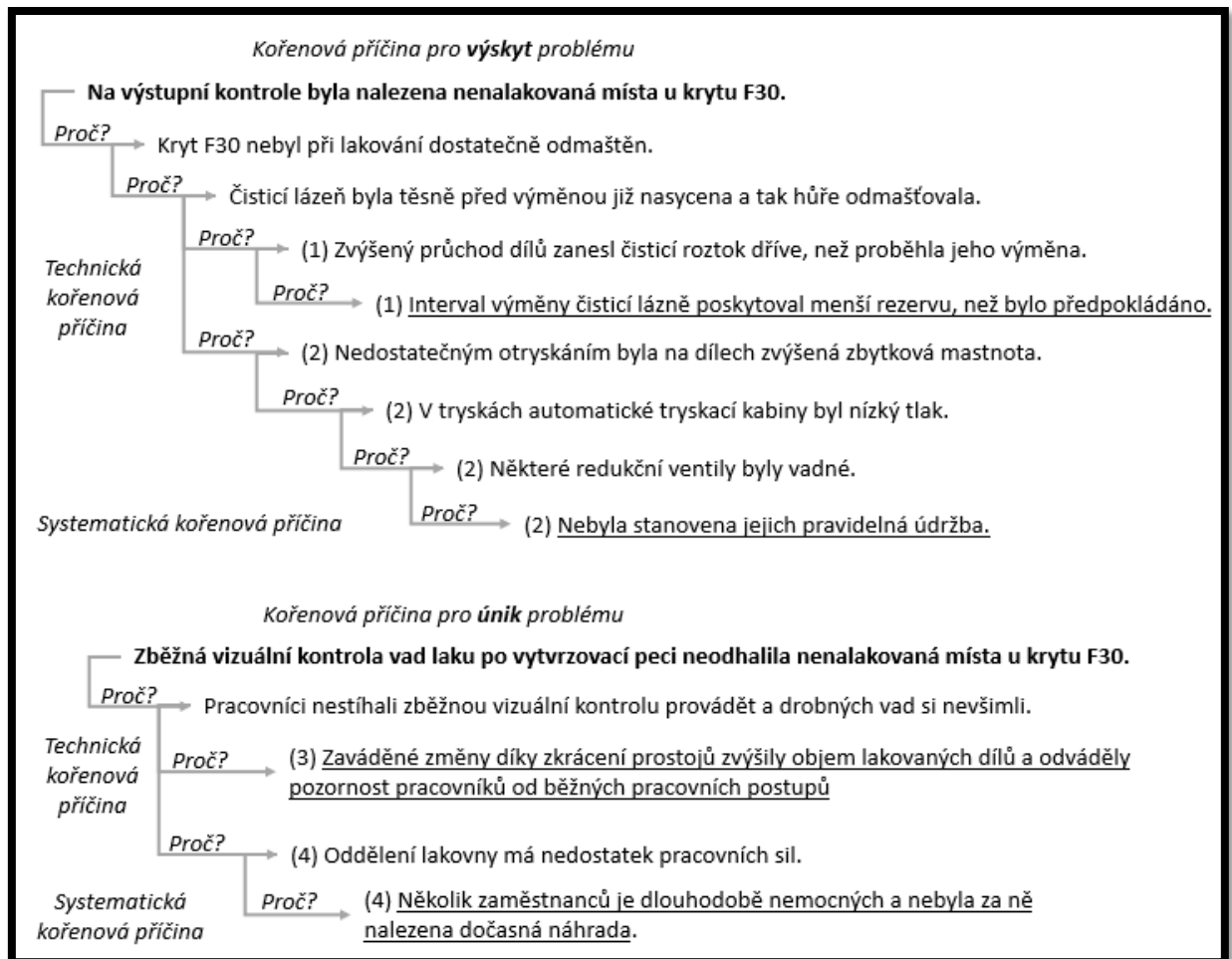
Dále z evidence procesu lakování vyplynulo (bod č. 6 Akčního plánu), že nádrže na jednotlivých stanovištích byly na základě lakované plochy za hodinu (tedy hodinové množství průchodu dílů lakovnou vynásobené povrchem jednotlivých dílů) dimenzovány s rezervou 25 %. Díky zkrácení doby prostojů o 30 sekund na celém procesu lakování byl u dílu F30 takový nárůst

objemu, že byla přesáhnuta dimenzovaná kapacita nádrže. Shrnutí řešeného problému po výpočtové stránce bylo prezentováno v tabulce 6. Tým odhadl, že porucha regulačních ventilů způsobila přibližně o 5 % zhoršené odmašťování. Pro efektivní kompenzaci této závady ve výpočtech byla plocha procházející čisticí nádrží vynásobena opravným koeficientem 1,05.

		F100	F60	F30	Jednotky
Stav před změnou	Povrch dílu	105	45	15	[dm ²]
	Rychlost nanášení barvy	60	60	60	[dm ² / min]
	Počet vrstev barvy	2	2	2	
	Nutné prostoje na 1 dílu celkem	1,5	1,5	1,5	[min]
	Doba lakování 1 dílu	5	3	2	[min]
	Výrobní kapacita lakovny	12,0	20,0	30,0	[dílů / hod]
	Plánovaný průchod čisticí nádrží	2520,0	1800,0	900,0	[dm ² / 120 min]
	Nádrž dimenzovaná s rezervou 25 %	3150,0	2250,0	1125,0	[dm ² / 120 min]
	Kompenzovaný průchod čisticí nádrží (o 5 % více než plánováno)	2646,0	1890,0	945,0	[dm ² / 120 min]
	Skutečné vytížení kapacity nádrže	84,0 %	84,0 %	84,0 %	
Po změně barvy a zkrácení prostoje	Zkrácené nutné prostoje celkem	1,0	1,0	1,0	[min]
	Zvýšená výrobní kapacita lakovny	13,3	24,0	40,0	[dílů / hod]
	Nárůst počtu dílů	11 %	20 %	33 %	
	Nový kompenzovaný průchod čisticí nádrží (o 5 % více)	2940	2268	1260	[dm ² / 120 min]
	Nové skutečné vytížení kapacity nádrže	93,3 %	100,8 %	112,0 %	
	Průchod dílů čisticí nádrží po výměně ventilů	2800	2160	1200	[dm ² / 120 min]
	Vytížení nádrže po výměně ventilů	88,9 %	96,0 %	106,7 %	
	Experiment: Zkrácení intervalu na 110 min			1100	[dm ² / 110 min]
	Odpovídající využití nádrže			97,8 %	
	Experiment: Po změně průchodu 37 dílů / hod			1110	[dm ² / 120 min]
	Odpovídající využití nádrže			98,7 %	
	Po změně intervalu na 96 min			960	[dm ² / 96 min]
Odpovídající využití nádrže			85,3 %		

Tabulka 6: Výpočtová tabulka vytížení čisticí nádrže, zdroj: vlastní zpracování.

Jako poslední bylo vyšetřováno, proč vadné díly nebyly odhaleny zběžnou vizuální kontrolou na vady laku, kterou měli provádět pracovníci lakovny po vyjmutí dílů z vytvrzovací pece. Bylo zjištěno, že zaměstnanci oddělení lakovny v době zavádění změn byli pracovní velmi vytíženi a takto drobných vad si nevšimli. Pracovní vytížení je jak z důvodu aktuálního zavádění změn a navýšeného objemu lakovaných dílů, tak z důvodu nízkých stavů pro několik dlouhodobě nemocných pracovníků současně.



Obrázek 13: Analýza „5x Proč?“, nenalakovaná místa, kryt F30, zdroj: vlastní zpracování

Závěrem kroku D4 je:

- *Nalezení únikového bodu:* Zběžná vizuální kontrola po vyjmutí z vytvrzovací pece je únikovým bodem procesu pro přesycenou čisticí lázeň.
- *Nalezení kořenové příčiny pro výskyt problému:* Z důvodu malé rezervy pro nasycení čisticího roztoku na lince dílu F30 a z důvodu nedostatečného odmaštění otryskáním pro vadné redukční ventily je po zvýšení průchodu dílů F30 čisticí roztok již před výměnou nasycen, proto klesá jeho účinnost odmaštění, která se projeví nenalakovanými místy.
- *Nalezení kořenové příčiny pro únik problému:* Jak z důvodu aktuálního zavádění změn a navýšeného objemu lakovaných dílů, tak z důvodu nízkých stavů pro několik dlouhodobě nemocných se pracovníci dostávali do vysokého pracovního vytížení a drobných vad laku si nevšimli.

Tento závěr byl zpracován do analýzy „5x Proč?“ na obrázku 13.

6.2.7 D5 – Návrh trvalého nápravného opatření

Výměna redukčních ventilů jako první provedené nápravné opatření problém zcela neodstranila. Vedení společnosti silně zastávalo udržení nově zvýšeného objemu výroby kvůli nasmlouvaným dodávkám dílů, zároveň byla vyloučena jakákoliv dlouhodobá odstávka a vyšší investice, protože v horizontu 9 měsíců je naplánována velká rekonstrukce lakovny společně s rozšířením výroby a obnovou vybavení.

Byly proto vytvořeny varianty dalších trvalých nápravného opatření, každé variantě byl vypočten koeficient zvýšení nákladů na lakování (N_{koeff} , do vzorců je dosazováno v odpovídajících desetinných číslech):

- Vizuální systematická kontrola krytu F30: Posledních 20 % dílů z intervalu výměny nádrže je důkladně kontrolováno na drobné vady laku.
 - Celkem nalezených neshodných dílů je nyní zhruba 4 % ($NOK = 0,04$) z celkového objemu, lze předpokládat stabilní trend.
 - Přibližně tři čtvrtiny vyřazených dílů lze ručně opravit. Vzniklá práce na těchto dílech představuje na jednotlivých případech nárůst nákladů lakování o 40 % ($N_{RO} = 0,4$).
 - Zbylou čtvrtinu dílů je nutné zcela přelakovat, což se na těchto dílech projeví růstem celkových nákladů lakování na jednotlivých případech o 150 % ($N_P = 1,5$).
 - Samotná vizuální kontrola na posledních 16 dílech (z počtu 80 za dvě hodiny) dále zvyšuje celkové náklady za lakování o 5 % ($N_K = 0,05$).

$$N_{koeff} = \left(1 + \frac{3}{4} NOK * N_{RO} + \frac{1}{4} NOK * N_P \right) * (1 + N_K) = 1,078$$

- Náročnost implementace: Nízká, kontrola již probíhá, bude pouze nutné určit mechanismus, jak vybrat právě posledních 20 % dílů před výměnou.
- Snížení rychlosti průchodu dílů ze 40 ks / hod na 37 ks / hod, což bude kompenzováno přidáním 6 hod provozu lakovny týdně ve formě směn.
 - Zpomalení výroby o 7,5 %, než bylo při zavedení nové barvy zamýšleno, přispěje ke zvýšení nákladů o zhruba 8,1 % na lakování dílu F30 ($N_{Zp} = 0,081$).

$$N_{koeff} = 1 + N_{Zp} = 1,081$$

- Náročnost implementace: Nízká, přeorganizování výroby do 2 pracovních dnů
- Zkrácení intervalu výměny nádrže ze 120 minut na 96 minut, tedy místo 4 výměn za směnu proběhne výměn 5 (počet výměn za den musí být celočíselný).
 - Jedna výměna navíc zvýší spotřebu čisticího roztoku o 25 % (S_R).
 - Materiálové náklady na čisticí roztok, jeho výměnu a skladování tvoří přibližně 15 % z celkových nákladů lakování (N_R).

$$N_{koef} = 1 + S_R * N_R = 1,038$$

- Náročnost implementace: Nízká, zavedení nového intervalu výměny další pracovní den.

Zkrácení intervalu výměny je tak jednoznačně neekonomičtější variantou z dlouhodobého hlediska, navíc udržitelnou i z hlediska minimálního zvýšení spotřeby energie a lepšího využití zdrojů. Z těchto důvodů bylo toto opatření zvoleno jako optimální k implementaci.

6.2.8 D6 – Zavedení a ověření trvalého nápravného opatření

Zavedení zkráceného intervalu výměny roztoku v čisticí nádrži proběhlo již následující pracovní den, a to jak v programu automatického řízení výměny nádrží, tak zaznamenáním do příslušných listů pracovního postupu.

Ověření platnosti trvalého nápravného opatření probíhalo po další 3 pracovní dny ponecháním stávajícího dočasného opatření, tj. vyhodnocením výsledků z 100% vizuální kontroly dílů F30 při příjmu do druhého mezioperačního skladu. Když tato vizuální kontrola hlásila nulový počet neshod, bylo rozhodnuto, že:

- Trvalé nápravné opatření je účinné a vstupuje trvale v platnost.
- Je zrušeno dočasné opatření (v podobě vizuální kontroly).

6.2.9 D7 – Preventivní opatření

Všechny příčiny v rámci preventivního opatření byly zaneseny do výrobního procesu FMEA a příslušné dokumentace.

Byl aktualizován design výrobního procesu, vyšší rychlost výroby musí nutně být před zavedením důkladně vyhodnocena a vyšetřena, musí být zváženy zejména kapacity všech činností v procesu.

Dále byla vytýčena preventivní opatření i pro jednotlivé příčiny:

Pro příčinu (1) „nedostatečný interval výměny čisticí nádrže“ bylo navrženo preventivní opatření ve formě výběru a instalace systému detekce míry nasycení čisticího roztoku pracujícího na principu refraktometru. Výběr systému bude probíhat v úzké spolupráci s dodavatelem čisticího roztoku a bude zkušebně implementován do 3 měsíců na čisticí lázeň pro linku F60, kde dle výpočtů z tabulky 6 dochází k největšímu nasycení před výměnou. Pokud se systém detekce osvědčí, bude s ním počítáno po rekonstrukci lakovny do všech čisticích nádrží.

Pro příčinu (2) „údržba redukčních ventilů“ bylo:

- Navrženo rozšíření stávající instalace digitálních manometrů na další úseky pneumatického vedení, včetně úseku pro tryskací kabinu. Manometry hodnoty tlaku kontinuálně zaznamenávají, program v řídicím systému na pokles tlaku reaguje varovným signálem.
- Jasně definováno, jaký pracovní postup bude mít pravidelná údržby na celém pneumatickém systému.

Pro příčinu (4) „náhrada dlouhodobě nemocných zaměstnanců“ bylo rozhodnuto o uvolnění rozpočtu pro zaměstnání nových brigádníků.

6.2.10 D8 – Obeznamení a zhodnocení týmu

Na závěrečném jednání všech členů týmu byl problém uznán za vyřešený, byla dokončena veškerá dokumentace, výsledky vyšetřování byly ve strukturovaném 8D reportu prezentovány vedení společnosti. Po vyhodnocení byl následně 8D report uzavřen.

7 Závěr

Cílem práce bylo vytvořit ucelený přehled moderních metod zabezpečování jakosti, vybrané metody podrobněji popsat a uvést případy jejich vhodného použití v systémech řízení jakosti. Záměrem práce bylo také vytvořit případovou studii řízení neshodných produktů ve výrobním procesu, proto byly teoretické základy práce v orientaci zejména na průmyslovou výrobu. Práce byla členěna na čtyři základní kapitoly.

První kapitola, po definování pojmu jakost a představení základních principů a zásad moderního řízení jakosti, srovnávala tři koncepty řízení jakosti. Základním přístupem je koncepce dle norem ISO řady 9000 a řady 10000, z nichž norma ČSN EN ISO 9001:2016 udává konkrétní soubor generických požadavků na řízení jakosti. Jedná se o jednu z nejčastěji certifikovaných norem. Poslední revize normy zahrnuje princip neustálého zlepšování cyklem PDCA (Plan-Do-Check-Act). Nadstavbou koncepce dle norem ISO jsou odvětvové standardy, které buď stojí jako samostatné celky řízení jakosti, anebo kopírují a navazují svou strukturou na normy ISO řady 9000. Odvětvové standardy přidávají konkrétní požadavky specifické pro dané odvětví. V Čechách je velmi častou normou IATF 16949:2016 s aplikací v automobilovém průmyslu. Jednoznačně nejpokročilejšími a nejsložitějšími jsou tzv. modely excelence vycházející z konceptů TQM. Modely excelence se orientují na celý podnik od jednotlivých zaměstnanců a elementárních činností až po hlubokou filosofii podnikových vizí a hodnot.

Druhá kapitola představila výčet základních nástrojů zabezpečování jakosti, které jsou stavebními kameny pokročilejších metod. U některých nástrojů jsou dále rozvinuty příklady nadstaveb těchto nástrojů, které je přímo využívají. Základní nástroje byly rozděleny na tři kategorie. První kategorií je sedm nástrojů spíše statistického a grafického charakteru pro zobrazení a analýzu dat, případně pochopení a optimalizaci procesních toků. Druhou kategorií jsou týmové nástroje generování či třídění námětů, kvalitativních analýz a manažerského řízení projektů. Poslední kategorií jsou vybrané nástroje a metody, které předchází výčet doplňují zejména v oblasti operativního řízení jakosti, konkrétně řešení neshodných produktů. Toto rozvržení kopíruje klasické historické dělení nástrojů, jak jej prezentuje např. J. Nenadál [3], [4], nebo web velmi bohatý na informace American Society for Quality [15]. Autoři A. Svozilová [12], I. Miller [11] a A. Töpfer [16] základní nástroje uvádějí v souvislosti s aplikací metodiky Six Sigma, proto je jejich kategorizace nástrojů (grafické a statistické; týmové;

ostatní) podobná, nikoliv však stejná. Naopak B. Andersen [14] nástroje kategorizuje podle jejich typického využití při krocích analýzy kořenových příčin.

Třetí kapitola uvedla stručnou charakteristiku pokročilých metod a systémů zabezpečování jakosti, do jejichž kontextu byly uvedeny dříve popsané nástroje. Souhrnně byly v první podkapitole popsány metody plánování a prokazování jakosti. Další podkapitola byla věnována operativnímu řízení jakosti v podobě analýzy kořenových příčin, kdy jedna z jejích nejčastějších metod v soudobém průmyslu je „Osm disciplín řešení problému“ (8D). Poslední podkapitola obsahuje popis dvou zásadních systémů k principu neustálého zlepšování, které v moderní době kombinuje velmi rozšířený systém Lean Six Sigma. Z nástrojů používaných v cyklu neustálého zlepšování DMAIC bylo zajímavé srovnání, kdy každý z autorů literatury [11], [12], [16], zaměřené přímo na metodiku Six Sigma, řadil některé z typických nástrojů do odlišných kroků cyklu. Tato nejednotnost je zřejmě dána tím, že žádný z autorů nepsal z pohledu identických odvětví průmyslu, což dobře vysvětluje A. Rosa ve srovnávací studii [29], kdy skutečně existuje nemalý rozdíl v typických nástrojích pro potřeby sektoru průmyslu a pro potřeby sektoru služeb. V práci je tak uvedena syntéza těch nástrojů, kde došlo alespoň k částečné shodě i v další uvedené literatuře.

Závěrečnou kapitolu tvoří případová studie. Bylo zvoleno prostředí výroby dílů z ocelového plechu, zkoumána je pak nehoda na lince povrchových úprav lakováním. Při řešení nehody bylo využito nástrojů popsaných ve druhé kapitole. Postup analýzy kořenových příčin kopíroval metodu 8D. Nejprve bylo jako „nultý“ krok zavedeno okamžité nouzové opatření (ERA). V prvním kroku byl vytvořen tým zaštiťující řešení problému. Druhý krok uvedl již stávající soubor dříve analyzovaných příčin Ishikawovým diagramem a dále ilustroval hledání popisu problému na průběhovém diagramu a matici „Je-Není“. Ve třetím kroku bylo popsáno přijetí dočasných opatření díky analýze reprezentativního namátkového vzorkování pomocí regulačního diagramu a Paretova diagramu. Čtvrtý krok si kladl za úkol nalézt kořenovou příčinu problému, čehož bylo dosaženo za pomoci souhrnu hypotéz a jejich analýzy ve stromě poruchových stavů (FTA). Podezřelé hypotézy byly potvrzeny experimenty i návrhovým výpočtem, hledané kořenové příčiny pak byly odhaleny díky metodě „5x proč?“. V pátém kroku byly navrženy varianty trvalých nápravných opatření z hlediska nízké náročnosti implementace a zachování objemu výroby. Na základě jednoduchých ekonomických úvah z nich byla vybrána optimální varianta, která byla následně v šestém kroku implementována a verifikována. Pro několik

příčin byla v sedmém kroku navržena preventivní opatření pro zabránění opakovaného výskytu v souladu s dlouhodobým horizontem neustálého zlepšování. V závěrečném osmém kroku bylo řešení problému uzavřeno.

Tato případová studie byla dobrým příkladem v proaktivním přístupu firmy k řešení problémů na výrobní lince. kdy se snažila před dopady neshodných produktů nejen ochránit zákazníka, ale i neustále zlepšovat vlastní produktivitu procesů a zavádět smysluplná opatření na základě faktů. Na aplikaci jednotlivých kroků metodiky 8D v případové studii byly nepřímo ilustrovány také základní principy a zásady moderního principu jakosti.

8 Bibliografie

- [1] HNÁTEK, Jan, Otakar HRUDKA, Ondřej HYKŠ, Miroslav JEDLIČKA, Miroslav STANĚK, Elena STIBŮRKOVÁ, Marie ŠEBESTOVÁ a Milan TRČKA. *Komentované vydání normy ČSN EN ISO 9001:2016: systémy managementu kvality - Požadavky*. Vyd. 1. Praha: Česká společnost pro jakost, 2016. ISBN 978-80-02-02642-6.
- [2] ALEŠ, Zdeněk. *Jakost, spolehlivost a obnova strojů: část 1 - Jakost a spolehlivost (Odborný konzultant: Vladimír Jurča)*. [CD]. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra jakosti a spolehlivosti strojů, 2019. ISBN 978-80-213-2924-9.
- [3] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [4] NENADÁL, Jaroslav. *Management kvality pro 21. století*. V nakladatelství Management Press vydání 1. Praha: Management Press, 2018. ISBN 978-80-726-1561-2.
- [5] LIKER, Jeffrey. *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. Vyd. 1. New York: McGraw-Hill, 2004. ISBN 978-0071392310.
- [6] NENADÁL, Jaroslav. *Systémy managementu kvality: co, proč a jak měřit?*. Vydání 1. Praha: Management Press, 2016. ISBN 9788072614264.
- [7] ČSN EN ISO 19011 : 2019 *Směrnice pro auditování systémů managementu*. Vyd. 1. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2019.
- [8] Information on IRIS. *IRIS Portal* [online]. Brusel: UNIFE, 2020 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://www.iris-rail.org/>
- [9] *IATF 16949:2016 Systém managementu kvality v automobilovém průmyslu*. 1. vydání. Praha: Česká společnost pro jakost, 2016, 120 s.
- [10] *IPC International Standards* [online]. Bannockburn: IPC International, Inc., 2020 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: www.ipc.org
- [11] MILLER, Ivan. *Kapesní příručka Six Sigma*. 3. vydání. Praha: Interquality, 2016. ISBN 978-80-905414-1-2.
- [12] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 9788024739380.

- [13] *Lean Six Sigma* [online]. Praha: Lean Six Sigma, 2020 [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/>
- [14] ANDERSEN, Bjørn a Tom FAGERHAUG. *Analýza kořenových příčin: zjednodušené nástroje a metody*. 2. vyd. [i.e. 1. české]. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011. ISBN 978-80-02-02356-2.
- [15] QUALITY RESOURCES. *American Society for Quality* [online]. USA: American Society for Quality, 2020 [cit. 2020-02-09]. Dostupné z: <https://asq.org/quality-resources>
- [16] TÖPFER, Armin. *Six Sigma: koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2008. Business books (Computer Press). ISBN 9788025117668.
- [17] *IKvalita.cz* [online]. Pardubice: Lévy, 2016 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=30>
- [18] ŠUBRT, Tomáš a Pavlína LANGROVÁ. *Projektové řízení: (základy a matematické metody)*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2013. ISBN 978-80-213-1194-7.
- [19] NĚMEČEK, Pavel. ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST, Z.S. *MSA - Analýza systému měření: Školící materiály*. Vyd. 1. Praha, 2018, 153 s.
- [20] NĚMEČEK, Pavel. *Způsobilost nereplikovatelných procesů kontroly*. 1. vydání. Praha: Česká společnost pro jakost, 2015. ISBN 978-80-02-02609-9.
- [21] ALEŠ, Zdeněk. *Jakost, spolehlivost a obnova strojů: část 1 - Jakost a spolehlivost (Odborný konzultant: Vladimír Jurča)*. [CD]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra jakosti a spolehlivosti strojů, 2019. ISBN 80-213-1514-8.
- [22] *Moderní plánování kvality produktu (APQP) a plán kontroly a řízení*. 2. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2009. ISBN 978-80-02-02142-1.
- [23] BOBREK, M. a M. SOKOVIC. Implementation of APQP-concept in design of QMS. *Journal of Materials Processing Tech* [online]. 2005, **2005**(162), 718-724 [cit. 2020-02-09]. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2005.02.225. ISSN 09240136. Dostupné z: <https://doi-org.infozdroje.czu.cz/10.1016/j.jmatprotec.2005.02.225>
- [24] RAMBAUD, Laurie. *8D - strukturovaný přístup k řešení problémů: průvodce tvorbou kvalitních 8D reportů*. 1. české vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011. ISBN 978-80-02-02347-0.
- [25] KRAJNC, Marjanca. With 8D method to excellent quality. *Revija za Univerzalno Odličnost* [online]. 2012, **1**(3), 118-129 [cit. 2020-02-01]. ISSN 22325204. Dostupné z: https://www.fos-unm.si/media/pdf/ruo_2012_15_krajnc_marjanca.pdf

- [26] ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST, Z.S. *Praktická aplikace metodiky 8D - PS8D: Školící materiály*. Praha, 2011, 39 s.
- [27] KAVKA, Miroslav a Miroslav MIMRA. *Řízení a organizace výrobních procesů: Interní učební text*. ČZU v Praze, Technická Fakulta, Praha, 2020.
- [28] OMOGBAI, Oleghe a Konstantinos SALONITIS. The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. *Procedia CIRP* [online]. 2017, **60**(1), 380-385 [cit. 2020-02-07]. DOI: 10.1016/j.procir.2017.01.057. ISSN 22128271. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- [29] ROSA, Ana. COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE INDUSTRIAL AND SERVICE SECTORS: A LITERATURE REVIEW OF THE IMPROVEMENTS OBTAINED THROUGH THE APPLICATION OF LEAN SIX SIGMA. *International Journal for Quality Research* [online]. 2018, **12**(1), 227-252 [cit. 2020-02-01]. DOI: 10.18421/IJQR12.01-13. ISSN 18006450. Dostupné z: <http://www.ijqr.net/journal/v12-n1/13.pdf>

9 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Tvary histogramů s předpokládaným normálovým rozdělením, zdroj: [2], vlastní zpracování.....	11
Obrázek 2: Regulační diagram, zdroj: [11], vlastní zpracování	13
Obrázek 3: QFD, vzájemná provázanost matic, zdroj: [14]	21
Obrázek 4: Model APQP s vyznačeným PPAP, zdroj: [21], vlastní zpracování	24
Obrázek 5: Toyota Production System, zdroj: [4, s. 13], přeloženo.....	31
Obrázek 6: Mapa výrobního procesu, vývojový diagram, zdroj: vlastní zpracování.....	34
Obrázek 7: Ishikawův diagram pro vady laku, zdroj: vlastní zpracování.....	36
Obrázek 8: Průběhový diagram poměru neshodných dílů krytu F30 během 100% kontroly, zdroj: vlastní zpracování.	38
Obrázek 9: Regulační diagram reprezentativního namátkového vzorkování, zdroj: vlastní zpracování.....	41
Obrázek 10: Paretův diagram namátkové výstupní kontroly, zdroj: vlastní zpracování.....	41
Obrázek 11: Analýza stromu poruchových stavů, zdroj: vlastní zpracování.	43
Obrázek 12: Porovnání průběhových diagramů po výměně redukčních ventilů, kryt F30, zdroj: vlastní zpracování.	44
Obrázek 13: Analýza „5x Proč?“, nenalakovaná místa, kryt F30, zdroj: vlastní zpracování.....	46
Tabulka 1: Základní charakteristiky koncepcí systémů managementu kvality, zdroj: [5, s. 15] 4	
Tabulka 2: Srovnání tvarů maticových diagramů, zdroj: [14], vlastní zpracování.....	16
Tabulka 3: Matice „Je – Není“, zdroj: vlastní zpracování.	38
Tabulka 4: Výsledek reprezentativního namátkového vzorkování, zdroj: vlastní zpracování. 40	
Tabulka 5: Přehled hypotéz kořenových příčin, zdroj: vlastní zpracování.	43
Tabulka 6: Výpočtová tabulka vytížení čisticí nádrže, zdroj: vlastní zpracování.	45