

Zlepšování výrobních procesů za pomoci nástrojů řízení kvality

Lukáš Kretek

Bakalářská práce
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lukáš Kretek**
Osobní číslo: **T19212**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Zlepšování výrobních procesů za pomoci nástrojů řízení kvality**

Zásady pro vypracování

Teoretická část:
Principy řízení kvality
Řízení procesů
Nástroje zlepšování kvality a procesů
Praktická část:
Analýza výchozího stavu
Návrh a zavedení zlepšení procesů
Diskuze výsledků

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

Seznam doporučené literatury:

FILIP, Ludvík. Efektivní řízení kvality. Praha: Pointa, 2019. ISBN 9788090753051.

NENADÁL, Jaroslav. Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.

NENADÁL, Jaroslav. Management kvality pro 21. století. Praha: Management Press, 2018. ISBN 9788072615612.

ŘEPA, Václav. Podnikové procesy: procesní řízení a modelování. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2007. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-2252-8.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. et Ing. Petra Hámorová**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **3. ledna 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

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

Ve Zlíně dne 24. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

V bakalářské práci jsou uvedeny základní principy a zásady managementu jakosti a jejich důležitost využití v praxi společně s metodami a nástroji zlepšování kvality. Tyto nástroje a metody jsou detailněji popsány v teoretické části práce a jsou podkladem pro část praktickou. V té jsou na základě analytických poznatků navržena opatření vedoucí ke snížení zmetkovitosti výroby plastových dílů. Účinnost těchto opatření je průběžně monitorována. V závěru práce jsou zhodnoceny přínosy a náklady zvolených opatření z pohledu celého výrobního období.

Klíčová slova: management jakosti, procesní řízení, metoda 5x Proč, Ishikawa diagram

ABSTRACT

The bachelor thesis presents the basic principles and principles of quality management and their importance for use in practice together with methods and tools for quality improvement. These tools and methods are described in more detail in the theoretical part of the work and they are the basis for the practical part. On the basis of analytical findings, measures leading to a reduction in the production rate of plastic parts are proposed. The effectiveness of these measures is continuously monitored. At the end of the work, the benefits and costs of selected measures are evaluated from the perspective of the entire production period.

Keywords: quality management, process management, 5 Whys, Ishikawa diagram

Chtěl bych poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. et Ing. Petře Hámorové za odborné vedení, strávený čas a cenné rady při vypracování bakalářské práce.

Zvláštní poděkování patří mé rodině, za její podporu a důvěru po celou dobu studia.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 MANAGEMENT JAKOSTI	11
1.1 ÚVOD DO MANAGEMENTU JAKOSTI	11
1.2 PRINCIPY ÚČINNÝCH SYSTÉMŮ KVALITY	11
1.3 OSM ZÁSAD MANAGEMENTU KVALITY	13
1.4 NORMA ISO 9001:2016	14
1.5 NORMA IATF 16949:2016	14
2 PROCESNÍ ŘÍZENÍ	15
2.1 POJEM PROCES V KONTEXTU ŘÍZENÍ JAKOSTI	15
2.2 KLASIFIKACE PROCESŮ	15
2.3 MAPOVÁNÍ PROCESŮ	16
2.4 METODY ZLEPŠOVÁNÍ PROCESU	17
2.4.1 Cyklus PDCA	17
2.4.2 Kaizen	18
2.4.3 Strategie Six Sigma	18
3 METODY A NÁSTROJE ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY	20
3.1 BRAINSTORMING	20
3.2 METODA 5X PROČ	20
3.3 8D REPORT.....	20
3.4 METODY PLÁNOVÁNÍ JAKOSTI.....	21
3.4.1 Metoda QFD.....	21
3.4.2 Metoda FMEA	22
3.4.3 Přezkoumání návrhu.....	22
3.4.4 Plánování experimentů.....	22
3.5 SEDM KLASICKÝCH NÁSTROJŮ KVALITY	23
3.5.1 Vývojové diagramy	23
3.5.2 Formuláře pro sběr údajů	23
3.5.3 Histogramy	23
3.5.4 Diagram příčin a následků	24
3.5.5 Paretova analýza.....	25
3.5.6 Bodový diagram	25
3.5.7 Regulační diagram	26
3.6 SEDM NOVÝCH NÁSTROJŮ ŘÍZENÍ KVALITY	26
3.6.1 Afinitní diagram	27
3.6.2 Diagram vzájemných vztahů.....	27
3.6.3 Stromový diagram	27
3.6.4 Maticový diagram	27

3.6.5	Analýza údajů v matici.....	28
3.6.6	Diagram PDPC.....	28
3.6.7	Šipkový diagram	29
4	NEJČASTĚJŠÍ VADY VÝSTŘIKŮ.....	30
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	31
5	ANALÝZA DAT.....	32
5.1	VYHODNOCENÍ ZMETKOVITOSTI.....	33
6	ANALÝZA KOŘENOVÉ PŘÍČINY.....	37
6.1	ISHIKAWA DIAGRAM.....	37
6.2	4M, 5X PROC.....	37
7	NÁVRH A REALIZACE NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ.....	39
7.1	ÚPRAVA ODEBÍRACÍHO MANIPULÁTORU.....	39
7.2	IMPLEMENTACE EVOLONOVÉHO PÁSU	39
8	OVĚŘENÍ EFEKTIVNOSTI ZAVEDENÝCH OPATŘENÍ	40
8.1	MANIPULÁTOR	40
8.2	EVOLONOVÝ PÁS.....	43
9	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	45
9.1	GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ PRŮBĚHU SNIŽOVÁNÍ ZMETKOVITOSTI	45
9.2	CELKOVÉ ZHODNOCENÍ Vlivu zlepšení výrobního procesu za výrobní období čtyř let	47
9.2.1	Sledované období beze změn procesu (1. až 4. týden)	47
9.2.2	Změna ukládání dílu manipulátorem na pás (5. až 7. týden)	48
9.2.3	Implementace evolonového pásu (8. až 11. týden).....	49
	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	58
	SEZNAM GRAFŮ	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	60

ÚVOD

Jelikož mají zákazníci stále větší požadavky na kvalitu výrobků, je nutné zajišťovat neustálé vyvíjení a zlepšování výrobních procesů. Aby byla organizace schopna pružně reagovat na změny požadavků zákazníka, je potřeba zavedení určitého systému postupů, díky kterému lze dosáhnout nejlepší možné kvality nejen výrobků, ale i služeb. Tímto souborem postupů systému řízení organizací je management jakosti. Jeho základní principy a zásady napomáhají ke spokojenosti zákazníka i organizace. Jestliže se organizace dokáže těmito principy a zásadami řídit, zajistí si udržitelnost na trhu mezi obrovskou konkurencí. K tomu lze s výhodou využít metod a nástrojů zlepšování kvality.

Za cílem snižování lhůt pro provedení procesů či odstranění ztrát se klade důraz na neustálé zlepšování procesů. Pro úplné pochopení důležitosti zlepšování výrobních procesů je nutné jejich správné klasifikování a mapování. Díky tomu totiž dostáváme informace o důležitosti jednotlivých procesů a můžeme je tak snadno rozlišit.

Práce je rozdělena na dvě základní části – teoretickou a praktickou, přičemž teoretická část je podkladem části praktické. V teoretické části jsou popsány výše zmíněné principy a zásady managementu jakosti společně s problematikou klasifikování, mapování a zlepšování procesů. Vzhledem k tomu, že je praktická část práce zaměřena na zlepšení výrobního procesu dílu využívaného v automobilovém průmyslu, je teoretická část práce doplněna o stručný popis normy ISO 9001:2016 a IATF 16949:2016. Následně jsou v této části detailně vysvětleny metody a nástroje řízení kvality. Z důvodu zaměření praktické části práce na sledování zmetkovitosti výroby vstřikovaných dílů jsou v této části zmíněny také časté vady vyskytující se při procesu vstřikování dílů z termoplastů.

Praktická část obsahuje analýzu výchozího stavu procesu výroby vstřikovaného plastového dílu, která je východiskem pro volbu jednotlivých nápravných opatření. Hlavním cílem je díky využití některých nástrojů a metod zlepšování kvality snížení zmetkovitosti výroby a tím i materiálová a finanční úspora.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MANAGEMENT JAKOSTI

Management jakosti je definován jako soubor koordinovaných činností pro usměrňování a řízení organizace s ohledem na kvalitu. Patří k nim veškeré činnosti vedení organizace stanovující cíle a odpovědnosti za pomoci prostředků, kterými jsou plánování, řízení a zlepšování jakosti. [10]

1.1 Úvod do managementu jakosti

Jako kvalita se dá brát nejen kvalita výrobků nebo služeb (lze nazývat kvalitou výsledku), ale rovněž i procesů a práce probíhajících v průběhu výroby (lze nazývat kvalitou procesu). Díky této definici se kvalita týká všech fází podnikové činnosti, jako např. procesu vývoje, výroby, projekce, prodeje a údržby výrobků a služeb.

„Jakost, kvalita: stupeň splnění požadavků souborem inherentních znaků.“ [9]

1.2 Principy účinných systémů kvality

Základní principy, které podporují účinnost podnikového managementu jakosti jsou v praxi často opomíjeny. Tyto principy přitom mají velký vliv na snižování rozsahu vnitřních neefektivností a s tím spojeným významně klesajícím podílem reklamací. Proto je nutné zejména s těmito základními principy počítat již ve stadiu budování samotného systému.

Princip prevence

Tento princip lze považovat za klíčový, neboť určuje přístupy, které budou aplikovány pro včasné upozornění na možné problémy, které lze v nejlepším případě v předstihu eliminovat. Často je zde zahrnováno např. pečlivé zkoumání reálných i skrytých potřeb zákazníka.

Princip všeobsažnosti

Do tohoto procesu spadá prosazování zabezpečování a zlepšování jakosti, a to u všech podnikových procesů, od marketingového výzkumu trhu až po poskytování pogramančního servisu.

Princip zpětné vazby

Tento proces je z velké části využíván v každém podniku při pasivních reklamacích. Je nutno říci, že jde ale o typické projevy nefunkčnosti systému jakosti.

Princip orientace na zákazníka

Vždy existují interní a externí zákazníci, u kterých je potřeba prvořadě pozornosti, a to z hlediska zkoumání a následného uspokojování jejich potřeb.

Princip matematické podpory

Tento proces není vhodné vynechat, neboť jeho absence v procesu vede často k rozhodování na základě intuice, nikoli na základě faktů. Pro účely managementu jakosti bylo vyvinuto množství nástrojů a metod, které využívají převážně části aplikované matematiky v podobě statistiky či pravděpodobnosti.

Princip transparentnosti

Tento princip zajišťuje srozumitelnost každého děje v procesu. Podstatou tohoto principu je v první řadě vysvětlení problematiky zabezpečování a zlepšování kvality jednotlivým zainteresovaným pracovníkům.

Princip efektivnosti

Pro všechny řídicí pracovníky je tento princip velmi důležitý, neboť se dříve nebo později očekává návratnost prostředků, které byly do podnikového systému jakosti vloženy. Ačkoliv bývají tyto prostředky hlavně v počátečních fázích nemalé, často jsou považovány za jedny z nejméně rizikových. [13]

„1 dolar, který se do preventivního opatření vloží je vrácen 10 dolary přínosů.“ [4]

Princip měřitelnosti výsledků

Tento princip je dalším logickým předpokladem účinnosti systému jakosti. Velkou část výstupů podnikových procesů lze podrobit měření. Díky těmto výsledkům měření lze provádět další rozhodování. Je zde ale nutnost stanovit vhodnou metriku posuzování výsledků.

Princip týmové spolupráce

Základem zabezpečování a zlepšování jakosti je týmová práce. Tým, tj. skupina se stejným cílem, ve které každý člen předává své dovednosti a vědomosti ve prospěch celého týmu.

Princip neustálého zlepšování

Ačkoliv se tyto principy zdají primitivní a samozřejmé, jsou často záludné především z důvodu nedostatečných vědomostí pracovníků. [13]

1.3 Osm zásad managementu kvality

Osm zásad managementu kvality tvoří základ norem na systémy managementu kvality v rámci souboru ISO 9000.

Zaměření na zákazníka = Organizace jsou závislé na svých zákaznících, a proto mají rozumět současným a budoucím potřebám zákazníků, mají plnit jejich požadavky a snažit se předvídat jejich očekávání.

Vedení a řízení lidí (vůdčí role) = Vedoucí osobnosti (lídři) prosazují soulad účelu a zaměření organizace. Mají vytvářet a udržovat interní prostředí, v němž se mohou lidé plně zapojit při dosahování cílů organizace.

Zapojení lidí = Lidé na všech úrovních jsou základem organizace a jejich plné zapojení umožňuje využít jejich schopnosti ve prospěch organizace.

Procesní přístup = Požadovaného výsledku se dosáhne mnohem účinněji, jsou-li činnosti a související zdroje řízeny jako proces.

Systémový přístup k managementu = Identifikování, porozumění a řízení vzájemně souvisejících procesů jako systému přispívá k efektivnosti a účinnosti organizace při dosahování jejich cílů.

Neustálé zlepšování = Neustálé zlepšování celkové výkonnosti organizace má být trvalým cílem organizace.

Přístup k rozhodování zakládající se na faktech = Efektivní rozhodnutí jsou založena na analýze údajů a informací.

Vzájemně prospěšné dodavatelské vztahy = Organizace a její dodavatelé jsou vzájemně závislí a jejich vzájemně prospěšný vztah zvyšuje jejich schopnost vytvářet hodnotu. [2]

1.4 Norma ISO 9001:2016

ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci) představuje celosvětovou federaci národních normalizačních orgánů (členů ISO). ČSN EN ISO 9001:2016 je poslední revizí předešlých vydání souboru norem ISO 9000. Hlavním cílem normy je umožnit organizacím zavedení všeobecně použitelných požadavků systému managementu kvality. Na výstupu z procesů a systému managementu kvality jako celku musí organizace prokázat trvalé poskytování produktů a služeb odpovídajících požadavků zákazníka. [8]

1.5 Norma IATF 16949:2016

IATF (International Automotive Task Force) zaručuje kvalitu automobilových výrobků, menší různorodost výrobků a méně zbytečného odpadu. Hlavním účelem tohoto standardu je sjednotit certifikaci a auditování napříč celosvětovým dodavatelským řetězcem v automobilovém průmyslu. [26]

Tento dokument nejen že definuje a rozšiřuje požadavky na systém kvality dle ISO 9001 při výrobě dílu pro automobilový průmysl, ale také současně určuje specifické požadavky zákazníka v tomto odvětví. Je založen na neustálém zlepšování, na prevenci vad a také na snižování odchylek a plýtvání v dodavatelském řetězci. Hlavním cílem je plnění požadavků zákazníků, a to co nejefektivněji a nejúčinněji. Velký důraz je kladen na rozvoj systému managementu kvality. [27]

2 PROCESNÍ ŘÍZENÍ

Procesní řízení představuje postupy, systémy, metody a nástroje, které zajišťují trvalou maximální výkonnost a neustálé zlepšování procesů vycházejících z jasně definované strategie organizace. Hlavním úkolem těchto procesů je naplnění stanovených strategických cílů. [17]

2.1 Pojem proces v kontextu řízení jakosti

„Proces je soubor vzájemně provázaných nebo vzájemně působících činností, které využívají vstupy pro dosažení zamýšleného výsledku.“ [3]

Hlavní podstatou výrobního procesu je tedy přeměnit vstupy (jednotlivé komponenty) na výstupy (hotový díl), a to za jasně definovaných, jednoznačně řízených a opakovatelných podmínek procesu. Pro docílení řízeného procesu, tedy předem určitého výsledku je nutné stanovit kritéria přijatelnosti dílčích procesů neboli kvalitativní či kvantitativní znaky, za jakých je možné určitou činnost vykonat, a jak má vypadat konečný produkt. [5]

2.2 Klasifikace procesů

Pro získání základního přehledu o procesech se využívá členění podle důležitosti a účelu procesu. Tento způsob členění zahrnuje tři základní kategorie procesů – hlavní (klíčové), řídicí a podpůrné. Hlavní procesy přispívají přímo k naplnění poslání organizace. Kategorie řídicích procesů přímo navazuje na procesy hlavní. Spadají zde procesy zabezpečující rozvoj a řízení výkonu společnosti. Do kategorie podpůrných procesů spadají procesy zabezpečující samotný chod organizace. [7]

Pro detailnější rozdělení procesů lze použít tzv. Procesní trojúhelník Edwardse a Pepparda, který rozeznává čtyři kritické druhy podnikových procesů. Těmito čtyřmi procesy jsou: konkurenční, infrastruktury, klíčové a podpůrné.

Konkurenční procesy se zaměřují hlavně na současný základ konkurence. Z ekonomického hlediska lze říci, že zajišťují zisky podniku.

Procesy infrastruktury rozvíjejí předpoklady (lidské zdroje, postupy a technologie) rozhodující v budoucí konkurenční strategii.

Klíčové procesy musejí probíhat uspokojivě, ale nejsou základem konkurenčního soupeření. Zajišťují, aby se daný podnik nedostal do nevýhodné situace oproti ostatním konkurentům.

Opěrné procesy jsou prováděny, nicméně nejsou krátkodobě uznávány zákazníky nebo dodavateli. Přímou totiž nepodporují zákazníka, nicméně splňují ostatní charakteristiky procesu. Často zde bývají soubory úzce propojených aktivit, které jsou seskupeny dohromady za účelem zajištění vyšší efektivity. [19]

2.3 Mapování procesů

Mapování procesů zahrnuje vytvoření mapy procesů, které budou výsledkem reengineeringu – tedy nově vytvořených procesů. [17]

Podstatou mapování procesů je přehledné znázornění návaznosti a spojitosti mezi procesy. Mapa procesů je nástroj, kterým organizace demonstruje své procesy v hierarchii a zároveň vyjadřuje vztahy mezi jednotlivými procesy. [14]

Mapování procesů není možné bez detailních informací o celém postupu výroby. Musí se proto předem vědět, jak bude finální produkt (konečný výstup z procesů) vypadat, komu a kam bude dodáván, jaké vstupy (zdroje) budou potřeba či jaké technologie budou při procesu výroby použity. Pro zvýšení efektivity procesů je výhodnější mapovat tyto procesy od výstupu. Při nastavování parametrů procesů od výstupu se musí znát jak kvalitativní, tak i kvantitativní znaky výsledného produktu kroku předcházejícího, díky čemuž lze přesně určit vše, co bude potřeba.

Jednou z variant rozdělení procesů může být následující:

- Hlavní procesy: obecně jde o výrobní procesy, výstupem je produkt.
- Řídící procesy: jde o procesy, které řídí celou organizaci (TOP Management, management kvality, strategie...).
- Podpůrné procesy: pomáhají hlavnímu procesu (procesům) zajišťovat efektivní fungování (logistika, údržba, personalistika).

Vhodnější je ale při mapování seskupit procesy například díky procesnímu schématu systémových norem, díky kterým lze následně všechny procesy v organizaci provázat. Pro stanovení požadavku na zdroje je výhodné použít metodu 8M, která je velmi jednoduchou pomůckou při rozdělování skupin zdrojů pro daný proces tak, aby se na žádný důležitý prvek při určování nezapomnělo. [2]

Oblasti zdrojů u metody 8M:

- Man power – personál (potřebné dovednosti a kvalifikace)
- Methods – metody práce (použité pracovní postupy)
- Machines – zařízení (technické a technologické vybavení)
- Materials – materiál (materiály a komponenty k výrobě)
- Measurement – měření (měřicí vybavení)
- Mother nature – Environment – prostředí (pracovní podmínky a prostředí)
- Management (kompetentnost managementu)
- Maintenance (způsob údržby) [5]

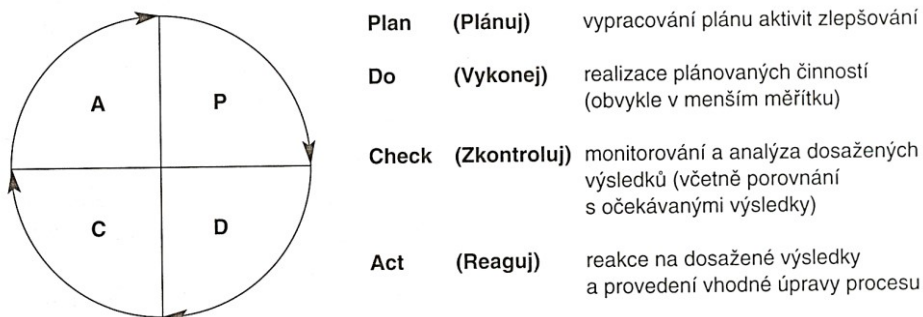
2.4 Metody zlepšování procesu

Zlepšováním procesů je rozuměn jakýsi stálý chod, jež je většinou orientován na ekonomické vykonávání procesu (např. dokonalé upotřebení vstupů či odstranění ztrát), kvalitu výstupů (snižování lhůt pro provedení procesů). Samozřejmě může být věnována pozornost i zlepšování procesů, jež se věnuje oblastem životního prostředí či bezpečnosti práce. [2]

2.4.1 Cyklus PDCA

Demingův cyklus (nazývaný též PLAN – DO – CHECK – ACT cyklus / PDCA cyklus) je jednoduchou smyčkou zajišťující ideální techniku pro kontinuální zlepšování u řešených problémů. [24]

Tento cyklus skládající se ze čtyř fází nemá konec a z důvodu neustálého zlepšování je vhodné jej stále opakovat. [12]



Obrázek 1 Cyklus PDCA [12]

2.4.2 Kaizen

Kaizen je spojení dvou japonských slov KAI = změna a ZEN = dobře. Lze jej definovat jako kontinuální zlepšování týkající se nejen pracoviště či firmy, ale také společnosti jako takové. Může se proto vztahovat na kohokoliv v osobním i sociálním životě, protože každý člověk by měl mít zájem vylepšovat sebe sama. [20]

Je to jedna ze souboru tří japonských forem zlepšování 3K (Kaizen, Kaikaku, Kakushin), která je založena na zlepšeních, které jsou prováděny pracovníky k urychlení a zjednodušení jejich práce. Hlavním zaměřením metody je snížení či úplná eliminace plýtvání. [12]

2.4.3 Strategie Six Sigma

Six Sigma je koncept řízení zvyšující efektivitu a hodnotu podniku neustálým zdokonalováním firemních procesů. [22]

Skládá se ze dvou charakteristických rysů:

- *Vypracovaný metodický postup* = říká, jak postupně týmově objevovat a odstraňovat hlavní příčiny problémů v procesech.
- *Nástroje pro analýzu procesních dat* = logický sled logických nástrojů v cyklu DMAIC.

Cyklus DMAIC je realizován postupem „shora dolů“ neboli postupem od obecného ke konkrétnímu, což zajišťuje řešitelskému týmu jasný směr k podstatě problému v procesu.[12]

Zkratka cyklu DMAIC je složena z počátečních písmen slov z anglického jazyka: [11]

D – Define (definovat),

M – Measure (měřit),

A – Analyze (analyzovat),

I – Improve (zlepšovat),

C – Control (řídit). [6]

Fáze definování (Define) je úvodní fází zabývající se organizací projektu Six Sigma s jasným zavedením pojmů vztahujících se k problematice procesu a stanovením cílů aktivit zlepšování.

Do fáze měření (Measure) spadá přezkoumání druhů měření s možností výskytu chyb měření, nebo také druh shromažďování a způsob vyhodnocování dat.

Ve fázi analýzy (Analyse) dochází k převádění praktických problémů na problémy statické.

Do fáze zlepšování (Improve) spadá „návrh pro Six Sigma“, u kterého je zkoumaný proces opětovně navržen nebo jen upraven do tvaru, ve kterém dokáže splnit jakost na úrovni 6σ .

Závěrečná fáze regulace (Control) prokazuje za neustálého sledování procesu nulový výskyt problémů. [11]

3 METODY A NÁSTROJE ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY

Zlepšováním kvality nazýváme část managementu kvality zaměřenou na zvyšování schopnosti plnění požadavků na jakost. Spadají zde opatření s cílem zvyšování efektivnosti a účinnosti nejen činností, ale také procesů a jejich výsledků. [10]

3.1 Brainstorming

Tuto metodu lze definovat jako jiskření nápadů za využití dvou typů lidského myšlení: intuitivního a logického. Intuitivní myšlení často přispívá k hledání nových způsobů řešení problémů a logické myšlení zase ke kritice těchto návrhů. V první fázi je tedy vyslechnutí poznatků a návrhů všech členů týmu s prostorem pro nápaditost a tvořivost a až v druhé fázi nastává prověřování a kritické posuzování návrhů. [14]

3.2 Metoda 5x proč

U této metody se lze setkat s anglickým názvem „5 WHYS?“. V organizacích slouží hlavně jako ekvivalent Ishikawa diagramu při použití 8D Reportu ke zjištění kořenové příčiny problému. Pro úspěch této metody je hlavní znalost všech činností lidmi, kteří se do týmu zapojí. Dokonce není potřeba ani žádný SW, s přehledem jej nahradí tužka a papír, na který se vypisují otázky na problémy s pravdivými odpověďmi. Nejnovější verze této metody jsou „2x 5x proč“ či dokonce „3x 5x proč“. [5]

3.3 8D Report

Tato metoda se díky automobilovému průmyslu rozšířila i do oblasti strojírenské výroby, výroby nástrojů a logistiky. V současné době je v tomto odvětví nejpoužívanější metodou k řešení neshod v jednotlivých organizacích. Název této metody plyne z osmi kroků, pomocí kterých lze řešit nejen daný problém v podobě reklamací či vad, ale také zabránit jejich opakování.

Struktura metody 8D:

- D0. Okamžitá opatření = identifikace problému a zjištění skutečného stavu výrobku.
- D1. Tým = nutnost sestavení týmu a osoby za něj odpovědné.
- D2. Dopis problému = stručný popis problému s odkazem na reklamační protokol,
- D3. Okamžitá opatření = seznam opatření před zjištěním kořenové příčiny.

- D4. Kořenová příčina = nejčastější zjištění za pomoci diagramu příčin a následků nebo metody 5x proč prostřednictvím brainstormingu.
- D5. Návrh trvalých opatření = návrh opatření pro zamezení opakování chyby.
- D6. Zavedená trvalá nápravná opatření = popis skutečně realizovaných opatření.
- D7. Preventivní opatření = detailní popis opatření zabraňující dalším možným problémům v dané výrobě, ale i ve výrobě podobného charakteru.
- D8. Závěr = závěrečné shrnutí a vyhodnocení realizovaných opatření, seznámení dotčených stran (jak, kdy a kdo byl seznámen s řešením) a závěrečné poděkování a ocenění účastníků. [5]

3.4 Metody plánování jakosti

Proces plánování jakosti z velké části nelze efektivně realizovat bez toho, aniž by se využilo vhodných nástrojů a metod. Proto jich bylo také pro oblast plánování jakosti vyvinuto hned několik. [11]

3.4.1 Metoda QFD

Metoda QFD (Quality Function Deployment), často překládaná do češtiny pod pojmem „Dům kvality“, vznikla v roce 1966 v Japonsku. Prvního využití se dočkala na počátku sedmdesátých let minulého století v závodě Mitsubishi Heavy Industry's Kobe Shipyards při navrhování tankerů. V osmdesátých letech se rozšířila do řady firem nejen v Japonsku, ale i v USA a dalších zemích světa. Podstatou metody je maticový diagram, díky kterému umožňuje převést požadavky zákazníka nejen do navrhovaného produktu, ale také do samotného procesu realizace a dalších analýz. Díky tomu se stala velmi důležitým nástrojem pro komunikaci mezi odborovými útvary, které jsou do vývoje produktu zapojeny. [11]

Při realizaci QFD se porovnávají jasně dané parametry a požadavky a jejich vzájemnými vazbami (váhami) s následným přiřazením vzájemné síly vztahů. [5]

Úspěšnost této metody je založena na týmové práci. Mezi hlavní výhody používání metody QFD patří například zkrácení doby vývoje, nižší náklady na vývoj a realizaci nových produktů, ale také lepší komunikace a spolupráce mezi odborovými útvary. [11]

3.4.2 Metoda FMEA

Metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je nejrozšířenější expertní analýza rizika. Skládá se z verbální a numerické fáze. Verbální fáze se zaměřuje na identifikaci možných vzniků, způsobů a následků poruch. Fáze numerická se zaměřuje na tříparametrický odhad rizik projektu s použitím indexu RPN. [18]

Výsledné rizikové (prioritní) číslo RPN (Risk Priority Number), je dáno součinem hodnocení následujících oblastí:

- pravděpodobnost výskytu vady (body 1-10, od nejnižšího k nejvyššímu),
- význam (důležitost) vady (body 1-10, od nejnižšího k nejvyššímu),
- pravděpodobnost odhalení vady (body 10-1, od nejnižší pravděpodobnosti odhalení vady k nejvyšší).

Výsledná hodnota RPN se srovnává s předem určenou hodnotou rizikovosti, která je pro organizaci přijatelná, a nebude tedy s danou oblastí provádět další kroky vedoucí ke snížení rizika například změnou postupu.

Původně byla FMEA určena pro projekt Apollo společnosti NASA v šedesátých letech minulého století. Jejím úkolem bylo analyzovat spolehlivost složitých systémů kosmického výzkumu a jaderné energetiky. V brzké době však našla využití například v automobilovém průmyslu k prevenci výskytu neshod. [11]

3.4.3 Přezkoumání návrhu

Přezkoumání návrhu (Design Review) je definováno jako „plánované, dokumentované a nezávislé přezkoumání existujícího nebo předkládaného návrhu“.

Hlavním cílem tohoto častokrát týmového a systematického zkoumání návrhu je vyhodnotit způsobilost návrhu pro plnění požadavků na jakost, a to jak v případě produktu, tak i procesu. [11]

Mezi další cíle přezkoumání návrhu patří například posouzení možností zlepšení návrhu nebo zda návrh poskytuje úplně údaje. [12]

3.4.4 Plánování experimentů

Plánování experimentů (Design of Experiments – DOE) představuje odvětví statistiky, které se snaží navrhnout experimenty tak, aby se docílilo co možná nejpřesnější odpovědi na

předem stanovenou otázkou experimentu. Této metody se využívá hlavně v oblasti výzkumu, návrhu výrobních procesů či zlepšování procesů. [12]

3.5 Sedm klasických nástrojů kvality

Tento soubor nástrojů kvality je využíván pro operativní řešení problému a zlepšování kvality. Ačkoliv se pořadí sedmi základních nástrojů kvality může lišit, hlavní snahou je kopírovat nejčastější posloupnost naleznutí problému a jejich následné řešení. [12]

3.5.1 Vývojové diagramy

Nejčastěji je uváděn vývojový diagram na prvním místě proto, aby sloužil k perfektní analýze procesu, identifikaci jeho jednotlivých kroků a vzájemnému spojení jednotlivých činností. [12]

3.5.2 Formuláře pro sběr údajů

K systematickému shromažďování údajů vedoucích ke zlepšování jakosti se využívají formuláře pro sběr údajů (kontrolní záznamníky). Při sběru dat je potřeba vyvarovat se informacím, které jsou:

- a) *neúplné (informace získané na základě neúplných údajů)*
- b) *opožděné (informace získané pozdním zpracováním)*
- c) *zkreslené (informace získané z nesprávně identifikovaných údajů)* [15]

3.5.3 Histogramy

Pro grafické znázornění rozdělení četností do vhodně zvolených intervalů (tříd) se využívá histogram. Narozdíl od jiných sloupcových diagramů zde šířka sloupců znázorňuje šířku intervalu sledovaného znaku, ve kterém se vyšetřuje četnost hodnot. Jednotlivé sloupce histogramu na sebe navazují definováním dolní a horní hranice. [11]

Ačkoliv je histogram výborným nástrojem pro okamžité získání dat sledovaného jevu, vyobrazuje pouze momentální stav, tudíž pro přehled celého vývoje by bylo potřeba použít větší množství histogramů, případně regulačního diagramu. [23]

Postup sestavení histogramu:

1. Výpočet rozpětí souboru R.
2. Stanovení počtu a šíře intervalů.

3. Sestavení tabulky četností.
4. Stanovení hranic intervalů.
5. Stanovení středů intervalů (třídnicích znaků).
6. Přiřazení naměřených hodnot do jednotlivých intervalů v tabulce četností pomocí čárkovací metody.
7. Sestrojení samotného diagramu.

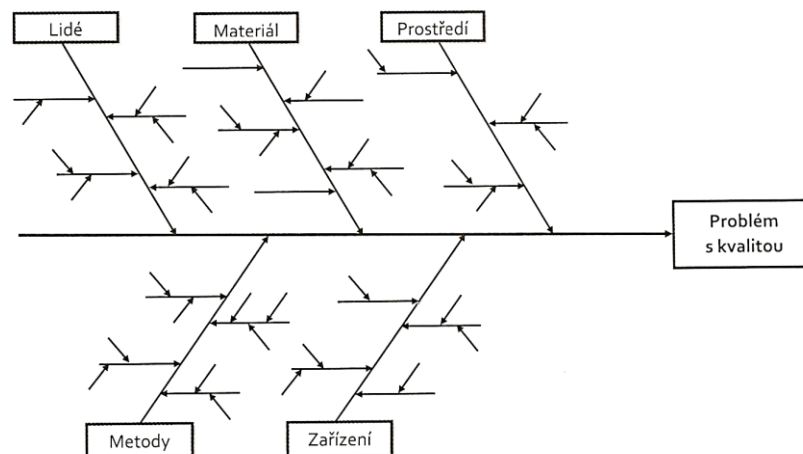
Díky výslednému tvaru histogramu, který může být například zvonovitý, dvouvrcholový, plochý, hřebenovitý nebo levostranně useknutý, lze zjišťovat možné působení náhodných vlivů, chyb měření či nedodržení výrobního předpisu. [11]

3.5.4 Diagram příčin a následků

Tento důležitý grafický nástroj pro analýzu všech možných příčin daného následku je známý též jako Ishikawa diagram nebo Diagram rybí kosti (Fishbone Diagram). Podle svého tvůrce-japonského inovátora Kaorua Ishikawy je tento diagram spojením buddhistické filozofie, že každý následek má svou příčinu, moderního pojetí řízení a výstupem jeho přispěním. Hlavní podstatou je grafické znázornění myšlenek týmu odborníků na danou problematiku do specifické struktury diagramu v podobě rybí kosti, díky které je možnost zjišťovat vzájemné vztahy mezi danými příčinami. Následek příčin je vepsán do „hlavy ryby“, ke kterému pak směřují zjištěné příčiny shromážděné pod jednotlivými oblastmi. [5]

Jednotlivé oblasti příčin se mohou dále větvit na příčiny nižších úrovní (podpříčiny). Zjišťování příčin se provádí za opakovaného užívání otázky „Proč?“. [1]

Počet oblastí se může lišit dle složitosti řešeného problému. Doporučující metody jsou například vyjádřeny pomocí 4M, 5M, 6M nebo 8M. Metoda 4M se zaměřuje na oblasti operátora (Men), materiálu (Material), metody práce (Method) a zařízení (Machine). Z této metody vychází ostatní metody, které jsou doplněny o další zkoumané oblasti. [5]



Obrázek 2 Struktura diagramu příčin a následku [12]

3.5.5 Paretova analýza

Po zjištění ekonoma Vilfreda Pareta z 19. století o nepravdělném rozložení 80% bohatství mezi 20 % obyvateli transformoval americký odborník J. M. Juran do oblasti řízení kvality Paretův princip (známý také jako Paretův zákon nebo pravidlo 80/20), na jehož základě definoval, že 80-95 % problémů s jakostí je způsobeno 5-20 % příčin, které nazval „životně důležitou menšinou“, na které je nutné se při další analýze procesu zaměřit, aby se docílilo odstranění nebo alespoň snížení jejich vlivu na chybovosti výrobků. Ostatní příčiny (80-95 %) nazval jako „užitečnou většinu“. Aplikací Paretova principu lze například vytyčit danou skupinu výrobků z celého výrobního programu, které se výrazně podílejí na vznikajících problémech. [11]

3.5.6 Bodový diagram

Bodový, nebo též Korelační diagram graficky zobrazuje vztah mezi dvěma náhodnými proměnnými. Díky němu lze posoudit případnou souvislost mezi dvěma znaky kvality produktu, přičemž platí, že čím větší množství je údajů, tím jasnější a věrohodnější je závislost mezi kontrolovanými proměnnými. Je ovšem důležité, aby byly hodnoty získány za srovnatelných podmínek. [12]

Vztah mezi jednotlivými proměnnými x a y může být:

- Kladný – platí, že $y = kx$ a hodnota korelačního koeficientu $r = +1$, jedná se o přímou závislost.
- Záporný – platí, že $(y = -kx)$ a hodnota korelačního koeficientu $r = -1$, jedná se o nepřímou závislost.

- Bez lineární závislosti – hodnota korelačního koeficientu $r = 0$, nelze tedy vyšetřit žádnou souvislost.
- Proměnná závislost – hodnota korelačního koeficientu $r \Rightarrow 1 <$, v daném úseku se přibližuje k hodnotě 1 a od určitého bodu hodnoty klesají. [5]

3.5.7 Regulační diagram

Pro odlišitelnost variability procesu, která byla vyvolána vymežitelnými (zvláštními) příčinami od variability, která byla vyvolána náhodnými (přirozenými) příčinami se využívá regulačního diagramu. Díky tomu lze předvídat chování procesu a případně nalézt vhodné aktivity pro zefektivnění procesu. Vymežitelné příčiny lze často řešit na úrovni obsluhy procesu, zatímco opatření pro snížení vlivu náhodných příčin si vyžadují extrémní změny procesu, jako například změnu technologie či výrobního zařízení. Významného využití nalézá u analýz průběhu opakujících se procesů, kde je také základním nástrojem jejich statistické regulace (SPC - Statistical Process Control). [12]

Statistické řízení procesů představuje grafický posudek stavů neboli hodnot s danými změnami v určitém čase. Svým charakterem je to nástroj vhodný hlavně pro automatizovaná nebo poloautomatizovaná pracoviště, protože konkrétní regulace se provádí online, čímž se zajistí stabilita procesu a předpokládaná práce bez chyb s minimálním počtem zmetků.

Při sestavení regulačního diagramu je nutné stanovit tyto hodnoty:

- střední hodnota (CL – Central Line),
- horní regulační mez (UCL – Upper Control Line),
- dolní regulační mez (LCL – Lower Control Line),
- akční meze, které se získávají již z předešlého měření, případně se stanoví pro daný proces. [5]

3.6 Sedm nových nástrojů řízení kvality

V průběhu sedmdesátých let minulého století byla japonskou Společností pro vývoj metod řízení kvality metodicky zpracována skupina sedmi nových nástrojů managementu kvality. [12]

3.6.1 Afinitní diagram

Použití Afinitního diagramu je vhodné pro vytvoření a uspořádání různorodých námětů, které se týkají daného problému. Tyto náměty jsou pomocí tohoto nástroje „shlukována“ do přirozených skupin pomocí příbuznosti (afinity) objasňující strukturu řešených problémů. Využití tohoto diagramu je u nečíselných údajů. [5]

3.6.2 Diagram vzájemných vztahů

Diagram vzájemných vztahů (relační diagram) umožňuje určit logické nebo příčinné souvislosti mezi dílčími náměty a stanovit tak priority dalšího postupu. Výstupem má být rozhodnutí o stanovení dalších kroků podle důležitosti a přednosti, tedy co se má udělat dříve a co později. Mezi logické souvislosti bezpochyby patří návaznosti a propojení jednotlivých činností, kdy jedna činnost předchází té následující. Do příčinných souvislostí lze zařadit vztahy mezi jevy, kdy jeden jev je příčinou jevu dalšího. Při zpracování diagramu se hojně využívají myšlenkové mapy, tzv. Mind mapy. [5,12]

3.6.3 Stromový diagram

Stromový, též systematický diagram názorně rozděluje jeden celek na jednotlivé díly a návaznosti. Využívá se proto pro rozdělení jednoho většího problému na více menších problémů, aby se zajistilo snadnější vytvoření plánu řešení problému a rozdělení požadavků zákazníka na konkrétnější požadavky. [11,12]

3.6.4 Maticový diagram

K určení a odstranění tzv. „bílých míst“ v informační bázi, které se vztahují k problému, napomáhá maticový diagram. Používá se pro posouzení vzájemných souvislostí mezi dvěma nebo více oblastmi problému. Nejrozšířenější jsou maticové diagramy tvaru „L“, nicméně se lze setkat i s diagramy tvaru „T“, „Y“ a „X“, přičemž tyto diagramy jsou kombinacemi diagramů tvaru „L“. [11]

Při sestrování diagramu je nezbytné určit oblasti problému, mezi jejichž prvky budou sledovány vzájemné vztahy. Tyto prvky se zapíší do záhlaví sloupců a řádků maticového diagramu, aby bylo možné týmově hodnotit sílu vztahů mezi prvky vybraných oblastí. Často se závislost vztahů rozděluje na čtyři úrovně (závislost silná, průměrná, slabá nebo žádná). Míra závislosti mezi prvky se graficky znázorňuje vhodně zvolenými symboly. V případě nezávislosti se buňka nechá prázdná. [12]

3.6.5 Analýza údajů v matici

S využitím tohoto nástroje lze analyzovat údaje z maticové tabulky, a to porovnáním jednotlivých prvků (proměnných), které jsou charakterizovány řadou složek. Jednotlivé proměnné bývají často nejen hodnoty či produkty, ale i osoby, dodavatelé a zákazníci. K analýze údajů v matici lze využít například tyto metody:

- a) analýza hlavních komponentů;
- b) stanovení „vzdáleností“ mezi vícerozměrnými proměnnými;
- c) mapa (vjemová mapa, poziční mapa);
- d) plošný diagram (glyph). [11]

3.6.6 Diagram PDPC

Diagram PDPC (process decision programme chart) je zjednodušená verze metody FMECA (failure mode, effects and criticality analysis), která se využívá hlavně pro přípravu pohotovostních plánů. Slouží k předvídání kritických situací s následným výběrem preventivních činností a protiopatření. [16]

Lze jej použít nejen pro identifikaci možných problémů, které mohou vzniknout při realizaci plánovaných činností, ale také pro jejich eliminaci a případný návrh vhodných protiopatření. Správným použitím tohoto nástroje lze minimalizovat možnost vzniku problémů při provádění předem plánovaných činností. [11]

Často se používá u výjimečných úkolů s nepřijatelnými náklady spojenými s potenciální kritickou situací. [24]

Základem zpracování diagramu PDPC by měl být systematický diagram dekomponující dosažení daného cíle na konkrétnější činnosti, u kterých se pomocí brainstormingu hledají odpovědi na otázky:

- Jaké problémy mohou při zajišťování této činnosti nastat?
- Jaká opatření by měla být plánována, abychom předešli těmto možným problémům?

Odpovědi na druhou otázku (plánovaná opatření) se zapisují vpravo od sledovaných procesů, ale na rozdíl od struktury systematického diagramu např. do „obláčků“ pro odlišení. [12]

Při plánování možných protiopatření a preventivních činností se musí zvážit jejich proveditelnost, nákladnost a dopad na dodržení jakosti a plánů. [24]

U hledání vhodných opatření lze využít těchto možností:

- Vyhnutí se problému (nalezení alternativních činností).
- Snížení pravděpodobnosti výskytu problému (změny nebo doplnění činností vedoucích ke snížení možnosti výskytu problému).
- Přípravenost na možný výskyt problému (plánování činností vedoucích ke zvládnutí problému, když nastane).

Díky tomu je diagram PDPC vhodný pro řešení nových úkolů nebo podmínek, ale také v případech složitého plánu činností či možnosti zvýšeného rizika výskytu problémů. Správně zpracovaný diagram PDPC zajišťuje možnost dělat věci správně, a to hned napoprvé. [12]

3.6.7 Šipkový diagram

Tento diagram je primárně určen k urychlení časového toku během řízení projektu složeného z více komponent. Pro maximální účinnost diagramu je nezbytná trvalá aktualizace dat, díky čemuž se získá povědomí o průběhu činností v čase realizace projektu s následnou optimalizací příslušnými opatřeními či zkracování celkového průběhu v čase. [5]

Šipkový diagram je obdobou metody PERT (Program Evaluation and Review Technique – Metoda vyhodnocování a kontroly programu). Hlavní využití tohoto diagramu je k určení optimální doby nutné ke splnění daného úkolu a zároveň přehlednému grafickému znázornění toku činností. [24]

Při tvorbě šipkového diagramu se musí dodržet, aby graf obsahoval jasně daný začátek grafu (okamžik rozhodnutí o zahájení práce) a jediný konec. Pro známost návaznosti činností musí být všechny tyto činnosti propojeny, a musí postupovat pouze jedním směrem (nesmí se vracet do předchozích uzlů). V neposlední řadě se musí brát zřetel na stejné jednotky časových údajů. Složité činnosti se doporučují rozložit na dílčí činnosti, čímž se zkrátí celková doba trvání akce (projektu). [5]

4 NEJČASTĚJŠÍ VADY VÝSTŘIKŮ

Při procesu vstřikování termoplastů velmi často dochází k výskytu problémů nejrůznějších druhů. Ačkoliv jsou k dispozici detailní informace jak o vstřikovací stroji s veškerým vybavením, vstřikovací formě či vstřikovaném materiálu, stále dochází k výrobě výstřiků, které nejsou shodné s požadavky odběratele. Vadu výstřiku z termoplastů lze definovat jako defekt, který zapříčiňuje odlišnost výstřiku od předem dohodnutého normálu. Nejčastěji se jedná o odlišnosti tvarů a rozměrů, vzhledu a povrchu, popřípadě fyzikálně-mechanických vlastností. Každý defekt má nějakou příčinu, proto je nutné ji identifikování a odstranit, a to v co možná nejkratším čase. [25]

Vadám během vstřikování se nelze snadno vyhnout. Možné důvody výskytu vad mohou být nejen kvůli nevhodně zvolenému procesu výroby, ale také vlivem lidských chyb, případně jejich kombinací. [28]

Vady, které mohou během procesu vstřikování vzniknout lze rozdělit na vady zjevné a vady skryté. Zjevné vady lze identifikovat vizuální kontrolou a porovnáním s referenčním kusem. Podle typu je lze dále rozdělit na:

- vady tvaru (přetoky, propadliny, zborcení, deformace)
- vady povrchu (např. škrábance, tokové čáry či spálená místa).

Vady skryté obvykle nelze zjistit vizuální kontrolou, nicméně je nutné je sledovat, protože mají velký vliv na výsledné vlastnosti výstřiků. Typickými skrytými vadami jsou studené spoje, vakuové bubliny a lunkry. [25]

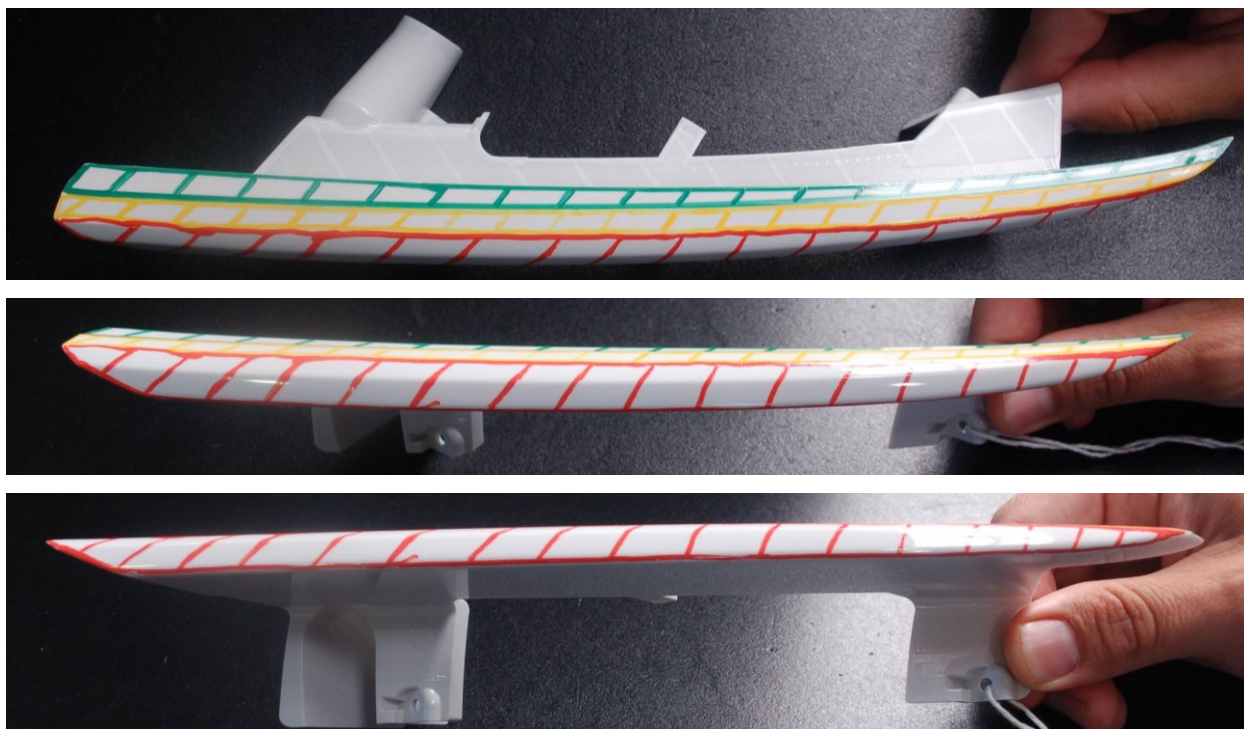
II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ANALÝZA DAT

Po dobu 11 týdnů byla sledována zmetkovitost na definovaných dílech při procesu vstřikování s cílem snížení jejich zmetkovitosti. Výrobní data byla zpracovávána za účelem zjištění podílu vady, která způsobuje nejvyšší zmetkovitost. Vady dílů byly posuzovány na základě vzorků definovaných zákazníkem.

Jelikož se jedná o pohledové díly, byly zákazníkem definovány jednotlivé zóny významnosti. Červená zóna je definována jako kritická, žlutá zóna jako méně významná a zelená zóna představuje nevýznamnou zónu.

Typy jednotlivých vad byly definovány sběrnou kartou vad (interní dokumentace dle požadavků norem).



Obrázek 3 Zóny pohledových dílů A i B

Data za první čtyři týdny vyjadřují zmetkovitost výrobního procesu bez úprav. (viz kapitola 4.1)

Data za pátý až sedmý týden vyjadřují zmetkovitost výrobního procesu po implementaci navrženého opatření č. 1 (změna ukládání dílů manipulátorem na pás). (viz kapitola 7.1)

Data za devátý až jedenáctý týden vyjadřují zmetkovitost po implementaci druhého navrženého opatření (evolonový pás). (viz kapitola 7.2)

Výrobní cena dílů odpovídá 35,69 EUR/100 ks, tedy 0,3569 EUR /1 ks. Průměrný kurz eura od ČNB v roce 2021 nabýval hodnoty 25,645 Kč. Cena 1 dílu tedy odpovídala 9,153 Kč.

Projekt na výrobu dílů je naplánován na dobu 4 let s ročním objemem 105 000 ks od každého dílu.

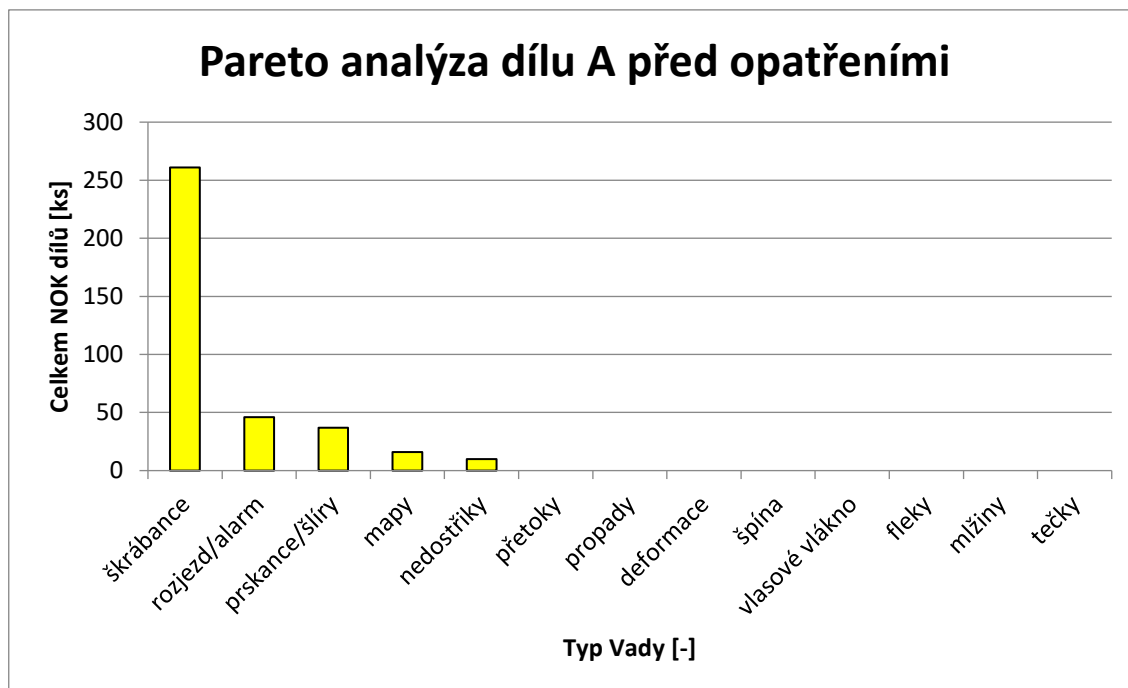
5.1 Vyhodnocení zmetkovitosti

V tab. 1 jsou zpracována data vyjadřující podíl daných vad na celkové zmetkovitosti v dané výrobní dávce ve sledovaném období 1. až 4. týdne. Toto období bylo určeno pouze k analýze výchozího stavu.

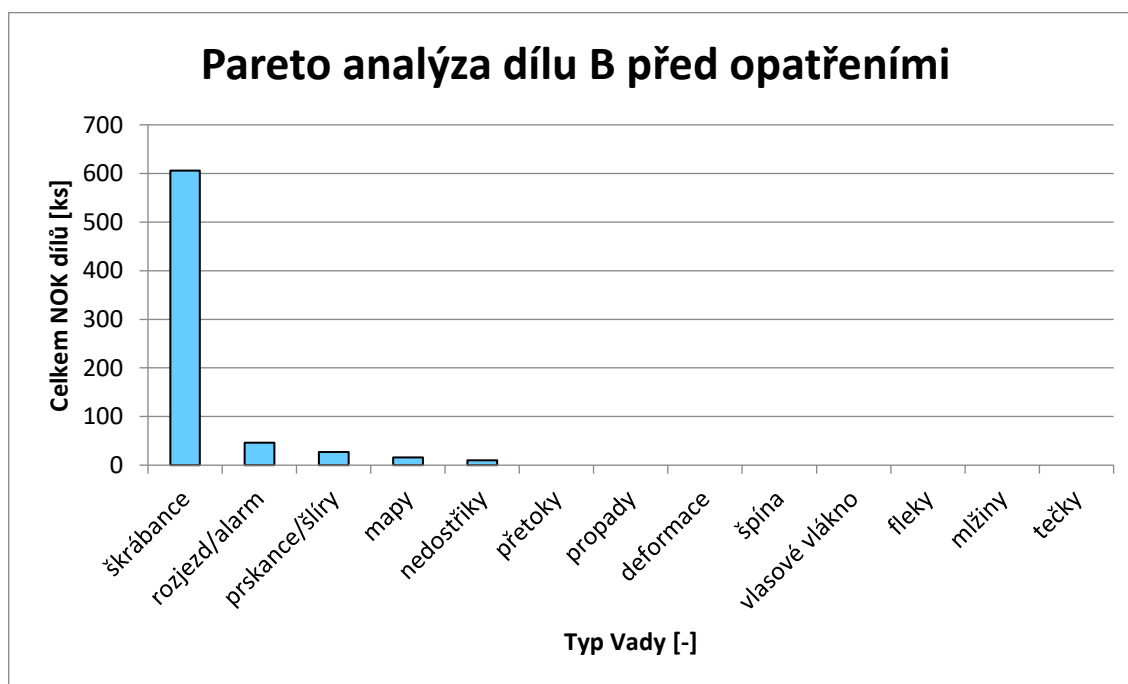
Tabulka 1 Podíl vad na dílech A i B v období 1. až 4. týdne

TYP VADY	týden 1		týden 2		týden 3		týden 4	
	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B
přetoky	0	0	0	0	0	0	0	0
nedostřiky	4	4	6	6	0	0	0	0
propady	0	0	0	0	0	0	0	0
deformace	0	0	0	0	0	0	0	0
rozjezd/alarm	26	26	2	2	8	8	10	10
prskance/šlíry	10	12	8	5	10	5	9	5
škrábance	62	152	58	151	72	147	69	156
špína	0	0	0	0	0	0	0	0
vlasové vlákno	0	0	0	0	0	0	0	0
mapy	0	0	16	16	0	0	0	0
fleky	0	0	0	0	0	0	0	0
mlžiny	0	0	0	0	0	0	0	0
tečky	0	0	0	0	0	0	0	0
Celkem NOK dílů	102	194	90	180	90	160	88	171
Celkem vyrobených ks	2000	2000	1800	1800	1800	1800	2000	2000

Ze zjištěného počtu nevyhovujících NOK (Not OK) dílů byla provedena u obou dílů Pareto analýza, která jasně definovala hlavní problém škrábance na dílech.



Graf 1 Pareto analýza dílu A



Graf 2 Pareto analýza dílu B

Z hodnot uvedených v *Tabulka 2* lze získat hodnotu průměrné celkové zmetkovitosti za období 1. až 4. týdne, která dosahuje u dílu A 4,9 % a u dílu B 9,3 %, přičemž největší podíl na zmetkovitosti má u obou dílů vada – škrábance.

Tabulka 2 Vady na dílech A i B v období 1. až 4. týdne s procentuálním zhodnocením celkové zmetkovitosti a škrábanců

TYP VADY	týden 1		týden 2		týden 3		týden 4	
	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B
přetoky	0	0	0	0	0	0	0	0
nedostřiky	4	4	6	6	0	0	0	0
propady	0	0	0	0	0	0	0	0
deformace	0	0	0	0	0	0	0	0
rozjezd/alarm	26	26	2	2	8	8	10	10
prskance/šlíry	10	12	8	5	10	5	9	5
škrábance	62	152	58	151	72	147	69	156
špína	0	0	0	0	0	0	0	0
vlasové vlákno	0	0	0	0	0	0	0	0
mapy	0	0	16	16	0	0	0	0
fleky	0	0	0	0	0	0	0	0
mlžiny	0	0	0	0	0	0	0	0
tečky	0	0	0	0	0	0	0	0
Celkem NOK dílů	102	194	90	180	90	160	88	171
Celkem vyrobených ks	2000	2000	1800	1800	1800	1800	2000	2000
Celková zmetkovitost [%]	5,1%	9,7%	5,0%	10,0%	5,0%	8,9%	4,4%	8,6%
Vada - škrábance [%]	3,1%	7,6%	3,2%	8,4%	4,0%	8,2%	3,5%	7,8%

Při pokračování ve výrobě dílů za těchto podmínek (beze změn procesu) by došlo k vysokým materiálovým i finančním ztrátám v případě obou dílů.

Tabulka 3 Roční finanční zhodnocení dílu A pro období 1. až 4. sledovaného týdne

DÍL A			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu	9,153 Kč		
roční výrobní objem	105 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	961 065 Kč		
průměrná celková zmetkovitost beze změny procesu	4,9%	tj. finanční ztráta: 47 092 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 913 973 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance beze změny procesu	3,4%	tj. finanční ztráta: 32 676 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 928 389 Kč

U dílu A s průměrnou celkovou zmetkovitostí 4,9 % by při výrobě 105 000 ks v období jednoho roku došlo ke ztrátě 5 145 ks, což by představovalo ztrátu 47 092 Kč, z toho 3,4 % průměrné zmetkovitosti na škrábance s podílem 32 676 Kč.

Tabulka 4 Roční finanční zhodnocení dílu B pro období 1. až 4. sledovaného týdne

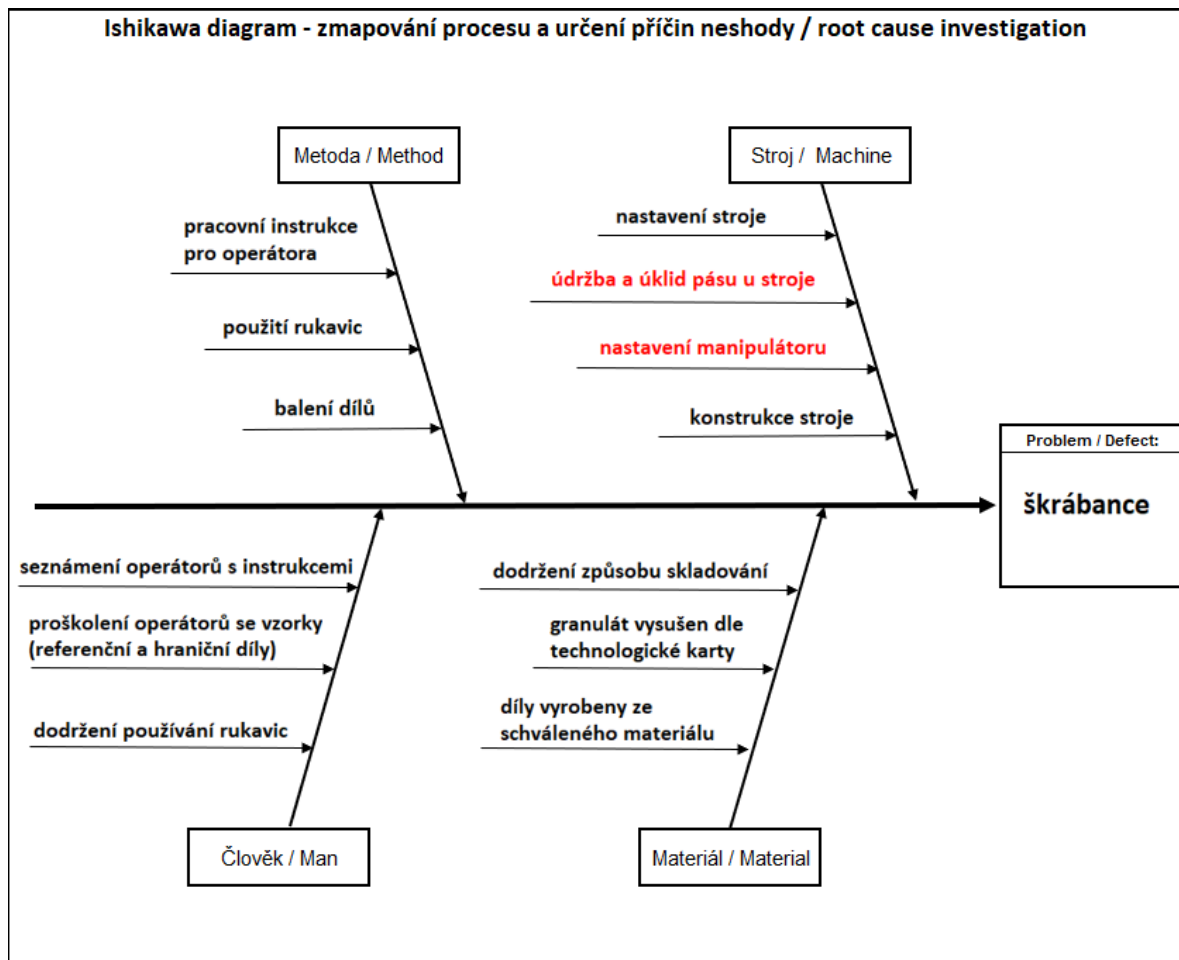
DÍL B			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu	9,153 Kč		
roční výrobní objem	105 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	961 065 Kč		
průměrná celková zmetkovitost beze změny procesu	9,3%	tj. finanční ztráta: 89 379 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 871 686 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance beze změny procesu	8,0%	tj. finanční ztráta: 76 885 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 884 180 Kč

U dílu B by došlo při výrobě 105 000 ks v období jednoho roku s hodnotou průměrné celkové zmetkovitosti 9,3 % ke ztrátě 9 765 ks, což by představovalo ztrátu 89 379 Kč, z toho 8,0 % průměrné zmetkovitosti na škrábance s podílem 76 885 Kč.

6 ANALÝZA KOŘENOVÉ PŘÍČINY

Na základě získaných výrobních dat byla provedena analýza kořenové příčiny pomocí Ishikawa diagramu, metody 4M a 5x Proč.

6.1 Ishikawa diagram



Obrázek 4 Ishikawa diagram zjišťující příčiny škrábanců

Díky Ishikawa diagramu byla zjištěna dvě potenciální rizika: nastavení manipulátoru a údržba a úklid pásu u stroje.

6.2 4M, 5x Proč

Metodou 4M byly detailně prozkoumány jednotlivé body z Ishikawa diagramu, které potvrdily pochybení u manipulátoru a pásu stroje. Příčina problému u manipulátoru a pásu stroje byla dále analyzována metodou 5x Proč (viz. PŘÍLOHA P I : METODA 5x PROČ).

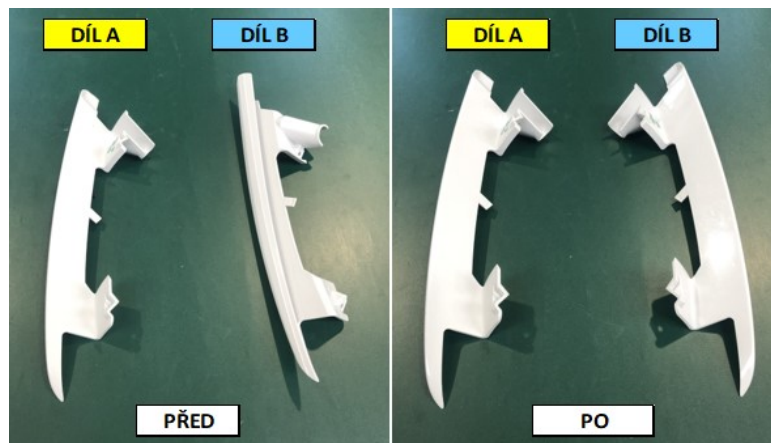
K nalezeným problémům byl definován akční plán. V první fázi akčního plánu byla provedena realizace úpravy odebíracího manipulátoru (detaily viz kap. 6.1). Následovala testovací výrobní dávka, která byla sledována po dobu 3 týdnů (výsledky viz kap. 7.1).

Druhá fáze akčního plánu, která zahrnovala implementaci evolonového pásu (viz kap. 6.2) probíhala od 8. sledovaného týdne po dobu 4 týdnů. Výsledky testování jsou shrnuty v kapitole 7.2.

7 NÁVRH A REALIZACE NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

7.1 Úprava odebíracího manipulátoru

Metoda 5x Proč odhalila nevhodnou konstrukci manipulátoru, který ukládal díl B na pás kritickou červenou zónou. Jako opatření byla navržena jednoduchá konstrukční úprava manipulátoru, která byla provedena pracovníky ve firmě. Finanční nákladnost úpravy konstrukce manipulátoru byla 500 Kč.



Obrázek 5 Změna způsobu uložení dílů na pás po úpravě odebíracího manipulátoru

7.2 Implementace evolonového pásu

Další pochybení v procesu, které bylo odhaleno metodou 5x Proč byl povrch pásu, na který jsou díly pokládány. Přestože byl proveden pravidelný úklid a údržba pásu, nadále se vyskytovaly poškrábané díly, i když v menší míře. Technologem bylo navrženo pokrytí pásu jemnou tkaninou pro zabránění poškrábání. Na pásu stroje byl zaimplementován látkový evolonový pás, jehož pořizovací cena byla 1 500 Kč.



Obrázek 6 Implementace evolonového pásu

8 OVĚŘENÍ EFEKTIVNOSTI ZAVEDENÝCH OPATŘENÍ

8.1 Manipulátor

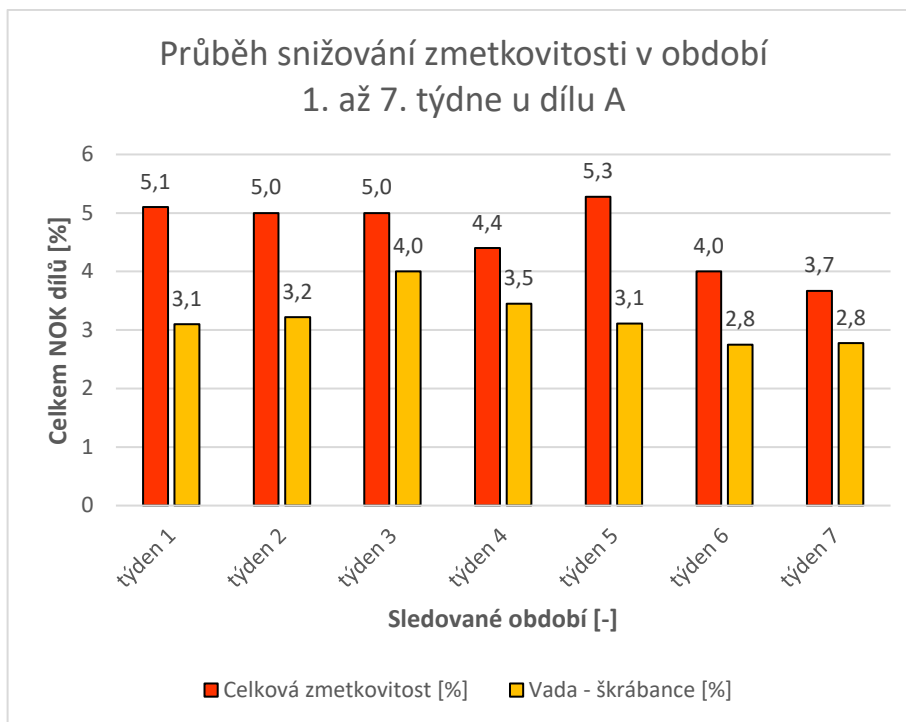
Úprava konstrukce odebíracího manipulátoru byla aplikována v pátém týdnu sledovaného období.

Tabulka 5 Vady na dílech A i B v období 5. až 7. týdne s procentuálním zhodnocením celkové zmetkovitosti a škrábanců

TYP VADY	týden 5		týden 6		týden 7	
	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B
přetoky	0	0	0	0	0	0
nedostřiky	4	4	6	6	0	0
propady	0	0	0	0	0	0
deformace	0	0	0	0	0	0
rozjezd/alarm	20	20	5	5	6	6
prskance/šlíry	15	20	14	16	10	14
škrábance	56	102	55	75	50	68
špína	0	0	0	0	0	0
vlasové vlákno	0	0	0	0	0	0
mapy	0	0	0	0	0	0
fleky	0	0	0	0	0	0
mlžiny	0	0	0	0	0	0
tečky	0	0	0	0	0	0
Celkem NOK dílů	95	146	80	102	66	88
Celkem vyrobených ks	1800	1800	2000	2000	1800	1800
Celková zmetkovitost [%]	5,3%	8,1%	4,0%	5,1%	3,7%	4,9%
Vada - škrábance [%]	3,1%	5,7%	2,8%	3,8%	2,8%	3,8%

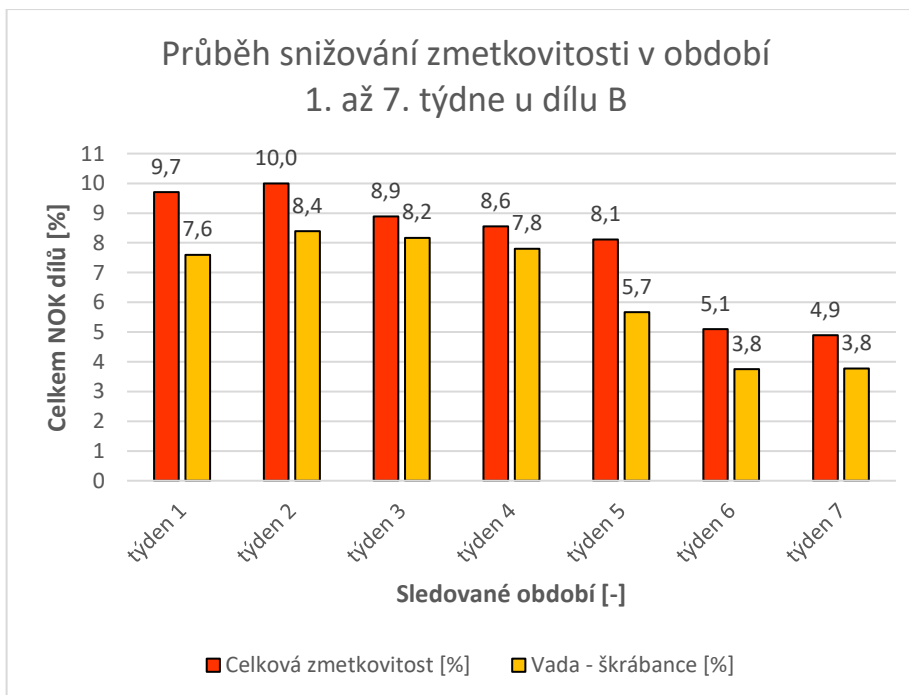
Úprava manipulátoru měla pozitivní vliv na snížení zmetkovitosti způsobené škrábanci u dílu B, který byl pokládán na kritickou zónu dílu. Průměrná zmetkovitost vady škrábance poklesla z 8 % na 4,4 %. U dílu A se úprava manipulátoru neprojevila.

DÍL A



Graf 3 Snižování zmetkovitosti u dílu A v období 1. až 7. týdne

DÍL B



Graf 4 Snižování zmetkovitosti u dílu B v období 1. až 7. týdne

U dílu A dojde s průměrnou celkovou zmetkovitostí 4,6 % ze sledovaného období 1. až 7. týdne při výrobě 105 000 ks v období 1 roku ke ztrátě 4 830 ks, což by představovalo ztrátu 44 209 Kč, z toho 3,2 % průměrné zmetkovitosti na škrábance s podílem 30 754 Kč.

Tabulka 6 Roční finanční zhodnocení dílu A pro období 1. až 7. sledovaného týdne

DÍL A			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu	9,153 Kč		
roční výrobní objem	105 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	961 065 Kč		
průměrná celková zmetkovitost beze změny procesu	4,6%	tj. finanční ztráta: 44 209 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 916 856 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance beze změny procesu	3,2%	tj. finanční ztráta: 30 754 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 930 311 Kč

Po zavedení prvního opatření, kterým byla úprava konstrukce manipulátoru, došlo u dílu B ke snížení průměrné zmetkovitosti na škrábance z původních 8,0 % na 4,4 %. S touto hodnotou dojde při výrobě 105 000 ks v období 1 roku ke ztrátě 4 620 ks. Z finančního hlediska to představuje roční ztrátu 42 287 Kč.

Tabulka 7 Roční finanční zhodnocení dílu B pro období 5. až 7. sledovaného týdne

DÍL B			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu	9,153 Kč		
roční výrobní objem	105 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	961 065 Kč		
průměrná celková zmetkovitost po úpravě manipulátoru	6,0%	tj. finanční ztráta: 57 664 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 903 401 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance po úpravě manipulátoru	4,4%	tj. finanční ztráta: 42 287 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 918 778 Kč

8.2 Evolonový pás

Implementace evolonového pásu byla provedena v osmém týdnu sledovaného období.

Tabulka 8 Vady na dílech A i B v období 8. až 11. týdne s procentuálním zhodnocením celkové zmetkovitosti a škrábanců

TYP VADY	týden 8		týden 9		týden 10		týden 11	
	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B	DÍL A	DÍL B
přetoky	0	0	0	0	0	0	0	0
nedostřiky	4	4	6	6	0	0	0	0
propady	0	0	0	0	0	0	0	0
deformace	0	0	0	0	0	0	0	0
rozjezd/alarm	16	16	10	10	5	5	6	6
prskance/šlíry	8	6	10	12	14	11	12	10
škrábance	34	32	29	31	29	28	27	29
špína	0	0	0	0	0	0	0	0
vlasové vlákno	0	0	0	0	0	0	0	0
mapy	0	0	0	0	0	0	0	0
fleky	0	0	0	0	0	0	0	0
mlžiny	0	0	0	0	0	0	0	0
tečky	0	0	0	0	0	0	0	0
Celkem NOK dílů	62	58	55	59	48	44	45	45
Celkem vyrobených ks	1800	1800	2000	2000	1800	1800	1800	1800
Celková zmetkovitost [%]	3,4%	3,2%	2,8%	3,0%	2,7%	2,4%	2,5%	2,5%
Vada - škrábance [%]	1,9%	1,8%	1,5%	1,6%	1,6%	1,6%	1,5%	1,6%

Přidání evolonového pásu ke stroji vedlo k dalšímu snížení zmetkovitosti na vadu-škrábance, a tím pádem i ke snížení průměrné celkové zmetkovitosti. K poklesu zmetkovitosti došlo u obou sledovaných dílů.

U dílu A byla výchozí hodnota zmetkovitosti na vadu-škrábance 3,2 % za období 1. až 7. sledovaného týdne-bez úprav procesu. Díky implementaci evolonového pásu došlo ke snížení zmetkovitosti na vadu-škrábance na hodnotu 1,6 %. S touto hodnotou dojde k vyrobení 1 680 ks dílů se škrábanci z plánovaných 105 000 vyrobených kusů za rok. Finanční ztráta se díky tomu sníží z 30 754 Kč/rok na 15 377 Kč/rok. Docílí se tedy zlepšení s finanční úsporou 17 299 Kč/rok.

Tabulka 9 Roční finanční zhodnocení dílu A pro období 8. až 11. sledovaného týdne

DÍL A			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu	9,153 Kč		
roční výrobní objem [☐]	105 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	961 065 Kč		
průměrná celková zmetkovitost po implementaci evolonového pásu	2,8%	tj. finanční ztráta: 26 910 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 934 155 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance po implementaci evolonového pásu	1,6%	tj. finanční ztráta: 15 377 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 945 688 Kč

U dílu B došlo k poklesu hodnoty průměrné zmetkovitosti na vadu-škrábance z původních 4,4 % z období 5. až 7. sledovaného týdne na hodnotu 1,6 %. Díky této hodnotě dojde ke snížení počtu vyrobených dílů se škrábanci na 1 680 ks z plánovaných 105 000 vyrobených kusů za rok. Z finančního hlediska tento počet dílů se škrábanci představuje roční ztrátu 15 377 Kč.

Tabulka 10 Roční finanční zhodnocení dílu B pro období 8. až 11. sledovaného týdne

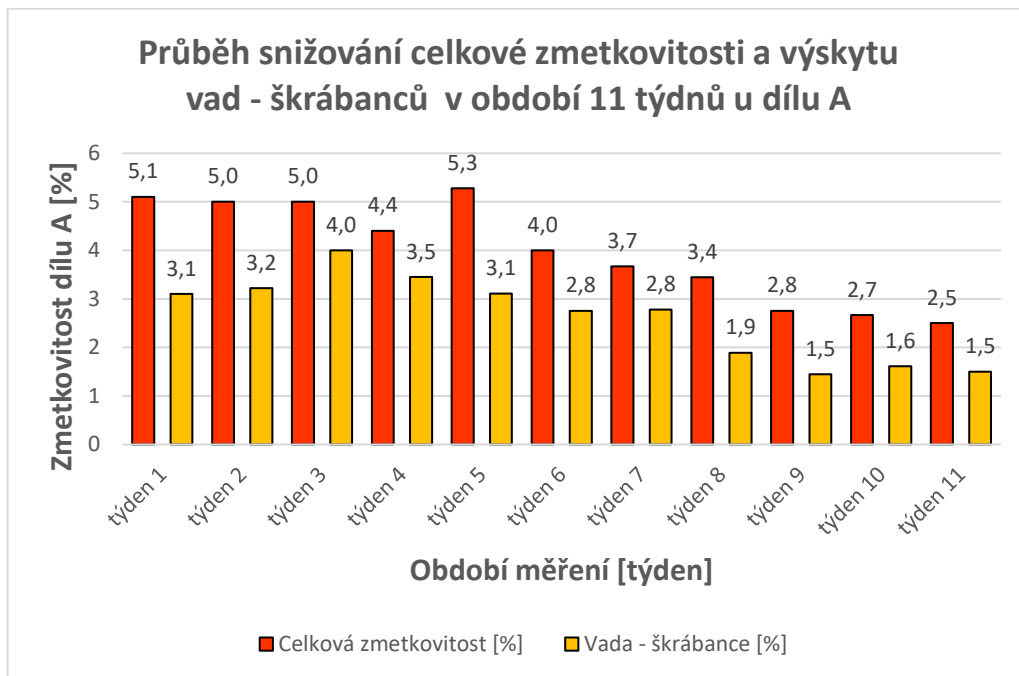
DÍL B			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu [☐]	9,153 Kč		
roční výrobní objem [☐]	105 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	961 065 Kč		
průměrná celková zmetkovitost po implementaci evolonového pásu	2,8%	tj. finanční ztráta: 26 910 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 934 155 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance po implementaci evolonového pásu	1,6%	tj. finanční ztráta: 15 377 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 945 688 Kč

Vzhledem ke snížení průměrné celkové zmetkovitosti u dílu A z předešlých 4,6 % (z období 1. až 7. sledovaného týdne) na 2,8 % dojde k ušetření 17 299 Kč/rok. U dílu B se dosáhlo snížení průměrné celkové zmetkovitosti z předešlých 6,0 % (z období 5. až 7. sledovaného týdne) na 2,8 %. Díky tomuto snížení hodnoty průměrné celkové zmetkovitosti se zajistí finanční úspora v hodnotě 30 754 Kč/rok.

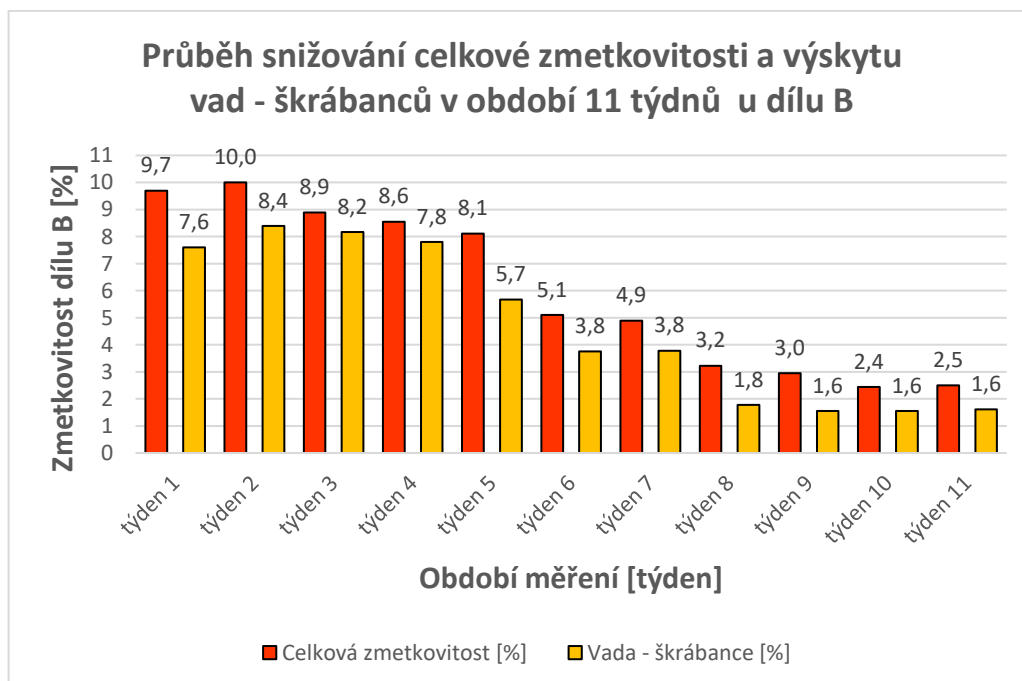
Pořizovací náklady na evolonový pás byly 1500 Kč. Po započtení ceny investice do evolonového pásu je tedy celková roční úspora u dílu A 16 549 Kč a u dílu B 30 004 Kč.

9 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

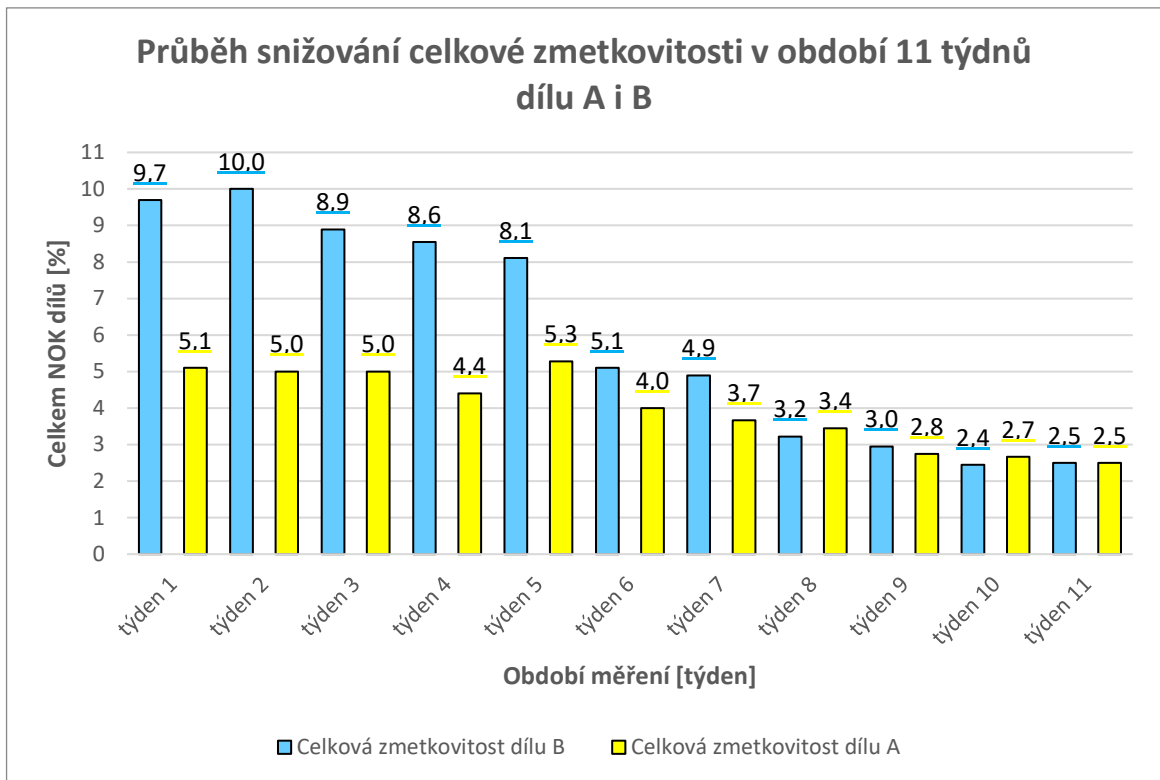
9.1 Grafické znázornění průběhu snižování zmetkovitosti



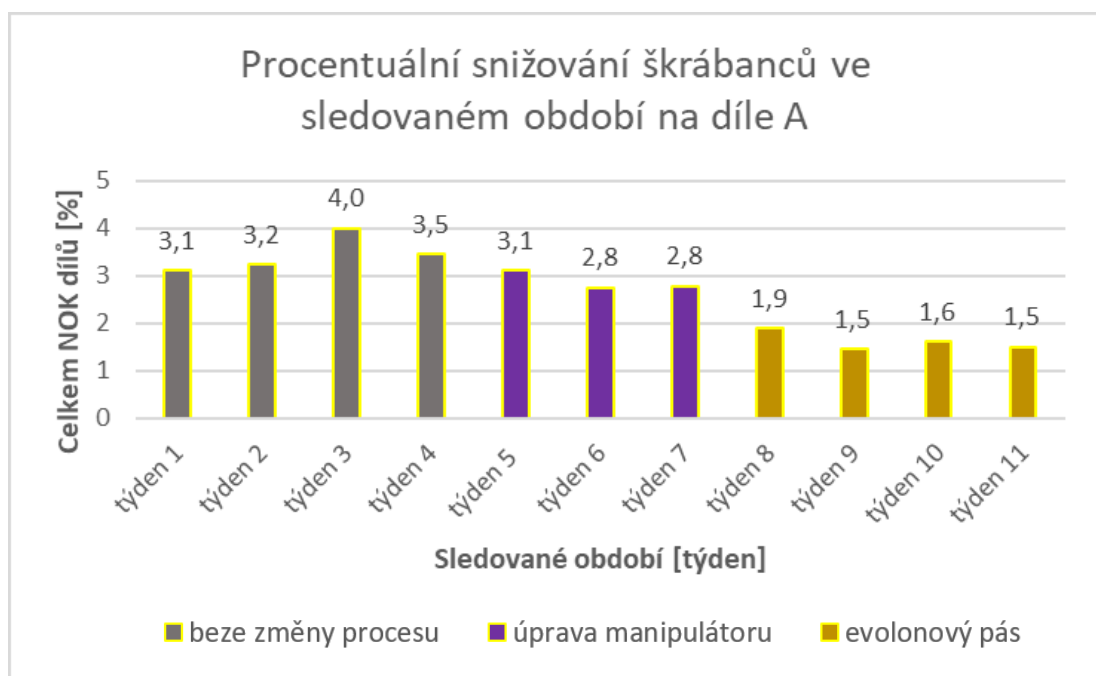
Graf 5 Průběh snižování celkové zmetkovitosti a škrábanců dílu A po celou dobu sledování



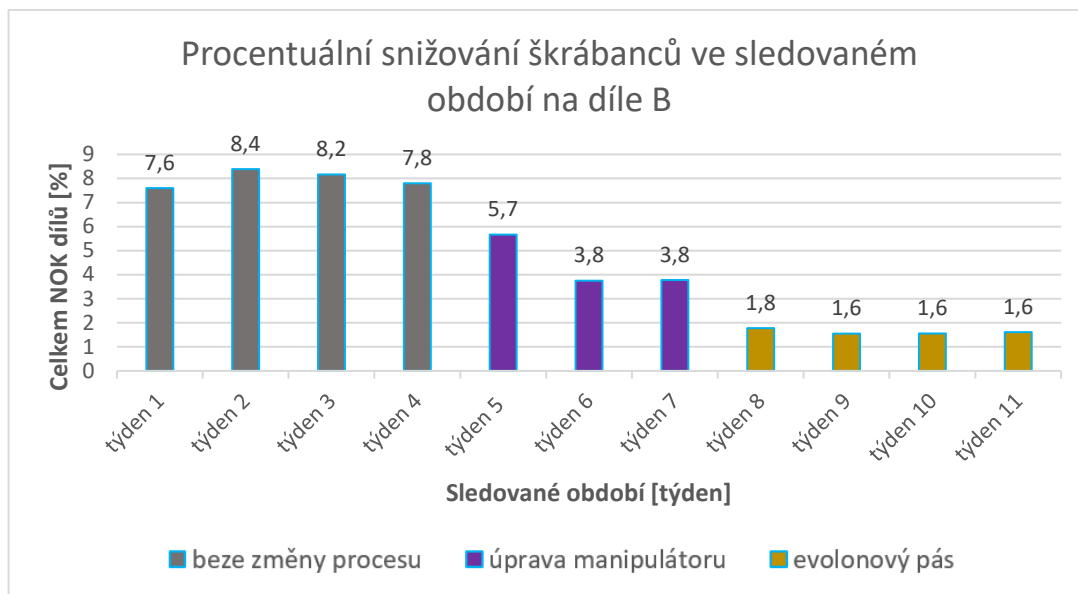
Graf 6 Průběh snižování celkové zmetkovitosti a škrábanců dílu B po celou dobu sledování



Graf 7 Průběh snižování celkové zmetkovitosti dílu A i B po celou dobu sledování



Graf 8 Průběh snižování zmetkovitosti vady-škrábance u dílu A po celou dobu sledování



Graf 9 Průběh snižování zmetkovitosti vady-škrábance u dílu B po celou dobu sledování

9.2 Celkové zhodnocení vlivu zlepšení výrobního procesu za výrobní období čtyř let

9.2.1 Sledované období beze změn procesu (1. až 4. týden)

U dílu A byla v první fázi sledovaného období, tedy ve fázi beze změn procesu hodnota průměrné celkové zmetkovitosti 4,9 %. Ve čtyřletém období výroby by tedy při této hodnotě průměrné zmetkovitosti došlo k vyrobení 20 580 vadných kusů z celkového počtu 420 000 kusů. Z finančního hlediska by byla z celkové potenciální částky 3 844 260 Kč za vyrobené díly dosažena částka 3 525 186 Kč. Došlo by tedy k finanční ztrátě 188 369 Kč.

Tabulka 11 Finanční zhodnocení dílu A pro období 1. až 4. sledovaného týdne pro čtyřleté období

DÍL A			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu	9,153 Kč		
čtyřletý výrobní objem	420 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	3 844 260 Kč		
průměrná celková zmetkovitost beze změny procesu	4,9%	tj. finanční ztráta: 188 369 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 655 891 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance beze změny procesu	3,4%	tj. finanční ztráta: 130 705 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 713 555 Kč

U dílu B byla v tomto období hodnota průměrné celkové zmetkovitosti 9,3 %. Ve čtyřletém období výroby by tedy při této hodnotě průměrné zmetkovitosti došlo k vyrobení 39 060 vadných kusů z celkového počtu 420 000 kusů. Z finančního hlediska by byla z celkové

potenciální částky 3 844 260 Kč za vyrobené díly dosažena částka 3 486 744 Kč. Došlo by tedy k finanční ztrátě 357 516 Kč.

Tabulka 12 Finanční zhodnocení dílu B pro období 1. až 4. sledovaného týdne pro čtyřleté období

DÍL B			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu ☐	9,153 Kč		
čtyřletý výrobní objem	420 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	3 844 260 Kč		
průměrná celková zmetkovitost beze změny procesu	9,3%	tj. finanční ztráta: 357 516 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 486 744 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance beze změny procesu	8,0%	tj. finanční ztráta: 307 541 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 536 719 Kč

9.2.2 Změna ukládání dílu manipulátorem na pás (5. až 7. týden)

Z důvodu zjištění nevhodného ukládání dílu B na pás stroje byla provedena konstrukční úprava odebíracího manipulátoru. Investice do této úpravy činila 500 Kč. Díky této úpravě se docílilo snížení průměrné celkové zmetkovitosti z hodnoty 9,3 % na 6,0 %. Ve čtyřletém období výroby by tedy při této hodnotě průměrné zmetkovitosti došlo k vyrobení 25 200 vadných kusů z celkového počtu 420 000 kusů. Z finančního hlediska by byla z celkové potenciální částky 3 844 260 Kč za vyrobené díly dosažena částka 3 613 604 Kč. Došlo by tedy k finanční ztrátě 230 656 Kč.

Tabulka 13 Finanční zhodnocení dílu B pro období 5. až 7. sledovaného týdne pro čtyřleté období

DÍL B			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu ☐	9,153 Kč		
čtyřletý výrobní objem	420 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	3 844 260 Kč		
průměrná celková zmetkovitost po úpravě manipulátoru	6,0%	tj. finanční ztráta: 230 656 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 613 604 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance po úpravě manipulátoru	4,4%	tj. finanční ztráta: 169 147 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 675 113 Kč

Jelikož bylo zjištěno nevhodné ukládání na pás pouze u dílu B, úprava manipulátoru neovlivnila průběh snižování zmetkovitosti u dílu A. Hodnota průměrné celkové zmetkovitosti od začátku sledování u dílu A nabyla hodnoty 4,6 %. S touto hodnotou by v období čtyř let došlo k vyrobení 19 320 vadných kusů z celkového počtu 420 000 kusů. Z celkové potenciální částky 3 844 260 Kč by tedy bylo dosaženo pouze 3 667 424 Kč. Finanční ztráta by byla ve výši 176 836 Kč.

Tabulka 14 Finanční zhodnocení dílu A pro období 1. až 7. sledovaného týdne pro čtyřleté období

DÍL A			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu	9,153 Kč		
čtyřletý výrobní objem	420 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	3 844 260 Kč		
průměrná celková zmetkovitost beze změny procesu	4,6%	tj. finanční ztráta: 176 836 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 667 424 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance beze změny procesu	3,2%	tj. finanční ztráta: 123 016 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 721 244 Kč

9.2.3 Implementace evolonového pásu (8. až 11. týden)

Díky implementaci evolonového pásu na odkládací pás stroje se dosáhlo snížení hodnoty průměrné celkové zmetkovitosti u obou dílů. U dílu A konkrétně z předešlých 4,6 % na 2,8 %. S tímto zlepšením by v období čtyř let došlo k výrobě 11 760 vadných kusů z celkového počtu 420 000 kusů. Z celkové potenciální částky 3 844 260 Kč by tedy bylo dosaženo 3 736 621 Kč. Finanční ztráta by tedy byla ve výši 107 639 Kč.

Tabulka 15 Finanční zhodnocení dílu A pro období 8. až 11. sledovaného týdne pro čtyřleté období

DÍL A			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu	9,153 Kč		
čtyřletý výrobní objem	420 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	3 844 260 Kč		
průměrná celková zmetkovitost po implementaci evolonového pásu	2,8%	tj. finanční ztráta: 107 639 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 736 621 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance po implementaci evolonového pásu	1,6%	tj. finanční ztráta: 61 508 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 782 752 Kč

Implementace evolonového pásu se příznivě podepsala na snížení hodnoty průměrné celkové zmetkovitosti i u dílu B. Docílilo se stejné hodnoty jako u dílu A, tedy 2,8 % z předchozích 4,6 % z období 5. až 7. týdne. Stejně jako u dílu A by tedy došlo k výrobě 11 760 vadných kusů z celkového počtu 420 000 kusů a tím i k finanční ztrátě 107 639 Kč.

Tabulka 16 Finanční zhodnocení dílu B pro období 8. až 11. sledovaného týdne pro čtyřleté období

DÍL B			
POPIS	HODNOTA		
cena dílu ☐	9,153 Kč		
čtyřletý výrobní objem	420 000 ks		
potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti	3 844 260 Kč		
průměrná celková zmetkovitost po implementaci evolonového pásu	2,8%	tj. finanční ztráta: 107 639 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 736 621 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance po implementaci evolonového pásu	1,6%	tj. finanční ztráta: 61 508 Kč	tj. skutečně dosažená částka: 3 782 752 Kč

Díky aplikování zmíněných metod a nástrojů řízení kvality se podařilo u obou dílů zajistit snížení hodnoty průměrné zmetkovitosti na vadu-škrábance, a tím pádem i hodnoty průměrné celkové zmetkovitosti.

DÍL A

Z výchozí hodnoty průměrné celkové zmetkovitosti 4,6 % z období 1. až 7. sledovaného týdne – tedy z období beze změn procesu se tato hodnota snížila na 2,8 % (8. až 11. sledovaný týden). Díky tomuto zlepšení lze zajistit potenciální finanční úsporu 68 447 Kč (včetně investice do evolonového pásu) ve čtyřletém výrobním období. Z pohledu průměrné zmetkovitosti na vadu-škrábance se snížením z původních 3,2 % (1.-7. sledovaný týden) na 1,6 % (8. až 11. sledovaný týden) to představuje částku 60 758 (včetně investice do evolonového pásu) ve čtyřletém výrobním období.

Tabulka 17 Celkové zhodnocení výsledků dílu A za čtyřleté období

DÍL A	stav před úpravami procesu	stav po úpravách procesu	potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti: 3 844 260 Kč	
průměrná celková zmetkovitost	4,6%	2,8%		
finanční ztráta	176 836 Kč	107 639 Kč		
skutečně dosažená částka	3 667 424 Kč	3 736 621 Kč	tj. finanční úspora: 69 197 Kč	tj. finanční úspora včetně investice: 68 447 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance	3,2%	1,6%		
finanční ztráta	123 016 Kč	61 508 Kč		
skutečně dosažená částka	3 721 244 Kč	3 782 752 Kč	tj. finanční úspora: 61 508 Kč	tj. finanční úspora včetně investice: 60 758 Kč

DÍL B

Vlivem snížení hodnoty průměrné celkové zmetkovitosti z původních 9,3 % z období 1. až 4. sledovaného týdne – tedy z období beze změn procesu na 2,8 % z období 8. až 11. sledovaného týdne lze zajistit potenciální finanční úsporu 248 627 Kč (včetně investice do úpravy manipulátoru a evolonového pásu) ve čtyřletém výrobním období. Z pohledu průměrné zmetkovitosti na vadu-škrábance se snížením z původních 8,0 % (1. až 4. sledovaný týden) na 1,6 % (8. až 11. sledovaný týden) to představuje částku 244 783 Kč (včetně investice do úpravy manipulátoru a evolonového pásu) ve čtyřletém výrobním období.

Tabulka 18 Celkové zhodnocení výsledků dílu B za čtyřleté období

DÍL B	stav před úpravami procesu	stav po úpravách procesu	potenciálně dosažitelná částka při nulové zmetkovitosti: 3 844 260 Kč	
průměrná celková zmetkovitost	9,3%	2,8%		
finanční ztráta	357 516 Kč	107 639 Kč		
skutečně dosažená částka	3 486 744 Kč	3 736 621 Kč	tj. finanční úspora: 249 877 Kč	tj. finanční úspora včetně investice: 248 627 Kč
průměrná zmetkovitost vady škrábance	8,0%	1,6%		
finanční ztráta	307 541 Kč	61 508 Kč		
skutečně dosažená částka	3 536 719 Kč	3 782 752 Kč	tj. finanční úspora: 246 033 Kč	tj. finanční úspora včetně investice: 244 783 Kč

Při těchto podmínkách by tedy byla celková potenciální finanční úspora z obou dílů 317 074 Kč za čtyřleté výrobní období. Z pohledu finanční úspory zaměřené na vadu-škrábance by byla potenciální finanční úspora 305 541 Kč za čtyřleté výrobní období. Tyto výsledné částky jsou dosažitelné díky celkové investici, která vyšla na pouhé 2 000 Kč.

ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá způsoby zlepšování procesu výroby za pomoci metod a nástrojů, které se využívají v managementu jakosti. V první části práce je zahrnut teoretický popis nejen těchto nástrojů a metod, ale také problematika klasifikování, mapování a zlepšování procesů. Nejprve se zabývá důležitostí managementu jakosti, a to jeho zásadami společně s principy účinných systémů kvality. Jelikož je díl, jehož zlepšování procesu výroby je hlavním tématem praktické části této práce, využíván v automobilovém průmyslu, jsou v práci zmíněny i normy ISO 9001:2016 a IATF 16949:2016. Dále je v této části práce zahrnut seznam často objevujících se vad při procesu vstřikování termoplastických materiálů a blíže specifikováno sedm klasických a sedm nových nástrojů řízení kvality.

V praktické části byly použity nejen některé z těchto nástrojů, ale také metody zlepšování kvality s cílem snížení zmetkovitosti výroby. Klíčovým ukazatelem hlavního problému se stala Pareto analýza vad, díky čemuž se mohla provést analýza kořenové příčiny za pomoci Ishikawa diagramu, metody 4M a 5x Proč. K nalezeným problémům byl definován akční plán, který zahrnoval úpravu odebíracího manipulátoru a implementaci evolonového pásu.

Po zavedení těchto opatření se dosáhlo výrazného snížení zmetkovitosti dílů na vadu škrábance, což mělo za důsledek výrazné snížení materiálové i finanční ztráty, a to při minimální cenové investici s ohledem na délku výrobního období.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BLECHARZ, Pavel. Základy moderního řízení kvality. Praha: Ekopress, 2011, 122 s. ISBN 9788086929750.
- [2] ČSN EN ISO 9000:2005 Systémy managementu jakosti – Základní principy a slovník. Praha: Český normalizační institut, 2006. 64 stran.
- [3] ČSN EN ISO 9001:2016 Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník, 2016, ÚNMZ, Praha.
- [4] DALE, B. G. - PLUNKETT, J.J.: Quality Costing. 2nd ed. London, Chapman and Hall 1995, 262 s.
- [5] FILIP, Ludvík. Efektivní řízení kvality. Praha: Pointa, 2019, 238 s. ISBN 9788090753051.
- [6] GEORGE, Michael L. Lean Six Sigma: combining Six Sigma quality with lean speed. New York: McGraw-Hill, c2002, xiv, 322 s. ISBN 0071385215.
- [7] GRASSEOVÁ, Monika, Radek DUBEC a Roman HORÁK. Procesní řízení ve veřejném sektoru: teoretická východiska a praktické příklady. Brno: Computer Press, 2008, v, 266 s. ISBN 9788025119877.
- [8] HNÁTEK, Jan. Komentované vydání ČSN EN ISO 9001:2016 Systémy managementu kvality - Požadavky. Praha: Česká společnost pro jakost, 2016, 138 s. ISBN 9788002026426.
- [9] IMAI, Masaaki. Gemba Kaizen. Brno: Computer Press, 2005, viii, 314 s. Business books. ISBN 8025108503.
- [10] JANEČEK, Zdeněk. Jakost - potřeba moderního člověka: výstup z projektu podpory jakosti č. 5/16/2004. Praha: Národní informační středisko pro podporu jakosti, 2004, 101 s. Průvodce řízením jakosti. ISBN 8002016874.
- [11] NENADÁL, Jaroslav. Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Praha: Management Press, 2008, 377 s. ISBN 9788072611867.
- [12] NENADÁL, Jaroslav. Management kvality pro 21. století. Praha: Management Press, 2018, 366 s. ISBN 9788072615612.
- [13] NENADÁL, Jaroslav. Moderní systémy řízení jakosti: quality management. 2. dopl. vyd. Praha: Management Press, 2005, 283 s.;. ISBN 8072610716.

- [14] PAULOVÁ, Iveta. Komplexné manažerstvo kvality. Bratislava: Iura Edition, c2013, 160 s. Ekonómia. ISBN 9788080785741.
- [15] PLURA, Jiří. Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Praha: Computer Press, 2001, xii, 244 s. Praxe manažera. ISBN 8072265431.
- [16] PYZDEK, Thomas a Paul KELLER, 2013. *The Handbook for Quality Management: a complete guide to operational excellence*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 484 s. ISBN 978-0-07-179924-9.
- [17] ŠMÍDA, Filip. Zavádění a rozvoj procesního řízení ve firmě. Praha: Grada, 2007, 293 s. Management v informační společnosti. ISBN 9788024716794.
- [18] TICHÝ, Milík. Ovládání rizika: analýza a management. V Praze: C.H. Beck, 2006, xxvi, 396 s. Beckova edice ekonomie. ISBN 8071794155.
- [19] TUČEK, David, Martin HRABAL a Lukáš TRČKA. Procesní řízení v praxi podniků a vysokých škol. Praha: Wolters Kluwer, 2014, 270 s. ISBN 9788074786747.
- [20] TUČEK, David a Roman BOBÁK. Výrobní systémy. Vyd. 2. upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 298 s. ISBN 8073183811.
- [21] TŮMOVÁ, Olga a Dušan PIRICH. Nástroje řízení jakosti a základy technické diagnostiky. V Plzni: Západočeská univerzita, 2003, 153 s. ISBN 8070432470.
- [22] VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA. Podnikové řízení. Praha: Grada, 2013, 685 s. Finanční řízení. ISBN 9788024746425.
- [23] VEBER, Jaromír, Marie HŮLOVÁ a Alena PLÁŠKOVÁ. Management kvality, environmentu a bezpečnosti práce: legislativa, systémy, metody, praxe. Praha: Management Press, 2006, 358, viii s. barev. obr. příl. ISBN 8072611461.
- [24] VYTLAČIL, Milan a Ivan MAŠÍN. Dynamické zlepšování procesů: programy a metody pro eliminaci plýtvání. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1999, 193 s. ISBN 8090223532.
- [25] ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 247 s. ISBN 9788073002503.
- [26] LRQA. *Norma IATF 16949 - Systém managementu kvality v automobilovém průmyslu* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.lrqa.com/cs-cz/iatf-16949/>

[27] NQA. *IATF 16 949* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://www.nqa.com/cs-cz/certification/standards/iatf-16949>

[28] PLASTIC RANGER. *Co je to defekt vstřikování?* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: <https://plasticranger.com/top-10-injection-molding-defects-and-how-to-prevent-them/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ISO	International Organization for Standardization
IATF	International Automotive Task Force
PDCA	Plan – Do – Check – Act
DMAIC	Define – Measure – Analyze – Improve – Control
SW	Software
QFD	Quality Function Deployment
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
RPN	Risc Priority Number
DOE	Design Of Experiments
4M	Men, Material, Method, Machine
SPC	Statistical Process Control
CL	Central Line
UCL	Upper Control Line
LCL	Lower Control Line
PDPC	Process Decision Programme Chart
FMECA	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis
PERT	Program Evaluation and Review Technique
NOK	Not OK

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Cyklus PDCA [12]</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 2 Struktura diagramu příčin a následku [12]</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 3 Zóny pohledových dílů A i B</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 4 Ishikawa diagram zjišťující příčiny škrábanců</i>	<i>37</i>
<i>Obrázek 5 Změna způsobu uložení dílů na pás po úpravě odebíracího manipulátoru</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 6 Implementace evolonového pásu</i>	<i>39</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Podíl vad na dílech A i B v období 1. až 4. týdne</i>	<i>33</i>
<i>Tabulka 2 Vady na dílech A i B v období 1. až 4. týdne s procentuálním zhodnocením celkové zmetkovitosti a škrábanců</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 3 Roční finanční zhodnocení dílu A pro období 1. až 4. sledovaného týdne</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 4 Roční finanční zhodnocení dílu B pro období 1. až 4. sledovaného týdne</i>	<i>35</i>
<i>Tabulka 5 Vady na dílech A i B v období 5. až 7. týdne s procentuálním zhodnocením celkové zmetkovitosti a škrábanců</i>	<i>40</i>
<i>Tabulka 6 Roční finanční zhodnocení dílu A pro období 1. až 7. sledovaného týdne</i>	<i>42</i>
<i>Tabulka 7 Roční finanční zhodnocení dílu B pro období 5. až 7. sledovaného týdne</i>	<i>42</i>
<i>Tabulka 8 Vady na dílech A i B v období 8. až 11. týdne s procentuálním zhodnocením celkové zmetkovitosti a škrábanců</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 9 Roční finanční zhodnocení dílu A pro období 8. až 11. sledovaného týdne</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 10 Roční finanční zhodnocení dílu B pro období 8. až 11. sledovaného týdne</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 11 Finanční zhodnocení dílu A pro období 1. až 4. sledovaného týdne pro čtyřleté období</i>	<i>47</i>
<i>Tabulka 12 Finanční zhodnocení dílu B pro období 1. až 4. sledovaného týdne pro čtyřleté období</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 13 Finanční zhodnocení dílu B pro období 5. až 7. sledovaného týdne pro čtyřleté období</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 14 Finanční zhodnocení dílu A pro období 1. až 7. sledovaného týdne pro čtyřleté období</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 15 Finanční zhodnocení dílu A pro období 8. až 11. sledovaného týdne pro čtyřleté období</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 16 Finanční zhodnocení dílu B pro období 8. až 11. sledovaného týdne pro čtyřleté období</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 17 Celkové zhodnocení výsledků dílu A za čtyřleté období</i>	<i>50</i>
<i>Tabulka 18 Celkové zhodnocení výsledků dílu B za čtyřleté období</i>	<i>50</i>

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Pareto analýza dílu A</i>	34
<i>Graf 2 Pareto analýza dílu B</i>	34
<i>Graf 3 Snižování zmetkovitosti u dílu A v období 1. až 7. týdne</i>	41
<i>Graf 4 Snižování zmetkovitosti u dílu B v období 1. až 7. týdne</i>	41
<i>Graf 5 Průběh snižování celkové zmetkovitosti a škrábanců dílu A po celou dobu sledování</i>	45
<i>Graf 6 Průběh snižování celkové zmetkovitosti a škrábanců dílu B po celou dobu sledování</i>	45
<i>Graf 7 Průběh snižování celkové zmetkovitosti dílu A i B po celou dobu sledování</i>	46
<i>Graf 8 Průběh snižování zmetkovitosti vady-škrábance u dílu A po celou dobu sledování</i>	46
<i>Graf 9 Průběh snižování zmetkovitosti vady-škrábance u dílu B po celou dobu sledování</i>	47

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I : METODA 5x PROČ

