


# **Analýza Výrobního Procesu Pružiny pro stykač**

Bc. Jindřich Dráždil

---

Diplomová práce  
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jindřich Dráždil**  
Osobní číslo: **T20024**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení jakosti**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Analýza Výrobního Procesu Pružiny pro Stykač**

## Zásady pro vypracování

- Provedení analýzy jakosti výrobního pružiny pro stykač aktuálně vyráběné firmou
- Analýza nástrojů kvality pro zlepšení výrobního procesu
- Identifikace užití způsobilosti výrobního procesu
- Aplikace nalezených zlepšení do výroby

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

Seznam odborné literatury:

1. **SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů, Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.**
2. **Meloun, Milan. Kompendium statistického zpracování dat metody a řešené úlohy včetně CD. Praha: Academia, 2012, 764 s. ISBN 978-80-246-2173-9**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Milena Kubišová, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**3. ledna 2022**

Termín odevzdání diplomové práce:

**13. května 2022**

L.S.

**Prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.**  
děkan

**prof. Ing. Berenika Hausnerová, PhD. v.r.**  
ředitel ústavu

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

### **Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá analýzou a popisem současného stavu výrobního procesu ve výrobní společnosti. Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. V teoretické části je provedena literární rešerše, kde jsou definovány základní pojmy, analytické metody a nástroje pro řízení procesů.

V praktické části je popsán výrobní proces společnosti. Konkrétní výrobní proces je podroben analýze - proces výroby pružiny určené pro stykač pomocí indexů způsobilosti výrobního procesu dle definovaného způsobu měření. Seznámení se společností samotnou a jejím výrobním portfoliem. Výsledky analýzy jsou vyhodnoceny a nápravná opatření vedoucí k optimálnímu výrobnímu procesu jsou určeny na základě literární rešerše.

Závěr je věnován vyhodnocení celkového stavu procesu.

Klíčová slova: výrobní proces, stykač, index způsobilosti , řízení kvality

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the analysis and description of the current state of the production process in a manufacturing company. The work is divided into two parts, theoretical and practical. In the theoretical part, a literature search is performed, where the basic concepts, analytical methods and tools for process control are defined. The practical part describes the production process of the company. The specific production process is subjected to analysis - the production process of the spring intended for the contactor using the production process capability indices according to the defined method of measurement. Introduction to the company itself and its production portfolio. The results of the analysis are evaluated and corrective measures leading to an optimal production process are determined on the basis of a literature search. The conclusion is devoted to the evaluation of the overall state of the process.

Keywords: production process, contactor, competency index, quality management

Zde bych rád poděkoval své vedoucí diplomové práce paní Ing. Mileně Kubišové, PhD., za cenné připomínky a odborné rady ohledně tvorby diplomové práce. Dále společnosti Alcomex s.r.o. za možnost podílet se na zlepšování výrobního procesu a v neposlední řadě Ing. Danielovi Chmelíčkoví, Jaroslavovi Pechovi, Milanovi Kaplanovi za cenné připomínky z praktické realizace diplomové práce. Zvláště děkuji celé svojí rodině a přítelkyni za podporu, kterou mi během studia poskytovali.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 VÝROBA</b> .....	<b>11</b>
1.1 ŘÍZENÍ VÝROBY .....	12
1.2 ROZDĚLENÍ VÝROBY .....	13
1.3 ÚKOL ŘÍZENÍ VÝROBY .....	14
<b>2 PROCES</b> .....	<b>15</b>
2.1 VÝROBNÍ TOK.....	15
2.2 ČLENĚNÍ PROCESU.....	15
2.3 VÝROBNÍ PROCES .....	16
2.4 ÚČASTNÍCI PROCESU .....	18
2.5 ŘÍZENÍ PROCESU .....	18
<b>3 POJEM KVALITA</b> .....	<b>19</b>
3.1.1 Významní představitelé.....	20
3.2 ZNAK KVALITY .....	21
3.3 PLÁNOVÁNÍ KVALITY .....	21
3.4 MANAGEMENT KVALITY .....	22
3.5 NEUSTÁLÉ ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY .....	24
3.5.1 PDCA .....	24
3.5.2 Quality Journal .....	25
3.5.3 Kaizen .....	26
3.6 SYSTÉM ŘÍZENÍ KVALITY .....	26
3.7 KONCEPT ŘÍZENÍ KVALITY.....	27
3.7.1 Koncepce podnikových standardů .....	27
3.7.2 Koncepce ISO .....	27
3.7.3 Koncepce TQM.....	28
3.7.4 Six sigma.....	29
<b>4 NÁSTROJE ŘÍZENÍ KVALITY</b> .....	<b>30</b>
4.1 SEDM ZÁKLADNÍCH NÁSTROJŮ KVALITY .....	30
4.1.1 Kontrolní list .....	30
4.1.2 Histogram.....	31
4.1.3 Paretův diagram .....	32
4.1.4 Bodový diagram .....	33
4.1.5 Diagram příčin a následků .....	34
4.1.6 Regulační diagram .....	35
4.1.7 Vývojový diagram.....	36
4.2 SEDM MODERNÍCH NÁSTROJŮ KVALITY .....	36

<b>5</b>	<b>METODY POSUZOVÁNÍ JAKOSTI PROCESŮ</b>	<b>38</b>
5.1	ANALÝZA ZPŮSOBILOSTI VÝROBNÍHO PROCESU	38
5.1.1	Index způsobilosti výrobního procesu <b>C<sub>p</sub></b>	39
5.1.2	Index způsobilosti výrobního procesu <b>C<sub>pk</sub></b>	40
5.2	OVĚŘOVÁNÍ HYPOTÉZ	41
5.3	METODY ZKOUMÁNÍ ZÁVISLOSTI	42
5.3.1	Regresní analýza	42
5.3.2	Analýza rozptylu	44
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>CÍLE PRÁCE</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>PRACOVNÍ POSTUP PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>ZÁKLADNÍ INFORMACE O SPOLEČNOSTI</b>	<b>48</b>
8.1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE	48
8.2	VÝROBNÍ PORTFOLIO	48
<b>9</b>	<b>PREZENTACE SOUČÁSTKY MEINZING PRO STYKAČ</b>	<b>50</b>
9.1	POSTUP VÝROBY	50
9.1.1	Vstupní materiál a jeho kontrola	50
9.1.2	Proces tváření	51
9.1.3	Proces broušení	52
9.1.4	Kontrola funkčnosti pružiny	53
9.2	ZÍSKÁNÍ DAT KRITICKÝCH ROZMĚRŮ	54
9.2.1	Meření posuvným technickým měřidlem	54
9.2.2	Měření siloměrem	55
10.1	TVÁŘENÍ	57
10.1.1	Kritický rozměr vnější průměr 36 (±0,4) mm	57
10.1.2	Kritický rozměr vnitřní průměr 24 mm	60
10.2	BROUŠENÍ	63
10.2.1	Kritický rozměr volná délka 133 (±0,4) mm	63
10.3	KONTROLA FUNKČNOSTI PRUŽINY	67
10.3.1	Kritický rozměr síla 760 (±100) N při délce natažení 205 mm	67
10.3.2	Kritický rozměr síla 1800 (±100) N při délce natažení 241 mm	70
11.1	ZLEPŠUJÍCÍ NÁVRHY S EKONOMICKÝM ZHODNOCENÍM	75
	<b>ZÁVĚR</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	<b>78</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>87</b>



## ÚVOD

V současnosti, možná více než dříve, stojí strojírenský průmysl, a to i výroba pružin před novými výzvami.

Jsou to nároky na životní prostředí, epidemická situace, nedostatek výrobního materiálu, anebo nouze o kvalifikované pracovníky.

Většinou je sledován stejný cíl. Výrobní společnost musí být schopná konkurence. Je třeba neustále zvyšovat efektivitu všech procesů, proškolovat zaměstnance, inovovat výrobní technologie procesy a zlepšovat přístup k zákazníkovi.

Jedním z pilířů vedoucích k dosažení vytyčených cílů je Průmyslové inženýrství a jeho metody, které pomáhají k analyzování všech procesů probíhajících ve společnosti. Zároveň jsou odhaleny nedostatky, které lze popsat a napravit.

První teoretická část práce využívá poznatky z odborné literatury, objasňuje základní pojmy, postupy a metody použité ve výrobních společnostech.

Z vybraných metod např. Kaizen, Six sigma, PDCA, které pak následně můžeme aplikovat v odborné části, stejně jako načerpané některé analytické nástroje řízení kvality, například Regresní analýzu, Paretovo pravidlo, histogram, Boxplot. Je ověřena i způsobilost a výkonnost výrobního procesu, indexy způsobilosti  $C_p$ ,  $C_{pk}$ , což je součástí statického řízení procesu, jak dostat proces do stabilního stavu a optimalizovat ho.

V druhé praktické části práce je prezentována výrobní společnost Alcomex s.r.o., její portfolio a samotný produkt. Na základě popisu a analýzy výrobního procesu tlačné pružiny určené do stykače určíme kritické rozměry pro každou etapu výroby a provedeme posouzení, jak proces stabilizovat a optimalizovat.

V závěru je shrnutí postupu analýzy výrobního procesu, sběr dat, způsoby měření, typ měřidel a možná příčiny nestálosti výrobního procesu.

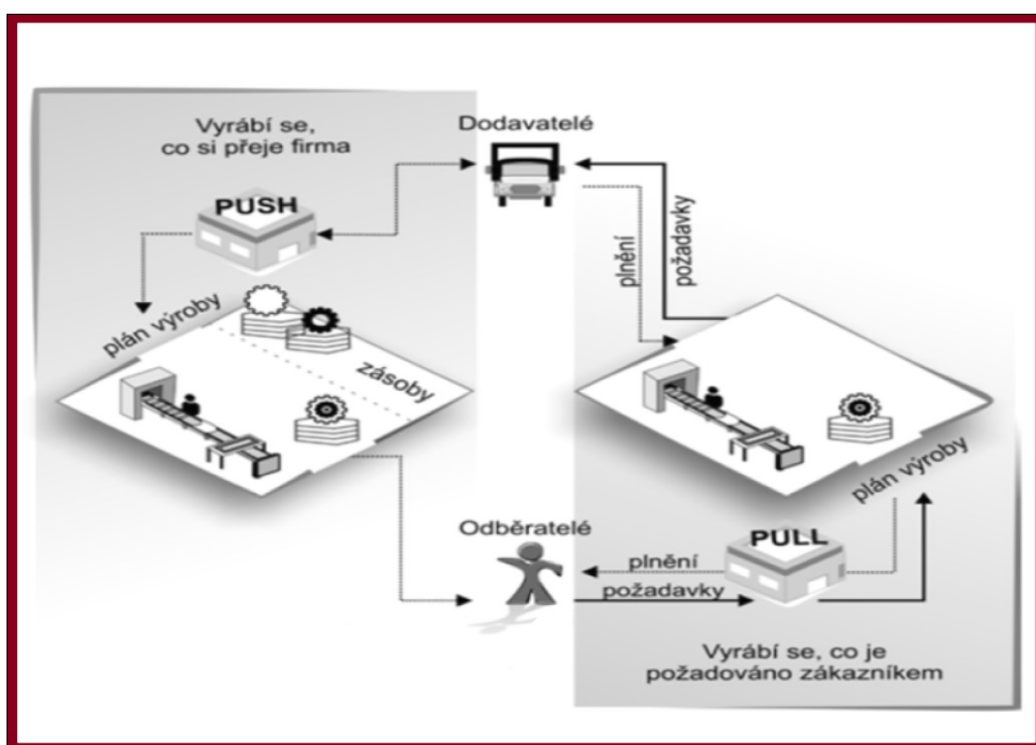
## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 VÝROBA

Výrobou se rozumí změna stavu vstupu na určitou věc s přidanou hodnotou.

Výrobou se také rozumí i služba, která má svá vlastní specifika. Oba způsoby mají jediné poslání, uspokojit požadavek zákazníka a snaha dosáhnout zisku. Schematické znázornění principu pull a jeho nahrazení principem push /viz obrázek č. 1/.

Potom se stává pro výrobní společnost nejdůležitější zajištění dostatečné produktivity a pružnosti výrobního procesu. [1]



Obrázek 1 Princip pull nahrazen principem push

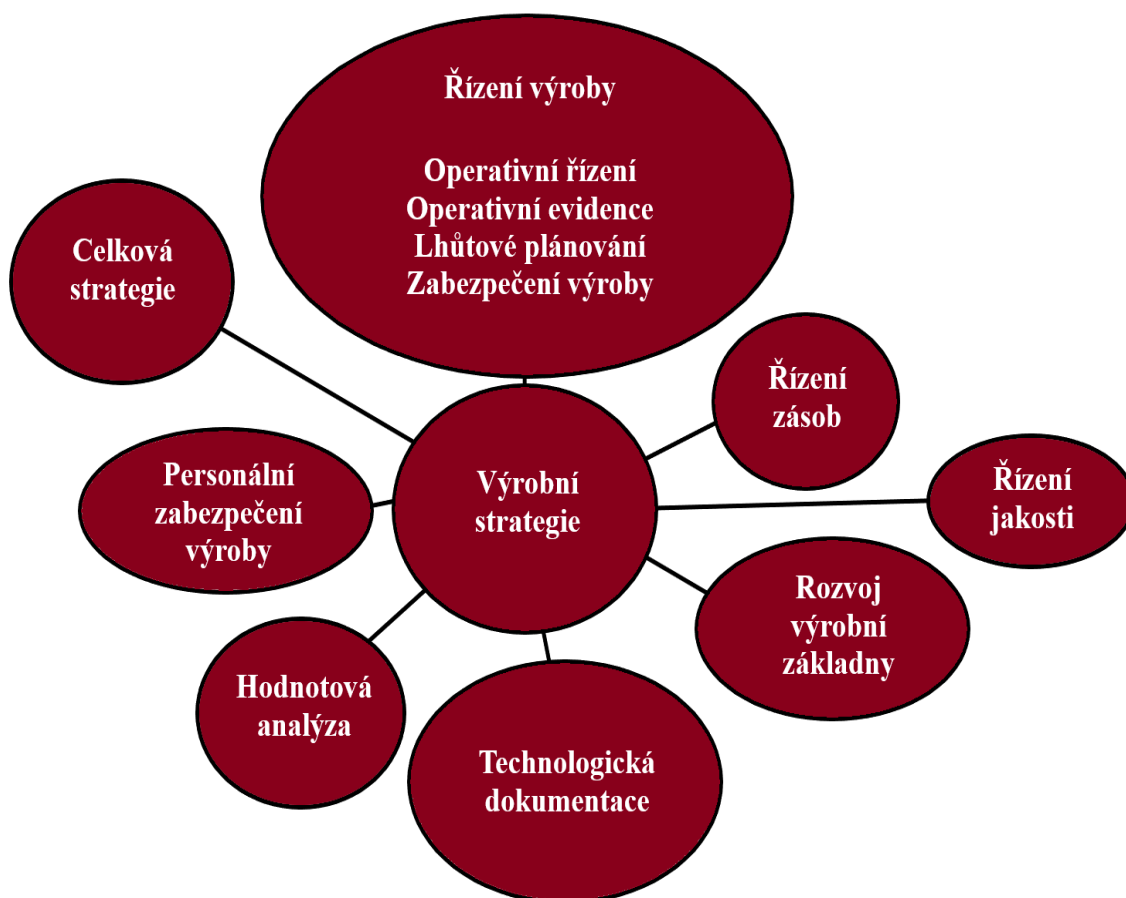
Výroba jakékoliv součásti je provázána snahou o maximální hospodárnost během výroby a maximální zužitkování vstupní komodity. Dle příslušného managementu výroby se zabíráme správnou funkčností a dodržováním stanovených kritérií, které vedou ke správnému a úspěšnému výrobnímu procesu:

- Produktového managementu ve stanovené kvalitě
- Úrovně technologie
- Ekonomické situaci výrobního podniku

- Ohraničením a správném použití produkčních faktorů
- Optimálním výsledků personální síly a produkčních strojů
- Působení okolí

## 1.1 Řízení výroby

Pod pojmem řízení výroby se rozumí určitá organizace výrobního cyklu, která vede k zlepšování procesu a výsledných hodnot, které označujeme jako produkty anebo výkony. Vše už od pradávna probíhá za neustálého zlepšování výrobní technologie, aby bylo dosaženo a uspokojeno přání zákazníka a dosaženo co nejlepších výsledků. Jednotlivé dílčí cíle můžeme sledovat z pohledu vnějšího i z pohledu vnitřního /viz obrázek č.2/. Současně musíme spolupracovat a neustále nalézat nové dohody mezi těmito zónami, protože vzájemná koordinace vede ke zlepšování v rámci celého podniku. [2]



Obrázek 2 Vnitřní a vnější význam cílů [4]

Rozeznáváme tři úrovně řízení výroby [3] :

- **Strategické řízení**

Zde je určována vhodná strategie, která by měla vést k dosažení určených cílů výrobní společnosti. Je produkována vrcholovým managementem v určitém časovém rozpětí s výhledem do budoucnosti.

- **Taktické řízení**

Určuje řídicí postupy tak, aby bylo dosaženo vytyčených cílů. Většinou je přiděleno střednímu managementu, který zodpovídá za jeho realizaci a dosažení určených cílů.

- **Operativní řízení**

Je určováno nástroji jako jsou normy, limity a kalkulace nákladů. Jedná se o co nejvíce možné rozpracování řízení, a to ve velmi krátkém časovém úseku.

## 1.2 Rozdělení výroby

Dle zdrojů, které jsou využívány ve výrobním procesu, rozdělujeme faktory výroby [4], [19]:

Primární :

- Půda (součást přírody využita v zemědělství)
- Práce (konání lidského faktoru za účelem zisku)

Sekundární :

- Kapitál (výrobní prostředky, finance/finanční kapitál, sada nástrojů použitá pro danou činnost)-je výsledkem předchozí výroby (kapitálové statky)
  - Stavební jeřáb
  - Účetní kalkulačka
  - Osobní počítač

Doplňkové :

- Přírodniny
- Nehmotný kapitál

Podle produkovaných počtů výrobků:

- Částečná výroba
- Řadová výroba
- Celková výroba

### 1.3 Úkol řízení výroby

Při řízení výroby je smyslem neustálá kontrola a optimalizace výroby, aby výrobní společnost zůstala konkurenceschopná vůči ostatním konkurenčním společnostem. Kvalitně řízená výroba by měla zabezpečovat včasnou reakci na změnu veličin probíhajících ve výrobním procesu. [5]

Základní cíle řízení výroby /viz obrázek č.3/ :



Obrázek 3 Základní cíle řízení výroby [4]

## 2 PROCES

Slovem proces je označován obecný pojem, který definuje posloupnost mezi jednotlivými částmi dějů, stavů, aktivit anebo práce. Kolem nás se nachází spousta druhů procesů ,které jsou identifikovány dle jejich spojitosti s okolím. Mají různé významy pro různé stavy. Proto vždy musí být známa celková souvislost, aby proces mohl být správně identifikován a posouzen. V případě špatné identifikace by mohlo dojít k vážnému nedorozumění. [10]

Druhy procesů:

- Business proces
- Produkční proces
- Systémový proces
- Výrobní proces
- Technologický proces
- Chemický proces

### 2.1 Výrobní tok

Jednotlivé etapy výrobního procesu jsou na sebe vzájemně navázány. To znamená, že první etapa výrobního procesu je závislá na poslední a obráceně. Mohou také pracovat i paralelně pokud to výrobní proces vyžaduje. [6]

### 2.2 Členění procesu

Jednotlivé procesy tedy dělíme dle jejich spojitosti z okolím, zda, do procesu teprve vstoupily, anebo jsou již jejím účastníkem [13]:

- Interní (jsou součástí procesu a nacházejí se ve výrobní společnosti, která je také kontroluje)
- Externí (vstupují do procesu zvnějšku výrobní společnosti a jsou většinou těžko ovlivnitelné)

Dle toho, jestli můžeme proces předvídat :

- Vznik náhodných procesů, které jsou nepředvídatelné, lze pouze odhadovat na základě úvahy

- Zákonitě (lze předvídat)
  - Deterministické (náleží sem chemické procesy, které mají své zákonitosti a jsou předvídatelné)
  - Plánované (jednotlivé postupy jsou přesně definovány viz výrobní proces)

Dle významnosti procesu:

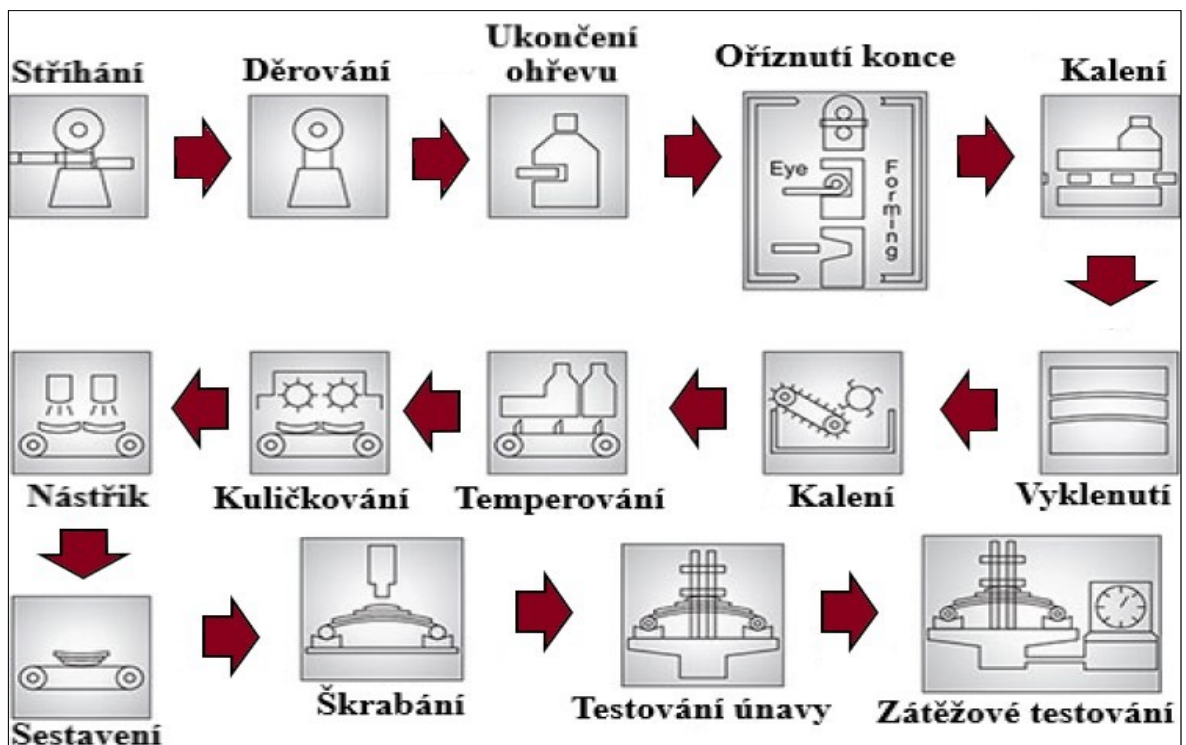
- Řídící procesy (postupy, které formují prostředí pro ostatní procesy, jsou vůdčími a produkuje je management a sami o sobě negenerují prospěch)
- Klíčové procesy ( generují prospěch a jsou prvkem kvalitativního řetězce)
- Podpůrné procesy (mají za úkol přispívat k bezproblémovému chodu hlavních procesů)

### 2.3 Výrobní proces

Výrobní proces /viz obrázek č.4/, je činností (nebo kombinace činností) přeměny daného materiálu do produktů různých forem a velikostí a se změnou nebo bez změny fyzických a mechanických vlastností materiálu výrobku.

Výrobní proces je prováděn s pomocí různých nástrojů, zařízení nebo mechanických pomůcek, případně pomocí lidského úsilí. Má tedy za úkol přeměnit vstupní faktory na hodnotný produkt během výrobního procesu. Výsledný produkt by měl mít co největší ziskovou hodnotu. [21], [20]





Obrázek 4 Výrobní proces pružiny [48]

Příklady výrobního procesu zahrnují:

- Lití
- Svařování
- Ohýbání
- Tváření
- Válcování
- Tepelné zpracování

Výrobní proces je prováděn jako jednotková operace, což znamená, že jde o jediný krok v posloupnosti kroků potřebných k transformaci výchozího materiálu do konečného produktu.

Výrobní operace se dělí na dva základní typy:

- Zpracovatelské operace
- Montážní operace

Operace zpracování převádí pracovní materiál z jednoho stavu dokončení do pokročilejšího stavu, který je blíže konečnému požadovanému produktu. Přidává hodnotu tím, že mění vlastnosti, tvar nebo vzhled výchozího materiálu. Obecně jsou zpracovatelské operace prováděny na jednotlivých dílech.

Montážní operace spojují dvě nebo více součástí za účelem vytvoření nové entity, kterou nazýváme sestava, podstava nebo nějakým jiným termínem odkazující na proces spojování.

## 2.4 Účastníci procesu

Do výrobního procesu zasahují aktéři, kteří mají dle svého postavení vliv na celkovou funkčnost procesu. [6]

Dělíme je :

- Zákazník ( objednavatel cílového produktu)
- Dodavatel ( zajištění dodávek materiálu)
- Sponzor ( zástupce provozovatele procesu)
- Vlastníci podniku ( jejich požadavkem je neustálý rozvoj podniku, zlepšování kvality a zvyšování tržní hodnoty)
- Manažer ( procesu je osoba, která je přímým účastníkem, který má za úkol proces řídit a zodpovídá za něj)
- Šampión ( zná potřeby procesu, vnitřní závislosti jednotlivých procesních částí, přispívá ke zvyšování kvality a produktivity, předává znalosti formou školení nebo tréninku)
- Operátor ( je součástí probíhajícího výrobního procesu a přímo jej ovlivňuje svojí činností)

## 2.5 Řízení procesu

Smyslem řízení procesu je správa všech konání, která vede ke správnému fungování výrobního procesu. Má za úkol provádět dohled nad výkonností, dodržováním časového rámce, optimalizovat jednotlivé výkony vedoucí k úspěšné činnosti. [6]

### 3 POJEM KVALITA

Slovo „kvalita“ má různé definice, od konvenčních až po ty, které mají strategický význam. Konvenční definice kvality obvykle popisují jakostní položku jako takovou, která má dobrou konstrukci a dlouhou výdrž. Z hlediska užitečnosti produktu nebo služby za určitou cenu. Kvalita je přesná a měřitelná, může být hodnocena podle různých atributů a je nedílnou součástí produktu. Je to složenina všech atributů, která popisuje stupeň dokonalosti produktu. Naší snahou je minimalizace nákladů snížením počtu odchylek se zaměřením na inženýrské a výrobní postupy. Kvalitní produkt je takový, který poskytuje provedení za přijatelnou cenu nebo za přijatelné náklady. [22]

Konkrétní problematiku kvality popisuje norma ČSN EN ISO 9000:2016 a ČSN EN ISO 9001:2016

Definice:

- Význam slova kvality pro každého z nás nabývá osobního pojmu, tedy každá osoba má svou vlastní definici. V technické oblasti nabývá dvou významů (American Society for Quality):
- Kvalita by měla být zaměřena na potřeby zákazníka, současné i budoucí. (E. Deming- Neustálé zlepšování 1982)
- Kvalita je souhrn vlastností produktů a služeb marketingu, inženýrství, výroby a údržby, jejichž prostřednictvím bude produkt a služba používána a splňovat očekávání zákazníka. (V. Feigenbaum)
- Kvalita je stupeň dokonalosti za přijatelnou cenu a kontrola variability za přijatelné náklady. (Robert A. Broth)
- Kvalita je splnění požadavků zákazníků, interních i externích, na bezvadnosti produkty, služby a obchodní procesy. (IBM)
- Vhodnost pro použití nebo účel je definice kvality, která hodnotí, jak dobře produkt plní zamyšlené použití.
- Kvalita je shoda s požadavky/specifikacemi. Definicí kvality je zjistit, jak dobře produkt nebo služba splňuje cíle a tolerance stanovené konstrukcí.

- Kvalita je ztráta (z funkčních změn a škodlivých účinků), kterou produkt způsobuje společnosti po expedici, kromě jakýchkoliv ztrát způsobených jeho vnitřními funkcemi.
- Norma ISO 9001 - Je stupeň vykonání potřeb komplexem obsažených atributů.

### 3.1.1 Významní představitelé

Philip Crosby /viz obrázek č.5/ (1926-2001) - byl uznávaný odborník na kvalitu, konzultant a autor mnoha publikací. Zabýval se propagací konceptu „nulových vad“ a definování kvality jako shody s požadavky. V roce 1979 založil Crosby Associates, Inc. (PCA). Jeho nejvýznamnější publikace jsou Quality is Free, Quality and Me a Absolutes of Leadership. [34]



Obrázek 5 Phil Crosby [34]

Genichi Taguchi /viz obrázek č.6/ (1924-2012) – byl japonský inženýr a statistik, proslul vývojem metodologie pro aplikaci statistiky ke zlepšení kvality vyráběných produktů. Mezi jeho největší příspěvky náleží Quality Engineering, Optimalizace návrhu procesu, Optimalizace návrhu produktu, Neustálé zlepšování, Ztrátová funkce. Publikoval knihy Designing Quality into Products and Process, The Mahalanobis–Taguchi Strategy: A Pattern Technology System a jiné. [35]



Obrázek 6 Genichi Taguchi [35]

Joseph Juran /viz obrázek č.7/ (1904-2008) – byl konzultantem v oblasti kvality, zabýval se problematikou v oblasti kvality, je považován za propagátora revoluce kvality v Japonsku. Jeho nejvýznamnější koncepty jsou Paretův princip, Juranova trilogie, Teorie řízení. [36]



Obrázek 7 Joseph M. Juran [36]

W. E. Deming /viz obrázek č.8/ (1900 – 1993) – byl americký statistik a univerzitní profesor. Jeho přístupy ke kvalitě uváděly, že kvalita se musí řídit určitým stupněm uniformity a spolehlivosti, musí mít nízké náklady a reagovat na požadavky trhu. Byl pro hodně lidí velmi inspirativní například Ishikawu. V jeho knize nazvané Out of the Crisis je podrobně popsáno Demingových tzv. 14 bodů. To jsou například zlepšení produktu a služby, obchodní kultura, stanovení cíle pro organizaci společnosti atd. Demingův princip je popsán ve čtyřech základních krocích PDCA. [37]



Obrázek 8 W. E. Deming [37]

### 3.2 Znak kvality

Má za úkol jasně definovat atribut součásti vztažené k jakosti. Má jednotlivé součásti na tom to základě rozlišit. [14]

Dělbna znaků na :

- Číselné znaky (u nich odečítáme ze stupnic:stupně, délky, šířky, množství, dobu)
  - Diskrétní (množství určených chyb, kusová výroba)
  - Spojité (rozměry produktu, časové rozmezí trvání poruchy, index hodnoty – nabývají hodnoty z určeného intervalu)
- Jakostní znaky (nepřímo měřitelné bezporuchovosti)
  - Jmenovitý (vyjadřují různorodost nebo totožnost)
  - Ordinální (mají stejnou funkci jako nominální jemné, ale lze určit hodnota znaku, která je menší nebo větší)
  - Dichotomická (alternativní ano/ne)

### 3.3 Plánování kvality

Plánování kvality je nedílnou součástí konkurenceschopnosti výrobního podniku. Jeho součástí je detekce a prevence. Detekce zaručuje zabránění expedování vadného koncového produktu k objednavateli. Prevence uskutečňuje, jak vzniklé problémy řešit ještě dříve, než

by mohly nastat. Plánování kvality se většinou provádí na počátku, než se projekt zrealizuje. Jednotlivé procesy a součásti jsou realizovány v předvýrobních fázích. [18]

Mezi hlavní smysly plánování náleží:

- Stanovení si cíle kvality a nastartovat tento proces ve výrobní společnosti
- Plánování systému managementu kvality
- Zpracování postupů kvality
- Znaky kvality produktu
- Vhodné metody k zajištění kvality
- Kontroly kvality
- Zlepšování kvality

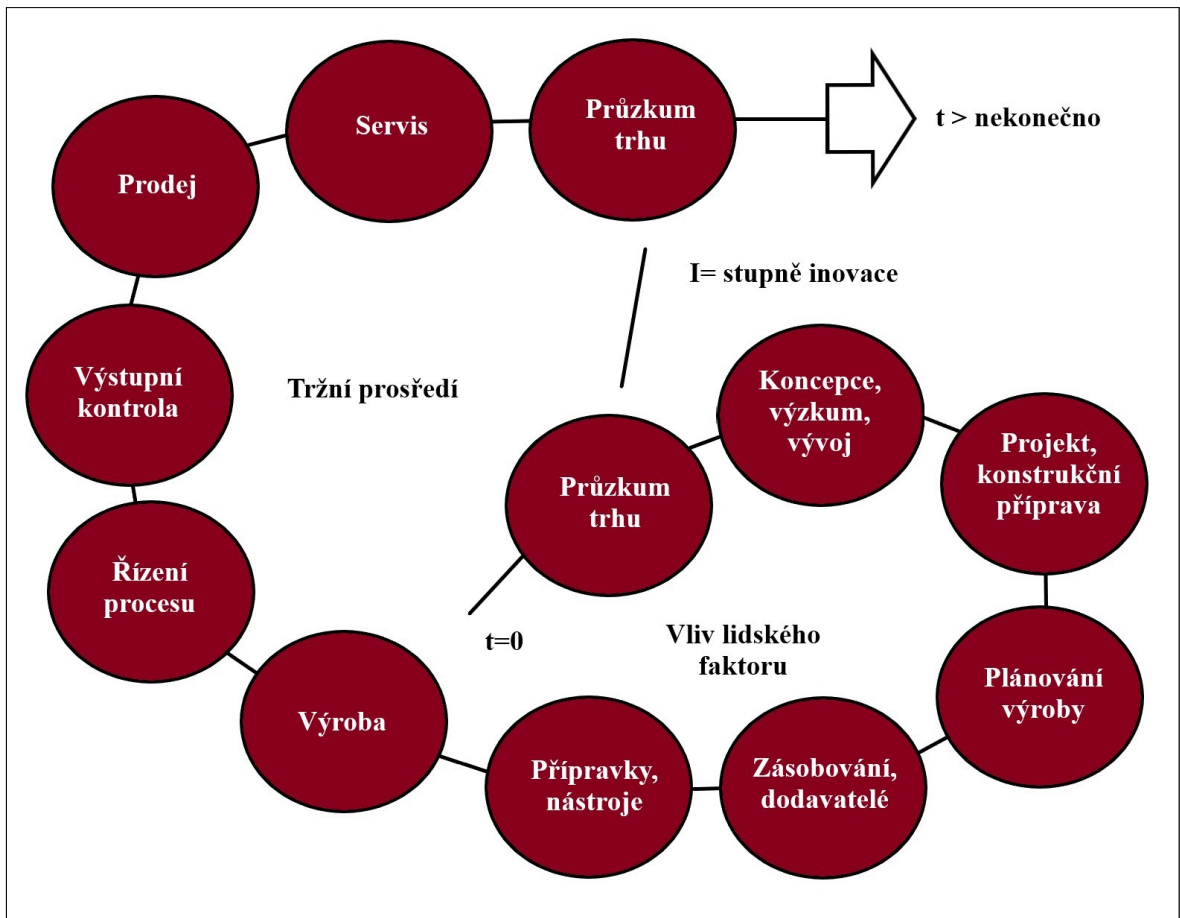
### 3.4 Management kvality

Management kvality je nedílnou součástí řízení podniku. Jedná se o metodu, která zajišťuje, že všechny činnosti nezbytné pro návrh, vývoj a implementaci produktu nebo služby, jsou efektivní vzhledem k systému a jeho výkonu. [22]

Jednotlivé složky jsou:

- Kontrola kvality
- Zajištění kvality
- Zlepšení kvality

Dr. Juran navrhl tzv. “Spirálu pokroku v kvalitě“ /viz obrázek č.9/. Její vysvětlení je chápáno tak, že funkcí kvality je celý soubor činností, jejichž prostřednictvím je dosaženo způsobilosti k použití, bez ohledu na to, kde jsou tyto činnosti vykonávány. [23]



Obrázek 9 Juranova Spirála kvality

Jsou zde zahrnuty:

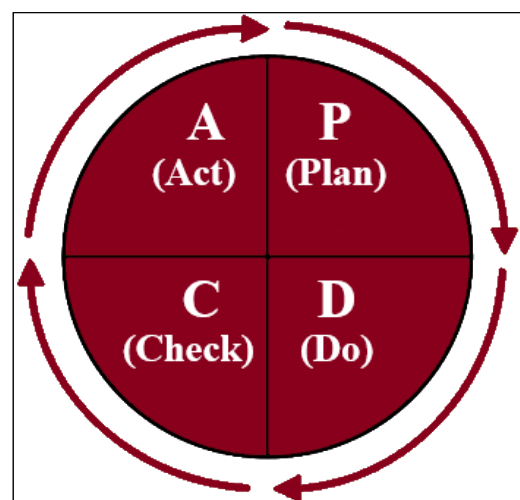
- Průzkum trhu
- Vývoj produktu
- Design-specifikace produktu
- Nákup-dodavatelé
- Plánování výroby
- Výroba a řízení procesů
- Kontrola a zkouška
- Marketing
- Zákaznický servis

### 3.5 Neustálé zlepšování kvality

Nikdy se nedosáhne dokonalého výrobního procesu, proto se musí daný výrobní proces neustále zlepšovat. Jedná se tedy o nekonečný cyklus neustálého zlepšování. Otázkou je, zda se nám dané zlepšení vyplatí. Některé procesy jsou již dost dokonalé a jejich zlepšení může být neúměrně časově i finančně náročné. Procesy jsou vyhodnocovány na základě dat a nikoliv dle pocitů. Typickým představitelem je tzv. Demingův cyklus PDCA nebo QC Story převzaté japonské metody, kterou je označován jako Quality Journal. [25]

#### 3.5.1 PDCA

Model zlepšení PDCA je podrobná sekvence kroků více souvisejících se standardy nebo požadavky na přístup uvedený v ISO 9000 – souhrnu nástrojů. Konkrétní události jsou identifikovány a podrobně popsány. Jsou stanoveny cíle pro úkoly zlepšování. Cílem je se dozvědět o všech aspektech procesu a poté použít tyto znalosti ke změně procesu tak, aby se snížily variance a složitost, a podařilo se zlepšit úroveň výkonnosti procesu. PDCA je čtyřkrokový model pro provádění změn /viz obrázek č.10/. Cyklus by měl být prováděn opakovaně pro neustálé zlepšování. [25], [26]



Obrázek 10 PDCA diagram [38]

Plán (Plan) :

- Vybrání projektu
- Definování problému a cíle
- Vyjasnění/pochopení/
- Stanovení cíle
- Informování a zaregistrování projektu
- Navržení nejvhodnějšího řešení



Dělat (Do) :

- Zaznamenávat / pozorovat / sbírat data
- Prouzkoumat / upřednostnit / analyzovat
- Zdůvodnit / vyhodnotit náklady
- Prozkoumat/určit nejpravděpodobnější řešení
- Testovat a ověřovat/určovat náklady a přínosy
- Otestovat nejpravděpodobnější příčiny

Kontrola (Check)

- Pozorovat účinky změny nebo testu
- Upevnit myšlenky
- Vybrat další projekt
- Souhlas vedení

Akt (Act) :

- Naplánovat přípravu implementace
- Implementovat schválený projekt
- Udržovat/Standardizovat

### 3.5.2 Quality Journal

Jedná se o metodu jejíž smyslem je řešení problému v několika krocích. Jednotlivé kroky jsou definovány [18], [25]:

- Identifikací problému
- Sledováním problému
- Analýzou příčin a problému
- Návrhem a realizace opatření k odstranění příčin
- Kontrolou účinnosti opatření
- Trvalou eliminací příčin

- Závěrečnou zprávou řešení, budoucích aktivit

### 3.5.3 Kaizen

Japonský výraz „Kaizen“ znamená „změna k lepšímu“. Vyjadřuje snahu po neustálém zlepšování. To však nelze považovat za metodu, která je použitelná na problém podle potřeby. Kaizen je spíše filozofie pocházející původem z Japonska, která je zákaznický orientovaná strategie zlepšování, přebírá veškeré činnosti všech zaměstnanců ve firmě. Její snahou je v konečném důsledku vést ke zvýšení spokojenosti zákazníka. [26]

Jednotlivé kroky Kaizen viz:

- Identifikace problému
- Skladba členů týmu
- Pochopení aktuálního procesu
- Analýza problému
- Vytvoření řešení
- Testování řešení
- Měření výsledků
- Standardizace řešení

## 3.6 Systém řízení kvality

Abychom mohli zákazníkovi deklarovat požadovanou kvalitu v rámci výrobní společnosti je třeba přesně definovat systém řízení kvality, který formuje množinu vzájemných vazeb mezi jednotlivými prvky, které jsou zapotřebí k definování kvality, cílů kvality a nástrojů pro jejich dosažení. Jednotlivé prvky mají přesně určenou účinnost. [27]

Rozeznáváme:

- Koncept podnikových standardů
- Koncept ISO
- Koncept TQM

### 3.7 Koncept řízení kvality

Koncept řízení kvality ve výrobních společnostech je používán k přesnému vymezení daných přístupů, které jsou pro každou společnost a její procesy jedinečné. Použit je k rozvoji managementu kvality. [27]

#### 3.7.1 Koncepce podnikových standardů

Určené pro větší organizace a výrobní podniky. Jsou rozsáhlejší než ISO normy. Obsahují směrnice a standardy v rámci průmyslového odvětví anebo výrobní společnosti. Například AQAP ( obranný standard pro NATO), QS 9000 (automobilový průmysl), API (American Petroleum Institute), ČSN/TS 16949. [27]

#### 3.7.2 Koncepce ISO

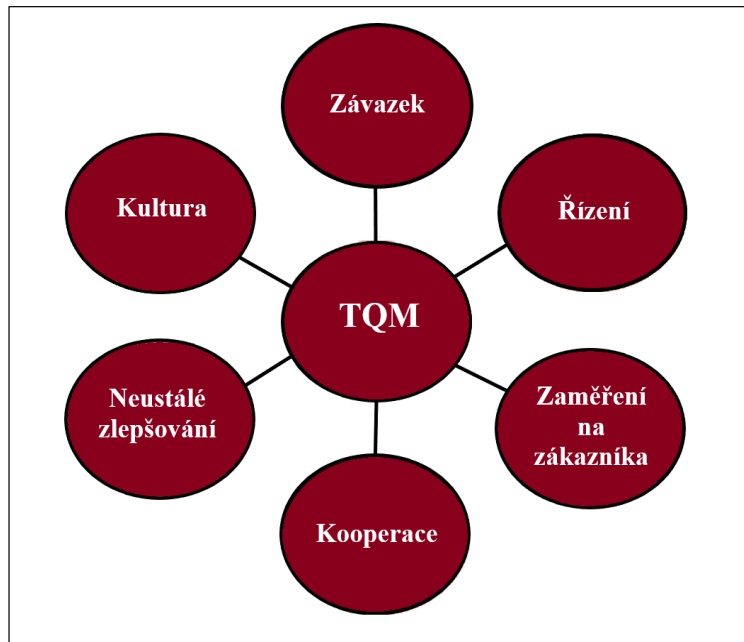
Koncepce založená na souboru mezinárodních norem a normativních dokumentů ISO 9000 pro systém managementu kvality. Jednotlivé normy definují schopnost organizace dosáhnout shody s požadovanými předpisy a nároky zákazníka. Normy řady ISO 9000 aplikujeme ve výrobních společnostech i firmách, které nabízejí služby bez ohledu na jejich velikost, jsou pouze souborem minimálních požadavků, které by měla firma neustále zlepšovat. Řada ISO 9000 neobsahuje žádný požadavek na certifikaci, jednotlivé řady jsou neustále inovovány. [28], [29], [44]

Soubor norem 9000 je tvořena:

- ČSN EN ISO 9000:2016 – Systémy managementu kvality. (Principy a slovník)
- ČSN EN ISO 9001:2016 – Systémy managementu kvality. Požadavky
- ČSN EN ISO 9004:2019 – Management kvality. Kvalita organizace – Návod na dosažení udržitelného úspěchu

### 3.7.3 Koncepte TQM

Total Quality Management integruje všechny organizační funkce /viz obrázek č.11/, jako je obchod, finance, design, inženýrství, výroba, zákaznický servis. Zaměřuje se na uspokojování potřeb zákazníků a organizačních cílů. Tvrdí, že organizace se musí snažit o neustálé zlepšování procesů integrací zkušeností a znalostí pracovníků. Heslem TQM je „dělat věci správně, hned napoprvé vždy“.



Obrázek 11 Schéma TQM [39]

Tento přístup řízení je variabilní a přizpůsobivý dokáže pokrýt různé oblasti a bývá označován jako obecný nástroj řízení, který můžeme použít i na služby, průmyslové podniky a veřejný sektor. [31]

Mezi klíčové principy TQM náležejí:

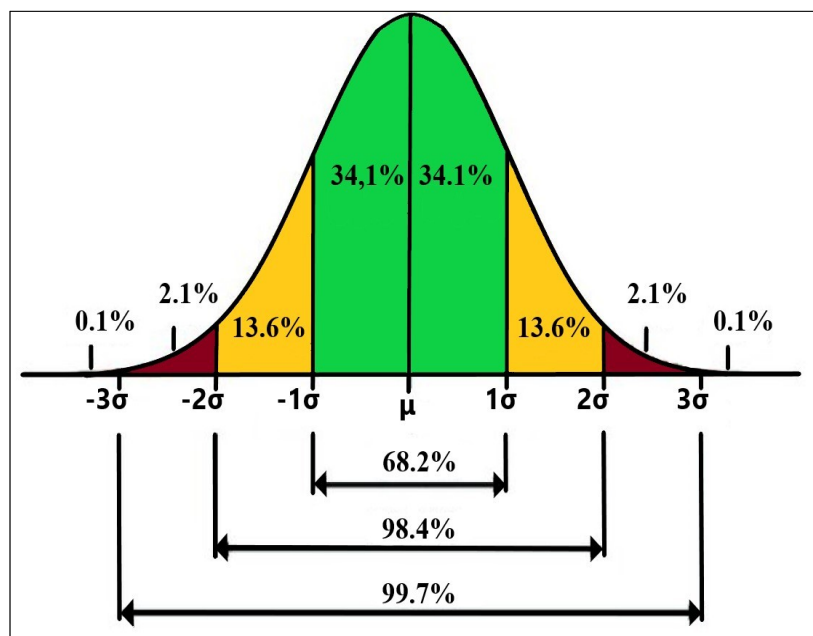
1. Závazek vedení
  - PDCA cyklus
2. Posílení postavení zaměstnanců
  - Výcvik
  - Excelentní tým
  - Měření a rozpoznávání
  - Návrhové schéma
3. Neustálé zlepšování
  - Systematické měření
  - Mezi funkční řízení procesů

- Dosažení, udržení, zlepšení
- Zaměření na zákazníka
- Partnerství s dodavateli
- Standardy řízené zákazníky

TQM implementace přináší do výroby zvýšení znalostí a kulturu udržování kvality v rámci organizace. Je kladen důraz na týmovou spolupráci, ta vede k odhodlání k neustálému zlepšování. [31]

### 3.7.4 Six sigma

Význam Six Sigma ( $6\sigma$ ) zasahuje od výroby až po služby, zdravotnictví a neziskové organizace. Na jejím počátku stála společnost Motorola, která ji vyvinula a implementovala, aby se lépe mohla vyrovnat s konkurencí, a to hlavně z Japonska. Six Sigma je disciplinovaný přístup ke zlepšení účinnosti služeb kvality a zefektivnění časů a nákladů. Cílem strategie Six Sigma /viz obrázek č.12/ je procesy pochopit a zjistit, jak dochází k defektům a poté navrhnout proces ke zlepšení a ke snížení výskytu vad. Má za úkol dosáhnout vyšší spokojenosti zákazníka.  $6\sigma$  hodnota znamená, že horní a dolní mez tolerancí je vzdálená na obě strany  $3\sigma$  od střední hodnoty  $\mu$ , směrodatná odchylka je označována  $\sigma$  a určuje nám rozpětí disperze. [40]



Obrázek 12 Gaussova křivka se znázorněním Six Sigma [41]

Kde je:

- 99,7 % celkové plochy s vyhovujícími výrobky
- 0,27 % plochy mimo s nevyhovujícími výrobky

## 4 NÁSTROJE ŘÍZENÍ KVALITY

Nástroje řízení kvality pomáhají ke zvládnutí výrobního procesu takovým způsobem, aby management kvality byl funkční a plně úspěšný. Jednotlivých nástrojů řízení kvality existuje spousta druhů, ty nejstarší pocházejí původem z Japonska. Typické použití nástrojů kvality je v sériové výrobě, anebo tam kde dochází k opakovatelné činnosti a je možnost získávání statistických dat. [44], [45]

Jednotlivé nástroje kvality dělíme většinou na tři oblasti:

- 7 základních nástrojů kvality
- 7 moderních nástrojů kvality
- Metody statistického řízení procesů

### 4.1 Sedm základních nástrojů kvality

Původní nejstarší nástroje kvality vzniklé v Japonsku za účelem dosažení lepší kvality ve výrobním procesu. Účinné statistické metody k vypátrání a analyzování problémů. [44], [45]

#### 4.1.1 Kontrolní list

Základní nástroj kontroly kvality, který je tvořen kontrolním dokumentem, kam se zaznamenávají všechny činnosti, které se stanou během určitého časového období. Data jsou shromážděna v reálném čase v místě vzniku příčiny. Požadované informace je možno, pak předávat rychle a efektivně. Všechny informace jsou zaznamenávány organizovaným způsobem pomocí zaškrtnutí v příslušném sloupci. Jedna se o strukturovaný formulář pro sběr a analýzu dat. Data shromážděná prostřednictvím kontrolních listů pomohou určit, kolikrát se určitý incident opakuje a přispívají jako vodítko pro kontrolu rizik, případně mohou sloužit ke stratifikaci. [31]

Postup vytvoření kontrolního listu:

- Kritickou analýzou procesu identifikovat problém nebo událost, pro kterou vytváříme kontrolní list.
- Rozhodnout, jak dlouho data budeme sbírat
- Navržení formuláře kontrolního listu
- Otestujeme kontrolní list po krátkou dobu, abychom se ujistili o jeho efektivitě

Tabulka 1 Kontrolní list

Den/Závady	Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek	Pátek	Celkově
Špinavý senzor	3	1	1	0	1	6
Provozní závada	0	1	1	0	0	2
Špatně utáhnuté šrouby	2	0	1	0	0	3
Celkově	5	2	3	0	1	

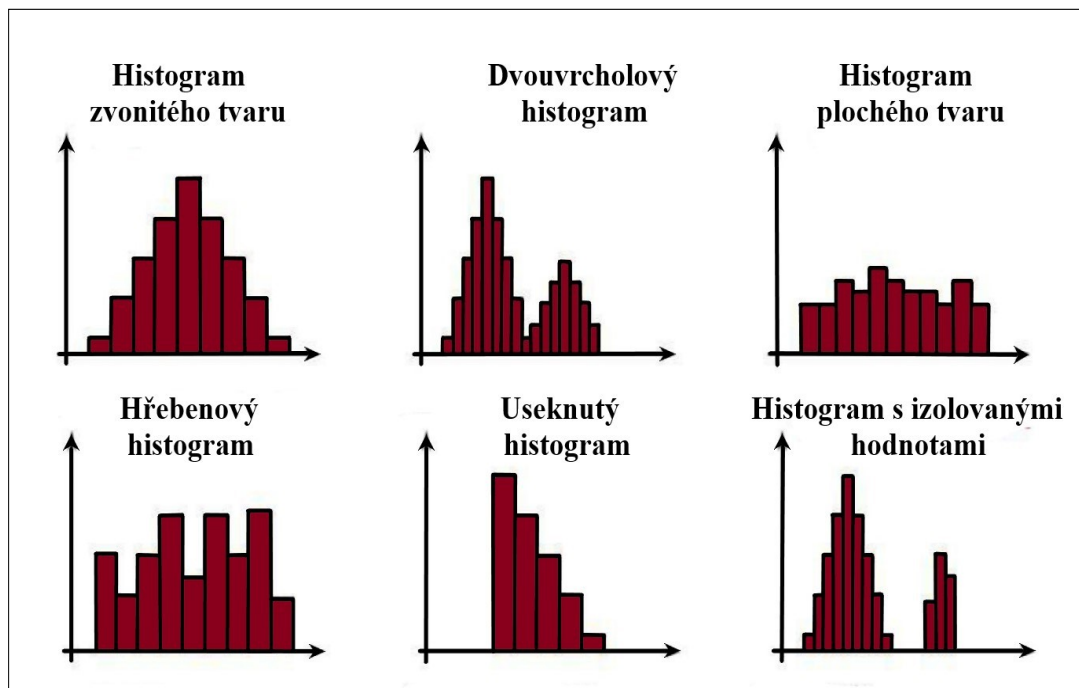
#### 4.1.2 Histogram

Histogram a jeho typy /viz obrázek č.13/ je jedním ze základních nástrojů statistického řízení procesů. Je reprezentován jako svislý obdélníkový pruh zobrazující četnost dat v grafickém formátu. Sloupce histogramu začínají od vodorovné osy. Je používán k prezentaci velkého množství dat v grafickém formátu. Parametry jako defekt a výška jsou znázorněny na ose x. Na ose y je znázorněna frekvence, tedy výskyt dat. Rozsah dat je rozdělen na stejný počet menších úseků a jejich četnost nám dovoluje přípravu tabulky rozdělení četností. Pomocí této tabulky rozdělení frekvencí vznikají svislé pruhy z vodorovné osy. Histogram slouží k analýze četnosti vzorků, počtu defektů, porovnávání procesů, trendů, směrodatným odchylkám a rozptylu dat. Histogramy se snadno sestavují a poskytují nejjednodušší způsob, jak vyhodnotit distribuci dat. [31], [32]

Typy Histogramů [42] :

- Zvonitý tvaru – symetrický tvar, působí pouze náhodné veličiny, vykazuje způsobilost výrobního procesu požadované kvality
- Dvouvrcholový tvar – spojení dvou souborů získaných za různých podmínek, výrobní proces je na krátkou dobu stabilní, avšak je potřeba analýza výrobního procesu za účelem získání dlouhotrvajícího stabilního procesu
- Plochý tvar – výsledek součtu několika rozdělení, výrobní proces nedokáže vyrábět v požadované kvalitě

- Hřebenový tvar – chyby v měření, výrobní proces není vhodný k výrobě, musí se provést nápravná opatření
- Useknutý tvar – nesprávně analýza dat, proces nevyhovuje
- S izolované hodnoty – výskyt odlehlých hodnot, chyby při měření



Obrázek 13 Typy histogramů [42]

#### 4.1.3 Paretův diagram

Paretův diagram je grafické znázornění četnosti s jakou určitostí dochází k událostem. Jedná se o řadový graf, který zobrazuje relativní důležitost proměnných v sadě dat a lze je použít k přiřazení priorit ohledně příležitostí pro zlepšení. Jsou to sloupcové grafy s prioritou v sestupném pořadí zleva doprava, používají se k identifikaci několika zásadních příležitostí ke zlepšení. Paretův diagram /viz obrázek č. 14/, je užitečný pro shrnutí informací, k určení, který z problémů by se měl nejdříve zpracovat a jaký bude mít vliv na ostatní části celkového problému. Používání Paretova pravidla 80/20 znamená, že 80 % vad je přivazeno pouze 20 % příčinami. Proto minimalizací 20 % příčin lze odstranit 80 % vad. Zbylé vady z 20 % nejsou životně důležité. [25], [26]

Paretovy grafy použijeme k :

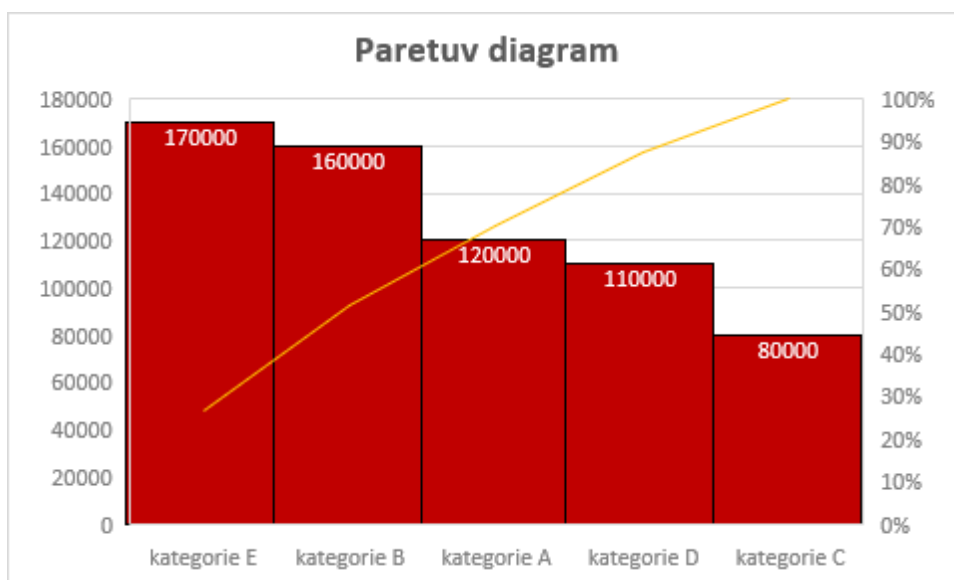
- Identifikaci nejdůležitějších problémů



- Analýze neshodných výrobků
- K zavedení nápravných opatření
- Řešení reklamací

Postup při tvorbě Paretova digramu:

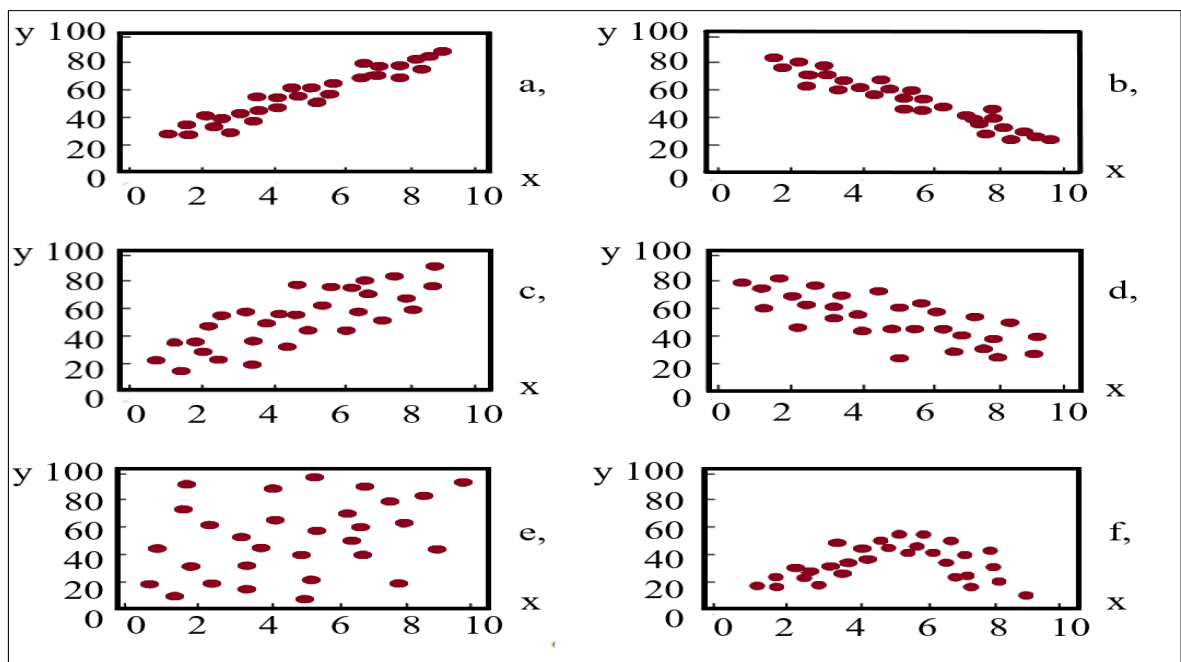
- Definice měřítka pro potenciál příčiny
- Definice časového období
- Shromáždění dat a jejich porovnání pro potenciální příčinu a zapsání do vstupní tabulky
- Vypočet základních ukazatelů a sestavení grafu Lorenzovy křivky



Obrázek 14 Paretuv diagram

#### 4.1.4 Bodový diagram

Bodový graf nebo diagram je matematický diagram. K prezentaci dat jsou používány kartézské souřadnice. Data jsou zobrazena jako kompilace bodů. V tomto rozvržení je bod umístěn na vodorovné ose a jeho hodnota je na svislé ose. Graf ukazuje korelaci mezi proměnnými, to znamená, jestli bod je blízko přímky či křivky – získáváme lepší tolerance. Poskytuje reálnou představu o tom, jak dva datové body se sebou souvisí a identifikuje kritický bod, na který je zapotřebí se zaměřit. Řízený parametr je vykreslen na ose x a míra závislého parametru je vynesena na ose y. Můžeme získávat různé typy korelací mezi datovými body /viz obrázek č.15/. [32], [43], [44]



Obrázek 15 Typy korelací [44]

- a) Silná (tělesná) korelace, lineární přímá závislost, body jsou málo rozptýleny
- b) Silná nepřímá lineární závislost
- c) Slabší přímá lineární závislost
- d) Slabší nepřímá lineární závislost

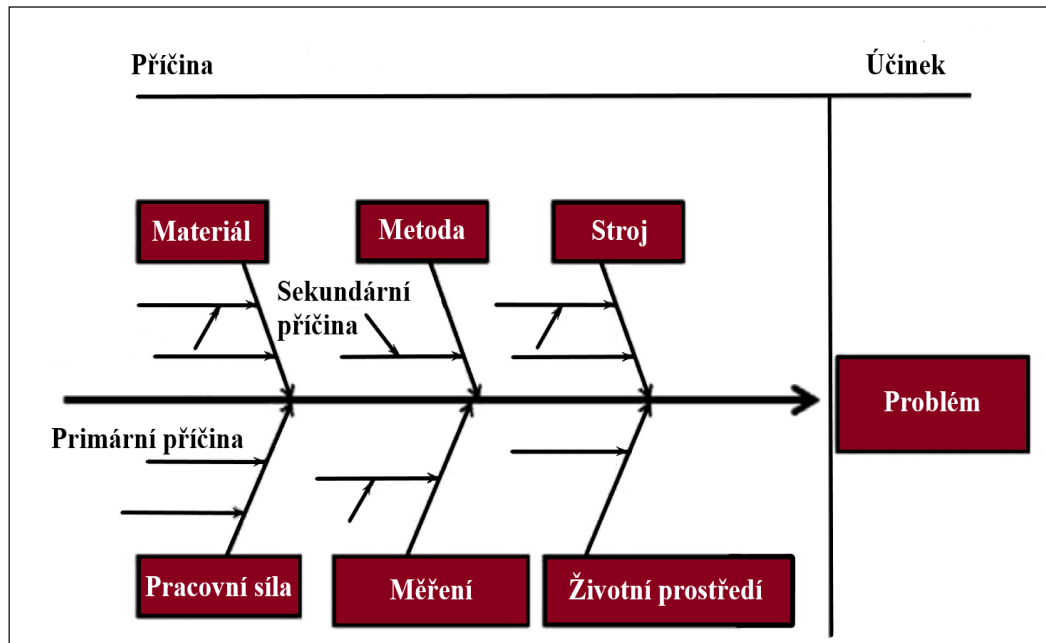
#### 4.1.5 Diagram příčin a následků

Diagram příčin a následků /viz obrázek č.16/ je také známý jako diagram rybí kosti. Byl vyvinut jako nástroj, který identifikuje všechny pravděpodobné příčiny, důvody, nebo účinky vzniklého problému, a to při systematickém znázornění. Ukazuje nám vzájemný vztah mezi daným výsledkem a všemi faktory, které ovlivňují výsledek. [31], [32], [44]

Příprava grafu:

- Brainstorming / kolektiv
- Základní kostra diagramu
- Definovat problem, jaký bude očekávaný přínos
- Hlavní skupiny - materiál, lidé, prostředí, stroje, atd.

- Vyhodnocení



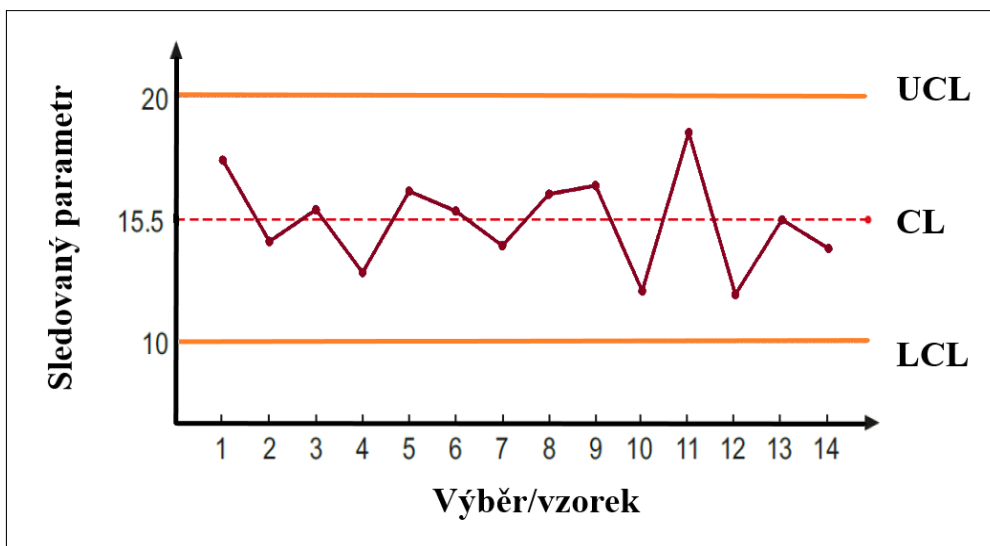
Obrázek 16 Ishikawuv diagram [32]

#### 4.1.6 Regulační diagram

Regulační diagram /viz obrázek č.17/ je graf vykreslený se zobrazením měřených dat oproti času. Je používán k zobrazování trendů nebo změn v procesu v průběhu toku času. Je to základní nástroj statické regulace procesu (SPC), který odhaluje významné vlivy na proces, slouží ke zlepšování procesu a jeho dlouhodobé stabilitě. [33], [34]

Základní typy regulačních diagramů:

- Při kontrole měřeními jsou sledované znaky měřitelné
- Při kontrole porovnáváním mají charakter diskretní náhodné veličiny
- Osa x (výběry)
- Osa y (hodnoty sledované charakteristiky)
- Regulační hranice jsou znázorněny UCL (horní mezní hranice) a LCL (dolní mezní hranice)
- CL je střední přímka průměrné hodnoty sledované charakteristiky



Obrázek 17 Regulační diagram [44]

#### 4.1.7 Vývojový diagram

Vývojový diagram naznačuje jak se řada základních procesů vzájemně ovlivňuje při dokončení procesů. Jedná se o obrázkovou reprezentaci všech kroků potřebných k dokončení procesu sekvenčním způsobem. Obsahuje posloupnost operací toku materiálu a čas potřebný k dokončení procesu. Je

Symbol	Význam
	Spojka, přechod na jinou část nebo pokračování vývojového diagramu
	Výkon operace, činnost
	Rozhodovací proces vždy jeden vstup a jen dva výstupy
	Subproces popsany v jiném subdiagramu
	Začátek nebo konce procesu
	Dokument

Obrázek 18 Symboly vývojového diagramu [44]

používán jej ke zlepšení procesu, k lepší komunikaci mezi jednotlivými odděleními společnosti a k fázování vývoje procesu vedoucích k identifikaci možných vzniků problémů. Při sestavování jsou používány symboly /viz obrázek č.18/. [32], [44]

#### 4.2 Sedm moderních nástrojů kvality

Moderní nástroje kvality mají za úkol rozvinout základní nástroje kvality. Jejich původ je z Japonska. Jedná se většinou o jednoduché grafické znázornění, které není náročné na

konstrukci. Mají za úkol věnovat se plánování jakosti ,definovat cíle a volit vhodné metody a postupy. [44], [47]

Mezi moderní nástroje kvality patří:

- Afinitivní diagram
- Diagram vzájemných vztahů
- Systematický diagram
- Maticový diagram
- Analýza údajů v matici,
- Diagram PDPC
- Síťový graf.

## 5 METODY POSUZOVÁNÍ JAKOSTI PROCESŮ

Jedná se o statistické metody sloužící pro dosažení a udržení způsobilosti výrobního procesu s požadovanou jakostí.

### 5.1 Analýza způsobilosti výrobního procesu

Aby byla zajištěna dlouho trvající jakost produktu, využívá se způsobilost výrobního procesu. Před výrobou se provede analýza procesu za účelem ověření schopnosti procesu poskytovat produkty v požadované kvalitě. [44], [45]

Ke zjištění využíváme indexy způsobilosti, které mají za úkol:

- Zjistit přípustnou variabilitu
- Zjistit skutečnou variabilitu (staticky zvládnutý proces)

Způsobilost je:

- Výrobní proces
- Výrobní zařízení
- Měřicí zařízení

Postup k rozboru schopnosti na podkladu měřitelných znaků [44], [45]:

- 1) Volba znaku jakosti - odráží úspěšnost sledovaného procesu, musí být určena kritéria jakosti např. toleranční meze
- 2) Analýza systému měření - ověření vhodnosti použitého systému měření na základě:
  - Stability
  - Strannosti
  - Shodnosti
  - Opakovatelnosti
  - Linearity
  - Reprodukovatelnosti
- 3) Shromáždění údajů – se získává z probíhajícího procesu v průběhu časového období, projevení všech variabilit za účelem zjištění hodnot sledovaného znaku jakosti)

- 4) Průzkumová analýza shromážděných údajů – identifikace odlehlých hodnot, zda nejde o hrubé chyby, vyhodnocení pomocí krabicového diagramu, nebo histogramu s tolerančními mezemi
- 5) Ověření normality sledovaného znaku jakosti - předpoklad způsobilosti procesu je ověřována pomocí indexů způsobilosti, testu normality dle Kolmogorovova – Smirnonova. Jedná se o test šikmosti a špičatosti. Jestliže výsledek není roven normálnímu rozdělení – musíme změnit zadané hodnoty.
- 6) Posouzení statistické zvládnutosti procesu – odvozením od náhodných veličin určujeme význam a proměnlivost sledovaného znaku, k určení jsou využívány regulační diagramy
- 7) Indexy způsobilosti (určení možné a reálné výroby nezmetkové produkce)

### 5.1.1 Index způsobilosti výrobního procesu $C_p$

Pro sledovaný znak kvality musíme přesně určit toleranční meze, kde se bude nacházet sledovaný znak.  $C_p$  index způsobilosti výrobního procesu je tedy schopnost sledovaného znaku kvality být mezi tolerančními mezemi. [44]

$C_p$  index je definován vztahem:

$$C_p = \frac{USL-LSL}{6\sigma} \quad (1)$$

Kde je :

- USL je horní toleranční hranice
- LSL je spodní toleranční hranice

Hodnoty indexu způsobilosti  $C_p$ :

$C_p < 0,33$  – z hodnoty výrobního procesu se usuzuje o špatné způsobilosti výrobního procesu

$C_p < 1$  – výrobní proces je považován za způsobilý, proces je centrován na střed tolerančního pole T

$C_p \geq 1,33$  – výrobní proces je považován za zvládnutý ve vzdálenosti  $4\sigma$

$C_p > 1,66$  – výrobní proces je výborně zvládnutý

$C_p > 2$  – výrobní proces naznačuje nevhodné toleranční hranice nebo snížené požadavky zákazníka

### 5.1.2 Index způsobilosti výrobního procesu $C_{pk}$

Index způsobilosti  $C_{pk}$  vymezuje nestálost určeného rysu jakosti, ale také postavení proti tolerančním hranicím.  $C_{pk}$  index nám tedy říká jakou má výrobní proces schopnost dlouhotrvající stability. [44]

$C_{pk}$  index je definován vztahem:

- Pro jednostrannou toleranci (dolní)

$$C_{pk} = C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (2)$$

- Pro jednostrannou toleranci – (horní)

$$C_{pk} = C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad (3)$$

- Pro oboustrannou toleranci – (dolní i horní)

$$C_{pk} = \min\{C_{pL}; C_{pU}\} = \min\left\{\frac{\mu - LSL}{3\sigma}; \frac{USL - \mu}{3\sigma}\right\} \quad (4)$$

Kde je:

- $\mu$  je střední hodnota sledovaného znaku

Hodnoty indexu způsobilosti  $C_{pk}$  :

- $C_{pk} < 0$  výrobní proces je mimo toleranční meze
- $C_{pk} = 0$  výrobní proces je centrován na toleranční hranici
- $C_{pk} < 1$  výrobní proces je nezpůsobilý
- $C_{pk} \leq 1,25$  výrobní proces je způsobilý pro normální výrobky
- $C_{pk} \leq 1,45$  nový, běžný výrobní proces dobře vhodný pro výrobky s vysokou bezpečností, hodnotíme jako skvěle zvládnutý
- $C_{pk} \leq 1,6$  nový proces pro výrobky s vysokou bezpečností, je nadstandardně zvládnutý



## 5.2 Ověřování hypotéz

Pokud chceme ověřit danou hypotézu musíme provést srovnání jednotlivých statistik z důvodu zjištění vlastností základního statického souboru, náhodných veličin a náhodného vektoru. Každá statistika má svoji variabilitu hodnot. Je to základní prvek, který určuje jak moc bude statistika zatížená a jestli se jedná o důležitou odlišnost v rámci testování statických hypotéz. Abychom mohli hypotézu prokázat používáme testy. [50], [51]

Rozčlenění testů:

- Parametrické testy – testování parametrů s normálním rozdělením pravděpodobnosti
- Neparametrické testy – rozdělení pravděpodobnosti je neznámé

Při testování rozlišujeme:

- nulovou hypotézu (  $H_0$  testovaná hypotéza )
- alternativní hypotézu (  $H_1$  )

Postup při testování statistické hypotézy:

- Formulace problému
- Stanovení nulové a alternativní hypotézy
- Volba hladiny významnosti
- Provedení měření
- Volba testované statistiky a výpočet její realizace
- Rozhodnutí o nulové hypotéze na základě kritického souboru
- Interpretace výsledků

Při testování může dojít:

- Nulová hypotéza je platná a testovaná statistika neleží v kritickém souboru.

VŠE SPRÁVNĚ

- Nulová hypotéza je platná a testovaná statistika, která leží v kritickém souboru. Nulová hypotéza je zamítnuta, i když platí. Vzniká chyba 1. Druhu. Její pravděpodobnost značíme  $\alpha$

- Nulová hypotéza neplatí a testovaná statistika neleží v kritickém souboru. Nulová hypotéza není zamítnuta i přes její nepravdivost. Vzniká chyba 2. Druhu. Její pravděpodobnost značíme  $\beta$
- Nulová hypotéza neplatí a testovaná statistika leží v kritickém souboru. Nulová hypotéza je zamítnuta, a vše je správně.

Tabulka 2 Chyby I. a II. druhu [51]

Skutečnost	$H_0$ nezamítáme	$H_0$ zamítáme
$H_0$ platí	Správné rozhodnutí	Chyba I. druhu
$H_0$ neplatí	Chyba II. druhu	Správné rozhodnutí

### 5.3 Metody zkoumání závislosti

Představuje vztah mezi dvěma číselnými skupinami. K jejich řešení jsou využijeme Regresní analýzu, Analýzu rozptylu, Kolerační analýzu. [49], [50]

Dělíme na :

- Pevnou (funkční vztah) – pokud změním jeden znak dojde ke změně i druhého znaku
- Statickou (volná) – změnám jedné veličiny odpovídají změny druhé veličiny

#### 5.3.1 Regresní analýza

Je souhrn statistických metod určených pro práci mezi závislostmi číselných znaků. Má za úkol popis průběhu statistické závislosti pro odhad hodnot závislé proměnné ( $y$ ) pro jednu nebo více nezávislých proměnných. [49], [50]

Rozlišujeme:

- Jednoduchou regresní analýzu
- Vícenásobnou regresní analýzu.

##### 5.3.1.1 Jednoduchá regresní analýza

- **Určení regresní funkce** – dle grafického znázornění se zvolí příhodná funkce, na základě matematických požadavků a zkoumaných závislostí

Teoretická regresivní funkce je model popisující závislost mezi závislou a nezávislou proměnou v základním souboru.

$$Y = (x, \beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k) + \varepsilon_i \quad (5)$$

Kde je:

- $\beta_i$  – regresní parametr
- $\varepsilon_i$  – náhodná složka

Výběrová regresní funkce je posouzení kalkulací z výběrového souboru, musíme pro její realizaci použít velké množství dat.

$$\hat{y} = f(x, b_0, b_1, b_2, \dots, b_k) + e_i \quad (6)$$

Kde je:

- $b_i$  – posouzení regresivního parametru  $\beta_i$
- $\varepsilon_i$  – odhad náhodné složky
- **Odhad parametrů regresní funkce** – pro její výsledek aplikujeme metodu nejmenších čtverců, a to pro lineární i nelineární regresní funkci.
- **Testování hypotéz o parametrech regresního modelu** – posouzené dvou odlišných hypotéz:

➤ Nulovou hypotézu ve tvaru:

$$H_0: \beta_j = 0 \quad (7)$$

➤ Alternativní hypotézu ve tvaru:

$$H_a: \beta_j \neq 0 \quad (8)$$

- **Posouzení kvality regresního modelu** – pro vyhodnocení využijeme index determinace, celkový F – test, významnost regresních koeficientů a reziduální rozptyl

### 5.3.1.2 Vícenásobná lineární regrese

Pro vícenásobnou lineární regresi platí tvar:

$$y = f(x_1; x_2; \dots x_k) \quad (9)$$

Teoretická regresní funkce bude mít tvar:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (10)$$

Kde je:

- $\beta_0$  – absolutní člen rovnice
- $\beta_1, \beta_2, \beta_k$  – teoretické regresní koeficienty

Výběrová regresní funkce bude mít tvar:

$$\hat{y} = b_{y.x_1.x_2\dots x_k} + b_{y.x_2.x_1.x_3\dots x_k} x_{1i} + b_{y.x_2.x_1.x_3\dots x_k} x_{2i} + \dots + b_{y.x_k.x_1.x_2\dots x_{k-1}} x_{ki} + e_i \quad (11)$$

Kde je :

- $b_{y.x_2.x_1\dots x_k}$  – absolutní člen rovnice
- $b_{y.x_1.x_2.x_3\dots x_k}, b_{y.x_2.x_1.x_3\dots x_k}, b_{y.x_k.x_1.x_2\dots x_{k-1}}$  - výběrové regresní koeficienty
- $e_i$  - reziduum

### 5.3.2 Analýza rozptylu

Analýza rozptylu (ANOVA – Analys of Variance) je průběh, který slouží k testování začátků proměnlivosti u přímých statistických vzorů. Má za úkol stanovit jestli kvalitativní či kvantitativní faktory důležitě zkreslují testované veličiny. [49]

Postup analýzy rozptylu:

- Odhad parametrů základního modelu ANOVA
- Testování jeho významnosti a konstrukce různých modelů
- Vyjádření složek rozptylů a testování jejich významnosti
- Ověření předpokladu normality a indikace silně vybočujících hodnot
- Interpretace výsledků s ohledem na zadání dat a jejich případné úpravy

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je:

- Provést analýzu výrobního procesu tažné pružiny Meinzing
- Určit kritické rozměry
- Provést kontrolu pomocí indexů  $C_p$  a  $C_{pk}$
- Vyhodnotit jejich hodnoty
- Navrhnout nápravná opatření s ohledem na cenu realizace

## 7 PRACOVNÍ POSTUP PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

V praktické části práce se budeme snažit dosáhnout vytyčených cílů za předem stanovených podmínek.

Jednotlivé kroky praktické části:

- Seznámení s výrobní společností a jejím výrobním portfoliem
- Představení výrobního procesu stykačové pružiny Menzing
- Definice měřicího systému pro jednotlivé kritické rozměry navíjení pružiny, broušení
- Ověření normality naměřených dat pro jednotlivé kritické rozměry pružiny
- Vyhodnocení indexů způsobilosti  $C_p$ ,  $C_{pk}$
- Porovnání indexů způsobilosti, jejich vyhodnocení
- Navržení přijatelných nápravných opatření
- Zhodnocení výsledků

## 8 ZÁKLADNÍ INFORMACE O SPOLEČNOSTI

Společnost Alcomex Spring Works s.r.o. je jednou z největších společností u nás, vyrábějící a dodávající pružiny do celého světa. Její výrobní specializací jsou pružiny do vratových systémů. Společnost se neustále rozvíjí, a i za současných nezcela příznivých podmínek na obchodním trhu se jí daří získávat nové zákazníky.

Výhodou společnosti je její velké výrobní portfolio, které zasahuje do automobilového průmyslu, zdravotnických zařízení, počítačových a průmyslových zařízení, potravinářského průmyslu a dalších důležitých oblastí výroby a zpracování.

### 8.1 Základní údaje

- Obchodní firma: Alcomex Spring Works, s.r.o.
- Sídlo: Modřická 463/70, Moravany 664 48
- Identifikační číslo: 25592742
- Právní forma: Společnost s ručením omezeným
- Datum vzniku a zápisu: 7.3.2000
- Spisová značka: C 36306/SL Krajský soud Brno
- Základní kapitál: 400.000 Kč
- Předmět podnikání: Živnost č. 1 Výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona

### 8.2 Výrobní portfolio

Výrobním portfoliem společnosti jsou pružiny vyrobené pro vratové systémy, výrobu aut, zdravotnictví, stavební průmysl, zemědělskou techniku, elektrotechniku a jiné. Výroba je rozdělena do dvou částí. První se zaměřením na výrobu pružin, kde vstupním materiálem je negalvanizovaný ocelový drát a druhou část, kde vstupním materiálem je nejčastěji nerezový plech 1.4310. Firma v rámci interní kooperace vyrábí specializované produkty v mnoha variantách a provedeních, dle požadavků zákazníka. Omezením ve výrobě je schopnost výrobních strojů zpracovávat vstupní materiál jen do určité tloušťky a pouze tvářením za studena.



Mezi nevyznamnější zákazníky patří /viz obrázek č.19/:

- Growers Gmbh – Pružinová spona vinohradu
- Gumotex – Pružina sluneční clony zrcátka
- Festool – Ruční nářadí
- ABB – Robotické linky a elektrotechnické součásti
- Emerson – Pružiny zpětných ventilů
- Singing rock – Upínací systém maček



**Growers Gmbh**



**Gumotex**



**Festool**



**ABB**



**Emerson**



**Singingrock**

Obrázek 19 Portfólio

## 9 PREZENTACE SOUČÁSTKY MEINZING PRO STYKAČ

Pružina se používá v konstrukci stykače pro rozpojení a sepnutí obvodu.

### 9.1 Postup výroby

Výroba pružiny Meinzing je rozdělena do několika etap. Od naskladnění materiálu pro výrobu, až po finální kontrolu a expedici. Jednotlivé výrobní etapy jsou popsány níže.

#### 9.1.1 Vstupní materiál a jeho kontrola

Výrobní společnost Alcomex Spring s.r.o. si objednává materiál pro výrobu po celém světě. V současné situaci při nedostatku některých materiálů nemá přímo určeného dodavatele. Zároveň se snaží vytvářet u některých materiálů zásoby. Při naskladňování materiálu do výroby součásti /viz obrázek č.20/, je kladen požadavek na materiálové složení a mechanický test.



Obrázek 20 Uložený materiál ve skladu

Tabulka 3 Materiálové složení pro pružinu Meinzing

	Al %	S %	C %	P %	Cu %	Cr %	Sn %
Hodnota	0,034	0,003	0,795	0,008	0,021	0,258	0,002
	Mn %	Mo %	Ni %	N %	Si %	V %	
Hodnota	0,675	0,001	0,017	0,0047	0,246	0,129	

Pokud doručený materiál nesplňuje požadované vlastnosti, je reklamován. Tím se sice zabrání vstupu neshodného materiálu do výroby, ale dochází k výrobní prodlevě. Každý přijatý materiál je evidován dle popisného štítku a je veden v elektronické evidenci /viz obrázek č.21/.



Obrázek 21 Popisný štítek materiálu

### 9.1.2 Proces tváření

V první části výrobního procesu je materiál tvářen do podoby tažné pružiny /viz obrázek č.22/. Následuje proces tepelné úpravy v průběhové peci na teplotu 260 °C po dobu 14 minut za účelem snížení vnitřního pnutí. Dokud pružina neprojde tepelným procesem nemá požadované vlastnosti.



Obrázek 22 Pružina po procesu tváření

Kritické rozměry pro vyhodnocení způsobilosti výrobního procesu tváření jsou:

- **Vnější průměr 36 ( $\pm 0,4$ ) mm**
- **Vnitřní průměr 24 ( $\pm 0,4$ ) mm**

Ostatní výrobní parametry pružiny:

- **Průměr drátu 6 ( $\pm 0,011$ ) mm**
- **Závitů celkem 22,5**
- **Směr vinutí vpravo**
- **Přihnuté konce pružiny ano**
- **Orientační síla 400 N $\pm$ 20 N po tepelné úpravě orientačně 300 N $\pm$ 20 N**

### 9.1.3 Proces broušení

Po procesu tváření a tepelné úpravy následuje proces broušení za účelem dosažení kolmosti povrchu pružiny vůči upínacímu přípravku a odstranění ořepu po tváření /viz obrázek č.23/.



Obrázek 23 Pružina po obroušení

Kritické rozměry pro vyhodnocení způsobilosti výrobního procesu broušení jsou:

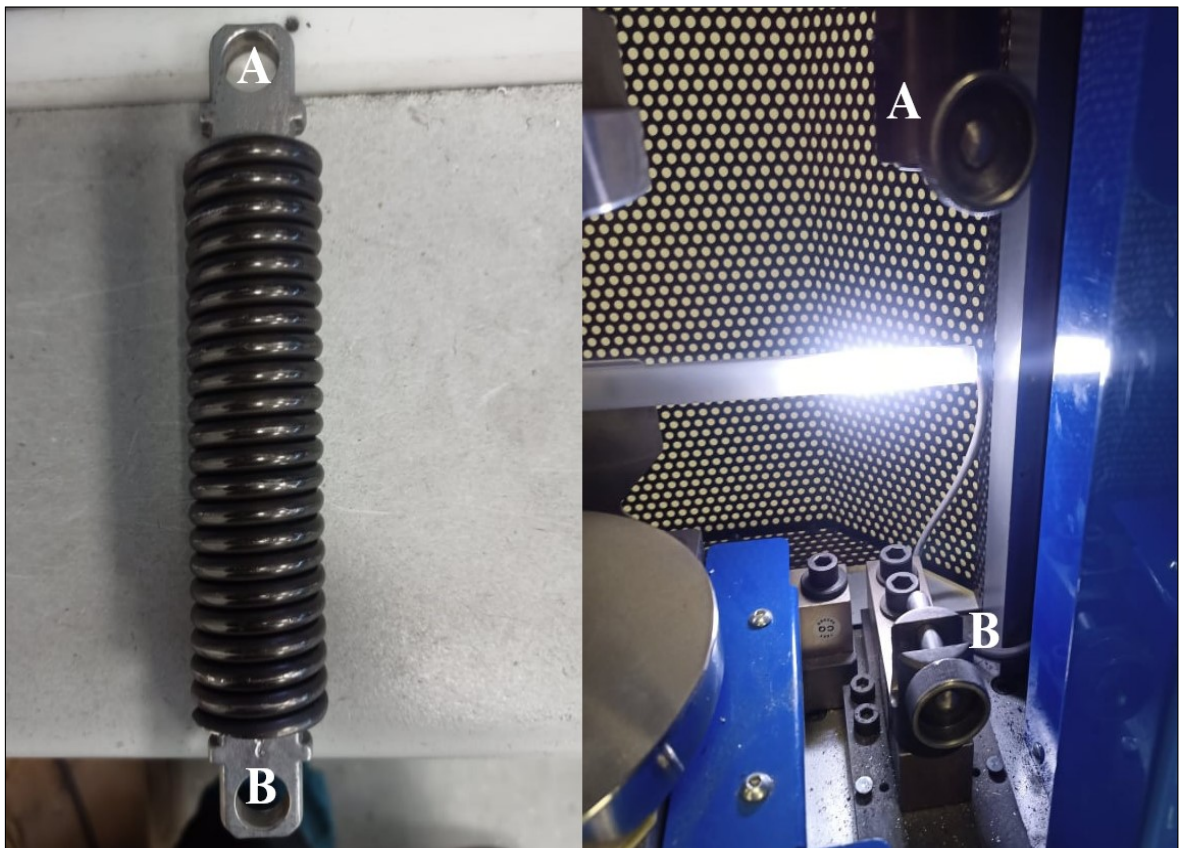
- **Délka volná 133 ( $\pm 0,5$ ) mm**
- **Síla 300 ( $\pm 20$ ) N**



Po obroušení pružiny a kontroly funkčnosti následuje náhodná vizuální kontrola na vizuální vady v expedici a pružina se odesílá k zákazníkovi.

#### 9.1.4 Kontrola funkčnosti pružiny

Po procesu broušení se 10 % vyráběných pružin z celkového počtu se kontroluje správná funkčnost na siloměru ve dvou po sobě jdoucích zatíženích v rozdílné délce /viz obrázek č.24/. Pokud by pružina nesplňovala požadavky obou zatížení, stal by se celý stykač nefunkční.



Obrázek 24 Upnutí pružiny v siloměru

Pro správnou funkci pružiny jsou kritické rozměry:

#### I. Krok

- Délka 205 mm pro sílu 760 N ( $\pm 100$ ) N

## II. Krok

- Délka 241 mm pro sílu 1800 N ( $\pm 100$ ) N

### 9.2 Získání dat kritických rozměrů

Pokud se vyhodnocují naměřená data, musí se definovat jak je získat. Pro výrobní součást tažné pružiny Meinzing jsou zvoleny určené kritické rozměry, které jsou klíčovými ukazateli výrobního procesu pro určitou etapu výroby, a to vnější a vnitřní průměr, délka, síla a kolmost.

#### 9.2.1 Měření posuvným technickým měřidlem

Pro měření kritických rozměrů délky, vnějšího a vnitřního průměru, využíváme posuvné technické měřidlo značky INSIZE 1108 – 200 /viz obrázek č.25/, které splňuje požadavky určené Českým metrologickým ústavem.



Obrázek 25 INSIZE 1108 - 200

Základní technické údaje posuvného měřidla INSIZE 1108 – 200:

- Výsledek: 0,01 mm/0,0005“
- Tlačítka: zapnout/vypnout, nula , mm/inch
- Baterka: CR2032
- DIN 862
- Rozsah: 0-200 mm/0,8“
- Přesnost:  $\pm 0,03$  mm

Způsob měření:

- Kontaktní měření, kdy je měřen vnější a vnitřní průměr a délka pružiny, jsou naměřené hodnoty jsou odečteny ze stupnice, kterou nazýváme nonius.
- Pro vnější průměr se využije na měřidle velkých čelistí, mezi které je vložena pružina. Měří se ve třech náhodných bodech, a to uprostřed a na koncích pružiny.
- Pro vnitřní průměr je využito menších čelistí na měřidle. Ty jsou vloženy do vnitřního prostoru měřené pružiny, a to na obou koncích.
- Pro měření délky je využito velkých čelistí. Měřena je délka od začátku závitu pružiny ke konečnému závitu

Dané měřidlo je použito v obou etapách výroby a jsou měřeny s ním tyto rozměry:

- Tváření s popouštěním v průběhové peci
  - **Vnější průměr 36 ( $\pm 0,4$ ) mm**
  - **Vnitřní průměr 24 ( $\pm 0,4$ ) mm**
  - **Délka 142 ( $\pm 0,5$ ) mm** – délka je pouze orientační z důvodu broušení a je ovlivněna počtem závitů, závitů je po tváření 22,5
- broušení
  - **Délka 133 ( $\pm 0,5$ ) mm** – pro počet závitů 21,75

### 9.2.2 Měření siloměrem

Pro měření kritických rozměrů síly je využíván siloměr značky Microstudio MXM 100 - 1000 /viz obrázek č.26/ a musí splňovat požadavky dané Českým metrologickým ústavem.



Obrázek 26 Siloměr MXM 100 - 1000

Základní technické údaje siloměru MXM:

- **Kapacita: 100 kN**
- **Rozlišení zatížení: 2 N**
- **Maximální délka pružiny: 1000 mm**
- **Rozlišení délky: 0,005 mm**
- **Rozměry: 1600 x 960 x 2100 mm**

Způsob měření:

- Kontaktní měření

Dané měřidlo je použito ve všech etapách výroby a měřeny s ním jsou tyto rozměry:

- **Tváření**
  - **Síla 400 ( $\pm 20$ ) N** – orientační hodnota
- **Popouštění v peci**
  - **Síla 300 ( $\pm 20$ ) N** orientační hodnota
- **Broušení**
  - **Síla 300 ( $\pm 20$ ) N** orientační hodnota
- **Kontrola funkčnosti pružiny**
  - **Pro krok I. síla 760 N ( $\pm 100$ ) N**
  - **Pro krok II. síla 1800 N ( $\pm 100$ ) N**



## 10 VÝROBNÍ PROCES A JEHO ZPŮSOBILOST PRO VÝROBU PRUŽINY MEINZING

Aby mohlo být provedeno vyhodnocení kritických procesů a jeho příslušných rozměrů, musí se udělat průzkumová analýza dat, která je označována EDA (exploratory data analysis). Ta slouží k objevení vzorců, anomálií, k testování hypotéz, ověření normality naměřených dat a k ověření předpokladů pomocí souhrnných statistik a grafických znázornění.

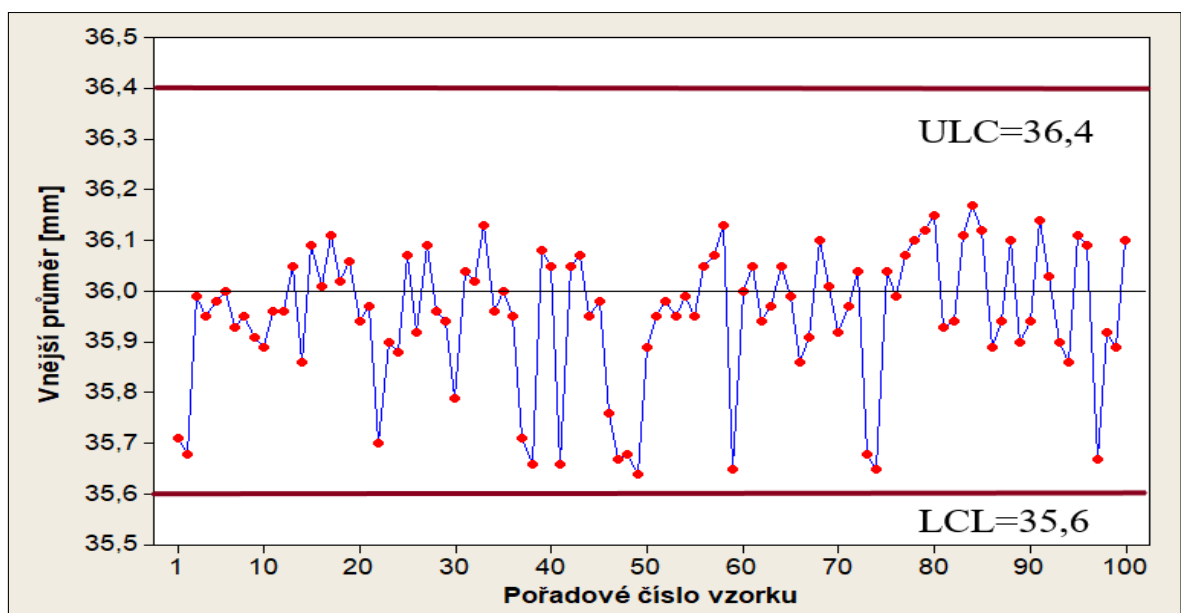
### 10.1 Tvářeni

První etapa výrobního procesu obsahuje dva kritické rozměry po tepelné úpravě pružiny.

Při etapě tvářeni a tepelné úpravě je sledován vnější a vnitřní rozměr, délka. Pro každý z těchto rozměrů se provádí ověření normality naměřených dat a vyhodnocení způsobilosti výrobního procesu pomocí indexů způsobilosti  $C_p$  a  $C_{pk}$ .

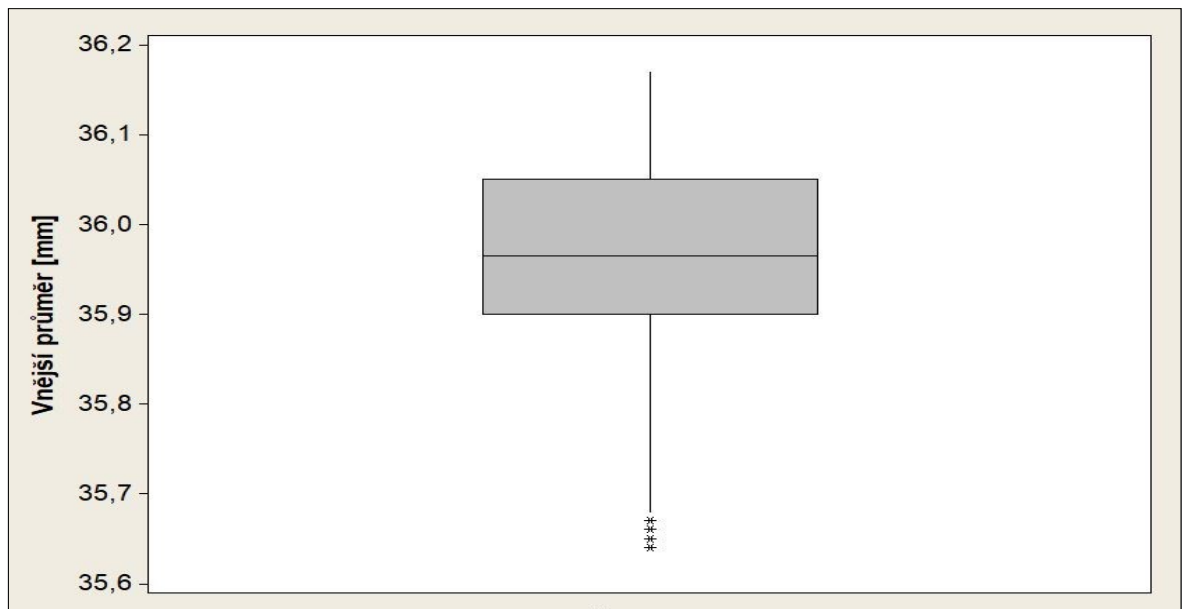
#### 10.1.1 Kritický rozměr vnější průměr 36 ( $\pm 0,4$ ) mm

Diagram časové řady /viz obrázek č.27/ je vytvořený pro daný rozměr. Zobrazuje průběh měření během výroby pružiny. Z diagramu lze vyčíst, že neobsahuje žádné trendy v měřeních a obsahuje variabilitu. Lze usoudit, že na výrobní proces působí jen náhodné vlivy, které predikují normální rozdělení dat.



Obrázek 27 Časová řada pro průměr 36 mm

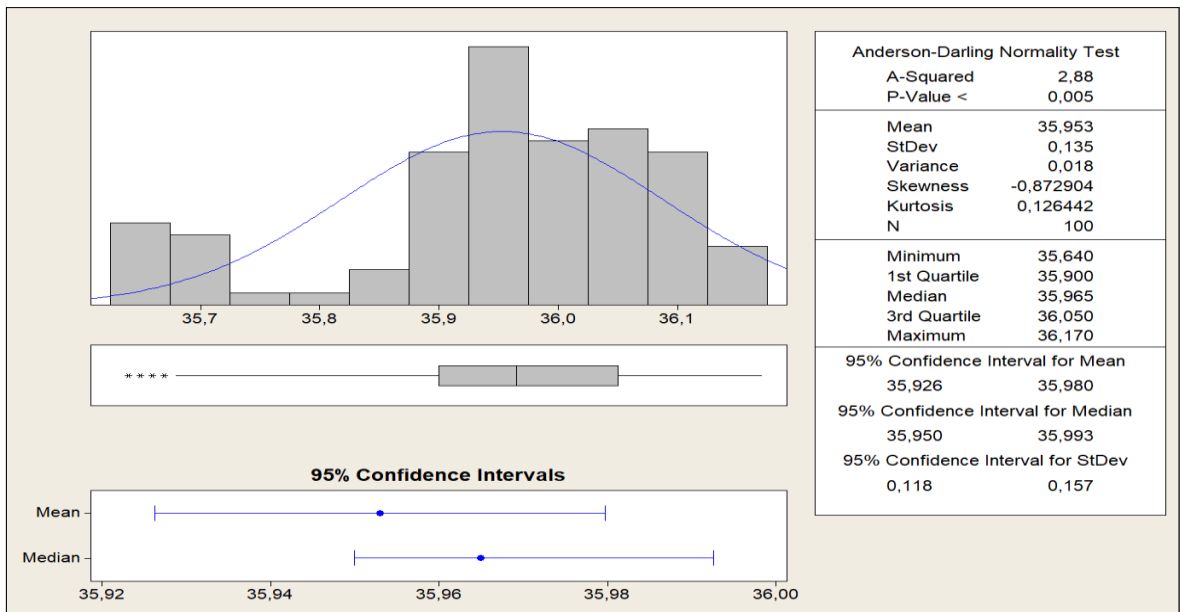
**Boxplot diagram** /viz obrázek č.28/. Vytvořený pro grafické znázornění numerických dat pomocí kvartilů. Neznázorňuje žádnou asymetrii dat. Symetrie dat je potvrzená pomocí koeficientu šikmosti  $\gamma_3 = -0,872$ , data neobsahují vychýlené hodnoty, hodnota dolního kvartilu je  $Q_1 = 35,9 \text{ mm}$  a hodnota horního kvartilu je  $Q_3 = 36,05 \text{ mm}$ .



Obrázek 28 Boxplot pro průměr 36 mm

Normalita dat je potvrzena histogramem s křivkou hustoty /viz obrázek č. 29/:

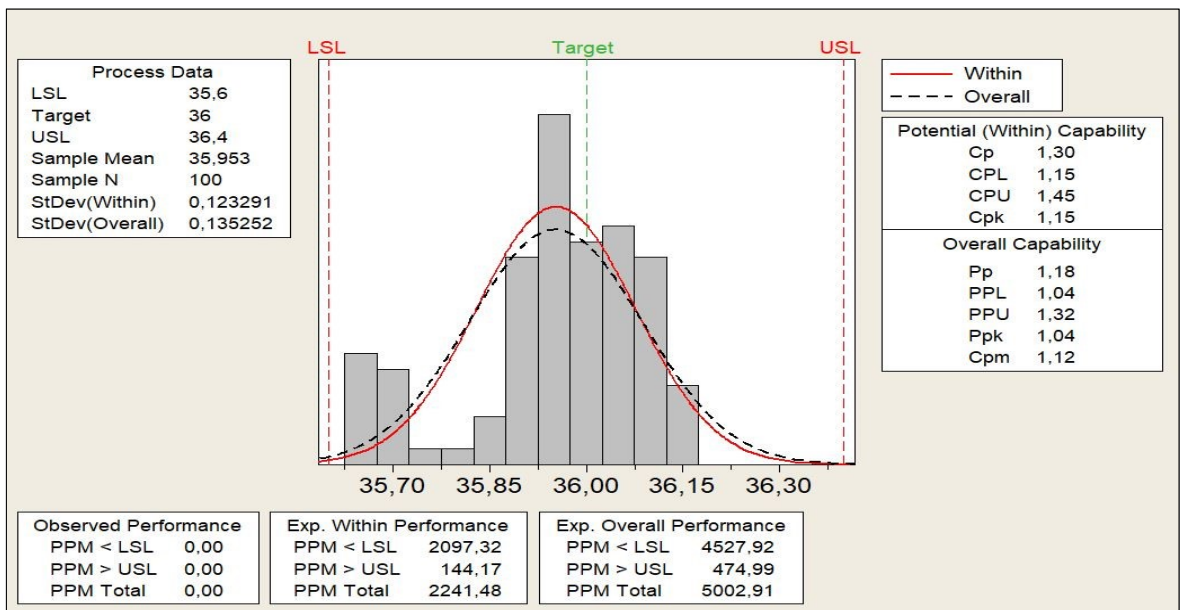
- 95 % konfidenční interval
- P-hodnota je 0,005
- Médián je 35,965
- Hodnota aritmetického průměru je 35,953
- Směrodatná úchylka 0,135



Obrázek 29 Grafický souhrn pro průměr 36 mm

Rozdíl mezi hodnotou mediánu a hodnotou aritmetického průměru je malý, proto normalita dat pro průměr 36 ( $\pm 0,4$ ) mm se nezamítá.

V následujícím kroku /viz obrázek č.30/ je vytvořen histogram, který obsahuje spodní a horní hranici k vypočítání odhadů indexů způsobilosti výrobního procesu.



Obrázek 30 Histogram hustoty normálního rozdělení pro průměr 36 mm

Pak pro odhad platí:

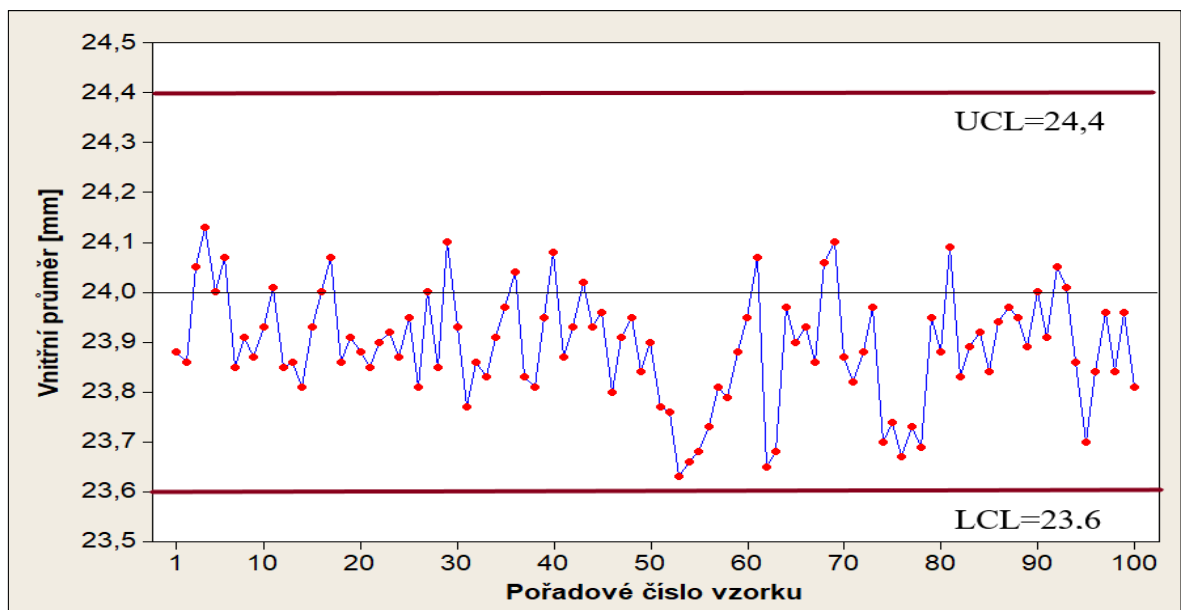
- $C_p = 1,3 > 1$
- $C_{pk} = 1,15 > 1$

Vyhodnocení:

- Index způsobilosti  $C_p$  výrobního procesu je považován za okamžitě způsobilý.
- Index způsobilosti  $C_{pk} < 1,33$  - výrobní proces lze považovat dlouhodobě za nezpůsobilý, protože jsou ve výrobním procesu velké rozptyly. Vyrábí se zmetková produkce, a proto je nezbytné zlepšit výrobní proces.
- PPM < LSL - počet dílů na milion, jejichž charakteristika zájmu je menší než nižší specifikace, je 2097,32. To znamená, že přibližně 2097 z milionu vyrobených pružin je zmetkovitá výroba.

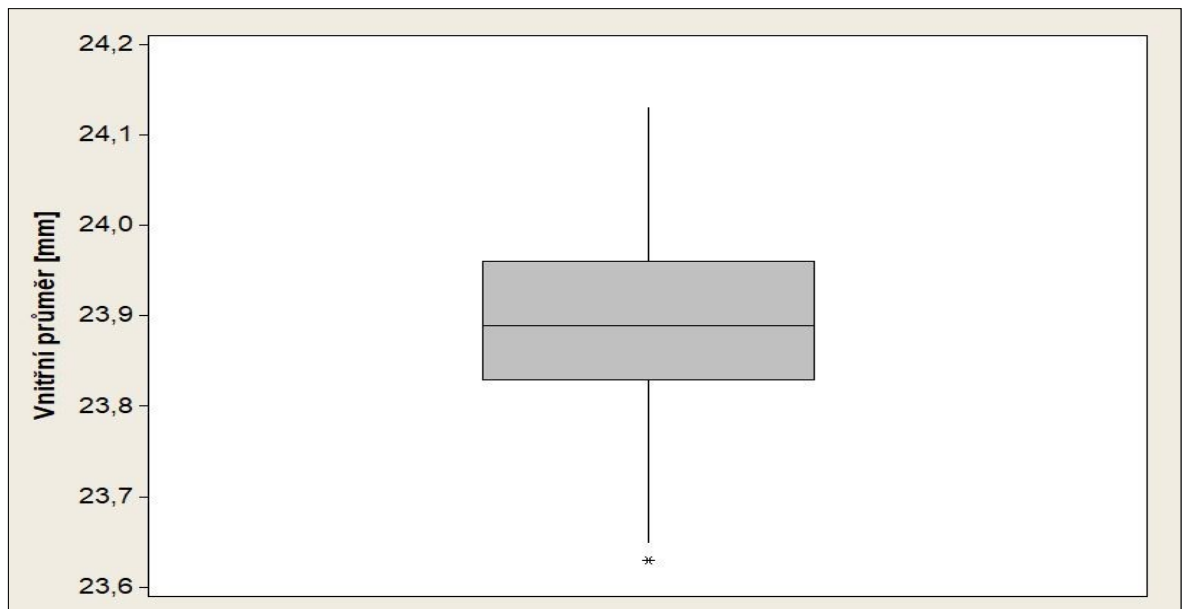
### 10.1.2 Kritický rozměr vnitřní průměr 24 mm

**Diagram časové řady** /viz obrázek č.31/ je vytvořený pro daný rozměr. Zobrazuje průběh měření během výroby pružiny. Z diagramu můžeme vyčíst, že neobsahuje žádné trendy v měřeních a obsahuje variabilitu. Lze usoudit, že na výrobní proces působí jen náhodné vlivy, které predikují normální rozdělení dat.



Obrázek 31 Diagram časové řady pro průměr 24 mm

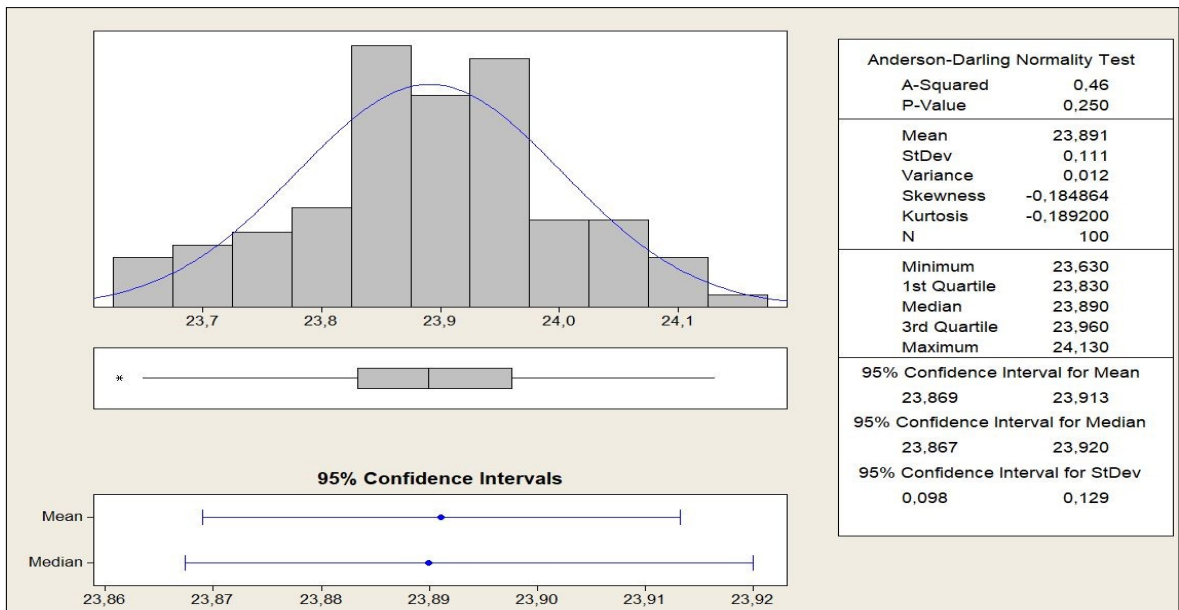
**Boxplot diagram** /viz obrázek č.32/. Vytvořený pro grafické znázornění numerických dat pomocí kvartilů. Neznázorňuje žádnou asymetrii dat. Symetrie dat je potvrzená pomocí koeficientu šikmosti  $\gamma_3 = -0,184$ , data neobsahují vychýlené hodnoty, hodnota dolního kvartilu je  $Q_1 = 23,83 \text{ mm}$  a hodnota horního kvartilu je  $Q_3 = 23,96 \text{ mm}$ .



Obrázek 32 Boxplot pro průměr 24mm

Normalita dat je potvrzena histogramem s křivkou hustoty /viz obrázek č. 33/:

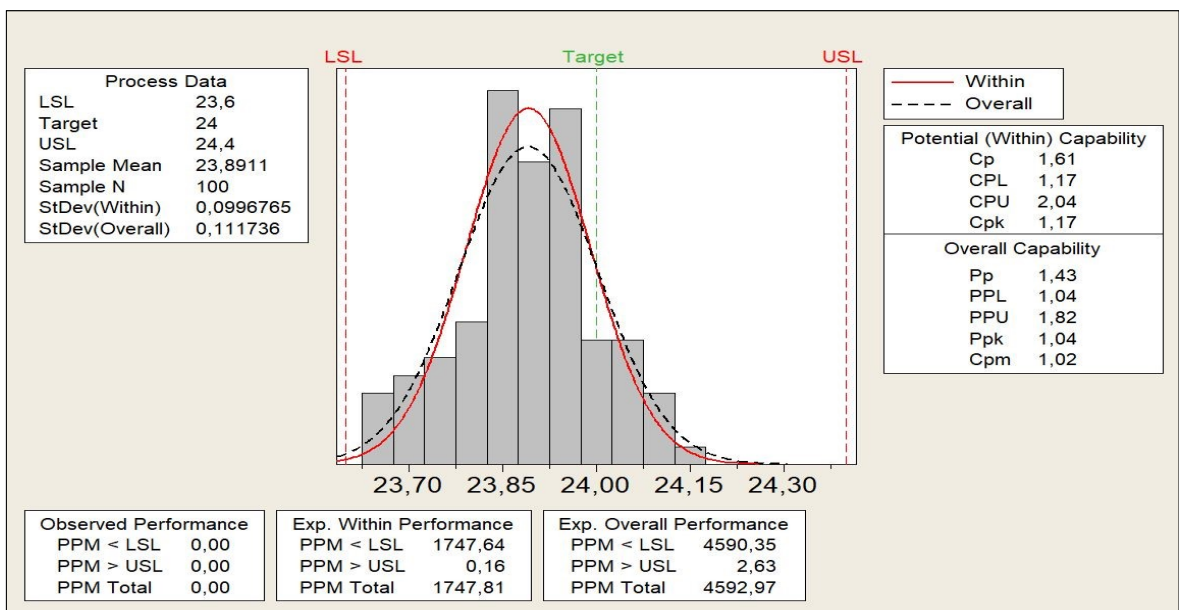
- 95 % konfidenční interval
- P-hodnota je 0,250
- Médián je 23,89
- Hodnota aritmetického průměru je 23,891
- Směrodatná úchylka 0,111



Obrázek 33 Grafický souhrn pro průměr 24 mm

Rozdíl mezi hodnotou mediánu a hodnotou aritmetického průměru je malý, proto normalita dat pro průměr 24 ( $\pm 0,4$ ) mm se nezamítá.

V následujícím kroku /viz obrázek č.34/ je histogram, který obsahuje spodní a horní hranici k vypočítání odhadů indexů způsobilosti výrobního procesu.



Obrázek 34 Histogram hustoty normálního rozdělení pro průměr 24 mm

Pak pro odhad platí:

- $C_p = 1,61 > 1$
- $C_{pk} = 1,17 > 1$

Vyhodnocení:

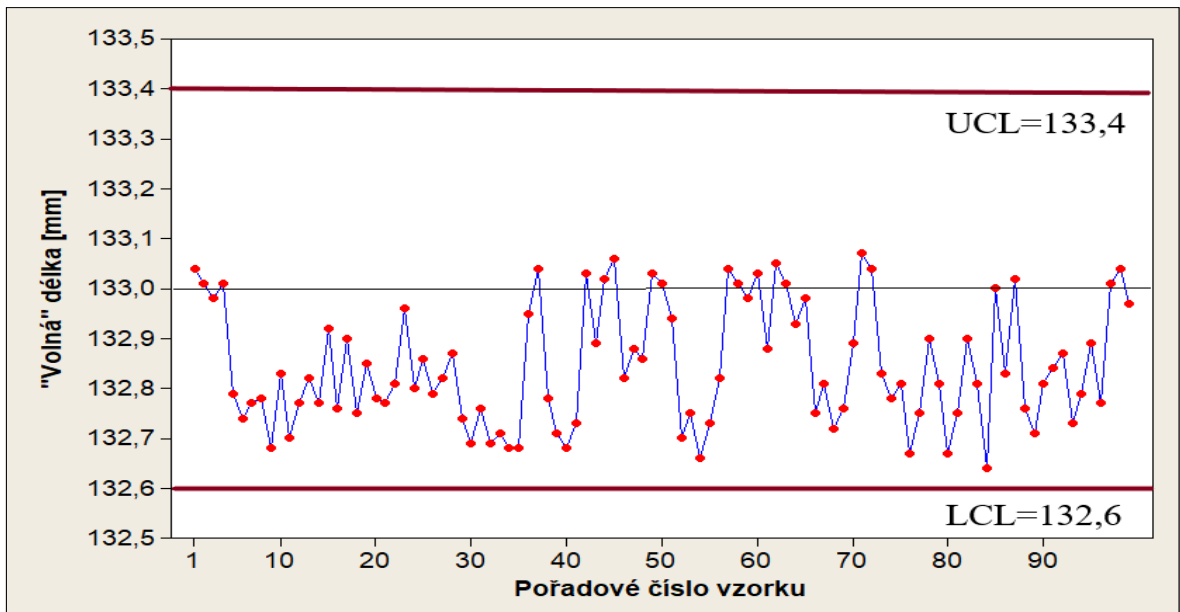
- Index způsobilosti  $C_p$  výrobního procesu je považován za okamžitě způsobilý.
- Index způsobilosti  $C_{pk} < 1,33$  - výrobní proces lze považovat dlouhodobě za nezpůsobilý, protože jsou ve výrobním procesu velké rozptyly. Vyrábí se zmetková produkce, je nezbytné zlepšit výrobní proces.
- PPM < LSL - počet dílů na milion, jejichž charakteristika zájmu je menší než nižší specifikace, je 1747,64. To znamená, že přibližně 1747 z milionu vyrobených pružin je zmetkovitá výroba.
- Dle rozvržení hodnot se usuzuje, že nejsou optimálně stanoveny výrobní rozměry a tolerance.
- Průměrná hodnota je posunuta ke spodnímu limitu, nevycentrovaný proces, případné snížení variability.

## 10.2 Broušení

Druhá etapa výrobního procesu obsahuje jeden kritický rozměr, a to volnou délku. Pro daný rozměr se provede ověření normality naměřených dat a vyhodnocení způsobilosti výrobního procesu pomocí indexů způsobilosti  $C_p$  a  $C_{pk}$ .

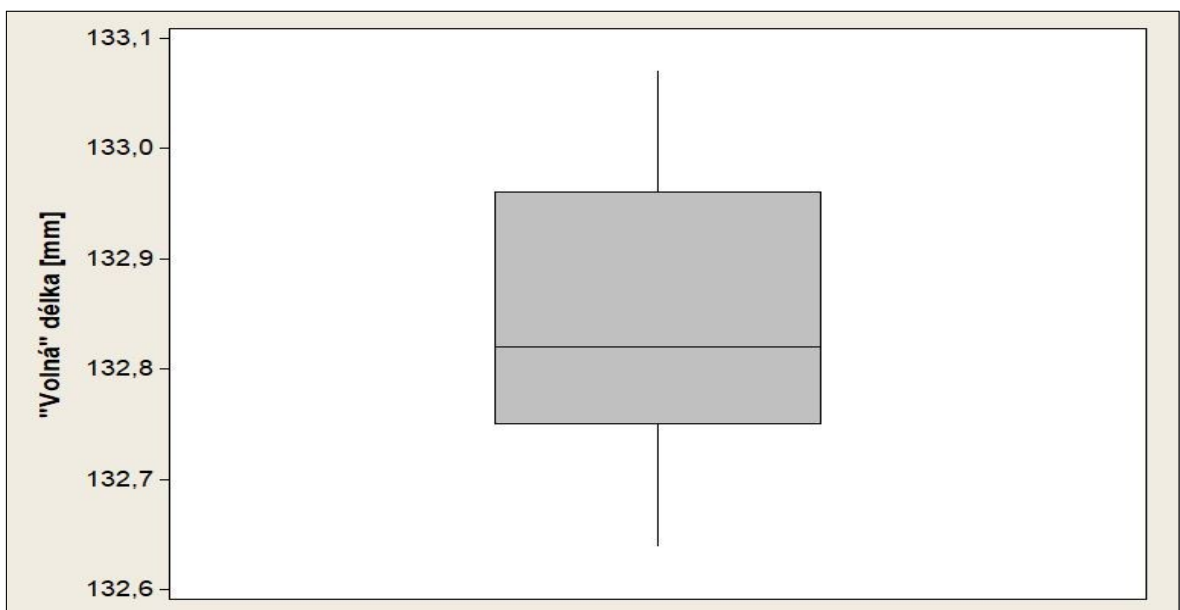
### 10.2.1 Kritický rozměr volná délka 133 ( $\pm 0,4$ ) mm

**Diagram časové řady** /viz obrázek č.35/ je vytvořený pro daný rozměr. Zobrazuje průběh měření po broušení jednotlivých pružin. Z diagramu můžeme vyčíst, že neobsahuje žádné trendy v měřeních a obsahuje variabilitu. Lze usoudit, že na výrobní proces působí jen náhodné vlivy, které predikují normální rozdělení dat.



Obrázek 35 Časová řada pro délku 133 mm

**Boxplot diagram** /viz obrázek č.36/. Vytvořený pro grafické znázornění numerických dat pomocí kvartilů. Neznázorňuje žádnou asymetrii dat. Symetrie dat je potvrzená pomocí koeficientu šikmosti  $\gamma_3 = 0,377$ , data neobsahují vychýlené hodnoty, hodnota dolního kvartilu je  $Q_1 = 132,75 \text{ mm}$  a hodnota horního kvartilu je  $Q_3 = 132,96 \text{ mm}$ .

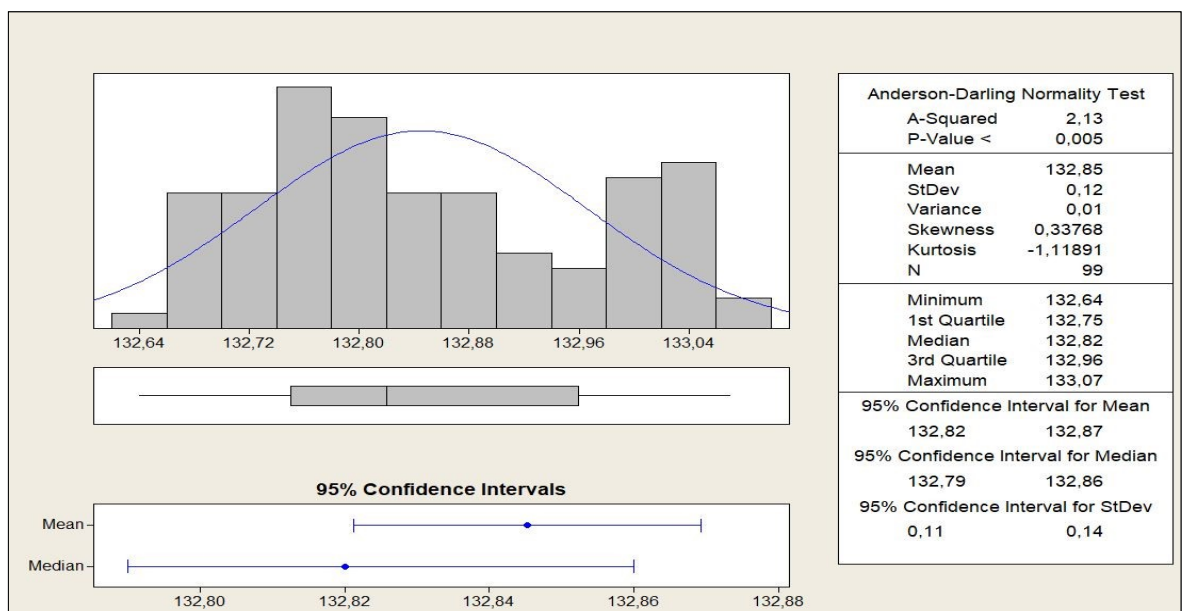


Obrázek 36 Boxplot pro délku 133 mm



Normalita dat je potvrzena histogramem s křivkou hustoty /viz obrázek č. 37/:

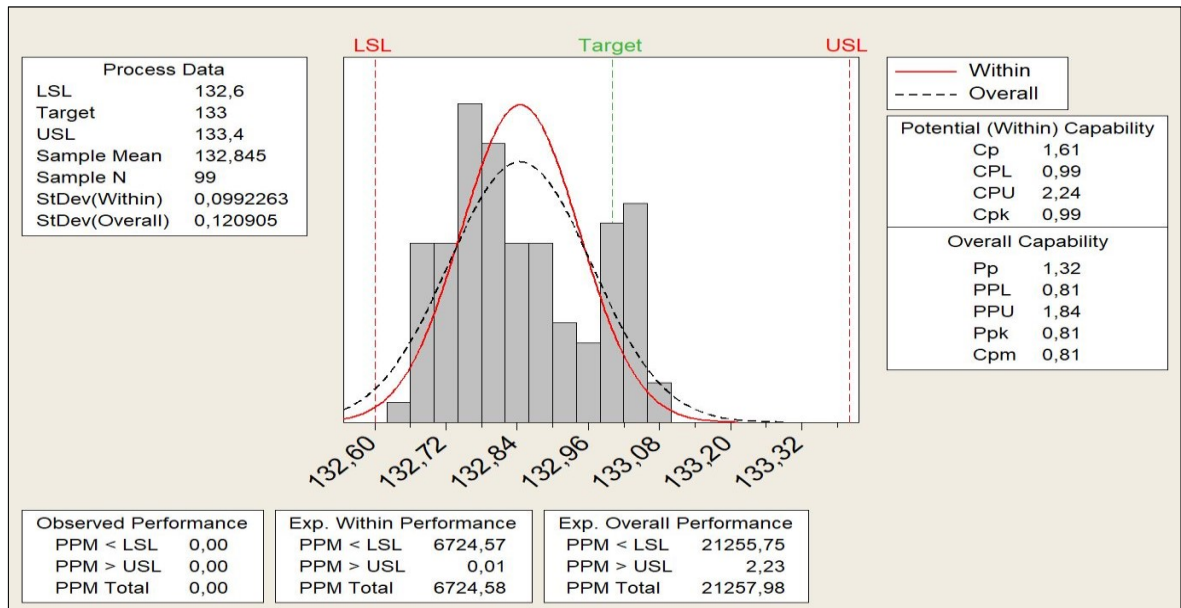
- 95 % konfidenční interval
- P-hodnota je 0,005
- Médián je 132,82
- Hodnota aritmetického průměru je 132,85
- Směrodatná úchylka 0,12



Obrázek 37 Grafický souhrn pro délku 133 mm

Rozdíl mezi hodnotou mediánu a hodnotou aritmetického průměru je malý, proto normalita dat pro průměr 133 ( $\pm 0,4$ ) mm se nezamítá.

V následujícím kroku /viz obrázek č.38/ je histogram, který obsahuje spodní a horní hranici k vypočítání odhadů indexů způsobilosti výrobního procesu.



Obrázek 38 Histogram hustoty normálního rozdělení pro délku 133 mm

Pak pro odhad platí:

- $C_p = 1,61 > 1$
- $C_{pk} = 0,99 > 1$

Vyhodnocení:

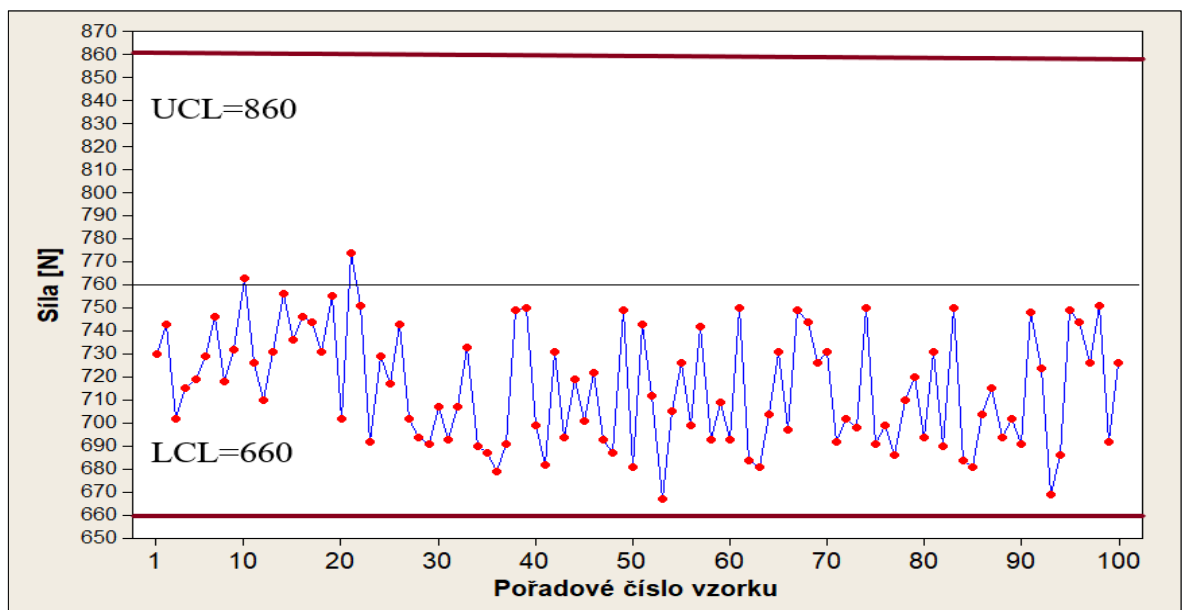
- Index způsobilosti  $C_p$  výrobního procesu je považován za okamžitě způsobilý.
- Index způsobilosti  $C_{pk} < 1,33$  - výrobní proces se považuje dlouhodobě za nezpůsobilý, protože jsou ve výrobním procesu velké rozptyly. Vyrábí se zmetková produkce, je nezbytné zlepšit výrobní proces.
- PPM < LSL - počet dílů na milion, jejichž charakteristika zájmu je menší než nižší specifikace, je 6724,57. To znamená, že přibližně 6724 z milionu vyrobených pružin je zmetková výroba.
- Průměrná hodnota je posunuta ke spodnímu limitu, nevycentrovaný proces, případné snížení variability.

### 10.3 Kontrola funkčnosti pružiny

Poslední etapou výrobního procesu je kontrola pružiny natažením. Pomocí speciálního přípravku pružina se upne do siloměru. Kontrolujeme dva kritické rozměry, sílu pro zadanou vzdálenost a natažení. Pro každý z těchto rozměrů provedeme ověření normality naměřených dat a provede se vyhodnocení způsobilosti výrobního procesu pomocí indexů způsobilosti  $C_p$  a  $C_{pk}$ .

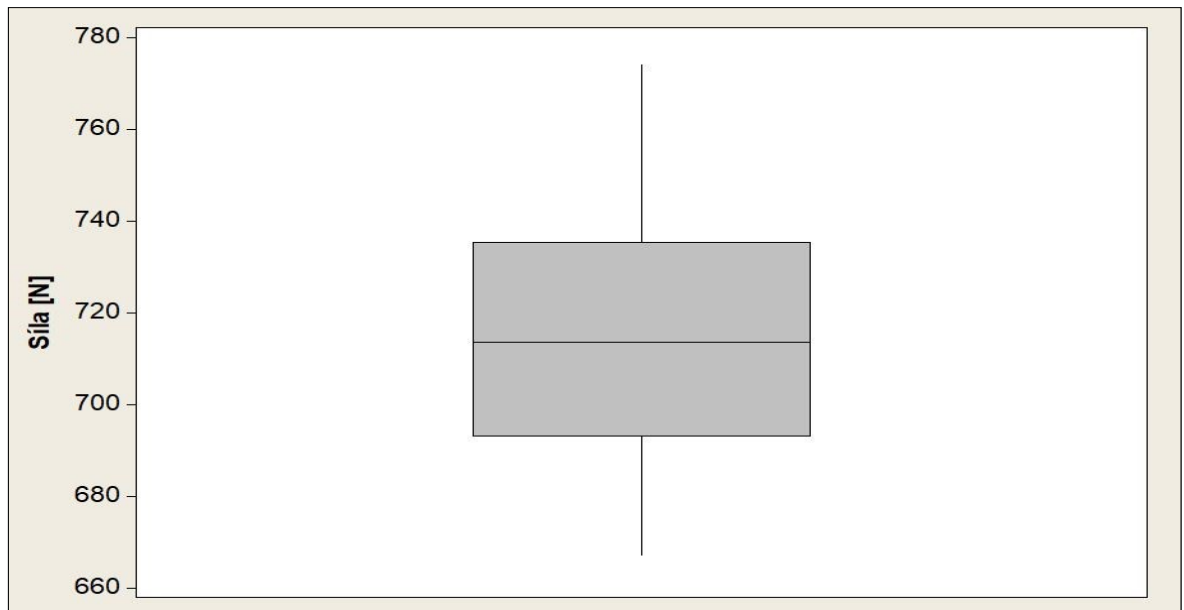
#### 10.3.1 Kritický rozměr síla 760 ( $\pm 100$ ) N při délce natažení 205 mm

**Diagram časové řady** /viz obrázek č.39/ je vytvořený pro daný rozměr. Zobrazuje průběh měření během výroby pružiny. Z diagramu lze vyčíst, že neobsahuje žádné trendy v měřeních a obsahuje variabilitu. Lze usoudit, že na výrobní proces působí jen náhodné vlivy, které predikují normální rozdělení dat.



Obrázek 39 Časová řada pro sílu 760 N

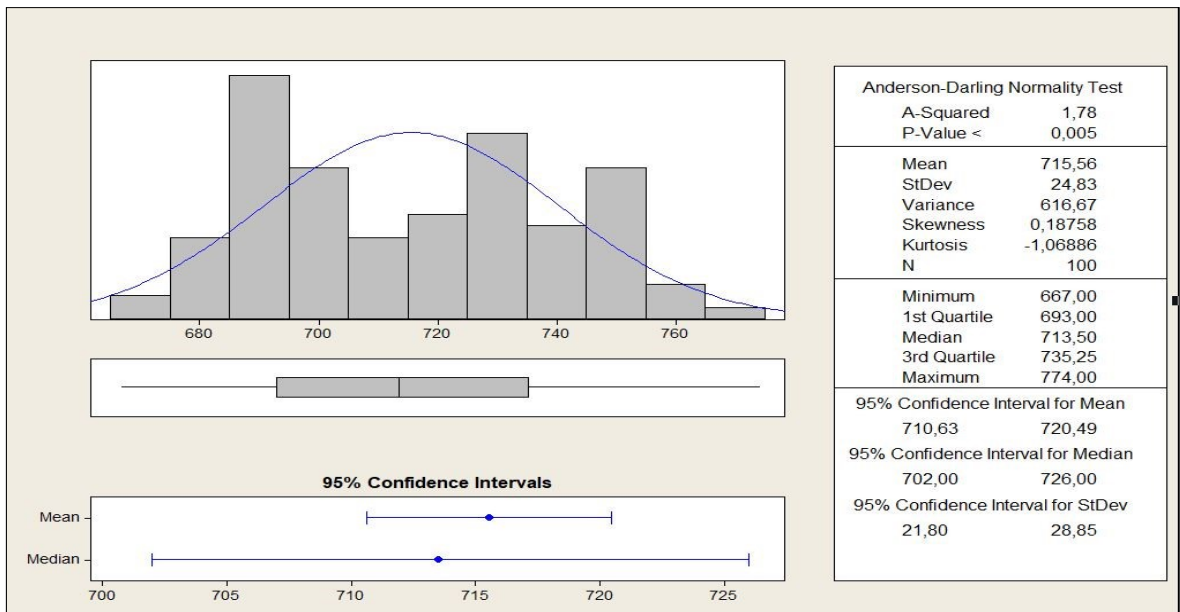
**Boxplot diagram** /viz obrázek č.40/. Vytvořený pro grafické znázornění numerických dat pomocí kvartilů. Neznázorňuje žádnou asymetrii dat. Symetrie dat je potvrzená pomocí koeficientu šikmosti  $\gamma_3 = 0,187$ , data neobsahují vychýlené hodnoty, hodnota dolního kvartilu je  $Q_1 = 693 \text{ N}$  a hodnota horního kvartilu je  $Q_3 = 735,25 \text{ N}$ .



Obrázek 40 Boxplot síla 760 N

Normalita dat je potvrzena histogramem s křivkou hustoty /viz obrázek č. 41/:

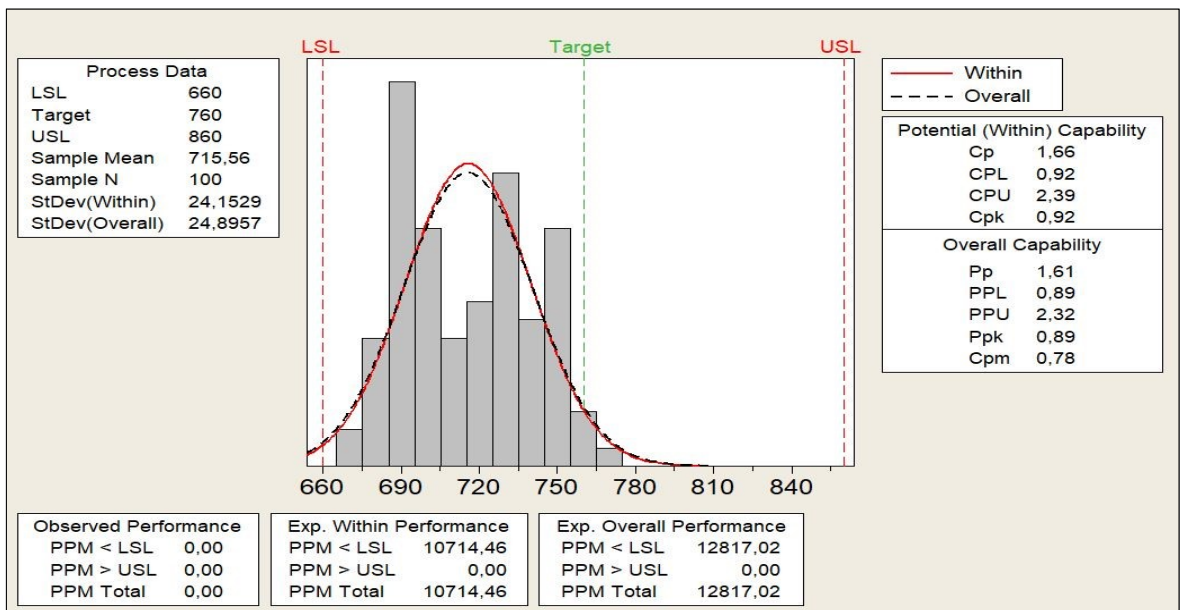
- 95 % konfidenční interval
- P-hodnota je 0,250
- Médián je 716,50
- Hodnota aritmetického průměru je 715,56
- Směrodatná úchylka 24,83



Obrázek 41 Grafický souhrn pro sílu 760 N

Rozdíl mezi hodnotou mediánu a hodnotou aritmetického průměru je malý, proto normalita dat pro sílu 760 ( $\pm 100$ ) N se nezamítá.

V následujícím kroku /viz obrázek č.42/ je histogram, který obsahuje spodní a horní hranici k vypočítání odhadů indexů způsobilosti výrobního procesu.



Obrázek 42 Histogram hustoty normálního rozdělení pro sílu 760 N

Pak pro odhad platí:

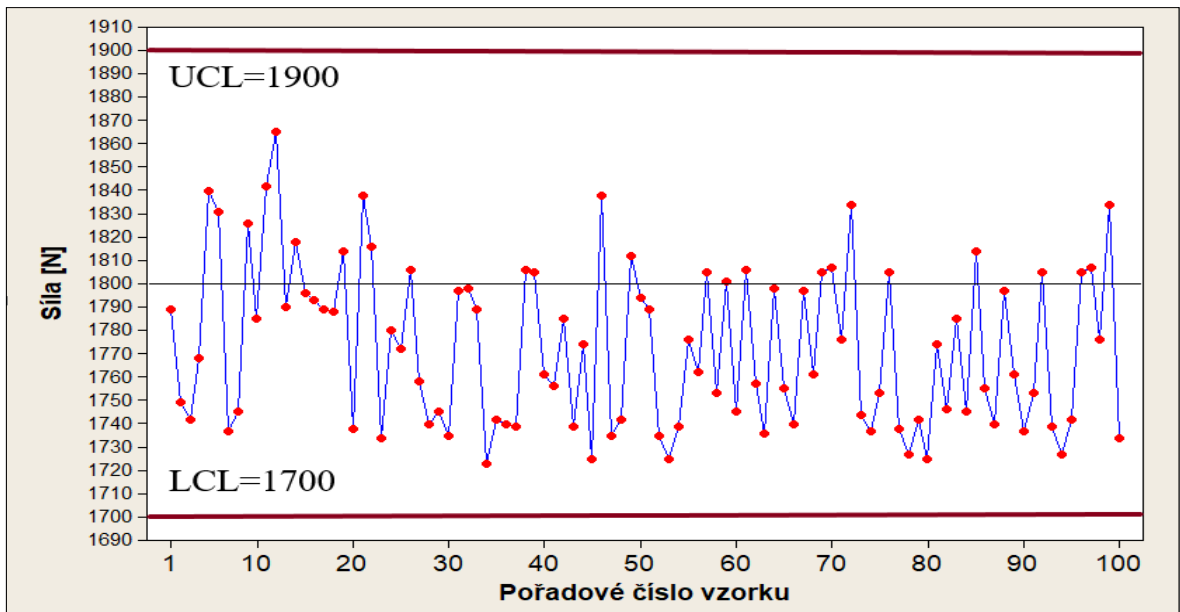
- $C_p = 1,66 > 1$
- $C_{pk} = 0,92 > 1$

Vyhodnocení:

- Index způsobilosti  $C_p$  výrobního procesu je považován za okamžitě způsobilý.
- Index způsobilosti  $C_{pk} < 1,33$  - výrobní proces se považuje dlouhodobě za nezpůsobilý, protože jsou ve výrobním procesu velké rozptyly. Vyrábí se zmetková produkce, je nezbytné zlepšit výrobní proces.
- PPM < LSL - počet dílů na milion, jejichž charakteristika zájmu je menší než nižší specifikace, je 10714,46. To znamená, že přibližně 10714 z milionu vyrobených pružin je zmetková výroba.
- Průměrná hodnota je posunuta ke spodnímu limitu, nevycentrovaný proces, případné snížení variability.
- Velká směrodatná úchylka indikuje velké vzájemné odlišnosti v souboru zkoumaných hodnot.

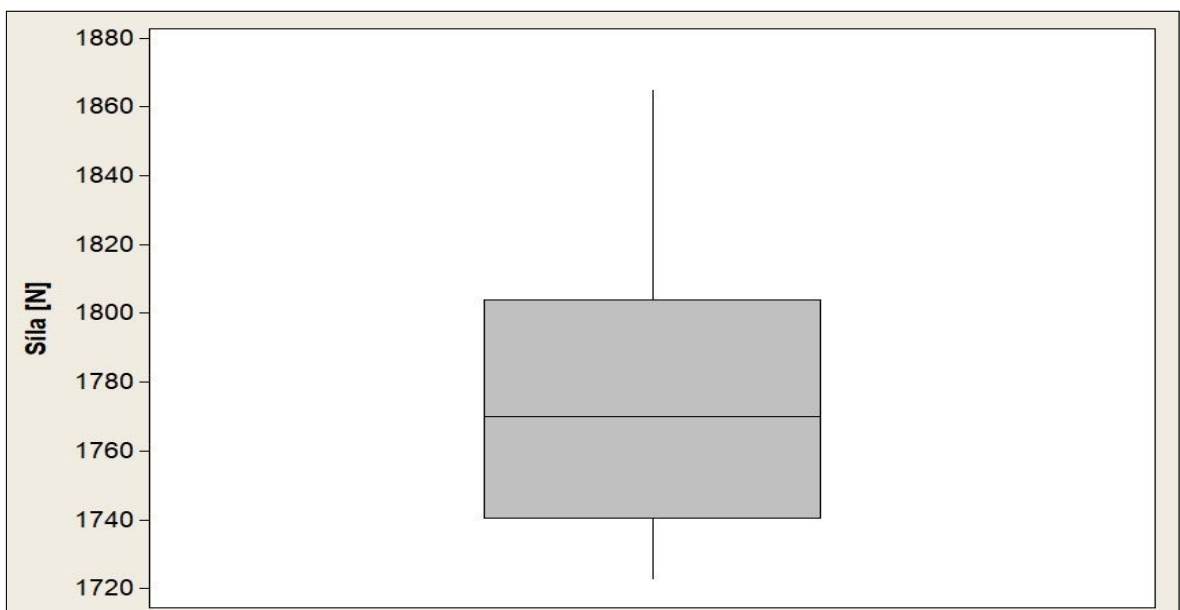
### 10.3.2 Kritický rozměr síla 1800 ( $\pm 100$ ) N při délce natažení 241 mm

**Diagram časové řady** /viz obrázek č.43/ je vytvořený pro daný rozměr. Zobrazuje průběh měření během výroby pružiny. Z diagramu můžeme vyčíst, že neobsahuje žádné trendy v měřeních a obsahuje variabilitu. Lze usoudit, že na výrobní proces působí jen náhodné vlivy, které predikují normální rozdělení dat.



Obrázek 43 Časová řada pro sílu 1800 N

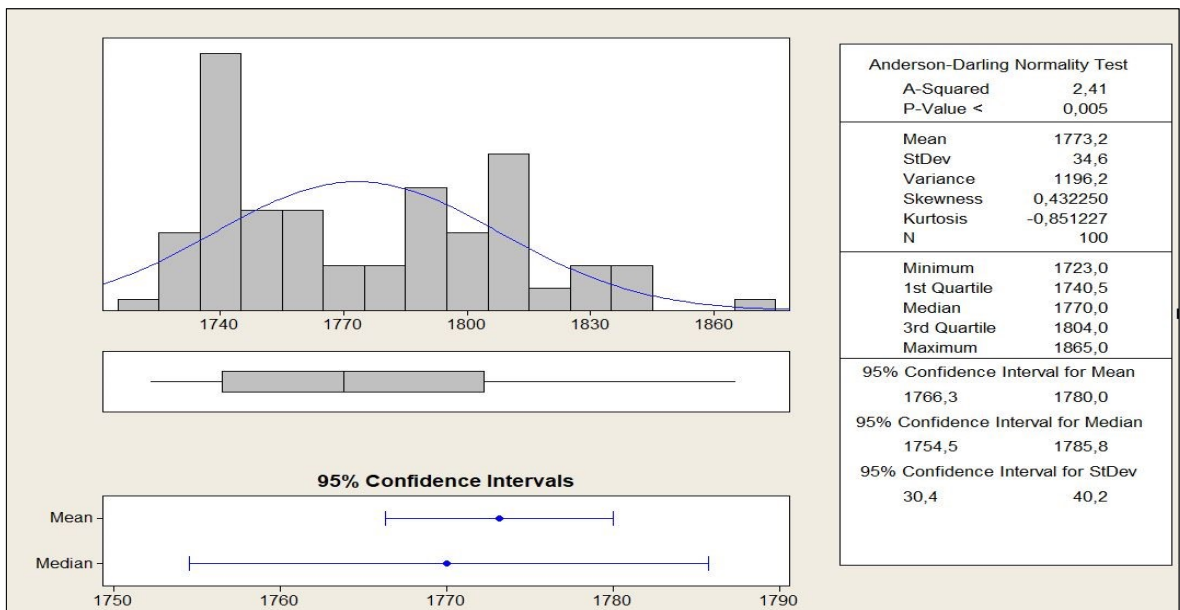
**Boxplot diagram** /viz obrázek č.44/. Vytvořený pro grafické znázornění numerických dat pomocí kvartilů. Neznázorňuje žádnou asymetrii dat. Symetrie dat je potvrzená pomocí koeficientu šikmosti  $\gamma_3 = 0,432$ , data neobsahují vychýlené hodnoty, hodnota dolního kvartilu je  $Q_1 = 1740,5 N$  a hodnota horního kvartilu je  $Q_3 = 1804,0 N$ .



Obrázek 44 Boxplot síla 1800 N

Normalita dat je potvrzena histogramem s křivkou hustoty /viz obrázek č. 45/:

- 95 % konfidenční interval
- P-hodnota je 0,005
- Médián je 1770
- Hodnota aritmetického průměru je 1773,2
- Směrodatná úchylka 34,6

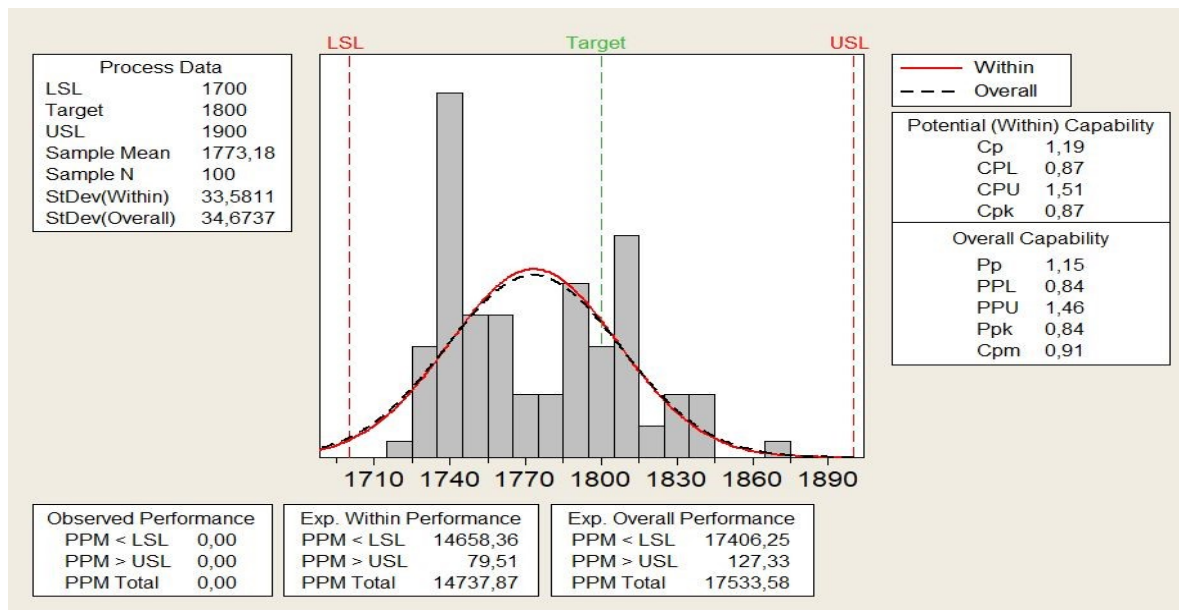


Obrázek 45 Grafický souhrn pro sílu 1800 N

Rozdíl mezi hodnotou mediánu a hodnotou aritmetického průměru je malý, proto normalita dat pro sílu 1800 ( $\pm 100$ ) N se nezamítá.

V následujícím kroku /viz obrázek č.46/ je histogram, který obsahuje spodní a horní hranici k vypočítání odhadů indexů způsobilosti výrobního procesu.





Obrázek 46 Histogram hustoty normálního rozdělení pro sílu 1800 N

Pak pro odhad platí:

- $C_p = 1,19 > 1$
- $C_{pk} = 0,87 > 1$

Vyhodnocení:

- Index způsobilosti  $C_p$  výrobního procesu je považován za okamžitě způsobilý.
- Index způsobilosti  $C_{pk} < 1,33$  - výrobní proces se považuje dlouhodobě za nezpůsobilý, protože jsou ve výrobním procesu velké rozptyly. Vyrábí se zmetková produkce, je nezbytné zlepšit výrobní proces.
- PPM < LSL - počet dílů na milion, jejichž charakteristika zájmu je menší než nižší specifikace, je 14658,36. To znamená, že přibližně 146658,36 z milionu vyrobených pružin je zmetkovitá výroba.
- Průměrná hodnota je posunuta ke spodnímu limitu, nevycentrovaný proces, případné snížení variability.
- Velká směrodatná úchylka indikuje velké vzájemné odlišnosti v souboru zkoumaných hodnot.

## 11 INDEXY ZPŮSOBILOSTI VÝROBNÍHO PROCESU A JEJICH VLIV NA PROCES

V jednotlivých etapách výroby byly pomocí programu Minitab vyhodnoceny statické indexy způsobilosti  $C_p$ ,  $C_{pk}$ . Určujícím indexem pro polohu rozměru vůči tolerančním mezím je index  $C_{pk}$ , a to tak, že toleranční pásmo dělí na dvě části. Menší hodnota z jedné části indexu  $C_{pk}$  je pak kritickou hodnotou.

Jednotlivé hodnoty indexů /viz tabulka č.4/.

Optimalne vycentrovany proces je:

- $C_p = C_{pk}$  – ke středu tolerance
- $C_{pL} = C_{pk}$  – k spodní toleranci
- $C_{pU} = C_{pk}$  – k horní toleranci

Tabulka 4 Hodnoty indexů

	Kritický rozmer	$C_p$	$C_{pk}$	$C_{pL}$	$C_{pU}$
Tváření s tepelnou úpravou	Vnější průměr 36 (±0,4) mm	1,3	1,15	1,15	1,45
	Vnitřní průměr 24 (±0,4) mm	1,61	1,17	1,17	2,04
Broušení	Volná délka 133 (±0,4) mm	1,61	0,99	0,99	2,24
Kontrola	Síla 760 N (±100) N	1,66	0,92	0,92	2,39
	Síla 1800 N (±100) N	1,19	0,87	0,87	1,51

- Index způsobilosti  $C_p$  dosahuje hodnot od 1,3-1,19 a vyjadřuje nám možnou způsobilost procesu uchovat kvalitu sledovaného rysu jakosti uvnitř sledovaných tolerančních hranic. Výrobní postup v jednotlivých etapách výroby považujeme za okamžitě způsobilý, hodnota sledovaného znaku je vždy  $C_p > 1$ .
- Index způsobilosti  $C_{pk}$  dosahuje hodnot od 0,87-1,17 a vyjadřuje nám variabilitu sledovaného znaku kvality a pozici formou k tolerančním plochám. Znamená to

skutečný popis výrobního postupu. Minimálním požadavkem pro daný proces je  $C_{pk} > 1,33$  této hodnoty nebylo dosaženo ani v jedné výrobní etapě. Jedná se tedy o výrobní proces, který není statisticky zvládnutý a je zapotřebí provést nápravu, která povede ke zlepšení výrobního procesu.

### 11.1 Zlepšující návrhy s ekonomickým zhodnocením

Poněvadž je výrobní proces nezvládnutý již v první etapě, navrhl jsem změny na pracovišti za účelem zlepšení.

- 1) Nový stroj - dle posouzení vstupních výrobních parametrů stroje a s ohledem na jeho stáří jsem navrhl koupit nového stroje značky Wafios 76. Nový stroj je schopen vyrábět pružiny v rozmezí vnějšího průměru 2,1 mm – 7,6 mm , pořizovací cena cca 13.000.000 Kč, návratnost investice při současném stavu výroby 6 let.
- 2) Vyšší frekvence kontroly – zvýšení frekvence kontroly během výroby ze současného stavu na 500 ks vyrobených / 3 ks kontrolovaných.
- 3) Proškolení obsluhy – zvýšit proškolenost obsluhy v návaznosti i na další etapy výroby.

V druhé výrobní etapě broušení.

- 1) Zlepšit komunikaci s dodavatelem brusných kotoučů a požadovat certifikát o kvalitě brusného kotouče.
- 2) Vyšší počet měření kusů pružin před broušením minimálně 10 kusů ze sta.

## ZÁVĚR

Hlavní cíl diplomové práce bylo zjištění a porovnání indexů způsobilosti výrobního procesu pro pružinu Meinzing.

K dosažení stanoveného cíle byl nastaven systém sběru dat a měření. Jednotlivá data byla systematicky sbírána během výrobního procesu.

Pro měření jednotlivých kritických rozměrů jsme použily dvě měřící zařízení a to:

1. posuvného měřidla INSIZE 1108 – 200
2. Siloměr MXM 100 – 1000

Normalitu dat byla ověřena metodou EDA, která obsahovala nástroje:

- Diagram časové řady
- Box plot
- Histogram

Pro všechny rozměry byla normalita naměřených dat potvrzena. Po ověření normality dat následovala kontrola způsobilosti kritických rozměrů pro jednotlivé indexy způsobilosti výrobního procesu. Při kontrole se potvrdila domněnka, že výrobní proces je sice okamžitě způsobilý dle hodnot indexu  $C_p$ , ale není dlouhodobě udržitelný dle hodnot indexu  $C_{pk}$ .

V počáteční etapě výroby byli zjištěny nedostatky :

- Zastaralý výrobní stroj
- Nedostatečná frekvence měření
- Proškolenost obsluhy

Během následující analýzy výrobního procesu bylo zjištěno, že při procesu broušení, a to při měření délky, je posunuta mezní horní tolerance. To může být důsledkem toho, že před broušením je výběr pružiny proveden náhodným způsobem, a dle měřené pružiny je nastavován brusný kotouč až pro 100 kusů pružin. To může negativně ovlivňovat celý následný proces kontroly. Důležité je si také uvědomit, že dodávaný brusný kotouč nemusí mít ve všech místech brusného kotouče stejné složení. Toto složení by měl deklarovat výrobce, ale dokument nebyl přiložen.

Na základě výsledků měření a celkové analýzy výrobního procesu byla navržena napravná opatření, která by měla směřovat ke zdokonalení celého výrobního procesu s ohledem na ekonomickou náročnost zavedených změn.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5
- [2] KAVAN, Michal. *Výrobní a provozní management*. Praha: Grada, 2002. Expert (Grada). ISBN 80-247-0199-5
- [3] SYNEK, Miloslav a Eva KISLINGEROVÁ. *Podniková ekonomika*. 5., přeprac. a dopl. vyd. Praha: C.H. Beck, 2010. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 978-80-7400-336-3.
- [4] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 9788071793199.
- [5] RASTOGI, M. K. *Production and operation management*. 2. Bangalore: University science press, c 2010. ISBN 978-938-0386-812
- [6] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [7] JUROVÁ, Marie, 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Brno: BizBooks, 272 s. ISBN 978-80-265-0059-9.
- [8] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada, 2007. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-1479-0
- [9] ŠVECOVÁ, Lenka a Jaromír VEBER, 2021. *Produkční a provozní management*. Praha: Grada Publishing. Expert (Grada). ISBN 978-80-271-1385-9.
- [10] MANAGEMENT MANIA. DMAIC – cyklus zlepšování. ManagementMania.com [online] [cit. 2021-12-15]. Dostupné z:<https://managementmania.com/cs/process>
- [11] LAMINA. Suspension products [online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <HTTPS://WWW.LAMINASPRINGS.COM/PRODUCTIN-PROCESS>
- [12] HAMMER, Michael a James CHAMPY. *Reengineering - radikální proměna firmy: manifest revoluce v podnikání*. 3. vyd. Praha: Management Press, 2000. ISBN 80-7261-028-7.
- [13] ŠEFČÍK, Vladimír a Jiří KONEČNÝ. *Procesní inženýrství: bezpečné a spolehlivé vedení procesů*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2013. ISBN 978-80-7454-280-0.

- [14] ANALÝZA DAT V EKONOMII [online]. [cit. 2021-12-18]. Dostupné z: [HTTPS://DOCPLAYER.CZ/1213610-ANALYZA-DAT-V-EKONOMII.HTML](https://docplayer.cz/1213610-analyza-dat-v-ekonomii.html)
- [15] MANAGEMENT MANIA. Kvalita – jakost [online] [cit. 2021-12-18]. Dostupné z: [HTTPS://MANAGEMENTMANIA.COM/CS/KVALITA-JAKOST](https://managementmania.com/cs/kvalita-jakost)
- [16] ISO CZ. ISO - 9001 [online]. [cit. 2021-12-18]. Dostupné z: [HTTP://WWW.ISO.CZ/ISO-9001](http://www.iso.cz/iso-9001)
- [17] JURAN, J.M a Frank M. GRZYNA. *Quality planning and analysis: From Product Development through Use*. 3. vyd. Singapore: McGraw-Hill, 1993. ISBN 978-0071129923.
- [18] PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press, 2001. Business books (Computer Press). ISBN 80-7226-543-1.
- [19] MANKIWI, N. GREGORY. *MACROECONOMICS*. NINTH EDITION. New York: Worth Publishers. ISBN 1-4641-8289-2.
- [20] KAUSHISH, J.P. *Manufacturing Processes*. SECOND EDITION. New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd., 2010. ISBN-978-81-203-4082-4
- [21] GROOVER, Mikell P. *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. 5th Edition. United States of America: Wiley. ISBN 978-1118393673
- [22] CHARANTIMATH, Poornima M. *Total Quality Management 4Ed*. Third Edition. Tamil Nadu, India: PEARSON INDIA. ISBN 978-93-325-7939-2
- [23] HARRINGTON, H. J., 2013. *Performance acceleration management (PAM): rapid improvement to your key performance drivers*. 1. Boca Raton: Productivity Press. ISBN 9781466572577
- [24] Ikvalita-Neustálé zlepšování [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: [HTTP://WWW.IKVALITA.CZ/TOOLS.PHP?ID=145](http://www.ikvalita.cz/tools.php?id=145)
- [25] DUFFY, Grace L., 2017. *The ASQ Quality Improvement Pocket Guide: Basic History, Concepts, Tools, and Relationships*. Milwaukee: ASQ Quality Press. ISBN 0873898532.
- [26] DUFFY, Grace L. a Russell T. WESTCOTT, 2015. *The Certified Quality Improvement Associate Handbook: Basic Quality Principles and Practices* [online]. Third Edition. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press [cit. 2022-02-20]. ISBN 1680157760. Dostupné z: [HTTPS://1LIB.CZ/BOOK/2714078/977F38](https://1lib.cz/book/2714078/977f38)

- [27] LINCZÉNYI, Alexander a Renáta NOVÁKOVÁ, 2001. *Manažérstvo kvality*. Bratislava: Slovenská technická univerzita. Edícia monografií. ISBN 80-227-1586-7.
- [28] NENADÁL, Jaroslav, 2002. *Moderní systémy řízení jakosti: quality management*. 2. dopl. vyd. Praha: Management Press. ISBN 80-7261-071-6.
- [29] HOYLE, David, 2017. *ISO 9000 Quality Systems Handbook: Increasing the Quality of an Organization's Outputs*. 7th. New York: Routledge. ISBN 978-1-138-18864-8.
- [30] csnonline-agentura. [online]. [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: <HTTPS://WWW.LAMINASPRINGS.COM/PRODUCTIN-PROCESS>
- [31] LUTHRA, Sunil et al., 2020. *Total Quality Management (TQM): Principles, Methods, and Applications*. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group. ISBN 978-0-367-51283-5.
- [32] BUCHER, Jay L., c2012. *The metrology handbook*. 2nd ed. Milwaukee, Wis.: ASQ Quality Press. ISBN 978-0-87389-838-6
- [33] RAZZAK RUMANE, Abdul, 2013. *Quality Tools for Managing Construction Projects* [online]. 1. United States: Crc Press [cit. 2022-02-14]. ISBN 978-1-4665-5215-9. Dostupné z: <HTTPS://1LIB.CZ/BOOK/2196953/4D3A0>
- [34] Historia – Biografia. Phil Crosby [online].[cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <HTTPS://HISTORIA-BIOGRAFIA.COM/PHIL-CROSBY/>
- [35] Historia – Biografia. Genichi Taguchi [online].[cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <HTTPS://HISTORIA-BIOGRAFIA.COM/GENICHI-TAGUCHI/>
- [36] Historia – Biografia. Joseph Juran [online].[cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <HTTPS://HISTORIA-BIOGRAFIA.COM/JOSEPH-JURAN/>
- [37] Historia – Biografia. William Edwards Deming [online].[cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <HTTPS://HISTORIA-BIOGRAFIA.COM/WILLIAM-EDWARDS-DEMING/>
- [38] Czechlean - PDCA [online].[cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <HTTPS://CZECHLEAN.WORDPRESS.COM/2013/11/03/PDCA/>
- [39] Infinitiresearch - Total-quality-management-manufacturing [online].[cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <HTTPS://WWW.INFINITIRESEARCH.COM/CASESTUDY/TOTAL-QUALITY-MANAGEMENT-MANUFACTURING-FIRM/>



- [40] MUNRO, Roderick A., Govindarajan RAMU a Daniel J. ZRYMIK, 2015. *The certified six sigma green belt handbook*. Second edition. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press. ISBN 978-0-87389-891-1.
- [41] Researchgate – Six Sigma [online].[cit. 2022-02-14]. Dostupné z [HTTPS://WWW.RESEARCHGATE.NET/PUBLICATION/340529191\\_SIX\\_SIGMA\\_VERSUS\\_LEAN\\_M ANUFACTURING\\_-\\_AN\\_OVERVIEW/FIGURES?LO=1](https://www.researchgate.net/publication/340529191_SIX_SIGMA_VERSUS_LEAN_MANUFACTURING_-_AN_OVERVIEW/FIGURES?LO=1)
- [42] ANDERSEN, Bjørn a Tom FAGERHAUG, 2011. *Analýza kořenových příčin: zjednodušené nástroje a metody*. 2. vyd. [i.e. 1. české]. Praha: Česká společnost pro jakost. ISBN isbn:978-80-02-02356-2.
- [43] UTTS, Jessica M., c2005. *Seeing through statistics*. 3rd ed. Belmont, CA: Thomson, Brooks/Cole. ISBN 978-0534394028
- [44] NENADÁL, Jaroslav, 2008. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [45] PLURA, Jiří, 2001. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha: Computer Press. Business books (Computer Press). ISBN 80-7226-543-1
- [46] GITLOW, Howard S., c1990. *Planning for quality, productivity, and competitive position*. 1. Homewood, Ill.: Dow Jones-Irwin. ISBN 1-55623-357-4.
- [47] MIZUNO, Shigeru, 1988. *Management for Quality Improvement: The 7 New QC Tools*. 1. England: Taylor & Francis Group. ISBN 0915299291
- [48] Laminasprings – Production - process [online].[cit. 2022-02-17]. Dostupné z: [HTTP://WWW.LAMINASPRINGS.COM/PRODUCTION-PROCESS.HTML](http://www.laminasprings.com/production-process.html)
- [49] MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ, 2002. *Kompendium statistického zpracování dat: metody a řešené úlohy včetně CD*. Praha: Academia. ISBN 80-200-1008-4.
- [50] KUBANOVÁ, Jana, 2004. *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. 2. Bratislava: Statis. ISBN KUBANOVÁ, J 80-85659-37-9.
- [51] BUDÍKOVÁ, Marie, Maria KRÁLOVÁ a Bohumil MAROŠ, 2010. *Průvodce základními statistickými metodami*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN sbn978-80-247-3243-5.
- [52] ESHOP.OSLAVAN – WINZOR - PRUZINA [online].[cit. 2022-04-12]. Dostupné z: [HTTPS://ESHOP.OSLAVAN.CZ/WINZOR-PRUZINA-DVOJDRATI-NEREZ-100-KS](https://eshop.oslavan.cz/winzor-pruzina-dvojdrti-neroz-100-ks)

[53] HYBRID – ELEKTROMOBIL [online].[cit. 2022-04-12]. Dostupné z: [HTTPS://WWW.HYBRID.CZ/ELEKTROMOBIL-MINI-COOPER-SE-DOJEZD-AZ-270-KM/](https://www.hybrid.cz/elektromobil-mini-cooper-se-dojezd-az-270-km/)

[53] Festool [online].[cit. 2022-04-12]. Dostupné z: [HTTPS://WWW.FESTOOL.CZ/](https://www.festool.cz/)

[54] Autoforum - zajímavosti [online].[cit. 2022-04-12]. Dostupné z: [HTTPS://WWW.AUTOFORUM.CZ/ZAJIMAVOSTI/AUTOMOBILKY-SE-MUSI-RADIKALNE-ZMENIT-A-ZBAVIT-SE-SPOUSTY-LIDI-RIKA-FIRMA-ABB-JINAK-NEMAJI-SANCI-PREZIT/](https://www.autoforum.cz/zajímavosti/automobilky-se-musi-radikalne-zmenit-a-zbavit-se-sousty-lidi-rika-firma-abb-jinak-nemaji-sanci-prezit/)

[55] Alfacó – copeland zx [online].[cit. 2022-04-12]. Dostupné z: [HTTPS://WWW.ALFACO.CZ/MALE-KONDENZACNI-JEDNOTKY-COPELAND-ZX/](https://www.alfaco.cz/male-kondenzacni-jednotky-copeland-zx/)

[56] Singingrock – fakir 3 [online].[cit. 2022-04-12]. Dostupné z: [HTTPS://WWW.SINGINGROCK.CZ/FAKIR-3-SEMI-CLASSIC](https://www.singingrock.cz/fakir-3-semi-classic)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$C_p$	Index způsobilosti
$C_{pL}$	Index způsobilosti – dolní mez
$C_{pU}$	Index způsobilosti – horní mez
$C_k$	Index způsobilosti
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
PDCA	Deminguv cyklus
TQM	Total Quality Management
API	American Petroleum Institute
QS	Americká norma
AQAP	Obranný standart
NATO	North Atlantic Treaty Organisation
ANOVA	Analýza rozptylu
CL	Centrální přímká
UCL	Horní regulační mez
LCL	Dolní regulační mez
$\alpha$	Pravděpodobnost chyby I. druhu
$\beta$	Pravděpodobnost chyby II. druhu
$\beta_i$	Parametr regresní funkce
$\varepsilon_i$	Náhodná složka
$b_i$	Odhady regresivních parametrů
$\mu$	Střední hodnota
$\sigma$	Směrodatná odchylka

$e_i$

Reziduum

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Princip pull nahrazen principem push.....	11
Obrázek 2 Vnitřní a vnější význam cílů [4].....	12
Obrázek 3 Základní cíle řízení výroby [4].....	14
Obrázek 4 Výrobní proces pružiny [48] .....	17
Obrázek 5 Phil Crosby [34] .....	20
Obrázek 6 Genichi Taguchi [35] .....	20
Obrázek 7 Joseph M. Juran [36] .....	20
Obrázek 8 W. E. Deming [37] .....	21
Obrázek 9 Juranova Spirála kvality .....	23
Obrázek 10 PDCA diagram [38] .....	24
Obrázek 11 Schéma TQM [39].....	28
Obrázek 12 Gaussova křivka se znázorněním Six Sigma [41].....	29
Obrázek 13 Typy histogramů [42].....	32
Obrázek 14 Paretuv diagram.....	33
Obrázek 15 Typy korelací [44] .....	34
Obrázek 16 Išikawuv diagram [32] .....	35
Obrázek 17 Regulační diagram [44].....	36
Obrázek 18 Symboly vývojového diagramu [44].....	36
Obrázek 19 Portfólio.....	49
Obrázek 20 Uložený materiál ve skladu .....	50
Obrázek 21 Popisný štítek materiálu .....	51
Obrázek 22 Pružina po procesu tváření .....	51
Obrázek 23 Pružina po obroušení .....	52
Obrázek 24 Upnutí pružiny v siloměru.....	53
Obrázek 25 INSIZE 1108 - 200 .....	54
Obrázek 26 Siloměr MXM 100 - 1000 .....	55
Obrázek 27 Časová řada pro průměr 36 mm .....	57
Obrázek 28 Boxplot pro průměr 36 mm .....	58
Obrázek 29 Grafický souhrn pro průměr 36 mm.....	59
Obrázek 30 Histogram hustoty normálního rozdělení pro průměr 36 mm.....	59
Obrázek 31 Diagram časové řady pro průměr 24 mm.....	60
Obrázek 32 Boxplot pro průměr 24mm.....	61
Obrázek 33 Grafický souhrn pro průměr 24 mm.....	62

Obrázek 34 Histogram hustoty normálního rozdělení pro průměr 24 mm.....	62
Obrázek 35 Časová řada pro délku 133 mm.....	64
Obrázek 36 Boxplot pro délku 133 mm.....	64
Obrázek 37 Grafický souhrn pro délku 133 mm .....	65
Obrázek 38 Histogram hustoty normálního rozdělení pro délku 133 mm .....	66
Obrázek 39 Časová řada pro sílu 760 N .....	67
Obrázek 40 Boxplot síla 760 N.....	68
Obrázek 41 Grafický souhrn pro sílu 760 N.....	69
Obrázek 42 Histogram hustoty normálního rozdělení pro sílu 760 N.....	69
Obrázek 43 Časová řada pro sílu 1800 N .....	71
Obrázek 44 Boxplot síla 1800 N.....	71
Obrázek 45 Grafický souhrn pro sílu 1800 N.....	72
Obrázek 46 Histogram hustoty normálního rozdělení pro sílu 1800 N.....	73

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Kontrolní list.....	31
Tabulka 2 Chyby I. a II. druhu [51].....	42
Tabulka 3 Materiálové složení pro pružinu Meinzing.....	50
Tabulka 4 Hodnoty indexů .....	74

