

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Metodika SPC jako efektivní nástroj k řízení procesů  
v servisní oblasti**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2015/2016

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr FEISTMANTL**  
Osobní číslo: **E12B0324P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Metodika SPC jako efektivní nástroj k řízení procesů v servisní oblasti**  
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Teoreticky popište metodiku SPC
2. Definujte rozdíly mezi výrobními procesy a službami v elektrotechnickém oboru
3. Dle teorie definujte postup pro efektivní odhalování odchylek v servisních procesech
4. Definujte rizika spojená se zaváděním metodiky SPC do servisních procesů

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah kvalifikační práce: **20 - 30 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

1. **Kupka K.: Statistické řízení jakosti, 1997**
2. **Blecharz P.: Základy moderního řízení kvality, 2011**
3. **Řepa V.: Podnikové procesy. Procesní řízení a modelování, 2007**
4. **Basl J. a kol.: Modelování a optimalizace podnikových procesů, 2002**
5. **Elektronické zdroje**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Šimota**  
Katedra technologií a měření

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2014**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2016**

  
Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

## **Abstrakt**

Cílem bakalářské práce je ověření vhodnosti metody statistické regulace procesu (SPC) v servisní oblasti s příkladem implementace na proces ze servisní oblasti. V první části práce je teoreticky popsána metoda SPC a typy regulačních diagramů. Druhá část práce se zabývá srovnáváním a specifikací odlišností výrobních procesů a služeb. Ve třetí části práce je zpracován příklad implementace SPC do servisního procesu v konkrétním podniku v souladu s teoretickou částí práce. V poslední části bakalářské práce jsou definována rizika se zaváděním metody statistické regulace procesu do servisní oblasti.

## **Klíčová slova**

Statistická regulace procesů, regulační diagram, kvalita, výrobní proces, servisní proces.

## **Abstract**

The aim of this bachelor thesis is the suitability verification of the statistical process control methodology (SPC) in the electrical engineering industry, concretely in the service processes. The first part includes theoretical description of SPC methodology and summary of control charts which are usually used in that methodology. The second part deals with comparison and specification of differences between production and service processes. The example of SPC methodology implementation to service process in the specific company, according to theoretical chapters, is elaborated in the third part. The possible risks which can occur during the implementation of SPC methodology to service processes are defined in the last part of this thesis.

## **Key words**

Statistical process control, control chart, quality, production process, service process.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

V Plzni dne 29.5.2016

Petr Feistmantl

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Janu Šimotovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Rád bych také poděkoval paní doc. Ing. Olze Tůmové, CSc. za poskytnutí vhodných studijních materiálů.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>7</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>8</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 STATISTICKÉ METODY</b> .....	<b>10</b>
1.1 STATISTICKÁ REGULACE PROCESU .....	10
1.1.1 Variabilita v procesech .....	11
1.1.2 Ishikawův diagram .....	13
1.1.3 Fáze regulace .....	15
1.1.4 Histogramy .....	15
1.2 REGULAČNÍ DIAGRAMY .....	18
1.3 KRITÉRIA REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ .....	19
1.4 TYPY REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ .....	20
1.4.1 Shewhartovy regulační diagramy .....	20
1.4.2 Regulační diagram pro počet neshod $c$ .....	21
1.4.3 Regulační diagram pro počet neshod na jednotku $u$ .....	23
1.4.4 Regulační diagram $np$ .....	24
1.4.5 Regulační diagram $p$ .....	25
1.4.6 Regulační diagram $(x, R)$ .....	27
<b>2 VÝROBNÍ PROCESY A SLUŽBY</b> .....	<b>28</b>
2.1 VÝROBNÍ PROCES .....	28
2.1.1 Představení firmy .....	29
2.1.2 Popis výrobního procesu .....	29
2.2 SLUŽBA .....	31
<b>3 ODHALOVÁNÍ ODCHYLEK V SERVISNÍCH PROCESECH</b> .....	<b>33</b>
3.1 POPIS SERVISNÍHO PROCESU .....	33
3.2 IMPLEMENTACE SPC V SERVISNÍM PROCESU .....	34
3.3 HLEDÁNÍ VYMEZITELNÉ PŘÍČINY .....	40
3.4 ZÁVĚR IMPLEMENTACE .....	40
<b>4 RIZIKA PŘI APLIKACI SPC DO SERVISNÍHO PROCESU</b> .....	<b>41</b>
4.1 RIZIKA SERVISNÍHO PROCESU .....	41
4.2 RIZIKA IMPLEMENTACE SPC DO SERVISNÍHO PROCESU .....	41
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>43</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>45</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>48</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>49</b>



## Seznam symbolů a zkratek

SPC .....	Statistical Process Control (Statistická regulace procesu)
CL .....	Central Line (Střední příčka)
UCL .....	Upper Control Limit (Horní regulační mez)
LCL .....	Lower Control Limit (Dolní regulační mez)
UWL .....	Upper Warning Limit (Horní výstražná mez)
LWL .....	Lower Warning Limit (Dolní výstražná mez)
QC.....	Quick Connector (Rychlospojka)
SCR.....	Selective Catalytic Reductant (Selektivní katalytická redukce)
TQM.....	Total Quality Management (Celkové řízení kvality)

## Úvod

Uspěh v dnešní ekonomické době vyžaduje, aby se výrobci věnovali neustálému zlepšování procesů. Prvořadým cílem prodejce je uspokojení zákazníka a k tomu nelze dojít jinak, než stálým hledáním efektivnějších způsobů pro produkci výrobků a služeb. Výrobky a služby musí neustále zvyšovat svoji kvalitu. Při výrobním procesu je nutné zabezpečit požadovanou kvalitu výrobku, kterou požaduje nejen zákazník ale i samotná firma. Tento fakt má za následek vznik nástrojů pro řízení kvality. Za zakladatele kontroly kvality je považován americký fyzik, inženýr a statistik Walter Andrew Shewhart (1891 – 1967), který po absolvování doktorského studia na univerzitě v Berkley nastoupil do Western Electric Company. V této době probíhala kontrola pouze vyrobených výrobků, ze kterých byly následně vyselektovány výrobky s defekty. V roce 1924 se v průmyslové výrobě začal po celém světě používat jednoduchý regulační diagram, který vynalezl právě zmíněný Shewhart.

Tato bakalářská práce má za úkol ověřit vhodnost metody statistické regulace procesu (SPC) pro servisní oblast s příkladem implementace na proces v dané oblasti. SPC metodika se především používá ve výrobní oblasti, kde na základě včasného odhalování odchylek od stanové úrovně, umožňuje realizovat zásahy do procesu tak, aby byla kvalita dlouhodobě udržována na stabilní úrovni. Metodu SPC lze však implementovat i mimo výrobní oblast například na proces opravy.

Práce je rozdělena na 4 kapitoly. V první části práce je popsána metoda SPC. Dále jsou popsány regulační diagramy, především kvůli porozumění a ke zvolení toho správného diagramu, který bude do procesu implementován ve třetí části. V druhé části je uveden rozdíl mezi výrobním procesem a službou. Je zde také popsán výrobní proces reálné výrobní firmy. Třetí část práce se zabývá definováním postupu pro efektivní odhalení odchylek, které vznikaly v servisním procesu, který byl součástí výrobního procesu firmy. Dále byly sestrojeny regulační diagramy, které měly za cíl zjistit, zda je proces pod statistickou kontrolou. Byly zde odhaleny vymezené příčiny, které na proces působily. V poslední části práce jsou definována rizika v servisním procesu a rizika spojená se zaváděním metody SPC do tohoto servisního procesu.

# 1 Statistické metody

Existují různé regulační diagramy, které pomáhají analyzovat a rozlišit příčiny, které působí na proces. Po identifikaci těchto příčin dojde k jejich odstranění nebo o implementaci do procesu. [1], [2], [3]

Jedním z nástrojů řízení kvality je metoda SPC (Statistical Process Control). Je to nástroj pro řízení kvality zejména ve výrobní oblasti. V každém nezregulovaném výrobním procesu dochází k odchylování od stanovené úrovně. Metoda SPC tyto odchylky sleduje a umožňuje realizovat zásahy do procesu tak, aby kvalita procesu byla dlouhodobě udržována na stabilní úrovni. Často se firmy při zavádění této metody potýkají s problémy, které vycházejí z nepochopení a podcenění přípravné fáze metodiky, což má kolikrát za následek selhání při implementaci do procesů či následné nízké efektivitě nebo nefunkčnosti po zavedení. [4], [5]

## 1.1 Statistická regulace procesu

Statistická regulace procesu (SPC) je formou výběrové kontroly, kde se výběr jednotek provádí průběžně. Výroba se může chápat jako proces, jehož výsledkem je sledovaný znak jakosti. Cílem SPC je stabilizovaný proces bez kolísání kolem stanovené hodnoty. S termínem regulace se je možné setkat v teorii řízení. Regulace udržuje regulovanou veličinu na předem stanovené hodnotě. Regulace spočívá ve sledování odchylek od předepsané hodnoty a následném zasahování do procesu tak, aby došlo k minimalizaci odchylek. [4], [5]

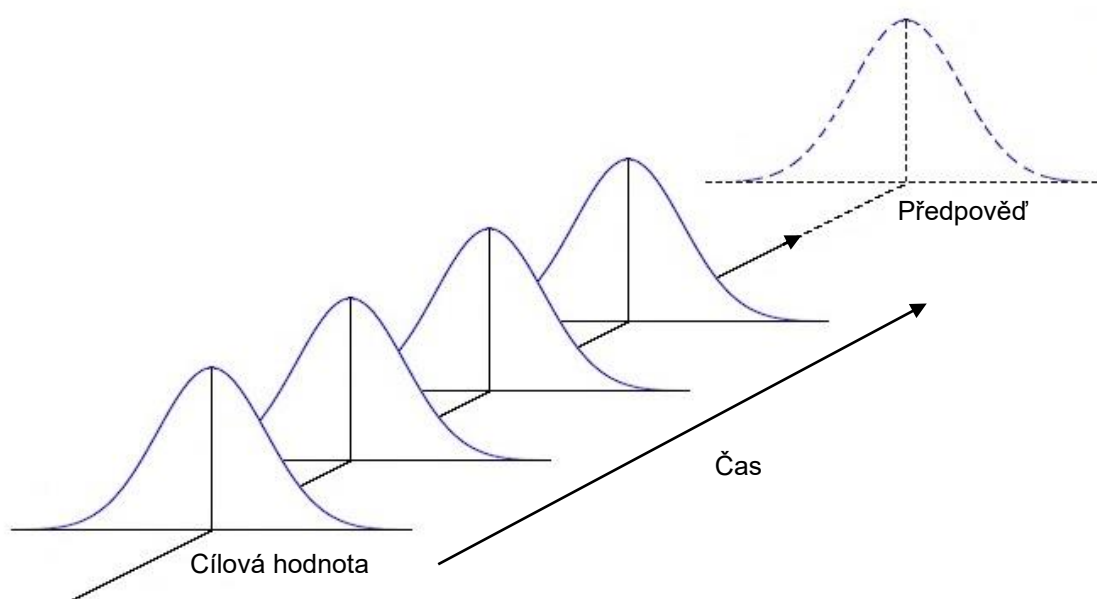
Výběry jednotek se provádí většinou v pravidelném malém rozsahu. V některých případech se může provádět i stoprocentní kontrola. Díky těmto kontrolám se zjišťuje, zda je proces regulovaný. Výsledky kontroly se zakreslují do regulačního diagramu, který je primárním nástrojem statistické regulace. Pokud v regulačním diagramu dojde k výrazným odchylkám, hledá se příčina. Pokud je příčina nalezena, provede se zásah do procesu. Kromě regulačního diagramu patří mezi základní nástroje histogram, Paretův graf, bodový diagram a další. Metody statistické regulace byly na začátku navrženy pro výrobní procesy, můžeme je však aplikovat i v nevýrobní sféře, kde se používají spíše pro účely analýzy. [4], [5]

### 1.1.1 Variabilita v procesech

Ve výrobních procesech dochází ke kolísání řízených veličin na výstupu. Každý vyrobený výrobek se posuzuje jako originál. V dnešní době, kdy převládá velkosériová výroba, se předpokládá, že takový výrobek nebude nikdy originálem. Příčiny se dají rozdělit na náhodné nebo vymezitelné. [5]

#### Náhodné příčiny

Nebo také přirozené příčiny. Za tyto příčiny se mohou považovat ty, které vznikají v procesech samovolně. Obvykle to jsou drobné neodstranitelné příčiny dané výrobou, které se opakují. Například vstup materiálu s jinými vlastnostmi nebo použití nástroje s odlišnými technickými parametry. Pokud je v procesu přítomna pouze tato příčina, lze proces označovat jako proces pod statistickou kontrolou *Obr. 1.1* [5], [6]



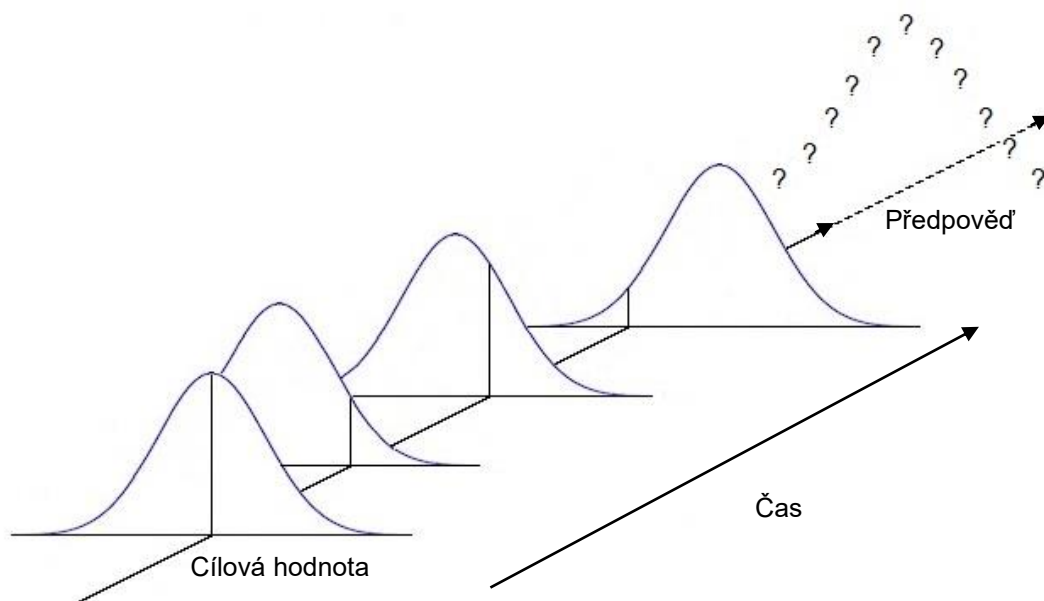
*Obr. 1.1* Proces je pod kontrolou - působí pouze přirozené příčiny. [6]

## Vymezitelné příčiny

Za vymezitelné příčiny se mohou považovat ty příčiny, které běžně na proces nepůsobí. Tyto příčiny, které se nemohly předvídat, působí na statisticky zvládnutý proces a způsobují kolísání měřených údajů. Příčiny jsou větší, nepůsobí trvale, jsou zjistitelné a po jejich nalezení je nutné jejich odstranění. Vymezitelné příčiny se mohou rozdělit na:

- příčiny sporadické (trvající krátkou dobu),
- příčiny přetrvávající.

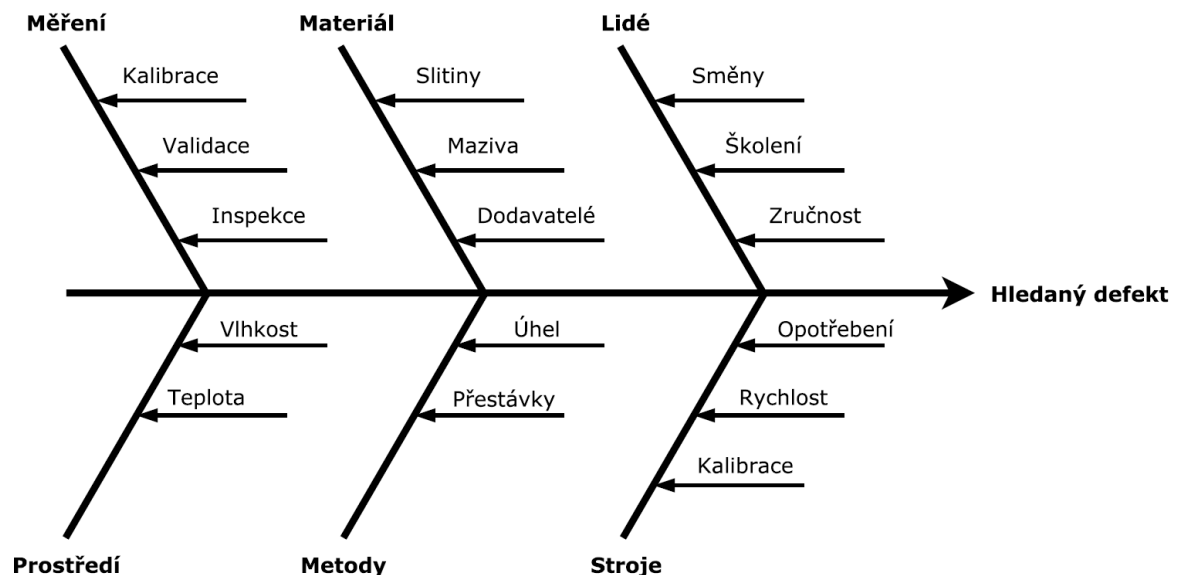
Proces s vymezitelnou příčinou se označuje jako proces, který není pod kontrolou. Tento proces je znázorněn na *Obr. 1.2*. K nalezení vymezitelných příčin se může použít Ishikawův diagram. [5], [6], [7], [8]



*Obr. 1.2* Proces není pod kontrolou - působí vymezitelné příčiny. [6]

### 1.1.2 Ishikawův diagram

Ishikawův diagram nebo také rybí kost (fishbone) je diagram příčin a následků, jehož cílem je nalezení nejpravděpodobnější příčiny, která působí na proces a způsobuje jeho kolísání. Jeho první koncept použití byl již v roce 1920. Avšak, až v roce 1960 byl zpopularizován a zaveden Kaorou Ishikawou a je považován za jeden ze sedmi základních nástrojů řízení jakosti. Podstatou diagramu je nalezení faktorů, které působí na proces. Dále se u jednotlivých faktorů hledají jejich příčiny a následky, které působí na proces. Ishikawův diagram je vidět na Obr. 1.3. Data, která jsou získávána do Ishikawova diagramu, mohou být získávána pomocí brainstormingu. [7], [8]



Obr. 1.3 Diagram příčin a následků. [8]

Ishikawův diagram se liší dle odvětví průmyslu v kterém je použit. V každém průmyslu jsou různé faktory, které působí na proces:

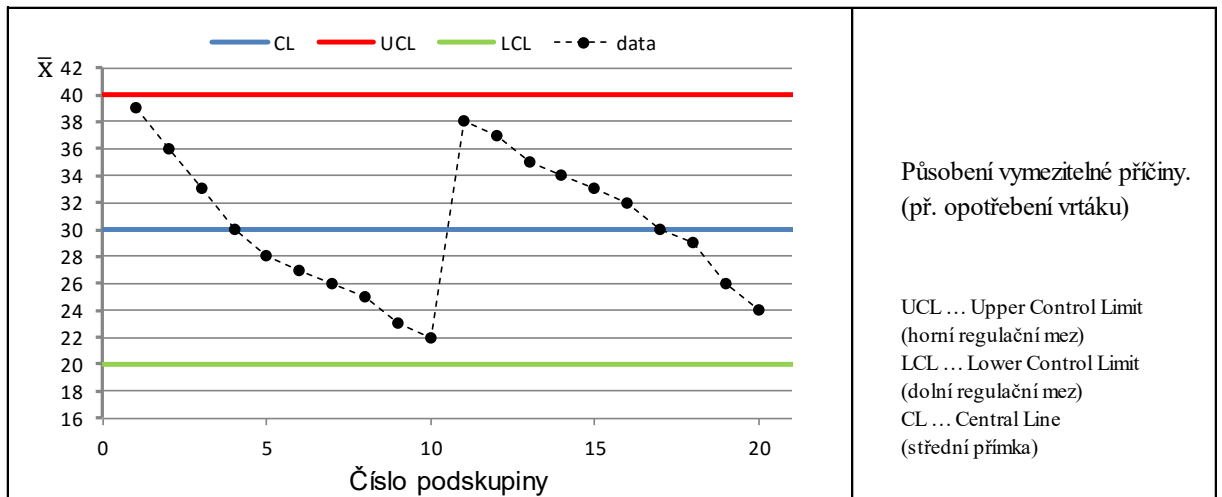
- výrobní průmysl - 6M faktory,
  - machine (stroj),
  - method (metoda procesu),
  - material (materiál),
  - man power / mind power (obsluha),
  - measurement (měření),
  - milieu (prostředí).

- marketingový průmysl – 7P faktory,
- servisní průmysl – 5S faktory.

Faktory ovlivňující proces, mohou být dvojího druhu:

- škodlivé – je nutné je v procesu co nejdříve rozpoznat, odstranit a zamezit jejich opakovanému výskytu,
- prospěšné – tyto faktory je dobré trvale implementovat do procesu.

Aby se dala rozlišit přirozená a vymežitelná příčina, musí se definovat podskupina, ve které se projevují pouze přirozené příčiny. Je klíčové, aby se v této podskupině objevily všechny zdroje přirozeného kolísání, ale nikoli působení vymežitelných příčin. Pro každý výběr se vypočítají určité charakteristiky a ty se vynesou do regulačního diagramu. Z tohoto diagramu lze poté posoudit, zda nezačala působit vymežitelná příčina. Příklad působení vymežitelné příčiny je vidět na Obr. 1.4, kde byly měřeny průměry vrtáku, který se postupem času otupoval. [5]



Obr. 1.4 Příklad působení vymežitelné příčiny. [5]

### 1.1.3 Fáze regulace

Aby byla udržena stabilita procesu, je nutné ji regulovat. Regulace se může rozdělit do tří nebo do čtyř etap, nicméně základ je vždy stejný.

#### 1. Přípravná fáze

V přípravné fázi dochází k vymezení procesu, který se bude regulovat. Následně dochází k určení hodnoty daného procesu, která se bude sledovat. Musí se také určit, jakým způsobem se bude hodnota měřit a také, zda se bude jednat o 100% kontrolu nebo pouze o danou část podskupiny. Dále je důležité zvolit správný typ diagramu. [5], [6]

#### 2. První fáze

V první fázi se nejprve musí shromáždit data, poté se zkonstruuje regulační diagram, jenž určí hodnoty, nacházející se v regulačních mezích. U dané podskupiny bodů, které překročí regulační meze, je nutné najít příčinu těchto odchylek. Pokud se tato tzv. vymežitelná příčina najde, tyto podskupiny se vyřadí a místo nich se použijí data ze zbývajících podskupin. Pokud se příčina těchto odchylek nezjistí, mohou se nechat meze pro regulaci stejné. [5], [6]

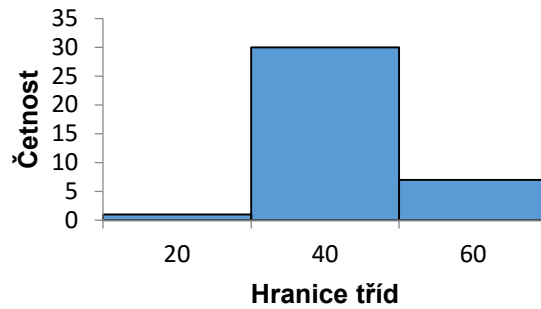
#### 3. Druhá fáze

Ve druhé fázi se již uvažuje s tím, že je proces stabilizovaný. Výběrové charakteristiky jsou zaznamenávány do grafu. Vizuální kontrolou se sleduje, zda hodnoty nepřesahují regulační meze. Při přesáhnutí regulační meze nebo při podezřelém seskupení bodů, se může včas do procesu zakročit a proces stabilizovat. [5], [6]

### 1.1.4 Histogramy

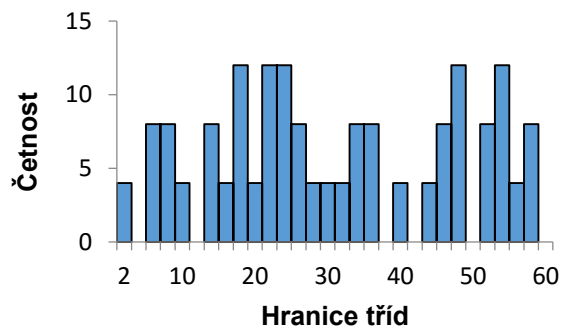
Histogram je základní grafický nástroj, který na ose x zobrazuje intervaly třídy, do kterých jsou data zatříděna a na ose y se zobrazuje odpovídající četnost, buď relativní, nebo absolutní. Histogram se použije u dat, která jsou tříděna do intervalů. Spadá do skupiny sloupcových grafů. Pro konstrukci histogramu se vytvoří tabulka intervalového rozdělení četností hodnot. Musí se dbát na správné rozvržení intervalů. Pokud se vytvoří příliš málo intervalů, histogram nám nezobrací požadovanou informaci jako na *Obr. 1.5*.





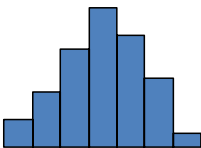
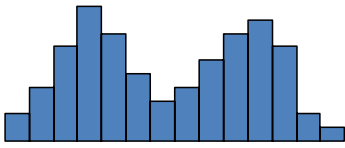
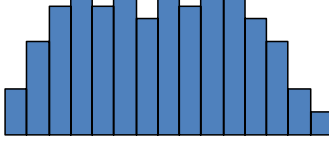
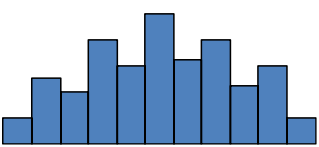
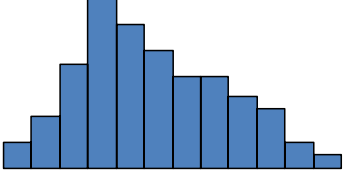
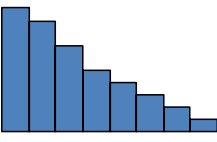
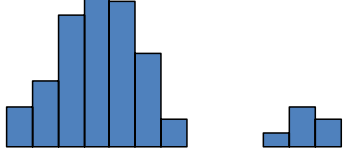
Obr. 1.5 Příklad příliš malého rozdělení četností.

Naopak, při zvolení velkého množství intervalů, data, která nám histogram poskytne, nebudou relevantní, tudíž nemá smysl s ním nadále pracovat. Příklad zobrazení je na Obr. 1.6. [9], [10], [11]



Obr. 1.6 Příklad příliš velkého rozdělení četností.

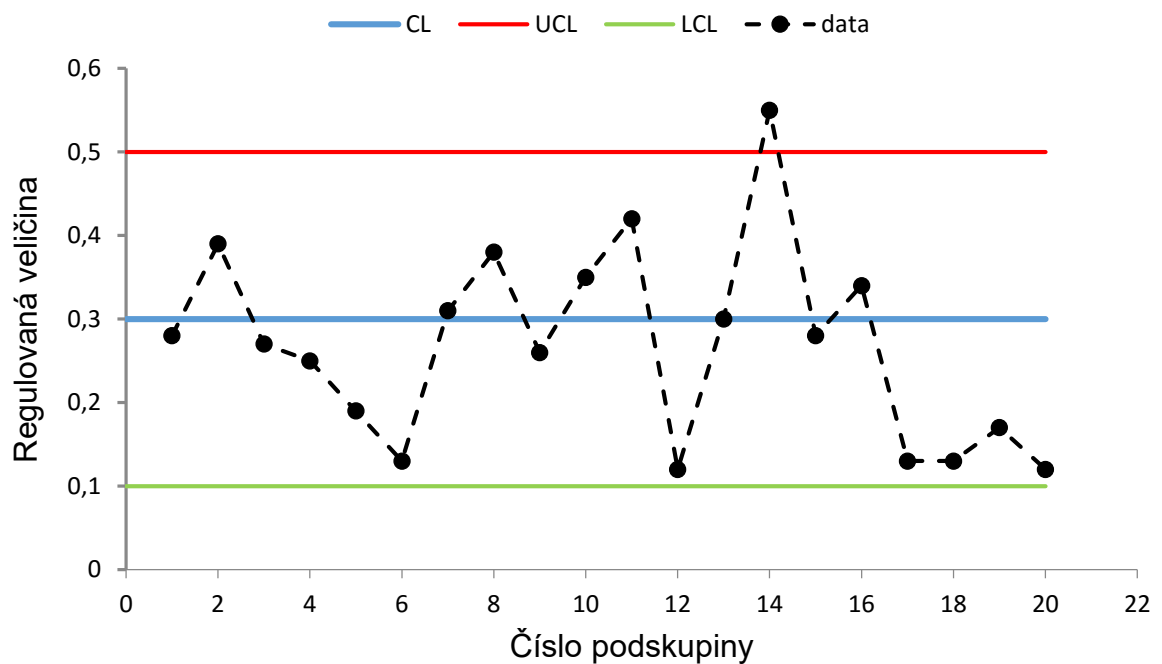
Příklady tvarů histogramů a jejich možné příčiny odchylek tvaru jsou vidět na Obr. 1.7.

Tvar Histogramu	Možné příčiny odchylek tvaru histogramu
<p data-bbox="555 286 719 315"><b>Zvonovitý tvar</b></p> 	<p data-bbox="874 376 1114 405">Působení náhodných vlivů</p>
<p data-bbox="544 539 756 568"><b>Dvouvrcholový tvar</b></p> 	<p data-bbox="874 591 1343 680">Smíchání dat ze dvou výběrových souborů (data ze dvou výrobních dávek, dvou výrobních linek, od dvou pracovníků, ...)</p>
<p data-bbox="580 784 703 813"><b>Plochý tvar</b></p> 	<p data-bbox="874 817 1318 943">Výsledek součtu několika rozdělení zvonovitého tvaru (nárůst opotřebení nástroje) Neúplný výrobní předpis Nedodržování výrobního předpisu</p>
<p data-bbox="555 1028 730 1057"><b>Hřebenovitý tvar</b></p> 	<p data-bbox="874 1079 1219 1169">Nesprávné zaokrouhlování hodnot Nesprávné zařazování hodnot do tříd Chyby měření</p>
<p data-bbox="560 1272 730 1301"><b>Asymetický tvar</b></p> 	<p data-bbox="874 1341 1270 1402">Působení objektivních a fyzikálních zákonů Použití neúplných dat</p>
<p data-bbox="580 1516 724 1545"><b>Useknutý tvar</b></p> 	<p data-bbox="874 1554 1302 1675">Přesnost a rozlišovací schopnost přístroje Nesprávně zařazená analýza dat (vytřídění neshodných jednotek před měřením znaku jakosti)</p>
<p data-bbox="555 1760 740 1812"><b>Tvar s izolovanými hodnotami</b></p> 	<p data-bbox="874 1832 1082 1892">Chyby při přepisování Chyby při měření</p>

Obr. 1.7 Příklady typických tvarů histogramů a jejich příčiny. [9]

## 1.2 Regulační diagramy

Regulační diagram je grafický nástroj, který se používá pro znázornění vývoje regulovaného procesu. Je nutné si všimnout hlavně odchylek, které překračují z regulované meze. Na základě těchto mezí se vstupuje do procesu a hledá se vymezitelná příčina, která působí na proces tak, že vybočuje z regulačních mezí. Ke zjištění, že proces je mimo regulační meze používáme tři horizontální přímky CL, LCL, UCL, použití je vidět na *Obr. 1.8*. Na vodorovné ose x je vyneseno číslo podskupiny na svislé ose y je vynesena regulovaná veličina, kterou jsme naměřili. [6], [10]



*Obr. 1.8 Příklad regulačního diagramu. [6]*

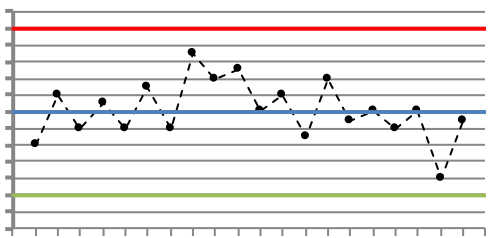
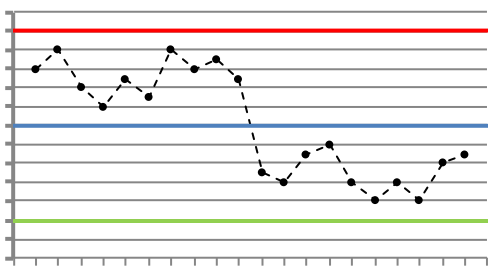
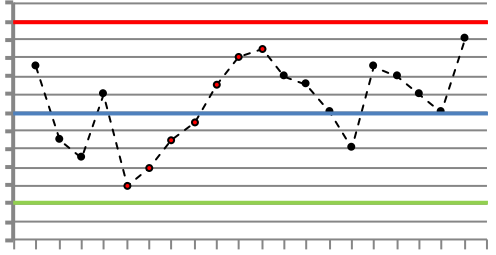
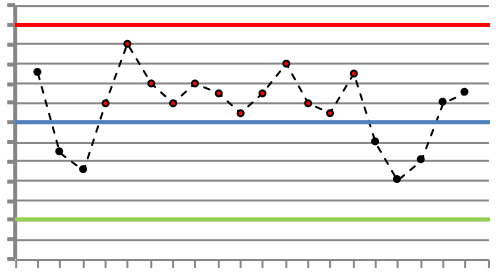
Střední přímka (CL - Central Line) odpovídá tzv. referenční hodnotě. Ta bývá dána buď technickým předpisem (hodnotou), která byla použita v předchozím stavu nebo odhadem z hodnot regulované veličiny. [6]

Dolní a horní regulační meze (LCL - Lower Control Limit, UCL - Upper Control Limit) ohraničují horní a dolní oblast regulované veličiny, ve které se vyskytují pouze přirozené příčiny. Po překročení těchto mezí, se pozná, zda je nutné do procesu zasáhnout či nikoliv. [6]

U diagramů je možné se ještě setkat s tzv. horní výstražnou mezí (UWL – Upper Warning Limit) a dolní výstražnou mezí (LWL – Lower Warning Limit). Tyto meze jsou blíže ke střední přímce než regulační meze. Pokud se budou hodnoty opakovaně nacházet mezi UCL a UWL nebo mezi LCL a LWL je to signál, začít proces sledovat a hledat příčinu. S nejvyšší pravděpodobností bude na proces působit náhodná příčina. [6]

### 1.3 Kritéria regulačních diagramů

Na Obr. 1.9 je vidět nenáhodná uskupení, kterým se dokáže odhalit nestabilitu procesu a z toho vyplývající nutný zásah do procesu. Počet bodů může být různý pro každý případ. [12], [13]

Tvar regulačního diagramu	Popis regulačního diagramu
	<p>Určitý počet bodů v řadě za sebou střídavě klesá a roste</p>
	<p>Určitý počet bodů v řadě které se přibližují k horní nebo k dolní hranici</p>
	<p>Určitý počet bodů v řadě za sebou bez přerušení roste nebo klesá</p>
	<p>Určitý počet bodů v řadě za sebou leží na jedné straně od střední hodnoty</p>

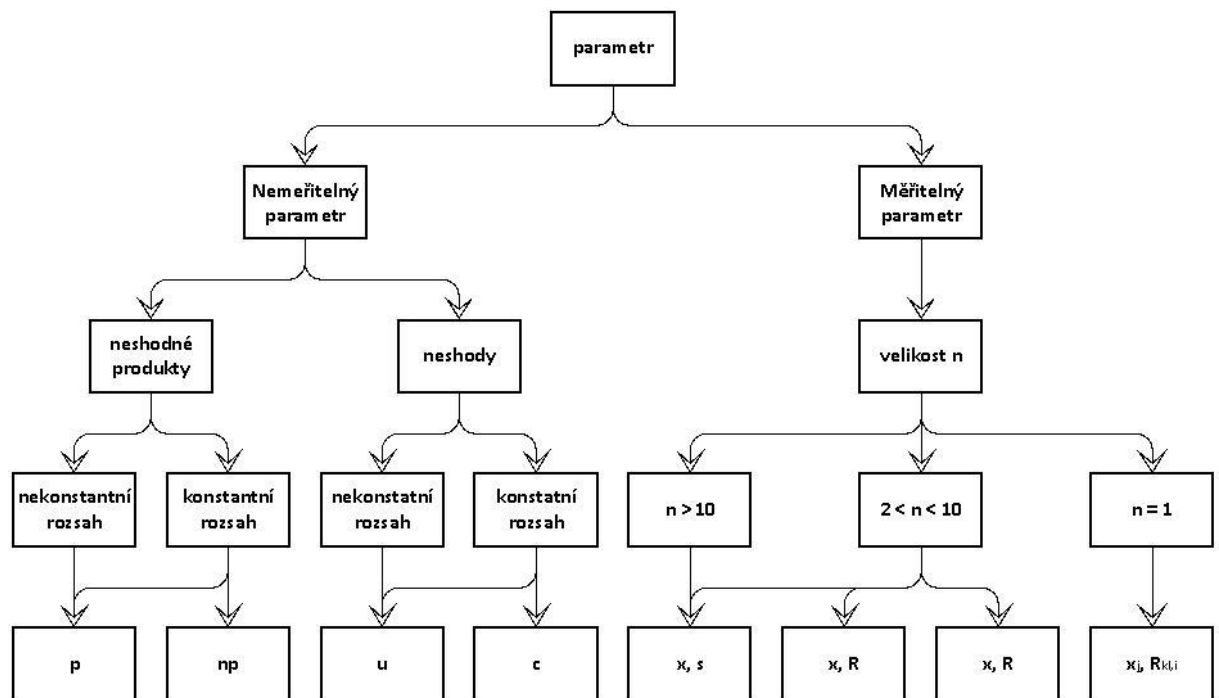
Obr. 1.9 Příklady tvarů regulačních diagramů.

## 1.4 Typy regulačních diagramů

Regulační diagramy lze členit podle různých hledisek. Tato kapitola se bude věnovat Shewhartovým regulačním diagramům.

### 1.4.1 Shewhartovy regulační diagramy

Tyto diagramy sledují pouze jeden znak jakosti a jejich použití závisí na dostatečně velkém počtu výběrů za stálých podmínek. Patří do skupiny diagramů "bez paměti" poněvadž při měření neberou v úvahu předchozí hodnoty. Na *Obr 1.10* je zobrazen strom, který usnadní volbu Shewhartova regulačního diagramu, jelikož se musí volit z velkého množství diagramů. [1], [14]



*Obr. 1.10* Rozhodovací strom pro volbu Shewhartova regulačního diagramu. [6]

Jak je vidět z *Obr. 1.10*, základní dělení Shewhartových diagramů je dle zvoleného parametru:

#### 1) Regulační diagramy pro regulaci srovnáváním

Použití těchto diagramů je vhodné zejména na výrobky, na kterých je možné pozorovat různé neshody. Regulovaná veličina zde musí být diskrétní náhodnou veličinou.

- *Počet neshod na jednotlivých produktech* – použije se regulační diagram **c** nebo neshody na jednotku **u**.
- *Počet neshodných produktů ve výběru* – použije se regulační diagram **np** nebo pro podíl neshodných produktů **p**.

## 2) Regulační diagramy pro regulaci měření

Tento typ diagramů lze použít, pokud existuje technologický parametr procesu, který lze měřit. Pro zobrazení požadované spojité veličiny, je nutné, aby regulovaná veličina měla normální rozdělení s konstantní střední hodnotou a konstantním rozptylem. [14], [15], [16]

Oba regulační diagramy, jak srovnáváním tak měřením, slouží při správném návrhu a použití ke zlepšení kvality. Jejich prvořadým úkolem je především včasná identifikace toho, že proces není pod statistickou kontrolou. [14]

### 1.4.2 Regulační diagram pro počet neshod c

Tento diagram se používá tam, kde se kontroluje počet neshod na vybraných skupinách o stejném počtu  $n$  produktů. Může se použít i k monitorování celkového počtu událostí vyskytujících se v určitém čase. Tento regulační diagram byl navržen pro kvalitativní znak jakosti. Regulovanou veličinou, označenou  $c_i$ , je počet neshod v  $i$ -té vybrané skupině, kde  $i = 1, 2, \dots, k$ . Předpoklady pro užití tohoto diagramu jsou: [1], [14], [15]

- počet neshod na produktu může být neohraničený ( $n = 1$  nebo  $n > 1$ ),
- pokud se v určité oblasti produktu vyskytuje více než jedna neshoda, je tato pravděpodobnost zanedbatelná,
- střední počet neshod na jednotce produktu je roven číslu  $\lambda_0$ .

Počet neshod je diskrétní náhodná veličina a může se předpokládat, že tato veličina má Poissonovo rozdělení se střední hodnotou  $n\lambda_0$ .

Pro sestavení diagramu pro počet neshod  $c$ , se musí předpokládat, že by střední hodnota odhadu měla vyjít  $n\lambda_0 \geq 5$ . Pak je možné určit akční meze, označené  $CL(c)$ ,  $UCL(c)$  a  $LCL(c)$ , pomocí vzorců:

$$CL(c) = n\lambda_0, \quad (1.1)$$

$$UCL(c) \approx n\lambda_0 + u_{0,99865}\sqrt{n\lambda_0}, \quad (1.2)$$

$$LCL(c) \approx n\lambda_0 - u_{0,99865}\sqrt{n\lambda_0}, \quad (1.3)$$

- kde  $u_{0,99865}$  je 99,865%-ní kvantil normovaného normálního rozdělení.

Číslo  $n\lambda_0$  se odhadne pomocí vzorečku pro průměrný počet neshod, označuje se  $\bar{c}$ , vypočte se podle vzorce

$$\bar{c} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k c_i, \quad (1.4)$$

- $c_i$  vyjadřuje počet neshod v  $i$ -tém výběru,
- $k$  vyjadřuje počet výběrů, rozmezí výběrů by se mělo pohybovat mezi 20 až 25.

Dosažením získaného odhadu  $n\lambda_0$  do vztahu se získá střední průmek

$$CL(c) = \bar{c}. \quad (1.5)$$

Dosažením hodnot do vzorce pro horní a dolní akční meze se získá:

$$UCL(c) = \bar{c} + 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}, \quad (1.6)$$

$$LCL(c) = \bar{c} - 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}. \quad (1.7)$$

Jestliže ale získaný odhad vyjde v rozmezí  $5 \leq n\lambda_0 < 9$ , bude dolní akční mez záporná. V tomto případě nemá řešení reálný smysl a musí se odhad upravit. Buď se položí tato mez rovna nule, nebo se zvýší rozsah výběru  $n$  tak, aby odhad  $n\lambda_0$  byl větší než 9.

### 1.4.3 Regulační diagram pro počet neshod na jednotku $u$

Základ tohoto diagramu je odvozený od regulačního digramu pro počet neshod  $c$ . Kritéria pro použití tohoto diagramu jsou: [1], [14], [15]

- výběrový rozsah nemusí být konstantní, sleduje se průměrný počet neshod na jeden produkt z výběru,
- sleduje se počet neshod na jednotlivých produktech o různé velikosti, v tomto případě se určuje počet neshod na jednotku rozměru produktu.

Průměrný počet neshod na jednotku produktu pro  $i$ -tý výběr označujeme  $u_i$ , kde  $i = 1, 2, \dots, k$ .

Předpokladem je splnění podmínky pro aproximaci Poissonova rozdělení normálním rozdělením, tj. když  $n\lambda_0 \geq 5$ , a zvoleném riziku  $\alpha = 0,0027$  se určí střední přímka  $CL(u)$  pomocí vzorce

$$CL(u) = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n_i}, \quad (1.8)$$

- $c_i$  vyjadřuje počet neshod v  $i$ -tém výběru (produktu),
- $n_i$  vyjadřuje rozsah  $i$ -tého výběru (produktu).

Akční meze  $UCL(u)$  a  $LCL(u)$  se vypočte pomocí vzorců:

$$UCL(u) = \bar{u} + 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/\bar{n}}, \quad (1.9)$$

$$LCL(u) = \bar{u} - 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/\bar{n}}, \quad (1.10)$$

- $\bar{n}$  vyjadřuje průměrný rozsah výběru (počet měřených jednotek na jeden produkt).  
 $\bar{n}$  se získá pomocí vzorce



$$\bar{n} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i, \quad (1.11)$$

- $k$  vyjadřuje počet objektů, které byly kontrolovány.

### Průměrné meze

Pokud se vypočtené akční meze liší více než o 25%, platí pro ně předpis

$$n_i \in \langle 0,75\bar{n}; 1,25\bar{n} \rangle. \quad (1.12)$$

### Individuální meze

Pokud není splněn předpis pro průměrné meze. Použijí se pro výpočet vztahy:

$$UCL(u)_i = \bar{u} + 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n_i}, \quad (1.13)$$

$$LCL(u)_i = \bar{u} - 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n_i}. \quad (1.14)$$

Regulační meze pro diagram  $u$ , nemusí být na rozdíl od diagramu  $c$  konstantní a neuvážují se výběry stejného rozsahu, tak jak je tomu u diagramu  $c$ .

#### 1.4.4 Regulační diagram $np$

Tento diagram je vhodné použít tam, kde se zaměřuje na počet neshodných produktů v jednotlivých výběrech. Přičemž výběry mají stejný počet prvků. Aby se mohly odhalit neshodné produkty, je nutné mít dostatečně velké výběry (více než 50 produktů). [1], [14], [15]

$$\bar{p} = \frac{1}{kn} \sum_{i=1}^k x_i, \quad (1.15)$$

- $x_i$  vyjadřuje počet neshodných produktů v  $i$ -tém výběru,
- $k$  vyjadřuje počet výběrů (předpoklad je 20 až 25),
- $n$  vyjadřuje počet produktů ve výběrech.

Vzorec pro střední přímkou  $CL(np)$

$$CL(np) = n\bar{p}. \quad (1.16)$$

Pro  $n$  platí podmínka  $n \geq 9/(p_0(1 - p_0))$ , kde

- $p_0$  vyjadřuje pravděpodobnost výskytu neshodného produktu ve výběru.

Pro počet neshodných produktů ve výběru se může aproximovat normálním rozdělením. Pro zvolené  $\alpha = 0,0027$  označujeme akční meze  $UCL(np)$  a  $LCL(np)$ :

$$UCL(np) = n\bar{p} + 3 \cdot \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}, \quad (1.17)$$

$$LCL(np) = n\bar{p} - 3 \cdot \sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}. \quad (1.18)$$

Pokud není dodržena podmínka  $n \geq 9/(p_0(1 - p_0))$ , vyjde dolní akční mez záporná. Poté se může postupovat následovně, buď se položí záporná hodnota rovno nule, nebo pokud to výběr dovolí, zvětší se počet prvků ve výběru tak, aby byla splněna podmínka.

#### 1.4.5 Regulační diagram $p$

Tento regulační diagram se liší od regulačního diagramu  $np$  tím, že počet vyšetřovaných jednotek ve výběrech nemusí být konstantní. Číslem  $p_i$  se označuje testovací kritérium, které je podílem neshodných jednotek a rozsahu výběru [1], [14], [15]

$$p_i = \frac{x_i}{n_i}, \quad (1.19)$$

- $x_i$  vyjadřuje počet neshodných jednotek v  $i$ -tém výběru,
- $n_i$  vyjadřuje rozsah  $i$ -tého výběru.

Vzorec pro střední přímkou  $CL(p)$

$$CL(p) = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{\sum_{i=1}^k n_i}, \quad (1.20)$$

Pro zvolené  $\alpha = 0,0027$  jsou akční meze  $UCL(p)$  a  $LCL(p)$  pro tento diagram rovny:

$$UCL(p) = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}, \quad (1.21)$$

$$LCL(p) = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}, \quad (1.22)$$

- $\bar{n}$  vyjadřuje průměrný rozsah výběru, který se vypočítá pomocí vzorce

$$\bar{n} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i. \quad (1.23)$$

Tento vzorec pro výpočet se používá pro průměrné meze. Pokud nejsou splněny podmínky pro průměrnou mezi, určí se individuální meze pro  $i$ -tý výběr, podle vztahů:

$$UCL(p)_i = \hat{p}_0 + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}, \quad (1.24)$$

$$LCL(p)_i = \hat{p}_0 - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}. \quad (1.25)$$

V *Tabulce 1.1* jsou stručně shrnuty výpočty pro jednotlivé meze Regulačních diagramů.

Tabulka 1.1 shrnutí výpočtů pro regulační diagramy.

		Akční meze			
		Střední přímkka	Horní mez	Dolní mez	
Regulační diagram pro počet neshod c		$\bar{c} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k c_i$	$CL(c) = \bar{c}$	$UCL(c) = \bar{c} + 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$	$LCL(c) = \bar{c} - 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$
Regulační diagram pro počet neshod na jednotu u	Průměrné meze	$\bar{n} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i$	$CL(u) = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$	$UCL(u) = \bar{u} + 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/\bar{n}}$	$LCL(u) = \bar{u} - 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/\bar{n}}$
	Individuální meze			$UCL(u)_i = \bar{u} + 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n_i}$	$LCL(u)_i = \bar{u} - 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n_i}$
Regulační diagram np		$\bar{p} = \frac{1}{kn} \sum_{i=1}^k x_i$	$CL(np) = n\bar{p}$	$UCL(np) = n\bar{p} + 3 \cdot \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	$LCL(np) = n\bar{p} - 3 \cdot \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$
Regulační diagram p	Průměrné meze	$\bar{n} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i$	$CL(p) = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$	$UCL(p) = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/\bar{n}}$	$LCL(p) = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/\bar{n}}$
	Individuální meze			$UCL(p)_i = \hat{p}_0 + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$	$LCL(p)_i = \hat{p}_0 - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$

### 1.4.6 Regulační diagram (x, R)

Pro jednotlivé podskupiny, označení  $i$ , kde  $i = 1, 2, \dots, k$ , se vypočtou výběrové průměry podskupin, označené  $\bar{x}$ , pomocí vzorce [1], [14], [15]

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}, \tag{1.26}$$

a výběrová rozpětí podskupin, označené  $R_i$ , podle vzorce

$$R_i = \max_j x_{ij} - \min_j x_{ij}. \tag{1.27}$$

Z výběrových průměrů podskupin se vypočte průměr z výběrových průměrů, označený  $\bar{\bar{x}}$ , vzorcem

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{x}_i, \tag{1.28}$$

a průměrné výběrové rozpětí, označené  $\bar{\bar{R}}$ , pomocí vzorce

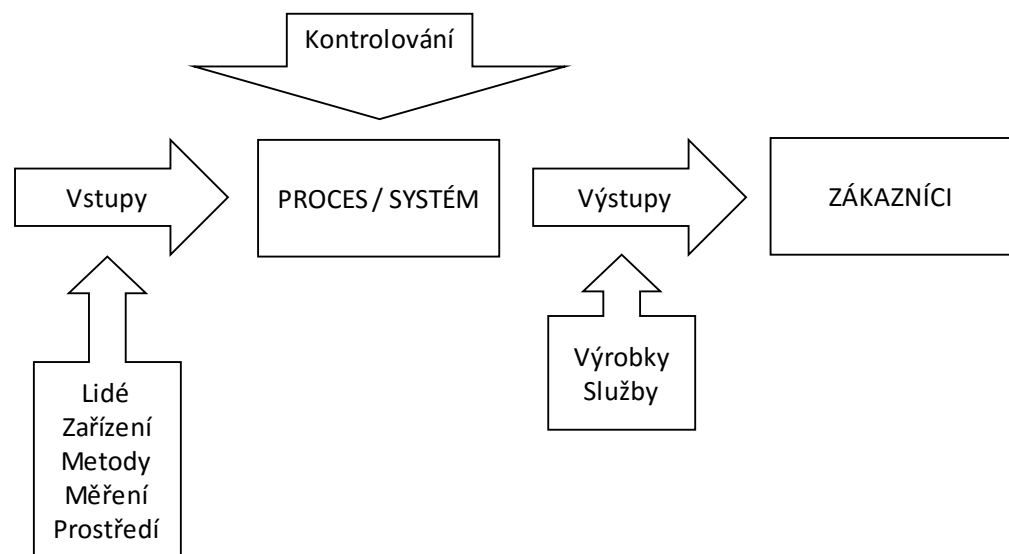
$$\bar{\bar{R}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i. \tag{1.29}$$

## 2 Výrobní procesy a služby

V této kapitole je popsán rozdíl mezi výrobním procesem a službou. Dále je zde představena firma, s jejíž spoluprací byla vypracována bakalářská práce a popsán její výrobní proces.

### 2.1 Výrobní proces

Výrobní proces nezahrnuje pouze samotnou výrobu, ale řadí se sem všechny výrobní faktory, které jsou spjaté s výrobou. Výrobou se rozumí přeměna výrobních faktorů (vstupů) ve výrobky a služby (výstupy). Přeměna vstupů na výstupy a jednotlivé faktory, které na ně působí jsou vidět na *Obr. 2.1.* [1], [17], [18]



Obr. 2.1 Systém výrobního procesu. [1]

Struktura výrobního procesu se skládá z postupných kroků. Mezi jednotlivé kroky patří:

1. nákup materiálu – vstup určitého potřebného materiálu,
2. přeměna materiálu – na požadované hodnoty, například broušení apod.,
3. výroba vlastního produktu – přeměna materiálu na výrobek,
4. skladování nebo odeslání zákazníkovi.

Ve výrobním procesu je potřeba dbát hlavně na kvalitu vstupního materiálu, který byl v pozdějších fázích přeměněn na výrobky. [19]

### 2.1.1 Představení firmy

Vybraná firma patří mezi významné dodavatele vodních, vzduchových a olejových gumových dílů v automobilovém průmyslu. Společnost sídlící v Rokycanech byla založena v roce 1994 a je součástí koncernu TOTAL, který zaměstnává po celém světě přes 30 000 lidí v 95 továrnách, z toho v Rokycanech přes 600. Během 15 let působení firmy na trhu, přešla výroba od nejlevnějších typů hadic až po ty nejsložitějšími typy v současnosti. Společnost disponuje kvalitním systémem řízení a organizace práce, tím dokáže udržet před konkurencí náskok i v těch nejvyspělejších třídách hadic pro prestižní zákazníky.

### 2.1.2 Popis výrobního procesu

Pro jednoho z předních zákazníků společnosti, vyrábí firma v Rokycanech SCR (Selective Catalytic Reductant) hadice. Selektivní katalytická redukce je technologie, která snižuje emise výfukových plynů tak, aby plnily emisní limity v Evropě. K tomu je nutná kapalina pod obchodním názvem AdBlue, tuto kapalinu je klíčové udržet na určitém rozmezí teplot. K tomu slouží hadice, která je vidět na *Obr. 2.2*.



*Obr. 2.2 SCR hadice.*

### Příprava před výrobním procesem

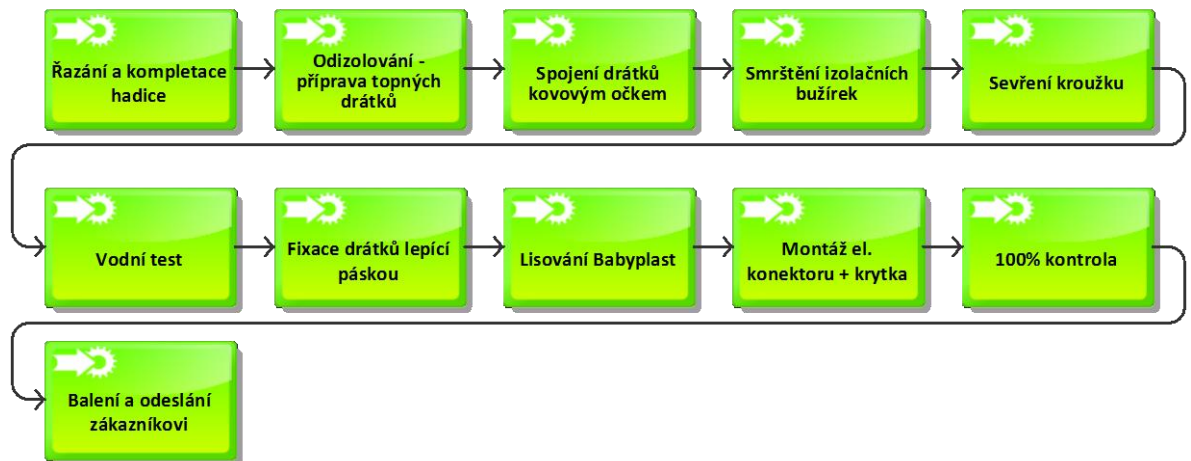
Proces výroby začíná vyjmutím špulky z krabice, která byla dodána dceřiným dodavatelem. Špulky v krabicích bývají o různých délkách. Podle standardu, který se bude vyrábět, se zvolí velikost špulky tak, aby docházelo k nejmenšímu zbytku, ze kterého už nelze vyrábět.

## Samotný výrobní proces

Na prvním stanovišti dochází k naměření a uříznutí hadice, poté se na hadici navleče chránička, která chrání samotnou hadici před poškozením a nečistotami. Následně se hadice s požadovanými rozměry předává na druhé stanoviště. Zde dochází k odizolování vnější vrstvy hadice a vypletení topných drátků z opletu. Zbytek se ořízne řezačkou, tak aby nedošlo k poškození drátku. Poté se pod lupou drátky zkontrolují, zda nedošlo k narušení bužírky. Hadice se předává na třetí stanoviště, kde dochází k očištění bužírky tak, aby byly vidět samotné drátky, kde následně dochází k jejich spojení kovovým očkem. Na čtvrtém stanovišti se drátky, které byly spojeny kovovým očkem, opatří izolační bužírkou, tak aby byly voděodolné. Na dalším stanovišti dochází k sevření kroužku, dochází také ke vsunutí QC (Quick Connectoru) do konců hadice. Měří se zde odpor před i po sevření. Na šestém stanovišti hadice prochází vodním testem. Pokud hadice po dobu jedné minuty udrží svoji nepropustnost, je vpuštěna na další stanoviště. Na *Obr. 2.3* je vidět hadice po vodním testu. Pokud není test v pořádku, hadice se v tomto stavu, posílá na analýzu do laboratoře. Na dalším stanovišti dochází k fixaci drátků lepicí páskou. Hadice se předá na další stanoviště, kde dochází k lisování v lisovacím stroji Babyplast. Na předposledním stanovišti dochází k montáži elektrického konektoru a vložení krytek, proti nečistotám. Dále je zde uskutečněn test elektrika-vzduch, kterým se kontroluje, zda je hadice připravena na poslední stanoviště. Na posledním stanovišti je prováděna 100% kontrola. Z této kontroly se všechny hadice balí do igelitových pytlů, které jsou vloženy do krabic a odeslány zákazníkovi. Celý proces je pro přehlednost zobrazen na *Obr. 2.4*.



*Obr. 2.3* konce hadice po vodním testu.



Obr. 2.4 Výrobní proces.

## 2.2 Služba

Služba nebo také servisní proces (servisní činnost) se zabývá zejména opravami, preventivními kontrolami a jinými servisními úkony týkající se výrobku a oblastí, do kterých činnosti zasahují. [17], [18], [19]

Jako ve výrobním procesu, i zde se může servisní proces rozdělit do několika po sobě jdoucích kroků: [19]

1. vstup – příjem výrobku, který má podstoupit servisní činnost,
2. analýza – určení závad a poškození výrobku,
3. servis – fáze samotného provedení servisní činnosti,
4. přezkoumání – ověření správného provedení servisní činnosti.

V těchto krocích by se mělo dbát hlavně na kvalitu ve fázi analýzy, která je důležitá proto, aby nedošlo k identifikaci nesprávné závady. Analýza by také měla být důkladná, kde důkladnost bývá zpravidla nastavena samotnými procesy společnosti. [19], [20], [21]

Rozdíl mezi výrobním procesem a servisem je takový, že v servisu se vyskytuje tzv. „turbulentní“ prostředí, ve kterém se nemůže dostatečně dobře předvídat: [22], [23], [24]

- jaký druh servisu se bude provádět (servisní proces),
- dostupnost náhradních dílů a jejich včasné zásobování (logistika),
- čas, který je nutný na servisní proces (komplexnost závady).



Příkladem může být například proces opravy mobilních telefonů. Nelze dostatečně předvídat, jaký druh servisních činností a potřeba náhradních dílů bude zapotřebí pro opravu mobilního telefonu, před jeho vstupem do procesu. S tím jsou spjaté zásoby součástí, které bývají pro každý servis různé. (např. poškozený displej, problémy s příjmem signálu, atp.). Také čas je na provedení každého servisu různý. [25], [26], [27], [28],

Závěrem se dá říci, že při realizaci servisního procesu hraje velkou roli lidský faktor, kde jeho nepříznivý účinek lze eliminovat nebo snížit určitými nástroji.

### 3 Odhalování odchylek v servisních procesech

V dnešní době se klade velký důraz na celkové řízení kvality (TQM) a dochází k rostoucímu zájmu o zavedení SPC metody i do nevýrobních procesů. V minulosti bylo navrženo několik aplikací metody SPC do nevýrobních procesů. Pokud se chtějí efektivně odhalit odchylky v procesu, je důležité znát daný proces a proniknout do jeho struktury tak, aby bylo možné odhalit všechny odchylky, které na proces mohou působit. [29]

#### 3.1 Popis servisního procesu

Po vodním testu, bylo vyřazováno velké množství hadic, kde častou příčinou byla pravděpodobně špatně zalitá bužírka. Pro lepší pochopení problému se hadice posílaly do laboratoře, kde docházelo k jejich analýze. Na *Obr. 3.1* můžeme vidět, jaké další defekty se na koncích hadice objevovaly, kromě špatně zalité bužírky.



Obr. 3.1 Příklad defektů, které se objevovaly na hadici.

Hadice byly přeměřovány testerem izolace ISO-TECH IIT 1500, který zjišťoval izolační odpor hadice. Pro bližší lokalizaci defektu se však musela provádět detailní analýza pod mikroskopem. Pokud se jednalo o defekty: poškození drátku, poškození drátku pod kroužkem, poškození drátku podél hadice a poškození drátku na okraji hadice, tak byly tyto hadice vyřazovány do odpadu. Naopak, když se na hadici nenašel žádný viditelný defekt nebo tester izolace detekoval pokles hodnoty u zalité bužírky, posílaly se hadice zpět do výroby. Ve výrobě byla hadice opravena. Oprava spočívala v odlepení smršťovací bužírky a poté byl znova zopakován postup smrštění bužírky. Následně se hadice opět poslala na vodní test. Pokud neprošla vodním testem ani po druhé, na analýzu se už neposílala a byla recyklována (scrapována).

### 3.2 Implementace SPC v servisním procesu

SPC metoda byla použita v servisním procesu opravy („rework“). Dle teorie popsané v kapitole 1.4 byl zaveden p-diagram pro podíl neshodných jednotek. K volbě tohoto diagramu pomohl rozhodovací strom, zobrazen na *Obr. 1.10*. Podle dat, která byla k dispozici, se zvolil neměřitelný parametr. Dále se rozhodovalo, zda zvolit neshodné produkty nebo neshody na produktu. Zvolily se neshodné produkty. Získaná data z výrobních dávek, neměla konstantní rozsah, proto se zvolil p-diagram.

Z výrobních dávek, byla část vyřazována na vodním testu. Tato část vyřazené výrobní dávky, byla postoupena do laboratoře, kde došlo k její analýze. Hadice byly označovány dle *Obr. 3.2*.



*Obr. 3.2 hadice SCR wire-twist standard.*

V *Tabulce 3.1* je vidět vyhodnocení oprav SCR hadic. Jako třídící znak byl zvolen standard s drátkem označeným 602, ten označoval odpor použitého drátku.

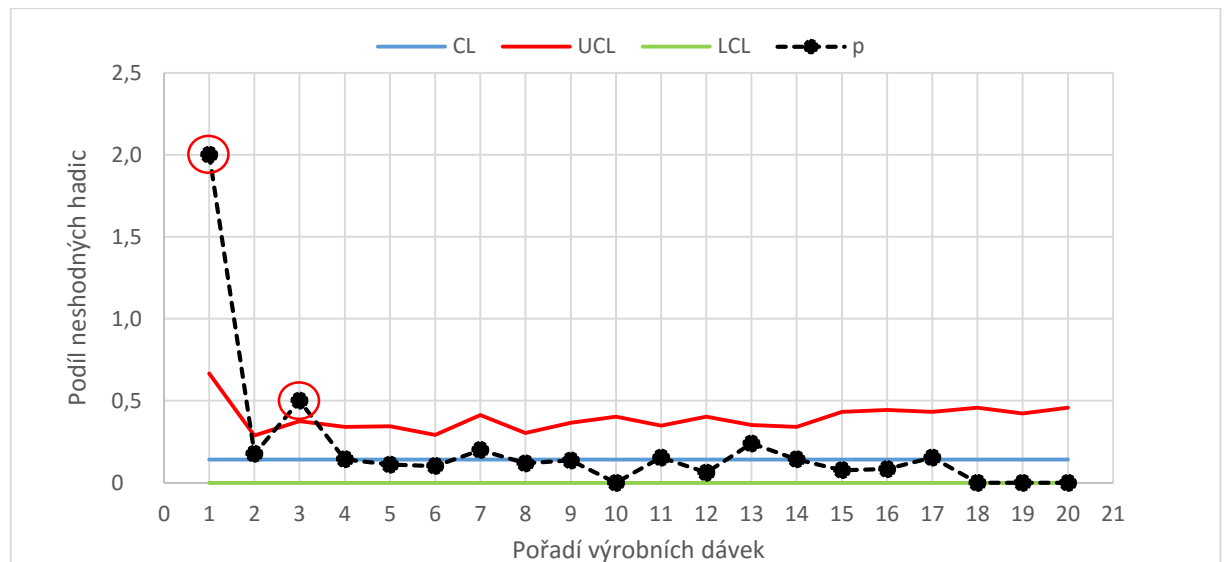
Tabulka 3.1 počáteční údaje pro p-diagram, wire 602.

Výrobní dávky	Počet neshodných hadic po reworku np	Počet kontrolovaných hadic n	Podíl neshodných hadic p	CL	UCL	LCL
1	2	4	2,000	0,142	0,666	-0,382
2	9	51	0,176	0,142	0,289	-0,005
3	10	20	0,500	0,142	0,377	-0,092
4	4	28	0,143	0,142	0,340	-0,056
5	3	27	0,111	0,142	0,344	-0,059
6	5	49	0,102	0,142	0,292	-0,007
7	3	15	0,200	0,142	0,413	-0,128
8	5	42	0,119	0,142	0,304	-0,019
9	3	22	0,136	0,142	0,366	-0,081
10	0	16	0,000	0,142	0,404	-0,120
11	4	26	0,154	0,142	0,348	-0,063
12	1	16	0,063	0,142	0,404	-0,120
13	6	25	0,240	0,142	0,352	-0,067
14	4	28	0,143	0,142	0,340	-0,056
15	1	13	0,077	0,142	0,433	-0,148
16	1	12	0,083	0,142	0,445	-0,160
17	2	13	0,154	0,142	0,433	-0,148
18	0	11	0,000	0,142	0,458	-0,174
19	0	14	0,000	0,142	0,422	-0,138
20	0	11	0,000	0,142	0,458	-0,174
Celkem	63	443				

Tabulka obsahuje hodnoty podílu neshodných jednotek  $p$  vypočtenou pro každou výrobní dávku. Průměrný podíl neshodných jednotek se vypočítá pomocí vztahu 1.19.

$$\bar{p} = \frac{np}{n} = \frac{63}{443} = 0,142.$$

Vypočtená hodnota  $\bar{p}$  se ze vztahu 1.20 rovná střední přímce CL. Jak je vidět z Tabulky 3.1 rozsahy podskupin se liší, proto se vypočítají akční meze UCL a LCL podle vzorců 1.24 a 1.25. Z Tabulky 3.1 je zřejmé, že akční mez LCL vyšla pro všechny podskupiny záporně, dle teorie pro sestavení diagramu nelze tyto záporné meze použít. Podle teorie se může zvětšit průměr, to však v tomto příkladu nelze. Proto se položí záporné meze rovny nule. Poté je možné sestavit regulační diagram. Sestrojený regulační diagram je vyobrazen na Obr. 3.3.



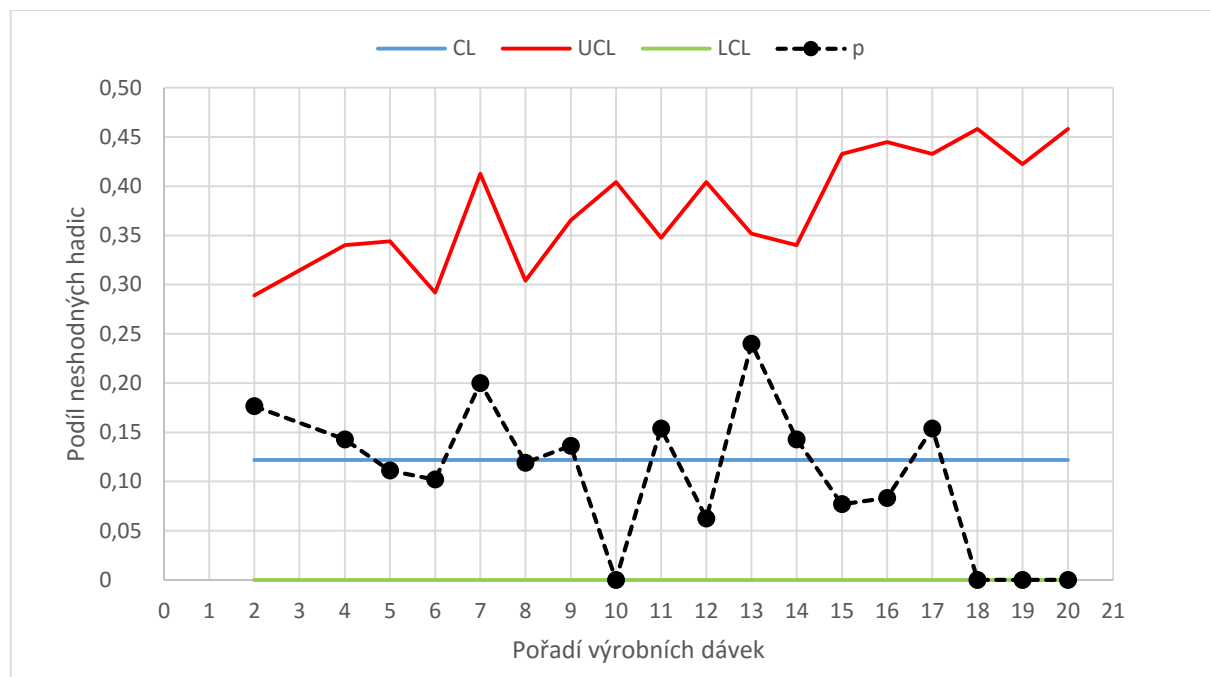
Obr. 3.3 Počáteční p-diagram pro údaje v Tabulce 3.1.

Z Obr. 3.3 je vidět, že podíly neshodných jednotek pro výrobní dávky 1 a 3 leží mimo příslušnou horní regulační mez. Tyto dvě podskupiny se vyloučí z dalších úvah, neboť ukazují, že kolísání je způsobeno jinými vlivy než u ostatních výrobních dávek. Při zahrnutí těchto údajů do výpočtu, by se získal nadsazený průměr výrobního procesu a regulační meze by nezobrazovaly skutečné přirozené kolísání. Měly by se zjistit důvody těchto vysokých hodnot, aby se mohlo uskutečnit nápravné opatření, které by zamezilo výskytu takových hodnot v budoucnu. Ze zbylých 18 výrobních dávek se vypočte revidovaný průměrný podíl neshodných jednotek

$$\bar{p} = \frac{np}{n} = \frac{51}{419} = 0,122.$$

Vypočtou-li se revidované hodnoty pro akční meze UCL a LCL pro každou výrobní dávku pomocí revidované hodnoty  $\bar{p}$ , je vidět, že všechny hodnoty podílu neshodných jednotek leží v regulačních mezích. Pro zavedení regulačního diagramu se tedy považuje tato revidovaná hodnota  $\bar{p}$  za základní hodnotu podílu neshodných jednotek, proto  $p_0 = 0,122$ .

Na Obr. 3.4 je znázorněn revidovaný p-diagram. Výrobní proces je pod statistickou kontrolou.

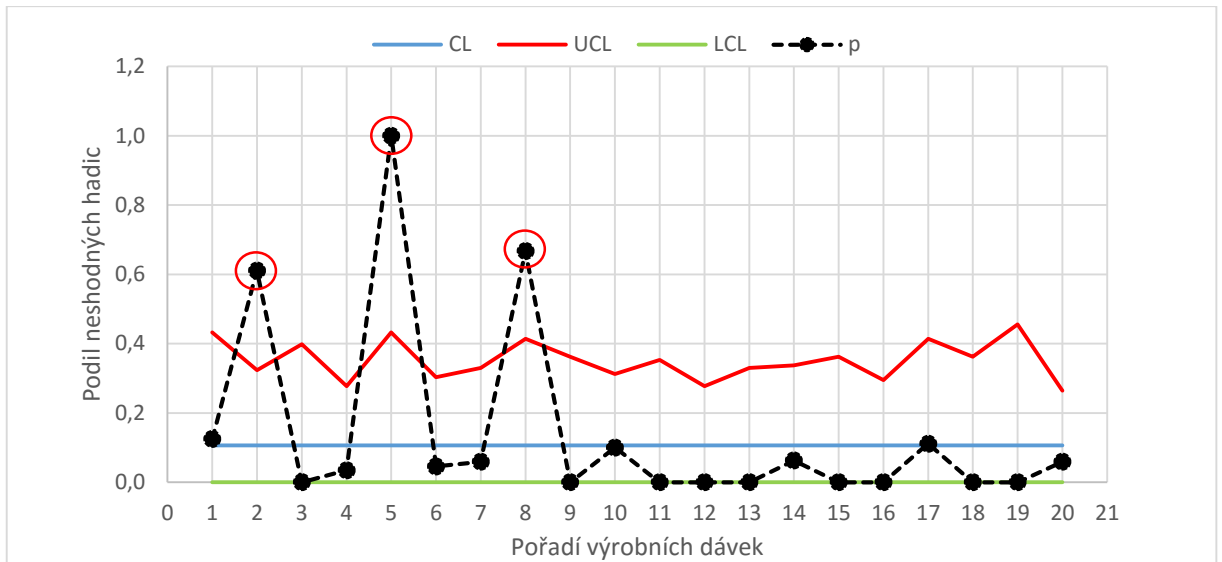


Obr. 3.4 Revidovaný p-diagram pro wire 602.

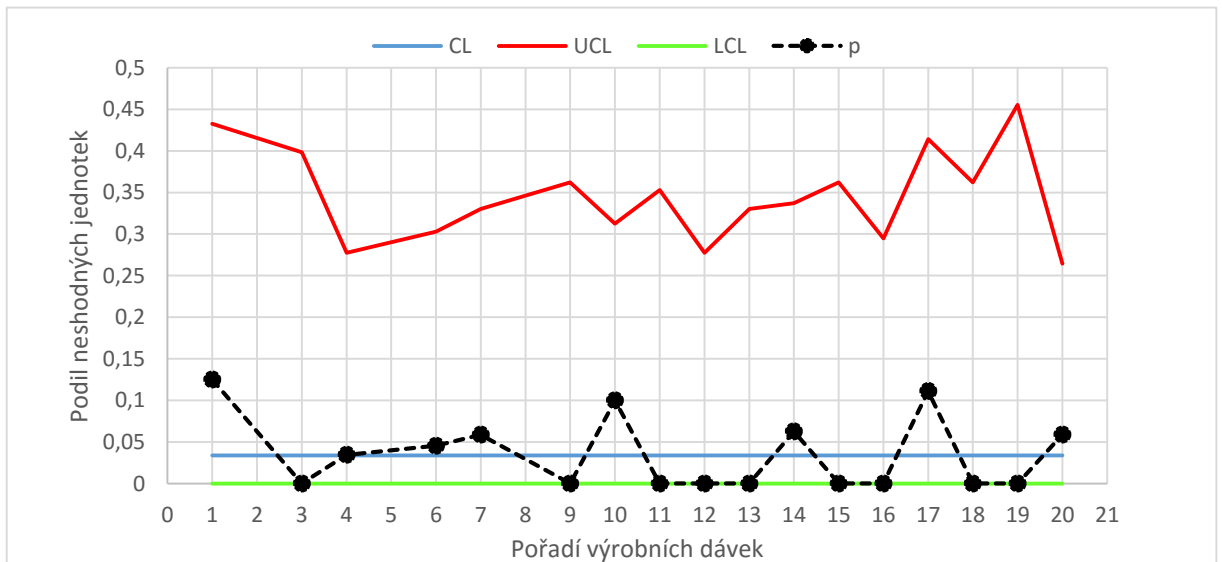
Stejným způsobem se postupovalo pro standard s drátkem 603, v *Tabulce 3.2* jsou zobrazeny údaje pro tento drátek. Ze sestrojeného diagramu na *Obr. 3.5* je vidět že výrobní dávky 2, 5 a 8 jsou mimo regulační meze. Po zrevidování je zobrazen revidovaný p-diagram na *Obr. 3.6*.

Tabulka 3.2 počáteční údaje pro p-diagram, wire 603.

Výrobní dávky	Počet neshodných hadic $np$	Počet kontrolovaných hadic $n$	Podíl neshodných hadic $p$	CL	UCL	LCL
1	1	8	0,125	0,106	0,433	-0,221
2	11	18	0,611	0,106	0,324	-0,112
3	0	10	0,000	0,106	0,398	-0,186
4	1	29	0,034	0,106	0,278	-0,065
5	8	8	1,000	0,106	0,433	-0,221
6	1	22	0,045	0,106	0,303	-0,091
7	1	17	0,059	0,106	0,330	-0,118
8	6	9	0,667	0,106	0,414	-0,202
9	0	13	0,000	0,106	0,362	-0,150
10	2	20	0,100	0,106	0,313	-0,100
11	0	14	0,000	0,106	0,353	-0,141
12	0	29	0,000	0,106	0,278	-0,065
13	0	17	0,000	0,106	0,330	-0,118
14	1	16	0,063	0,106	0,337	-0,125
15	0	13	0,000	0,106	0,362	-0,150
16	0	24	0,000	0,106	0,295	-0,082
17	1	9	0,111	0,106	0,414	-0,202
18	0	13	0,000	0,106	0,362	-0,150
19	0	7	0,000	0,106	0,455	-0,243
20	2	34	0,059	0,106	0,264	-0,052
<b>Celkem</b>	<b>35</b>	<b>330</b>				



Obr. 3.5 Počáteční p-diagram pro údaje v Tabulce 3.2.

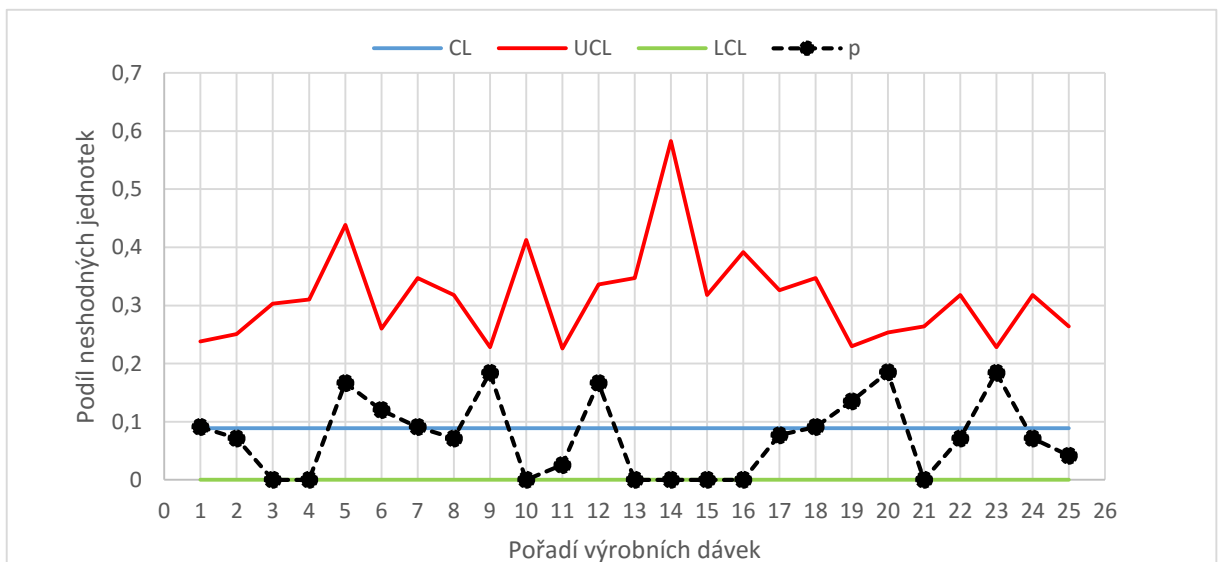


Obr. 3.6 Revidovaný p-diagram pro wire 603.

Obdobně jako pro dva předešlé standardy s drátkem 602 a 603, se postupovalo i pro standard s drátkem 604. Zde však nemuselo být prováděno přezkoumání hodnot. Všechny hodnoty z Tabulky 3.3 jsou v regulačních mezích. Regulační diagram je zobrazen na Obr. 3.7.

Tabulka 3.3 údaje pro p-diagram, wire 604.

Výrobní dávky	Počet neshodných hadic np	Počet kontrolovaných hadic n	Podíl neshodných hadic p	CL	UCL	LCL
1	3	33	0,091	0,089	0,238	-0,060
2	2	28	0,071	0,089	0,251	-0,072
3	0	16	0,000	0,089	0,303	-0,125
4	0	15	0,000	0,089	0,310	-0,132
5	1	6	0,167	0,089	0,438	-0,260
6	3	25	0,120	0,089	0,260	-0,082
7	1	11	0,091	0,089	0,347	-0,169
8	1	14	0,071	0,089	0,318	-0,139
9	7	38	0,184	0,089	0,228	-0,050
10	0	7	0,000	0,089	0,412	-0,234
11	1	39	0,026	0,089	0,226	-0,048
12	2	12	0,167	0,089	0,336	-0,158
13	0	11	0,000	0,089	0,347	-0,169
14	0	3	0,000	0,089	0,583	-0,405
15	0	14	0,000	0,089	0,318	-0,139
16	0	8	0,000	0,089	0,392	-0,213
17	1	13	0,077	0,089	0,326	-0,148
18	1	11	0,091	0,089	0,347	-0,169
19	5	37	0,135	0,089	0,230	-0,051
20	5	27	0,185	0,089	0,254	-0,075
21	0	24	0,000	0,089	0,264	-0,085
22	1	14	0,071	0,089	0,318	-0,139
23	7	38	0,184	0,089	0,228	-0,050
24	1	14	0,071	0,089	0,318	-0,139
25	1	24	0,042	0,089	0,264	-0,085
<b>Celkem</b>	43	482				

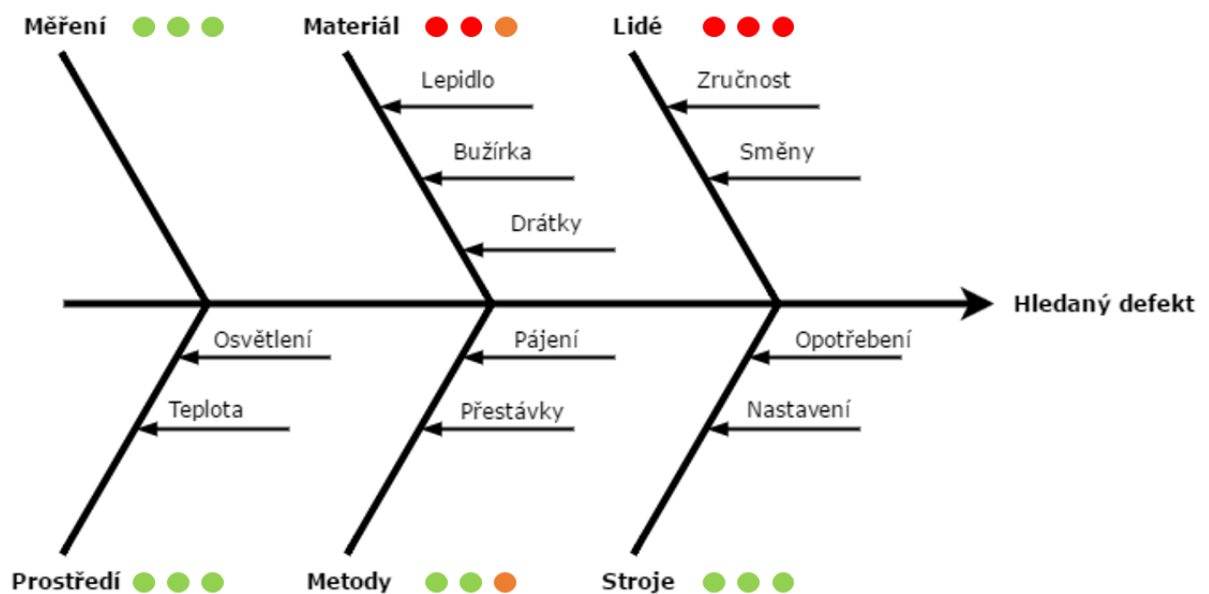


Obr. 3.7 p-diagram pro wire 604.



### 3.3 Hledání vymežitelné příčiny

Pro hledání vymežitelné příčiny, byl použit Ishikawův diagram popsany v kapitole 1.1.2. Na Obr 3.8 je vidět Ishikawův diagram s faktory ovlivňující proces.



Obr. 3.8 Hledání vymežitelné příčiny pomocí Ishikawova diagramu.

Nejvyšší riziko se přikládalo na zručnost u jednotlivých operátorů, kteří prováděli opravu. Druhé nejvyšší riziko bylo množství použitého lepidla na jednotlivé průměry drátku. To už nemohl operátor ovlivnit, ale bylo nutno pozměnit proces.

### 3.4 Závěr implementace

Výsledek implementace je, že standard s drátkem 604, byl na rozdíl od standardu s drátkem 602 a 603 od začátku pod statistickou kontrolou. U Standardu s drátkem 602, byla první hodnota, která přesáhla regulační mez způsobena velmi malým rozsahem výrobní dávky. Druhá hodnota, která přesáhla regulační mez, už mohla být způsobena působením vymežitelné příčiny, která působila na proces. Dle teorie byla tato příčina označena za sporadickou, trvající krátkou dobu. Pro zjištění této příčiny, byl použit již zmíněný Ishikawův diagram, který je zobrazen na Obr 3.8. Stejným způsobem se postupovalo i u standardu s drátkem 603, kde regulační meze byly přesaženy 3 krát.

## 4 Rizika při aplikaci SPC do servisního procesu

V této kapitole byla popsána, rizika implementace SPC do servisního procesu a rizika samotného servisního procesu a faktory které na něj působily.

### 4.1 Rizika servisního procesu

V servisním procesu bylo největším rizikem polyvalence zaměstnanců, protože ne každý operátor, dokázal správně odpájet bužírku a nasadit novou tak, aby nedošlo k vytečení lepidla.

U některých standardů drátku byly drátky příliš malé, proto se musely aplikovat dvě vrstvy lepidla, aby byla bužírka dostatečně zalita. Toto řešení se poté implementovalo přímo do výrobního procesu. Naopak u dalších standardů byl průměr drátku tak velký, že lepidlo vytékalo, což bylo příčinou nedostatečné izolace.

Na počátku implementace se oprava mohla provádět přímo na lince. Byly zde dvě výrobní pracoviště. Hadice, které byly po analýze v laboratoři posílány zpět do výroby, mohly být okamžitě opravovány na jednom pracovišti a na druhém pracovišti se pokračovalo ve výrobě aktuálního standardu. To se však po skončení analýzy v laboratoři změnilo. Všechny hadice byly opravovány bez ohledu na defekt. Hlavním důvodem byla kapacita, která byla na pracovištích omezena. Došlo k vytvoření dalšího pracoviště, které bylo vybaveno stejnými přístroji, které byly i na ostatních dvou pracovištích.

Shrnutí rizik v servisním procesu:

- polyvalence zaměstnanců,
- metoda provádění,
- náročnost na prostory a vybavení nového stanoviště.

Rizika v servisním procesu se podařila odhalit a odstranit.

### 4.2 Rizika implementace SPC do servisního procesu

Při zavádění SPC do servisního procesu, je největším rizikem volba správného třídícího znaku a volba správné logické podskupiny. Dalším rizikem, by mohla být časová náročnost,

protože se musí věnovat dostatečný čas porozumění procesu a podrobnému sledování. To sebou přináší náročnost na zaměstnance, kteří budou mít o daný proces zodpovědnost.

Shrnutí možných rizik při implementaci SPC do servisního procesu:

- volba správného třídícího znaku,
- volba správné logické podskupiny,
- časová náročnost na porozumění procesu,
- zodpovědnost zaměstnanců.

Metoda SPC klade důraz na včasnou detekci a prevenci problému v servisních procesech a dokáže efektivně přispět ke zlepšení jejich kvality.

## Závěr

Cílem této práce bylo popsat metodiku SPC a implementovat ji do servisního procesu. Metodika SPC je především implementována do výrobních procesů, kde dokáže včasné odhalit odchylky současného a budoucího stavu procesu a tím dokáže předvídat vývoj v procesu. Metodika SPC byla implementována do servisního procesu opravy SCR hadic ve vybrané výrobní firmě. V tomto procesu docházelo k opravě hadic, které byly vyřazovány na vodním testu. Po této implementaci do procesu se přišlo na několik závažných faktorů, které působily na proces. Díky zásahům do procesu se podařilo tyto faktory odstranit.

Dle teorie zpracované v teoretické části práce, byl servisní proces sledován a vybrán p-diagram. Jako třídící znak byl zvolen standard drátku. Ze získaných dat byly kvůli různému počtu hadic ve výrobních dávkách vypočítány individuální meze. P-diagram byl použit na 3 standardy drátku 602, 603 a 604. U standardu s drátkem 602 a 603 docházelo v procesu k vymezitelné příčině, která působila na proces. Proto muselo dojít k přezkoumání p-diagramu. Naproti tomu, standard s drátkem 604 byl už v počátečním stavu v ustáleném stavu, proto nebylo nutné přezkoumání, všechny hodnoty se pohybovaly ve vypočtených individuálních regulačních mezích.

Po implementaci SPC do servisního procesu došlo také k hledání vymezitelné příčiny, která působila na servisní proces. Za vymezitelnou příčinu, která působila na proces opravy, byla určena zkušenost jednotlivých operátorů. Příčinou bylo hlavně nasazování nových pracovníků, kteří nebyli dostatečně zkušení a neměli dostatečnou polyvalenci. Další příčinou bylo aplikování malého množství lepidla v procesu aplikování smršťovací bužírky. Tato příčina se poté implementovala přímo do výrobního procesu. Po přijetí opatření došlo k odstranění této příčiny ze servisního procesu. Po odstranění a implementaci příčin byl proces ve statisticky zvládnutém stavu.

Největší riziko, které se při implementaci SPC do procesu objevilo, bylo zvolení správného třídícího znaku. Bylo nutné dostatečně proniknout do procesu a zjistit, která část nejvíce ovlivňuje daný proces. Díky laboratornímu testu se zjistilo, že drátky, které byly implementovány do hadice, neměly dostatečnou mechanickou pevnost a bylo tedy lehké je poškodit již pouhou manipulací.

Závěrem bych řekl, že metoda SPC byla úspěšně implementována do servisního procesu, aby kontrolovala, zda je proces pod statistickou kontrolou. Díky úspěšné implementaci do procesu, firma dále zvažuje aplikaci SPC metody s mou asistencí do dalších servisních procesů tak, aby efektivně pomáhala sledovat a řídit servisní procesy a stala se tak součástí řízení kvality v daném prostředí.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *Statistická regulace procesů (SPC): příručka*. 2. vyd. Překlad Jiří Michálek. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-02-01810-9.
- [2] Walter A. Shewhart. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Walter\\_A.\\_Shewhart](https://en.wikipedia.org/wiki/Walter_A._Shewhart)
- [3] BLAŽKOVÁ, Lenka. *Moderní řízení kvality* [online]. In: . 2011 [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/moderni-rizeni-kvality.htm>
- [4] *SPC: Statistical Process Control* [online]. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: [http://www.pqm.cz/nvcss/met\\_PDF/SPC\\_webcss.pdf](http://www.pqm.cz/nvcss/met_PDF/SPC_webcss.pdf)
- [5] JAROŠOVÁ, Eva. *Statistické metody řízení jakosti pro kombinovanou formu studia*. Vyd. 1. Mladá Boleslav, 2011, 204 s. ISBN 978-80-87042-37-3A.
- [6] TOŠENOVSKÝ, Josef a NASKIEVIČOVÁ, Darja. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex, 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.
- [7] *Fishbone (Ishikawa) Diagram* [online]. In: . [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: <http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/fishbone.html>
- [8] Ishikawa diagram. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ishikawa\\_diagram](https://en.wikipedia.org/wiki/Ishikawa_diagram)
- [9] PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2001. xii, 244 s. Praxe manažera. Business books. ISBN 80-7226-543-1.
- [10] HUTYRA, Milan. *Management jakosti: Regulační diagram* [online]. 2008. vyd. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/>
- [11] BLECHARZ, Pavel. *Základy moderního řízení kvality*. Praha: Ekopress, 2011. ISBN 978-80-86929-75-0.
- [12] C-chart. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/C-chart>
- [13] Sedm základních nástrojů zlepšování kvality. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Sedm\\_z%C3%A1kladn%C3%ADch\\_n%C3%A1stroj%C5%AF\\_zlep%C5%A1ov%C3%A1n%C3%AD\\_kvality](https://cs.wikipedia.org/wiki/Sedm_z%C3%A1kladn%C3%ADch_n%C3%A1stroj%C5%AF_zlep%C5%A1ov%C3%A1n%C3%AD_kvality)
- [14] ČSN ISO 8258:1994. Shewhartovy regulační diagramy. 1994.
- [15] KUPKA, Karel. *Statistické řízení jakosti: interaktivní analýza a interpretace dat pro řízení jakosti a ekonomiku*. Pardubice: TriloByte, c1997. ISBN 80-238-1818-X.

- [16] ŠLAICHOVÁ, Eva. *Statistická regulace procesu* [online]. [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: [http://multiedu.tul.cz/~eva.slaichova/multiedu/Rizeni\\_jakosti/Statisticka\\_regulace\\_procesu.pdf](http://multiedu.tul.cz/~eva.slaichova/multiedu/Rizeni_jakosti/Statisticka_regulace_procesu.pdf)
- [17] BASL, Josef, Miroslav TŮMA a Vít GLASL. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2002. ISBN 80-7082-936-2.
- [18] ŘEPA, Václav. *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2007. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-2252-8.
- [19] PABIAN, Štěpán. *Aplikace Lean Managementu do servisních činností v elektrotechnice*. Plzeň, 2014. Bakalářská práce. Západočeská univerzita, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Jan Šimota.
- [20] *Výrobní a nevýrobní procesy ve společnosti* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.podnikator.cz/provoz-firmy/management/řízení-podniku/n:16450/Vyrobní-a-nevyrobní-procesy-ve-společnosti>
- [21] *Představení firmy ASPO CZ s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.aspocz.eu/files/ASPO-prezentace-CZ.pdf>
- [22] *Kontrola kvality, triedenie, repas & rework* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.qscmont.sk/kontrola.html>
- [23] *Třídící a kontrolní práce, rework | MICHAL VESELÝ s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.michalvesely.cz/>
- [24] *REWORK - Realtime Technologies s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://www.realtimetec.cz/vyrobní-sluzby/rework>
- [25] WANG, Qifeng. *Networked Collaborative Manufacturing Mode Based on Manufacturing Services* [online]. In: . Shanghai, 218 - 222 [cit. 2016-05-19]. DOI: 10.1109/IITA.2008.119. ISBN 978-0-7695-3497-8. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4739567&newsearch=true&queryText=Manufacturing%20services>.
- [26] SIMOTA, Jan a Jiri TUPA. Implementation of SPC methodology to service processes. In: *Proceedings of the 2014 37th International Spring Seminar on Electronics Technology* [online]. IEEE, 2014, s. 298-302 [cit. 2016-03-12]. DOI: 10.1109/ISSE.2014.6887612. ISBN 978-1-4799-4455-2. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6887612>
- [27] *Servisní procesy* [online]. [cit. 2016-05-13]. Dostupné z: <http://abas-erp.com/cs/module/service-processing>

- [28] ŠIMOTA, Jan. *Optimalizace servisních procesů v konkrétním podniku s elektrotechnickou výrobou*. Plzeň, 2012. Diplomová práce. Západočeská univerzita, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Radek Soukup.
  
- [29] Statistical Methods for Monitoring Service Processes. WOOD, Michael. *International Journal of Service Industry Management* [online]. s. 53-68 [cit. 2016-03-07]. Dostupné z: <http://woodm.myweb.port.ac.uk/StatMethServiceP.pdf>



## Seznam tabulek

TABULKA 1.1 SHRNU TÍ VÝPOČTŮ PRO REGULAČNÍ DIAGRAMY .....	27
TABULKA 3.1 POČÁTEČNÍ ÚDAJE PRO P-DIAGRAM, WIRE 602.....	35
TABULKA 3.2 POČÁTEČNÍ ÚDAJE PRO P-DIAGRAM, WIRE 603.....	37
TABULKA 3.3 ÚDAJE PRO P-DIAGRAM, WIRE 604. ....	39

## Seznam obrázků

OBR. 1.1 PROCES JE POD KONTROLOU - PŮSOBÍ POUZE PŘIROZENÉ PŘÍČINY. [6] .....	11
OBR. 1.2 PROCES NENÍ POD KONTROLOU - PŮSOBÍ VYMEZITELNÉ PŘÍČINY. [6] .....	12
OBR. 1.3 DIAGRAM PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ. [8] .....	13
OBR. 1.4 PŘÍKLAD PŮSOBENÍ VYMEZITELNÉ PŘÍČINY. [5] .....	14
OBR. 1.5 PŘÍKLAD PŘÍLIŠ MALÉHO ROZDĚLENÍ ČETNOSTÍ. ....	16
OBR. 1.6 PŘÍKLAD PŘÍLIŠ VELKÉHO ROZDĚLENÍ ČETNOSTÍ. ....	16
OBR. 1.7 PŘÍKLADY TYPICKÝCH TVARŮ HISTOGRAMŮ A JEJICH PŘÍČINY. [9] .....	17
OBR. 1.8 PŘÍKLAD REGULAČNÍHO DIAGRAMU. [6] .....	18
OBR. 1.9 PŘÍKLADY TVARŮ REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ. ....	19
OBR. 1.10 ROZHODOVACÍ STROM PRO VOLBU SHEWHARTOVA REGULAČNÍHO DIAGRAMU. [6] .....	20
OBR. 2.1 SYSTÉM VÝROBNÍHO PROCESU. [1] .....	28
OBR. 2.2 SCR HADICE. ....	29
OBR. 2.3 KONCE HADICE PO VODNÍM TESTU. ....	30
OBR. 2.4 VÝROBNÍ PROCES. ....	31
OBR. 3.1 PŘÍKLAD DEFEKTŮ, KTERÉ SE OBJEVOVALY NA HADICI. ....	33
OBR. 3.2 HADICE SCR WIRE-TWIST STANDARD. ....	34
OBR. 3.3 POČÁTEČNÍ P-DIAGRAM PRO ÚDAJE V TABULCE 3.1. ....	36
OBR. 3.4 REVIDOVANÝ P-DIAGRAM PRO WIRE 602. ....	37
OBR. 3.5 POČÁTEČNÍ P-DIAGRAM PRO ÚDAJE V TABULCE 3.2. ....	38
OBR. 3.6 REVIDOVANÝ P-DIAGRAM PRO WIRE 603. ....	38
OBR. 3.7 P-DIAGRAM PRO WIRE 604. ....	39
OBR. 3.8 HLEDÁNÍ VYMEZITELNÉ PŘÍČINY POMOCÍ ISHIKAWOVA DIAGRAMU. ....	40