

# **Použití matematicko-statistických metod při řízení procesů ve výrobním podniku HMMC, s.r.o.**

Martina Hlavatá

---

Bakalářská práce  
2012

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta managementu a ekonomiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta managementu a ekonomiky  
Ústav statistiky a kvantitativních metod  
akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martina HLAVATÁ**  
Osobní číslo: **M09033**  
Studijní program: **B 6208 Ekonomika a management**  
Studijní obor: **Management a ekonomika**

Téma práce: **Použití matematicko-statistických metod při řízení procesů ve výrobním podniku HMMC, s.r.o.**

Zásady pro vypracování:

Úvod

### I. Teoretická část

- Na základě klasické literární rešerše popište statistické metody používané ve výrobním procesu.

### II. Praktická část

- Aplikujte matematicko-statistické metody ve výrobním procesu firmy HMMC, s.r.o.
- Vyhodnoťte přínos použitých statistických metod ve výrobním procesu.
- Zpracujte vhodný postup pro výběr optimálního nástroje pro sledování variability v procesech ve firmě HMMC, s.r.o.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **40 stran**  
Rozsah příloh:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**BASS, Issa. Six Sigma Statistics with Excel and Minitab. 1. ed. United States of America: The McGraw-Hill Companies, 2007. 374 s. ISBN 978-0-07-148969-0.**  
**KOVÁŘÍK, Martin a KLÍMEK, Petr. Počet pravděpodobnosti a matematická statistika s aplikacemi v programu XLStatistics. 1. vyd. Bučovice: Martin Stříž, 2009. 270 s. ISBN 978-80-87106-24-2.**  
**MELOUN, Milan a MILITKÝ, Jiří. Kompendium statistického zpracování dat. 2. vyd. Praha: Academia, 2006. 982 s. ISBN 80-200-1396-2.**  
**MONTGOMERY, Douglas C. Introduction to Statistical Quality Control. 6. ed. United States of America: John Wiley & Sons, 2009. 734 s. ISBN 978-0-470-16992-6.**  
**TOŠENOVSKÝ, Josef a NOSKIEVIČOVÁ, Darja. Statistické metody pro zlepšování jakosti. 1. vyd. Ostrava: Montanex, 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Kovářik, Ph.D.**  
Ústav statistiky a kvantitativních metod  
Datum zadání bakalářské práce: **2. dubna 2012**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **18. května 2012**

Ve Zlíně dne 2. dubna 2012

prof. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková  
*děkanka*



Ing. Radek Benda, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby<sup>1</sup>;
- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému,
- na mou bakalářskou/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<sup>2</sup>;
- podle § 60<sup>3</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;

---

<sup>1</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

- (1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.
- (2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.
- (3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2</sup> 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, § 35 odst. 3:

- (3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3</sup> 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, § 60 Školní dílo:

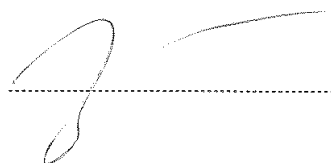
- (1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 neztívá nedotčeno.

- podle § 60<sup>4</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/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 bakalářské/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 bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Prohlašuji, že:

- jsem bakalářskou/diplomovou práci zpracoval/a samostatně a použité informační zdroje jsem citoval/a;
- odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 9.5.2012



<sup>4</sup> 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, § 60 Školní dílo:

- (2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.
- (3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Pro svou bakalářskou práci jsem si zvolila téma použití matematicko-statistických metod při řízení procesů ve výrobním podniku. Ve své práci budu aplikovat různé statistické metody na výrobní proces s názvem chasis marriage z podniku HMMC, s.r.o. Pro svou analýzu budu využívat jeden z vyráběných modelů automobilů výše uvedené společnosti.

Do teoretické části zahrnu poznatky o různých statistických metodách pro regulaci výrobního procesu z odborné literatury. Praktická část bude nejdříve zaměřena na popis společnosti a procesu chasis marriage. Následuje samotná aplikace v teoretické části popsaných statistických metod na daný proces. K analýze v praktické části využiji statistický software Minitab 16.

**Klíčová slova:** Statistická regulace procesu, Shewhartovy regulační diagramy, diagramy EWMA, způsobilost procesu, index způsobilosti procesu

## **ABSTRACT**

For my bachelor thesis I chose the theme of Usage of Mathematical and Statistical Methods in Process Control in a Manufacturing Company. In my thesis I apply various statistical methods for Process Control to the specific manufacturing process called the chasis marriage in Company HMMC Ltd. For my analysis I will use one of the car models manufactured by the above Company.

The theoretical part includes pieces of knowledge of various statistical methods used for controlling the manufacturing process. To develop the theoretical part, I will use the scientific literature related to the above theme. The practical part will be firstly focused on description of the Company and the process chasis marriage. Then there will be application of the statistical methods in the process (those methods will be described in theoretical part). To analyze the practical part I will use statistical software Minitab 16.

**Keywords:** Statistical Process Control, Shewhart's regulation diagrams, EWMA diagrams, process capability, process capability index

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Bc. Martinu Kovářikovi, Ph.D. za jeho kladný přístup, trpělivost a pomoc a v neposlední řadě za odborné vedení při psaní této práce.

Dále bych pak chtěla poděkovat vedení společnosti HMMC, s.r.o. za poskytnutí informací a podkladů pro zpracování mé bakalářské práce.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 STATISTICKÉ ŘÍZENÍ PROCESŮ</b> .....	<b>12</b>
1.1 PŘÍNOSY REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ .....	12
1.2 VARIABILITA PROCESU .....	12
1.3 FÁZE STATISTICKÉ REGULACE PROCESU .....	13
1.3.1 Fáze přípravná .....	13
1.3.2 Fáze zabezpečení stavu statistické zvládnutelnosti procesu .....	15
1.3.3 Fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu.....	15
1.3.4 Fáze vlastní statistické regulace procesu.....	15
1.4 PRINCIPY REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ .....	15
1.4.1 Základní charakteristika regulačních diagramů .....	16
1.4.2 Interpretace regulačního diagramu.....	17
1.4.3 Členění regulačních diagramů.....	17
1.4.4 Obecný postup sestrojení a analýzy regulačního diagramu .....	19
1.5 KLASICKÉ SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY.....	19
1.5.1 Konstrukce Shewhartova regulačního diagramu .....	20
1.5.2 Shewhartovy regulační diagramy pro regulaci měřením .....	21
1.6 DIAGRAMY EWMA .....	21
1.7 ZPŮSOBILOST PROCESU .....	28
1.7.1 Hodnocení způsobilosti procesu .....	29
1.7.2 Indexy způsobilosti procesu.....	29
<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>32</b>
<b>2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI</b> .....	<b>33</b>
2.1 OBECNÉ ÚDAJE.....	33
2.2 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA .....	34
2.2.1 Management společnosti.....	35
2.3 VYRÁBĚNÉ AUTOMOBILY V HMMC, S.R.O. ....	36
2.4 POPIS ZVOLENÉHO TYPU AUTOMOBILU PRO ANALÝZU V PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	37
2.5 ZKOUMANÝ PROCES – CHASIS MARRIAGE.....	37
2.5.1 Poskytnutá data o procesu chasis marriage.....	37
2.5.2 Typy chyb v procesu chasis marriage .....	38
2.5.3 Třisměnný provoz v HMMC, s.r.o.....	39
<b>3 PRAKTICKÁ APLIKACE REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ NA ZVOLENÉM TYPU AUTOMOBILU</b> .....	<b>40</b>
3.1 EXPLORATORNÍ DIAGNOSTIKA PRO OVĚŘENÍ NORMALITY DAT.....	40
3.2 CELKOVÁ DIAGNOSTIKA PROCESU CHASIS MARRIAGE.....	42
3.3 DIAGNOSTIKA POUZE BEZCHYBNÝCH POCHODŮ V PROCESU CHASIS MARRIAGE .....	47
<b>4 REGULAČNÍ DIAGRAM EWMA</b> .....	<b>50</b>
<b>5 IDENTIFIKACE ROZDĚLENÍ – SHODA TEORETICKÉHO A EMPIRICKÉHO ROZDĚLENÍ</b> .....	<b>53</b>



<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>54</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>56</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>58</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>59</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>61</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>62</b>

## ÚVOD

V současnosti je pro manažery a pracovníky na obdobných funkčních postech povinností konat (pokud možno) správná rozhodnutí v podstatě na denním pořádku. Cílem tohoto řízení je zvyšovat úroveň procesů a řízení kvality, přičemž splnění tohoto vede k celkovému zeštíhlení výroby a tím zvýšení její efektivnosti a v konečném důsledku zvýšení ziskovosti podniku. Hovoříme-li o statistických metodách, je v nich zahrnuta široká škála nástrojů, které jsou v současné době využívány především ke zjišťování stability, popř. nestability procesu, a tím výrobním podnikům napomáhají například k odstranění chybných procesů, popř. k jejich optimalizaci, což podnikům může výrazně snížit náklady na výrobu.

Opravdu důležitým prvkem celkové statistické analýzy jsou grafické výstupy pro jednotlivé statistické metody. Tyto statistické vizualizace napomáhají k nahlížení na danou problematiku z širší perspektivy, a tak řešenou problematiku lépe pochopit a více jí porozumět. Aplikování metod statistické analýzy je tedy praktickým příkladem možnosti stabilizace a zlepšení v kvalitě a efektivnosti procesů v podniku.

V teoretické části popíši základní statistické metody, které se využívají ve výrobním procesu podniku, dále naznačím způsob jejich tvorby a v praktické části aplikuji tyto metody na reálné případy v podniku.

Cílem mé bakalářské práce je popsat využití statistických metod ve výrobním procesu daného podniku. Nejprve nastíním pojem statistické regulace procesu a zároveň popíši základní charakteristiky a členění regulačních diagramů, které jsou využívány jako nástroje pro řízení procesu měření. Dále zmíním diagramy EWMA a za jakých situací je vhodné je využívat. Následně ve své teoretické části popíši, kdy je proces způsobilý, jak se statistická způsobilost hodnotí, nakonec objasním využívané indexy způsobilosti. Ke své statistické analýze využiji podnikem HMMC, s.r.o. poskytnutá data z pětidenního měření utahování šroubů v procesu chasis marriage, kde dochází k prvnímu spojení podvozku automobilu spolu s karosérií.

Použití statistických metod je vhodné k dosažení efektivnější produkce, protože je možné pomocí tohoto předcházet výrobě zmetků a slouží k regulaci procesu, což v konečném důsledku vede ke zlepšení celkové existenční situace podniku.

Pro grafické znázornění využiji statistického softwaru Minitab 16.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 STATISTICKÉ ŘÍZENÍ PROCESŮ

*Statistická regulace procesu (Statistical Process Control, zkráceně SPC) představuje preventivní nástroj řízení jakosti, neboť na základě včasného odhalování významných odchylek v procesu od předem stanovené úrovně umožňuje realizovat zásahy do procesu s cílem udržovat jej dlouhodobě na přípustné a stabilní úrovni, popř. umožnit proces zlepšovat. (Tošenovský a Noskiewičová, 2000, s. 165)*

### 1.1 Přínosy regulačních diagramů

O regulačních diagramech můžeme obecně tvrdit, že:

- patří mezi účinné nástroje pro identifikaci kolísání procesu;
- jsou nástroji detekce přítomnosti zvláštních příčin;
- jsou pomocným nástrojem pro zajištění toho, aby celkový chod procesu byl v souladu s požadavky a aby byl predikovatelný (dal se tedy alespoň z části předpovídat jeho trend);
- regulační diagramy umožňují dosažení vyšší jakosti současně při nižších nákladech;
- podávají objektivní zprávy o tom, zda navržené opatření bylo efektivní či nikoli;
- jsou také objektivním nástrojem sloužícím k porovnávání výkonů procesů mezi linkami, směny apod. (Kovářík a Klímek, 2011)

### 1.2 Variabilita procesu

Hovoříme-li o variabilitě procesu, jedná se o přirozenou vlastnost dvou jevů. Jestliže máme identický technologický proces a využíváme stejných výrobních zařízení a stejných materiálů, není možné vyrobit dva naprosto shodné výrobky. Podle Zmatlíka (2006, s. 12) známe dva druhy variability, a to **variabilitu vyvolanou náhodnými příčinami** a **variabilitu vyvolanou vymežitelnými příčinami**.

- **Náhodné příčiny** (Random Causes) jsou širokým komplexem jednotlivě neidentifikovatelných příčin, z nichž každá sama o sobě přispívá k celkové variabilitě malou měrou. Jestliže vyvolávají variabilitu procesu pouze tyto příčiny, můžeme například o procesu tvrdit, že je reprodukovatelný a jakost jeho výstupů je předvída-

telná nebo že se nachází ve statisticky zvládnutém stavu. Mezi takovéto náhodné příčiny můžeme zařadit například vlhkost v ovzduší nebo nestejnorodost materiálu.

- **Vymezitelné příčiny** (Assignable Causes) jsou představiteli vlivu jednoho či více zdrojů variability, jenž za běžného stavu na daný proces nepůsobí. Tyto příčiny jsou impulzy pro reálné změny procesu, které se projevují nepřirozeným kolísáním údajů, s jejichž pomocí jsme variabilitu daného procesu hodnotili. (Kovářík a Klímek, 2011)

Vymezitelné příčiny variability procesu dále dělíme na dvě podskupiny:

- a) **Příčiny sporadické** vznikají náhle, vyvolávají změny procesu trvající krátkou dobu. Pak se ztrácejí a opět se mohou vyskytnout v budoucnu. Změny procesu vyvolané těmito příčinami bývají větší.
- b) **Přetrvávající příčiny** vyvolávají určitou dobu trvající odchylky v parametrech rozdělení regulované veličiny (znaku jakosti či technologického parametru), pomocí níž sledujeme a hodnotíme chování procesu. (Tošenovský a Noskievičová, 2000, s. 166)

Jestliže chceme dojít k realizaci neustálého zlepšování procesu, tedy k tomu, že se daný proces se stává efektivnějším a dochází v něm k menšímu počtu chyb, je třeba neustálého monitoringu procesu. Permanentní monitoring procesu má za cíl dosažení a především následné udržení statisticky zvládnutého stavu, a to jak pomocí průběžného zjišťování vymezitelných příčin, tak odstraňováním nebo alespoň částečnou eliminací působení těchto příčin. (Nenadál a kol., 2002)

### 1.3 Fáze statistické regulace procesu

Mezi hlavní cíle statistické regulace procesu řadíme dosahování a udržování daného procesu ve statisticky zvládnutém stavu. Důležité je dosahovat těchto cílů tak, aby došlo k zajištění shody výrobků s předem zvolenými požadavky, v tomto případě hovoříme o tzv. způsobilém procesu. Tyto hlavní cíle se realizují za pomoci několika fází:

#### 1.3.1 Fáze přípravná

Mezi kroky, které jsou nezbytné pro úspěšnou realizaci přípravné fáze, patří:

- a) Identifikace cílů regulace.

- b) Stanovení znaků jakosti nebo parametrů procesu, které budou považovány za regulované veličiny a jejich hodnoty budeme postupně zjišťovat a zaznamenávat. Rozhodnutí o počtu sledovaných znaků jakosti.
- c) Stanovení kontrolních míst v procesu s ohledem na provedení kontroly v co nejkratším časovém horizontu ihned po zjištění vzniku odchylky. Cílem tohoto je minimalizace vícenákladů na opravy, případně náklady na odpad atd.
- d) Zvolení vhodné metody pro získání vybraných hodnot zvoleného parametru procesu. Analýza měřicího systému.
- e) Zvolení vhodné délky kontrolního intervalu s ohledem na vlastnosti technologie výroby, pracnost provedení procesu atp. Lze zde stanovit obecné pravidlo - v procesech s nižší stabilitou je potřebné častější měření a na začátku začlenění statistické regulace využít kratšího kontrolního intervalu a posléze, pokud dochází k neustálému zvyšování stability procesu, tyto kontrolní intervaly dále prodlužovat.
- f) Zvolení vhodného způsobu regulace výběru, tedy logické podskupiny (Rational Subgroup). Hovoříme-li o logických podskupinách, máme na mysli takové výběry, v rámci nichž lze předpokládat působení pouze náhodných příčin.
- g) Zvolení adekvátního rozsahu výběru. Ve všeobecném měřítku musíme zvážit faktory, které vstupují do daného procesu. Například - jestliže chceme, aby byly námi použité regulační diagramy citlivější na nastalé změny procesu, je třeba zvážit využití větších rozsahů výběrů.
- h) Zvolení vhodného typu regulačního diagramu.
- i) Příprava sběru a záznamu dat (například ve formě formuláře, popř. pomocí tzv. kanbanových karet apod.). (Tošenovský a Noskvičová, 2000)

*Po správném a přesném formulování problému a stanovení cílů výzkumu začínají statistické práce s terénním šetřením, v jehož úvodu je důležitá práce s tzv. **sekundárními informacemi**. Tyto informace jsou zpravidla staršího data a obvykle jsou zpracovány někým jiným, než pracovníkem provádějícím terénní šetření. Ne vždy bývají proto aktuální, často jsou neúplné a další jejich nepřesnosti plynou z ne zcela stejného účelu, pro který byly pořizovány. Mezi jejich výhody patří minimální náklady a snadnost jejich pořízení. (Kovářík a Klímeck, 2009, s. 168)*

Jedinečná data, která se vztahují k danému problému a jsou získávána terénním šetřením, jsou označována jako **data primární**. I přesto, že je jejich pořízení mnohem dražší a časově náročnější, je jejich přítomnost v řešení daného problému nevyhnutelná. (Kovářík a Klímeck, 2009)

### **1.3.2 Fáze zabezpečení stavu statistické zvládnutelnosti procesu**

Cílem zabezpečení statistické stability je jasná identifikace a především minimalizace, resp. odstranění působnosti vymezitelných jevů a následně nastavit a zabezpečit podmínky tak, aby nemohlo docházet k jejich opětovnému působení. Analyzujeme-li statistickou zvládnutelnost (při současné snaze k jejímu zajištění), je doporučováno využívat k tomuto regulační diagramy.

### **1.3.3 Fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu**

Tato fáze je součástí zdokonalování procesu samotného pomocí statistické regulace. Nyní zkoumáme, jestli proces, jenž je po předchozích fázích považován za statisticky zvládnutý, je schopný také dosahovat požadavků zákazníků. Toto určujeme např. formou tolerančních mezí, popř. určením kritických hodnot.

### **1.3.4 Fáze vlastní statistické regulace procesu**

V tomto okamžiku se již proces udržuje ve stavu, kdy ho považujeme za statisticky zvládnutý a způsobilý. Využitím adekvátního typu regulačního diagramu dochází k signalizaci poruch v rovnováze procesu, dále tyto poruchy za pomoci regulačních diagramů identifikujeme a následně přejdeme k jejich odstranění. Dále tyto regulační diagramy počítají s regulačními mezemi, které byly stanoveny ve fázi zajištění statistické zvládnutelnosti a také spolu se zohledněním výsledků analýzy způsobilosti procesu. Tyto meze můžeme považovat za dlouhodobé, neboť jejich platnost trvá již od doby změny v procesu, u níž předpokládáme, že bude mít působnost i v budoucnu a jejíž příčinu je možné identifikovat. (Toševský a Noskovičová, 2000, s. 166, 167, 168)

## **1.4 Principy regulačních diagramů**

V minulosti se role statistiky v managementu kvality stala důležitou především díky představení statistické regulace procesu (Statistical Process Control – SPC) Walterem Shewhartem (odtud název „Shewhartovy regulační diagramy“) z Bell Laboratories v roce 1924. (Bass, 2007, s. 14)

V následující kapitole budou představeny teoretické základy regulačních diagramů jako základních nástrojů pro SPC.

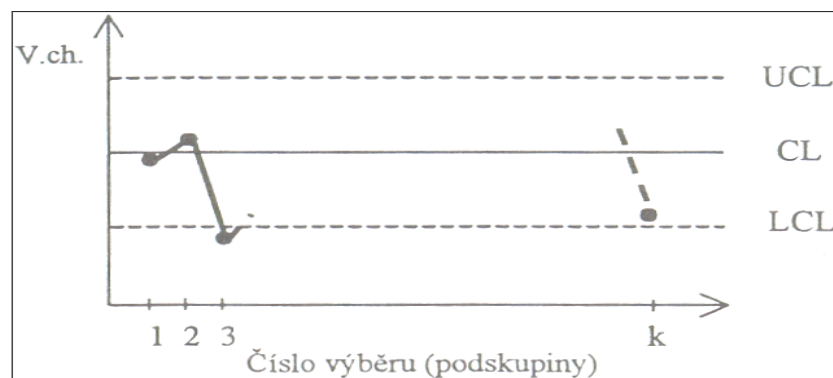
### 1.4.1 Základní charakteristika regulačních diagramů

Za základní nástroj pro SPC je považován regulační diagram (Obrázek 1). Jedná se o grafický prostředek, který zobrazuje vývoj variability daného procesu v čase, přičemž k tomu využívá principy testování statistických hypotéz. (Tošenovský a Noskviečová, 2000)

K rozhodnutí, zda se jedná o statisticky zvládnutý proces či nikoliv, nám napomáhají 3 základní čáry:

- **CL** – střední přímka; odpovídá tzv. referenční (požadované) hodnotě použité znázorňované charakteristiky. Z hlediska účinnosti regulačního diagramu a základního rozhodnutí o statistické zvládnutosti procesu je rozhodující stanovení horní a dolní regulační meze:
- **UCL** je horní regulační mez (Upper Control Limit),
- **LCL** je dolní regulační mez (Lower Control Limit).

Označení: **V. ch.** = výběrová charakteristika použitá jako testové kritérium v daném regulačním diagramu (např.  $\bar{x}, R, s, \dots$ ). (Kovářík a Klímek, 2011, s. 74)



Obr. 1 – Základní struktura regulačního diagramu

(Zdroj: Kovářík a Klímek, 2011, s. 74)

Tyto regulační meze jsou jinak označovány jako tzv. akční meze. Ve své podstatě jsou nástrojem pro vymezení pásma působnosti pouze náhodných příčin variability a patří tedy mezi základní rozhodovací kritérium v otázkách, zda je potřebné stanovit či nestanovit regulační zásah do daného procesu. V některých aplikacích se můžeme setkat se zakreslením tzv. výstražných mezí do regulačního diagramu. Jedná se o tyto meze:



- **UWL** (Upper Warning Limit – horní výstražná mez)
- **LWL** (Lower Warning Limit – dolní výstražná mez).

Pásma, jež určují hranice těchto mezí, jsou vždy o něco užší, než pásma mezi tzv. akčními mezemi, nejčastěji se jedná o  $\pm 2\sigma$  od CL. (ČSN ISO 7870, Regulační diagramy – Obecné pokyny a úvod, 1995)

#### 1.4.2 Interpretace regulačního diagramu

Chceme-li správně interpretovat regulační diagram, je třeba se držet obecně stanovených pravidel:

- a) *Leží-li všechny body uvnitř UCL a LCL, je proces pokládán za statisticky zvládnutý a není vyžadován žádný zásah do procesu.*
- b) *Leží-li některý bod mimo regulační mez UCL nebo LCL, je proces pokládán za statisticky nezvládnutý, je vyžadována identifikace vymezipitelné příčiny této odchylky a přijetí opatření s cílem úplné či alespoň částečné eliminace vymezipitelného vlivu.* (Kovářík a Klímeck, 2011, s. 75)

Jestliže použijeme i výstražných mezí v procesu, mohou zde kromě výše uvedených situací nastat i tyto další dvě skutečnosti:

- 1) **Jeden z bodů leží uvnitř výstražných mezí** – za tohoto předpokladu můžeme tvrdit, že se proces nachází ve statisticky zvládnutém stavu a nemusíme do něj nadále zasahovat.
- 2) **Některý z bodů se nachází mezi hodnotami UWL a UCL, resp. mezi LWL a LCL.** V tomto případě jsou zde určitá doporučení pro následující postup: Okamžitě se provede další výběr, a to bez jakéhokoliv ohledu na kontrolní interval. V případě, že nový bod, který odpovídá tomuto bezprostřednímu výběru, leží v intervalu mezi výstražnými mezemi, není další zásah do procesu potřebný. Ovšem nastane-li situace, že i tento nový bod se nachází mimo interval výstražných mezí, je to pro nás signálem působnosti vymezipitelné veličiny (je tomu tak ve většině případů), a proto musíme provést tzv. regulační zásah. (Tošenovský a Noskievičová, 2000)

#### 1.4.3 Členění regulačních diagramů

Zabýváme-li se metodami SPC, jedná se v dnešní době o opravdu širokou škálu prostředků analýzy procesu. Níže uvedená tabulka obsahuje souhrn zvolených členění regulačních

diagramů podle zvolených hledisek. Tato hlediska nejsou vyčerpávající a byla zvolena vzhledem k celkové problematice řešené v této práci. (Kupka, 2001)

Tab. 1 – Členění regulačních diagramů podle vybraných hledisek

(Zdroj: Kovářik a Klíček, 2011, s. 195)

<i>Hledisko</i>	<i>Typy regulačních diagramů</i>
<b>Počet regulačních mezí</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regulační diagramy pro jednostrannou regulaci</li> <li>- regulační diagramy pro oboustrannou regulaci</li> </ul>
<b>Charakter regulované veličiny</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regulační diagramy pro SPC měřením</li> <li>- regulační diagramy pro SPC srovnáváním</li> </ul>
<b>Počet znaků jakosti simultánně sledovaných na 1 jednotce ve výběru</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regulační diagramy pro sledování jednoho znaku jakosti (klasické Shewhartovy diagramy)</li> <li>- regulační diagramy pro sledování více znaků jakosti najednou (např. Hotellingův diagram)</li> </ul>
<b>Stupeň opakovatelnosti procesu</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regulační diagramy pro proces s vysokým stupněm opakovatelnosti (klasické Shewhartovy diagramy)</li> <li>- regulační diagramy pro procesy s nízkým stupněm opakovatelnosti (např. cílové a standardizované diagramy)</li> </ul>
<b>Zohlednění předchozích hodnot výběrové charakteristiky ve výpočtu aktuální hodnoty výběrové charakteristiky</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regulační diagramy bez paměti (klasické Shewhartovy diagramy)</li> <li>- regulační diagramy s pamětí (např. diagramy CUSUM, EWMA)</li> </ul>
<b>Použití testové kritérium</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regulační diagramy pro monitorování polohy procesu (např. diagram <math>\bar{x}</math>)</li> <li>- regulační diagramy pro sledování stejnoměrnosti procesu (např. diagram R, s)</li> <li>- regulační diagramy pro sledování podílu neshodných jednotek (např. diagram p)</li> <li>- regulační diagramy pro sledování počtu, resp. podílu neshod (např. diagram c)</li> </ul>
<b>Zohlednění rizika zbytečného signálu <math>\alpha</math> a rizika chybějícího signálu <math>\beta</math></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regulační diagramy pracující pouze s rizikem <math>\alpha</math> (klasické Shewhartovy diagramy)</li> <li>- regulační diagramy zohledňující oba druhy rizika</li> </ul>
<b>Závislost hodnot regulované veličiny</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- regulační diagramy pro nezávislá data (např. klasické Shewhartovy diagramy)</li> <li>- regulační diagramy pro závislá data (např. diagram reziduí, dynamický EWMA diagram)</li> </ul>

#### 1.4.4 Obecný postup sestavení a analýzy regulačního diagramu

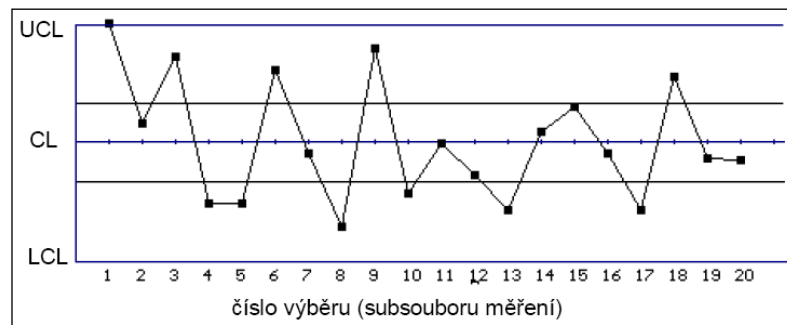
Výše uvedené regulační diagramy jsou vytvořeny především pro průběh procesu výroby. Jednotlivá data (vzorky) musí být odebírána v nastavených intervalech a dále testovány tak, abychom se ujistili, že kvalita výrobků, které jsou adresovány zákazníkům, splňuje jejich očekávání. V opačném případě, kdy se testované vzorky nachází mimo požadovanou specifikaci, je třeba je buďto poslat zpět do výroby, kde jsou buďto úplně zlikvidovány nebo (pokud se jedná o drobné chyby) opraveny. (Bass, 2007, s. 147)

Poznatky týkající se regulačních diagramů, jež jsme doposud nabyli, je možné jednoduše shrnout do následujících devíti bodů. Následující kroky je nutné provádět bez ohledu na využitou metodu SPC:

1. Zvolíme si regulovanou veličinu.
2. Zajistíme sběr a záznam potřebných dat.
3. Ověříme si předpoklady o dostupných datech.
4. Zvolíme adekvátní rozsah výběru.
5. Zvolíme vhodný regulační diagram, který bude použit v analýze.
6. Vypočítáme hodnoty pro zvolené testové kritérium zvláště pro každý jeden výběr.
7. Ověříme si, zda je proces statisticky zvládnutelný a následně zajistíme tento stav.
8. Ověříme si, zda je proces způsobilý a následně tuto způsobilost procesu zabezpečíme.
9. V posledním bodě dochází k vlastní regulaci procesu. (Tošenovský a Noskiewičová, 2000)

#### 1.5 Klasické Shewhartovy regulační diagramy

*Tyto regulační diagramy vytvořil W. Shewhart v r. 1924 a vybudoval tak základy celého systému SPC. Uvedené diagramy vznikly v době rozmachu hromadné výroby a aplikace Taylorových principů organizace a řízení výroby. Proto je základním předpokladem jejich využití možnost realizace dostatečného počtu výběrů (pro výpočet regulačních mezí se předpokládá provedení minimálně 20 až 25 výběrů za relativně stabilních podmínek regulace procesu. (Tošenovský a Noskiewičová, 2000, s. 177)*



Obr. 2 – Shewhartův regulační diagram (Zdroj: Kovářik, 2007, s. 41)

Klasické regulační diagramy mohou být zařazeny do skupiny regulačních diagramů tzv. „bez paměti“, a to z toho důvodu, že v současné hodnotě využitého testového kritéria neberou ohled na jeho předchozí hodnoty. Toto je hlavním důvodem, proč se regulační diagramy hodí především pro odhalování větších sporadických odchylek v procesu (tedy odchylek větších než  $2\sigma$  od požadované úrovně). (Kovářík a Klímek, 2011, s. 76)

### 1.5.1 Konstrukce Shewhartova regulačního diagramu

Konstrukci klasického Shewhartova regulačního diagramu provedeme v několika základních krocích, a to:

1. **Volba části procesu** tak, aby odpovídala našim představám, předpisům nebo zkušenostem. Následná příprava příslušných procesních dat.
2. **Stanovení statistického modelu zadaných dat** (model představuje odhad střední hodnoty neboli aritmetický průměr a směrodatnou odchylku). Poté ověření platnosti statistických předpokladů klasického Shewhartova diagramu.
3. **Konstrukce vlastního regulačního diagramu** na základě výše uvedených dvou parametrů (podoba základních linií: CL, horní a spodní regulační meze LCL a UCL).
4. **Vnášení dat z procesu do daného regulačního diagramu** a následné sledování výskytů odchylek („zvláštních případů“), které signalizují nečekané změny v chování procesu, z nichž mezi základní změny řadíme překročení regulační meze.
5. **Evidence výskytu „zvláštních případů“**. Vyhledávání tzv. „přiřaditelné příčiny“, která tyto „zvláštní případy“ vyvolala. Každý výskyt těchto případů by měl být doplněn o přiřaditelnou příčinu, jestliže se tuto příčinu podaří zjistit. Dále by se zde měla objevit opatření, která byla přijata v důsledku chybných pochodů v procesu. (ČSN ISO 8258 *Shewhartovy regulační diagramy*, 1993)

### 1.5.2 Shewhartovy regulační diagramy pro regulaci měřením

Shewhartovy regulační diagramy pro regulaci měřením (Control Charts for Variables) využíváme, jestliže máme k dispozici měřitelné znaky jakosti nebo určité technologické parametry. (Kupka, 2001)

Mezi základními předpoklady pro Shewhartův regulační diagram měřením jsou:

- *normalita rozdělení dat, symetrie,*
- *konstantní střední hodnota procesu,*
- *konstantní rozptyl (směrodatná odchylka) dat,*
- *nezávislost, nekorelovanost dat,*
- *nepřítomnost vybočujících hodnot.*

*Tyto předpoklady je nutno testovat před konstrukcí regulačního diagramu postupy pro analýzu jednorozměrného výběru.* (Kovářík a Klímeck, 2011, s. 83)

#### Regulační diagramy $(\bar{x}, R)$

V praxi se kombinace dvojice regulačních diagramů pro výběrový průměr  $(\bar{x})$  a výběrového rozpětí  $(R)$  využívá nejčastěji. Je totiž vhodná pro situace, kdy pracujeme s menšími rozsahy výběrů, a to kolo 2 až 10 jednotek. Toto je způsobeno především faktem, že výběrové rozpětí pro výběry o rozsahu  $n > 10$  není dostatečně přesným odhadem variability (tedy směrodatné odchylky) procesu. Jestliže použijeme výběry o rozsahu nejméně 4 jednotky, lze tento regulační diagram  $(\bar{x})$  využít i pro data, jež nepocházejí z normálního rozdělení (platnost centrální limitní věty). Regulační diagram  $(R)$  považujeme za dostatečně robustní. (Tošenovský a Noskiewičová, 2000, s. 181)

#### Regulační diagram pro výběrové průměry $(\bar{x})$

Zvolené testové kritérium, které je určeno pro typ regulačního diagramu  $(\bar{x})$ , je výběrovým průměrem  $\bar{x}_j$  z výběru o konstantním rozsahu  $n$ . Hodnotu takového výběrového průměru v  $j$ -tém výběru  $\bar{x}_j$  spočítáme podle rovnice:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad (1)$$

kde  $x_{ij}$  je  $i$ -tá naměřená hodnota regulované veličiny v  $j$ -tém výběru. V případě volby rizika zbytečného signálu  $\alpha = 0,0027$  a neznámé cílové hodnoty  $\mu_0$  a  $\sigma_0$ , určíme CL následujícím způsobem:

$$CL = \hat{\mu}_0 = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j . \quad (2)$$

Neboť ve dvojici regulačních diagramů  $(\bar{x}, R)$  dochází k odhalování variability procesu za pomoci výběrového rozpětí  $R$ , použijeme pro stanovení odhadu směrodatné odchytky procesu  $\hat{\sigma}_0$  tuto rovnici:

$$\hat{\sigma}_0 = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (3)$$

kde  $\bar{R}$  znázorňuje průměrné výběrové rozpětí ve výběrech, dále označením  $d_2$  rozumíme Hartleyovu konstantu, která je závislá na rozsahu výběru  $n$  a zároveň je také odvozená – předpokládáme-li platnost regulované veličiny pocházející z normálního rozdělení. Výše uvedené  $\bar{R}$  vypočítáme pomocí rovnice:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^k R_j}{k}, \quad (3)$$

kde  $k$  je počet výběrů použitých k výpočtu  $\bar{R}$  (minimálně 20),  $R_j$  je výběrové rozpětí v  $j$ -tém výběru a stanoví se za pomoci vztahu:

$$R_j = x_{max,j} - x_{min,j}, \quad (4)$$

kde  $x_{max,j}$  je největší naměřenou hodnotou v  $j$ -tém výběru a  $x_{min,j}$  je nejmenší naměřenou hodnotou v  $j$ -tém výběru. V tuto chvíli dostáváme pro určení akčních regulačních mezí v daném diagramu  $(\bar{x})$  tyto rovnice:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + \frac{3}{\sqrt{n}} \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (5)$$

$$a \quad LCL = \bar{\bar{x}} - \frac{3}{\sqrt{n}} \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}. \quad (6)$$

Co se týče hodnot označených  $A_2$  a  $d_2$  pro  $n = 2$  až 25 jednotek, je možné je najít v normě ČSN ISO 8258. (Tošenovský a Noskiewičová, 2000)

### Regulační diagram (R)

Testové kritérium regulačního diagramu (R) je stanoveno jako výběrové rozpětí označené  $R_j$ . V případě, že  $\alpha = 0,0027$  a neznáme cílové hodnoty pro  $\mu_0$  a  $\sigma_0$ , stanovíme si CL pro tento regulační diagram využitím vztahu (4), tj. část s názvem: regulační diagram pro výběrové průměry  $(\bar{x})$ . Odvodíme-li vztahy pro stanovování akčních regulačních mezí v regulačním diagramu (R), vycházíme z rovnice určené pro odhad směrodatné odchytky pro výběrové rozpětí  $\hat{\sigma}_R$ :

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (7)$$

kde označení  $d_3$  představuje konstantu sloužící ke stanovení odhadu směrodatné odchylky výběrového rozpětí. Hodnota této směrodatné odchylky je závislá na rozsahu výběru  $n$  a tato hodnota je odvozena pro regulovanou veličinu pocházející z normálního rozdělení. Co se týče regulačních mezí, dále pro ně platí tyto vztahy:

$$UCL = CL + u_{0,99865} \cdot \hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3 \cdot d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = \left(1 + \frac{3 \cdot d_3}{d_2}\right) \cdot \bar{R}, \quad (8)$$

$$LCL = CL - u_{0,99865} \cdot \hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3 \cdot d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = \left(1 - \frac{3 \cdot d_3}{d_2}\right) \cdot \bar{R}. \quad (9)$$

Pokud označíme část rovnice ve vztahu (9) výrazem  $D_4$  a ve vztahu (10) výrazem  $D_3$ , získáváme velmi zjednodušené rovnice sloužící k výpočtu UCL a LCL v daném regulačním diagramu ( $R$ ), které jsou také uvedeny v normě ČSN ISO 8258:

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R}, \quad (10)$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{R}. \quad (11)$$

Zaměříme-li se na  $D_4$  a  $D_3$ , oba tyto výrazy jsou definovány jako součinitelé pro určení výpočtu akčních regulačních mezí v regulačním diagramu ( $R$ ). Oba tyto stanovené výrazy závisí také na rozsahu výběru  $n$ . Hodnoty  $D_4$  a  $D_3$  pro  $n = 2$  až 25 jednotek nalezneme v uvedené normě. (Kovářík a Klímeck, 2011, s. 86)

### Regulační diagramy ( $\bar{x}, s$ )

Dvojici regulačních diagramů ( $\bar{x}, s$ ) můžeme využít nejen pro malé výběry, ale také v situacích, kdy potřebujeme realizovat výběry o větším rozsahu (tedy  $n > 10$ ). Reálná praxe je taková, že při menších výběrech dáváme stále spíše přednost kombinaci regulačních diagramů ( $\bar{x}, R$ ), protože je zde jednodušší výpočet  $R$ . A to i přesto, že v současné době používáme čím dál více kalkulátory a počítače, čímž tento důvod ztrácí své logické opodstatnění. Obdobně – pokud máme zvolené  $\alpha = 0,0027$  a zároveň cílové hodnoty  $\mu_0$  a  $\sigma_0$  jsou pro nás neznámé, stanovíme CL, LCL a UCL v regulačních diagramech a co se týče výběrové směrodatné odchylky, tu stanovíme následujícím způsobem. (Tošenovský a Noskovičová, 2000)

### Regulační diagram ( $s$ )

Směrodatná odchylka  $s_j$  představuje testové kritérium pro regulační diagram ( $s$ ). Jestliže máme  $\alpha = 0,0027$  a neznámé cílové hodnoty  $\mu_0$  a  $\sigma_0$ , CL stanovíme pro tento typ regulačního diagramu podle rovnice  $CL = \bar{s}$ , přičemž  $\bar{s}$  spočítáme podle rovnice:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{j=1}^k s_j}{k}. \quad (12)$$

Odvozujeme-li vztahy pro stanovení akčních mezí v regulačním diagramu ( $s$ ), vycházíme z rovnice jak pro odhad směrodatné odchylky, tak výběrové směrodatné odchylky  $\hat{\sigma}_s$ . Jedná se tedy o následující vztah:

$$\hat{\sigma}_s = \frac{\bar{s}}{C_4} \cdot \sqrt{1 - C_4^2}. \quad (13)$$

Dále pak pro regulační meze platí následující vztah:

$$LCL = \bar{s} \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,00135}^2(n-1)}{n-1}}, \quad (14)$$

$$UCL = \bar{s} \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,99865}^2(n-1)}{n-1}}. \quad (15)$$

Pro výpočet regulačních mezí pro směrodatnou odchylku jsme použili kvantily, jež jsou v souladu s pravidlem  $3\sigma$ . Označení  $\chi_{\alpha}^2(v)$  znamená  $\alpha$ -kvantil rozdělení  $\chi$ -kvadrát s počtem  $v$  stupňů volnosti. V příloze V jsou uvedeny hodnoty výše uvedených kvantilů  $v = 1$  až 20. (Kupka, 2001)

### Regulační diagramy pro atributy

V případě, že je sledovaný parametr diskrétní veličinou (tzv. atributem) jako počet jednotlivých vad, využíváme regulačních diagramů pro atributy, které jsou jinak nazývány regulačními diagramy srovnávání. Ale z důvodu, že rozdělení počtu není normální, využíváme pro určení regulačních mezí jiných vztahů, které odpovídají příslušným kvantilům binomického nebo Poissonova rozdělení. Uvedené binomické rozdělení zahrnuje například počet vadných součástek, přičemž jejich četnost je omezena celkovým počtem. V této situaci využíváme regulačních diagramů  $np$  a  $p$ . Počty, jež nejsou omezeny určitou pevnou hodnotou (mohou to být například počty škrábanců na lakovaném povrchu nebo počty nedotahů jednotlivých šroubů), mají tzv. Poissonovo rozdělení. V tomto případě se využívá diagramů  $c$  a  $u$ . (Tošenovský a Noskievičová, 2000)



### Regulační diagram $np$

Využití regulačních diagramů  $np$  je ideální při sledování počtu vadných produktů (jednotek) z určitých dávek, přičemž tento počet je určen binomickým rozdělením. V tomto případě se tedy jedná o diagram užívaný pro diskrétní a celočíselné hodnoty, jinými slovy – jedná se o regulační diagram srovnáním. Velikost kontrolních mezí je určena šíří dávky. Toto je popsáno v následujících vztazích:

$$p^* = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{np_i}{N_i}, \quad (16)$$

$$ZL_i = N_i p^*, \quad (17)$$

$$LCL_i = ZL_i - 3\sqrt{ZL_i(1-p^*)}, \quad (18)$$

$$UCL_i = ZL_i + 3\sqrt{ZL_i(1-p^*)}. \quad (19)$$

Jednotlivé dávky jsou představiteli podskupin, přičemž počty nevyhovujících (vadných) produktů  $np$  ze zadané dávky jsou hodnotami, jež se zakreslují do regulačního diagramu. (Kupka, 2001)

### Regulační diagram $p$

Regulační diagram  $p$  je vhodným nástrojem sloužícím k monitorování podílu počtu vadných produktů (jednotek) ze zadaných dávek, přičemž tento podíl má binomické rozdělení. Šíře kontrolních mezí je dána velikostí dávky. (Kovářík a Klímeck, 2011)

Jestliže si zvolíme oboustrannou regulaci,  $\alpha = 0,0027$  a u hodnoty  $p_0$  jsme nuceni vytvořit odhad, pak je možné určení CL, LCL a UCL v regulačním diagramu ( $p$ ) za pomoci běžně využívaných vztahů, které jsou uváděny mj. i v normě ČSN ISO 8258:

$$\bar{n} = \frac{\sum_{j=1}^k n_j}{k}, \quad (20)$$

kde označení  $k$  představuje počty výběrů nebo kontrolovaných objektů.

$$CL = \hat{p}_0 = \bar{p} = \frac{\sum_{j=1}^k x_j}{\sum_{j=1}^k n_j}, \quad (21)$$

V tomto výrazu označení  $x_j$  znamená počet vadných (nevyhovujících) jednotek v  $j$ -tém výběru a označení  $n_j$  je rozsahem  $j$ -tého výběru. Symbol  $k$  je pak označením pro počty výběrů. Dále platí:

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/\bar{n}}, \quad (22)$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/\bar{n}}. \quad (23)$$

Dle výše uvedených rovnic určujeme šíři regulačních mezí ( $p$ ), a to za předpokladu, že pro  $n_j$  platí následující vztah:

$$n_j \in \langle \bar{n} - 0,25\bar{n}, \bar{n} + 0,25\bar{n} \rangle . \quad (24)$$

Jestliže nastane situace, kdy pro některý z výběrů tato závislost neplatí, určujeme tzv. individuální meze pro  $j$ -té výběry podle rovnic:

$$UCL_j = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n_j} , \quad (25)$$

$$LCL_j = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n_j} . \quad (26)$$

V tomto případě jednotlivé dávky jsou představiteli podskupin, podíly nevyhovujících produktů  $p$  ze zadané dávky představují hodnoty, jež jsou vynášeny do regulačních diagramů. (Tošenovský a Noskiewičová, 2000)

### Regulační diagram pro individuální hodnoty ( $x_i$ )

Jestliže nastane situace, kdy z určitého důvodu není účelné stanovování podskupin, je možné využít Shewhartova diagramu pro jednotlivé hodnoty, neboli x-individual.

Přičemž průměry podskupin nám v tomto případě nahradí přímo naměřené hodnoty  $x_i$ , se kterými dále pracujeme. Příslušným diagramem pro zjišťování variability je regulační diagram  $R$ . Ale namísto rozpětí podskupiny bude použito rozpětí mezi po sobě následujícími hodnotami. Tuto hodnotu nazýváme klouzavým rozpětím a označujeme jej  $MR$  (moving range), kde  $MR_i = |x_i - x_{i-1}|$  a první hodnotu nedefinujeme. K určení základní linie a regulačních mezí v regulačním diagramu  $x_i$  využíváme následujících vztahů:

$$UCL = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} , \quad (27)$$

$$CL = \bar{x} , \quad (28)$$

$$LCL = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} . \quad (29)$$

Pro klouzavé rozpětí platí stejné statistické vlastnosti jako pro rozpětí podskupiny pro  $n = 2$ , u koeficientu  $d_2$  počítáme s hodnotou 1,128. (Kupka, 2001)

## 1.6 Diagramy EWMA

Diagram EWMA je zkratkou anglického Exponentially Weighted Moving Average, exponenciálně vážené klouzavé průměry, zvané někdy také exponenciální „zapomínání“. Jeho použití je podobné jako u Shewhartových diagramů. Každý bod EWMA diagramu  $W_j$  je

váženým průměrem nově naměřené hodnoty  $x_j$ , případně průměru podskupiny velikosti  $N$  a posledního zaznamenaného bodu diagramu  $W_{j-1}$ . Základním volitelným parametrem diagramu EWMA je právě váha  $r$ , která může nabývat hodnot mezi 0 a 1. Hodnota  $r = 1$  odpovídá Shewhartově diagramu, čím nižší je  $r$ , tím pomaleji reagují vynášené hodnoty  $W_j$  na lokální změny sledovaného procesu. (Meloun a Militký, 2006, s. 729, 730)

Jestliže si vhodně zvolíme parametr  $r$ , je možné diagram nastavit takovým způsobem, aby zde nebyla reakce na lokální odchylky od předepsaných hodnot stejně tak rychle, jak je tomu u diagramu Shewhartova. Využívání tohoto diagramu je výhodné především v oblastech, kde k takovýmto odchylkám dochází, aniž by došlo k poruše. Naopak EWMA diagram má tendence ke zvýraznění systematické dlouhodobější odchylky tak, že se vrací zpět k předepsané hodnotě pomaleji než vlastní měřená veličina. Tato charakteristika EWMA diagramu je tím výraznější, čím je  $r$  menší. (Montgomery, 2009)

Obecně platí, že je diagram EWMA vhodný pro stavy, kdy v procesu nastávají malé, ale přetrvávající změny a je zde zřejmá nezávislost hodnot námi monitorovaného jakostního znaku. Diference mezi klasickými a EWMA diagramy je v závislosti regulačních mezí na okamžicích výběru. Okamžiky výběru jsou určující pro stanovení regulačních mezí u EWMA diagramů.

Střední přímkou CL určíme podle rovnosti:

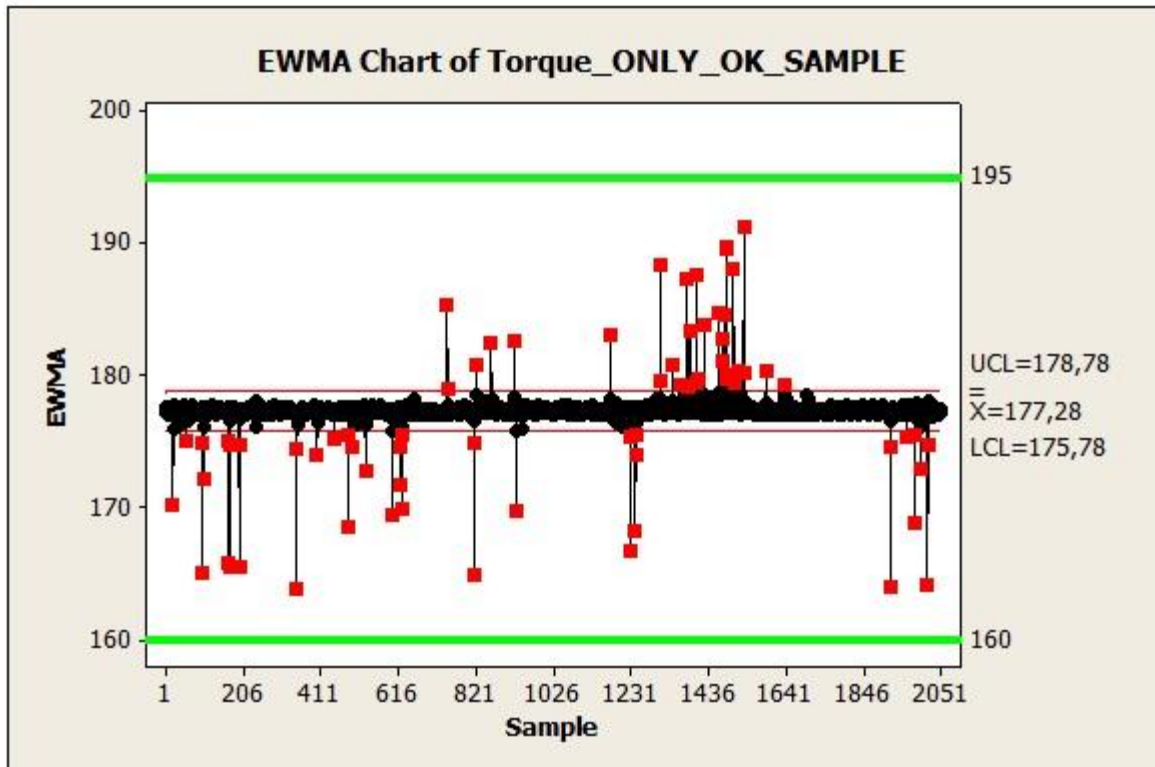
$$CL = \mu_0 . \quad (30)$$

Šíře regulačních mezí UCL a LCL se poté stanoví dle výrazů:

$$UCL = CL + K \cdot \sigma_{EWMA} \quad (31)$$

$$\text{a} \quad UCL = CL - K \cdot \sigma_{EWMA} , \quad (32)$$

kde označení  $K$  značí konstantu, která nám napomáhá, abychom stanovili regulační meze při stanoveném riziku značeném  $\alpha$ . K výpočtu  $\sigma_{EWMA}$  využijeme speciální vztah, jenž používá tzv. parametr zapomínání  $\lambda$ . (Tošenovský a Noskvičová, 2000)



Obr. 3 – Příklad EWMA diagramu pro pouze bezchybné pochody v procesu  
(Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

Diagram EWMA je řazen k typům diagramů, pro které je charakteristická neomezená nerovnoměrná paměť. (Kupka, 2001)

## 1.7 Způsobilost procesu

Ve výrobě jsme především zainteresováni velikostí vlivu náhodných faktorů. Jinými slovy nás zajímá, v jaké poloze se křivka normálního rozdělení nachází a jaká je její šířka vzhledem ke stanoveným technickým specifikacím. Naším cílem je tedy zjistit, jestli je v daném procesu možná produkce výrobků tak, aby vyhovovaly požadavkům specifikací. Tato schopnost procesu se nazývá způsobilost procesu, ta vyjadřuje, jaká je rezerva mezi uvnitř pásma, které je vymezeno specifikacemi neboli technickými mezemi. Jednoduše řečeno, způsobilým procesem máme na mysli proces, jenž splňuje požadavky zákazníků. Hodnocení procesní způsobilosti provádíme za pomoci indexů způsobilosti. Tyto indexy srovnávají předepsané maximálně přípustné variability hodnot (dány tolerančními mezemi) spolu se skutečnými variabilitami námi monitorovaného znaku jakosti (dosaženými u statisticky zvládnutých procesů). (Hůlová a Jarošová, 2001)

### 1.7.1 Hodnocení způsobilosti procesu

Příloha VII obsahuje vývojový diagram procesu pro hodnocení statistické způsobilosti.

Hodnotíme-li statistickou způsobilost procesu tak, že jako základ bereme měřitelné znaky jakosti, doporučuje se následující pracovní postup:

1. Volíme znak jakosti.
2. Analyzujeme systém měření.
3. Shromáždíme údaje.
4. Posuzujeme stabilitu procesu.
5. Ověřujeme normalitu sledovaného znaku jakosti.
6. Vypočítáme indexy způsobilosti procesu.
7. Porovnáme vypočítané indexy s požadovanými hodnotami. (Václavek, 1996)

### 1.7.2 Indexy způsobilosti procesu

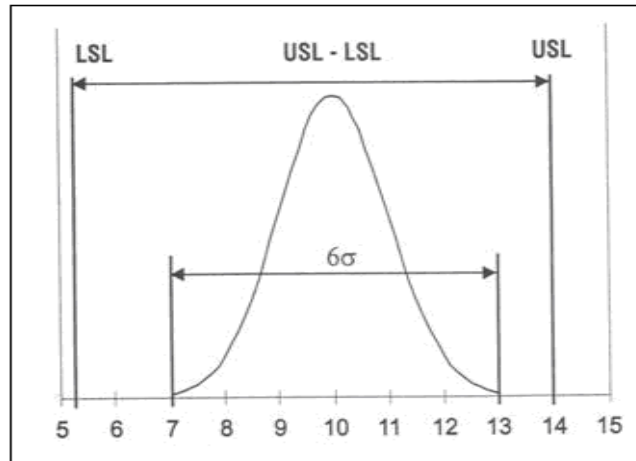
#### a) Index způsobilosti $C_p$

Index způsobilosti  $C_p$  znamená míru potenciální schopnosti daného procesu zajišťovat, aby hodnoty sledovaných znaků jakosti ležely mezi hodnotami tolerančních mezí. Tento typ indexu je možné stanovit pouze v situacích, kdy jsme si předem vyspecifikovali toleranční meze. Hodnoty indexů  $C_p$  představují poměry maximálně přípustných a skutečných variabilit hodnot znaků jakosti, a to bez ohledu na to, zda jsou umístěny v tolerančním poli či nikoliv. Index  $C_p$  je tedy charakteristikou potenciálních možností procesu daného jeho variabilitou. Jedná se o schopnost procesu zajišťovat vše tak, aby se sledovaný znak „vešel“ do předem stanovené tolerance. Ovšem výše uvedený index již nestanovuje, jak jsou ony potenciální možnosti skutečně využity či nevyžity. (Kovářík a Klímek, 2011, s. 148) Hodnotu indexu  $C_p$  získáme z výrazu:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}, \quad (33)$$

kde označení  $\sigma$  je směrodatná odchylka, LSL představuje dolní toleranční mez a USL je označením pro horní toleranční mez. Skutečně naměřená hodnota variability sledovaného znaku jakosti je vyjádřena hodnotou  $6\sigma$ , která pro normální rozdělení vymezuje určitou oblast. V této oblasti s pravděpodobností na úrovni 99,73% leží veškeré hodnoty.

Například pro hodnotu  $C_p = 1$  platí, že nám poskytuje informaci o dosažitelné pravděpodobnosti neshodných jednotek na výstupu z procesu, která činí 0,27% .

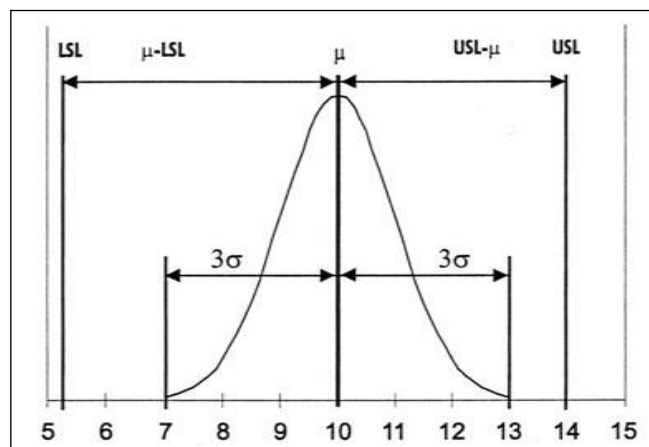


Obr. 4 – Toleranční pole indexu  $C_p$   
(Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, str. 149)

Tohoto hodnotového minima dosáhneme v případě, kdy se bude střední hodnota sledovaného znaku jakosti nacházet ve středu tolerančních mezí. (Hůlová a Jarošová, 2001)

b) Index způsobilosti  $C_{pk}$

Na rozdíl od indexu  $C_p$ , zohledňuje nejen variabilitu sledovaného znaku jakosti, ale i jeho polohu vůči tolerančním mezím. Index  $C_{pk}$  tedy charakterizuje skutečnou způsobilost procesu dodržovat předepsané toleranční meze.



Obr. 5 – Toleranční pole indexu  $C_{pk}$   
(Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 149)

Jeho hodnota vyjadřuje poměr vzdálenosti střední hodnoty sledovaného znaku jakosti od bližší toleranční meze k polovině skutečné variability hodnot. Index  $C_{pk}$  lze vypočítat jak v případě oboustranné, tak jednostranné tolerance. (Kovářik a Klímek, 2011, s. 149, 150)

$$C_{pk} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \quad (34)$$

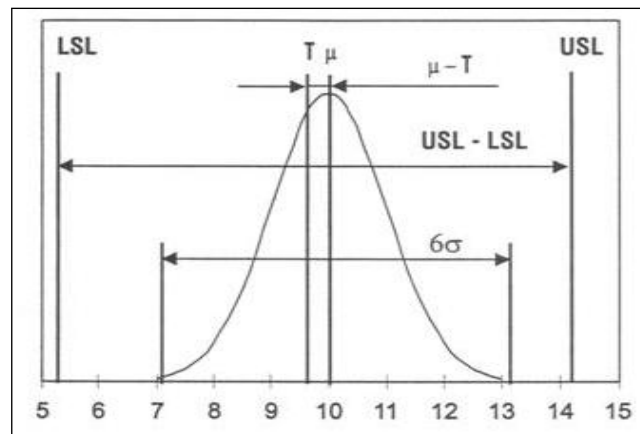
přičemž  $\mu$  je označením střední hodnoty pro sledovaný znak jakosti. Hodnota  $C_{pk}$  nám může vyjít i se záporným znaménkem. V těchto případech hovoříme o situacích, kdy střední hodnota námi sledovaného znaku jakosti přesáhne toleranční pole. V reálu by to značilo, že námi sledovaný proces produkuje přes 50% nevyhovujících výrobků. (Hůlová a Jarošová, 2001)

c) Index způsobilosti  $C_{pm}$

Využíváme-li indexu způsobilosti  $C_{pm}$ , dostaneme porovnání maximálně přípustné variability pro sledovaný znak jakosti, která je dána šíří tolerančního pole spolu s jeho skutečnou variabilitou, jež se pohybuje kolem minimální (cílové) hodnoty  $T$ . Je možno ho určit jen za předpokladu oboustranné tolerance a bylo by vhodné tento index využívat pouze za situace, kdy se cílová hodnota nachází ve středu tolerančního pole. Platí tedy následující vztah:

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}, \quad (35)$$

kde  $T$  je označením pro cílovou (optimální) hodnotu. (Kovářík a Klímek, 2011)



Obr. 6 – Toleranční pole indexu  $C_{pm}$   
(Zdroj: Kovářík a Klímek, 2011, s. 150)

Výše uvedený index  $C_{pm}$  bere ohled nejen na variabilitu hodnot námi sledovaného znaku jakosti, ale také zohledňuje míru dosažení optimální hodnoty. (Kupka, 2001)

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

### 2.1 Obecné údaje

Tab. 2 – Obecné údaje o HMMC, s.r.o. (Zdroj: hyundai-motor.cz, ©2012)

<b>Název společnosti:</b>	Hyundai Motor Manufacturing Czech, s.r.o.
<b>Sídlo:</b>	Průmyslová zóna Nošovice
<b>Rozloha:</b>	200 ha
<b>Datum vzniku:</b>	7. 7. 2006
<b>Celková investice:</b>	1,12 mld. EUR
<b>Kapacita produkce:</b>	300.000 vozidel za rok
<b>Počet zaměstnanců:</b>	3.450 (k 7. 2. 2012)
<b>Průměrný věk zaměstnanců:</b>	30 let
<b>Podíl žen:</b>	18 %
<b>Česká národnost:</b>	96%

Dne **7. 7. 2006** byla v průmyslové zóně Nošovice založena automobilová společnost s názvem Hyundai Motor Manufacturing Czech, s.r.o. (dále v práci jen HMMC, s.r.o.), která se rozkládá na ploše o rozloze cca 200 hektarů. Celkový objem investice činí **1,12 mld. EUR**.

*Výstavba závodu proběhla v rekordním čase - od vztyčení prvního pilíře v dubnu 2007 k dostavbě uběhlo pouhých 18 měsíců. Při výstavbě závodu byl od samého počátku kladen velký důraz na **ohleduplnost vůči životnímu prostředí**. Vzrostlé stromy v areálu nebyly vykáceny, ale přemístěny na místo, kde se o ně staral tým zahradníků, a po výstavbě byly přemístěny zpět do areálu. Zachráněno tak bylo přes 1 100 stromů.*

*Jedná se o první výrobní závod společnosti Hyundai v Evropě. Další tři závody má Hyundai v Koreji a Číně, po dvou v Indii a po jednom v USA, Turecku, Rusku a v roce 2011 byla zahájena výstavba závodu v Brazílii. Nošovický závod je odbornou veřejností považován za **nejmodernější automobilku v Evropě**.*

*Základní části výroby v HMMC tvoří lisovna, svařovna, lakovna, finální montážní a výroba převodovek. V HMMC v současné době pracuje téměř **3 500 zaměstnanců**, z nichž **96 % jsou občané České republiky**, převážně Moravskoslezského kraje. (Vaněk, hyundai-motor.cz, ©2012)*

## 2.2 Organizační struktura

Mezi základní části výroby v HMMC, s.r.o. patří **administrativní budova** (tzv. main building), **lisovna**, **svařovna**, **lakovna**, **finální montáž** a **výroba převodovek**. V závodu HMMC, s.r.o. jsou také umístěni z důvodu lepší logistiky jeho dva subdodavatelé – **Mobis** (ve vlastnictví HMMC, vyrábí moduly - zadní a přední náprava, kokpit a přední maska) a **Dymos** (dodává autosedačky). O velikosti podniku HMMC, s.r.o. nenasvědčuje pouze obrázek, který jsem uvedla níže, ale také fakt, že zde v současnosti pracuje téměř **3 500 zaměstnanců**, přičemž cca **96 % z nich jsou občané České republiky**, převážně Moravskoslezského kraje. (Vaněk, hyundai-motor.cz, ©2012)

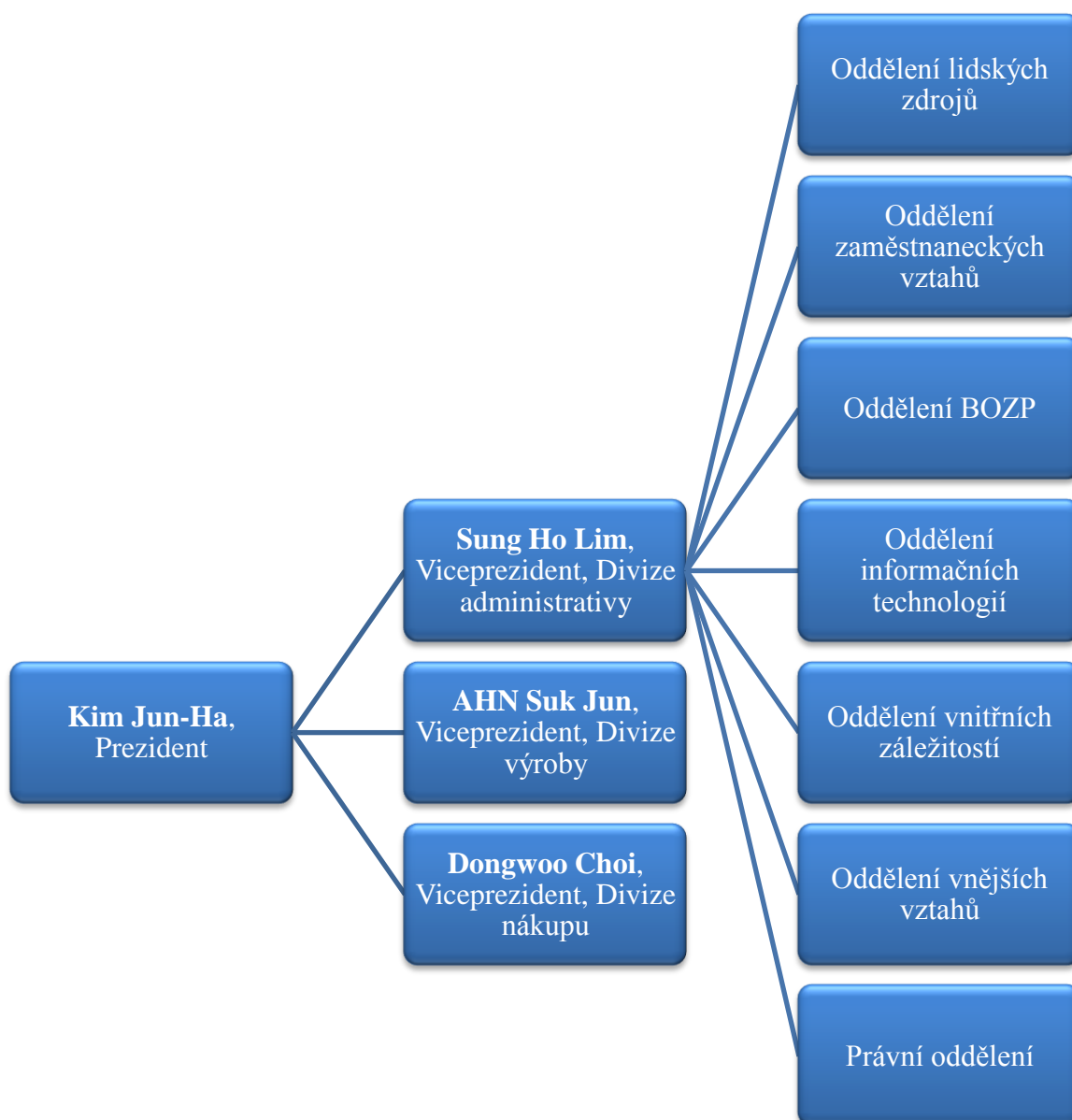


Obr. 7 – Plánpodniku HMMC, s.r.o. v Průmyslové zóně Nošovice

(Zdroj: hyundai-motor.cz, ©2012)

### 2.2.1 Management společnosti

V této části jsem vytvořila jednoduché schéma hlavních představitelů společnosti HMMC, s.r.o. Z dostupných interních dat ze společnosti HMMC, s.r.o. se mi podařilo podrobněji zobrazit na obrázku část divize administrativy, kterou řídí viceprezident společnosti Sung Ho Lim. Toto jsem zařadila do své práce pouze jako příklad toho, jak je z manažerského hlediska složitý a velmi těžce popsatelný systém organizace výroby v podniku HMMC, s.r.o.



Obr. 8 – Jednoduché schéma managementu se zaměřením na divizi administrativy

(Zdroj: [hyundai-motor.cz](http://hyundai-motor.cz), ©2012)

### 2.3 Vyráběné automobily v HMMC, s.r.o.

Veškeré modely automobilů, které jsou vyráběny v závodě HMMC, s.r.o., byly vyvinuty speciálně pro evropský trh v Technickém centru Hyundai v německém Rüsselsheimu a odpovídají vysokým požadavkům zdejších zákazníků na **kvalitu, bezpečnost a atraktivní design**.

Výrobní kapacita činí **cca 300 000 aut ročně** v třísměnném nepřetržitém provozu, který je rozdělen na **denní** 6:00 do 14:00, **odpolední** od 14:00 do 22:00 a **noční** od 22:00 do 6:00. Směny na sebe navazují bez přerušení výroby. Zajímavostí je, že pouhá 3% z v Nošovicích vyrobených automobilů jsou určena pro český trh a zbylých 97% z celkového objemu produkce HMMC, s.r.o. exportuje do zahraničí.

Dále je výroba soustředěna na převodovky, které HMMC, s.r.o. dodává i pro „sesterský“ závod Kia v Žilině a HMMR v Rusku. (Interní materiály firmy)

V níže uvedené tabulce jsem vytvořila přehled, a to jak vyráběných automobilů značky Hyundai v současnosti, tak těch, jejichž výroba již byla ukončena.

*Tab. 3 – Přehled současných i minulých vyráběných modelů v HMMC, s.r.o.*

*(Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních materiálů firmy)*

Vyráběný model:	Výrobní období (popř. stav):
<b>Hyundai i30 hatchback</b>	Listopad 2008 – prosinec 2011 (ukončení výroby)
<b>Hyundai i30 cw</b>	Únor 2009 – dosud
<b>Kia Venga</b>	Září 2009 – květen 2011 (přesun výroby do KIA SK)
<b>Hyundai ix20</b>	Říjen 2010 – dosud
<b>Hyundai ix35</b>	Červenec 2011 – dosud
<b>New Hyundai i30 hatchback</b>	Leden 2012 – dosud

Z tabulky je zřetelné, že v současné době vyrábí v Nošovicích společnost HMMC, s.r.o. pouze 4 typy automobilů, a to Hyundai i30 cw, Hyundai ix20, Hyundai ix35 a nově od ledna letošního roku New Hyundai i30 hatchback.

Zajímavostí ze světa automobilů je, že nový Hyundai i30 hatchback je nyní na druhé pozici hned za vozem Škoda Octavia v kategorii nejprodávanější nižší střední třída. Ovšem podle

údajů z ledna 2012, kdy nejlépe umístěná Škoda Octavia hlásí prodej 2140 automobilů, je první příčka Škody stavěna do neotřesitelné pozice oproti modelu Hyundai i 30, kterého se prodalo pouze 299 kusů. (Markovič, ihned.cz, ©2012)

## 2.4 Popis zvoleného typu automobilu pro analýzu v praktické části

Ve své bakalářské práci jsem si z důvodu přehlednosti zvolila pro analýzu zadaného procesu pouze jeden ze čtyř v současnosti vyráběných typů automobilů. Neboť se jedná se o model, který je v nošovickém HMMC, s.r.o. vyráběn nejvíce, měla jsem k dispozici opravdu dostatečné množství naměřených hodnot zkoumaného procesu. Ostatní modely automobilů nebyly denně vyráběny v takovém množství jako zvolený typ, proto by stejná analýza ostatních modelů neměla natolik výpovědní hodnotu vzhledem k analýze pouze zvoleného modelu.

Jedná se o hatchback nižší střední třídy automobilů s objemem motoru  $1583\text{ m}^3$  a počtem čtyř válců. Objem palivové nádrže činí 53 litrů a průměrná spotřeba tohoto zvoleného automobilu je 4,1 litrů na ujetých 100 km.

## 2.5 Zkoumaný proces – chasis marriage

Základem pro mou bakalářskou práci bylo získat adekvátní data z podniku HMMC, s.r.o. tak, abych na ně mohla implikovat některé z matematicko-statistických metod. Byla mi tedy podnikem poskytnuta reálná data z měření utahování šroubů při procesu **chasis marriage** v období mezi pondělím 5. 3. 2012 a pátkem 9. 3. 2012.

Tento proces dostal příznačný název chasis marriage neboli svatba z toho důvodu, že se jedná o místo v závodě HMMC, s.r.o., kde se poprvé „snoubí“ podvozek automobilu spolu s karoserií a zároveň dojde k utažení 4 šroubů.

### 2.5.1 Poskytnutá data o procesu chasis marriage

Naměřená data byla koncipována stejným způsobem jako v následující tabulce.

*Tab. 4 – Koncepte poskytnutých dat podnikem HMMC, s.r.o.*

*(Zdroj: Interní materiály firmy)*

WORK TIME	DAY Seq.	CAR TYPE	Q'TY	MIN	MAX	TORQUE	RESULT	REPAIR
-----------	----------	----------	------	-----	-----	--------	--------	--------

Kde „**WORK TIME**“ znamenal reálný čas, kdy se utahoval daný spoj (např.: 7.3.2012 00:10:59). „**Day Seq.**“ je pořadí vozu na lince, přičemž většinou platilo, že se nám zde jedna hodnota objevila minimálně čtyřikrát, neboť na jednom automobilu byly utaženy 4 šrouby. „**CAR TYPE**“ byl pokaždé označen zkratkou GD, protože se vždy jednalo o model GD. „**Q'TY**“ značí počet utažení na jednom vozidle (zpravidla 4). Hodnoty „**MIN-MAX**“ pro mou práci byly stěžejní z toho důvodu, že se jedná o požadovaný rozsah utahovacího momentu. Je to jakási tolerance při procesu chasis marriage. U mnou zvoleného automobilu byl proces bezchybný v případě, že naměřená hodnota nepřesáhla hranici **160-195** (tj. 160 MIN – 195 MAX). Po kritériu „**MIN-MAX**“ jsem se nejvíce zajímala o „**TORQUE**“, což byl skutečně naměřený moment dotahu popř. nedotahu šroubu.

U položky „**RESULT**“ se jednalo o označení zjištěné chyby v procesu chasis marriage na zvoleném typu automobilu. A nakonec položka „**REPAIR**“ značila, zda se chybný pochod opravoval či nikoliv.

### 2.5.2 Typy chyb v procesu chasis marriage

V daném procesu docházelo ke třem typům chyb, které bylo nutno odstranit buďto okamžitě na lince, tedy v místě procesu, pokud se jednalo o menší závady, nebo až na samotném konci celkového výrobního procesu automobilu (v „**depu**“), k čemuž docházelo v případě závažnějších a na opravu časově náročnějších chyb.

Chybné pochody v procesu nastávaly buď v případě, kdy došlo k **přetahu** – tento stav je v HMMC, s.r.o. pracovní nazýván „**stržený závit šroubu**“, označen je „**NG: High**“ a kritéria pro tento chybný pochod jsou hodnoty větší než 195 – nebo k **nedotahu**.

V případě nedotahu se jednalo o dva druhy momentů označovaných jako „**nízký**“ nebo „**vysoký**“ moment. „**Nízký moment**“ je pracovní označení pro naměření hodnot mezi kritérii 160 – 125, v poskytnutých datech byl tento stav označen „**NG: Low\_1**“. „**Vysoký moment**“ je označením nedotahu „**NG: Low\_2**“, přičemž reálné naměřené hodnoty „**TORQUE**“ byly nižší než 125.

Hovoříme-li o chybách, důležitým faktorem je faktor času, který je potřebný pro jejich odstranění. Pro každou z těchto chyb je stanoven jiný časový úsek pro opravu, toto jsem znázornila v tabulce níže.



Tab. 5 – Přehled typů chyb při procesu chasis marriage s dobami k jejich odstranění  
(Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních materiálů firmy)

Název chyby	Označení	Kritéria	Doba opravy (průměrná)
<b>Stržený závit šroubu</b>	NG: High	>195	8 minut
<b>Nízký moment</b>	NG: Low_1	160-125	20 sekund
<b>Vysoký moment</b>	NG: Low_2	<125	100 sekund

Proces chasis marriage patří mezi jeden z nejzajímavějších a také nejsložitějších procesů při výrobě automobilů vůbec. Tento proces je velmi náročný na přípravky a trůfám si říci, že i na fyzickou kondici operátorů.

### 2.5.3 Třisměnný provoz v HMMC, s.r.o.

Neboť se v podniku HMMC, s.r.o. vyrábí za třisměnného nepřetržitého procesu, je tento proces zvaný chasis marriage o to složitější, neboť se vše provádí za „běhu“ linky. Celozávodní provoz probíhá tedy ve třech směnách současně. Například denní směna probíhá od 6:00 do 14:00, v 8:00 a v 12:30 je zde 10 minut pauza a v 10:05 je pak zařazena velká pauza, která trvá 25 minut. Směny na sebe navazují bez přerušení výroby se stejným časovým rozvrhem, což jsem přehledně znázornila do níže uvedené tabulky.

Tab. 6 – Časový rozvrh třisměnného nepřetržitého provozu v HMMC, s.r.o.  
(Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních materiálů firmy)

Směna	Začátek	1. pauza (10 min)	Velká pauza (25 min)	2. pauza (10 min)	Konec
<b>Denní</b>	<b>06:00</b>	08:00-08:10	10:05-10:30	12:30-12:40	<b>14:00</b>
<b>Odpolední</b>	<b>14:00</b>	16:00-16:10	18:05-18:30	20:30-20:40	<b>22:00</b>
<b>Noční</b>	<b>22:00</b>	00:00-00:10	02:05-02:30	04:30-04:40	<b>06:00</b>

Při tomto procesu je zde k dispozici na lince celkem 8 operátorů, a to jak na levé, tak na pravé straně linky.

### 3 PRAKTICKÁ APLIKACE REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ NA ZVOLENÉM TYPU AUTOMOBILU

V této kapitole jsem pomocí klasických Shewhartových regulačních diagramů zjišťovala, zda se v případě procesu chasis marriage jedná o proces stabilní či nestabilní.

Dále jsem se zabývala faktorem času, neboli jaký čas je potřebný pro opravu chybných procesů v případě jednotlivých nastalých chyb, tedy když dojde ke strženému závitu šroubu, nízkému momentu nebo vysokému momentu nedotahu. Časový úsek věnovaný opravám chybných procesů je pro podnik HMMC, s.r.o. stěžejním faktorem z důvodu jeho podnikové filozofie „just in time“ a také mj. díky snaze maximalizovat své zisky – tudíž vyrobit co nejvíce kvalitních automobilů za co nejkratší časový úsek.

K sestrojení grafů na následujících obrázcích jsem zvolila statistický software Minitab 16, který si troufám zařadit mezi jeden z nejvyužívanějších programů snad v každém větším (nejen) výrobním podniku.

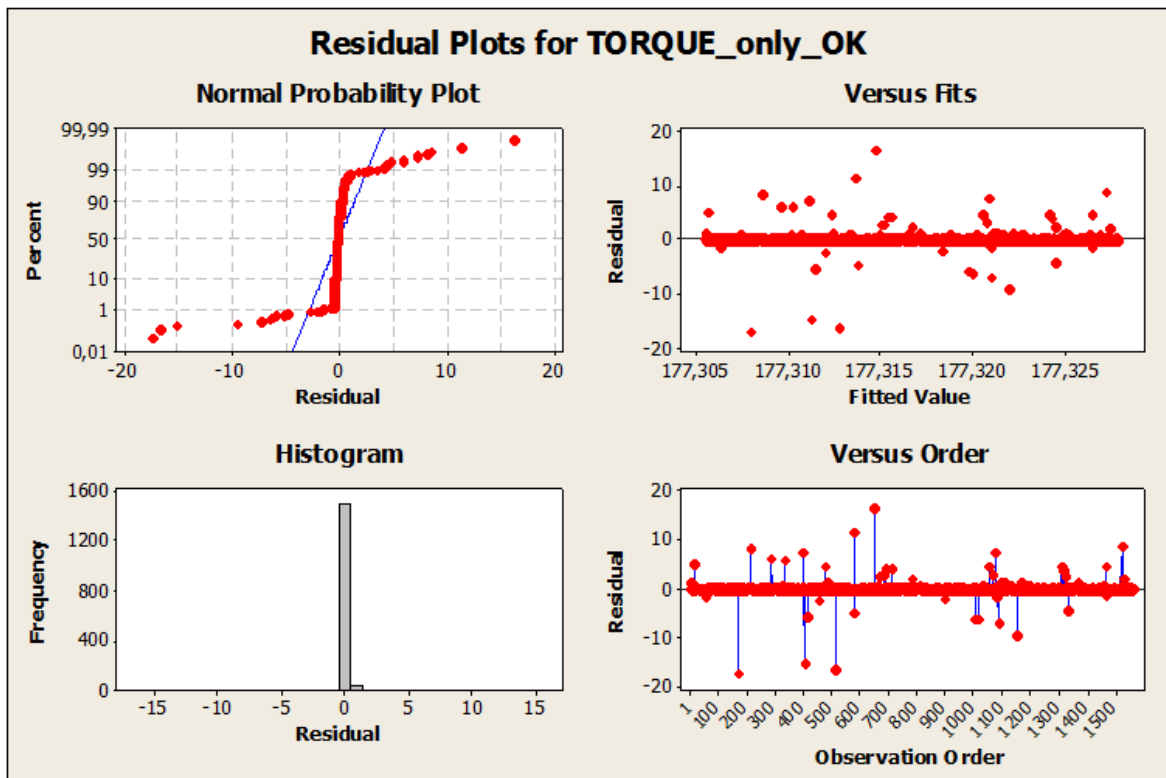
Pro důkladnou analýzu jsem pomocí klasických Shewhartových regulačních diagramů hodnotila nejprve pro celkovou diagnostiku každý den měření zvlášť. Poté, když jsem se zabývala stejnou analýzou, ale pouze pro bezchybné pochody v procesu chasis marriage, jsem pracovala pro názornost pouze se dny: pondělí 5. 3. 2012, středa 7. 3. 2012 a pátek 9. 3. 2012. Zvolila jsem tak z důvodu podobnosti naměřených dat v procesu chasis marriage z jednotlivých dnů, neboť docházelo pouze k minimálním výkyvům.

Abych mohla sestrojit Shewhartovy regulační digramy, je nutno splnit několik podmínek pro ověření předpokladů konstrukce diagramů. Je zapotřebí otestovat normalitu dat, jejich nezávislost a homogenitu.

#### 3.1 Exploratorní diagnostika pro ověření normality dat

Níže vypracovanou diagnostiku jsem aplikovala pouze na naměřené hodnoty z jednoho dne, a to pondělí 5. 3. 2012, neboť při aplikaci tohoto druhu diagnostiky i pro zbylé dny (tedy úterý až pátek včetně) se jednotlivé grafy lišily pouze minimálně. Tudíž znázornění aplikované exploratorní diagnostiky by vypadalo obdobně i v ostatních dnech stejně tak jako tomu bylo prvního dne měření, tedy v pondělí 5. 3. 2012, což jsem znázornila na níže uvedeném obrázku.





Obr. 9 - Exploratorní analýza pro ověření normality dat pro naměřené hodnoty

(Zdroj: vlastní zpracování v programu Minitab 16)

Na výše uvedeném obrázku vidíme vlevo nahoře graf normality dat, přičemž znázorněná modrá přímka je referenční. V případě této modré přímky se jedná o teoretickou přímku zkonstruovanou z kvantilů normovaného normálního rozdělení. Empirická data neleží na této teoretické přímce, tudíž se proces neřídí normálním rozdělením. Tento fakt by potvrdily i numerické testy SW Test (Shapiro-Wilkův test).

Rezidua na výše uvedeném obrázku vpravo nahoře naznačují heteroskedastický proces (jinými slovy nekonstantnost rozptylu), to znamená, že je porušen další Gauss-Markův předpoklad na rezidua regresního modelu.

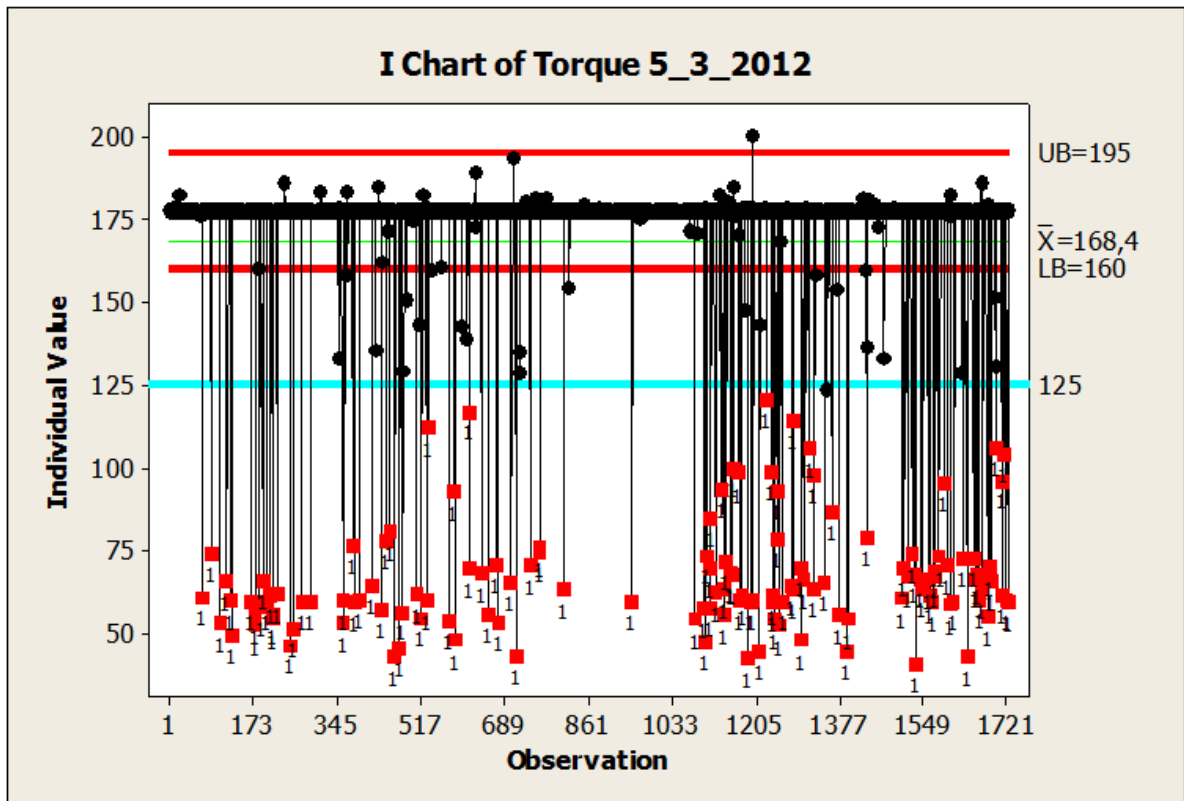
Histogram zobrazený vlevo dole ukazuje největší četnost reziduí ležících na nulové střední hodnotě. Tvar histogramu reziduí je dán právě nekonstantností rozptylu, zmíněnou výše.

Na výše uvedeném obrázku vpravo dole je znázorněn graf reziduí vztahovaný na pořadové empirické hodnoty.

Díky četným nedotahům bude tedy proces nenormální, což se bude dále projevovat v regulačních diagramech jako překročení mezí, tudíž je zvolená metoda analýzy nejvhodnější.

### 3.2 Celková diagnostika procesu chasis marriage

Nyní bude následovat analýza procesu chasis marriage pomocí klasických Shewhartových regulačních diagramů pro naměřené hodnoty z dní pondělí až pátek.



Obr. 10 – Regulační diagram pro veškeré naměřené hodnoty ze dne 5. 3. 2012

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

Regulační diagram ukazuje na nestabilní proces, jelikož byly překročeny regulační meze (MIN 160 – MAX 195).

V tomto dni došlo celkem k 156 chybám, přičemž jejich oprava podniku zabrala cca 4 hodiny, což ukazuje tabulka uvedená níže.

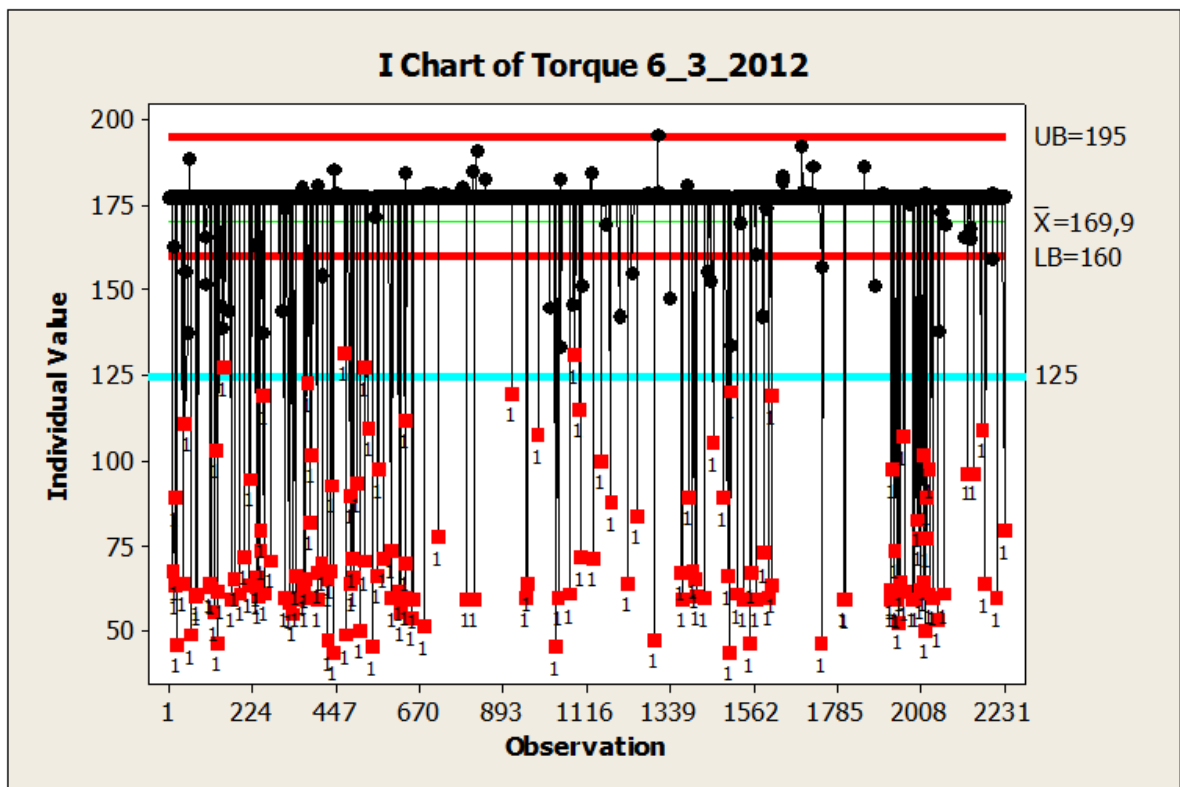
Tab. 7 – Přehled nastalých chyb v procesu chasis marriage ze dne 5. 3. 2012

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Result	Criteria	Repair Time (sec)	Frequency	Total Repair Time (min)
NG: High	>195	480	1	8,00
NG: Low_1	160-125	20	22	7,33
NG: Low_2	<125	100	133	221,67
<b>Total</b>		600	156	<b>237,00</b>

V následujících dnech tomu bylo podobně. Regulační diagramy ukazují, že se jedná o nestabilní proces.

Níže uvedený regulační diagram spolu s orientační tabulkou popisují, jaký byl průběh procesu v úterý 6. 3. 2012. Jestliže překročily hodnoty měření stanovené meze 195 a 160, jednalo se o chybné pochody v procesu chasis marriage.



Obr. 11 - Regulační diagram pro veškeré naměřené hodnoty ze dne 6. 3. 2012

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

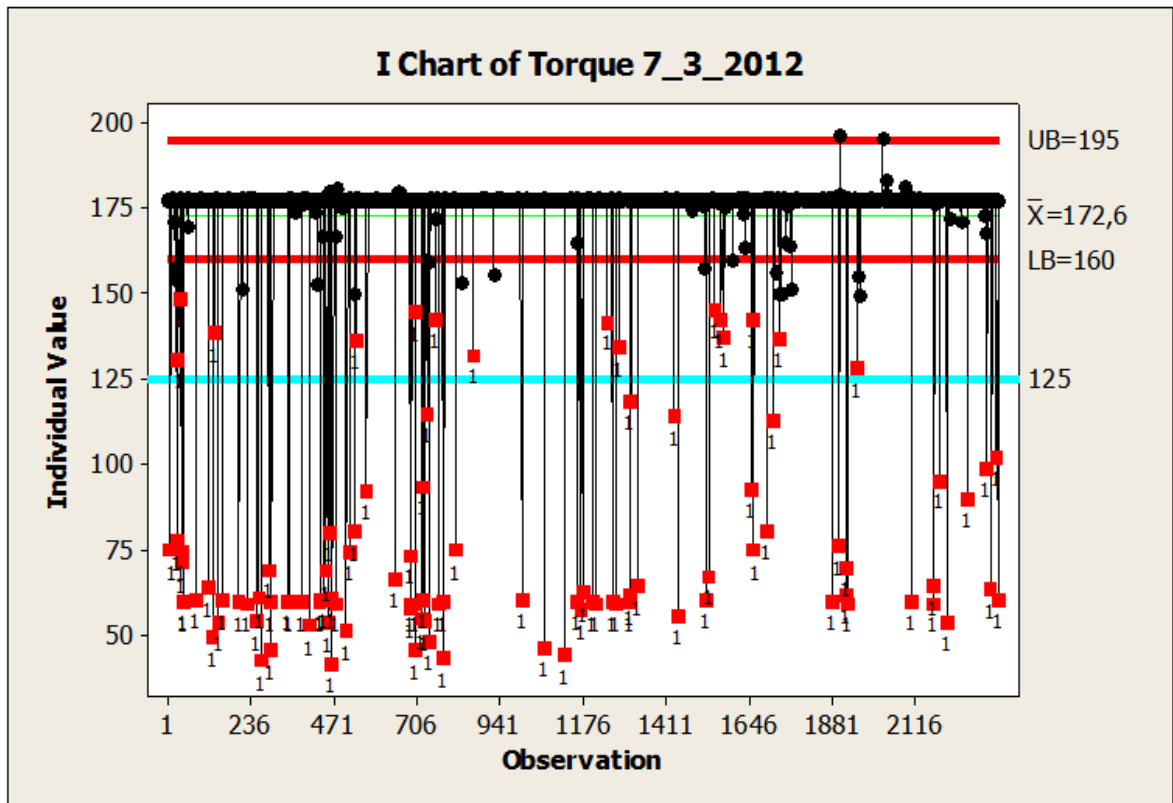
V tento den trvala oprava chybných procesů cca 4 hodiny a 20 minut. Celkově došlo k 174 chybným pochodům v procesu chasis marriage, z nichž pouze jednou došlo k přesahu hranice 195 naměřené hodnoty. V tomto případě se jednalo o tzv. stržený závit šroubu a jeho oprava trvala 8 min.

Tab. 8 – Přehled nastalých chyb v procesu chasis marriage ze dne 6. 3. 2012

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Result	Criteria	Repair Time (sec)	Frequency	Total Repair Time (min)
NG: High	>195	480	1	8,00
NG: Low_1	160-125	20	28	9,33
NG: Low_2	<125	100	145	241,67
<b>Total</b>		600	174	<b>259,00</b>

Níže uvedený regulační diagram spolu s orientační tabulkou popisují, jaký byl průběh procesu ve středu 7. 3. 2012. Hodnotové překročení mezi 195 a 160 znamenalo chybné pochody v procesu chasis marriage a bylo nutné tyto chyby odstranit.



Obr. 12 – Regulační diagram pro veškeré naměřené hodnoty ze dne 7. 3. 2012

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

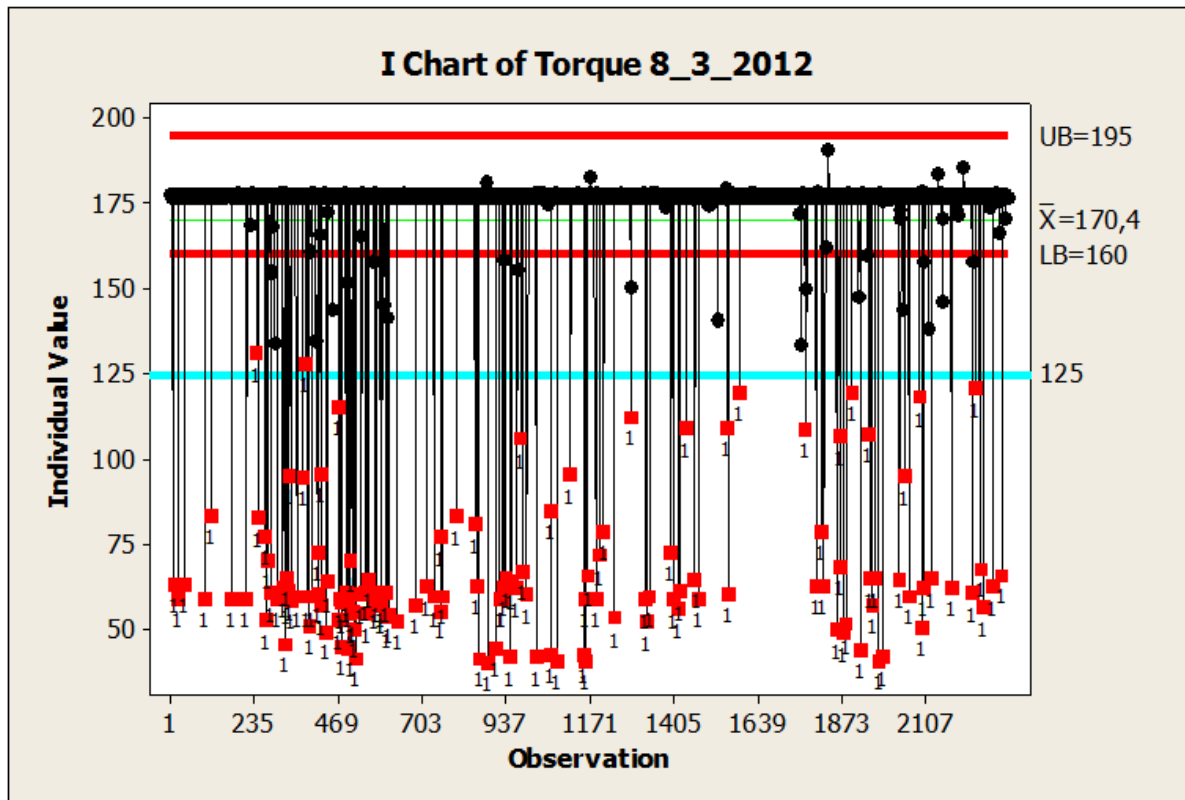
V tomto dni došlo celkem k 121 chybám, přičemž jejich oprava podniku zabrala cca 2,75 hodiny. Jednalo se o nejmenší počet chybných pochodů v procesu chasis marriage za den měření vzhledem k ostatním dnům měření. Opět zde byl největší podíl naměřených hodnot menších než 125, tedy nejvíce docházelo k chybě zvané „vysoký moment“. Opět jsem zde zaznamenala jednu chybu „stržený závit“, jejíž oprava trvala podniku HMMC, s.r.o. celých 8 min a musela být provedena až na konci výrobního procesu – v tzv. depu.

Tab. 9 – Přehled nastalých chyb v procesu chasis marriage ze dne 7. 3. 2012

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Result	Criteria	Repair Time (sec)	Frequency	Total Repair Time (min)
NG: High	>195	480	1	8,00
NG: Low_1	160-125	20	31	10,33
NG: Low_2	<125	100	89	148,33
<b>Total</b>		600	121	<b>166,67</b>

To, jak vypadal průběh procesu chasis marriage pro zvolený typ automobilu ve čtvrtek 8. 3. 2012, popisuje níže uvedený regulační diagram spolu s orientační tabulkou. Jestliže se naměřená hodnota pohybovala mezi hodnotami 195 a 160, jednalo se o bezchybný pochod v procesu chasis marriage a nebylo potřeba provádět opravy.



Obr. 13 – Regulační diagram pro veškeré naměřené hodnoty ze dne 8. 3. 2012

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

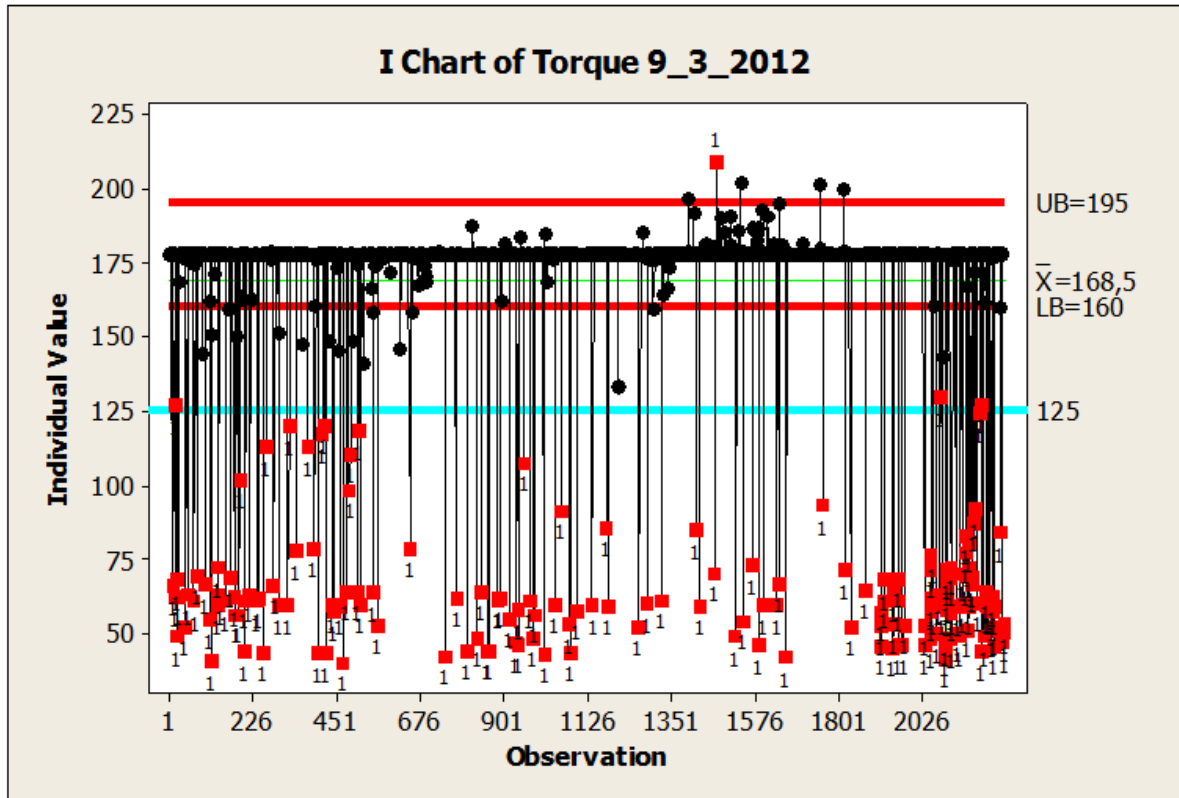
Celkově došlo ve čtvrtek 8. 3. 2012 k 160 chybným pochodům v procesu chasis marriage, z nichž ani jednou nedošlo k přesahu hranice 195 naměřené hodnoty, nebyla tedy potřeba opravy „strženého závitu“ v „depu“. Naopak nejmarkantnější byl počet chyb „vysoký moment“ a jen jejich oprava podniku trvala skoro 4 hodiny, což se velmi blíží k celkové době oprav chybných pochodů v procesu chasis marriage za daný den měření.

Tab. 10 – Přehled nastalých chyb v procesu chasis marriage ze dne 8. 3. 2012

(Zdroj: Vlastní zpracování)

Result	Criteria	Repair Time (sec)	Frequency	Total Repair Time (min)
NG: High	>195	480	0	0,00
NG: Low_1	160-125	20	23	7,67
NG: Low_2	<125	100	137	228,33
<b>Total</b>		600	160	<b>236,00</b>

Naměřené hodnoty z pátku 9. 3. 2012 a celkový průběh procesu chasis marriage v tento den měření znázorňuje níže uvedený regulační diagram spolu s orientační tabulkou. Stanovené hodnotové kritéria pro bezchybný proces se pohybují v mezích hodnot 160 až 195.



Obr. 14 – Regulační diagram pro veškeré naměřené hodnoty ze dne 9. 3. 2012

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

V tomto dni došlo celkem k 192 chybám, podnik k odstranění těchto chybných procesů potřeboval cca 5,5 hodin, což představuje největší celkovou denní dobu oprav za všechny analyzované dny měření. Největší počet chybných procesů opět představoval „vysoký moment“, oprava trvala cca 4,5 hodiny. Alarmující je také počet „stržených závitů šroubu“, k této chybě došlo až 5 krát více než bylo ve sledovaných dnech „obvyklé“. Domnívám se, že je to částečně způsobeno také tím, že se jedná o pátek, jakožto den před víkendem.

Tab. 11 – Přehled nastalých chyb v procesu chasis marriage ze dne 9. 3. 2012

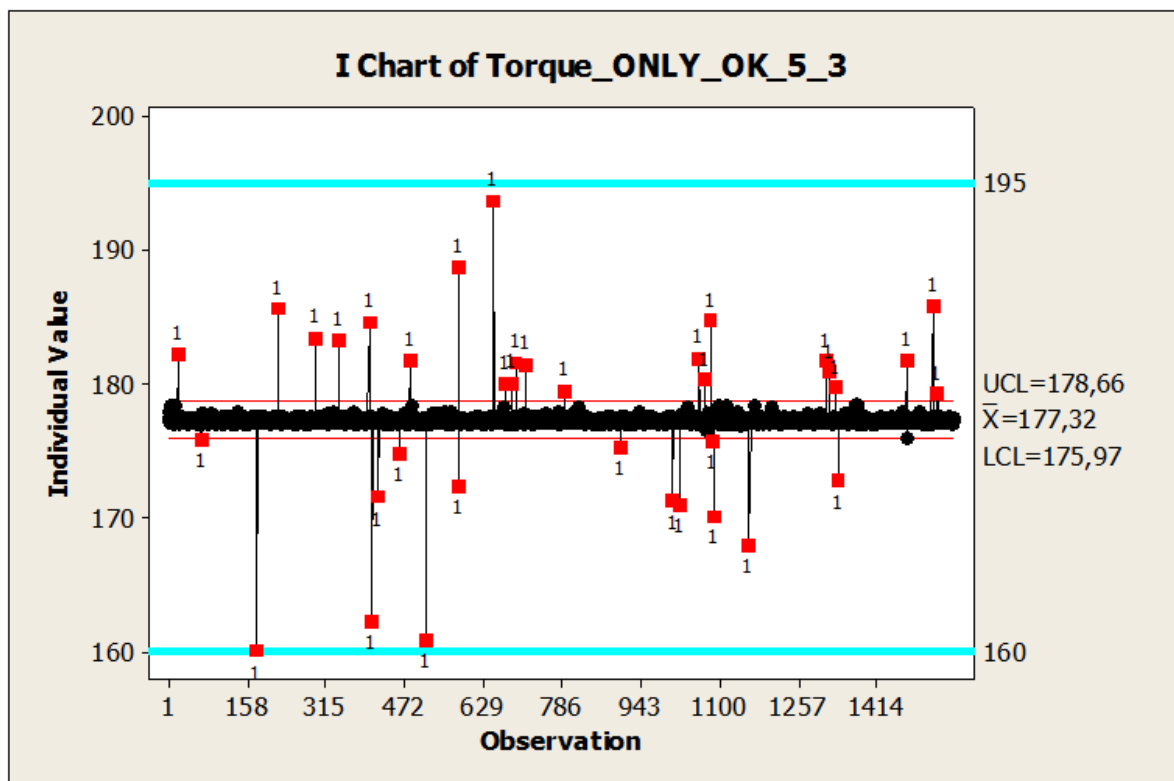
(Zdroj: Vlastní zpracování)

Result	Criteria	Repair Time (sec)	Frequency	Total Repair Time (min)
NG: High	>195	480	5	40,00
NG: Low_1	160-125	20	20	6,67
NG: Low_2	<125	100	167	278,33
<b>Total</b>		600	192	<b>325,00</b>

### 3.3 Diagnostika pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage

Uvedené regulační diagramy v této kapitole znázorňují průběh procesu chasis marriage, co se naměřených hodnot týče, ale v tomto případě jsem se zabývala pouze bezchybnými procesy. Pro názornost jsem si zvolila pouze 3 dny měření, a to pondělí 5. 3. 2012, středu 7. 3. 2012 a pátek 9. 3. 2012, neboť ve zbylých dvou dnech zde nastala v procesu velmi podobná situace. Jedná se tedy o pochody v procesu, jejichž naměřené hodnoty se pohybují v kritériu od 160 do 195, není zde potřeba oprav, ale přesto je zajímavé sledovat, k jakým výkyvům v naměřených hodnotách v této části procesu dochází.

Níže uvedený regulační diagram zohledňuje měření z pondělí 5. 3. 2012.

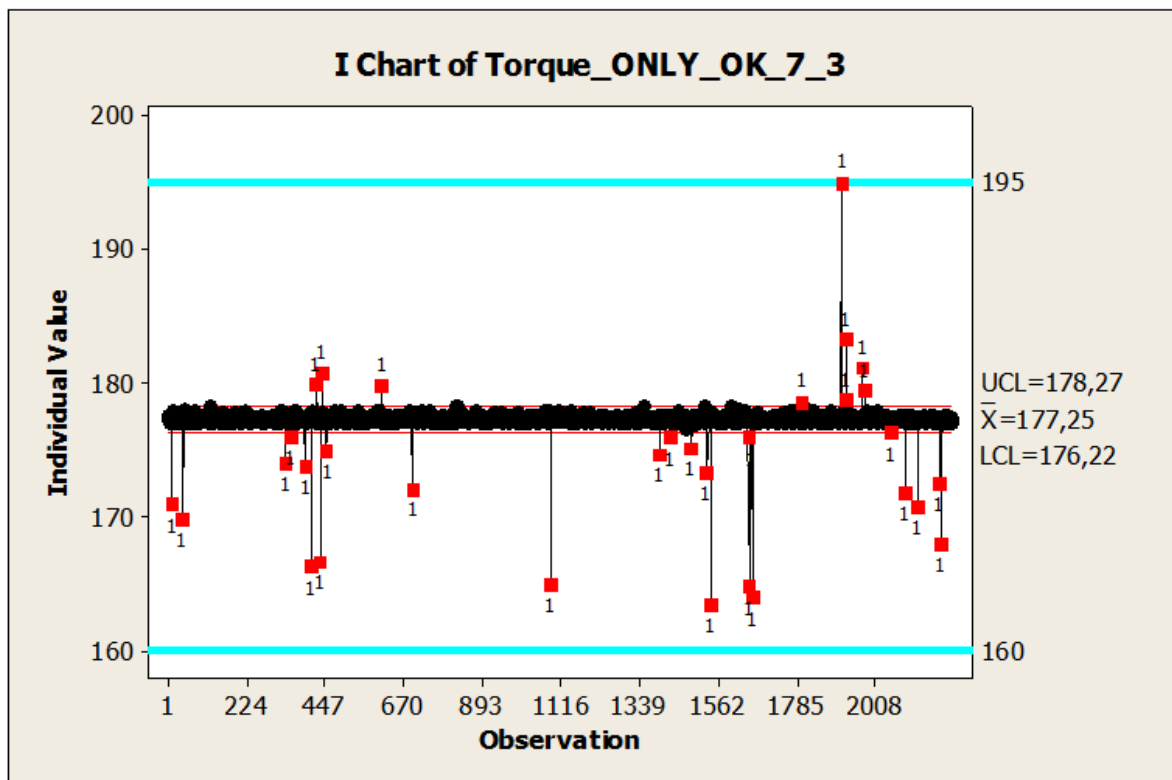


Obr. 15 - Regulační diagram pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage ze dne 5. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

Z hlediska USL (Upper-Specified Limit) se proces v pondělí 5. 3. 2012 nachází ve statisticky zvládnutelném stavu. Co se týká bezvadných pochodů v procesu chasis marriage, proces je vysoce stabilní až na několik podezřelých (limitních) zaznamenaných měření. Vyskytly se zde čtyři extrémní hodnoty, které se blížily mezím, tři z nich se blížily kritériu 160 a jedna z nich byla blízko meze 195.

Ideální pro stabilní chod procesu je hodnota měření z intervalu  $k \in (\bar{x}; USL)$ , kde  $k$  je naměřená hodnota. Čím blíže se tedy naměřené hodnoty v pondělí 5. 3. 2012 pohybují okolo  $\bar{x} = 177,32$ , tím se jedná o stabilnější proces.

V následujícím regulačním diagramu jsem promítla naměřené hodnoty pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage ze středy 7. 3. 2012.

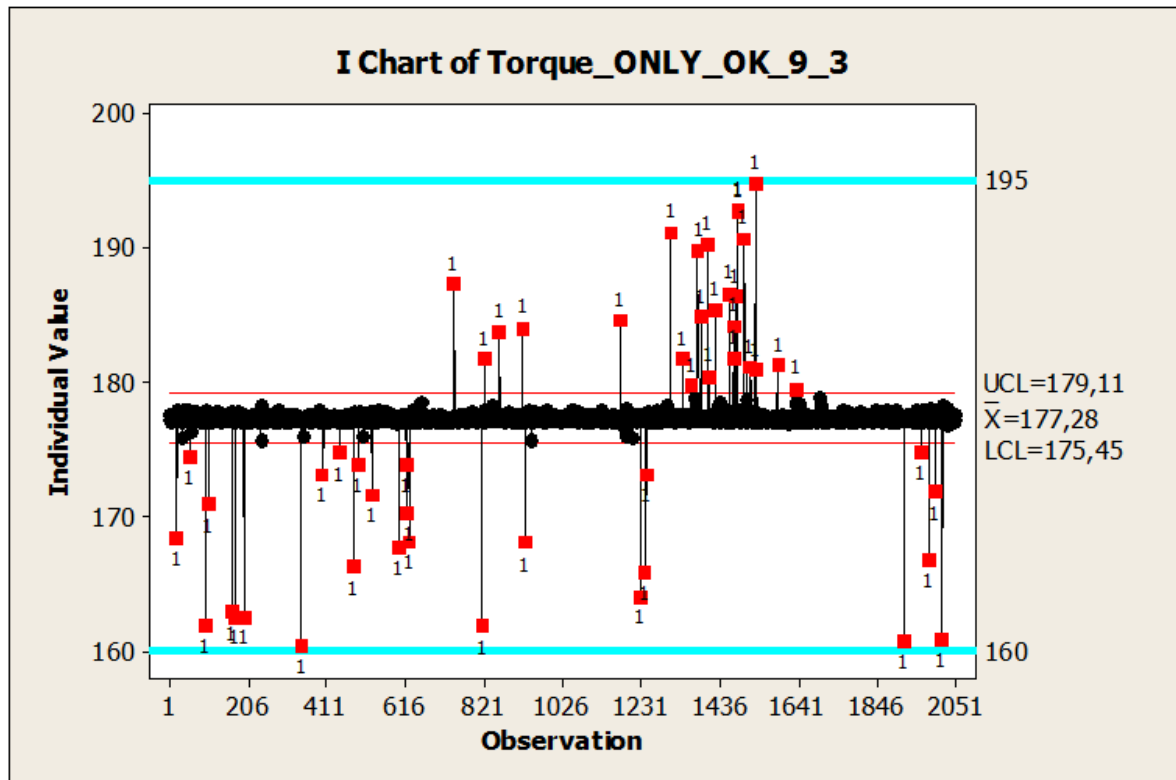


Obr. 16 - Regulační diagram pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage ze dne 7. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

Z hlediska USL (Upper-Specified Limit) se proces ve středu 7. 3. 2012 nachází ve statisticky zvládnutelném stavu. Co se týká bezvadných pochodů v procesu chasis marriage, proces je vysoce stabilní až na několik podezřelých (limitních) zaznamenaných měření. Vyskytla se zde pouze jedna extrémní hodnota, které se blížila ke stanoveným mezím, a to k horní mezi 195. V případě, že by tato naměřená hodnota byla byt' o něco vyšší, jednalo by se o chybu pracovní nazvanou „stržený závit šroubu“ a muselo by dojít k její opravě v „depu“. Odstranění této chyby by trvalo podniku celkem 8 min. Pouze několik naměřených hodnot se nepatrně blížilo k dolní mezi 160, nejednalo se ale ze statistického hlediska o tak extrémní hodnoty jako tomu bylo předchozí den.



Ideální pro stabilní chod procesu je hodnota měření z intervalu  $k \in (\bar{x} ; USL)$ , kde  $k$  je naměřená hodnota. Čím blíže se tedy naměřené hodnoty ve středu 7. 3. 2012 pohybují okolo  $\bar{x} = 177,25$ , tím lépe pro stabilitu procesu chasis marriage.



Obr. 17 - Regulační diagram pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage ze dne 9. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

Z hlediska USL (Upper-Specified Limit) lze říci, že se proces v pátek 9. 3. 2012 nachází ve statisticky zvládnutelném stavu. Co se týče bezvadných pochodů v procesu chasis marriage, proces je poměrně vysoce stabilní, ale zaznamenávám zde mnohem více podezřelých (limitních) zaznamenaných měření, než tomu bylo v předešlých dnech. Vyskytlo se zde poměrně velké množství extrémních hodnot, které se blížily ke stanoveným mezím, a to jak k horní mezi 195, tak k dolní mezi stanovené na úrovni 160. V případě, že by tyto naměřené hodnoty přesáhly stanovená kritéria, muselo by dojít k opravě a pochodů by byly označeny jako chybné.

Ideální pro stabilní chod procesu je hodnota měření z intervalu  $k \in (\bar{x} ; USL)$ , kde  $k$  je naměřená hodnota. Čím blíže se tedy naměřené hodnoty v pátek 9. 3. 2012 pohybují okolo  $\bar{x} = 177,28$ , tím je to lepší pro stabilitu procesu chasis marriage.

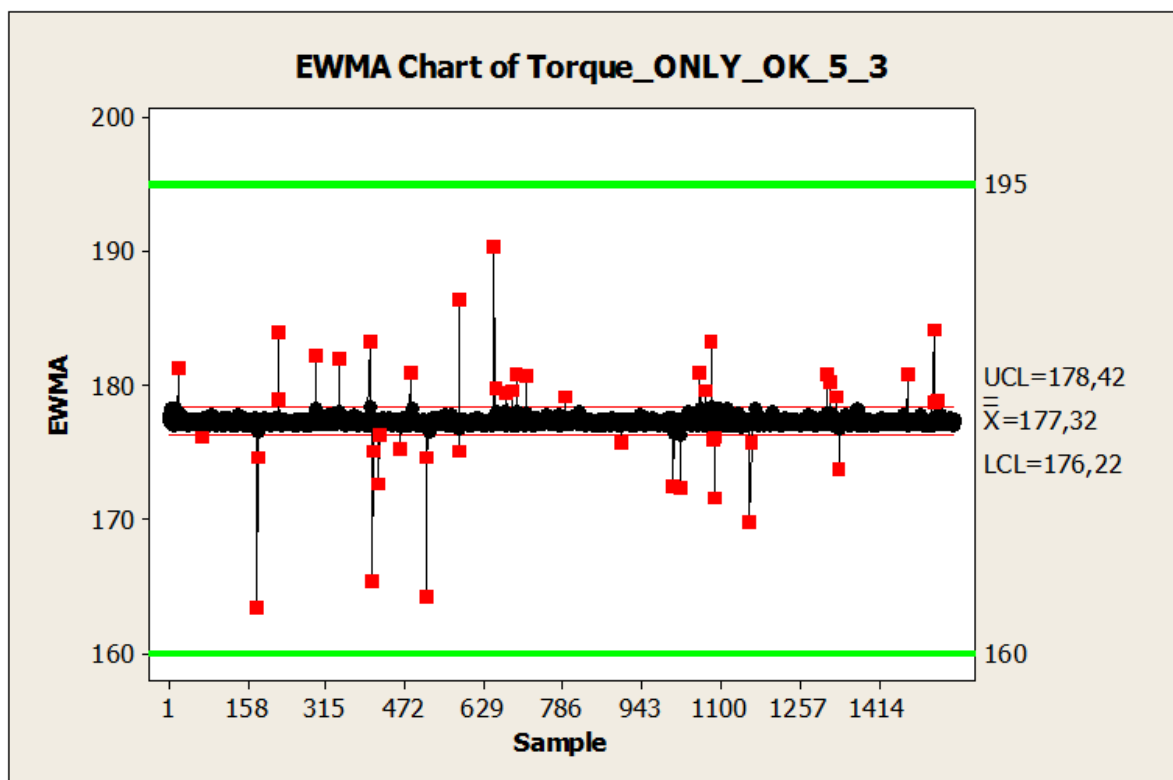
## 4 REGULAČNÍ DIAGRAM EWMA

Regulační diagram EWMA odstraňuje mírnou autokorelaci v datech, která se v klasickém Shewhartově regulačním diagramu projeví vysokou variabilitou individuálních hodnot. Použití EWMA diagramu podporuje fakt zjištěný z (Montgomery, 2006) o tom, že EWMA diagram je o mnoho stabilnější při porušení normality dat a hodí se tak velmi dobře k aplikaci na autokorelované procesy.

Došla jsem tedy k závěru, že je vhodnější použít regulačních diagramů EWMA pro popis variability v daném procesu zaměřeném na pouze bezchybné pochody.

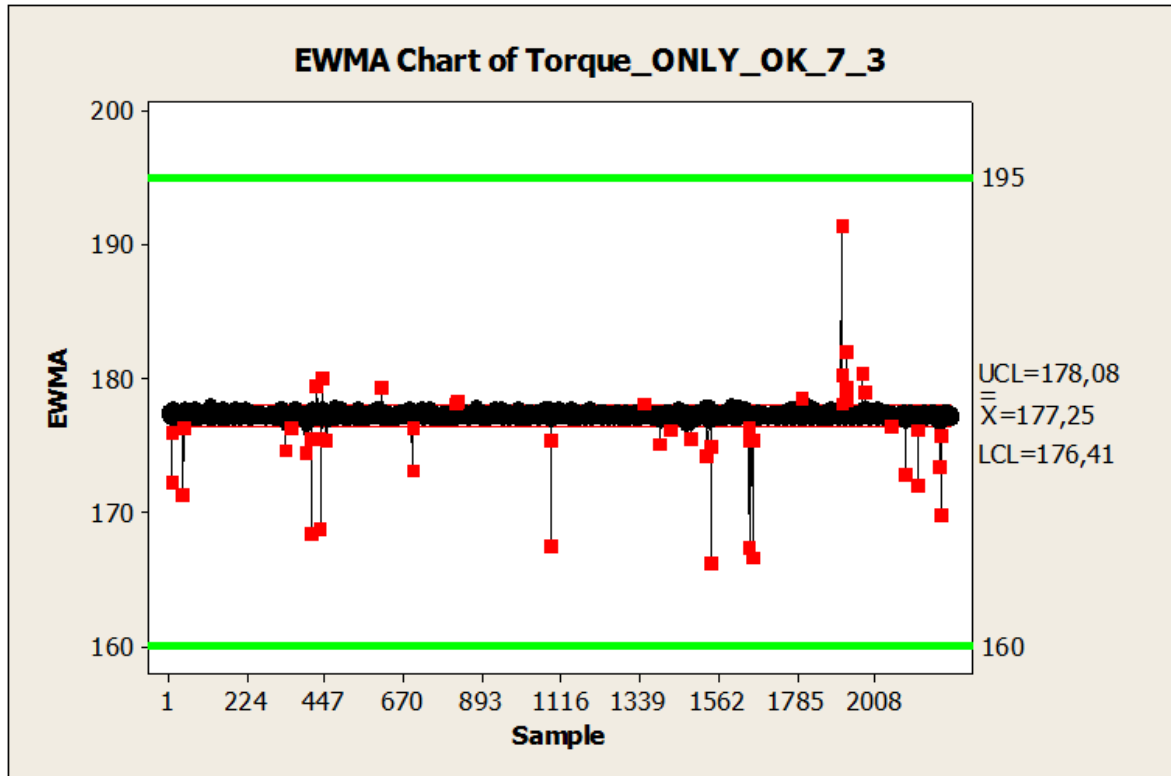
Pro názornost jsem si zvolila pouze 3 dny měření, a to pondělí 5. 3. 2012, středu 7. 3. 2012 a pátek 9. 3. 2012, neboť ve zbylých dvou dnech zde nastala v procesu velmi podobná situace.

Níže uvedený regulační diagram EWMA popisuje pouze bezchybné pochody v procesu chasis mariage z pondělí 5. 3. 2012.



Obr. 18 - Regulační diagram EWMA pro pouze bezchybné hodnoty procesu ze dne 5. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

Využitím regulačního diagramu EWMA pro analýzu pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage z pondělí 5. 3. 2012 jsem dosáhla patrného snížení rozptylu procesu, tím pádem se zde uvolnil prostor pro zúžení regulačních mezí tohoto procesu.



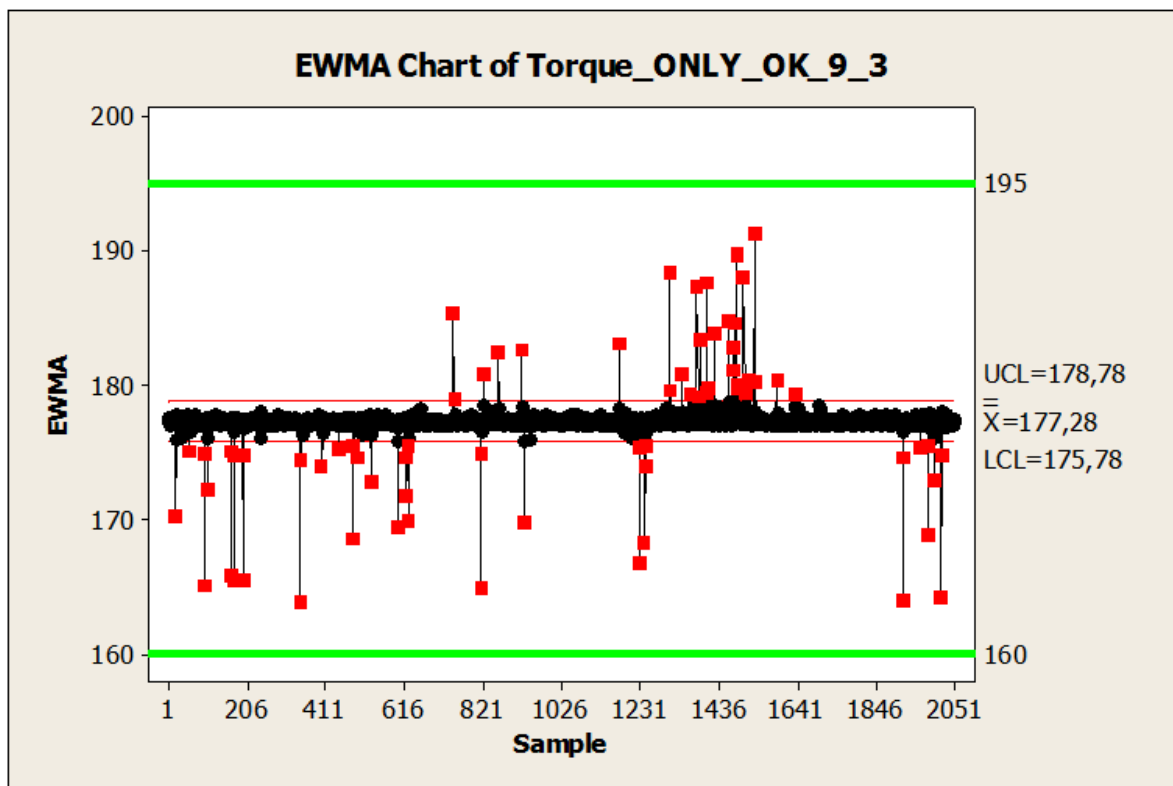
Obr. 19 - Regulační diagram EWMA pro pouze bezchybné hodnoty procesu ze dne 7. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

Níže uvedený regulační diagram EWMA popisuje pouze bezchybné pochody v procesu chasis marriage ze středy 5. 3. 2012.

Z obrázku je patrné, že se opět jedná o vysoce stabilní proces, akorát se zde vyskytuje pouze jedna naměřená hodnota, která se extrémně blíží k regulační mezi o hodnotě 195.

Využitím regulačního diagramu EWMA pro analýzu pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage ze středy 7. 3. 2012 jsem (stejně tak jako u předchozí analýzy z pondělí 5. 3. 2012) dosáhla patrného snížení rozptylu procesu, což napomáhá k uvolnění prostoru pro potřebné zúžení stanovených regulačních mezí tohoto procesu.

V následujícím regulačním diagramu EWMA jsem promítla naměřené hodnoty pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage z pátku 9. 3. 2012.



Obr. 20 - Regulační diagram EWMA pro pouze bezchybné hodnoty procesu ze dne 9. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16)

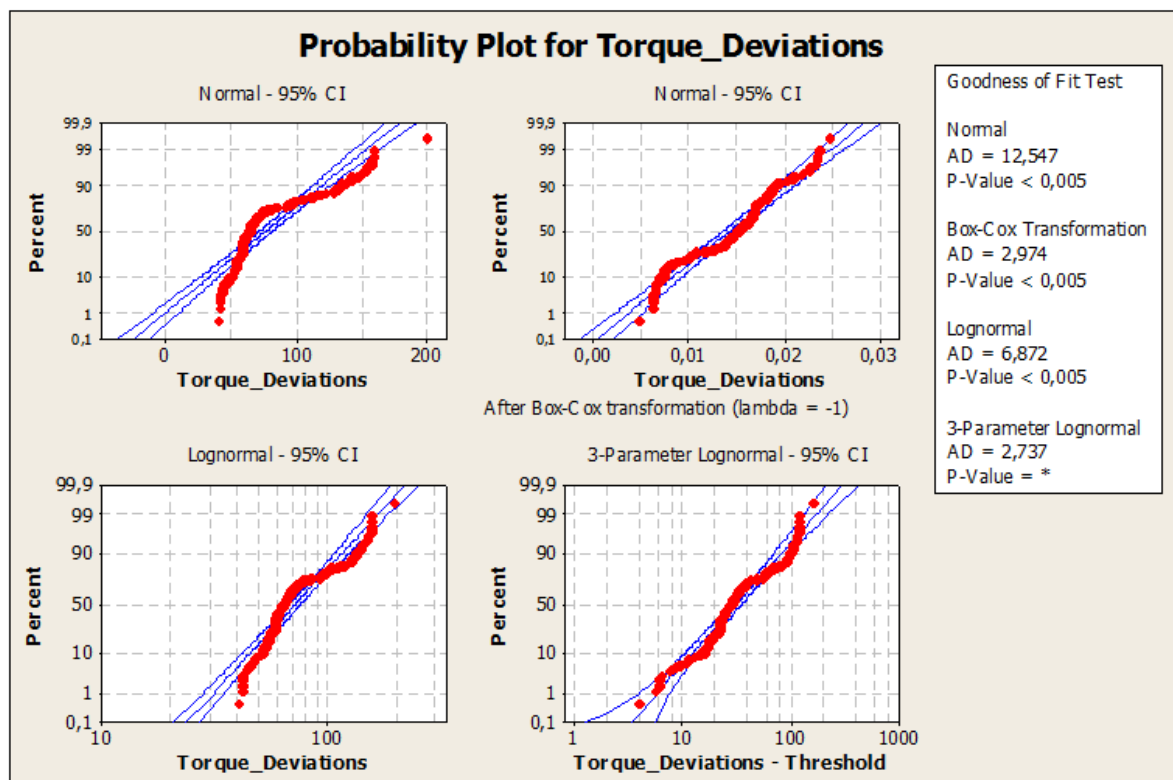
Z výše uvedené aplikace regulačního diagramu EWMA je zřetelné, že se opět jedná o poměrně stabilní proces, akorát ve srovnání s ostatními dny analýzy pomocí EWMA diagramu se zde vyskytuje mnohem větší množství extrémnějších odchylek od středních hodnot. Domnívám se, že je toto částečně způsobeno také tím, že se jedná o pátek, jakožto den před víkendem.

Využitím regulačního diagramu EWMA pro analýzu pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage z pátku 9. 3. 2012 jsem (stejně tak jako u předchozí analýzy ze středy 7. 3. 2012) dosáhla patrného snížení rozptylu procesu, což napomáhá k uvolnění prostoru pro potřebné zúžení stanovených regulačních mezí tohoto procesu.

## 5 IDENTIFIKACE ROZDĚLENÍ – SHODA TEORETICKÉHO A EMPIRICKÉHO ROZDĚLENÍ

V následující analýze jsem se zabývala, o jaké rozdělení se v naměřených hodnotách z procesu chasis marriage jedná. Dále jsem pomocí této analýzy určila, jakým způsobem bude pro podnik nejvhodnější řešit stabilizaci rozptylu.

Níže uvedené grafy jsou sestaveny na základě zahrnutí pouze chybných pochodů v procesu chasis marriage (odtud „deviations“).



Obr. 21 – Identifikace rozdělení v programu Minitab 16

Z grafů je patrné, že můžeme tato data aproximovat dvou-parametrickým lognormálním nebo loglogistickým rozdělením namísto užitého tří-parametrického lognormálního a loglogického rozdělení patrného z výše uvedeného grafu vpravo dole a z nízké hodnoty AD kritéria.

Z toho plyne, že stabilizaci rozptylu bude nejvhodnější řešit logaritmickou transformací.

Dospěla jsem tedy ke zjištění, že nejvhodněji tyto odchylky od kontrolních mezí vystihuje dvou-parametrické lognormální a loglogistické rozdělení – přirozená povaha nějakého unikátního procesu.

## ZÁVĚR

Za cíl své bakalářské práce jsem si stanovila popis využití statistických metod ve výrobním procesu daného podniku. Výrobní podnik HMMC, s.r.o. podniká v automobilovém průmyslu, a proto je pro něj použití matematicko-statistických metod jako nástrojů řízení a zlepšování procesu výroby v dnešním vysoce konkurenčním prostředí více než žádoucí.

Použití metod statistické regulace podniku slouží k monitorování chybných pochodů ve výrobním procesu. Ke své statistické analýze jsem využila podnikem HMMC, s.r.o. poskytnutá data z pětidenního měření utahování šroubů v procesu chasis marriage, kde docházelo k prvnímu spojení podvozku automobilu spolu s karosérií. Troufám si říci, že se jedná o jeden z nejobtížnějších a také nejdůležitějších procesů v celém podniku, proto by mu měla být věnována patřičná pozornost ze strany managementu.

Aplikací klasických Shewhartových diagramů na jeden zvolený typ vyráběného automobilu jsem zjistila, že tento proces není úplně zcela stabilní a dochází v něm k častým chybným pochodům, a to buďto k nedotahu (dvojitý typ – vysoký, nízký moment) nebo k přetahu (stržený závit šroubu). Tyto chyby je třeba odstranit, a to buďto ihned na místě, pokud se jedná o méně závažnou chybu, nebo až na konci celého výrobního procesu v „depu“, kde se odstraňovaly především stržené závity šroubu při přetahu, což podniku trvá v průměru 8 min na každou jednu opravu tohoto typu. Ve své analýze jsem zjistila, že v průměru se podnik zabývá opravami chybných pochodů jen v tomto jednom zvoleném procesu celé 4 hodiny denně. Při tak velkém objemu produkce cca 1300 vyrobených automobilů denně je to poměrně vysoké číslo, a to i s ohledem na to, že jsem zkoumala pouze jeden vyráběný typ automobilu ze čtyř. Z tohoto důvodu doporučuji podniku především se tímto procesem více zabývat a začít více využívat metody SPC (statistické regulace procesů), neboť by mu to mohlo ušetřit nemalé náklady, a tím zvýšit celkovou produkci a v konečném důsledku i ziskovost.

Dále jsem ve své bakalářské práci analyzovala pouze bezchybné pochody v procesu chasis marriage, tedy hodnoty měření se pohybovaly ve stanovených mezích pro zvolený typ automobilu, a to 160 – 195. Nejprve jsem na tyto hodnoty implikovala klasické Shewhartovy diagramy, ze kterých bylo patrné, že i zde jsou občasné extrémní hodnoty pohybující se přímo na hranici mezí. Domnívám se, že v případě „skoropřetahu“ v tomto procesu to není ani tak závažný problém jako když se hodnoty nachází na hranici nedotahu, protože zde může dojít k pozdějšímu uvolnění šroubu. Ovšem využitím EWMA diagramů, které jsou

citlivější než Shewhartovy, jsem dosáhla snížení rozptylu procesu chasis marriage, tím pádem je zde větší prostor pro snížení regulačních mezí. Přenastavení daného procesu tímto způsobem je v souladu s konceptem Six Sigma ze statistického pohledu. Z výše uvedených důvodů doporučuji také podniku, aby zvážil přenastavení, tedy zúžení mezí stanovených pro bezchybnost procesu chasis marriage. Především tedy hodnoty dolní meze 160, neboť například hodnota 159,9 již znamená nedotáhnutý šroub.

Dalším faktorem výrobního procesu chasis marriage, který je pro celkový hladký průběh tohoto procesu velmi důležitý, je jeho fyzická náročnost. Domnívám se, že hlavním důvodem chybných pochodů v tomto procesu je lidská chyba. Toto může být způsobeno především určitou nepozorností z únavy. Pracovník na lince je po většinu času v záklonu a má vztyčené ruce, neboť se šrouby utahují ze spodní části podvozku. Zkoumala jsem i časový rozvrh práce v třísměnném provozu v podniku HMMC, s.r.o., pracovník tedy například na začátku směny pracuje nepřetržitě za výše uvedených podmínek 2 hodiny v kuse a poté má 10 min pauzu. Proto podniku HMMC, s.r.o. doporučuji zvážit i tento faktor, zda by nebylo vhodnější stanovit více přestávek v průběhu, byť by byly o něco kratší.

Jak jsem již uvedla výše ve své práci, použití adekvátních statistických metod je pro společnost z hlediska efektivity velmi žádoucí a návratnost investic vložených do určité statistické regulace procesu velmi rychlá. Navíc v souvislosti s hromadnou výrobou automobilů podniku HMMC, s.r.o. by i minimální zlepšení ve výrobních procesech vedlo k poměrně velkému zvýšení produkce.

Na závěr bych chtěla konstatovat, že poměrnou náročností daného tématu, jsem se přiblížila podnikové praxi a jsem přesvědčena o tom, že poznatky a zkušenosti nabyté při vypracování bakalářské práce v podniku HMMC, s.r.o. využiji i v budoucnu, neboť pro mě byly opravdu velkým přínosem.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

BASS, Issa. *Six Sigma Statistics with Excel and Minitab*. 1. ed. United States of America: The McGraw-Hill Companies, 2007. 374 s. ISBN 978-0-07-148969-0.

ČSN ISO 7870 *Regulační diagramy – Obecné pokyny a úvod*. Praha: ČNI, 1995.

ČSN ISO 8258 *Shewhartovy regulační diagramy*. Praha: ČNI, 1993.

HŮLOVÁ, M, JAROŠOVÁ, E. *Statistické metody v managementu kvality, environmentu a bezpečnosti*. 2. vyd. Praha: Ediční oddělení VŠE, 2001. 119 s. ISBN 80-245-0251-8.

HYUNDAI MOTOR MANUFACTURING CZECH, ©2012. Hyundai-motor.cz [online]. [cit. 2012-03-24]. Dostupné z <http://www.hyundai-motor.cz/index.php?rubrika=basic-info>.

IHNED, ©2012. ihned.cz [online]. [cit. 2012-03-24]. Dostupné z <http://life.ihned.cz/auto/c1-51476920-hyundai-i30-1-4-cvvt-trikolor-v-testu-pan-domaci-se-predstavuje>.

INTERNÍ MATERIÁLY FIRMY.

KOVÁŘÍK, Martin a KLÍMEK, Petr. *Počet pravděpodobnosti a matematická statistika s aplikacemi v programu XLStatistics*. 1. vyd. Bučovice: Martin Stříž, 2009. 270 s. ISBN 978-80-87106-24-2.

KOVÁŘÍK, Martin. *Projekt zavedení statistické regulace jakosti v podniku Tegü Vuko, s.r.o. Zlín*, 2007. 155 s. Diplomová práce. UTB ve Zlíně.

KOVÁŘÍK, Martin a KLÍMEK, Petr. *Využití matematicko-statistických metod v řízení kvality*. 1. vyd. Žilina: Georg, 2011. 218 s. ISBN 978-80-89401-54-3.

KUPKA, K. *Statistické řízení jakosti*. 1. vyd. Pardubice: TriloByte, 2001. 191 s. ISBN 80-238-1818-X.

MELOUN, Milan a MILITKÝ, Jiří. *Kompendium statistického zpracování dat*. 2. vyd. Praha: Academia, 2006. 982 s. ISBN 80-200-1396-2.

MONTGOMERY, Douglas C. *Introduction to Statistical Quality Control*. 6. ed. United States of America: John Wiley & Sons, 2009. 734 s. ISBN 978-0-470-16992-6.

NENADÁL, J. a kol. *Moderní systémy řízení jakosti*. 2. vyd. Praha: Management Press, 2002. 282 s. ISBN 80-7261-071-6002.

TOŠENOVSKÝ, J., NOSKIEVIČOVÁ, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1. vyd. Ostrava: Montanex, a.s., 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.



VÁCLAVEK, J. *Statistická regulace výrobních procesů*. 1. vyd. České Budějovice: Bartoň QSV, 1996. 174 s. ISBN 80-902236-0-5.

ZMATLÍK, J. *Trendy pro manažery, Ekonomika a management: Shewhartovy regulační diagramy a jejich účinnost*. Automatizace. 2006, roč. 49, č. 2, s. 74.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CL	Střední průměr
ČSN	Česká státní norma
ISO	Mezinárodní organizace pro standardizaci
LCL	Dolní regulační mez
LWL (LSL)	Dolní výstražná mez
SPC	Statistické řízení procesů (Statistical Process Control)
UCL	Horní regulační mez
UWL (USL)	Horní výstražná mez

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Základní struktura regulačního diagramu (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 74) .....	16
Obr. 2 – Shewhartův diagram (Zdroj: Kovářik, 2007, s. 41) .....	20
Obr. 3 – Příklad EWMA diagramu pro pouze bezchybné pochody v procesu (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16).....	28
Obr. 4 – Toleranční pole indexu $C_p$ (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, str. 149) .....	30
Obr. 5 – Toleranční pole indexu $C_{pk}$ (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 149) .....	30
Obr. 6 – Toleranční pole indexu $C_{pm}$ (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 150) .....	31
Obr. 7 – Plán podniku HMMC, s.r.o. v Průmyslové zóně Nošovice (Zdroj: hyundai-motor.cz, ©2012) .....	34
Obr. 8 – Jednoduché schéma managementu se zaměřením na divizi administrativy (Zdroj: hyundai-motor.cz, ©2012) .....	35
Obr. 9 - Exploratorní analýza pro ověření normality dat pro naměřené hodnoty (Zdroj: vlastní zpracování v programu Minitab 16) .....	41
Obr. 10 – Regulační diagram pro veškeré naměřené hodnoty ze dne 5. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16).....	42
Obr. 11 - Regulační diagram pro veškeré naměřené hodnoty ze dne 6. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16).....	43
Obr. 12 – Regulační diagram pro veškeré naměřené hodnoty ze dne 7. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16).....	44
Obr. 13 – Regulační diagram pro veškeré naměřené hodnoty ze dne 8. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16).....	45
Obr. 14 - Regulační diagram pro veškeré naměřené hodnoty ze dne 9. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16).....	46
Obr. 15 - Regulační diagram pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage ze dne 5. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16) .....	47
Obr. 16 - Regulační diagram pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage ze dne 7. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16) .....	48
Obr. 17 - Regulační diagram pouze bezchybných pochodů v procesu chasis marriage ze dne 9. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16) .....	49
Obr. 18 - Regulační diagram EWMA pro pouze bezchybné hodnoty procesu ze dne 5. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16).....	50

<i>Obr. 19 - Regulační diagram EWMA pro pouze bezchybné hodnoty procesu ze dne 7. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16).....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 20 - Regulační diagram EWMA pro pouze bezchybné hodnoty procesu ze dne 9. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování v programu Minitab 16).....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 21 – Identifikace rozdělení v programu Minitab 16.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 22 – Rozhodovací strom pro volbu klasického Shewhartova regulačního diagramu (Zdroj: Tošenovský a Noskiewičová, 2000, s. 169) .....</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 23 – Vývojový diagram procesu pro hodnocení způsobilosti (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 196) .....</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 24 – Zjednodušený plán výroby v podniku HMMC, s.r.o. z automobilového průmyslu (Zdroj: Interní zdroj firmy).....</i>	<i>70</i>

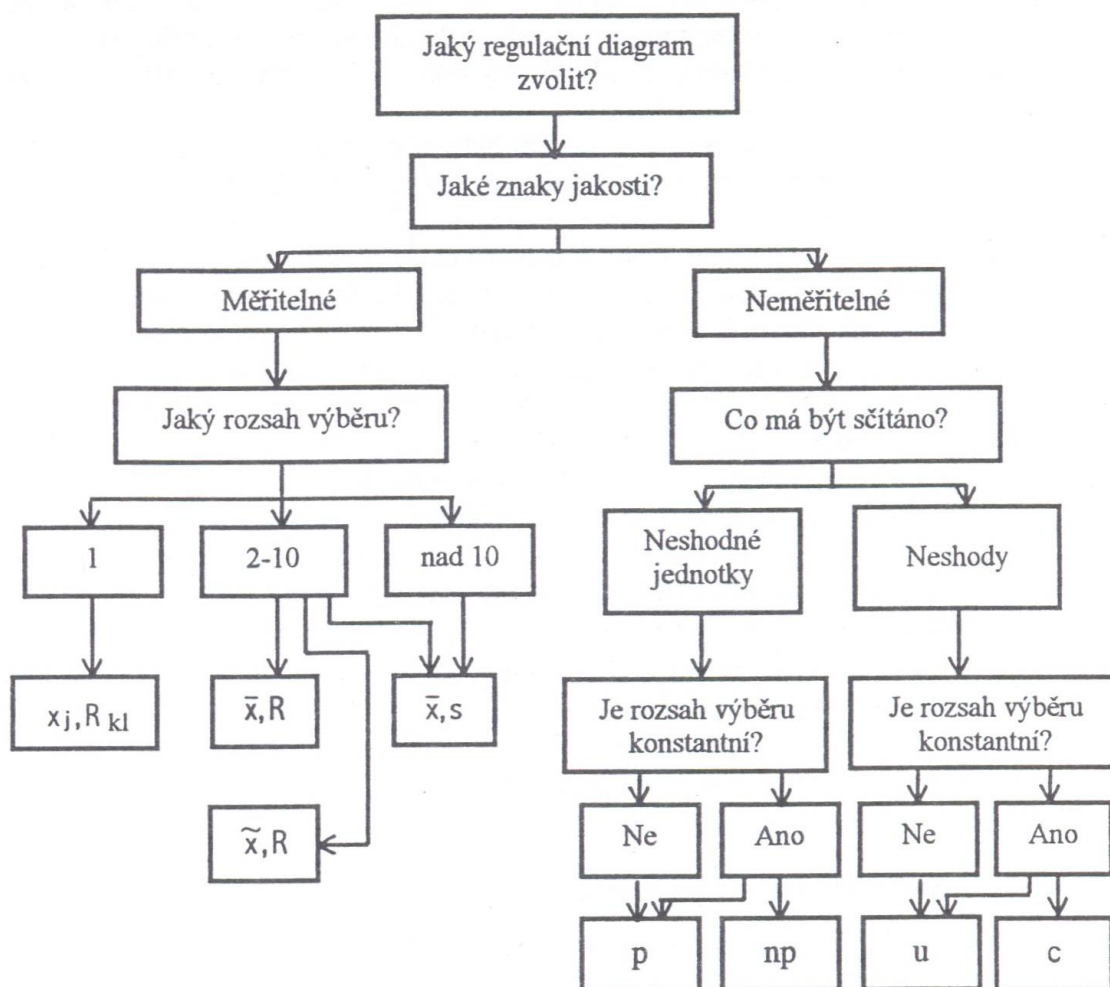
**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 – Členění regulačních diagramů podle vybraných hledisek (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 195) .....</i>	18
<i>Tab. 2 – Obecné údaje o HMMC, s.r.o. (Zdroj: hyundai-motor.cz, ©2012).....</i>	33
<i>Tab. 3 – Přehled současných i minulých vyráběných modelů v HMMC, s.r.o. (Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních materiálů firmy) .....</i>	36
<i>Tab. 4 – Koncepce poskytnutých dat podnikem HMMC, s.r.o. (Zdroj: Interní materiály firmy) .....</i>	37
<i>Tab. 5 – Přehled typů chyb při procesu chasis marriage s dobami k jejich odstranění (Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních materiálů firmy) .....</i>	39
<i>Tab. 6 – Časový rozvrh třísměnného nepřetržitého provozu v HMMC, s.r.o. (Zdroj: Vlastní zpracování na základě interních materiálů firmy) .....</i>	39
<i>Tab. 7 – Přehled nastalých chyb v procesu chasis marriage ze dne 5. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování) .....</i>	42
<i>Tab. 8 – Přehled nastalých chyb v procesu chasis marriage ze dne 6. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování) .....</i>	43
<i>Tab. 9 – Přehled nastalých chyb v procesu chasis marriage ze dne 7. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování) .....</i>	44
<i>Tab. 10 – Přehled nastalých chyb v procesu chasis marriage ze dne 8. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování) .....</i>	45
<i>Tab. 11 – Přehled nastalých chyb v procesu chasis marriage ze dne 9. 3. 2012 (Zdroj: Vlastní zpracování) .....</i>	46
<i>Tab. 12 – Nejčastěji používané testy nenáhodných seskupení (Zdroj: Tošenovský a Noskiewičová, 2000, s. 174).....</i>	64
<i>Tab. 13 – Součinitelé pro výpočet CL, LCL a UCL v klasických Shewhartových diagramech a jejich modifikacích (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 203).....</i>	66
<i>Tab. 14 – Kvantily rozdělení chi-kvadrát pro <math>\alpha = 0,00135</math> a <math>0,99865</math> (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 205) .....</i>	67
<i>Tab. 15 – Kritické hodnoty pro Shapiro-Wilkův test normality (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 197).....</i>	68
<i>Tab. 16 – Koeficienty pro S-W test normality dat (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 198) .....</i>	69

**SEZNAM PŘÍLOH**

- P I            Rozhodovací strom pro volbu klasického Shewhartova regulačního diagramu
- P II           Nejčastěji používané testy nenáhodných seskupení
- P III          Vývojový diagram procesu pro hodnocení způsobilosti
- P IV          Součinitelé pro výpočet CL, LCL a UCL v klasických Shewhartových diagramech a jejich modifikacích
- P V           Kvantily rozdělení
- P VI          Kritické hodnoty pro Shapiro-Wilkův test normality
- P VII         Koeficienty pro S-W test
- P VIII        Zjednodušený plán výroby v podniku HMMC, s.r.o.

**PŘÍLOHA P I: ROZHODOVACÍ STROM PRO VOLBU  
KLASICKÉHO SHEWHARTOVA  
REGULAČNÍHO DIAGRAMU**



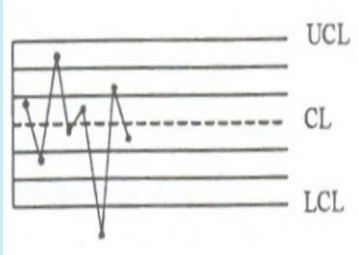
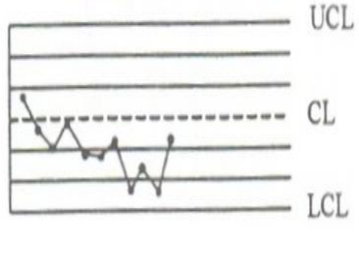
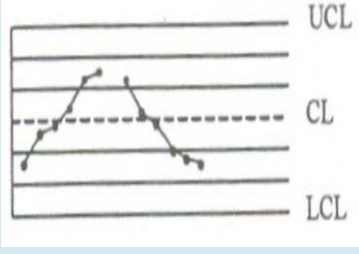
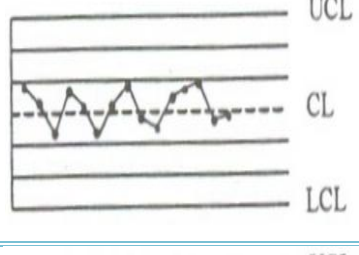
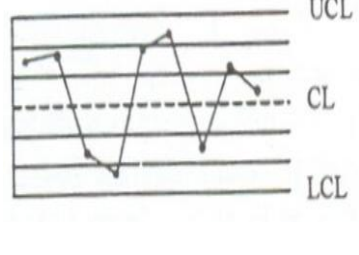
Obr. 22 – Rozhodovací strom pro volbu klasického Shewhartova regulačního diagramu

(Zdroj: Tošenovský a Noskievičová, 2000, s. 169)

## PŘÍLOHA II: NEJČASTĚJI POUŽÍVANÉ TESTY NENÁHODNÝCH SESKUPENÍ

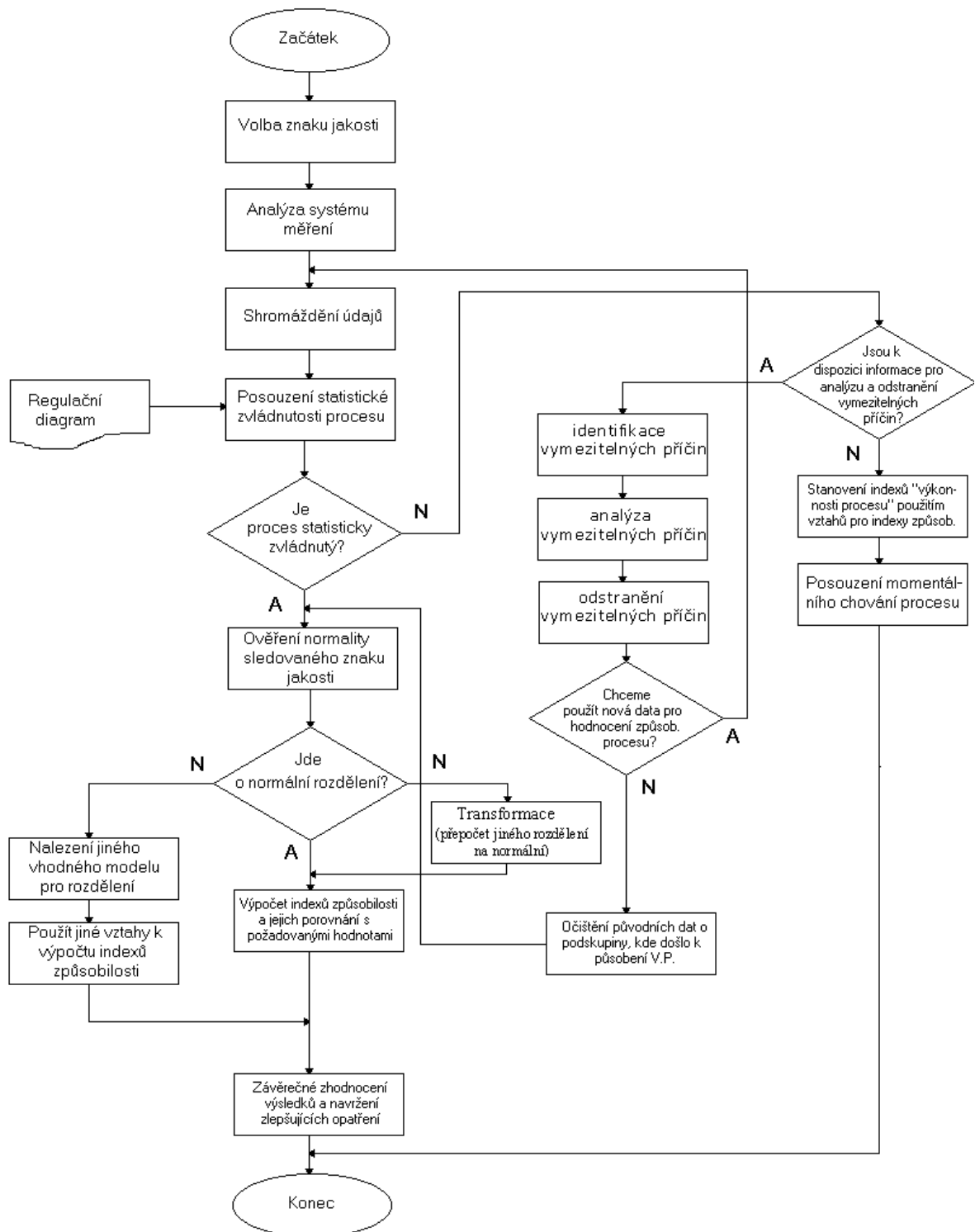
Tab. 12 – Nejčastěji používané testy nenáhodných seskupení

(Zdroj: Tošenovský a Noskievičová, 2000, s. 174)

Situace v regulačním dia- gramu	Popis	Možné vymezipitelné příčiny
	Body mimo regulační meze	<p><i>Regulační diagram (R)</i> – zvětšení rozptylu vlivem změny v prvcích procesu v daném okamžiku; změna měřidla, kontrolora; vylepšení dat.</p> <p><i>Regulační diagram (<math>\bar{x}</math>)</i> – proces se posunul právě u dané podskupiny; změna měřicího systému.</p>
	9 bodů za sebou leží nad CL nebo pod CL	<p><i>Regulační diagram (R)</i> – zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu; změna měřidla, kontrolora; vylepšení dat</p> <p><i>Regulační diagram (<math>\bar{x}</math>)</i> – změna měřidel, způsobu měření; změna prvků procesu.</p>
	6 bodů za sebou stoupá nebo klesá (trend)	<p><i>Regulační diagram (R)</i> – zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu; změna měřidla, kontrolora; vylepšení dat</p> <p><i>Regulační diagram (<math>\bar{x}</math>)</i> – opotřeбенé nástroje</p>
	15 bodů v řadě za sebou leží ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<i>Oba regulační diagramy</i> – nesprávně vypočtené meze; nesprávně zakreslené body; nesprávně kalibrované měřidlo; podskupiny obsahují výrobky ze dvou či více strojů; zlepšení procesu
	8 bodů za sebou leží na obou stranách CL, ale žádná ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<i>Oba regulační diagramy</i> – nesprávně vypočtené meze; nesprávně zakreslené body; nesprávně kalibrované měřidlo; podskupiny obsahují výrobky ze dvou či více strojů, v jednom výběru jsou výrobky z jednoho stroje; změny v procesu, v metodách měření



## PŘÍLOHA P III: VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROCESU PRO HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI



Obr. 23 – Vývojový diagram procesu pro hodnocení způsobilosti

(Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 196)

**PŘÍLOHA P IV: SOUČINITELÉ PRO VÝPOČET CL, LCL A UCL  
V KLASICKÝCH SHEWHARTOVÝCH  
DIAGRAMECH A JEJICH MODIFIKACÍCH**

*Tab. 13 – Součinitelé pro výpočet CL, LCL a UCL v klasických Shewhartových  
diagramech a jejich modifikacích (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 203)*

Rozsah pod- skupiny $n$	Součinitelé pro výpočet CL, LCL, UCL							
	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>
2	1,880	2,659	0,000	3,267	0,000	3,267	0,7979	1,128
3	1,023	1,954	0,000	2,568	0,000	2,574	0,8862	1,693
4	0,729	1,628	0,000	2,266	0,000	2,282	0,9213	2,059
5	0,577	1,427	0,000	2,089	0,000	2,114	0,9400	2,326
6	0,483	1,287	0,030	1,970	0,000	2,004	0,9515	2,534
7	0,419	1,182	0,118	1,882	0,076	1,924	0,9594	2,704
8	0,373	1,099	0,185	1,815	0,136	1,864	0,9650	2,847
9	0,337	1,032	0,239	1,761	0,184	1,816	0,9693	2,970
10	0,308	0,975	0,284	1,716	0,223	1,777	0,9727	3,078
11	0,285	0,927	0,321	1,679	0,256	1,744	0,9754	3,173
12	0,266	0,886	0,354	1,646	0,283	1,717	0,9776	3,258
13	0,249	0,850	0,382	1,618	0,307	1,693	0,9794	3,336
14	0,235	0,817	0,406	1,594	0,328	1,672	0,9810	3,407
15	0,223	0,789	0,428	1,572	0,347	1,653	0,9823	3,472
16	0,212	0,763	0,448	1,552	0,363	1,637	0,9835	3,532
17	0,203	0,739	0,466	1,534	0,378	1,622	0,9845	3,588
18	0,194	0,718	0,482	1,518	0,391	1,608	0,9854	3,640
19	0,187	0,698	0,497	1,503	0,403	1,597	0,9862	3,689
20	0,180	0,680	0,510	1,490	0,415	1,585	0,9869	3,735
21	0,173	0,663	0,523	1,477	0,425	1,575	0,9876	3,778
22	0,167	0,647	0,534	1,466	0,434	1,566	0,9882	3,819
23	0,162	0,633	0,545	1,455	0,443	1,557	0,9887	3,858
24	0,157	0,619	0,555	1,445	0,451	1,548	0,9892	3,895
25	0,153	0,606	0,565	1,435	0,459	1,541	0,9896	3,931

**PŘÍLOHA V: KVANTILY ROZDĚLENÍ CHI KVADRÁT PRO  
 $\alpha = 0,00135$  A  $\alpha = 0,99865$**

*Tab. 14 – Kvantily rozdělení  
chi-kvadrát pro  $\alpha = 0,00135$   
a  $0,99865$  (Zdroj: Kovářik  
a Klímek, 2011, s. 205)*

$\nu$	$\chi^2_{0,00135}(\nu)$	$\chi^2_{0,99865}(\nu)$
1	0,0000	10,2729
2	0,0027	13,2153
3	0,0297	15,6304
4	0,1058	17,8004
5	0,2380	19,8213
6	0,4234	21,7391
7	0,6562	23,5800
8	0,9306	25,3609
9	1,2413	27,0931
10	1,5800	28,7848
11	1,9544	30,4420
12	2,3499	32,0695
13	2,7679	33,6711
14	3,2060	35,2496
15	3,6624	36,8076
16	4,1354	38,3471
17	4,6237	39,8699
18	5,1260	41,3774
19	5,6413	42,8710
20	6,1685	44,3516

## PŘÍLOHA VI: KRITICKÉ HODNOTY PRO SHAPIRO-WILKŮV TEST NORMALITY

*Tab. 15 – Kritické hodnoty pro Shapiro-Wilkův test  
normality (Zdroj: Kovářik a Klímek, 2011, s. 197)*

N	$\alpha$				
	0,01	0,02	0,05	0,1	0,5
3	0,753	0,756	0,767	0,789	0,959
4	0,687	0,707	0,748	0,792	0,935
5	0,686	0,715	0,762	0,806	0,927
6	0,713	0,743	0,788	0,826	0,927
7	0,73	0,76	0,803	0,838	0,928
8	0,749	0,778	0,818	0,851	0,932
9	0,764	0,791	0,829	0,859	0,935
10	0,781	0,806	0,842	0,869	0,938
11	0,792	0,817	0,85	0,876	0,94
12	0,805	0,828	0,859	0,883	0,943
13	0,814	0,837	0,866	0,889	0,945
14	0,825	0,846	0,874	0,895	0,947
15	0,835	0,855	0,881	0,901	0,95
16	0,884	0,863	0,887	0,906	0,952
17	0,851	0,869	0,892	0,91	0,954
18	0,858	0,874	0,897	0,914	0,956
19	0,863	0,879	0,901	0,917	0,957
20	0,868	0,884	0,905	0,92	0,959
21	0,873	0,888	0,908	0,923	0,96
22	0,878	0,892	0,911	0,926	0,961
23	0,881	0,895	0,914	0,928	0,962
24	0,884	0,898	0,916	0,93	0,963
25	0,888	0,901	0,918	0,931	0,964

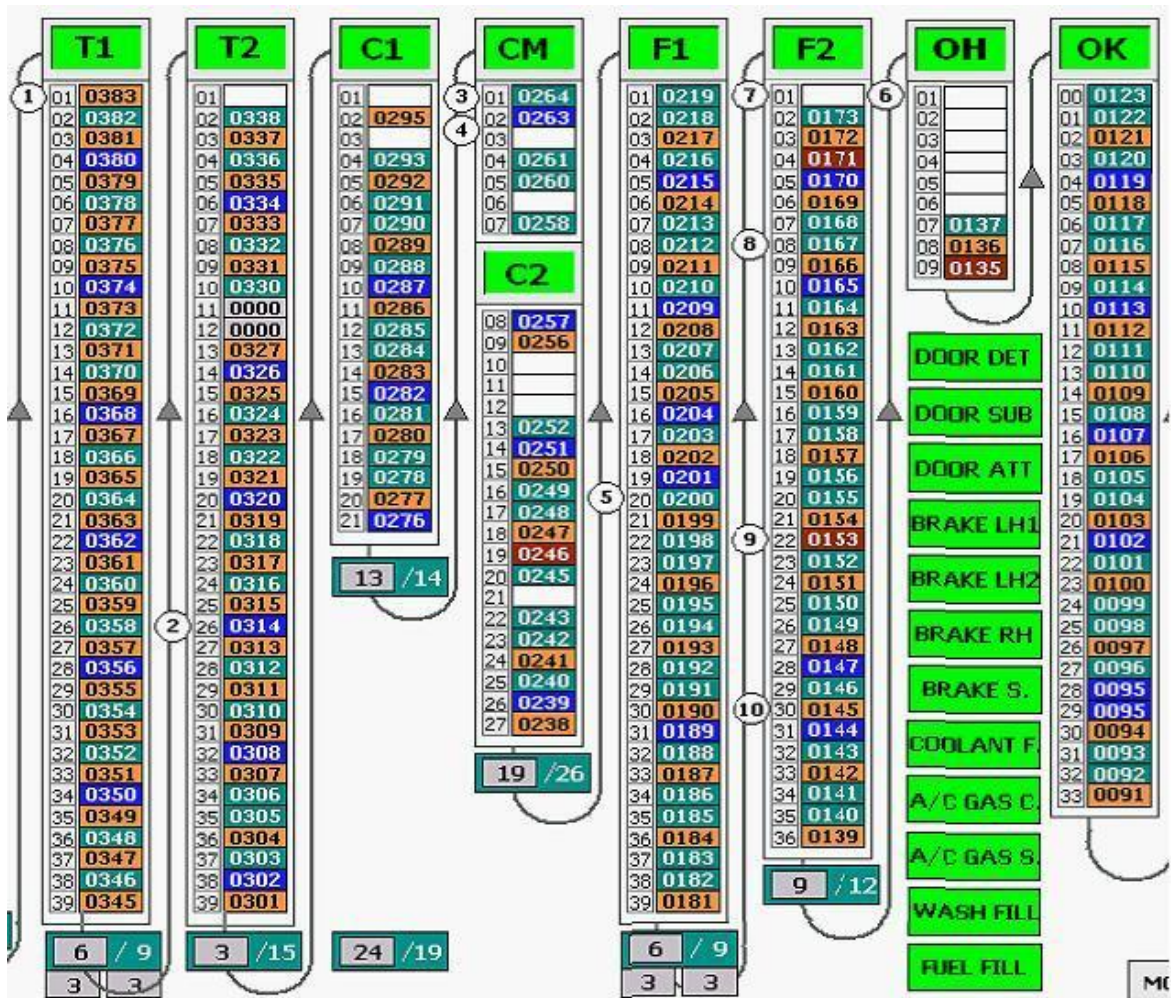
## PŘÍLOHA P VII: KOEFICIENTY PRO S-W TEST

Tab. 16 – Koeficienty pro S-W test normality dat

(Zdroj: Kovářík a Klímeček, 2011, s. 198)

<b>i</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
1	0,707	0,707	0,687	0,665	0,643	0,623	0,605	0,589	0,574	0,56
2	-	0	0,168	0,241	0,281	0,303	0,316	0,324	0,329	0,332
3	-	-	-	0	0,088	0,14	0,174	0,198	0,214	0,226
4	-	-	-	-	-	0	0,056	0,095	0,122	0,143
5	-	-	-	-	-	-	-	0	0,04	0,07
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>i</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	
1	0,548	0,536	0,525	0,515	0,506	0,497	0,489	0,481	0,473	
2	0,333	0,333	0,332	0,331	0,329	0,327	0,325	0,323	0,321	
3	0,235	0,241	0,246	0,25	0,252	0,254	0,255	0,256	0,256	
4	0,159	0,171	0,18	0,188	0,194	0,199	0,203	0,206	0,209	
5	0,092	0,11	0,124	0,135	0,145	0,152	0,159	0,164	0,169	
6	0,03	0,054	0,073	0,088	0,101	0,111	0,12	0,127	0,133	
7	-	0	0,024	0,043	0,059	0,073	0,084	0,093	0,101	
8	-	-	-	0	0,02	0,036	0,05	0,061	0,071	
9	-	-	-	-	-	0	0,016	0,03	0,042	
10	-	-	-	-	-	-	-	0	0,014	

**PŘÍLOHA P VIII: ZJEDNODUŠENÝ PLÁN VÝROBY  
V PODNIKU HMMC, S.R.O.  
Z AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU**



Obr. 24 – Zjednodušený plán výroby v podniku HMMC, s.r.o. z automobilového průmyslu  
(Zdroj: Interní zdroj firmy)