

# **Využití statistických metod ve výrobním procesu společnosti Tegü VUKO, spol. s r.o.**

Sylvie Richterová

---

Bakalářská práce  
2010



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: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Sylvie RICHTEROVÁ**  
Osobní číslo: **M07325**  
Studijní program: **B 6208 Ekonomika a management**  
Studijní obor: **Management a ekonomika**

Téma práce: **Využití statistických metod ve výrobním procesu společnosti Tegü VUKO, spol. s r. o.**

Zásady pro vypracování:

Úvod

### I. Teoretická část

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

### II. Analytická část

- Aplikujte statistické metody ve výrobním procesu firmy Tegü VUKO, spol. s r. o.
- Vyhodnoťte přínos použitých statistických metod ve výrobním procesu.
- Analyzujte výběr vhodného statistického softwaru.

Závěr

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

Seznam odborné literatury:

- [1] ARLT, J., ARLTOVÁ, M. Finanční časové řady: Vlastnosti, metody modelování, příklady a aplikace. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. 220 s. ISBN 80-247-0330-0.  
[2] DOSTÁL, P. Pokročilé metody analýz a modelování v podnikatelství a veřejné správě. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2008. 340 s. ISBN 978-80-7204-605-8.  
[3] GROS, I. Matematické modely pro manažerské rozhodování. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2009. 282 s. ISBN 978-80-7080-709-5.  
[4] MELOUN, M., MILITKÝ, J. Kompendium statistického zpracování dat. 1. vyd. Praha: Academia, 2002. 764 s., 1 CD-ROM. ISBN 80-200-1008-4.  
[5] TOŠENOVSKÝ, J., NOSKIEVIČOVÁ, D. Statistické metody pro zlepšování jakosti. 1. vyd. Ostrava: Montanex, 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Kovářik**  
Ústav statistiky a kvantitativních metod  
Datum zadání bakalářské práce: **6. dubna 2010**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2010**

Ve Zlíně dne 6. dubna 2010



doc. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková  
*děkanka*



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

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové/bakalářské 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>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <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;
- podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně ..... 6. 4. 2010 .....

.....  .....

*1) 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 nevydělečně 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.*

*2) 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).*

*3) 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 zůstává nedotčeno.*

*(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 výdělků 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**

Tématem mé bakalářské práce je využití statistických metod ve výrobním procesu. Rozhodla jsem se různé statistické metody aplikovat na výrobní proces společnosti Tegü VUKO, spol. s r.o. Pro přiblížení jsem si zvolila dva výrobky ze široké škály produktů, a to lepidlo Vukoterm a samolešticí krém.

Teoretická část zahrnuje poznatky vypracované s pomocí odborné literatury vztahující se na využití různých statistických metod pro výrobní proces. V praktické části nejprve věnuji pozornost popisu společnosti a následně se zaměřím na aplikaci statistických metod, popsaných v teoretické části, s využitím vhodného statistického softwaru.

Klíčová slova: Statistická regulace procesu, Shewhartovy regulační diagramy, Paretova analýza, predikční modely, regresní analýza, časová řada

## **ABSTRACT**

The theme of my bachelor thesis is The use of statistical methods in the production process. I decided to apply various kinds of statistical methods to the production process of company Tegü VUKO, Ltd. I chose two products out of wide variety from products to draw near the problem, which are glue Vukoterm and polishing cream.

The theoretical part includes pieces of knowledge elaborated with help of scientific literature related to the use of various statistical methods for the production process. The practical part firstly deals with the description of the company and then focuses on the application of statistical methods, which were described in the theoretical part, using appropriate statistical software.

Keywords: statistical process control, Shewhart's regulation diagrams, Paret's analysis, predictor models, regression analysis, time series

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Martinu Kováříkovi 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 Tegü VUKO, spol. s r.o. za poskytnutí informací a podkladů pro zpracování mé bakalářské práce a zejména panu Ing. Františkovi Machů za jeho vstřícnost a ochotu.

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

*Nic nikdy nebylo, „jako to bývalo“.*

*Nikdy nic nebude takové, „jaké to jednou bude“.*

*Všechno je vždycky takové, jaké to právě je.*

Alexander Evangeli Xenopouloudakis



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 STATISTICKÁ REGULACE PROCESU</b> .....	<b>12</b>
1.1 VARIABILITA PROCESU .....	12
1.1.1 Typy variability .....	13
1.2 FÁZE SPC .....	15
1.3 REGULAČNÍ DIAGRAMY .....	16
1.3.1 Základní charakteristika regulačního diagramu .....	16
1.3.2 Interpretace regulačního diagramu.....	17
1.3.3 Členění regulačních diagramů .....	18
1.3.4 Obecný postup sestrojení regulačního diagramu.....	18
1.4 KLASICKÉ SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY .....	19
1.4.1 Postup konstrukce Shewhartova regulačního diagramu .....	20
1.4.2 Shewhartovy regulační diagramy pro regulaci měřením .....	20
<b>2 PARETOVA ANALÝZA</b> .....	<b>25</b>
2.1 OBLASTI VYUŽITÍ PARETOVY ANALÝZY .....	26
2.2 REALIZACE POSTUPU PARETOVY ANALÝZY .....	26
<b>3 PREDIKČNÍ MODELY POMOCÍ ČASOVÝCH ŘAD</b> .....	<b>28</b>
3.1 VYSVĚTLENÍ POJMŮ PREDIKCE.....	28
3.2 CHARAKTERISTIKA ČASOVÝCH ŘAD.....	30
3.2.1 Dekompozice časové řady.....	31
3.3 REGRESNÍ ANALÝZA.....	32
3.3.1 Typy regresních modelů .....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>35</b>
<b>4 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI</b> .....	<b>36</b>
4.1 OBECNÉ ÚDAJE .....	36
4.2 ORGANIZAČNÍ SCHÉMA .....	37
4.3 VÝROBNÍ PROGRAM .....	38
4.3.1 Výrobní postup lepidla Vukoterm.....	40
4.3.2 Výrobní postup samolešticího krému.....	41
<b>5 PRAKTICKÁ APLIKACE REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ NA ZVOLENÉ VÝROBKY</b> .....	<b>42</b>
5.1 SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY PRO REGULACI MĚŘENÍM NA LEPIDLO VUKOTERM.....	42
5.2 SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY PRO REGULACI MĚŘENÍM NA SAMOLEŠTICÍ KRÉM .....	46
<b>6 PARETOVA ANALÝZA</b> .....	<b>50</b>



6.1	PARETOVA ANALÝZA PRO LEPIDLO VUKOTERM.....	50
6.2	PARETOVA ANALÝZA PRO SAMOLEŠTICÍ KRÉM .....	53
<b>7</b>	<b>APLIKACE METOD Z ČASOVÝCH ŘAD .....</b>	<b>57</b>
7.1	METODIKA ZPRACOVÁNÍ .....	57
7.2	APLIKACE S VYUŽITÍM STATISTICKÉHO SOFTWARE XLSTATISTICS .....	58
7.2.1	Analytické vyrovnání časové řady.....	59
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>70</b>

## ÚVOD

V současné době je téměř každodenní povinností manažerů a pracovníků na obdobných funkčních postech činit (pokud možno) správná rozhodování. Tato rozhodování je vhodné provádět na základě široké škály informací opírajících se o jasná fakta, která pocházející buď z interních či z externích zdrojů. Ať už technici, procesní inženýři či manažeři kvality jsou nuceni používat statistické metody v řízení jakosti, jejichž cílem je zlepšovat úroveň procesů či přímo řízení kvality. Statistické metody obsahují širokou škálu nástrojů, které lze v současnosti využít při zjištění, zda je proces stabilní (statistická regulace procesu), při predikci chování a analýzy časových řad či při úspoře nákladů na výrobu.

Za velmi důležité lze pokládat grafické výstupy jednotlivých statistických metod. Dávají příležitost nazírat na daný problém z širší perspektivy, neboť grafické znázornění je mnohdy lépe pochopitelné a více srozumitelné. Aplikace statistických metod je praktickou ukázkou toho, jak je možné stabilizovat a zlepšovat kvalitu a efektivnost procesů ve společnosti.

V teoretické části popíšu základní statistické metody využívané ve výrobním procesu společnosti, naznačím způsob jejich tvorby a v praktické části využiji tyto metody pro aplikaci na skutečné případy ve společnosti.

Cílem mé bakalářské práce je popsat využití statistických metod ve výrobním procesu dané společnosti. Nejprve nastíním pojem statistické regulace procesu a popíšu základní charakteristiku a členění regulačních diagramů využívaných jako nástroj pro řízení procesu měření. Dále zmíním Paretovu analýzu a oblasti jejího využití a následně charakterizuji časové řady a jejich predikci pomocí statistických modelů. Aplikace statistických metod je vhodná pro efektivnější produkci, neboť díky ní se dá předcházet výrobě zmetků a slouží pro regulaci procesu, a tím pádem přispívá k celkové lepší existenční situaci společnosti.

Pro grafické znázornění využiji statistických softwarů, jako jsou QCExpert či XLStatistics.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 STATISTICKÁ REGULACE PROCESU

Podstatou běžného způsobu zabezpečování kvality v procesu je kontrola jakosti výstupů plynoucích z tohoto procesu a selekce jednotek nesplňujících zadané upřesňující parametry. Jde ale o neekonomickou formu kontroly, neboť zdroje, které byly zapotřebí k produkci daného výstupu, již byly vynaloženy dříve, a tudíž byly v případě výstupu nesplňujícího požadavky vynaloženy zbytečně. Tomu předchází statistická regulace procesu (Statistical Process Control, SPC, která je jedním z preventivních nástrojů řízení jakosti. Tato moderní forma je založena na nepřetržitém získávání informací o chování procesu a její podstata tkví v tom, že zavčas dokáže odhalit významné odchylky od předem stanovené úrovně. Pomocí statistické regulace tedy udržujeme proces měření ve statisticky zvládnutém stavu nebo jej dokonce i zlepšujeme. Pouze tímto způsobem je zajištěna shoda výsledků měření s konkrétními nároky na měření. Navíc je předpokládáno, že výstup tohoto měření charakterizuje chování jedné či více výstupních veličin, což se současně porovnává s určeným požadavkem. To nás vede k rozhodnutí, zda po každé kontrole je nebo není možné proces považovat za stabilní. [10], [11]

### 1.1 Variabilita procesu

Pokud hovoříme o teorii regulace procesu, považujeme variabilitu způsobující nedostatek jeho opakovatelnosti jako vnitřní vlastnost každého procesu. Není v lidských silách vytvořit dva zcela identické výstupy, neboť na proces působí celá řada vlivů, a to i za poměrně konstantních podmínek. Lze však tyto dopady sledovat a variabilitu procesu usměrňovat do udržitelných mezí. Touto cestou lze předvídat chování procesu i do budoucna. Pokud se zdaří snížit variabilitu, má to za následek:

- homogennější výrobu
- nižší pravděpodobnost výskytu odlišných produktů
- menší potřebu kontroly a nižší náklady na kontrolu a zkoušení
- nižší náklady v souvislosti s poruchou procesu a produkcí odpadu
- více spokojených klientů [10]

### 1.1.1 Typy variability

V souvislosti s tímto tématem rozlišujeme dva typy variability:

#### Náhodná variabilita

- je způsobena náhodnými – přirozenými příčinami
- podněcuje velkou škálu neidentifikovatelných příčin
- každá část participuje malou měrou na celkové variabilitě, avšak žádná sama o sobě ji zřetelně neovlivňuje
- jsou to např. chvění stroje, vlhkost v ovzduší, nestejnorodost materiálu či kolísání teploty

Proces je pak:

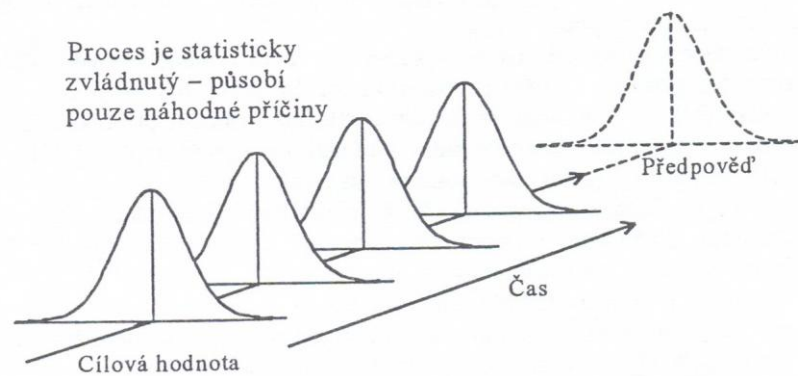
- reprodukovatelný a kvalita jeho výstupů je předvídatelná
- ve statisticky ustáleném – zvládnutém stavu

#### Reálná změna v procesu měření

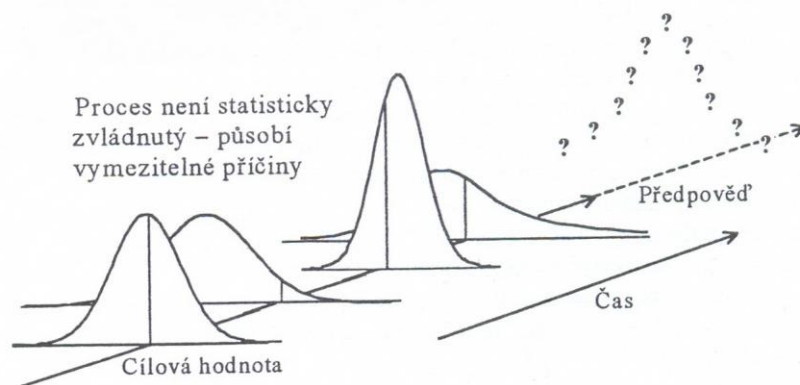
- je způsobena identifikovatelnými – vymežitelnými příčinami
- tyto příčiny nejsou vnitřní součástí procesu měření
- lze je alespoň teoreticky odstranit
- jsou to např. poškození nástroje, změna jeho seřízení či nezaškolená obsluha stroje

Proces je pak:

- reprodukovatelný a kvalitu výstupů lze předvídat
- statisticky zvládnutý – stabilní [10], [11]



Obr. 1. Náhodná příčina variability [10]



Obr. 2. Vymezitelná příčina variability [10]

Tento druh vymezitelných příčin lze ještě dále dělit na příčiny *sporadické*, které vznikají neočekávaně a podněcují změny v procesu trvající krátký čas a na příčiny *přetrvávající*, které způsobují odchylky v parametrech rozdělení řízené veličiny po určitou dobu.

Abychom dosáhli kontinuálního zdokonalování procesu, je zapotřebí stále sledovat jeho chování s účelem dosažení statisticky zvládnutého stavu za pomoci odstranění vlivu vymezitelných příčin. Následně lze chování procesu předvídat a lze snižovat přirozenou variabilitu procesu, tedy že je možné proces zdokonalovat. [10]

## 1.2 Fáze SPC

Statistická regulace procesu je uskutečňována prostřednictvím několika etap, kterými jsou:

### 1. Fáze přípravná

Prvním krokem této fáze je rozpoznat a stanovit cíle regulace. Dále se stanoví parametry procesu či znaky kvality a kontrolní místa pro provedení kontroly co nejdříve po vzniku odchylky. To se provádí z toho důvodu, aby se předešlo a zamezilo nadbytečným nákladům na opravy či aby se zamezilo nákladům na odpad. Velmi důležitým krokem této fáze je analýza měřicího systému. Je zapotřebí zvolit přiměřenou délku intervalu kontroly; pro procesy, které jsou méně stabilní, je vhodné měřit častěji, zpočátku zvolit kratší intervaly, s rostoucí stabilitou procesu intervaly prodlužovat. Měly by být vytvořeny logické podskupiny, které představují takový výběr, v jehož rámci se předpokládá působení pouze náhodných příčin. Ve zvoleném výběru by měly účinkovat jen náhodné vlivy, aby bylo co nejpravděpodobnější, že se odhalí změny v procesu mezi podskupinami. Při volbě vhodného rozsahu výběru bychom měli zvážit, zda vyžadujeme regulační diagramy reagující citlivěji na změnu procesu. Pokud ano, pak je třeba použít větší rozsah výběrů. Chceme-li se ale chovat více ekonomicky, a jestliže jsou kontrolní operace technicky a časově hůře proveditelné, měli bychom volit výběry menšího rozsahu. Neméně důležitým krokem je zvolení vhodného regulačního diagramu. V případě, že použijeme klasické Shewhartovy diagramy, lze postupovat podle schématu uvedeného v příloze P I. [10]

### 2. Fáze zabezpečení stavu statistické stability procesu

V této fázi statistické regulace procesu se jedná o rozpoznání a snížení účinků vymezitelných vlivů na nejnížší možnou úroveň. Je kladen důraz na to, aby byly vytvořeny podmínky zamezující opakování účinků vymezitelných vlivů. V této fázi je doporučováno využívat regulačních diagramů.

### 3. Fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu

Zde zkoumáme, zda je po předchozím kroku proces způsobilý k dosažení definovaných požadavků.

### 4. Fáze vlastní statistické regulace procesu

V této poslední fázi je proces pomocí regulačního diagramu udržován ve statisticky zvládnutém stavu. Regulační diagram zde napomáhá odhalit a zahladit poruchy stability procesu.



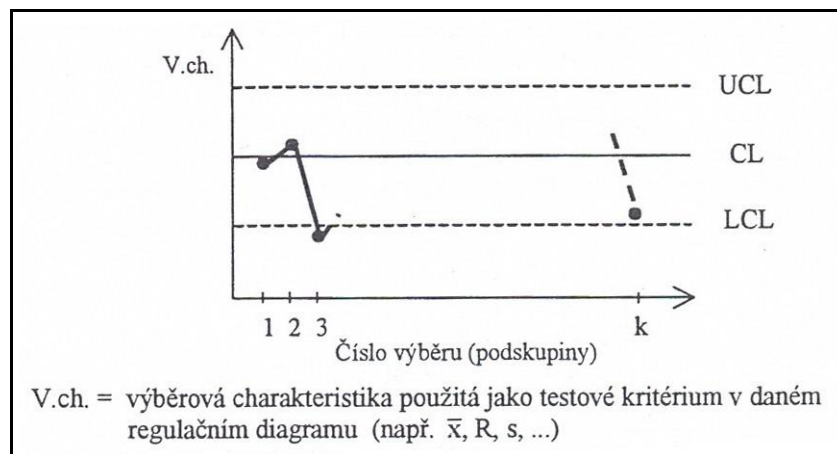
Regulační diagramy pak pracují s regulačními mezemi, které byly stanoveny ve 2. fázi procesu a zohledňují též výsledky fáze předcházející. [10]

### 1.3 Regulační diagramy

Regulační diagram je hlavním statistickým nástrojem pro řízení procesů měření. Tato grafická metoda znázorňuje a porovnává informace založené na postupnosti výběrů. Obecně je lze použít všude, kde se zaznamenávají informace o kvalitě v průběhu času. Jejich využití je vhodné obzvláště pro sledování procesů pomocí počítače. Metoda regulačních diagramů se využívá ke zhodnocení, zda je proces měření ve statisticky zvládnutém stavu, což znamená, zda je ustálený a jestli v tomto stavu setrvává. Pomocí regulačních diagramů se výrobní procesy přizpůsobí tak, aby procento vyrobených zmetků bylo co nejmenší. Během měření je též potřeba evidovat souvislé záznamy o kvalitě měření, aby se zachovalo ovládání měřeného procesu. Díky regulačním diagramům je pak proces lépe pochopitelný a též podrobná analýza vede ke zlepšení celého procesu. [7], [11]

#### 1.3.1 Základní charakteristika regulačního diagramu

Jak již bylo řečeno, hlavní využití regulačního diagramu spočívá v jeho použití jako nástroje statistické regulace procesu. Využívá základní myšlenky testování statistických hypotéz. Významnou předností jeho funkce je fakt, že signalizuje, když se objeví vymezená příčina a naopak se vyvaruje nepotřebného signálu, pokud se žádná důležitá příčina nevyskytne. [10]



Obr. 3. Základní struktura regulačního diagramu [10]

Z výše znázorněného obrázku regulačního diagramu je patrná existence tří základních čar, a to:

- **CL** – střední čára (Central Line) odpovídající požadované hodnotě podstatného znaku. Existují tři možnosti formulace požadované (referenční) hodnoty:
  - nominální hodnota
  - hodnota založená na zkušenosti z minulosti
  - odhad hodnot regulované veličiny
- **UCL** – horní regulační mez (Upper Control Limit)
- **LCL** – dolní regulační mez (Lower Control Limit)

Regulační meze lze též označit jako akční meze. Determinují oblast, ve které působí výhradně náhodné příčiny variability, a pomocí těchto mezí rozhodujeme, zda do procesu zasáhnout či nikoliv. V případě, že je proces ve statisticky zvládnutém stavu, leží mezi těmito dvěma mezemi cca 99,7% hodnot výběrové charakteristiky.

V některých případech je možno vyznačit do regulačního diagramu také další meze zvané výstražné, jejichž pásmo je ve vztahu od střední čáry užší než pásmo u akčních mezí, zpravidla  $\pm 2\sigma$  od CL.

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

Na obr. 3. osa x znázorňuje pořadové číslo jednotlivého výběru a osa y zobrazuje hodnotu testového kritéria pro konkrétní výběr. [10]

### 1.3.2 Interpretace regulačního diagramu

Při výkladu regulačního diagramu může nastat několik situací:

- Není třeba zasahovat do procesu, neboť je považován za statisticky zvládnutý. V tomto případě leží všechny body mezi horní a dolní regulační mezí.
- V druhém případě považujeme proces za statisticky nezvládnutý a je nutné do něj zakročit, pokud jeden z bodů leží mimo horní a dolní regulační mez. Je zapotřebí určit příčiny vzniklé odchylky a nastolit opatření.

Dané elementární situace lze rozšířit použitím výstražných mezí:

- Proces je ve statisticky zvládnutém stavu a opět není třeba do něj zasahovat, pokud některý bod náleží pásmu uvnitř výstražných mezí.
- Je vhodné provést další výběr, pokud body leží mezi UWL a UCL, potažmo mezi LWL a LCL. Pokud po realizaci následujícího výběru bod leží mezi výstražnými mezemi, zásah do procesu není nutný. Pokud ale leží mimo výstražné meze, značí to existenci vymezipitelné příčiny a regulační zásah je nezbytný.

V příloze P II jsou zobrazeny nejčastěji používané testy nenáhodných seskupení. Zde uvedená tabulka zobrazuje základní testy pro možné vymezipitelné příčiny Shewhartových regulačních diagramů ( $R, \bar{x}$ ). V případě výskytu nezvyklých – nenáhodných seskupení bodů v regulačním diagramu je zapotřebí zásahu do procesu, neboť zde hrozí výskyt vymezipitelných příčin. [10]

### 1.3.3 Členění regulačních diagramů

Metody SPC v současnosti představují širokou škálu prostředků analýzy procesu. V tabulce uvedené v příloze P III je zobrazen přehled členění regulačních diagramů podle vybraných hledisek. [10]

### 1.3.4 Obecný postup sestavení regulačního diagramu

Tento postup konstrukce regulačního diagramu je nezbytný dodržet při jakékoliv použité metodě statistické regulace procesu. Skládá se z následujících etap:

- volba regulované veličiny
- sběr a záznam dat
- ověření předpokladů o datech
- volba rozsahu výběru
- volba vhodného regulačního diagramu
- výpočet hodnot zvoleného testového kritéria pro jednotlivé výběry
- ověření a zajištění statistické zvládnutosti procesu
- ověření a zabezpečení způsobilosti procesu

- vlastní regulace procesu [10]

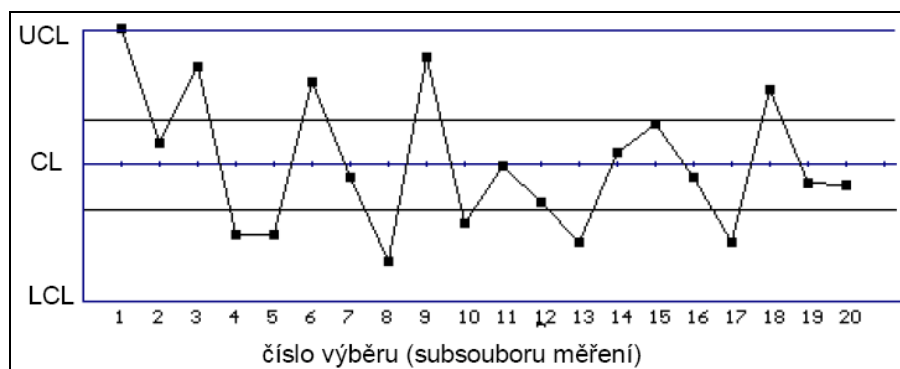
#### 1.4 Klasické Shewhartovy regulační diagramy

Poprvé byly regulační diagramy jako grafický prostředek využity roku 1924 Walterem A. Shewhartem (1891 – 1967; americký fyzik, inženýr a statistik), který je při využití statistických testů významnosti poprvé navrhnul pro řízení procesů výroby.

Shewhartův regulační diagram (SRD) posuzuje, jestli je variabilita způsobována nahodilým kolísáním nebo konkrétními příčinami, jako např. seřízení strojů či změna surovin. I když nejsou Shewhartovy regulační diagramy univerzálního charakteru, v současnosti platí za nejrozšířenější typ. SRD pracuje s pojmy jako průměr  $\bar{x}$ , směrodatná odchylka  $s$  a variační rozpětí  $R$ . V grafickém provedení je opět znázorněna centrální linie a horní a dolní regulační meze.

V minulosti byly výstupy poměrně jednoduché, což si nežádalo monitorování více znaků kvality současně. Z toho důvodu jsou klasické Shewhartovy diagramy vhodné jen pro sledování jedné stránky kvality. Předpokladem jejich užití je možnost uskutečnění dostatečného počtu výběrů (20 až 25 výběrů) za poměrně ustálených podmínek realizace procesu.

Klasické Shewhartovy regulační diagramy se řadí do skupiny digramů bez paměti, poněvadž v aktuální hodnotě testového kritéria nezohledňují jeho předchozí hodnoty. Z tohoto důvodu jsou tyto diagramy vhodné především pro odhalování větších ojediněle se vyskytujících odchylek v procesu - odchylek větších než  $2\sigma$  od požadované úrovně. [7], [10]



Obr. 4. Klasický Shewhartův diagram [6]

### 1.4.1 Postup konstrukce Shewhartova regulačního diagramu

- Nejprve si vybereme takovou část procesu, která odpovídá naší představě, předpisu nebo zkušenosti a přichystáme náležitá procesní data.
- Na základě těchto dat stanovíme jejich statistický model představovaný odhadem střední hodnoty (aritmetickým průměrem) a směrodatnou odchylkou a následně ověříme platnost statistických předpokladů Shewhartova diagramu.
- Z předchozích dvou kroků se sestrojí vlastní regulační diagram, který obsahuje základní centrální linii CL a horní a spodní regulační meze LCL a UCL.
- Do tohoto regulačního diagramu se pak vynášejí data z procesu a sleduje se, zda se neobjeví „zvláštní případy“, které by signalizovaly nečekanou změnu chování procesu, z nichž základní je překročení regulační meze.
- Výskyt zvláštních případů se zaznamenává a hledá se tzv. přiřaditelná příčina, která tyto případy způsobila. Ke každému výskytu zvláštního případu by měla být zapsána přiřaditelná příčina (v případě, že se jí podaří identifikovat) a opatření, které bylo přijato. [2]

### 1.4.2 Shewhartovy regulační diagramy pro regulaci měřením

Tyto Shewhartovy regulační diagramy pro regulaci měřením (Control Charts for Variables) lze použít v případě, že máme k dispozici měřitelné znaky jakosti nebo technologické parametry. Abychom klasické regulační diagramy pro regulaci měřením správně aplikovali, musí existovat předpoklady jako normalita dat, konstantní střední hodnota procesu a konstantní směrodatná odchylka dat či jejich nezávislost.

Dříve než vybereme správnou metodu regulace měřením, musíme tyto předpoklady ověřit pomocí statistických hypotéz a exploratorních grafů. Pokud proces vykazuje inherentní vlastnosti, to znamená, že se vyskytne systematické porušení předpokladů, pak se nabízí využít vhodnější typ regulačního diagramu. Pokud jsou ale předpoklady splněny, můžeme zvolit statistickou regulaci procesu dle schématu uvedeného v příloze P I.

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

Tato dvojice regulačních diagramů pro výběrový průměr  $(\bar{x})$  a výběrové rozpětí  $(R)$  je v praxi používána nejčastěji. Tento typ diagramů je vhodný pro situace, kdy pracujeme s menšími rozsahy výběru (2-10 jednotek). Je to z toho důvodu, že výběrové rozpětí pro výběry o velikosti  $n > 10$  není postačující pro přesný odhad variability (směrodatné odchylky) procesu. Pokud použijeme výběr o rozsahu alespoň 4 jednotek, je možné regulační diagram  $(\bar{x})$  použít i pro data, která nepochází z normálního rozdělení.

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

V tomto regulačním diagramu je dáno testové kritérium – výběrový průměr  $\bar{x}_j$  z výběru o konstantním rozsahu  $n$ . Hodnoty testového kritéria jsou zakreslovány do daného regulačního diagramu. Hodnotu výběrového průměru v  $j$ -tém výběru pak vypočteme dle vztahu:

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

kde  $x_{ij}$  značí  $i$ -tou naměřenou hodnotu regulované veličiny v  $j$ -tém výběru.

V případě, že neznáme cílové hodnoty  $\mu_0$  a  $\sigma_0$ , a je-li stanoveno riziko zbytečného signálu  $\alpha = 0,0027$ , pak lze vypočítat střední čaru (CL) a akční regulační meze následujícím způsobem:

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

přičemž  $k$  je minimální počet 20 výběrů použitých k výpočtu CL.

$$UCL = \bar{x} + \frac{u_{0,99865}}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}_0, \quad (3)$$

$$LCL = \bar{x} - \frac{u_{0,99865}}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}_0, \quad (4)$$

přičemž  $u_{0,99865} = u_{1-0,0027/2}$  značí kvantil normovaného normálního rozdělení o hodnotě 99,865%. [10]

Dvojice regulačních diagramů  $(\bar{x}, R)$  využívá odhadu variability procesu pomocí výběrového rozpětí  $R$ , proto se pro odhad směrodatné odchylky využije vztah:

$$\hat{\sigma}_0 = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (5)$$

kde  $\bar{R}$  značí průměrné výběrové rozpětí daných výběrů a  $d_2$  je tzv. Hartleyova konstanta, která je závislá na velikosti výběru  $n$  a odvozuje se s předpokladem normálnosti regulované veličiny.  $\bar{R}$  lze vypočítat ze vztahu:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^k R_j}{k}, \quad (6)$$

kde  $k$  značí minimálně 20 výběrů pro výpočet  $\bar{R}$  a  $R_j$  je výběrové rozpětí v  $j$ -tém vztahu a lze stanovit následujícím vztahem:

$$R_j = x_{\max,j} - x_{\min,j}, \quad (7)$$

kde  $x_{\max,j}$  značí největší naměřenou hodnotu v  $j$ -tém výběru a  $x_{\min,j}$  je naopak nejmenší hodnotou v  $j$ -tém výběru.

Po úpravě výrazů pro výpočet akčních regulačních mezí pak vyjde výraz:

$$UCL = \bar{x} + \frac{3}{\sqrt{n}} \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}, \quad (8)$$

$$LCL = \bar{x} - \frac{3}{\sqrt{n}} \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}. \quad (9)$$

Výraz  $\frac{3}{\sqrt{n}}$  je nahrazen symbolem  $A_2$ , jehož hodnoty nalezneme stejně jako hodnoty dříve zmíněné tzv. Hartleyovy konstanty ( $d_2$ ) v příloze P IV. [10]

### **Regulační diagram $R$**

V tomto typu regulačního diagramu je dáno testové kritérium výběrovým rozpětím  $R_j$ . V případě že  $\alpha = 0,0027$  a neznáme cílové hodnoty  $\mu_0$  a  $\sigma_0$ , stanovíme centrální čáru pro tento typ regulačního diagramu ze vztahu (6). Abychom opět mohli stanovit akční regulační



meze, vychází se z následujícího vztahu pro odhad směrodatné odchylky výběrového rozpětí  $\hat{\sigma}_R$ :

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (10)$$

přičemž  $d_3$  je konstanta závislá na rozsahu výběru, odvozená pro regulovanou veličinu z normálního rozdělení.

Potom lze regulační meze vypočítat následovně:

$$UCL = CL + u_{0,99865} \hat{\sigma}_R = \bar{R} + 3 \cdot d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = \left(1 + \frac{3 \cdot d_3}{d_2}\right) \bar{R}, \quad (11)$$

$$LCL = CL - u_{0,99865} \hat{\sigma}_R = \bar{R} - 3 \cdot d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} = \left(1 - \frac{3 \cdot d_3}{d_2}\right) \bar{R}, \quad (12)$$

po zjednodušení výrazů dostaneme vztahy, jejichž hodnoty symbolů  $D_3$  a  $D_4$  jsou opět uvedeny v příloze P IV:

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R}, \quad (13)$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{R}. \quad (14)$$

### Regulační diagramy $(\bar{x}, s)$

Tato dvojice regulačních diagramů (RD pro výběrový průměr a směrodatnou odchylku) je použitelná jak pro malé výběry, tak i pro realizaci výběrů většího rozsahu ( $n > 10$ ). Pokud aplikujeme teorii do praxe, tak se pro malé výběry využívá více dvojice regulačních diagramů  $(\bar{x}, R)$ . Je to z důvodu jednoduššího výpočtu  $R$ . [10]

### Regulační diagram $(s)$

Pro tento regulační diagram se testové kritérium rovná výběrové směrodatné odchylce  $s_j$ . Jestliže opět stanovíme  $\alpha = 0,0027$  a cílové hodnoty  $\mu_0$  a  $\sigma_0$  též neznáme, pak pro výpočet CL vycházíme ze vztahu  $CL = \bar{s}$ :

$$\bar{s} = \frac{\sum_{j=1}^k s_j}{k}. \quad (15)$$

Výpočet regulačních mezí pro diagram  $(s)$  je následující:

$$LCL = \bar{x} - s \sqrt{\frac{\chi_{0,00135}^2(n-1)}{n-1}}, \quad (16)$$

$$UCL = \bar{x} + s \sqrt{\frac{\chi_{0,99865}^2(n-1)}{n-1}}, \quad (17)$$

kde  $\chi^2_{\alpha}(v)$  značí chí-kvadrát s  $n-1$  stupni volnosti. Hodnoty těchto kvantilů uvádí příloha P V. [7]

### Regulační diagram pro jednotlivé hodnoty

V případech, kdy není zapotřebí určovat jednotlivé podskupiny, můžeme použít Shewhartův diagram pro jednotlivé hodnoty  $x$ -individual. Namísto průměrů jednotlivých podskupin se využívá přímo naměřených hodnot  $x_i$ . Využíváme diagramu  $R$  pro variabilitu. Na rozdíl od jiných regulačních diagramů využívajících rozpětí podskupiny se použije rozpětí mezi po sobě následujícími hodnotami, přičemž první hodnota se nedefinuje. Jedná se o tzv. klouzavé rozpětí a značí se  $MR$  (moving range),

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}|. \quad (18)$$

Pro základní linii a regulační meze diagramu  $x_i$  se využijí následující vztahy:

$$UCL = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}, \quad (19)$$

$$CL = \bar{x}, \quad (20)$$

$$LCL = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}. \quad (21)$$

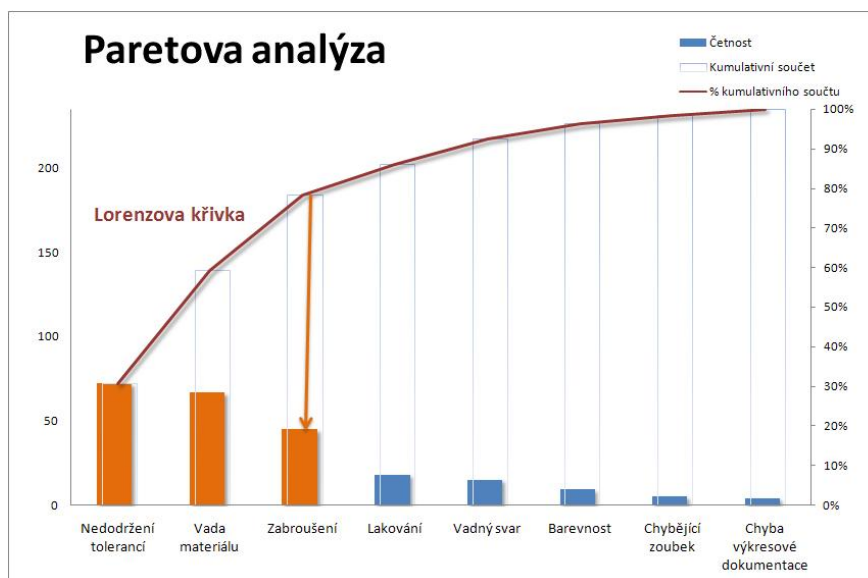
Statistické vlastnosti klouzavého rozpětí jsou stejné jako u rozpětí podskupiny pro  $n = 2$ . Koeficient  $d_2$  nabývá hodnoty 1,128 a směrodatnou odchylku lze vypočítat [10] ze vztahu:

$$\sigma = \frac{\overline{R}}{d_2}. \quad (22)$$

## 2 PARETOVA ANALÝZA

Kořeny vzniku Paretovy analýzy můžeme hledat na konci 19. století, kdy sociolog a ekonom italského původu Vilfredo Pareto v roce 1897 odhalil, že 20% lidstva zabezpečuje 80% světového bohatství. Zvrátil tak úsudky lidí, jež se zakládaly na domněnkách, že 50% vstupů tvoří zároveň 50% výstupů. Vyvrátil tuto myšlenku a vznikla koncepce, že 20% všech našich činností nám poskytne 80% zisku. Později se z toho vyvinulo a zkrátilo Pravidlo 80/20. Paretova analýza neboli Paretův diagram je tedy grafickým vyjádřením závislosti příčin a jejich následků. Díky Paretovu pravidlu lze identifikovat priority, na které bychom měli klást důraz, aby došlo k budoucímu zlepšení dané situace. Paretův diagram je v oblasti řízení jakosti využíván jako velmi efektivní a lehce použitelný nástroj pro rozhodování.

Výstup Paretovy analýzy se dá graficky znázornit, jako v případě níže uvedeného obr. 5., kde osa x znázorňuje typy vad a osa y představuje jejich četnost. Jedná se tedy o sloupcový graf se zobrazením Paretova rozdělení. Pro určení priorit se musí položky uspořádat podle četnosti jejich výskytu od největší po nejmenší a dále se stanoví relativní kumulované četnosti. Ty se následně zanesou do grafu. Gró Paretovy analýzy je vyčlenění hlavních příčin s důrazem na zaměření se na ně, aby došlo k budoucímu zlepšení daného procesu či situace obecně. [8], [12], [13]



Obr. 5. Graf Paretovy analýzy [13]

## 2.1 Oblasti využití Paretovy analýzy

Existuje mnoho oblastí, kde je možné Paretovu analýzu úspěšně aplikovat. V širším pojetí se jedná zejména o sféry výroby a služeb, zajišťování kvality, ekonomie, managementu či psychologie.

Zaměříme-li se konkrétněji na určitou oblast, např. na management jakosti, lze Paretovu analýzu využít v oblasti analýzy:

- počtu neshodných výrobků
- časových a finančních ztrát
- příčin odlišných výstupů
- poruch nebo zastarávání či opotřebení strojů a nástrojů [8], [13]

## 2.2 Realizace postupu Paretovy analýzy

Paretova analýza je realizována v následujících krocích:

1. *Volba faktorů* – je determinována problémem, který má být řešen. Jako příklady lze uvést vysoká míra vad, reklamací nebo časté závady na strojích.
2. *Volba hlediska analýzy* - existují tři hlediska pro posuzování daného problému – hledisko prosté četnosti, nákladové a hledisko významnosti sledovaných faktorů. Vždy závisí na stanoveném cíli a přednostech, pro jaké hledisko se rozhodneme. Častým jevem je vícenásobná Paretova analýza, kdy je na problém nahlíženo z více hledisek současně.
3. *Sběr a záznam dat* – nutností je zde stanovení období sběru dat, vykonavatele sběru, způsobu zjišťování a účelného formuláře.
4. *Sestrojení Paretova diagramu* – uspořádání hodnot sestupně, výpočet absolutní a relativní kumulativní četnosti a při sestrojení Paretova diagramu – zanesení faktorů na osu x, sestrojení obou os y, vyznačení sloupců a sestrojení Lorenzovy křivky.
5. *Určení životně důležité menšiny faktorů* – zde se využívá Paretův princip 80/20. Na pravé ose y se odpočítá 80% a přes křivku se zobrazí na osu x.

6. *Analýza a následná opatření* – v závěru se hodnotí vzniklých 20% faktorů a navrhuje se budoucí postup řešení. [8], [13]

### 3 PREDIKČNÍ MODELY POMOCÍ ČASOVÝCH ŘAD

Znalost budoucího chování různých veličin je velmi nezbytné v mnoha oborech lidské činnosti. Z toho důvodu se rozvinula celá řada různých metod (některé jsou heuristické, založeny na principu algoritmů či jiné využívají schopnost učit se). V nedávné minulosti se vyvíjela řada predikčních technik a postupů založených na algoritmech. Predikce budoucího vývoje finančních a ekonomických ukazatelů z oblasti makro či mikroekonomiky (např. predikce cen akcií, komodit kurzů měn apod.) je v současnosti v této oblasti hojně využívána.

Při predikci časových řad je nejprve nutné upřesnit daný predikční problém. Během predikčních prací bychom měli získat poměrně přesný obraz o veličinách predikce a o všech dostupných datech a jejich povaze. Je potřeba mít alespoň částečně ucelený přehled o celém systému, protože predikci využijeme pro budoucí rozhodování.

Existuje nespočet různých procesů v lidském světě (od nejjednodušších po nejsložitější):

- mechanické
- fyzikální
- chemické
- biologické
- psychologické
- společenské
- ekonomické
- politické

V ekonomickém a politickém prostředí se jedná o procesy velmi složité, protože společnost vytváří jevy se značně chaotickým chováním. Proto je zde velmi náročné aplikovat predikci, musíme používat pokročilé metody produkující lepší výsledky. [3]

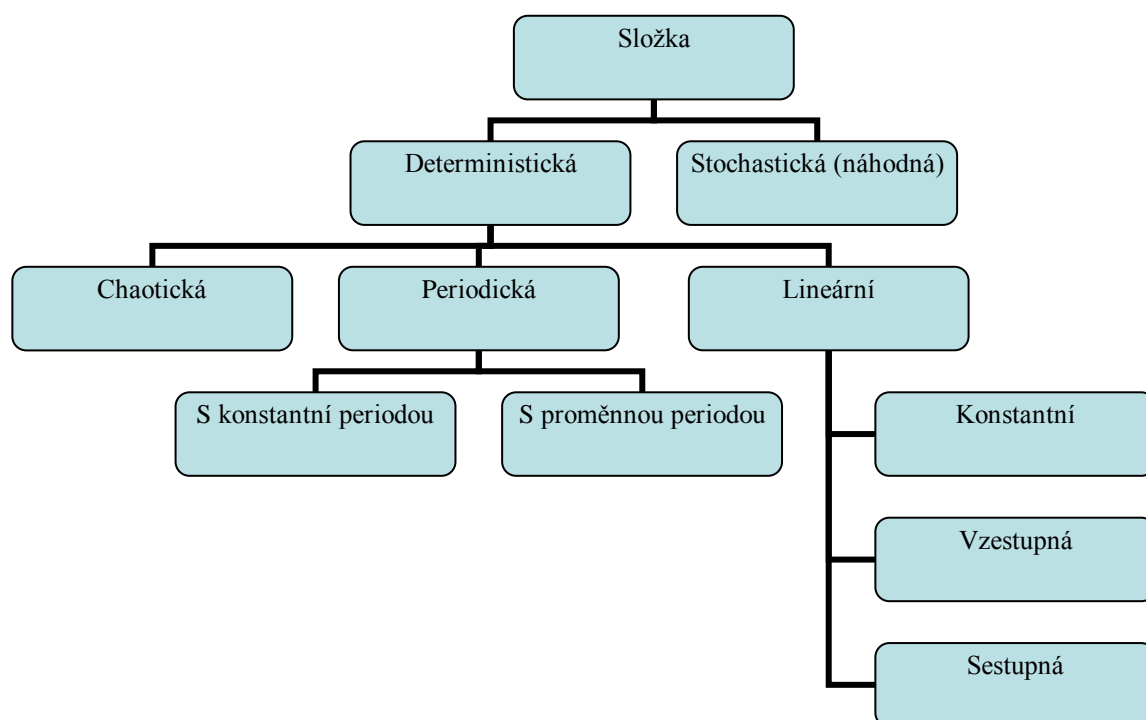
#### 3.1 Vysvětlení pojmů predikce

Časová řada značí posloupnost hodnot v závislosti na čase  $t$ . Hodnota v čase  $t = 1$  se značí  $x_1$ , v čase  $t = 2$  značíme  $x_2$ , hodnotě v čase  $t = N$  odpovídá  $x_N$ , kde  $N$  je celkový počet hod-

not dané časové řady. Matematickým vyjádřením je časová hodnota považována za vektor hodnot  $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ . Hodnota  $x_N$  odpovídá současnosti, hodnota  $x_{N+1}$  představuje první hodnotu predikce,  $x_{N+2}$  je druhá hodnota predikce atd. Interval měření u časových řad odpovídá povětšinou konstantě, takže  $\Delta = t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = \dots = t_N - t_{N-1} = \text{konstanta}$ .

Časové řady tedy dělíme na časové řady velmi vysoké (minuty), vysoké (hodiny), střední (dny), nízké (týdny) a velmi nízké (měsíce a roky) frekvence.

Časová řada se skládá ze dvou základních složek - deterministické a stochastické (náhodné). Deterministická složka se dělí na složku trendovou, s konstantní nebo nekonstantní periodou. Časová řada však nemusí tyto všechny složky obsahovat najednou. Členění složek časové řady je znázorněn na obr. 6. [3]



Obr. 6. Dělení složek časové řady [3]

Predikce je proces, jehož počátek je před událostí (výpočet predikce), probíhá zároveň s procesem (korekce predikce) a končí po události (vyhodnocování predikce). Neméně důležitým krokem je vyhodnocení kvality predikčního modelu, jež provádíme na základě nám známých skutečných a predikovaných hodnot. Nejčastěji používanými kritérii jsou střední kvadratická chyba *MSE* (mean squared error), střední absolutní chyba *MAE* (mean absolute



error) a střední relativní chyba *MAPE* (mean absolute percentace error). Vzorce pro tyto veličiny jsou uvedeny níže.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left( x_t - x_{t'} \right)^2, \quad (23)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |x_t - x_{t'}|, \quad (24)$$

$$MAPE = \frac{100}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{x_t - x_{t'}}{x_t} \right|, \quad (25)$$

kde  $x_t$  je naměřená hodnota a  $x_{t'}$  je hodnota vypočtená predikcí. [3]

### 3.2 Charakteristika časových řad

Časovou řadu lze definovat jako posloupnost věcně a prostorově srovnatelných pozorování, která jsou jednoznačně uspořádána z časového hlediska. Časové řady související s ekonomikou mají některé charakteristické vlastnosti, kterými se částečně liší od časových řad v přírodních procesech (např. v metrologii) nebo v technických aplikacích (např. elektrotechnika).

Časové řady lze dělit na dlouhodobé, které jsou sledovány v roční frekvenci, a krátkodobé, sledované ve frekvencích kratších než jeden rok. Zde lze vyčlenit tzv. vysokofrekvenční řady, jež jsou sledovány např. v denní frekvenci. Do této skupiny časových řad řadíme finanční časové řady. [1]

Další členění časových řad je následující:

#### *Podle časového hlediska*

- **Časové řady intervalové** – neboli časové řady intervalových ukazatelů; závisí na délce intervalu – např. měsíční čistý zisk, roční obrat či hrubý domácí produkt
- **Časové řady okamžikové** – tedy časové řady okamžikových (stavových) ukazatelů – počet pracovníků k určitému dni

#### *Podle periodicity sledování*

- **Časové řady roční** - dlouhodobé

- **Časové řady krátkodobé** – čtvrtletní, měsíční, týdenní periody aj.

#### *Podle způsobu vyjádření ukazatelů*

- **Časové řady naturálních ukazatelů** – hodnoty jsou vyjádřeny v naturálních jednotkách – např. ukazatele produkce
- **Časové řady peněžních ukazatelů** – např. v Kč či jiné měně

Co se týče intervalových časových řad a zejména těch krátkodobého charakteru, jejich ukazatele se musí vztahovat vždy ke stejně dlouhému intervalu, jinak by měly nízkou vypovídací schopnost, neboť by šlo o zkreslené srovnání. Je to z toho důvodu, že kalendářní měsíce mají jinou délku. Proto se musí pro zajištění srovnatelnosti všechna období přepočítat na jednotkový časový interval. Tento krok je tzv. očišťování časových řad od důsledku kalendářních variací. Vycházíme ze vztahu:

$$y_t^{(0)} = y_t \frac{\overline{k_t}}{k_t}, \quad (26)$$

kde  $y_t$  značí hodnotu očišťovaného ukazatele příslušného dílčího období roku  $t$  (měsíc, čtvrtletí, ...),  $t = 1, 2, \dots, n$ ,  $k_t$  je počet kalendářních dní v příslušném dílčím období roku,  $\overline{k_t}$  je průměrný počet kalendářních dní v dílčím období roku. [4]

### **3.2.1 Dekompozice časové řady**

Dekompozicí časové řady se rozumí její rozložení na dílčí složky, a to na složku trendovou  $T_t$ , sezónní  $S_t$ , cyklickou  $C_t$  a reziduální (nepravidelnou)  $\varepsilon_t$ .

Nejjednodušší a zároveň nejpoužívanější koncepcí modelování časové řady reálných hodnot  $y_t$  je jednorozměrný model, ke kterému se přistupuje těmito způsoby:

Pomocí **klasického (formálního) modelu**, kde se jedná pouze o popis forem pohybu. Je to model vycházející z dekompozice časové řady na čtyři složky výše uvedené (trendová  $T_t$ , sezónní  $S_t$ , cyklická  $C_t$  a nepravidelná  $\varepsilon_t$ ), přičemž rozkladový tvar lze uvést ve dvojím typu, a to:

- Aditivním 
$$y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t \quad (27)$$

- Multiplikativním 
$$y_t = T_t * S_t * C_t * \varepsilon_t. \quad (28)$$

**Trendem** se rozumí dlouhodobá tendence ve vývoji hodnot analyzovaného ukazatele. Trend může být rostoucího, klesajícího nebo kolísavého (kolem určité úrovně) charakteru.

**Sezónní složka** se definuje jako pravidelně se opakující odchylka od trendové složky s tím, že výskyt této odchylky je menší nebo roven jednomu roku. Existuje několik příčin způsobujících toto kolísání, ať už působení sluneční soustavy na Zemi během jednotlivých ročních období, nebo vliv různých společenských zvyklostí.

**Cyklická složka** je definována jako kolísání okolo trendu v důsledku dlouhodobého vývoje, přičemž délka této vlny je delší než 1 rok. Jde pak např. o demografické, strojírenské či inovační cykly.

**Náhodnou složkou** se rozumí ta část řady, která zůstane po eliminaci předchozích složek (trendová, sezónní a cyklická). Práce s touto složkou je důležitým průsečíkem pro praktickou analýzu ekonomických časových řad.

K modelování časové řady lze také kromě klasického modelu použít **Boxovu-Jenkinsovu metodologii**, která za základní prvek konstrukce časové řady považuje náhodnou složku, která může být tvořena korelovanými veličinami. Předpokladem pro aplikaci tohoto postupu je existence nejméně cca 40 pozorování časové řady. [4]

### 3.3 Regresní analýza

Hlavním úkolem regresní analýzy je vyjádřit závislosti a příčinné vztahy mezi statistickými znaky. Jako základ k popisu statistických závislostí slouží statistické údaje. Existuje několik způsobů pro získání statistického souboru  $n$  pozorování sledovaných statistických znaků, a to:

- pozorováním  $n$  statistických jednotek, kdy základní soubor je prostorově, časově i věcně vymezen
- pozorováním statistické jednotky v  $n$  časových okamžicích a intervalech
- několikanásobným opakováním pokusu prováděného za stejných nebo alespoň velmi podobných podmínek

Další úkol regresní analýzy spočívá v matematickém popisu systematických okolností, které jsou provázeny statistickými závislostmi.

U základního souboru zkoumáme statistické znaky  $y, x_1, x_2, \dots, x_k$ . V případě, že se určitým způsobem mění podmíněné rozdělení znaku  $y$  při změnách znaku  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , hovoříme o tzv. statistické závislosti znaku  $y$  na znacích  $x_1, x_2, \dots, x_k$ . Pokud se mění podmíněné střední hodnoty  $\eta_i$  znaku  $y$ , jedná se o speciální případ statistické závislosti – korelační závislost. Znak  $y$  je vysvětlovaná (závisle) proměnná, znaky  $x_1, x_2, \dots, x_k$  vysvětlující (nezávisle) proměnná).

Regresní model ve tvaru:

$$y_i = \eta_i + \varepsilon_i \quad (29)$$

je vyjádřením  $i$ -té hodnoty  $y_i$  závisle proměnné ve tvaru součtu podmíněné střední hodnoty  $\eta_i$  závisle proměnné  $y$  při kombinaci hodnot nezávisle proměnných  $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}$  a náhodné složky  $\varepsilon_i$ . Regresní funkce je pak podmíněná střední hodnota jako funkce nezávisle proměnných. [9]

### 3.3.1 Typy regresních modelů

Rozlišujeme různé typy regresních modelů dle tvaru regresní funkce:

- a) modely lineární z hlediska parametrů
- b) modely nelineární jak v parametrech, tak k nezávisle proměnným
- c) nelineární modely

Ad a) tyto modely mají regresní funkci ve tvaru:

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 f_1 + \beta_2 f_2 + \dots + \beta_r f_r \quad (30)$$

kde regresory  $f_1, f_2, \dots, f_r$  jsou libovolné známé funkce nezávisle proměnných  $x_1, x_2, \dots, x_k$ .

Příklady modelů jsou následující:

- regresní přímka  $\eta = \beta_0 + \beta_1 x$ , (31)

- regresní rovina  $\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2$ , (32)

- regresní hyperbola  $\eta = \beta_0 + \beta_1 / x$ , (33)

- regresní logaritmická funkce  $\eta = \beta_0 + \beta_1 \log x$ , (34)

- regresní parabola 2. stupně  $\eta = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$ . (35)

Ad b) tyto modely se dají z hlediska parametrů upravit transformací na lineární tvar. Příklady:

- mocninná funkce  $\eta = \beta_0 x^{\beta_1}$ , (36)

- exponenciální funkce  $\eta = \beta_0 \beta_1^x$ , (37)

$$\eta = \beta_0 e^{\beta_1 x}. \quad (38)$$

Ad c) Příklady nelineárních modelů jsou následující:

$$\eta = \kappa + \beta_0 \beta_1^x \quad (\beta_1 > 0), \quad (39)$$

$$\eta = \kappa / (1 + \beta_0 \beta_1^x) \quad (\kappa > 0, \beta_1 > 0), \quad (40)$$

$$\eta = \kappa \beta_0^{\beta_1^x} \quad (\beta_0 > 0). \quad (41)$$

Při výběru typu regresní funkce by se mělo zohlednit jak věcné, tak logické hledisko. Měli bychom mít alespoň částečnou představu o tom, zda můžeme očekávat rostoucí či klesající trend, zda máme uvažovat s horní či dolní asymptotou apod. Typ regresní funkce by měl být co nejjednodušší a její parametry snadno interpretovatelné. [9]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

### 4.1 Obecné údaje

Název:	Tegü VUKO, spol. s r. o.
Sídlo:	763 45 Březůvky 250
Datum vzniku:	7. 4. 1992
Hlavní provozovna:	Březůvky
Základní kapitál:	167 000 Kč
Právnícké osoby s více než 20% podílem:	Tegü CHEMISCHE FABRIK THEYSON GmbH, Petersburg
Počet pracovníků:	15 osob

Firma Tegü VUKO spol. s r. o. byla založena 7. dubna 1992 pracovníky bývalého VÚK Zlín (Výzkumný ústav kožedělný) a firmou TEGÜ CHEMISCHE FABRIK THEYSON GmbH, Petersburg, bývalé SRN.

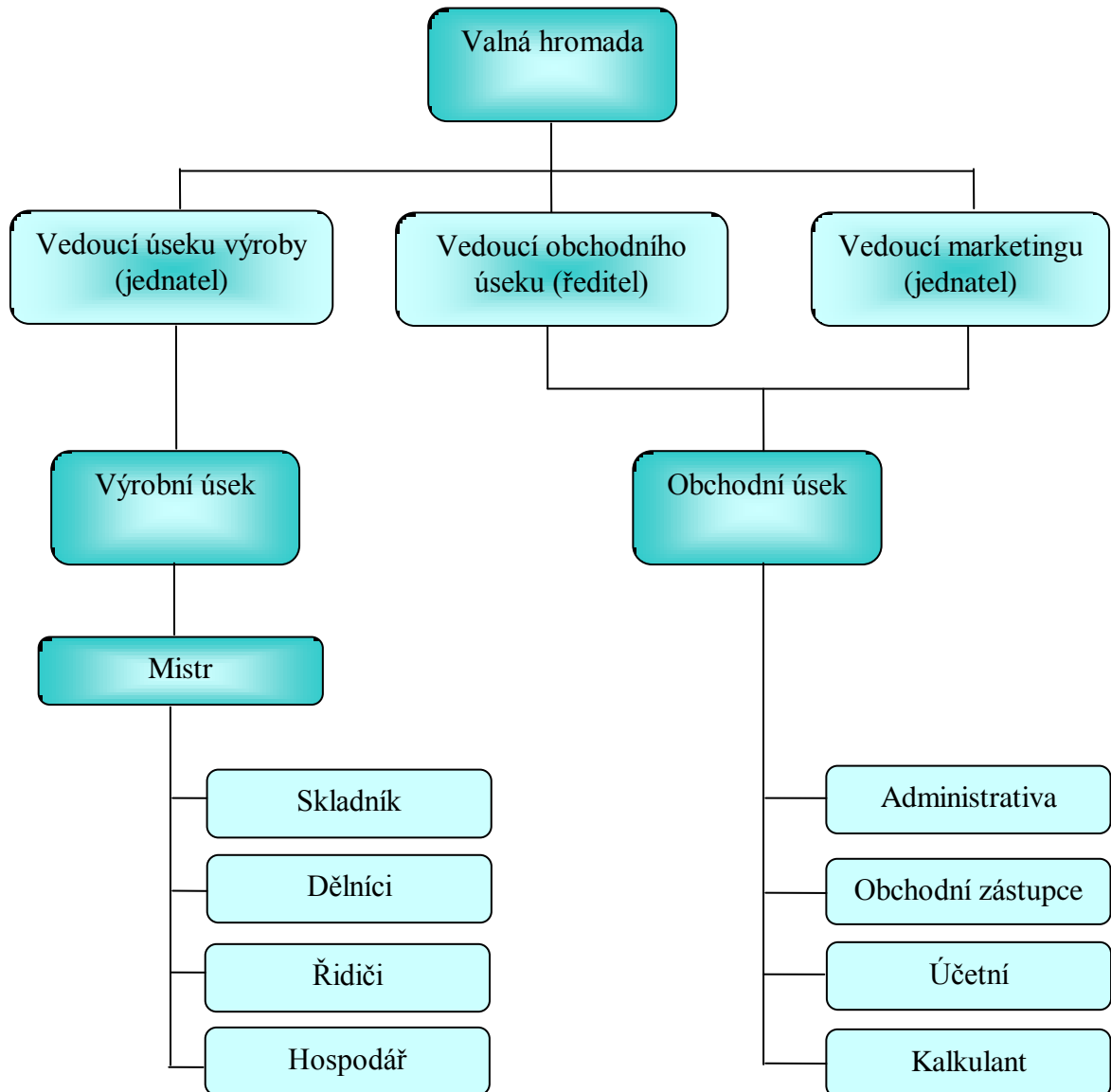
Její **hlavní činností** je zejména výroba a výzkum v oblasti úpravářských prostředků pro obuvnický a galanterní průmysl. Vyrábí rovněž prostředky pro ošetřování obuvi a usňových výrobků (jako například usňové oděvy, nábytek nebo autosedačky) a tavná lepidla vhodná pro nejrůznější použití. Výrobky určené k ošetření obuvi dodávané obchodním řetězcům ale činí pouze malé procento z jejich zisků, největšími odběrateli jsou v současné době armádní celky a vojenské oddíly.

**Předmět podnikání** firmy se zakládá na:

1. vývoji a výzkumu chemických výrobků a technologií kromě jedů, žíravin výbušnin a zvláště nebezpečných jedů,
2. výrobě chemických výrobků kromě jedů, žíravin, výbušnin a zvláště nebezpečných jedů,
3. konzultativní a servisní činnosti v oblasti chemických výrob a technologií kromě výrob a technologií v oblasti, jedů, zvláště nebezpečných jedů a žíravin,
4. koupi zboží s cílem jeho dalšího prodeje a následném prodeji. [5]

## 4.2 Organizační schéma

Organigram zobrazený níže znázorňuje organizační schéma ve společnosti Tegü VUKO, spol. s r. o. Jak je z něj patrné, ve firmě figurují dva jednatele, kteří mají ve své kompetenci společně obchodní úsek a vedoucí úseku výroby má na starosti výrobní úsek. Pod každý z úseků spadá několik funkcí, které jsou též zachyceny v diagramu. [5]



Obr. 7. Organizační schéma [5]



### 4.3 Výrobní program

Výrobní program společnosti Tegü VUKO, spol. s r.o. se dělí do pěti hlavních oblastí, kterými jsou:

#### 1. Úpravářské prostředky pro obuvnické vrchové materiály

- změkčovadla pro vrchové přírodní usně
- barvy na řezy vrchových přírodních usní
- omývací a čisticí prostředky pro přírodní a syntetické usně
- plniče pórů pro přírodní usně
- zapravovací barvy na rozpouštědlové i vodné bázi pro vrchové přírodní a syntetické usně
- impregnační a hydrofobizační prostředky
- stínovací a antikové finiše
- apretury pro přírodní a syntetické usně
- voskové poliše, voskové pasty a voskové krémy na vodné bázi
- ořízkové barvy, půdolesky, stírací finiše na vodné bázi

#### 2. Úpravářské prostředky pro galanterní průmysl

- barvy na řezy pro opasky, kabelky a kufry z přírodních i syntetických usní
- PUR – barvy na rozpouštědlové i vodní bázi pro přebarvování přírodních i syntetických usní
- mořidla pro přírodní usně, voskové finiše na vodní bázi

#### 3. Úpravářské prostředky pro obuvnické spodkové polotovary a dílce

- prostředky na bázi PUR: máčecí laky, laky pro strojní nános pistolí, mořidla, stírací laky
- prostředky na bázi PVC: matovací laky, rámkové barvy, půdové barvy, stírací laky [5]

- prostředky na bázi TPE: matovací laky, rámkové barvy a laky, půdové barvy, stírací laky, plátkovací laky
- barvy a laky pro polystyrenové podpatky, polystyrenové plátkovací laky
- barvy na pryž pro strojní nános pistolí nebo potiskováním, máčecí laky na pryž

#### **4. Kontaktní tavná lepidla**

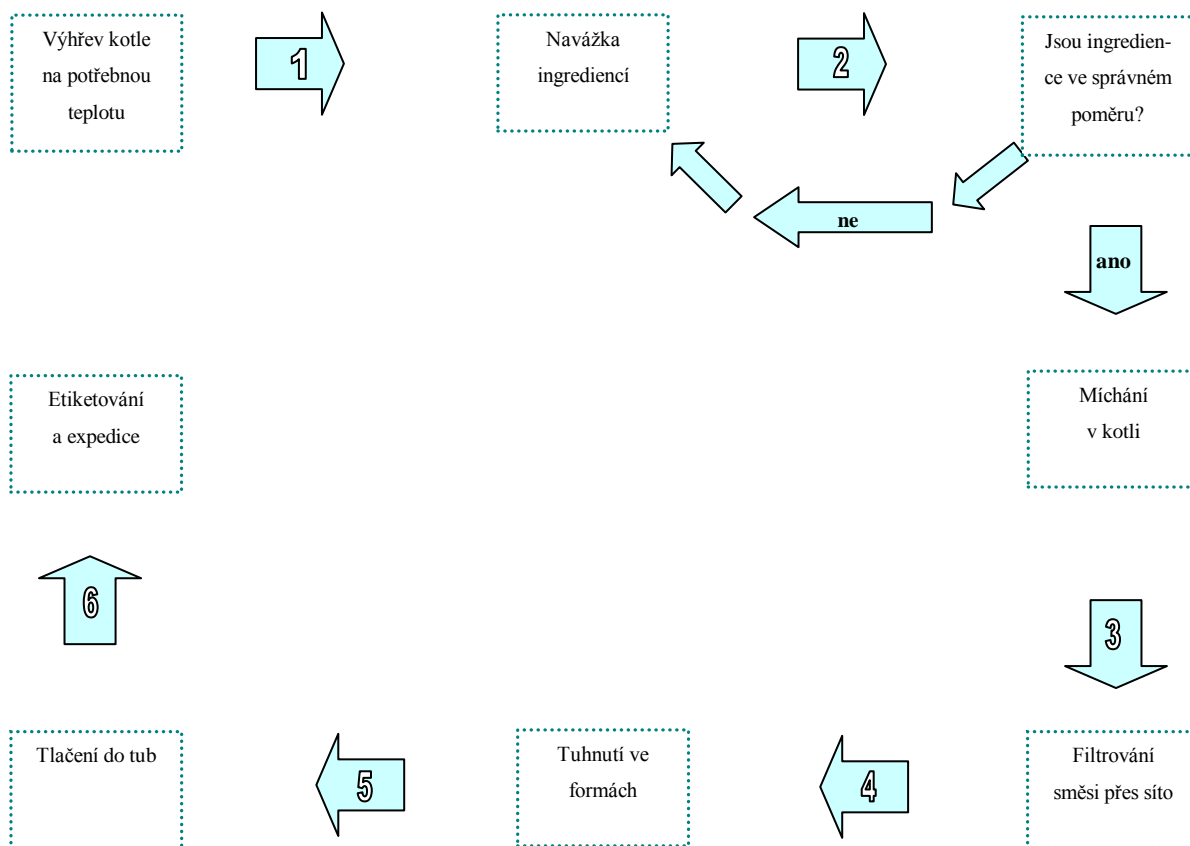
- na bázi polyetylenvinylacetátu: pro kartonážní účely, pro pomocné i trvalé spoje obuvnických dílců
- na bázi amorfního polyolefinu: montážní víceúčelová lepidla vhodná pro spojování hliníkových fólií, PUR pěn, netkaných textilií i pro plošné polepování dřeva
- na bázi termoplastického kaučuku: především jako montážní lepidla vhodná pro lepení přírodních usní, pryže, PUR pěn, pěnových materiálů z polyetylenu, polypropylenu a polystyrenu, pro lepení hliníkových fólií a pro samolepící etikety

#### **5. Přípravky pro ošetřování obuvi a usňových výrobků**

- samolešticí krémy na obuv řady TOP a TOP F, pro obuv z přírodních i syntetických usní
- přípravky pro ošetřování oděvů a čalounění z usní [5]

V následujících kapitolách popíší výrobní schéma mnou zvolených výrobků, které společnost produkuje, a to lepidla Vukoterm a samolešticího krému. Na tyto výrobky následně aplikuji regulační diagramy a Paretovu analýzu, která odhalí nejzávažnější příčiny závad vznikajících při výrobě těchto dvou produktů.

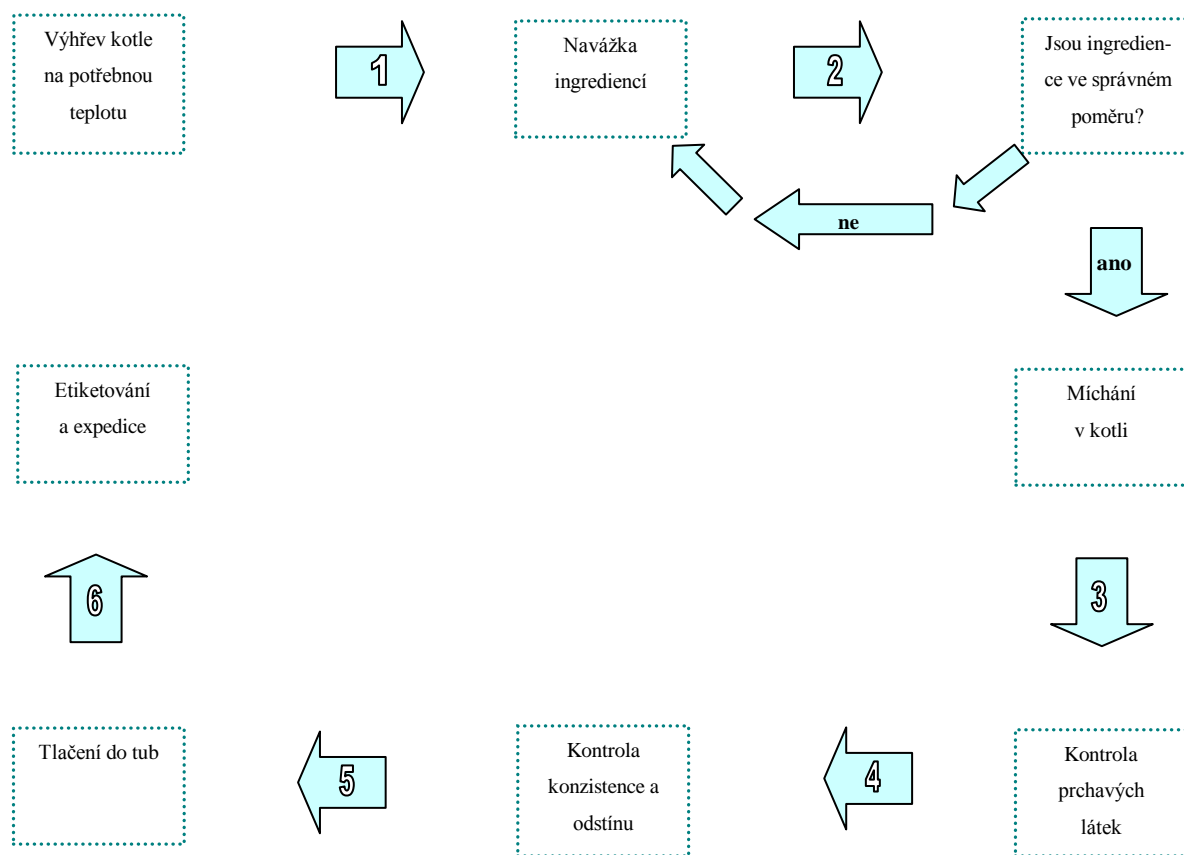
### 4.3.1 Výrobní postup lepidla Vukoterm



Obr. 8. Výrobní postup lepidla Vukoterm [5]

Na obr. 8. je znázorněn postup pro výrobu lepidla Vukoterm. V počáteční fázi se vyhřeje výrobní kotel na potřebnou teplotu, což je v případě lepidla Vukoterm cca 170 - 190°C. Mezitím se naváží všechny ingredience nezbytné pro výrobu a po dosažení vhodné teploty se ingredience míchají v kotli cca 2 a půl hodiny. V případě, že kontrolní bod zjistí nesprávně navážené ingredience, musí se opětovně navážít, přezkontrolovat a poté jde výroba do míchací fáze. Tímto krokem lze předejít případným ztrátám spojeným v souvislosti s produkcí zmetků. Asi v polovině míchání se provede průběžná kontrola, zda je směs dostatečně rozpuštěna. Pokud ne, zvýší se doba míchání o další čas. Než je fáze míchání dokončena, pomocí vývěvy se odsaje vzduch, který zapříčiňuje případný vznik vzduchových bublin. Po fázi míchání následuje fáze přefiltrování směsi přes síto, aby se zamezil výskyt nežádoucích nečistot v produktu. Směs tuhne v připravených formách a poté se vtačuje do tub, které se etiketují a následně skladují či rovnou vyexpedují. [5]

### 4.3.2 Výrobní postup samolešticího krému



Obr. 9. Výrobní postup lešticího krému [5]

Obr. 9. znázorňuje postup při výrobě lešticího krému. Výrobní postup je obdobný jako u lepidla Vukoterm. Nejprve je potřeba vyhřát výrobní kotel na teplotu vhodnou pro roztažení látek, což je v případě lešticího krému teplota cca 140 – 160°C. Po navážení ingrediencí se postupně všechny míchají ve vyhřátém kotli po dobu 1,5 až 2 hodin. I v tomto případě u výroby krému je nutné projít fází kontroly přesně navážených ingrediencí. V případě zjištění nesprávného poměru se vše musí znova převážít a poté se může znovu přistoupit k fázi míchání. Před dokončením míchání musí proběhnout kontrola správného smíchání v závislosti na obsahu prchavých látek v produktu, jejichž přítomnost má vliv na výslednou kvalitu výrobku. Následuje kontrola konzistence a výsledného odstínu produktu. V poslední fázi výroby se směs natlačí do tub či kelímků, následně se přidají etikety a hotový výrobek se opět uskladní či přímo vyexpeduje zákazníkům. [5]

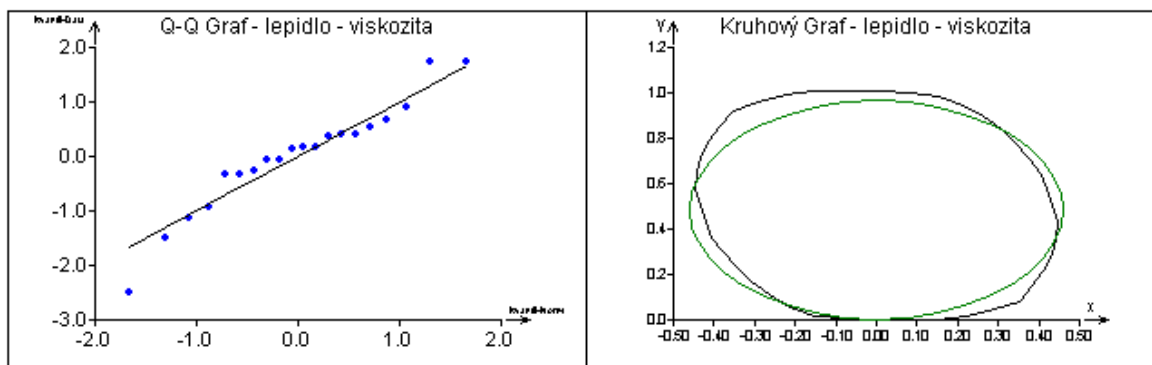
## 5 PRAKTICKÁ APLIKACE REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ NA ZVOLENÉ VÝROBKY

### 5.1 Shewhartovy regulační diagramy pro regulaci měřením na lepidlo Vukoterm

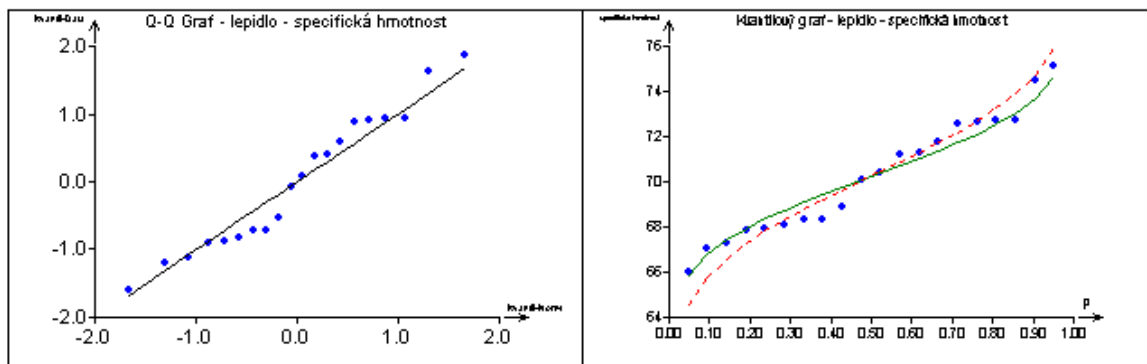
Pro aplikaci Shewhartových regulačních diagramů jsem nejprve musela získat vstupní data. Konkrétně pro lepidlo Vukoterm jsem vybrala dva znaky jakosti, a to viskozitu a specifickou hmotnost. Tabulka č. 1. obsahuje přehled naměřených údajů. Pro sestavení grafů na následujících obrázcích jsem použila statistický software QCExpert. Abych mohla sestavit Shewhartovy regulační digramy, je nutno splnit několik podmínek pro ověření předpokladů konstrukce diagramů. Je zapotřebí otestovat normalitu dat, jejich nezávislost a homogenitu.

Tab. 1. Hodnoty jednotlivých znaků jakosti pro lepidlo [5]

Vzorek č. / viskozita				Vzorek č. / specifická hmotnost (mg)			
1	10,3	11	10,16	1	74,51	11	70,06
2	10,45	12	11,33	2	66	12	72,65
3	10,15	13	10,43	3	72,7	13	67,83
4	10,03	14	10,55	4	67,07	14	75,14
5	9,58	15	10,78	5	70,43	15	72,71
6	8,55	16	10,63	6	71,78	16	68,33
7	10,3	17	9,97	7	68,08	17	67,92
8	9,22	18	9,46	8	68,86	18	72,54
9	9,98	19	10,46	9	71,21	19	68,36
10	10,28	20	11,33	10	71,29	20	67,31



Obr. 10. Exploratorní analýza pro ověření normality dat pro viskozitu [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]



Obr. 11. Exploratorní analýza pro ověření normality dat pro specifickou hmotnost [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]

Exploratorní grafy na obr. 10. a 11. (Q-Q graf, kruhový diagram a kvantilový graf) prokázaly, že sledovaný soubor pro jednotlivé znaky (viskozita a specifická hmotnost) vykazuje normální rozdělení, je tedy možné sestavit Shewhartovy regulační diagramy.

V případě Q-Q grafu mají normální data tvar přímky, čím jsou tedy jednotlivé body blíže k přímce, tím je normalita dat větší.

U kruhového diagramu zelená elipsa znázorňuje optimální tvar normálního rozdělení, černá elipsa představuje měřená data. Pokud sledovaná data vykazují normální rozdělení, obě dvě křivky se téměř překrývají, což je vidět v tomto případě.

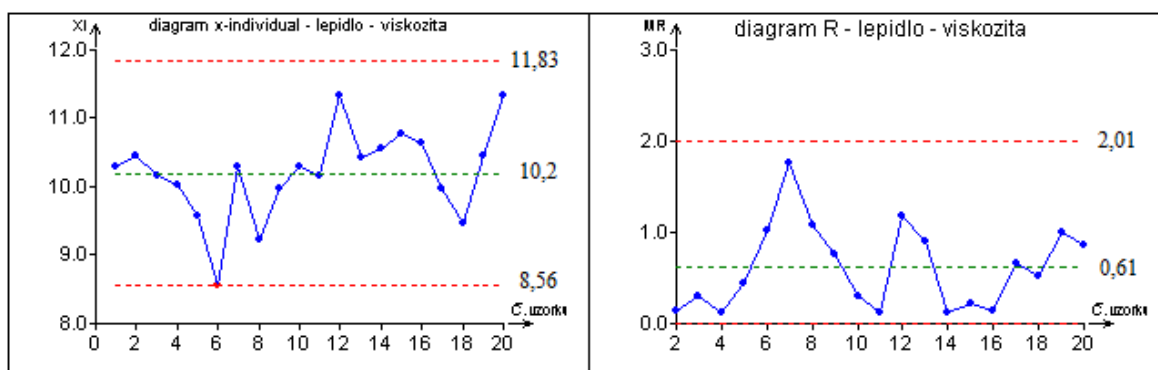
Kvantilový graf zobrazuje empiricky dané kvantily dat. Prokládá je kvantilová funkce normálního rozdělení. Zelená křivka představuje funkci s klasickým průměrem a rozptylem, červená křivka zase medián a jeho odchylku. Na základě toho, která křivka lépe odpovídá měřeným datům, vyberu pak pro odhad střední hodnoty buď průměr, nebo medián.

Výhoda těchto exploratorních grafů tkví ve vizuálním posouzení daných sledovaných znaků, což je jistě pozitivem oproti tabulkovým statistickým hodnotám.

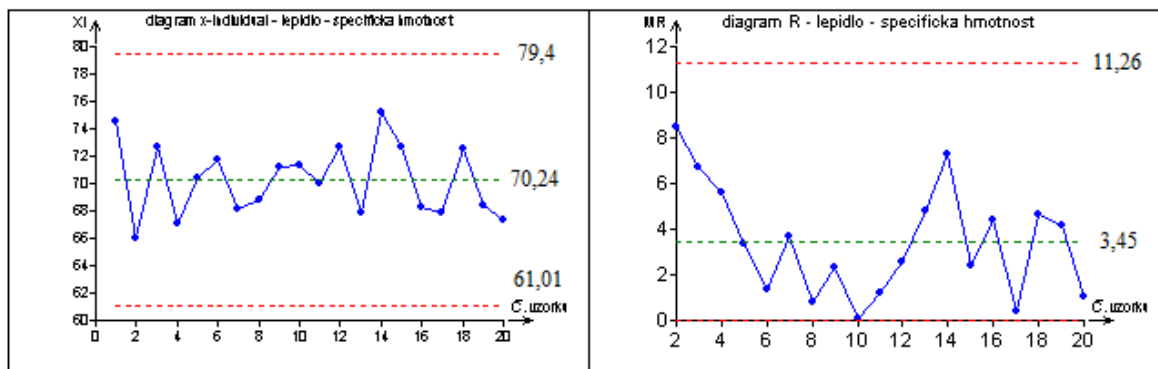
Tab. 2. Protokol pro lepidlo [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]

<b>Název sloupce :</b>	<b>viskozita</b>	<b>Název sloupce :</b>	<b>specifická hmotnost</b>
<b>Test normality:</b>		<b>Test normality:</b>	
Průměr :	10,197	Průměr :	70,239
Rozptyl :	0,429264211	Rozptyl :	6,922704211
Šikmost	-0,533796459	Šikmost	0,212580643
Špičatost :	3,664728204	Špičatost :	1,923952997
<b>Normalita :</b>	<b>Přijata</b>	<b>Normalita :</b>	<b>Přijata</b>
Vypočtený :	1,636188579	Vypočtený :	0,348882474
Teoretický :	5,991464547	Teoretický :	5,991464547
Pravděpodobnost :	0,44127179	Pravděpodobnost :	0,83992621
<b>Znaménkový test :</b>		<b>Znaménkový test :</b>	
<b>Závěr :</b>	<b>Data jsou nezávislá</b>	<b>Závěr :</b>	<b>Data jsou nezávislá</b>
<b>Vybočující body :</b>		<b>Vybočující body :</b>	
Název sloupce :	viskozita	Název sloupce :	specifická hmotnost
<b>Homogenita :</b>	<b>Přijata</b>	<b>Homogenita :</b>	<b>Přijata</b>
Počet vyboč. bodů :	0	Počet vyboč. bodů :	0
Spodní mez :	8,9557	Spodní mez :	58,3566
Horní mez :	11,4743	Horní mez :	82,1034

Tabulka č. 2. znázorňuje výsledky protokolu, který je spolu s grafy výstupem v programu QCExpert. Je vidět, že všechny tři sledované parametry jsou v souladu s předpokladem pro sestavení regulačních diagramů. Normalita i homogenita dat byly přijaty a znaménkový test prokázal, že sledovaná data jsou nezávislá.

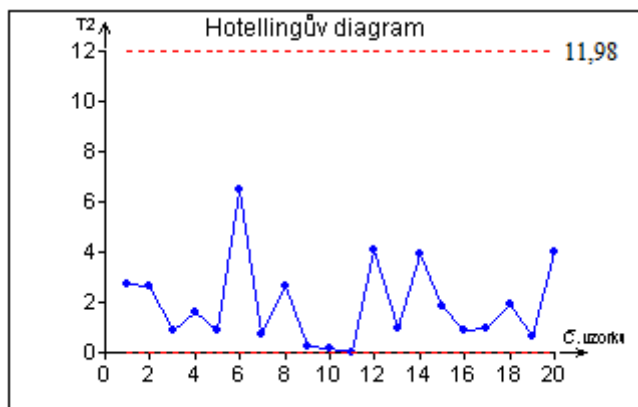


Obr. 12. Diagram *x*-individual a *R* pro lepidlo – viskozita [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]



Obr. 13. Diagram  $x$ -individual a  $R$  pro lepidlo - specifická hmotnost [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]

Výše uvedené obrázky jsou grafickým výstupem pro Shewhartovy regulační diagramy  $x$ -individual a  $R$ . Pokud budeme tyto regulační diagramy zkoumat, zjistíme, že pouze v případě znaku jakosti viskozity leží jeden bod na dolní regulační mezi, neprojevily se tedy žádné významné problémy. Proto ještě využijí Hotellingova regulačního diagramu, jehož konstrukce může odhalit odchylky, které Shewhartovy regulační diagramy neodhalily.



Obr. 14. Simultánní sledování variability pro oba parametry pomocí Hotellingova regulačního diagramu  $T^2$  [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]

Z Hotellingova diagramu na obr. 14. lze vidět přibližně stejné výsledky jako u Shewhartových regulačních diagramů. Někdy v praxi nastane případ, že Shewhartovy regulační diagramy nesignalizují případnou odchylku, kdežto Hotellingův diagram ji odhalí. Naopak je



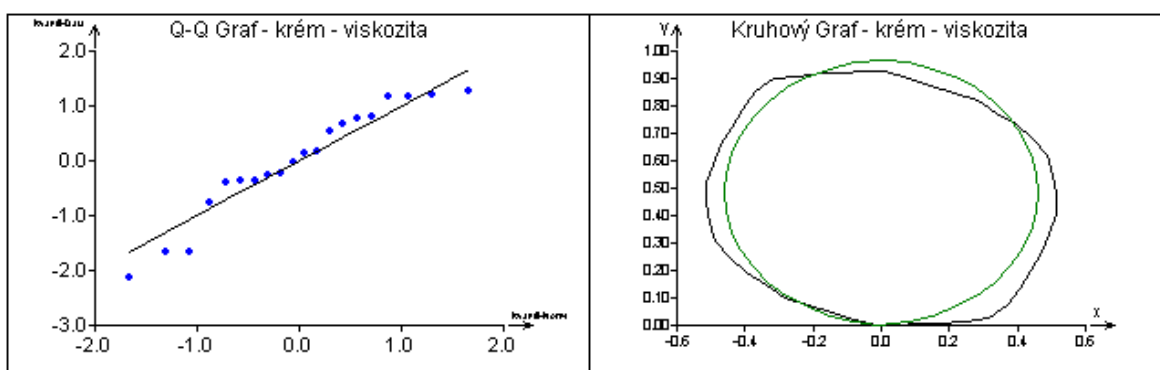
také možné, že při použití Shewhartových regulačních diagramů se vyskytne problém, ale následná aplikace Hotellingova diagramu zůstane negativní.

## 5.2 Shewhartovy regulační diagramy pro regulaci měření na samolešticí krém

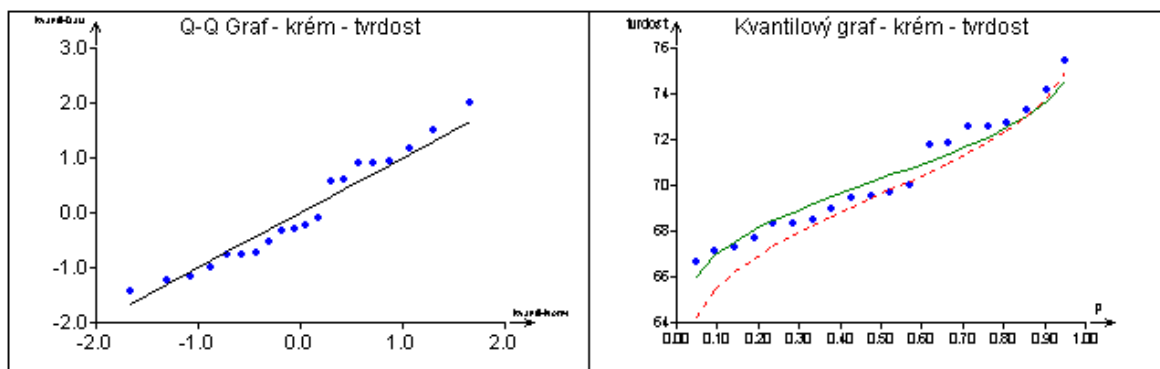
V této kapitole týkající se Shewhartových regulačních diagramů aplikovaných na lešticí krém, obdobně jako u lepidla Vukoterm, budu zkoumat znaky jakosti, a to viskozitu (měřenou pomocí tzv. Fordova kelímku) a tvrdost (udanou měřením na přístroji „Shore A“). Tabulka č. 3 čítá hodnoty dat poskytnuté firmou pro následující aplikaci diagramů.

Tab. 3. Hodnoty jednotlivých znaků jakosti pro krém [5]

Vzorek č. / viskozita				Vzorek č. / tvrdost			
1	9,72	11	11,52	1	73,28	11	68,45
2	12,84	12	12,36	2	67,13	12	72,59
3	11,37	13	10,16	3	66,63	13	68,3
4	12,5	14	12,24	4	67,7	14	75,45
5	10,17	15	12,86	5	69,52	15	72,71
6	11,38	16	12,87	6	71,74	16	69,44
7	11,4	17	12,94	7	68,33	17	69,72
8	11,49	18	11,7	8	74,15	18	71,82
9	11,88	19	11,01	9	72,57	19	68,96
10	11,9	20	12,48	10	70,02	20	67,3



Obr. 15. Exploratorní analýza pro ověření normality dat pro viskozitu [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]

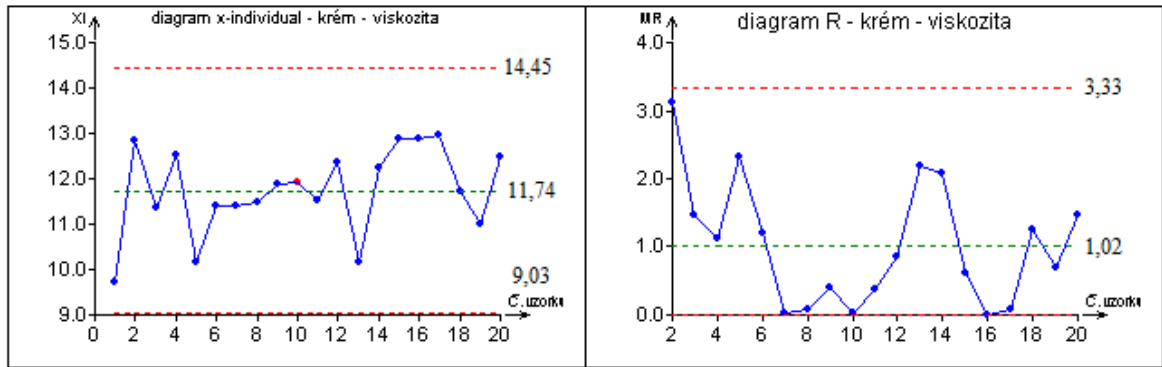


Obr. 16. Exploratorní analýza pro ověření normality dat pro tvrdost [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]

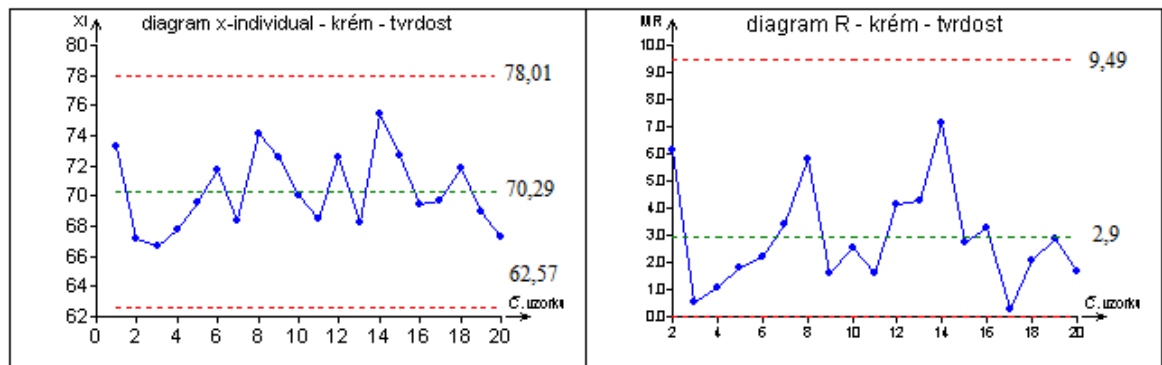
Exploratorní analýza sestavená z Q-Q grafu, kruhového grafu a kvantilového grafu prokázala normalitu a nezávislost sledovaných dat a také byla přijata homogenita, tudíž jsou opět splněny předpoklady pro konstrukci Shewhartových regulačních diagramů. Předpoklady též shrnuje protokol pro krém v tab. 4.

Tab. 4. Protokol pro krém [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]

Název sloupce :	viskozita	Název sloupce :	tvrdost
<b>Test normality:</b>		<b>Test normality:</b>	
Průměr :	11,7395	Průměr :	70,2905
Rozptyl :	0,897647105	Rozptyl :	6,576436579
Šikmost	-0,600758735	Šikmost	0,372408319
Špičatost :	2,53463194	Špičatost :	1,998213193
<b>Normalita :</b>	<b>Přijata</b>	<b>Normalita :</b>	<b>Přijata</b>
Vypočtený :	1,973240905	Vypočtený :	0,898249664
Teoretický :	5,991464547	Teoretický :	5,991464547
Pravděpodobnost :	0,372834577	Pravděpodobnost :	0,638186428
<b>Znaménkový test :</b>		<b>Znaménkový test :</b>	
<b>Závěr :</b>	<b>Data jsou nezávislá</b>	<b>Závěr :</b>	<b>Data jsou nezávislá</b>
<b>Vybočující body :</b>		<b>Vybočující body :</b>	
Název sloupce :	viskozita	Název sloupce :	tvrdost
<b>Homogenita :</b>	<b>Přijata</b>	<b>Homogenita :</b>	<b>Přijata</b>
Počet vyboč. bodů :	0	Počet vyboč. bodů :	0
Spodní mez :	9,0723	Spodní mez :	59,4611
Horní mez :	14,7777	Horní mez :	81,4089

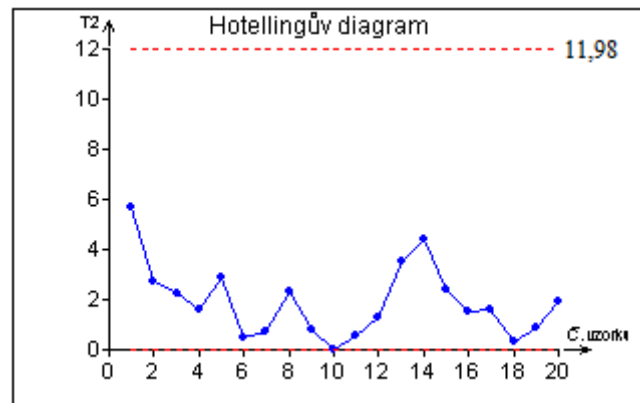


Obr. 17. Diagram *x*-individual a *R* pro krém – viskozita [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]



Obr. 18. Diagram *x*-individual a *R* pro krém – tvrdost [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]

Výše uvedené Shewhartovy regulační diagramy neprokazují žádné vybočení hodnot mimo stanovené regulační meze, což lze ověřit také sestrojením Hotellingova diagramu, který buď potvrdí výsledky Shewhartových regulačních diagramů, nebo nalezne případné problematické hodnoty sledovaných znaků jakosti. Ale i tentokrát k takovému vybočení nedošlo, žádné meze nebyly překročeny, tudíž lze i v tomto případě u lešticího krému považovat sledované znaky za statisticky stabilní.



Obr. 19. Simultánní sledování variability pro oba parametry pomocí Hotellingova regulačního diagramu II [zdroj: vlastní zpracování v programu QCExpert]

## 6 PARETOVA ANALÝZA

Dalším nástrojem využívaným ve výrobním procesu společnosti Tegü VUKO, spol. s r.o. je Paretova analýza. Jak jsem uvedla již dříve, vychází z tzv. principu, který říká, že 80% výstupů zapříčiňuje pouze 20% vstupů, resp. pokud se zaměříme na pouhých 20% činností, přinesou nám 4/5 všech zisků.

Paretovu analýzu jsem využila pro přednesení jiného úhlu pohledu na jakost resp. zmetkovitost. V tabulkách znázorněných níže (viz. Tab. 5. – 8.) je přehled příčin závad pro sledované výrobky, které mi společnost poskytla ze svých interních materiálů za půlroční období. Tabulky zobrazují výčet příčin závad, jejich jednotlivé četnosti a kumulativní četnosti jak pro počet jednotek, tak i pro náklady na jejich „zbytečnou“ výrobu. Společnost má vypočtenou sazbu nákladů na ušlý zisk z výrobků ve výši 110 Kč/ks u lepidla Vukoterm a 130 Kč/ks u samolešticího krému. Dále jsou uvedeny Paretovy diagramy, jejichž grafické znázornění přispěje k lepšímu pochopení dané problematiky.

### 6.1 Paretova analýza pro lepidlo Vukoterm

#### *Příčiny závad*

- **Chybně navážené ingredience** – zde může jako jádro příčiny zapůsobit lidský faktor, což v konečném důsledku povede k produkci zmetků, jejichž náklady jsem vyčíslila výše
- **Nesprávná teplota výhřevu** – špatně nastavený stroj a nízká či naopak vysoká teplota výhřevu též ovlivní konečný produkt
- **Nerozpuštěná směs** – závisí na správné teplotě výhřevu
- **Nedostatečně odstraněné vzduchové bubliny** – chyba výrobního stroje či lidská nepozornost v průběžné kontrole při výrobě
- **Propuštění nečistot filtrem** – chyba může nastat např. v protržení filtru síta
- **Příliš rychlé chladnutí** – špatné klimatické podmínky ve výrobní hale
- **Nedostatečná reakce se vzdušnou vlhkostí** – příčina může tkvět v chybně navážených ingrediencích a tudíž špatným poměrem vstupních látek
- **Poškozený obal** – vzniká v důsledku špatného skladování či neodborné manipulace

- **Nevhodné skladování** – zde opět může být vliv lidského faktoru či neadekvátní skladovací podmínky
- **Špatně smíchané složky tryskou** – vadná či poškozená tryska pro aplikaci lepidla

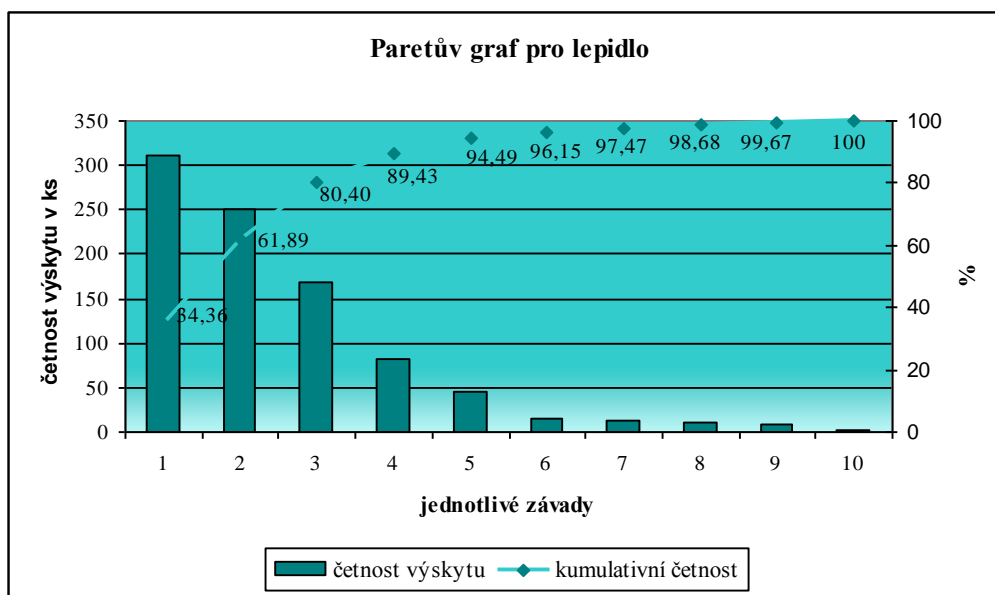
Tab. 5. Tabulka pro Paretovu analýzu I – lepidlo Vukoterm [5]

Závada	četnost výskytu (ks)	četnost výskytu (%)	kumulativní četnost (%)
(1) Chybně navážené ingredience	312	34,36	34,36
(2) Nesprávná teplota výhřevu	250	27,53	61,89
(3) Nerozpuštěná směs	168	18,50	80,40
(4) Nedostatečně odstraněné vzduchové bubliny	82	9,03	89,43
(5) Propuštění nečistot filtrem	46	5,07	94,49
(6) Příliš rychlé chladnutí	15	1,65	96,15
(7) Nedostatečná reakce se vzdušnou vlhkostí	12	1,32	97,47
(8) Poškozený obal	11	1,21	98,68
(9) Nevhodné skladování	9	0,99	99,67
(10) Špatně smíchané složky tryskou	3	0,33	100
Celkem	908		

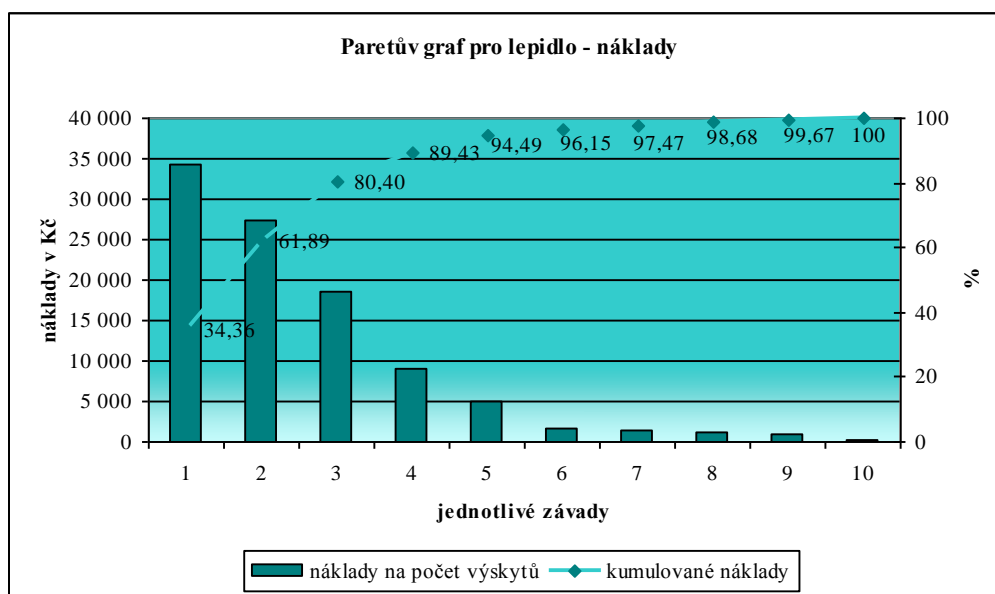
Tab. 6. Tabulka pro Paretovu analýzu II – lepidlo Vukoterm [5]

Závada	četnost výskytu (ks)	náklady na počet výskytů (Kč)	kumulovaná četnost nákladů (Kč)	náklady na počet výskytů (%)	kumulované náklady (%)
(1) Chybně navážené ingredience	312	34 320	34 320	34,36	34,36
(2) Nesprávná teplota výhřevu	250	27 500	61 820	27,53	61,89
(3) Nerozpuštěná směs	168	18 480	80 300	18,50	80,40
(4) Nedostatečně odstraněné vzduchové bubliny	82	9 020	89 320	9,03	89,43
(5) Propuštění nečistot filtrem	46	5 060	94 380	5,07	94,49
(6) Příliš rychlé chladnutí	15	1 650	96 030	1,65	96,15
(7) Nedostatečná reakce se vzdušnou vlhkostí	12	1 320	97 350	1,32	97,47
(8) Poškozený obal	11	1 210	98 560	1,21	98,68
(9) Nevhodné skladování	9	990	99 550	0,99	99,67
(10) Špatně smíchané složky tryskou	3	330	99 880	0,33	100
Celkem	908	99 880			

Paretův diagram je sestaven pomocí sloupcového diagramu, přičemž každý sloupec značí vždy jednu vadu, jeho výška ukazuje četnost dané vady. Levá vertikální osa je charakterizována četností výskytu jednotlivých vad, pravá osa značí výskyt udaný v procentech. Tzv. Lorenzova křivka je spojnice středů jednotlivých sloupců a je rostoucího charakteru kumulovaných četností.



Obr. 20. Paretova analýza – lepidlo [zdroj: vlastní zpracování v programu MS Excel]



Obr. 21. Paretova analýza – náklady – lepidlo [zdroj: vlastní zpracování v programu MS Excel]

Z grafu na obr. 20. je patrné, že první dvě závady (v případě lepidla Vukoterm - chybně navážené ingredience a nesprávná teplota výhřevu) zapříčinily cca 62% následků, což také dokazuje Paretova nákladová analýza na obr. 21. Společnost by tedy měla věnovat větší pozornost při výrobním postupu a dbát na častější kontrolu pracovníků a také by bylo příhodné stanovit pravidelné technické kontroly stavu výrobních strojů. Tím by se mohlo předejít výskytu příčin popsanych v Paretově analýze.

## 6.2 Paretova analýza pro samolešticí krém

### *Příčiny závad*

- **Špatné vstupní suroviny** – jádro problému může být v nekvalitních či pro výrobu výsledného produktu nevhodných surovinách
- **Složky smíchané v nesprávném poměru** – zapříčiňuje lidský faktor, což se odrazí ve výsledném produktu a nákladech z toho plynoucích
- **Nedostatečné roztavení vosku** – zde může nastat porucha výrobního stroje – výhřevného kotle či topných těles
- **Nerozpuštěná směs** – ovlivňuje výslednou kvalitu produktu a vyplývá z předchozích příčin závad
- **Malý obsah prchavých látek** – chyba výrobního stroje či počáteční nesprávně navážené suroviny
- **Příliš rychlé zchlazení** – špatné klimatické podmínky ve výrobní hale
- **Nevhodný výsledný odstín** – vyplývá z nevhodně provedeného předchozího kroku
- **Znečištěné pracovní prostředí** – tento jev do značné míry ovlivňuje lidský faktor
- **Poškozený obal** – opět jako důsledek nevhodné manipulace či špatného skladování
- **Špatné skladování** – vlivem nevhodných klimatických podmínek skladovacích prostor

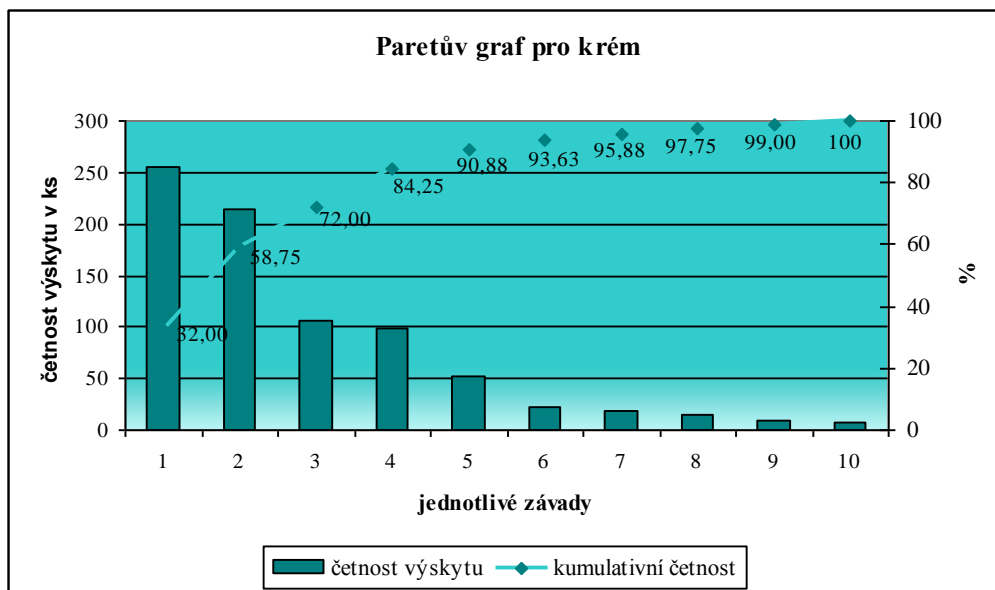


Tab. 7. Tabulka pro Paretovu analýzu I – samolešticí krém [5]

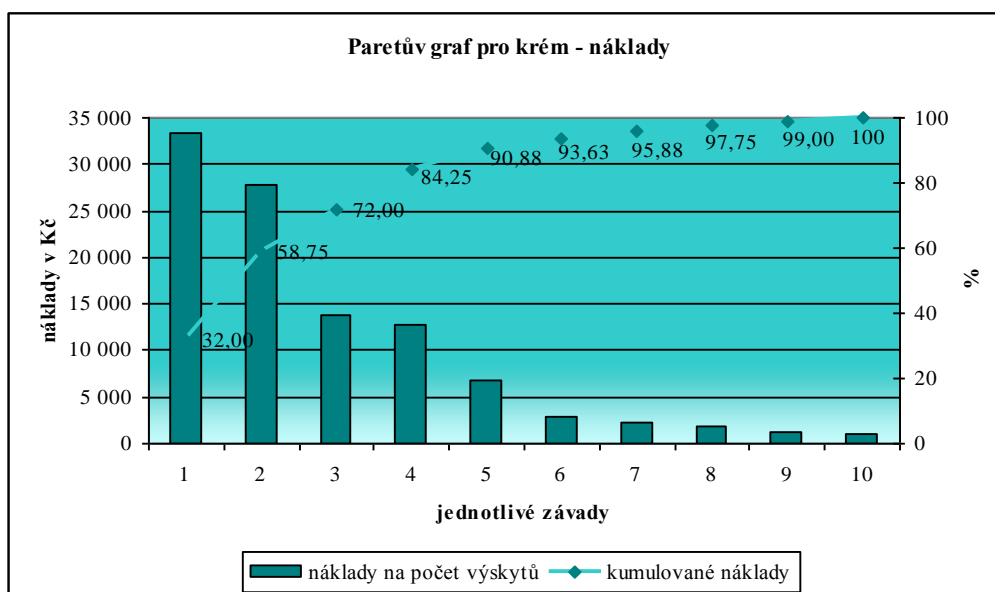
	četnost výskytu (ks)	četnost výskytu (%)	kumulativní četnost (%)
<b>Závada</b>			
(1) Špatné vstupní suroviny	256	32,00	32,00
(2) Složky smíchané v nesprávném poměru	214	26,75	58,75
(3) Nedostatečné roztavení vosku	106	13,25	72,00
(4) Nerozpuštěná směs	98	12,25	84,25
(5) Malý obsah prchavých látek	53	6,63	90,88
(6) Příliš rychlé zchlazení	22	2,75	93,63
(7) Nevhodný výsledný odstín	18	2,25	95,88
(8) Znečištěné pracovní prostředí	15	1,88	97,75
(9) Poškozený obal	10	1,25	99,00
(10) Špatné skladování	8	1,00	100
Celkem	800		

Tab. 8. Tabulka pro Paretovu analýzu II – samolešticí krém [5]

	četnost výskytu (ks)	náklady na počet výskytů (Kč)	kumulovaná četnost nákladů (Kč)	náklady na počet výskytů (%)	kumulované náklady (%)
<b>Závada</b>					
(1) Špatné vstupní suroviny	256	33 280	33 280	32,00	32,00
(2) Složky smíchané v nesprávném poměru	214	27 820	61 100	26,75	58,75
(3) Nedostatečné roztavení vosku	106	13 780	74 880	13,25	72,00
(4) Nerozpuštěná směs	98	12 740	87 620	12,25	84,25
(5) Malý obsah prchavých látek	53	6 890	94 510	6,63	90,88
(6) Příliš rychlé zchlazení	22	2 860	97 370	2,75	93,63
(7) Nevhodný výsledný odstín	18	2 340	99 710	2,25	95,88
(8) Znečištěné pracovní prostředí	15	1 950	101 660	1,88	97,75
(9) Poškozený obal	10	1 300	102 960	1,25	99,00
(10) Špatné skladování	8	1 040	104 000	1,00	100
Celkem	800	104 000			



Obr. 22. Paretova analýza – krém [zdroj: vlastní zpracování v programu MS Excel]



Obr. 23. Paretova analýza – náklady – krém [zdroj: vlastní zpracování v programu MS Excel]

Obdobně jako v případě lepidla Vukoterm, tak i v případě samolešticího krému první dvě závady činí 20% vstupů. Z grafu lze tedy vyčíst, že tyto příčiny vyvolávají cca 60% následků. Aby se v budoucnu dalo těmto příčinám předejít a tím eliminovat náklady na zmetky, také bych doporučila pro příčinu špatně navážených surovin častější kontrolu pracovníků či

důkladné seřízení stroje. Totéž platí i pro druhou příčinu – složek smíchaných v nesprávném poměru. Zde se dá usuzovat pouze nepozornost pracovníka, navrhla bych tedy pravidelnější dohlížení na pracovníky nebo případné sankce za produkci zmetků.

## 7 APLIKACE METOD Z ČASOVÝCH ŘAD

Informace a podklady pro aplikaci metod z časových řad jsem čerpala z interních materiálů firmy, resp. jsem využila údaje z účetních materiálů, konkrétně z rozvahy a výkazu zisku a ztrát z období let 1999-2008. Hodnoty jednotlivých složek majetku společnosti použité pro výpočty jsou uvedeny v příloze P VI. Pro praktickou aplikaci metod z časových řad jsem vybrala právě hodnoty čistého zisku. Tabulka č. 9. znázorňuje hodnoty EAT z jednotlivých let a jejich čtvrtletí.

Tab. 9. EAT za jednotlivá čtvrtletí 1999-2008 [5]

EAT v tis. Kč / čtvrtletí	I	II	III	IV	Σ
1999	35	40	42	44	161
2000	46	46	41	42	175
2001	82	80	62	67	291
2002	116	112	95	146	469
2003	100	120	145	150	515
2004	148	123	133	130	534
2005	113	111	127	99	450
2006	71	65	75	63	274
2007	55	53	47	45	200
2008	44	40	38	35	157

### 7.1 Metodika zpracování

Při aplikaci metod časových řad pro predikci se budu zabývat individuálními t-testy a následně celkovým F-testem pro testování statistické významnosti regresních parametrů. Obecný předpis funkcí je následující:

- lineární model 
$$y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (42)$$

- kvadratický model 
$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 \quad (43)$$

- kubický model 
$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 \quad (44)$$

V případě individuálních t-testů nejprve stanovím hypotézu  $H_0$  o statistické nevýznamnosti a k ní alternativní hypotézu  $H_1$  o statistické významnosti regresních parametrů. Následovat bude celkový F-test, který testuje nulovou hypotézu, že alespoň jeden regresní parametr je statisticky nevýznamný.

$H_0: \beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n = 0$  (statistická nevýznamnost)

$H_1: \beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n \neq 0$  (statistická významnost)

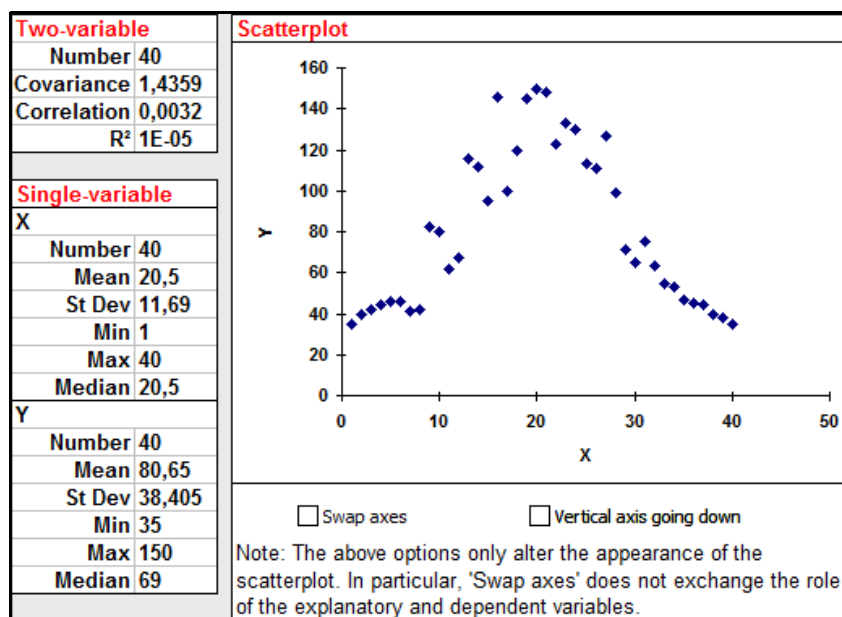
Pokud bude parametr testového kritéria  $t$  ( $t = s \beta_0 / \beta_0$ ) větší nebo roven  $t_{1-\alpha/2} (n-2)$ , v tomto případě  $\alpha = 0,05$ , pak zamítám hypotézu  $H_0$  o statistické nevýznamnosti a připouštím alternativní hypotézu  $H_1$  o statistické významnosti.

Poté provedu celkový F-test a v případě, že:

$$F = \frac{\frac{s_T}{n-p}}{\frac{s_y}{n-2}} \geq F_{1-\alpha}(n-p, n-2), \quad (45)$$

pak zamítám hypotézu  $H_0$  o statistické nevýznamnosti a přijímám alternativní hypotézu  $H_1$  o statistické významnosti.

## 7.2 Aplikace s využitím statistického softwaru XLStatistics

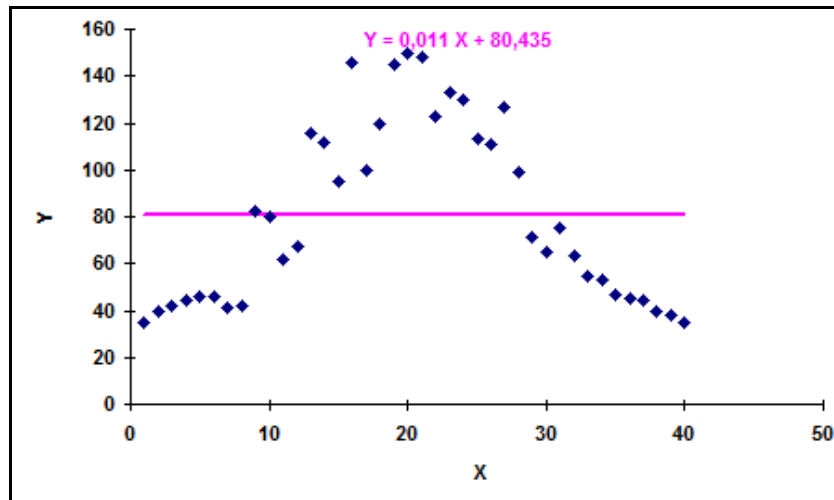


Obr. 24. Bodový diagram empirických dat [zdroj: vlastní zpracování v programu XLStatistics]

Obr. 24. znázorňuje výstup z programu XLStatistics, jde o tzv. bodový diagram empirických dat, jehož hodnoty představuje čistý zisk z jednotlivých čtvrtletí z období let 1999-2008. V následujících kapitolách budu analyzovaná data prokládat přímkou a polynomy druhého a třetího stupně a sledovat, který model nejlépe vystihuje svou predikční schopnost.

7.2.1 Analytické vyrovnání časové řady

*Lineární přímka*



Obr. 25. Proložení dat lineárním modelem [zdroj: vlastní zpracování v programu XLStatistics]

Summary			Confidence Ints.		
	Estimate	SE	Level	0,95	R <sup>2</sup> 1E-05
			Lower	Upper	s 38,9069
Slope	0,010507	0,53292	-1,0683	1,08935	
Constant	80,43462	12,5378	55,0531	105,816	

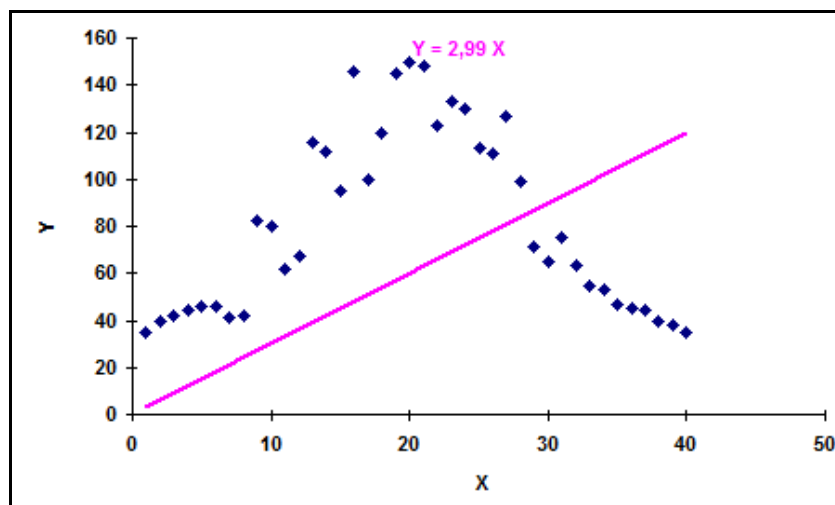
Hypothesis Tests	
<b>Slope</b> H <sub>0</sub> : Slope = 0 Alternative <input checked="" type="radio"/> ≠ <input type="radio"/> > <input type="radio"/> <	<b>Constant</b> H <sub>0</sub> : Const = 0 Alternative <input checked="" type="radio"/> ≠ <input type="radio"/> > <input type="radio"/> <
H <sub>1</sub> : Slope ≠ 0	H <sub>1</sub> : Const ≠ 0
p-value = 0,984374	p-value = 1,54E-07

Obr. 26. Shrnutí a test hypotézy I [zdroj: vlastní zpracování v programu XLStatistics]

P-value je hodnota rovna minimální hladině významnosti, na které zamítám hypotézu H<sub>0</sub>. Pokud v mém výpočtu vyjde p-value menší nebo rovno  $\alpha = 0,05$ , pak zamítanu hypotézu H<sub>0</sub> o statistické nevýznamnosti. U lineárního modelu je R<sup>2</sup> nazýván *koeficientem determinace*, u ostatních modelů, které jsou linearizovatelné v parametrech pro odhad regresních parametrů pomocí metody nejmenších čtverců, se nazývá *index determinace*. Jedná se o vyjádření podílu teoretického rozptylu a celkové variability.

V testu hypotézy na obr. 26. je vidět, že hodnota p-value nabývá velmi nízké hodnoty, a proto zamítám hypotézu  $H_0$  a přijímám hypotézu  $H_1$  s tím, že data jsou statisticky významná.

Při testování statistické významnosti absolutního parametru jsem tento parametr vyloučila z lineárního modelu a tím se zvedlo vysvětlení variability lineárním modelem pomocí koeficientu determinace  $R^2$  z téměř nulové hodnoty (viz. Obr. 26.) na cca 62%, což lze vyčíst z obr. 28. Absolutní parametr jsem vyloučila z důvodu jeho širokého konfidenčního intervalu.



Obr. 27. Proložení dat lineárním modelem po vyloučení absolutního členu [zdroj: vlastní zpracování v programu XLStatistics]

Summary			Confidence Ints.		
	Estimate	SE	Level	0,95	$R^2$ 0,62284
Slope	2,989566	0,37252	Lower	2,23544	Upper 3,74369
Constant	0				s 55,4292

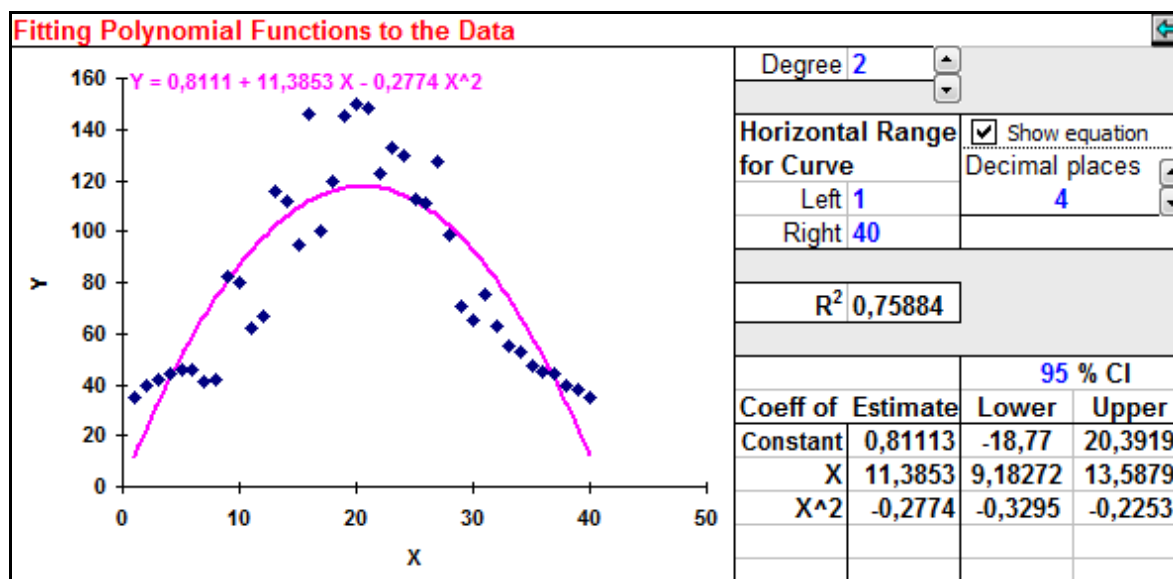
  

Hypothesis Tests	
Slope	
$H_0$ : Slope = 0	
Alternative	
<input checked="" type="radio"/> $\neq$ <input type="radio"/> $>$ <input type="radio"/> $<$	
$H_1$ : Slope $\neq$ 0	
p-value = 8,76E-10	

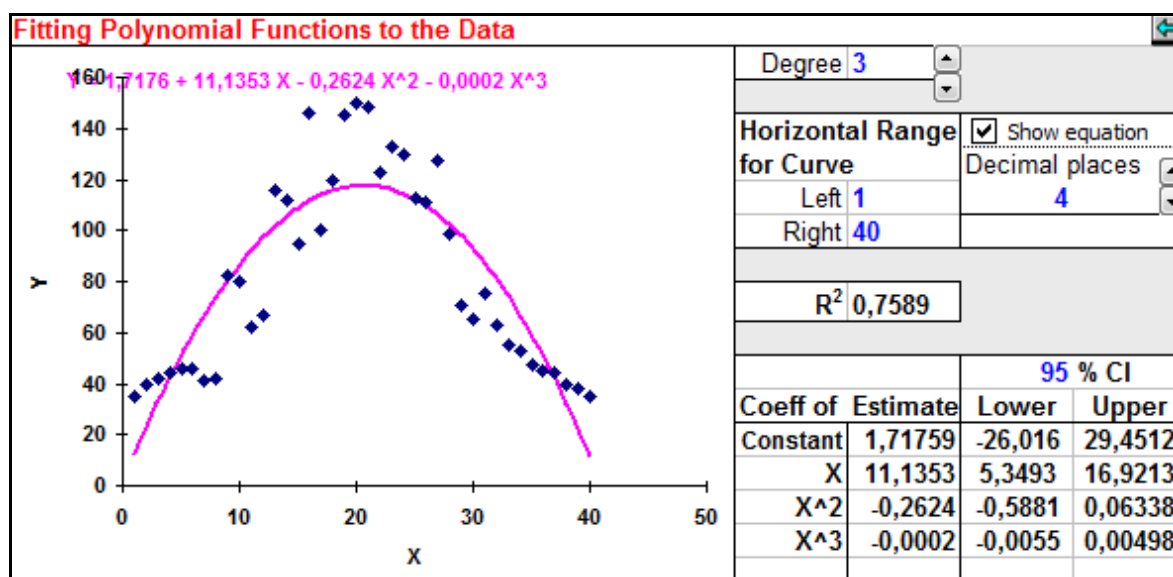
Constant	
$H_0$ : Const = 0	
Alternative	
<input checked="" type="radio"/> $\neq$ <input type="radio"/> $>$ <input type="radio"/> $<$	
$H_1$ : Const $\neq$ 0	
p-value =	

Obr. 28. Shrnutí a test hypotézy II [zdroj: vlastní zpracování v programu XLStatistics]

**Polynom 2. stupně**

Obr. 29. Proložení dat pomocí polynomu 2. stupně [zdroj: vlastní zpracování v programu XLStatistics]

Po aproximaci dat kvadratickým modelem vyšel index determinace 0,759, což znamená že 75,9% variability je vysvětleno tímto modelem. U polynomu třetího stupně je rozdíl v indexu determinace pouze minimální, tímto modelem je vysvětleno 76% variability, což také ukazuje obr. 30.

**Polynom 3. stupně**

Obr. 30. Proložení dat pomocí polynomu 3. stupně [zdroj: vlastní zpracování v programu XLStatistics]



Z výše uvedených obrázků je s postupným přidáváním vyššího řádu polynomu vidět, že pokud aproximují data polynomy vyšších řádů, dojde k přesnějšímu proložení dat křivkou. Ovšem z hlediska interpolace a extrapolace dat je využití polynomu třetího stupně a výše nesmyslné. V tomto případě lineární model není pro použití vhodný, protože první diference nejsou přibližně konstantní.

Proto bych jako závěr predikce pomocí časových řad uvedla, že jako nejvhodnější model pro predikci je dle mého názoru využití modelu polynomu druhého stupně, který vysvětluje téměř 76% variability a jehož druhé diference jsou přibližně konstantní.

## ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo popsat využití statistických metod ve výrobním procesu společnosti. Společnost Tegü VUKO, spol. s r.o. podniká v dosti úzce specifikovaném oboru, a proto je pro ni využití statistických metod jako nástroje řízení a zlepšování procesu výroby v dnešním drsném konkurenčním prostředí více než žádoucí.

Při využití statistické regulace procesu firma monitoruje výchylky ve sledovaných parametrech u výrobků a v případě okamžitého zákroku do procesu se zamezí nebo alespoň sníží výskyt produkce zmetků. Já jsem pro aplikaci regulačních diagramů vybrala z širokého portfolia produktů dva výrobky, a to lepidlo Vukoterm a samolešticí krém. Každý výrobek byl charakterizován dvěma znaky jakosti – lepidlo Vukoterm viskozitou a specifickou hmotností a samolešticí krém viskozitou a tvrdostí. Na tyto znaky jsem aplikovala Shewhartovy regulační diagramy, které v souhrnu nezaznamenaly nijak zvlášť závažné odchylky, což následně potvrdil i aplikovaný Hotellingův diagram, který by měl odhalit případné odchylky nezaznamenané prostřednictvím Shewhartových regulačních diagramů.

Z Paretovy analýzy jsem zjistila dvě hlavní příčiny vzniku vad u vybraných výrobků (opět lepidlo Vukoterm a samolešticí krém). V případě lepidla tomu byly chybně navážené ingredience a nesprávná teplota výhřevu, pro samolešticí krém pak špatné vstupní suroviny a složky smíchané v nesprávném poměru. Jsou to tedy hlavní body, na které by se společnost v rámci eliminace zmetkovitosti měla zaměřit.

V poslední části práce jsem využila statistického softwaru XLStatistisc pro aplikaci metod z časových řad k predikování zisku/ztráty firmy, jehož výstupem bylo zjištění, že nejvhodnějším modelem pro predikci se stal kvadratický model polynomu druhého stupně.

Jak jsem již uvedla, využití vhodných statistických metod je pro společnost z hlediska efektivity velmi žádoucí a navíc je návratnost investic vložených do určitého statistického softwaru velmi rychlá, tudíž jedině schvaluji počínání firmy v souvislosti s aplikací popsaných metod. Společnost by navíc měla využívat takový typ softwaru, který přímo padne daným parametrům firmy.

Na závěr bych chtěla konstatovat, že i přes poměrnou náročnost daného tématu, jsem se přiblížila podnikové praxi a věřím, že poznatky a zkušenosti nabyté při vypracování bakalářské práce využiji i v budoucnu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] ARLT, Josef, ARLTOVÁ, Markéta. Finanční časové řady : Vlastnosti, metody modelování, příklady a aplikace. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, 2003. 220 s. ISBN 80-247-0330-0.
- [2] ČSN ISO 8258. Shewhartovy regulační diagramy. Praha : ČNI, 1.4.1994. 36 s.
- [3] DOSTÁL, Petr. Pokročilé metody analýz a modelování v podnikatelství a veřejné správě. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství Cerm, 2008. 340 s. ISBN 978-80-7204-605-8.
- [4] HINDLS, Richard, et al. Metody statistické analýzy pro ekonomy. 2. přeprac. vyd. Praha : Management Press, 2000. 259 s. ISBN 80-7261-013-9.
- [5] Interní materiály firmy.
- [6] KOVÁŘÍK, Martin. Projekt zavedení statistické regulace jakosti v podniku Tegü Vuko, s.r.o.. Zlín, 2007. 155 s. Diplomová práce. UTB ve Zlíně.
- [7] MELOUN, Milan, MILITKÝ, Jiří. Kompendium statistického zpracování dat. 1. vyd. Praha : Academia, 2002. 764 s., 1 CD-ROM. ISBN 80-200-1008-4.
- [8] NENADÁL, Jaroslav, et al. Moderní management jakosti : Principy, postupy, metody. 1. Praha : Management Press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [9] PAVELKA, František; KLÍMEK, Petr. Aplikovaná statistika. 1. Zlín : VUT Brno, 2000. 131 s. ISBN 80-214-1545-2.
- [10] TOŠENOVSKÝ, Josef, NOSKIEVIČOVÁ, Darja. Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava : Montanex, 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.
- [11] Ústav fyziky a měřicí techniky [online]. 19.6.2008 [cit. 2010-05-09]. Vítejte na stránkách ústavu. Dostupné z WWW:  
<<http://www.vscht.cz/ufmt/cs/pomucky/machacj/docs/>>.
- [12] VEBER, Jaromír, et al. Řízení jakosti a ochrana spotřebitele. 2. aktualizované vydání. Praha : Grada Publishing, 2007. 197 s. ISBN 978-80-247-1782-1.
- [13] Vlastnicestacz : zvolte si svoji vlastní cestu! [online]. 2006-2009 [cit. 2010-04-10]. Paretova analýza. Dostupné z WWW:

<<http://www.vlastnicesta.cz/akademie/kvalita-system-kvality/kvalita-system-kvality-metody/paretova-analyza/>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CL	Střední čára
ČSN	Česká státní norma
LCL	Dolní regulační mez
LWL	Dolní výstražná mez
MAE	Střední absolutní chyba
MAPE	Střední relativní chyba
MR	Klouzavé rozpětí
MSE	Střední kvadratická chyba
SPC	Statistická regulace procesu
SRD	Shewhartův regulační diagram
UCL	Horní regulační mez
UWL	Horní výstražná mez

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Náhodná příčina variability .....</i>	14
<i>Obr. 2. Vymezitelná příčina variability.....</i>	14
<i>Obr. 3. Základní struktura regulačního diagramu .....</i>	16
<i>Obr. 4. Klasický Shewhartův diagram.....</i>	19
<i>Obr. 5. Graf Paretovy analýzy.....</i>	25
<i>Obr. 6. Dělení složek časové řady.....</i>	29
<i>Obr. 7. Organizační schéma .....</i>	37
<i>Obr. 8. Výrobní postup lepidla Vukoterm.....</i>	40
<i>Obr. 9. Výrobní postup lešticího krému.....</i>	41
<i>Obr. 10. Exploratorní analýza pro ověření normality dat pro viskozitu.....</i>	42
<i>Obr. 11. Exploratorní analýza pro ověření normality dat pro specifickou hmotnost.....</i>	43
<i>Obr. 12. Diagram x-individual a R pro lepidlo – viskozita.....</i>	44
<i>Obr. 13. Diagram x-individual a R pro lepidlo - specifická hmotnost .....</i>	45
<i>Obr. 14. Simultánní sledování variability pro oba parametry pomocí Hotellingova regulačního diagramu I.....</i>	45
<i>Obr. 15. Exploratorní analýza pro ověření normality dat pro viskozitu.....</i>	46
<i>Obr. 16. Exploratorní analýza pro ověření normality dat pro tvrdost .....</i>	47
<i>Obr. 17. Diagram x-individual a R pro krém – viskozita.....</i>	48
<i>Obr. 18. Diagram x-individual a R pro krém – tvrdost .....</i>	48
<i>Obr. 19. Simultánní sledování variability pro oba parametry pomocí Hotellingova regulačního diagramu II.....</i>	49
<i>Obr. 20. Paretova analýza – lepidlo .....</i>	52
<i>Obr. 21. Paretova analýza – náklady – lepidlo .....</i>	52
<i>Obr. 22. Paretova analýza – krém .....</i>	55
<i>Obr. 23. Paretova analýza – náklady – krém .....</i>	55
<i>Obr. 24. Bodový diagram empirických dat.....</i>	58
<i>Obr. 25. Proložení dat lineárním modelem .....</i>	59
<i>Obr. 26. Shrnutí a test hypotézy I .....</i>	59
<i>Obr. 27. Proložení dat lineárním modelem po vyloučení absolutního členu .....</i>	60
<i>Obr. 28. Shrnutí a test hypotézy II .....</i>	60
<i>Obr. 29. Proložení dat pomocí polynomu 2. stupně.....</i>	61

---

<i>Obr. 30. Proložení dat pomocí polynomu 3. stupně.....</i>	61
<i>Obr. 31. Rozhodovací strom pro volbu klasického Shewhartova regulačního diagramu.....</i>	71

**SEZNAM TABULEK**

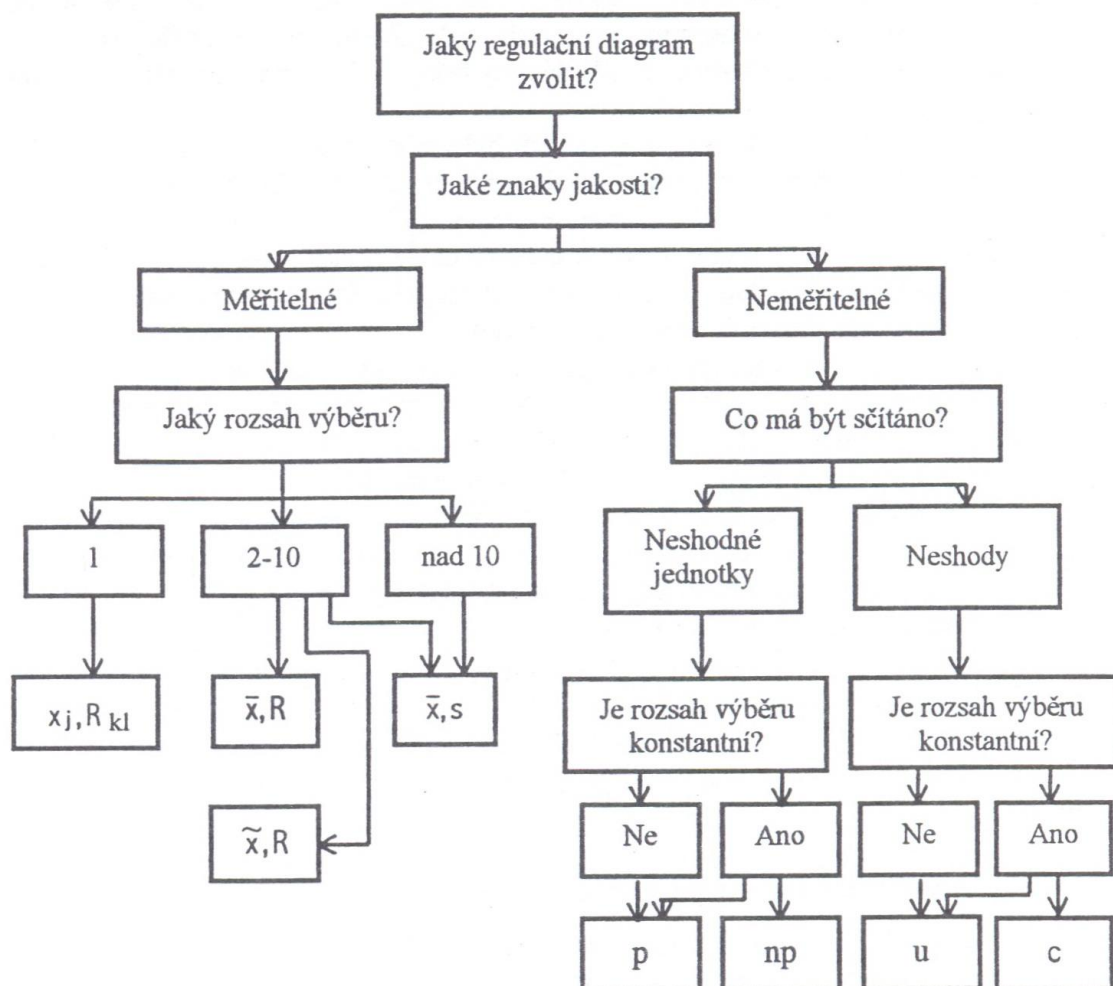
<i>Tab. 1. Hodnoty jednotlivých znaků jakosti pro lepidlo.....</i>	42
<i>Tab. 2. Protokol pro lepidlo .....</i>	44
<i>Tab. 3. Hodnoty jednotlivých znaků jakosti pro krém.....</i>	46
<i>Tab. 4. Protokol pro krém .....</i>	47
<i>Tab. 5. Tabulka pro Paretovu analýzu I – lepidlo Vukoterm .....</i>	51
<i>Tab. 6. Tabulka pro Paretovu analýzu II – lepidlo Vukoterm.....</i>	51
<i>Tab. 7. Tabulka pro Paretovu analýzu I – samolešticí krém.....</i>	54
<i>Tab. 8. Tabulka pro Paretovu analýzu II – samolešticí krém.....</i>	54
<i>Tab. 9. EAT za jednotlivá čtvrtletí 1999-2008 .....</i>	57
<i>Tab. 10. Nejčastěji používané testy nenáhodných seskupení.....</i>	72
<i>Tab. 11. Členění regulačních diagramů.....</i>	73
<i>Tab. 12. Součinitelé pro výpočet CL, LCL a UCL v klasických Shewhartových diagramech a jejich modifikacích .....</i>	74
<i>Tab. 13. Kvantily rozdělení pro <math>\chi^2</math> pro <math>\alpha = 0,00135</math> a <math>0,99865</math> .....</i>	75
<i>Tab. 14. Vybraná data z rozvahy a VZZ pro aplikaci časových řad.....</i>	76



**SEZNAM PŘÍLOH**

- P I            Rozhodovací strom pro volbu klasického Shewhartova regulačního diagramu
- P II           Nejpoužívanější testy nenáhodných seskupení
- P III          Členění regulačních diagramů
- P IV          Součinitelé pro výpočet CL, LCL a UCL v klasických Shewhartových diagramech a jejich modifikacích
- P V           Kvantily rozdělení
- P VI          Vybraná data z rozvahy a VZZ pro aplikaci časových řad

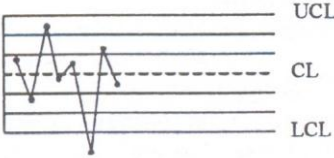
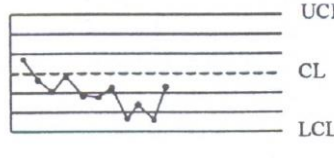
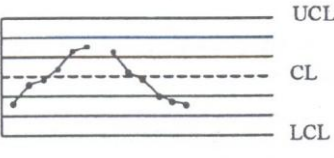
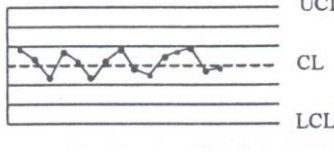
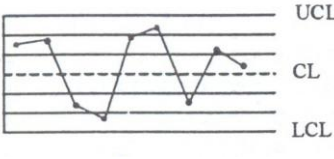
**PŘÍLOHA P I: ROZHODOVACÍ STROM PRO VOLBU  
KLASICKÉHO SHEWHARTOVA REGULAČNÍHO DIAGRAMU**



*Obr. 31. Rozhodovací strom pro volbu klasického Shewhartova regulačního diagramu [11]*

## PŘÍLOHA P II: NEJPOUŽÍVANĚJŠÍ TESTY NENÁHODNÝCH SESKUPENÍ

Tab. 10. Nejčastěji používané testy nenáhodných seskupení [11]

Situace v regulačním diagramu	Popis	Možné vymezitelné příčiny
 <p>UCL CL LCL</p>	Body mimo regulační meze	<i>Regulační diagram (R)</i> - zvětšení rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - vylepšení dat <i>Regulační diagram (<math>\bar{x}</math>)</i> - proces se posunul právě u dané podskupiny - změna měřicího systému
 <p>UCL CL LCL</p>	9 bodů za sebou leží nad nebo pod střední čarou	<i>Regulační diagram (R)</i> - zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora <i>Regulační diagram (<math>\bar{x}</math>)</i> - změna měřidel, způsobu měření - změna prvků procesu
 <p>UCL CL LCL</p>	6 bodů za sebou stoupá nebo klesá	<i>Regulační diagram (R)</i> - zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora <i>Regulační diagram (<math>\bar{x}</math>)</i> - opotřebení nástroje
 <p>UCL CL LCL</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 - zlepšení procesu
 <p>UCL CL LCL</p>	8 bodů za sebou leží na obou stranách střední čáry, ale žádný ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<i>Oba regulační diagramy</i> - nesprávně vypočtené meze - nesprávně zakreslené body - změny v procesu, v metodách měření

## PŘÍLOHA P III: ČLENĚNÍ REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ

Tab. 11. Členění regulačních diagramů [11]

Hledisko	Typy regulačních diagramů
Počet regulačních mezí	- regulační diagramy pro jednostrannou regulaci - regulační diagramy pro oboustrannou regulaci
Charakter regulované veličiny	- regulační diagramy pro SPC měřením - regulační diagramy pro SPC srovnáváním
Počet znaků jakosti současně sledovaných na 1 jednotce ve výběru	- regulační diagramy pro sledování jednoho znaku jakosti (Shewhartovy diagramy) - regulační diagramy pro sledování více znaků jakosti (Hotellingův diagram)
Stupeň opakovatelnosti procesu	- regulační diagramy pro proces s vysokým stupněm opakovatelnosti (Shewhartovy diagramy) - regulační diagramy pro procesy s nízkým stupněm opakovatelnosti (cílové a standardizované diagramy)
Zohlednění předchozích hodnot výběrové charakteristiky ve výpočtu aktuální hodnoty výběrové charakteristiky	- regulační diagramy bez paměti (Shewhartovy diagramy) - regulační diagramy s pamětí (CUSUM, EWMA)
Použité testové kritérium	- regulační diagramy pro monitorování polohy procesu (diagram $\bar{x}$ ) - regulační diagram pro sledování stejnosměrnosti procesu (diagram R)
Zohlednění rizika zbytečného signálu $\alpha$ a rizika chybějícího signálu $\beta$	- regulační diagramy pracující pouze s rizikem $\alpha$ (Shewhartovy diagramy) - regulační diagramy zohledňující oba druhy rizika
Závislost regulované veličiny	- regulační diagramy pro nezávislá data (Shewhartovy diagramy) - regulační diagramy pro závislá data (diagram reziduí)

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

*Tab. 12. Součinitelé pro výpočet CL, LCL a UCL v klasických Shewhartových diagramech a jejich modifikacích [11]*

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 P V: KVANTILY ROZDĚLENÍ

Tab. 13. Kvantily rozdělení pro  $\chi^2$  pro  $\alpha = 0,00135$  a  $0,99865$  [7]

$\nu$	$\chi^2_{0,00135}(\nu)$	$\chi^2_{0,99865}(\nu)$
1	0	10,2729
2	0,0027	13,2153
3	0,0297	15,6304
4	0,1058	17,8004
5	0,238	19,8213
6	0,4234	21,7391
7	0,6562	23,58
8	0,9306	25,3609
9	1,2413	27,0931
10	1,58	28,7848
11	1,9544	30,442
12	2,3499	32,0695
13	2,7679	33,6711
14	3,206	35,2496
15	3,6624	36,8076
16	4,1354	38,3471
17	4,6237	39,8699
18	5,126	41,3774
19	5,6413	42,871
20	6,1685	44,3516

## PŘÍLOHA P VI: VYBRANÁ DATA Z ROZVAHY A VZZ PRO APLIKACI ČASOVÝCH ŘAD

*Tab. 14. Vybraná data z rozvahy a VZZ pro aplikaci časových řad [5]*

v tis. Kč	1999	2000	2001	2002	2003
A	15 051	15 914	14 906	13 432	12 092
OA	10 123	10 026	9 948	9 098	7 436
KCZ	345	1 278	907	357	360
ČPK	9 778	8 748	9 041	8 741	7 076
VK	14 496	14 565	13 934	12 973	11 647
CZ	345	1 278	907	357	360
T za výrobky	8 279	6 974	7 646	5 978	5 745
provozní VH	199	184	355	538	591
finanční VH	62	31	-24	-9	-36
nákladové úroky	0	0	0	0	0
EBIT	261	215	331	529	555
daň z příjmů za běžnou činnost	100	40	40	60	40
EAT	161	175	291	469	515
nerozdělený zisk min. let	13 268	13 523	13 068	11 379	10 016
Závazky po lhůtě splatnosti	0	0	0	0	0
	2004	2005	2006	2007	2008
A	10 982	10 658	10 466	11 301	10 754
OA	6 916	7 130	6 343	7 788	7 808
KCZ	300	400	283	453	347
ČPK	6 616	6 730	6 060	7 335	7 461
VK	10 594	10 176	10 077	10 063	8 836
CZ	300	400	283	1 238	1 917
T za výrobky	5 221	6 152	6 160	8 374	6 122
provozní VH	667	514	302	361	273
finanční VH	-33	-4	12	-121	-76
nákladové úroky	0	0	0	0	0
EBIT	634	510	314	240	197
daň z příjmů za běžnou činnost	100	60	40	40	40
EAT	534	450	274	200	157
nerozdělený zisk min. let	9 691	9 638	9 220	9 121	8 107
Závazky po lhůtě splatnosti	0	0	0	0	0