

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV METROLOGIE A ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF METROLOGY AND QUALITY ASSURANCE
TESTING

STATISTICKÉ ZHODNOCENÍ DAT

STATISTICAL DATA EVALUATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ FADRNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. RNDr. BOHUMIL MAROŠ, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav metrologie a zkušebnictví

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Tomáš Fadrný

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Metrologie a řízení jakosti (3911T032)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Statistické zhodnocení dat

v anglickém jazyce:

Statistical data evaluation

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Srovnání jednotlivých nastavení mezi typy za dané období

Cíle diplomové práce:

Srovnání jednotlivých nastavení mezi typy za dané období, zjistit optimální nastavení přístrojů

Seznam odborné literatury:

Reisenauer,R.: Metody matematické statistiky a jejich aplikace v technice, Polytechnická knihnice, Praha 1970

Tošenovský,J.-Noskievičová, D.: Statistické metody pro zlepšování jakosti, Montanex, 2000

MINITAB Release 14, Průvodce uživatele, SC&C Partner, Brno 2006

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Bohumil Maroš, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 20.11.2008

L.S.

doc. Ing. Leoš Bumbálek, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce hodnotí a vhodně zpracovává data z koncové kontroly přístrojů. Přístroje jsou podobných typů tepelných nadproudových relé od firmy ABB. Ke vhodnému statistickému zpracování dat byl použit statistický software Minitab 14. Bylo použito několik statistických metod, ve kterých jsou výsledky uvedeny vždy pro jednotlivý typ přístroje a pro použitou metodu. Diplomová práce se dělí na dvě části. V první části je uveden rozbor použitých metod a v druhé jsou uvedeny výsledky těchto metod. Součástí diplomové práce je také celkové zhodnocení zpracovaných dat.

Klíčová slova

Statistika, krabicový graf, bodový graf, jednovýběrový t-test, stabilita, způsobilost, regrese, analýza rozptylu, sloupcové grafy.

ABSTRACT

This diploma thesis evaluates and processes data from final device checks. All the devices are similar types of thermal overcurrent relays by the ABB company. For appropriate statistical data processing, the Minitab 14 statistical software was used and various statistical methods were applied. Results are always listed for each device type and each method used. The diploma thesis is divided into two parts. The first one analyzes the methods used and the second part states the method results. There is also an overall evaluation of the processed data.

Key words

Statistics, boxplot, scatterplot, stability, one sample t-test, capability, regression, analysis of variance, column graph.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FADRNÝ, Tomáš. *Statistické zhodnocení dat*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 51s., Vedoucí práce doc. RNDr. Bohumil Maroš, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Statistické zhodnocení dat vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne: 20. května 2009

.....
Bc. Tomáš Fadrný

Poděkování

Děkuji tímto svému vedoucímu práce panu doc. RNDr. Bohumilu Marošovi, CSc. a svému konzultantovi ve firmě ABB Ondřeji Sokolovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt.....	3
Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Obsah.....	6
Úvod	8
1 Charakteristika přístroje	11
1.1 Tepelná nadproudová relé.....	11
1.2 Přehled zhodnocených přístrojů:.....	12
1.2.1 Typy přístrojů u malého provedení:.....	12
1.2.2 Typy přístrojů u velkého provedení:.....	12
1.3 Charakteristika testování přístrojů.....	13
1.3.1 Testování přístroje malého provedení (testování s přípravkem):.....	13
1.3.2 Testování přístroje velkého provedení:.....	14
TEORETICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE	15
2 Vysvětlení použitých metod a testů	15
2.1 Normality test (Test normálního rozdělení).....	16
2.1.1 Pro normální rozdělení platí:.....	16
2.2 Boxplot (Krabicový graf).....	17
2.3 Scattersplot (bodový graf).....	17
2.4 Histogram.....	18
2.4.1 Konstrukce histogramu:.....	19
2.5 Úvod pro testování hypotéz.....	20
2.5.1 Vlastnosti a formulace hypotéz.....	20
2.5.2 Hypotézy:.....	20
2.5.3 Rozhodování o platnosti hypotéz.....	20
2.5.4 Požadavky pro testování hypotéz.....	20
2.5.5 Postup testování statistické hypotézy:.....	21
2.5.6 Druhy chyb:.....	21
2.6 1-sample-t (Jednovýběrový t-test).....	22
2.6.1 Hypotézy jednovýběrového t-testu:.....	22
2.6.2 Tímto provedeným testem lze dále získat :.....	22
2.6.3 Interval spolehlivosti pro střední hodnotu:.....	22
2.7 Analysis of variance (ANOVA - Analýza rozptylu).....	23
2.7.1 Předpoklady Anovy :.....	23
2.7.2 Testuje tyto hypotézy:.....	23
2.7.3 Ověření stejné variability (rozptylů - Test for Equal Variances.....	24
Testuje tyto hypotézy:.....	24
2.8 Control Charts (Regulační diagramy).....	25
2.8.1 Dosažení stability:.....	25
2.8.2 Základní části regulačního digramu:.....	25
2.8.3 Výpočty jednotlivých částí diagramu:.....	27

2.9 Capability Analysis (Způsobilost procesu)	28
2.9.1 Podmínky testování způsobilosti :	28
2.9.2 Test Capability Analysis - Ověření způsobilosti	29
2.9.3 Základní koeficienty pro hodnocení způsobilosti:	29
2.9.4 Index způsobilosti Cp :	29
2.9.5 Index způsobilosti Cpk :	30
2.9.6 Kritéria pro hodnocení:	31
2.9.7 Indexy způsobilosti (výkonnosti) Pp a Ppk.....	31
2.10 Regression (Regrese)	32
2.10.1 Regrese platí :	32
PRAKTICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE	33
3 Popis zhodnocení výsledků	33
3.1 Zobrazení shodných výrobků z daného výběru	33
3.2 Normality test (Test normálního rozdělení).....	35
3.3 Scatterplots (Bodový graf)	36
3.4 Boxplot (Krabicový graf).....	37
3.5 1-Sample - t (Jednovýběrový t-test).....	38
3.6 Analysis of variance (ANOVA - Analýza rozptylu)	40
3.6.1 Test for Equal Variances (Test rovnosti rozptylů)	40
3.6.2 Anova One-Way (Analýza rozptylu)	42
3.6.3 Test faktorů	43
3.7 Anova Two-Way	44
3.7.1 Znázornění závislosti (Interakce):.....	46
3.8 Control Charts (Regulační diagramy)	48
3.9 Test Capability Analysis (Způsobilost procesu)	50
3.10 Regression (Regrese)	52
4 Použití MS Excel pro vyhodnocení	54
4.1 Porovnání TA75DU52 v různém časovém období	54
4.1.1 Postup vyhodnocení:	54
4.1.2 Ověření předchozích závěrů pro stejný typ přístroje.....	55
4.2 Porovnání přístrojů v různých dnech	56
Závěr	57
Seznam použitých zdrojů:	58
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	59
Seznam příloh	60

ÚVOD

Seznámení se s cíli diplomové práce

Statistické hodnocení dat, které představuje název této diplomové práce, může být provedeno různými způsoby a metodami. V této práci budou použity charakteristické statistické nástroje, které budou aplikovány pomocí statistického softwaru. Tyto nástroje se používají k hodnocení kvality procesů (např. jejich stabilitě či způsobilosti atd.). Ke zhodnocení dat bude ve větší míře použit statistický software Minitab 14, který vhodně usnadňuje práci při užití nástrojů popisné, nebo matematické statistiky.

Mezi hlavní cíle diplomové práce byly stanoveny:

1. Názorné zhodnocení dat
2. Zjistit optimální nastavení přístroje
3. Porovnání jednotlivých přístrojů
(především zjistit přínos přípravku u přístrojů malého provedení)

1. K názornému zhodnocení dat budou použity tabulační, ale především grafické metody. Z dat finální kontroly, které jsou zaznamenávány do elektronické podoby, by mělo být zjištěno, co je hlavním příčinou velkého počtu neshod u těchto přístrojů.
2. Ze zaznamenaných dat zjistit optimální nastavení přístroje, které by bylo doporučeno pro pracovníky, kteří toto nastavení na přístroji provádí. Optimální nastavení by zmenšilo počet neshodných kusů v konečné kontrole a tím by se docílilo vyšší efektivity práce.
3. Pro porovnání přístrojů budou použity vhodné metody, které budou užity už i při vykonání předchozích požadavků uvedených výše. Přínos přípravku by se měl projevit na základě neshodných kusů ve stanoveném období pro daný přístroj.

Abychom byli schopni zjistit všechny stanovené cíle, je důležité si uvědomit, že musíme mít taková data, která nám umožní na stanovené závěry přijít. Zhodnocení u přístrojů malého provedení bylo upřednostněno na požadavek od konzultanta ve firmě ABB.

Pokud přístroje, které se testují v této kontrole, nevyhoví vypínacímu intervalu, nejedná se o zmetek, ale o neshodný výrobek, který se musí nechat určenou dobu zchladit a posléze nastavit a otestovat znova. Neshodné výrobky tak zabírají místo a čas potřebný pro opětovné testování.

Diplomová práce by se měla dělit na dvě části, teoretickou a praktickou. V první části by byly uvedeny použité metody (rešerše použitých metod) a v následující části by byly výsledky (grafy, tabulky atd.) použitých metod spolu s uvedeným hodnocením vždy k jednotlivé použité metodě. Závěrečné zhodnocení bude uvedeno v závěru diplomové práce.

O statistice

V dnešním moderním řízení výroby, financí, výzkumu a obchodu je důležité v zájmu dosažení nejlepších výsledků mít kvalitní zpracovatelná data a ta umět co nejlépe zpracovat, právě k tomuto účelu nám slouží statistika a její nástroje.

Ve 30. letech 20. století se statistika stává nástrojem zejména v řízení jakosti hromadné výroby. Především za pomoci Shewhartových regulačních diagramů a jejich použití především ve strojírenském průmyslu. Tyto a jiné různé druhy metod byly většinou zaznamenávány manuálně do snadno zpracovatelné grafické podoby a dávaly představu o negativních vlivech na kvalitu výrobku a tím i snadnou kontrolu nad ní.

V dalším období díky rychlému rozvoji výpočetní techniky se začaly statistické metody pro řízení jakosti výroby uplatňovat za pomoci počítačů. Byly a jsou stále používány a zdokonalovány různé druhy statistických programů a aplikací. Statistika se stala vysoce propracovanou vědeckou naukou a dnes tato nauka zahrnuje velmi širokou škálu metod. Statistika se dále dělí na několik skupin, kde mezi nejdůležitější patří popisná a matematická statistika.

Popisná statistika, je jednou z hlavních částí, která se zabývá popisem statistických dat pomocí různých tabulek, grafů, diagramů a pomocí různých funkcionálních charakteristik, které lze z datových souborů snadno stanovit matematickými prostředky. Hlavním cílem je zřehlednění informace obsažené v datových souborech.

Matematická statistika využívá zejména tyto prostředky: teorii pravděpodobnosti, systematické budování metod pro analýzu statistických dat. Součástí matematické statistiky je také teorie odhadu, testování statistických hypotéz a statistická predikce.

[3,9]

O firmě ABB

Světová firma ABB poskytující technologie pro robotiku, energetiku a automatizaci do všech koutů světa, které umožňují zvyšovat výkonnost energetickým a průmyslovým podnikům. Výrobky pro energetiku představují klíčové komponenty pro přenos a rozvod elektrické energie pro nízké i vysoké napětí. ABB má přes 120 000 zaměstnanců ve více než 100 zemích světa. Firma trvale rozvíjí především environmentální politiku a zaobírá se zlepšováním výrobků pro automatizaci a zdroje energie, aby přispívaly efektivnímu využití.

V České republice firma sídlí od roku 1970 a v dnešní době se nachází v několika významných městech (Brno, Praha, Ostrava, atd.). První společnost s názvem ABB zde však byla formálně založena až v roce 1991. V současné době má firma u nás okolo 2 500 zaměstnanců.

Tato diplomová práce byla zadána v divizi pro přístroje a rozvaděče nízkého napětí v Brně.

[19]



Obr.1 Logo firmy ABB [19]

O použitém statistickém softwaru

Minitab 14

Software používaný pro statistické zpracování dat, který je v anglickém jazyce, a jeho spuštění podporuje systém Windows. Charakteristické pro tento software jsou dvě okna:

- Okno 1. (Session) slouží k zobrazení výsledků v textovém formátu.
- Okno 2. (Data) obsahuje tzv. pracovní list. Zde se vkládají data a díky řadám a sloupcům se s nimi snadno pracuje.

1 CHARAKTERISTIKA PŘÍSTROJE

1.1 Tepelná nadproudová relé

Tento přístroj chrání motory proti proudovému přetížení a používá se ve spojení se stykači specifických typů. Slouží k ochraně motorů se jmenovitými provozními napětími do 690 V AC a 800 V DC.

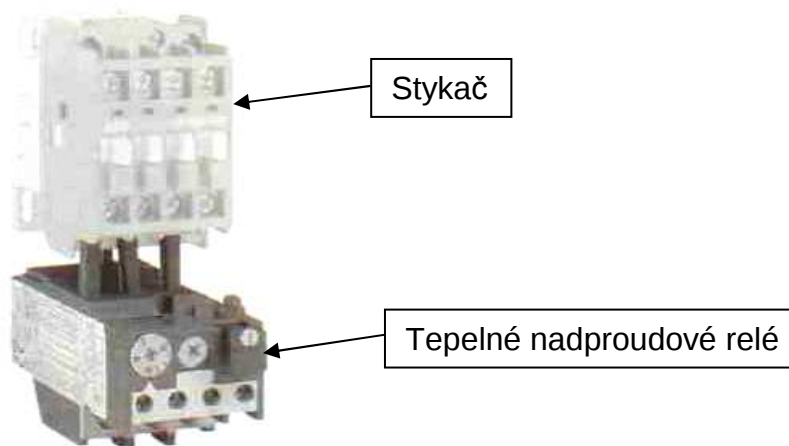
Doba vypnutí tepelných nadproudových relé závisí na intenzitě proudu. Norma ČSN EN 60947 stanoví maximální dobu pro přetížení motorů. Abychom se vyhnuli nechtěnému vypnutí, jsou určeny minimální časy pro mezní hodnotu proudu a proudu trojfázového motoru.

Tepelná relé jsou konstruována na principu bimetalových pásků a patří k dokonalým a nejlevnějším nadproudovým ochranám elektromotorů. Vyrábějí se v trojpólovém provedení a v každé fázi je zařazen bimetalový pásek vyhřívaný buď přímým průchodem proudu, nebo topným vinutím ovinutým kolem pásku.

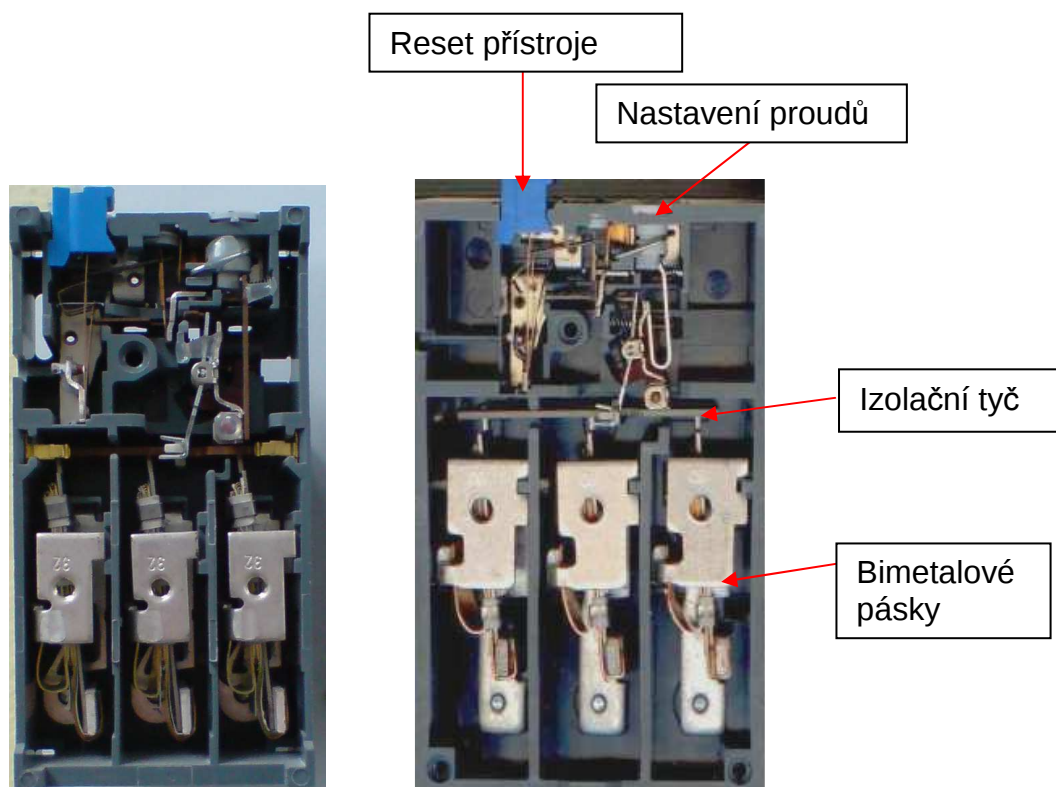
Bimetalové pásky se při ohřevu prohýbají, až nakonec docílí takové polohy, která způsobí vypnutí. Prohnutím pásku se posune izolační tyč, která rozeprne pomocný kontakt relé. Tímto kontaktem se pak rozpíná obvod cívky stykače, který vypne hlavní obvod elektromotoru. Tepelná relé mají kromě vypínacího kontaktu ještě kontakt zapínací pro možnost signalizace poruchového stavu. Hodnota relé se může seřídit v malém rozmezí proudů pomocí různého tvaru a složení bimetalového pásku (např. 8 - 10 - 12 A).

Tepelná nadproudová relé chrání před poruchami:

- při spuštění
- při přetížení
- při výpadku fáze
- při velké četnosti spouštění



Obr 1.1.1 Praktická ukázka spojení stykače a relé



Obr 1.1.2 a 1.1.3 Vlevo malé provedení, vpravo velké provedení tepelných relé

1.2 Přehled zhodnocených přístrojů:

1.2.1 Typy přístrojů u malého provedení:

- | | |
|------------|------------|
| - TA45DU25 | - TA75DU52 |
| - TA45DU32 | - TA75DU63 |
| - TA45DU42 | - TA75DU80 |
| - TA75DU32 | - TA80DU52 |
| - TA75DU42 | - TA80DU80 |

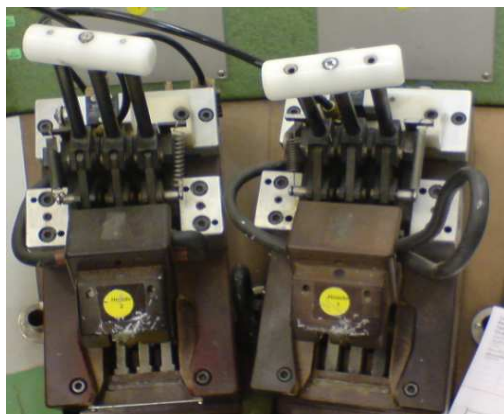
1.2.2 Typy přístrojů u velkého provedení:

- | | |
|-------------------|--------------|
| - TA110DU90 | - TA200DU135 |
| - TA110DU110 | - TA200DU150 |
| - TA110DUV100090 | - TA200DU175 |
| - TA110DUV1000110 | - TA200DU200 |
| - TA200DU110 | |

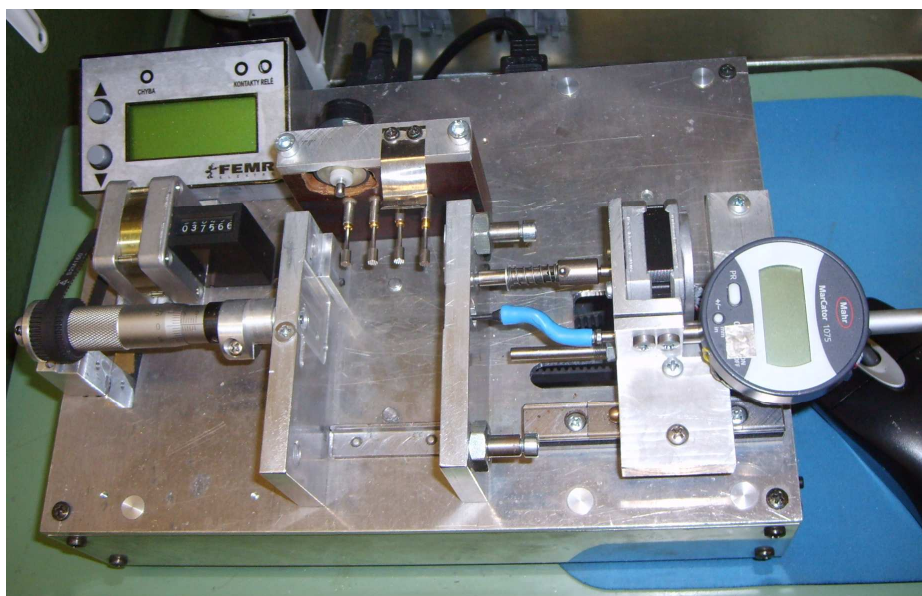
1.3 Charakteristika testování přístrojů

1.3.1 Testování přístroje malého provedení (testování s přípravkem):

1. přepnout na ruční nastavení;
2. zjištění, zda při stisknutí tlačítka přeblikává světelná signalizace;
3. stisknutí modrého spínače (tlačítko pro reset přístroje);
4. vložení přístroje do přípravku pro automatické nastavení dráhy;
5. zadání dráhy, kterou by přípravek měl nastavit na přístroji;
6. přepnutí přístroje na automatické nastavení;
7. vložení do testovacího hnízda pro malé provedení;



Obr 1.3.1 Hnízda pro malé provedení



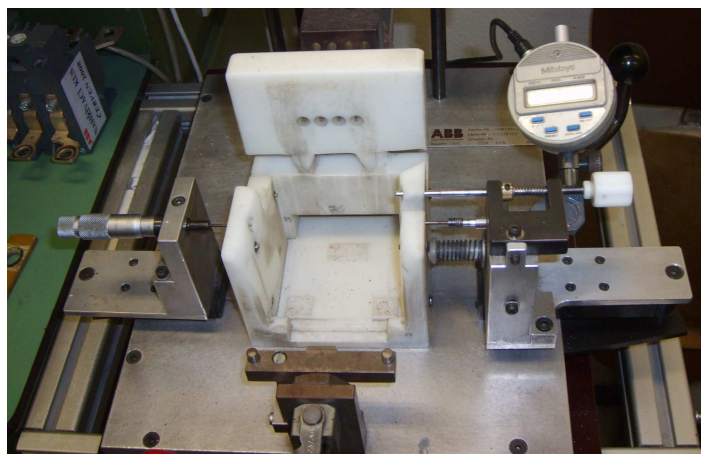
Obr 1.3.2 Přípravek pro automatické nastavení relé pro malé provedení

1.3.2 Testování přístroje velkého provedení:

1. přepnout na ruční nastavení;
2. zjištění, zda při stisknutí tlačítka přeblikává světelná signalizace;
3. stisknutí modrého spínače (tlačítko pro reset přístroje);
4. ruční nastavení dráhy;
 - 4.1 nastavení dráhy přibližné;
 - 4.2 nulování přístroje;
 - 4.3 nastavení výsledné dráhy;
5. přepnutí přístroje na automatické nastavení;
6. vložení do testovacího hnízda pro velké provedení;



Obr 1.3.3 Hnízda pro velké provedení



Obr 1.3.4 Místo kde probíhá nastavení relé pro velké provedení

TEORETICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

2 VYSVĚTLENÍ POUŽITÝCH METOD A TESTŮ

GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ

Grafické znázornění slouží především k přehlednému zobrazení dat statistického souboru. Znázorňuje průběhy, trendy a může také sloužit ke znázornění odlehklých hodnot.

Grafické metody jsou prostředkem pro to, aby dávaly rychlou a názornou informaci o zpracovaných datech. Slouží k zobrazení vzájemných vztahů (kvalitativních, nebo kvantitativních). Zobrazení dvou, nebo více proměnných veličin pomocí přehledných symbolů. Volba symbolů závisí na druhu dat.

Kvantitativní statistický znak - nabývá číselných hodnot
(hmotnost, délka atd.)

Kvalitativní statistický znak - nemá číselný charakter, vyjadřuje se slovně
(barva, tvar atd.)

[1]

TABELAČNÍ METODY

Jsou udávány tam, kde se nám uvádí přesný tvar konkrétní hodnoty. Tabulky se využívají především ke sběru, zpracování, nebo pro prezentaci dat a slouží většinou jako podklad pro sestavení grafů.

Základní části tabulky jsou :

- název
- hlavička
- legenda
- políčko
- pole
- případně poznámky

NÁHODNÉ VLIVY A NENÁHODNÉ VLIVY

Náhodné vlivy (náhodné příčiny)

Je to globální působení příčin, které jsou inheretní složkou výrobního procesu. Většinou to je množství vlivů, které proces ovlivňují velmi malou měrou a mnohdy se nedají odstranit.

Nenáhodné vlivy (vymezitelné příčiny)

Jsou to identifikovatelné příčiny ovlivňující variabilitu výrobního procesu, jak negativně, tak i pozitivně. Negativní příčiny by měly být zjištěny a odstraněny nápravnými opatřeními, která by tyto vlivy eliminovala. Většinou velkou měrou ovlivňují proces a mohou přispívat k vzniku vadných výrobků.

[5]

2.1 Normality test (Test normálního rozdělení)

Normální rozdělení (Gaussovo), které odvodil Pierre Laplace a bylo formulováno jako zákon chyb. Toto rozdělení vzniká při opakovaném měření proměnné veličiny za stejných podmínek.

Normální rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$ se zpravidla charakterizuje střední hodnotou μ a směrodatnou odchylkou σ . Parametr μ určuje místo, kde má křivka maximum, a parametr σ určuje tzv. roztažení křivky. Křivka má zvonovitý tvar, symetrický kolem hodnoty μ .

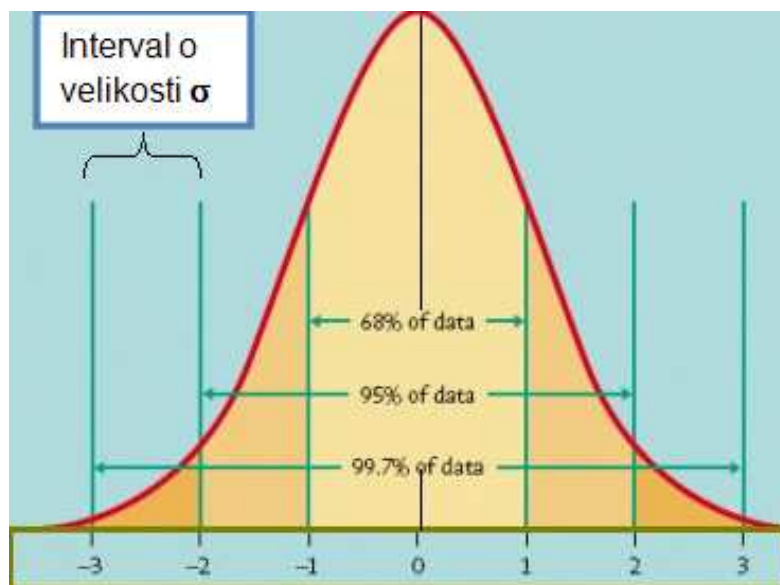
[2]

2.1.1 Pro normální rozdělení platí:

$\mu \pm \sigma$ obsahuje 68,3 % základního souboru

$\mu \pm 2\sigma$ obsahuje 95,5 % základního souboru

$\mu \pm 3\sigma$ obsahuje 99,7 % základního souboru



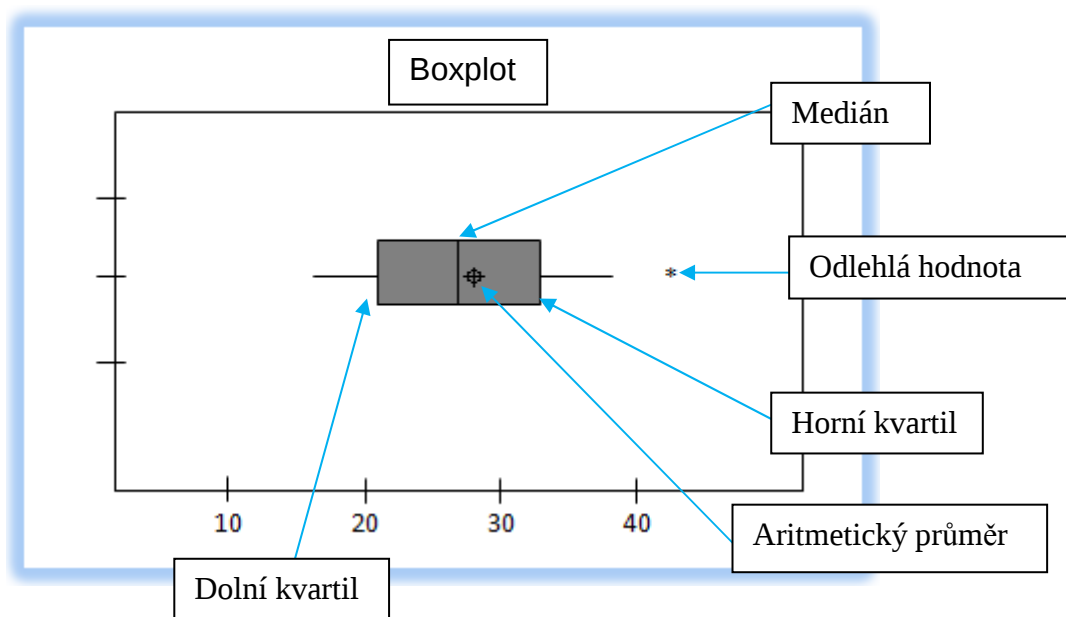
Graf 2.1.1 Normální rozdělení [18]

2.2 Boxplot (Krabicový graf)

Vyznačený obdélník v krabicovém grafu obsahuje přibližně polovinu všech hodnot datového souboru tak, že od levé/pravé strany obdélníku leží vždy cca čtvrtina hodnot statistického souboru. Levá/pravá strana obdélníku odpovídá dolnímu/hornímu kvartilu. Medián značí čára uvnitř obdélníku, kde ho dělí na dvě části a terčík značí aritmetický průměr. Hvězdičky v tomto grafu značí odlehlou hodnotu. Čáry vystupující z obdélníku se označují různými názvy, tzv. antény. Tyto antény znázorňují vzdálenost od mediánu, která se nazývá mezikvartilové rozpětí (horní kvartil - dolní kvartil). Délka antén se uvádí jako $\pm 1,5$ násobek mezikvartilového rozpětí.

Krabicový graf se používá k znázornění jedné skupiny, ale ještě častěji pro porovnání několika skupin dat. Dovede posoudit jak centrální, tak i rozptylové vlastnosti souboru dat.

[2]



Obr. 2.2.1 Náznorný nákrres krabicového grafu [6]

2.3 Scattersplot (bodový graf)

Slouží pro případ, kdy máme dvě proměnné na ose x a y, které se navzájem ovlivňují (jsou na sobě závislé), pro zjištění a zdůvodnění závislosti se používá několik metod, jako je např. korelace, nebo regrese, která bude vysvětlena níže. Jestliže chceme mít představu o rozmístění dat a jejich dalších vlastnostech (velikost, četnost, nebo jejich proměnlivost), používáme bodový graf.

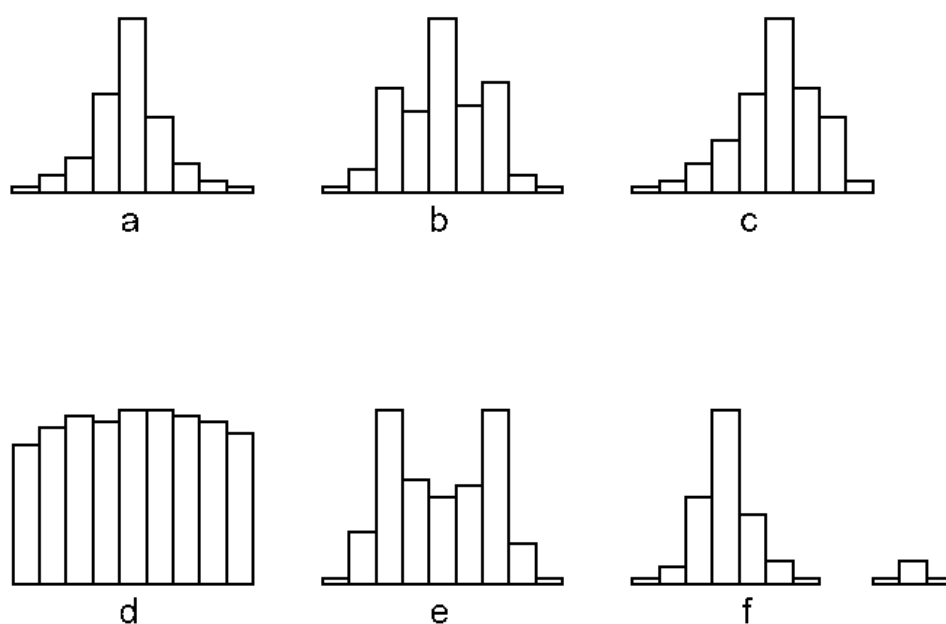
[6]

2.4 Histogram

Je grafem četností, kde náhodná veličina nabývá určité hodnoty. Histogram tvoří soustava obdélníků v kartézské souřadné soustavě, jejichž základny na ose x jsou třídy. Zpravidla je to měřená veličina a výšky v histogramu, to jsou četnosti tříd (četnosti proměnné veličiny), které mohou být absolutní a relativní. Hranice tříd se volí jako vhodně zaokrouhlená čísla. Výšky plochy sloupků (tříd) odpovídají jejich četnostem. Z četnosti můžeme usuzovat, jaká je pravděpodobnost, že sledovaná veličina nabude právě hodnoty z této třídy (intervalu).

Velmi důležitý je také tvar histogramu, z jehož daného tvaru můžeme usuzovat různé vlastnosti datového souboru. Z tvaru histogramu můžeme odhadnout, jaké rozdělení má daný soubor dat.

[1]



Obr. 2.4.1 Možné tvary histogramu [7]

K tvarům histogramu:

- a) Tvar histogramu náhodné veličiny má normální rozdělení. Je to nejčastější typ u většiny procesů, v nichž současně působí množství obecných příčin, z nichž žádná není dominantní.
- b) Histogram s lokálními špičkami mimo střed. Na proces působí výrazné vlivy.
- c) Levostranně/pravostranně vychýlený histogram přísluší procesům, které jsou vychýleny ze středu tolerančního pásu.
- d) Histogram odpovídá rovnoměrnému rozdělení náhodné veličiny.
- e) Histogram se dvěma stejnými maximy svědčí o rozdvojení procesu s normálním rozdělením.
- f) Histogram s oddělenou druhou špičkou je dokladem výpadku.

[7]

2.4.1 Konstrukce histogramu:

- Vypočet rozpětí: $R = x_{max} - x_{min}$.
- Stanoví se počet tříd histogramu: $m = 1 + 3,3 \times \log_{10}(n)$ (Sturgesovo pravidlo).
- Rozpětí se vydělí počtem tříd m a výsledek se zaokrouhlí nahoru (dostaneme počet tříd).
- Naměřené hodnoty se rozdělí do intervalů.
- Na osu x se nanesou třídy, osa y pak značí četnosti.

[8]

2.5 Úvod pro testování hypotéz

Při sledování náhodných veličin jsme často nuceni ověřit různé domněnky, nebo vlastnosti pomocí pozorovaných hodnot a přiklonit se k různým závěrům (rozhodnutím), nebo tyto závěry vyvrátit. Ve zjednodušené formě můžeme daný závěr, u kterého testujeme jeho platnost podpořenou matematickými postupy a založenými na teorii pravděpodobnosti, brát jako statistickou hypotézu.

[10]

2.5.1 Vlastnosti a formulace hypotéz

Pravděpodobnost padnutí rozdílu do kritického oboru, který může být jednostranný, nebo oboustranný, se nazývá hladina významnosti α . Vyjadřuje se nejčastěji v % a volí se zpravidla 5% (0,05), nebo 1% (0,01) podle závažnosti řešeného problému. Hladinu významnosti volíme před započítáním zpracování dat. Je to hodnota, která vypovídá také o míře dopuštění se chyby 1. druhu.

Hlavní kritérium pro rozhodnutí o zamítnutí H_0 , nebo potvrzení dané hypotézy H_A , rozhoduje srovnání chyby 1. druhu α s p-hodnotou.

[10]

2.5.2 Hypotézy:

H_0 - tzv. nulová hypotéza (představuje určitý rovnovážný stav, =);

H_A - tzv. alternativní hypotéza je negace nulové hypotézy (představuje porušení rovnovážného stavu $\neq$, dále pak $<$, $>$);

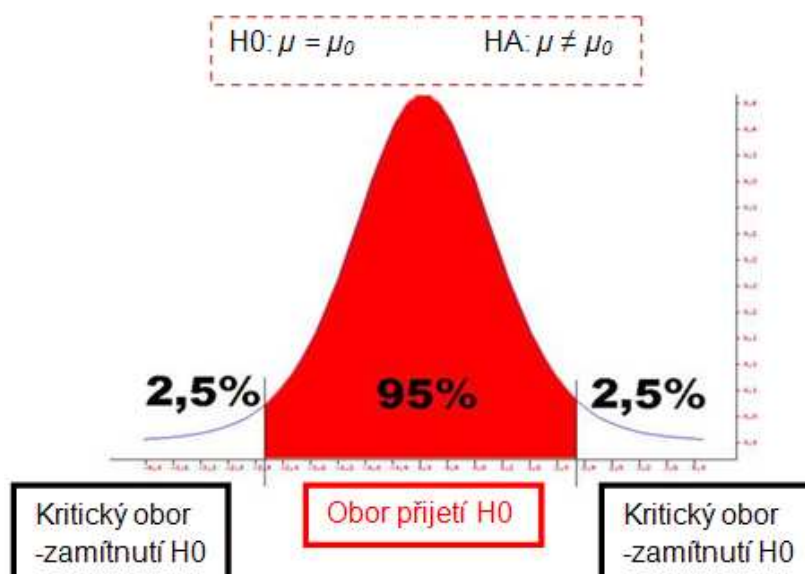
[10]

2.5.3 Rozhodování o platnosti hypotéz

- Je-li p-hodnota testu $<$ než hladina významnosti α , zamítáme H_0 a přijímáme H_A .
- Je-li p-hodnota testu $>$ než hladina významnosti α , nezamítáme H_0 .

2.5.4 Požadavky pro testování hypotéz

- Výběrový soubor musí obsahovat reprezentativní data vzhledem k základnímu souboru.
- Výběrový soubor musí mít přijatelnou velikost.



Graf 2.5.1 Oboustranný test při testování hypotéz [12]

2.5.5 Postup testování statistické hypotézy:

1. Formulace H_0 a H_A .
2. Volba hladiny významnosti.
3. Výpočet testovací charakteristiky.
4. Rozhodnutí o přijetí či zamítnutí hypotéz.

[2]

2.5.6 Druhy chyb:

Tab. 2.5.1 Možné chyby, kterých se můžeme dopustit při testování hypotéz [2]

Rozhodnutí	Platí H_0	Platí H_A
Zamítneme H_0	chyba 1. druhu (α)	správně
Nezamítáme H_0	správně	chyba 2. druhu (β)

Chyba 1. druhu(α) → Hladina významnosti testu. Hodnoty α se obvykle volí podle toho, jak nám záleží na „jistotě výsledku“.

Chyba 2. druhu($1 - \beta$) → Síla testu. Zavisí na typu použitého testu a na počtu hodnot a také na hodnotě α . Hladina významnosti testu je nepřímo úměrná hladině chyby 2. druhu.

[2]

2.6 1-sample-t (Jednovýběrový t-test)

T-test je metodou matematické statistiky, která umožňuje ověřit některou z následujících hypotéz z náhodného výběru dat, který má normální rozdělení.

[6]

2.6.1 Hypotézy jednovýběrového t-testu:

$H_0 : \mu = \mu_0$ (Aritmetický průměr odpovídá střední hodnotě základního souboru.)

$H_A : \mu \neq \mu_0$ (Aritmetický průměr se liší od střední hodnoty základního souboru.)

Jde vlastně o test, kterým zjišťujeme, zda hodnota odhadovaná pomocí výběrového aritmetického průměru se statisticky liší od předpokládané střední hodnoty μ_0 ze základního souboru.

[6]

Test těchto hypotéz jsem neprováděl, protože nebyla přesně stanovena střední hodnota μ_0 .

2.6.2 Tímto provedeným testem lze dále získat :

Aritmetický průměr, směrodatnou odchylku a interval spolehlivosti pro střední hodnotu z daného souboru μ_0 .

2.6.3 Interval spolehlivosti pro střední hodnotu:

Je interval, ve kterém leží s danou pravděpodobností střední hodnota. Je důležité si uvědomit, že aritmetický průměr je tzv. bodovým odhadem střední hodnoty μ . Právě tato hodnota tvoří střed intervalu spolehlivosti, kde na obou stranách jsou vyznačené horní a dolní hranice intervalu spolehlivosti. Po odečtení dolní a horní hranice intervalu dostaneme celkovou míru nepřesnosti vytvořenou odhadem.

Délka intervalu spolehlivosti závisí na pravděpodobnosti, kterou si sami volíme. Pravděpodobnost, že daný interval obsahuje střední hodnotu μ_0 , bývá nejčastěji volena hodnotami 95 % (0,95), nebo 99 % (0,99).

[2]

2.7 Analysis of variance (ANOVA - Analýza rozptylu)

Analýzu rozptylu rozvinul R. A. Fisher začátkem 20. století v důsledku zemědělského výzkumu.

Sledované hodnoty náhodné veličiny jejího rozdělení kolísají kolem střední hodnoty s příslušnou variabilitou. Kolísání vzniká příčinou různých vlivů (faktorů), kde každý z vlivů působící na proměnnou přispívá k této celkové variabilitě svým dílem. Vlivy, jak již bylo uvedeno, jsou náhodné, nebo systematické. Tento test funguje na principu porovnání středních hodnot.

Celkový rozptyl se rozdělí do skupin (tříd) odpovídajících různým sledovaným faktorům. Při analýze sledujeme příspěvky jednoho, nebo několika málo vybraných faktorů. Vzájemným srovnáváním rozptylů a středních hodnot vhodně vypočtených z naměřených výsledků můžeme pak určit, které z uvažovaných faktorů jsou pro variabilitu náhodné veličiny významné a které jsou nevýznamné. Významnost jednotlivých faktorů se určí v minitabu za pomoci p-hodnoty.

[2,13]

2.7.1 Předpoklady Anovy :

- Je to test, který předpokládá normální rozdělení.
- Náhodnost a nezávislost náhodných vlivů (chyb).
- Náhodné chyby mají normální rozdělení.
- V jednotlivých třídách je stejná variabilita kolem průměru.

[2]

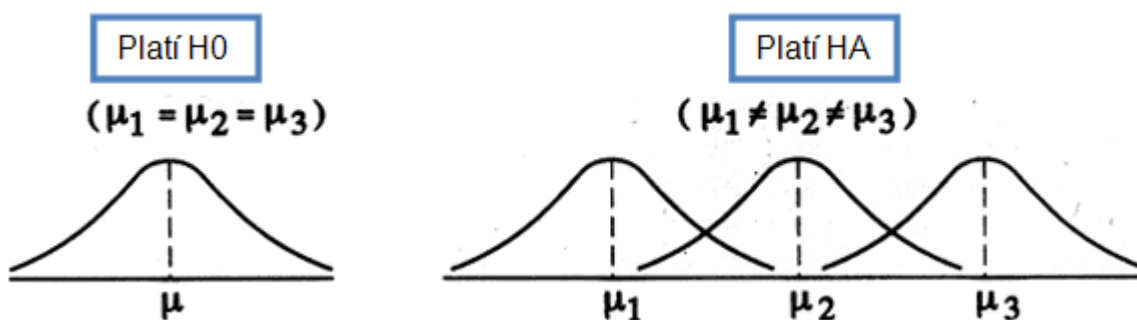
Podle počtu sledovaných faktorů rozeznáváme analýzu jednofaktorovou Anova One-Way (s jednoduchým tříděním), dvoufaktorovou Anova Two-Way (s dvojným tříděním). U Anovy Two-Way je výhoda, že je schopná zjistit, zda mezi faktory existuje interakce (vzájemná závislost). Interakce je efekt vzniklý mezi dvěma a více faktory na závisle proměnnou.

[14]

2.7.2 Testuje tyto hypotézy:

$H_0 : \mu = \mu_1 = \mu_2 \dots = \mu_n$ (všechny střední hodnoty jsou stejné a tím sledovaný faktor nemá vliv na náhodnou veličinu)

H_A : Alespoň jedna střední hodnota je různá a tím sledovaný faktor má vliv na náhodnou veličinu.



Graf 2.7.1 Charakteristické podmínky pro dané hypotézy

Základní vzorec pro Anovu One-Way

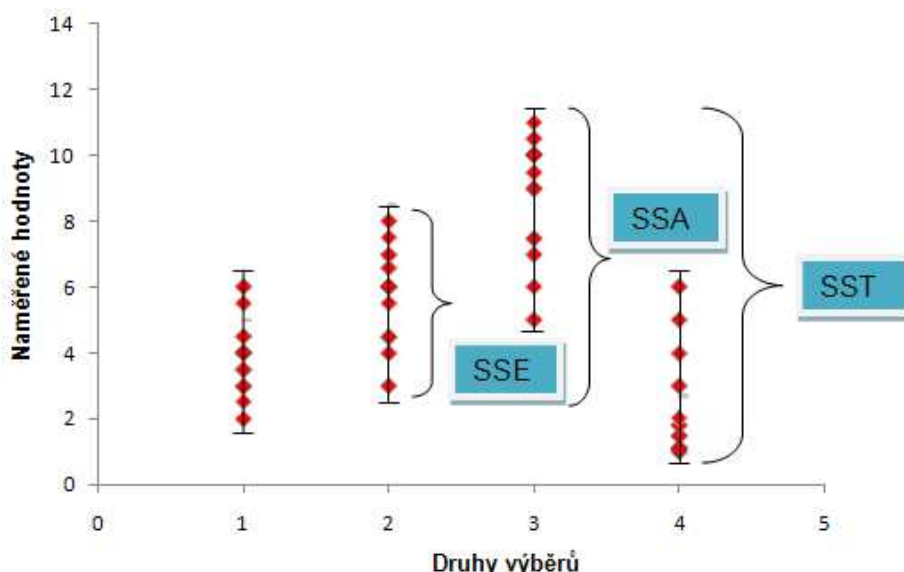
SST představuje kolísání všech hodnot kolem celkového průměru

SSA představuje kolísání průměrů ve třídách kolem celkového průměru

SSE představuje kolísání hodnot v jednotlivých třídách kolem svých průměrných hodnot

$$SST = SSA + SSE$$

(2.7.1)



Graf 2.7.2 Vliv náhodných příčin, které způsobily variabilitu hodnot proměnné v jednotlivých výběrech

2.7.3 Ověření stejné variability (rozptylů -Test for Equal Variances

Pomocí tohoto příkazu provedeme testy na zjištění rovnosti variability (rozptylů). Pro testování hypotéz jsou provedeny dva testy Bartlett's - test a Levene's - test.

Testuje tyto hypotézy:

H_0 : Všechny rozptyly jsou stejné.

H_A : Alespoň jeden z rozptylů je různý od ostatních.

2.8 Control Charts (Regulační diagramy)

Základní nástroj statistické regulace procesu (SPC), jehož výstupem je zhodnocení, zda daný proces je, či není stabilní (statisticky zvládnutý) v časovém průběhu. Regulační diagramy se používají všude tam, kde jsou postupně v čase získávány měřené hodnoty.

Diagram nám vypovídá o chování procesu, jak o vystředění, tak i o variabilitě a dává nám informaci, kdy je možný zásah do procesu z důvodu např. otupení nástroje, seřízení stroje atd. Díky tomuto nástroji můžeme sledovat chování procesu a slouží k realizaci zásahu do procesu. Tato metoda je však neekonomická, neboť k zjištění neshody dochází až po vytvoření požadovaného produktu.

[4,8]

Stabilita procesu

Zmenšení variability, tudíž omezení, nebo odstranění veškerých systematických i náhodných negativních vlivů působících na proces. Díky tomu by se dosáhlo snížení variability a předvídatému chování procesu do budoucna.

[4]

2.8.1 Dosažení stability:

- Stejnoměrnější výroby.
- Menší pravděpodobnost výskytu neshodných produktů.
- Menší rozsah kontroly.

[4]

2.8.2 Základní části regulačního digramu:

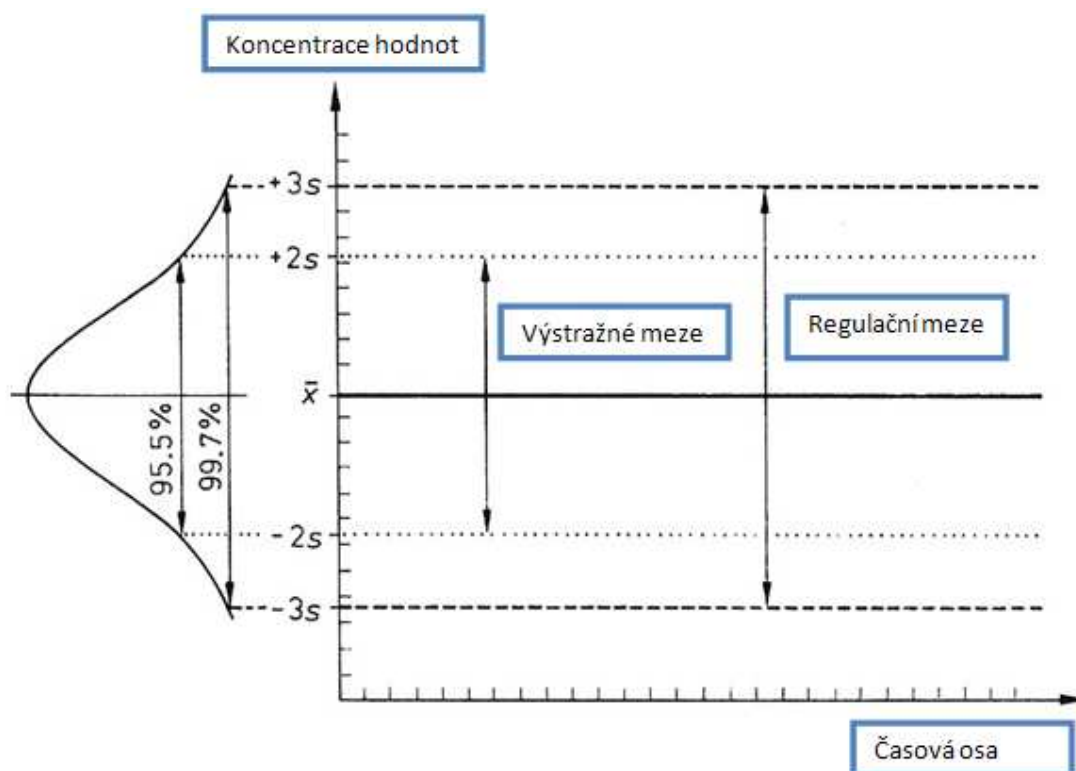
- Základní čára (CL – central line).
- Dolní regulační mez (LC – lower control level).
- Horní regulační mez (UC – upper control level).

[8]

Základní linie určuje střední hodnotu monitorovaného znaku jakosti. Dolní a horní regulační mez je nejčastěji ve vzdálenosti $\pm 3\sigma$ od základní linie a tvoří regulační (akční) meze.

Jedná-li se o statisticky zvládnutý proces, mělo by v regulačních mezích o velikosti $\pm 3\sigma$ ležet 99,7 % hodnot. Někdy se zakreslují do diagramu i meze $\pm 2\sigma$, které se nazývají výstražné (varovné) meze.

[8,5]



Graf 2.8.1 Meze u regulačních diagramů [11]

Regulačních diagramů je celá řada, dělí se na regulační diagramy:

- Měřením – Slouží ke sledování procesu pomocí kvantitativního znaku.
- Srovnáváním – Slouží ke sledování procesu pomocí kvalitativního znaku.

[5]

Pro ověření statisticky zvládnutého stavu byl použit Shewhartův regulační diagram pro individuální hodnoty a klouzavé rozpětí (I-MR).

U tohoto regulačního diagramu se pracuje přímo s naměřenými hodnotami, které jsou v diagramu zaznačeny. Druhý graf poskytuje odhad variability a regulační meze tvoří klouzavé rozpětí (moving range). Klouzavé rozpětí je absolutní hodnota rozdílu po sobě jdoucích hodnot. Z klouzavých rozpětí se potom vypočte průměrné klouzavé rozpětí $\bar{R}$ a použije se k sestavení regulačních mezí.

Regulační diagramy pro individuální hodnoty jsou citlivé na nedodržení normality a produkují zbytečné varovné signály.

[5]

2.8.3 Výpočty jednotlivých částí diagramu:

Určení CL a reg. mezí v diagramu I [5] :

Centrální přímka: $CL = \bar{\bar{x}}$

Reg. meze LCL a $UCL = \bar{\bar{x}} \pm E_2 \times \bar{R}$ (2.8.1)

Určení CL a reg. mezí v diagramu MR [5] :

Centrální přímka: $CL = \bar{\bar{R}}$

Reg. meze: $LCL, UCL = D_3 \times \bar{R}, D_4 \times \bar{R}$ (2.8.2)

Tab. 2.8.1 Zvláštní případy v regulačních diagramech zjišťovaných Minitabem

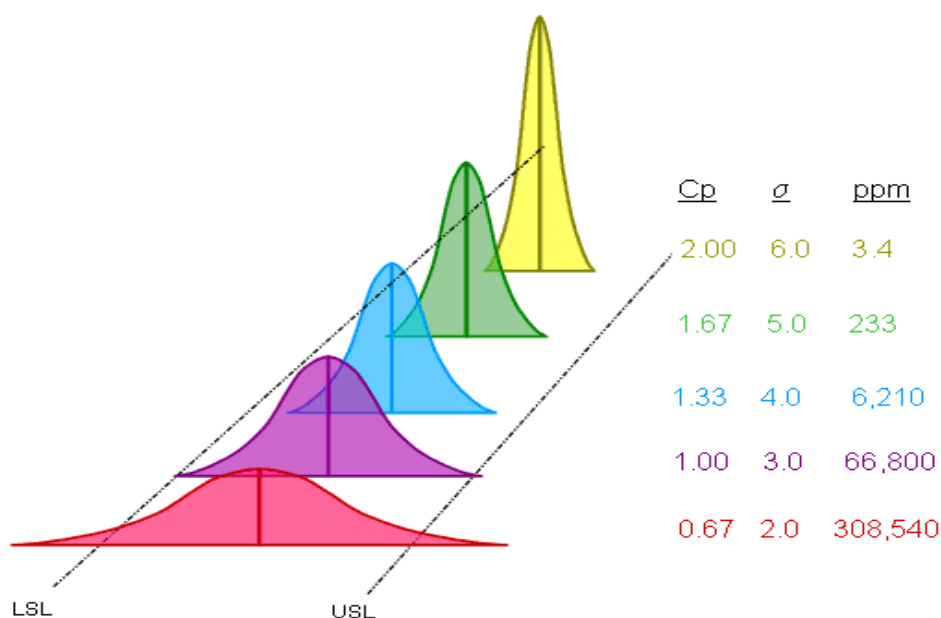
Testy	Zvláštní případy testované Minitabem
1.	1 hodnota je mimo regulační meze.
2.	9 hodnot je na téže straně od centrální linie.
3.	6 hodnot za sebou plynule klesá nebo stoupá.
4.	14 hodnot v řadě za sebou pravidelně kolísá nahoru a dolů.
5.	2. ze 3. hodnot v řadě za sebou leží mimo interval $\pm 2\sigma$.
6.	4. z 5 hodnot za sebou leží mimo interval $\pm \sigma$ na téže straně centrální linie.
7.	15 hodnot v řadě za sebou je uvnitř intervalu $\pm \sigma$.
8.	8 hodnot je mimo interval $\pm \sigma$ na obou stranách centrální linie.

2.9 Capability Analysis (Způsobilost procesu)

Způsobilost procesu nám vypovídá o nastavení procesu do takového stavu, že může trvale poskytovat produkty v požadované kvalitě.

Po otestování stability procesu byl proveden v Minitabu test na hodnocení způsobilosti. V Minitabu lze provést hodnocení způsobilosti pomocí histogramu a vedle něj vypsání koeficientů způsobilosti.

Koeficienty způsobilosti jsou jednoduchou metodou, jakou může být hodnocena způsobilost procesu. Informace o procesu je vyjádřena číselnou hodnotou a platí, že čím vyšší hodnota indexu způsobilosti, tím je proces lépe způsobilý.



Graf 2.9.1 Charakteristiky u indexu způsobilosti C_p [16]

2.9.1 Podmínky testování způsobilosti :

- Proces musí být statisticky zvládnutý
(Tato podmínka v řešení této práce nebyla splněna).
- Sledovaná proměnná by měla mít normální rozdělení
(Když proměnná nemá normální rozdělení, použije se Weibullovo rozdělení).

[16]

Můžeme obdržet nesprávné odhady způsobilosti procesu a to v okamžiku, kdy proces, jehož způsobilost je hodnocena, není zvládnutý.

2.9.2 Test Capability Analysis - Ověření způsobilosti

Určené hodnoty: indexy způsobilosti, % PPM (průměrné procento zmetků z 1 000 000 vyrobených výrobků), aritmetický průměr, směrodatná odchylka (within a overall) a z histogramu četnosti vypnutí přístrojů.

2.9.3 Základní koeficienty pro hodnocení způsobilosti:

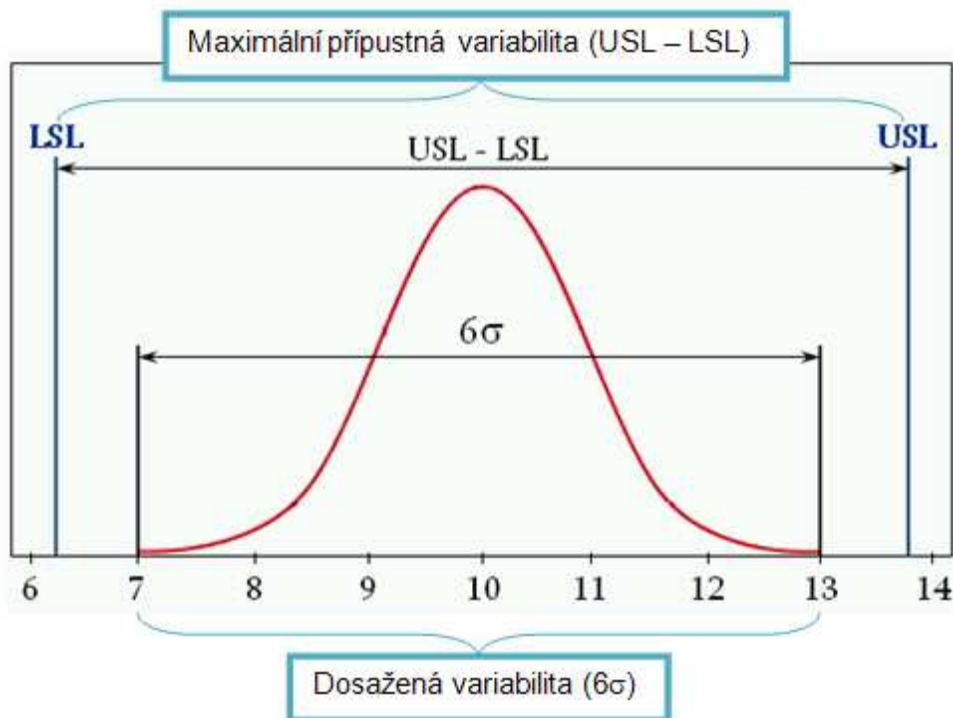
2.9.4 Index způsobilosti C_p :

- Je definován jako poměr předepsaného tolerančního pole (stanovené variability) a výrobního rozmezí (dosažené variability).
- C_p nezohledňuje střední hodnotu procesu. Dává informaci o tom, čeho je proces schopený za předpokladu, že je centrován.

[16]

Výpočet indexu způsobilosti C_p [16] :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_c} \qquad \sigma_c = \frac{\bar{R}}{d_2} \qquad (2.9.1)$$



Graf 2.9.2 Vysvětlení indexu C_p [16]

Vždy musí být $C_p \geq C_{pk}$, přičemž rovnost nastává jedině tehdy, když proces je přesně centrován na prostředek specifikačního rozmezí.

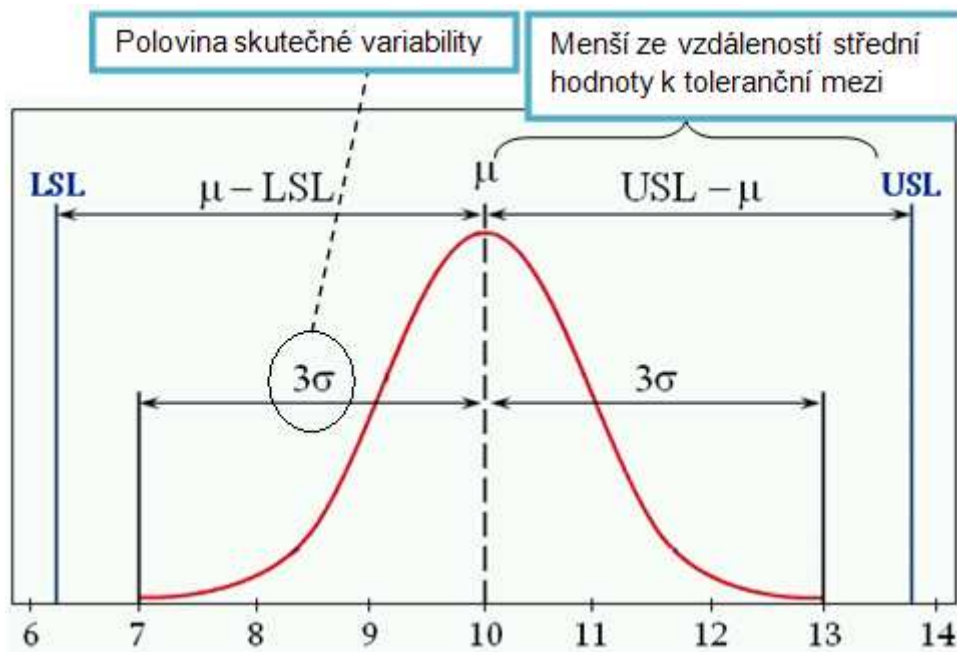
2.9.5 Index způsobilosti C_{pk} :

- Je definován jako poměr menší ze vzdáleností střední hodnoty procesu od horní (USL) resp. dolní (LSL) regulační meze a výrobního rozmezí.
- Tento index zohledňuje jak variabilitu procesu, tak i polohu střední hodnoty vůči tolerančním mezím.

[16]

Výpočet indexu způsobilosti C_{pk} [16] :

$$C_{pk} = \frac{\min(USL - \mu; \mu - LSL)}{3\sigma_c} \quad \sigma_c = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (2.9.2)$$



Graf 2.9.3 Vysvětlení indexu C_{pk} [16]

2.9.6 Kritéria pro hodnocení:

- $C_p < 1$: Proces je nezpůsobilý, proces má nízkou způsobilost.
- $1 \leq C_p \leq 1,33$: Proces vyhovuje z hlediska variability předepsaným mezím, proces se střední způsobilostí.
- $C_p > 1,33$: Proces je způsobilý, proces má vysokou způsobilost.

[8]

2.9.7 Indexy způsobilosti (výkonnosti) P_p a P_{pk}

Tyto indexy způsobilosti se objevily na začátku 90. let 20. století v automobilovém průmyslu a uvádí se zřídka, ale mají takřka stejnou vypovídací hodnotu jako indexy předešlé. Rozdíl mezi nimi je ve výpočtu variability, ve jmenovateli se místo směrodatné odchylky σ_C inherentní variability objevuje tzv. totální směrodatná odchylka σ_p .

Je doporučováno, aby se tyto indexy způsobilosti používaly tam, kde je proces statisticky nezpůsobilý. Uvádí se, že tyto indexy se používají pro zjištění způsobilosti procesu za delší časové období.

[17]

Indexy způsobilosti (výkonnosti) P_p a P_{pk} [17] :

$$\left. \begin{aligned} P_p &= \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} \\ P_{pk} &= \frac{\min(USL - \mu; \mu - LSL)}{3\sigma_p} \end{aligned} \right\} \sigma_p = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.9.3)$$

2.10 Regression (Regrese)

Jedná se o statistický nástroj k zjišťování závislosti mezi jednou proměnnou zvanou cílovou a několika dalších proměnných, kterým říkáme ovlivňující proměnné (faktory). Závislost mezi proměnnými lze vyjádřit pomocí rovnice regresní funkce v bodovém grafu. Výstupem ze statistického softwaru je p-hodnota a rovnice regresní funkce (např. přímky), která vyjadřuje lineární závislost mezi zkoumanými proměnnými. Regresní přímka se určuje pomocí metody nejmenších čtverců.

Může se jednat o lineární, nebo o nelineární regresní analýzu. Vedle regresní přímky existují další funkce (např. parabola, hyperbola a další).

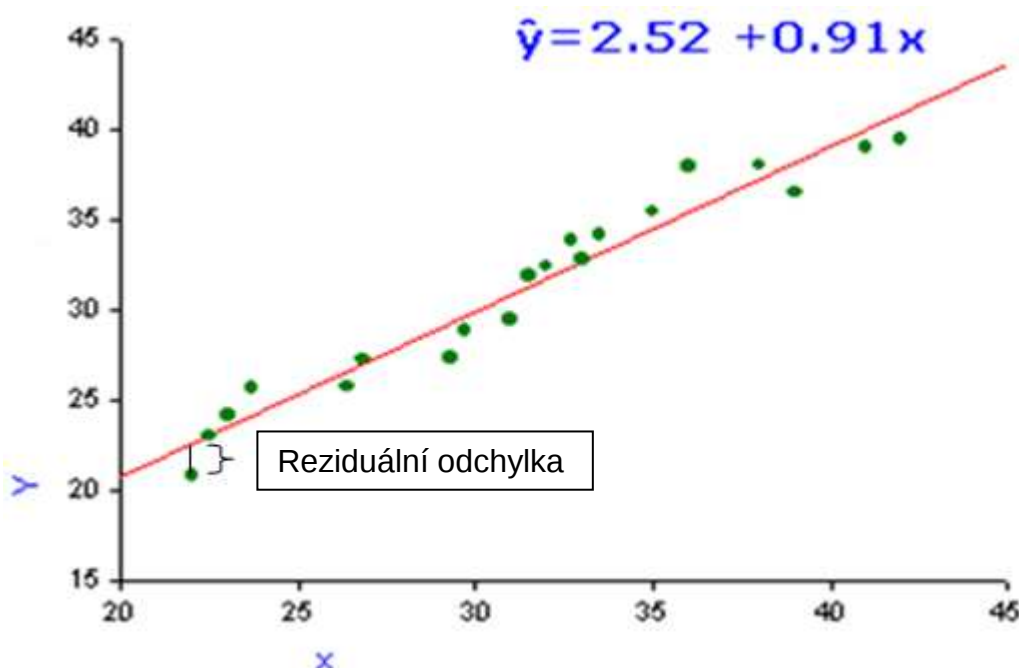
[6,12]

2.10.1 Regrese platí :

- Jestli existuje vztah mezi hodnotami.
- Daný soubor hodnot reziduí má normální rozdělení.
- Rozptyl je stejný v celém rozsahu proměnné.

[2]

Rezidua – jsou to vzdálenosti mezi bodem a proloženou přímkou.



Graf 2.10.1 Příklad grafu s lineární regresi a rovnicí přímky

PRAKTICKÁ ČÁST DIPLOMOVÉ PRÁCE

3 POPIS ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

- Vždy byla volena hladina významnosti $\alpha = 0,05$.
- K vyhodnocení testů bylo použito stejných velikostí náhodného výběru ($n=50$), které byly vybrány při prvním testu (test - zobrazení shodných výrobků).

3.1 Zobrazení shodných výrobků z daného výběru

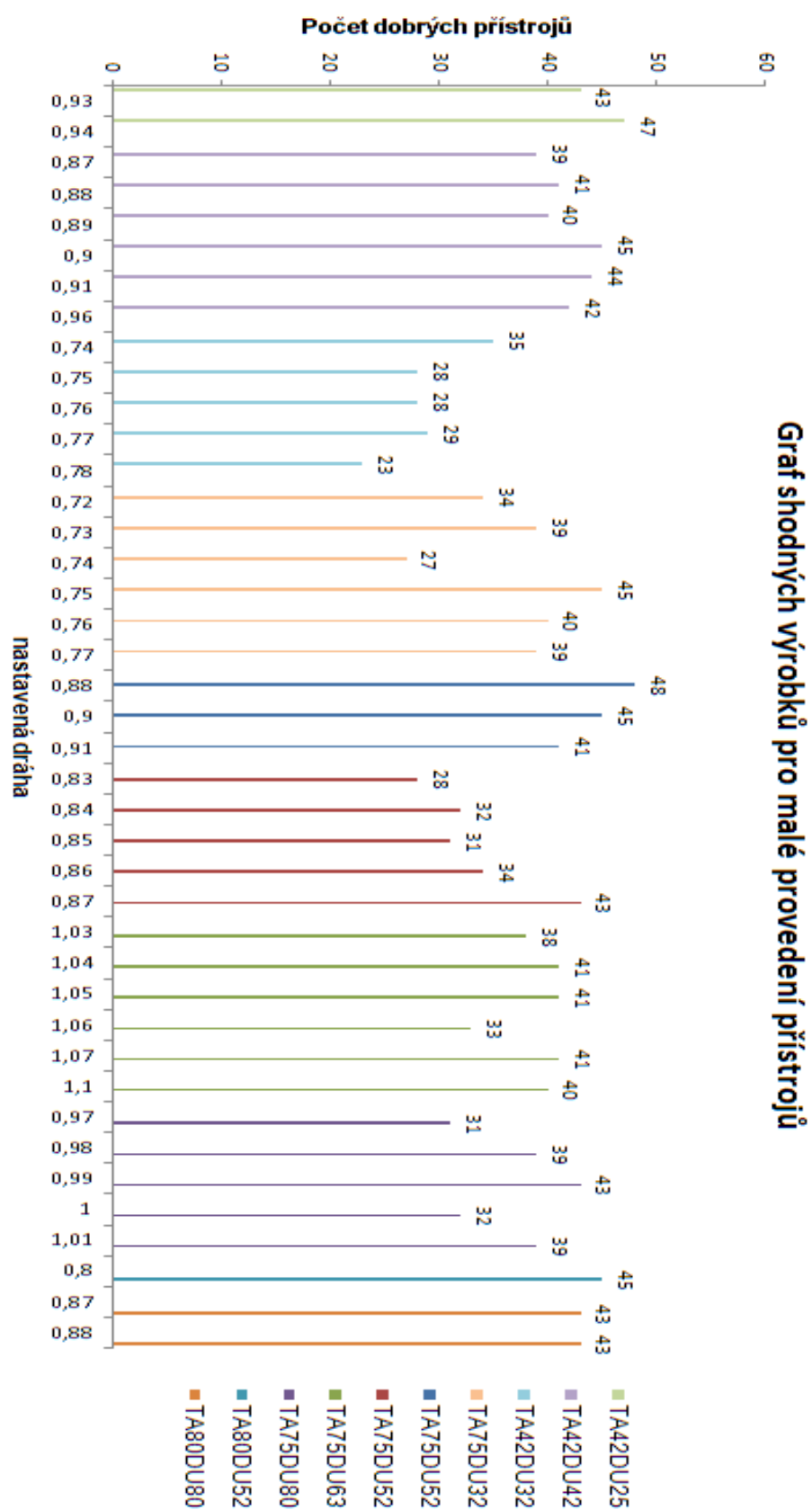
Zjištěný počet neshod z daného výběru by názorně zobrazil stav shodných a neshodných výrobků závislých na vypínacím intervalu. Tím by se zjistilo, kolik neshodných výrobků je v daném výběru pro jednotlivé nastavené dráhy.

Postup vyhodnocení:

1. Byly vybrány přístroje, které se testovaly nejčastěji a u kterých bylo zaznamenáno větší množství hodnot.
2. Ze zaznamenaných dat byla vybrána vždy podskupina hodnot n ($n = 50$) představující vhodná reprezentativní data a ta byla hodnocena z hlediska časového vypnutí přístroje ve stanoveném intervalu, kde kritériem vypnutí je stanovený interval (šířka vypínacího intervalu se pohybuje kolem 15 sekund od dolní po horní mez vypnutí).
3. Počet neshodných výrobků byl zaznamenán do tabulky v programu MS Excel k příslušnému typu a nastavené dráze přístroje, kde byl uveden i počet vad, které se nacházejí pod či nad daným intervalem.
4. Z konečných výsledků byl sestrojen graf, na kterém je vidět počet dobrých kusů u jednotlivých typů přístrojů a pro jejich nastavené dráhy.

Zhodnocení k uvedeným grafům :

Z grafů lze vyčíst počet shodných kusů u jednotlivých přístrojů a drah u nich nastavených. U většiny přístrojů je počet neshod velmi špatný. Jde vidět, že u přístrojů s velkým provedením je více neshodných jednotek. Horší výsledky u přístrojů s velkým provedením jsou způsobené tím, že u většiny těchto přístrojů je nastavený vypínací interval kratší než u přístrojů malého provedení.

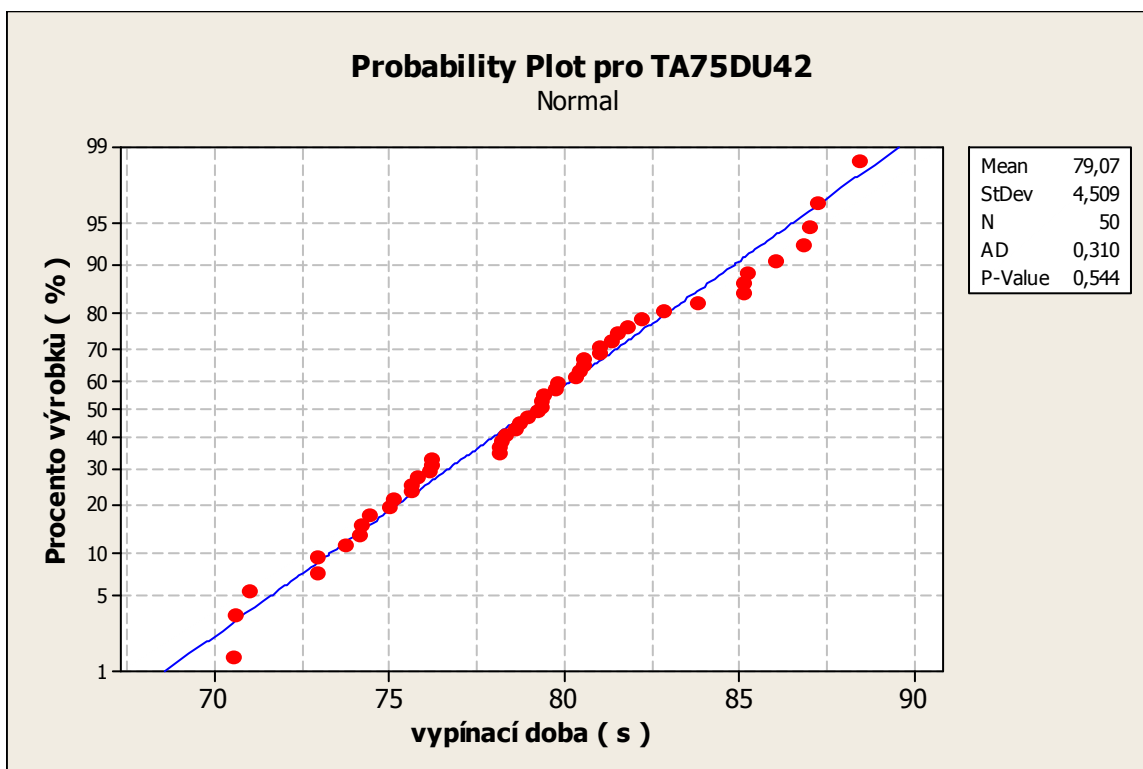


Graf 3.1.1 Znázornění dobrých výrobků u malého provedení

3.2 Normality test (Test normálního rozdělení)

Stat > Basic Statistics > Normality Test

Typ: TA75DU42



Graf 3.2.1 Normální rozdělení přístroje TA75DU42

Zhodnocení:

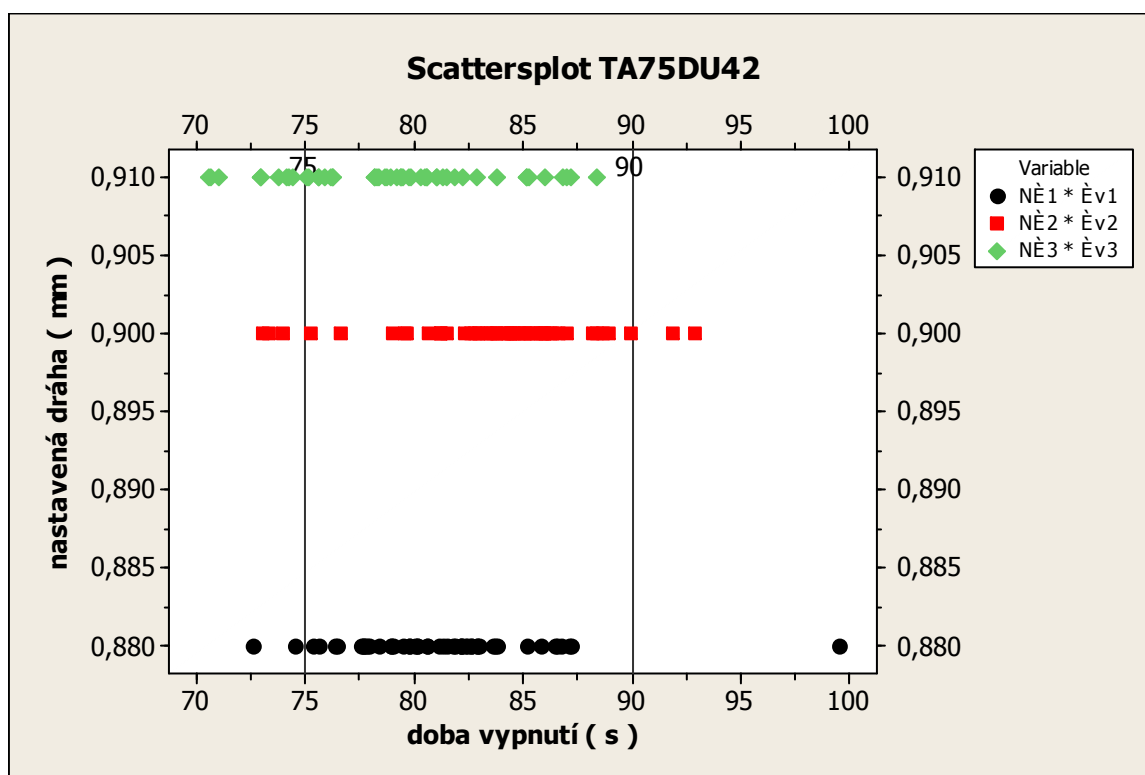
P-hodnota nezamítla H_0 u přístroje TA75DU42, protože hodnoty spojitě proměnné (vypínacích dob) mají normální rozdělení. Normální rozdělení bylo potvrzeno u všech přístrojů. Díky tomu je splněna jedna z důležitých podmínek dat pro další statistické zhodnocení.

3.3 Scatterplots (Bodový graf)

Graph > Scatterplots > simple

Ve statistickém softwaru byl vykreslen bodový graf, který znázorňuje nastavenou dráhu a ukazuje výskyt hodnot v daném čase.

Typ: TA75DU42



Graf 3.3.1 Znázornění závislosti nastavených drah na přístroji a doby vypnutí přístrojů u přístroje typu TA75DU42

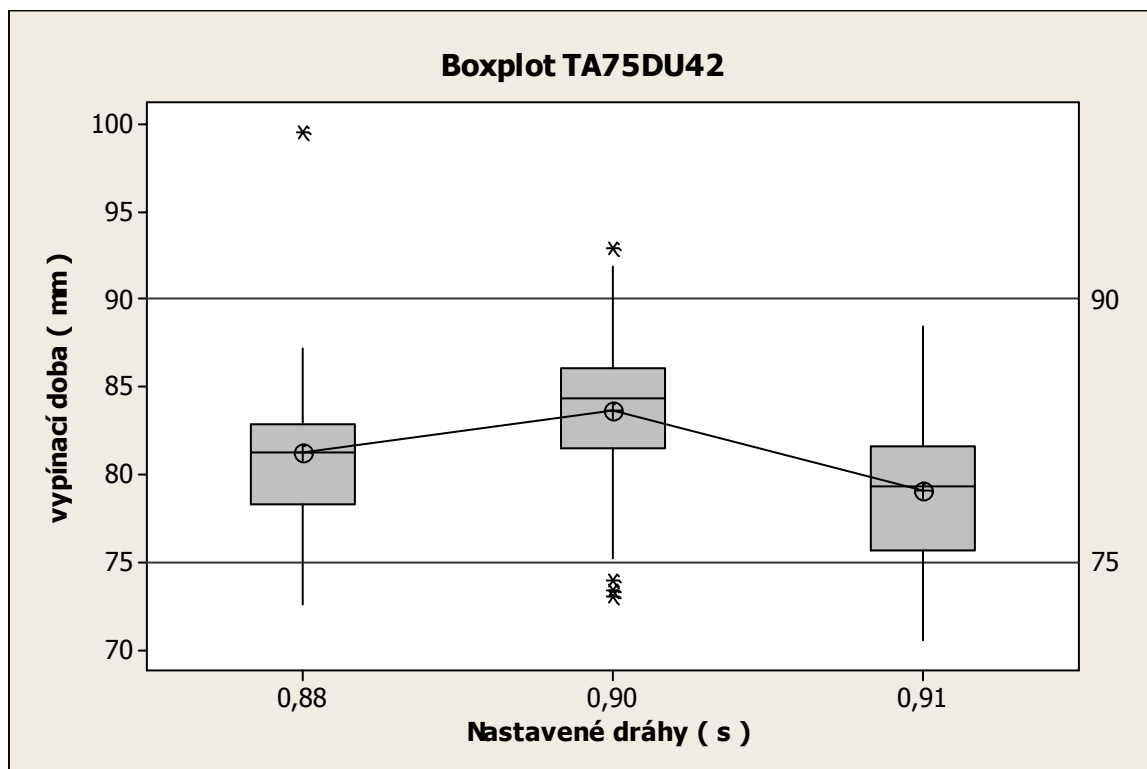
Zhodnocení:

Zde je vidět, že většina hodnot leží ve vypínacím intervalu (75-90 s), ale několik hodnot se nachází i mimo něj. I na jednoduchém grafu můžeme usuzovat o nevystředění procesu. U většiny přístrojů bylo vidět, že koncentrace hodnot vypínacích dob měla sinusový průběh. To vyvrátilo domněnku o tom, že se s vyšší nastavenou dráhou docílí u přístrojů delších vypínacích dob. Tento charakter může být způsobený systematickými vlivy.

3.4 Boxplot (Krabicový graf)

Graph > Boxplots > simple

Typ: TA75DU42



Graf 3.4.1 Boxplot znázorňuje závislost nastavené dráhy s příslušnými dobami vypnutí

Zhodnocení:

Lze vyčíst z grafu, že velký počet hodnot leží ve vypínacím intervalu, ale optimální by bylo, kdyby ve vypínacích mezích (75-90 s) ležely všechny hodnoty. Z vyznačených středních hodnot lze usuzovat, že změna dráhy má nelineární charakter, což se potvrdilo i u ostatních přístrojů a u předešlého grafu. Hodnoty aritmetických průměrů se mění a jejich změny mají sinusový charakter. Tento charakter může být způsobený systematickými vlivy.

3.5 1-Sample - t (Jednovýběrový t-test)

Stat > Basic Statistics > 1-Sample-t

Provedeným testem bylo získáno:

- aritmetický průměr;
- směrodatná odchylka;
- interval spolehlivosti pro střední hodnotu;

Typ: TA75DU42

Výstup z Minitabu 14 :

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI
ND1	50	81,1860	4,3058	0,6089	(79,9623; 82,4097)
ND2	50	83,6580	4,2580	0,6022	(82,4479; 84,8681)
ND3	50	79,0680	4,5086	0,6376	(77,7867; 80,3493)

Nastavené dráhy : $ND1 = 0,88$ mm; $ND2 = 0,9$ mm; $ND3 = 0,91$ mm.

Meze vypnutí : (75-90 s).

Zhodnocení :

Pomocí tohoto testu lze určit optimální nastavení přístroje. Z těchto nastavení je nejvhodnější nastavená dráha u hodnoty $ND2 = 0,9$ mm. Ideální hodnotě se blíží jak střední hodnotou, ale také intervalem spolehlivosti. Směrodatná odchylka je také vyhovující. Podobný závěr byl použit i u ostatních přístrojů, kde k přehlednému znázornění výsledků byla vytvořena tabulka s uvedenými informacemi získanými pomocí tohoto testu.

Zhodnocení k následnému grafu:

Zde jsou zaznamenány výsledky provedené jednovýběrovým t-testem. Ze zjištěných hodnot bylo voleno optimální nastavení dráhy u jednotlivých přístrojů, které bylo uvedeno v posledním sloupci tabulky. V posledním sloupci byla zeleně doporučena nastavená dráha. Optimální nastavení by mohlo být dosaženo i jinými dráhami. Tyto dráhy byly označeny žlutě.

Tab. 3.5.1 Doporučené nastavení dráhy u přístrojů malého provedení

Typ přístroje	Nastavená dráha(mm)	Výsledky testu			Vypínací Interval(s)	Doporučené nastavení
		Mean	StDev	95% CI		
TA42DU25	0,93	91,080	5,453	(89,5303; 92,6297)	(85-100)	
	0,94	92,058	4,173	(90,8721; 93,2439)		
TA42DU32	0,74	85,868	5,311	(87,5825; 90,6015)	(80-95)	
	0,75	85,626	5,510	(84,0601; 87,1919)		
	0,76	84,544	5,963	(82,8493; 86,2387)		
	0,77	82,976	5,296	(81,4709; 84,4811)		
	0,78	89,092	5,340	(84,3505; 87,3855)		
TA42DU42	0,87	83,588	12,713	(80,8951; 88,1209)	(75-90)	
	0,88	86,412	8,093	(82,1775; 84,9985)		
	0,89	84,668	4,963	(82,6963; 86,6397)		
	0,90	82,358	5,110	(80,9057; 83,8103)		
	0,91	79,258	3,985	(78,1255; 80,3905)		
	0,96	84,508	6,938	(84,1121; 88,7119)		
TA75DU32	0,72	89,498	18,758	(84,1671; 94,8289)	(80-95)	
	0,73	86,142	6,123	(84,1838; 87,6642)		
	0,74	81,728	5,255	(84,6485; 87,6355)		
	0,75	87,886	4,781	(86,5273; 89,2447)		
	0,76	87,106	6,797	(85,1744; 89,0376)		
	0,77	85,924	7,267	(79,6628; 83,7932)		
TA75DU42	0,88	81,186	4,509	(79,9623; 82,4097)	(75-90)	
	0,90	79,068	4,258	(77,7867; 80,3493)		
	0,91	83,658	4,306	(82,4479; 84,8681)		
TA75DU52	0,83	94,126	7,868	(91,8900; 96,3620)	(90-105)	
	0,84	91,910	4,768	(90,3710; 93,4490)		
	0,85	96,014	8,223	(93,6771; 98,3509)		
	0,86	94,092	5,810	(92,4408; 95,7432)		
	0,87	95,428	5,415	(94,0729; 96,7831)		
TA75DU63	1,03	109,440	5,884	(107,768; 111,112)	(105-120)	
	1,04	110,394	5,154	(108,929; 111,859)		
	1,05	110,140	4,662	(108,815; 111,465)		
	1,06	108,016	6,289	(106,224; 109,808)		
	1,07	110,736	5,321	(109,224; 112,248)		
	1,10	111,326	6,305	(109,539; 113,113)		
TA75DU80	0,97	102,706	6,489	(100,862; 104,550)	(100-115)	
	0,98	105,704	6,621	(103,822; 107,586)		
	0,99	107,934	5,370	(106,408; 109,460)		
	1,00	104,306	6,268	(102,525; 106,087)		
	1,01	103,212	16,211	(98,605; 107,819)		
TA80DU52	0,80	86,568	4,204	(85,3733; 87,7627)	(80-95)	
TA80DU80	0,87	96,708	5,354	(93,6787; 96,7733)	(90-105)	
	0,88	95,226	5,445	(95,1864; 98,2296)		

3.6 Analysis of variance (ANOVA - Analýza rozptylu)

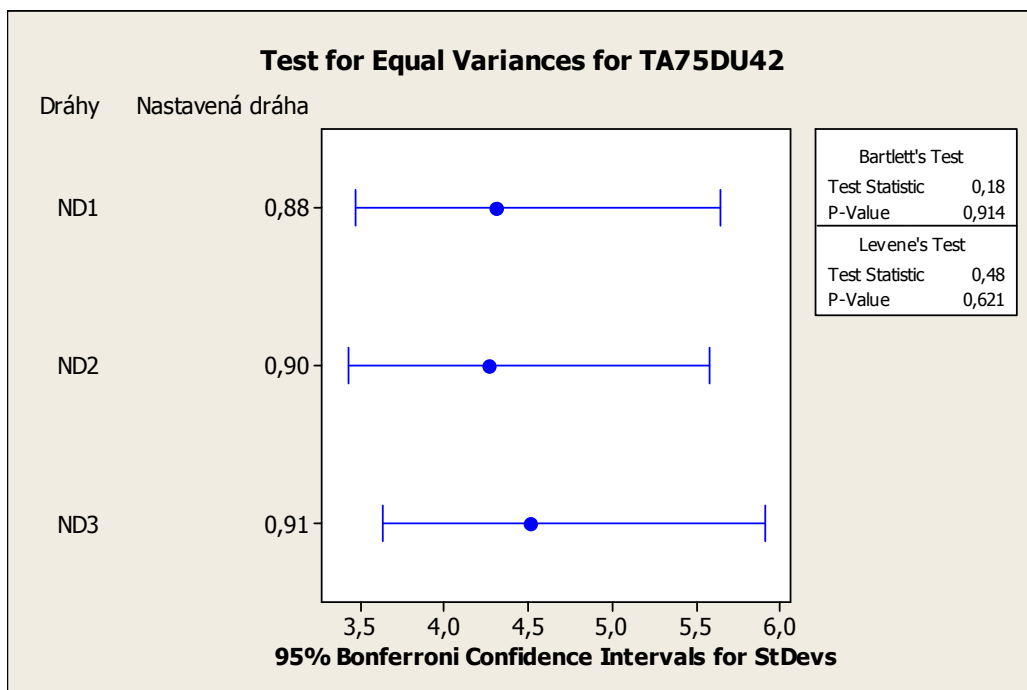
Při analýze rozptylu se postupuje tak, že celkovou variabilitu rozložíme na samostatné faktory (působící systematicky) a náhodné vlivy (působící náhodně). Známe-li velikost složek rozptylu, pak můžeme posoudit, jakou částí se na celkové variabilitě podílejí jednotlivé faktory a náhodné vlivy.

[6]

3.6.1 Test for Equal Variances (Test rovnosti rozptylů)

Stat > ANOVA > Test for Equal Variances

Typ: TA75DU42



Graf 3.6.1 Výstup z Minitabu pro test rovnosti rozptylů u TA75DU42

Zhodnocení:

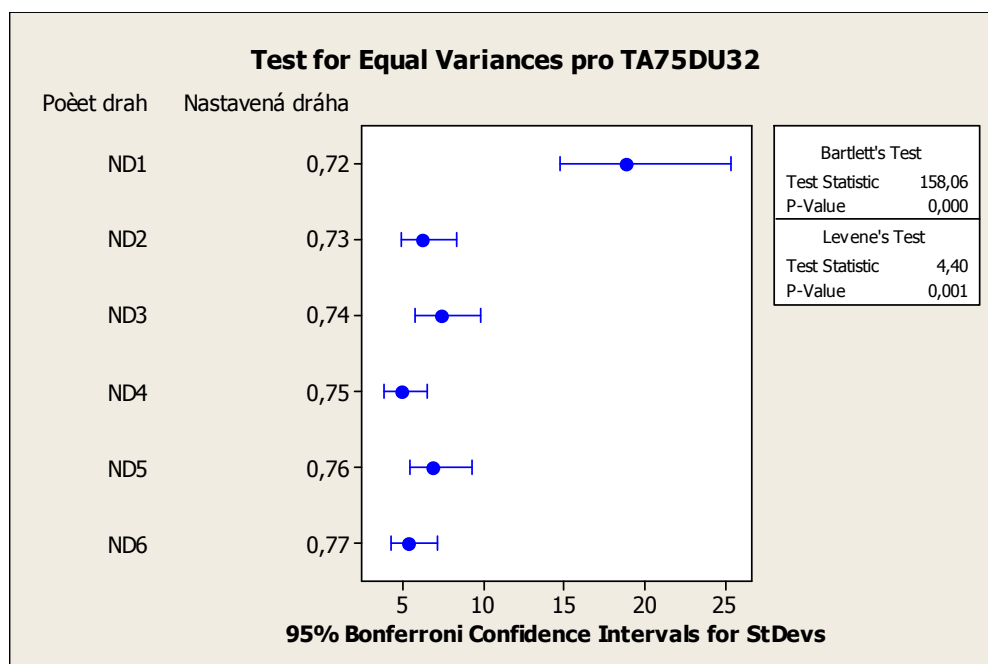
P-hodnoty jsou u obou testů větší jak 0,05, tudíž nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu H_0 o rovnosti rozptylů u jednotlivých nastavených drah. Rozdíl v rozptylech je statisticky nevýznamný. Intervaly se překrývají, to znamená, že přesnost výroby by se neměla výrazně lišit při nastavení těchto drah.

Tab. 3.6.1 Výsledky testu pro rovnost rozptylů (Test for Equal Variances)

Test for Equal Variances			Potvrzení rovnosti variability
Typ přístroje	Bartlett's test P-hodnota	Levene's test P-hodnota	
TA42DU25	0,064	0,114	Ano
TA42DU32	0,909	0,635	Ano
TA42DU42	0,000	0,005	Ne
TA75DU32	0,000	0,001	Ne
TA75DU42	0,914	0,621	Ano
TA75DU52	0,000	0,000	Ne
TA75DU63	0,228	0,321	Ano
TA75DU80	0,492	0,769	Ano
TA80DU80	0,907	0,912	Ano

Zhodnocení výsledků v tabulce:

Pro typ přístroje TA80DU52 nebyl test proveden, protože u tohoto typu je uvedena jen jedna dráha a tím i jeden rozptyl. U přístrojů TA42DU42, TA75DU32 a TA75DU52 tento test zamítl H_0 , která předpokládá rovnost rozptylů. To může být způsobeno odlehlými hodnotami. Tvzení o odlehlých hodnotách potvrzují i hodnoty směrodatných odchylek v předešlém testu (t-testu). U ostatních typů rovnost rozptylu test potvrdil. Podobné výsledky byly dosaženy i u testů pro velké provedení.



Graf 3.6.2 Graf zastupuje typy přístrojů, u kterých se ukázalo, že rozptyly u nich nejsou stejné

3.6.2 Anova One-Way (Analýza rozptylu)

Stat > ANOVA > One-Way

Anova One-Way testuje pouze jeden faktor, který se může podílet na variabilitě výsledku.

Typ: TA75DU42

Výstup z Minitabu 14 :

Source	DF	SS	MS	F	P
ND	2	527,7	263,9	13,89	0,000
Error	147	2792,9	19,0		
Total	149	3320,6			

S = 4,359 R-Sq = 15,89% R-Sq(adj) = 14,75%

Zhodnocení:

Jelikož je p-hodnota menší než zvolená hladina významnosti α ($0,000 < 0,05$) zamítáme nulovou hypotézu H_0 . To znamená, že nastavená dráha ovlivňuje jeho dobu vypnutí. *R-Sq* (index determinace) má velmi malou hodnotu 15,89 %, to znamená, že dráha, jako faktor, ovlivňuje dobu vypnutí přístroje jen asi ze 16 %. Tím bylo vyvráceno tvrzení, že dráha je právě dominantním faktorem. Dominantní faktor má největší vliv ze všech vlivných faktorů (většinou jeho hodnota je více jak z 50 %).

Tab. 3.6.2 Výsledky testu pro Anovu One-Way

Anova One-Way		Vliv dráhy ovlivňuje dobu vypnutí
Typ přístroje	P-hodnota	
TA42DU25	0,316	Ne
TA42DU32	0,000	Ano
TA42DU42	0,000	Ano
TA75DU32	0,002	Ano
TA75DU42	0,000	Ano
TA75DU52	0,023	Ano
TA75DU63	0,063	Ne
TA75DU80	0,033	Ano
TA80DU80	0,002	Ano

Zhodnocení výsledků v tabulce:

U většiny přístrojů byla zamítnuta H_0 (nastavená dráha nemá vliv na vypínací dobu přístroje) a přikláníme se k H_A . H_0 byla potvrzená u dvou typů u TA42DU35 a TA75DU63, to může být způsobeno podobnými výsledky, jak u aritmetického průměru, nebo variability mezi jednotlivými nastavenými dráhami.

3.6.3 Test faktorů

Typ: TA75DU42

Důležité parametry:

- Byl brán soubor naměřených dat z jednoho záznamového dne.
- Bral se ohled na velikost souboru, abychom měli co nejvíce dat.

Test na faktory byl proveden pro data z 10. 9. 2008 u přístroje TA75DU42 pro 2 směny a 464 otestovaných přístrojů.

Pomocí Anovy One-Way byly otestovány jednotlivé faktory :

- hnízda;
- čas;
- pracovník;
- nastavená dráha;
- směna;

Důležité je sledovat p-hodnotu, která nám vypoví o tom, zda jednotlivé faktory ovlivňují výslednou dráhu a také hodnota indexu determinace $R-Sq$, která určuje důležitost faktoru (čím vyšší číslo v % nám vyjde, tím lépe).

Tab. 3.6.3 Výsledky testu pro hodnocení faktorů pomocí Anovy One-Way

Anova One-Way (zjištění faktorů)			
Faktor	P-hodnota	R-Sq [%]	Ovlivnění
Nastavená dráha	0,000	10,61	Ano
Čas	0,999	93,44	Ne
Hnízda	0,115	1,36	Ne
Směna	0,000	1,44	Ano
Pracovník	0,077	0,72	Ne

Zhodnocení výsledků v tabulce:

Z testovaných faktorů bylo u nastavené dráhy a směny zjištěno, že ovlivňují dobu vypnutí přístroje. $R-Sq$ však značí, že se nejedná o velmi významné faktory, které by měly mít zásadní vliv na dobu vypnutí přístroje. Na proces působí nějaký jiný faktor, který dobu vypnutí ovlivňuje, ale ze zaznamenaných dat to nejsme schopni zjistit.

3.7 Anova Two-Way

Stat > ANOVA > Two-Way

Test, který zjistí za pomoci hypotéz, jestli jsou vypínací časy závislé na faktorech (typ a dráha) a navíc, jestli mezi faktory existuje interakce.

Test proveden pro typ TA42DU32 a TA75DU32.

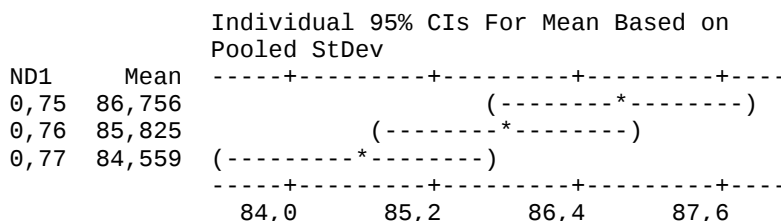
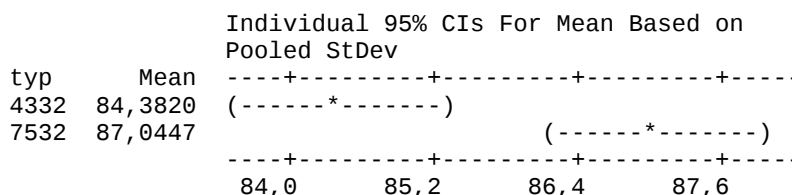
Výstup z Minitabu 14 :

Source	DF	SS	MS	F	P
typ	1	531,7	531,735	16,74	0,000
ND1	2	243,2	121,605	3,83	0,023
Interaction	2	10,6	5,320	0,17	0,846
Error	294	9341,1	31,773		
Total	299	10126,7			

S = 5,637 R-Sq = 7,76% R-Sq(adj) = 6,19%

Zhodnocení:

Z výsledků lze říci, že podle p - hodnoty faktorů (typ přístroje a nastavená dráha - ND1) ovlivňují vypínací čas a není mezi nimi interakce, tím také nejsou na sobě závislé.



Zhodnocení:

Intervaly, které vykreslil statistický program, znázorňují jak závislost typu, tak i nastavené dráhy. První dva ukazují, že pro jednotlivé typy neleží střední hodnoty ve stejné poloze. Další intervaly znázorňují různost středních hodnot při jednotlivých nastavených dráhách.

Test proveden pro typ TA42DU42 a TA75DU42

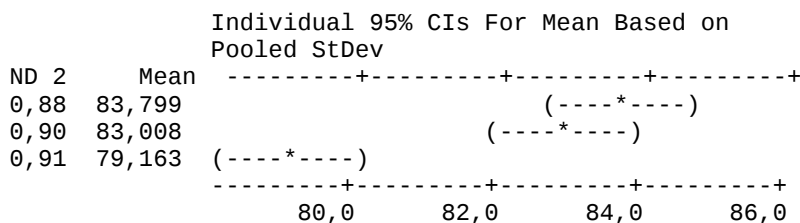
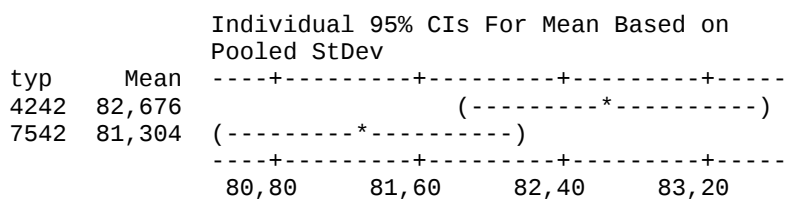
Two-way ANOVA: Č v2 versus typ; ND 2

Source	DF	SS	MS	F	P
typ	1	141,2	141,179	5,15	0,024
ND 2	2	1230,1	615,037	22,44	0,000
Interaction	2	584,8	292,375	10,67	0,000
Error	294	8059,5	27,413		
Total	299	10015,5			

S = 5,236 R-Sq = 19,53% R-Sq(adj) = 18,16%

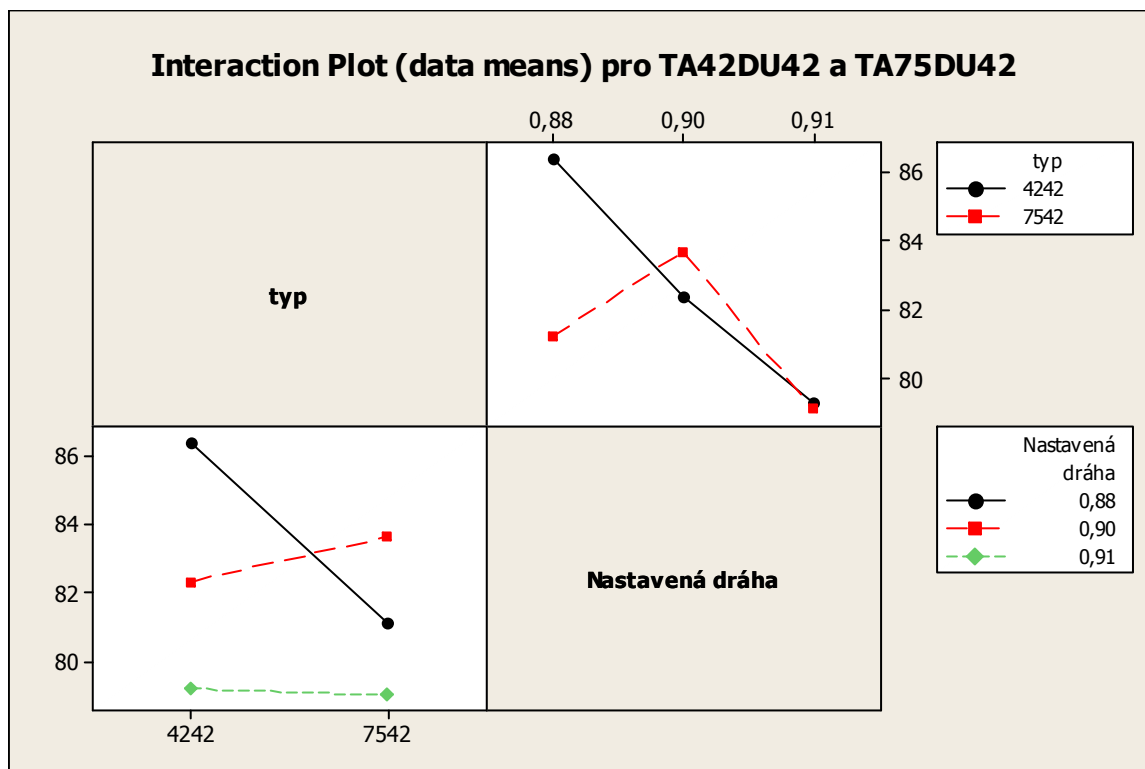
Zhodnocení:

Z výsledků lze říci, že podle p - hodnoty faktory ovlivňují vypínací dobu (typ přístroje a nastavená dráha-ND2) a je mezi nimi interakce, která bude znázorněna na následujícím grafu. Výsledky pro intervaly lze odvodit z předchozího zhodnocení.



3.7.1 Znázornění závislosti (Interakce):

Stat > ANOVA > Interactions Plot

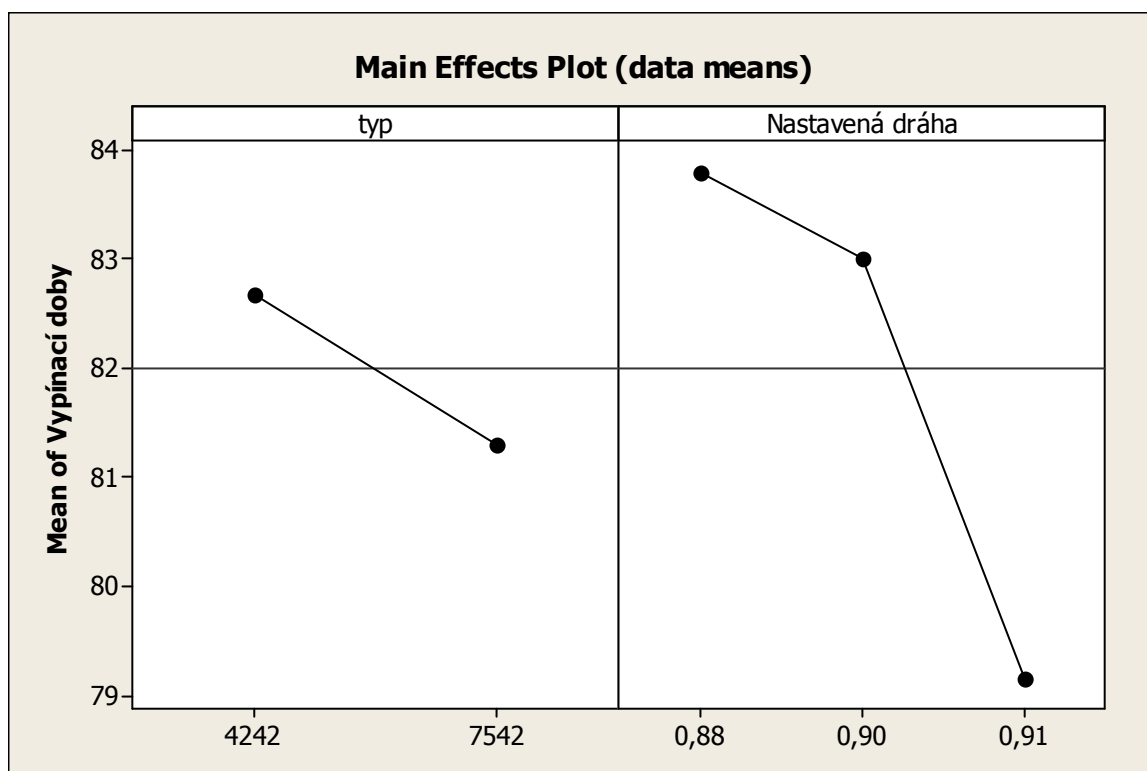


Graf 3.7.1 Interakce mezi dvěma typy přístrojů se stejnými vypínacími intervaly

Zhodnocení :

Z grafu pro interakci je vidět, že u obou typů je přibližně stejná hodnota vypínacího času u nastavené dráhy 0,91 mm a u hodnoty 0,90 mm mírně stoupá u přístroje TA75DU42. U nastavené dráhy 0,88 se však oba přístroje liší a to o víc než 5 sekund. Meze vypnutí jsou u obou přístrojů 75-90 sekund, a proto lze usoudit, že u přístroje TA42DU42 u nastavené dráhy 0,88 mm vycházel větší počet zmetků díky posunuté střední hodnotě k horní mezi vypnutí. Jako nejlepší nastavení dráhy u obou přístrojů by byla volena hodnota 0,90 mm, ale pro přístroj typu TA75DU42 byla už v předchozím testu volena hodnota optimální nastavené dráhy 0,91mm. Svědčí to také o tom, že hlavní vlastnost přístrojů se chová v různých časových obdobích odlišně.

Stat > ANOVA > Main Effects Plot



Graf 3.7.2 Zobrazení středních hodnot přístrojů

Zhodnocení :

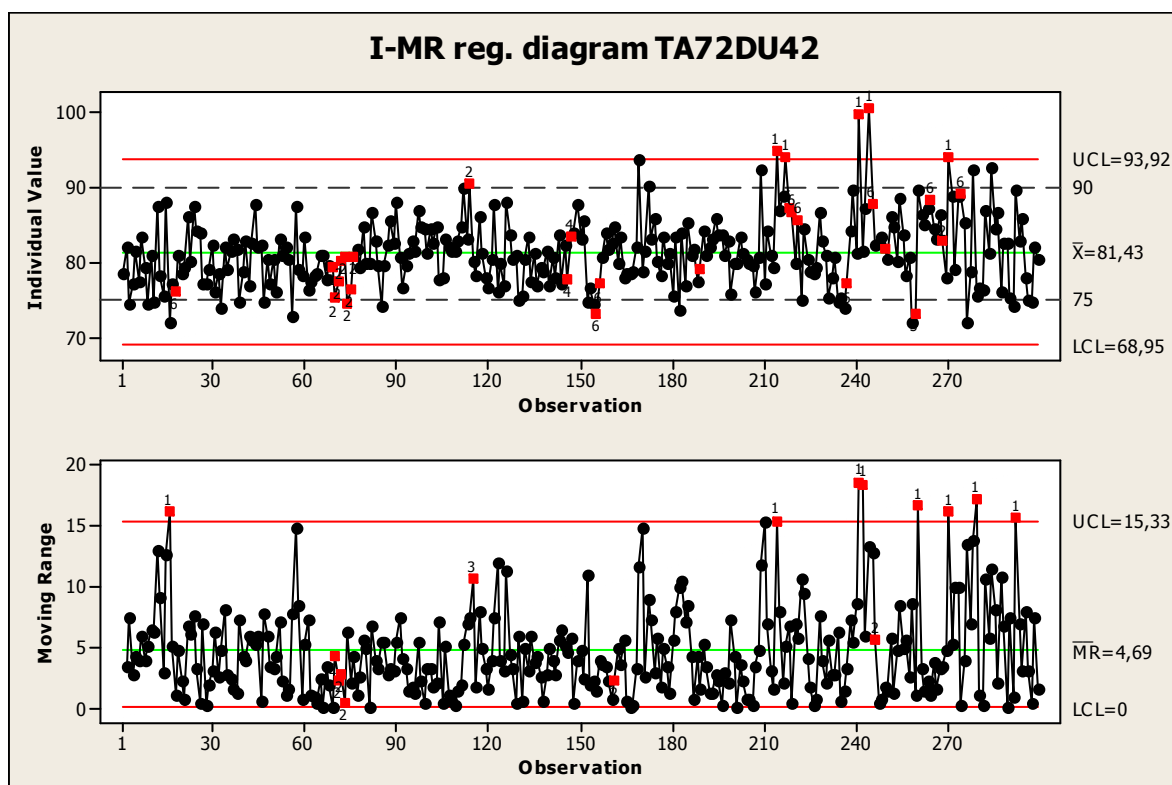
Z bodů v grafu, které značí střední hodnoty vypočítané z příslušných výběrů, je vidět podobné nastavení u obou přístrojů lišící se přibližně o 1. sekundu. V pravém grafu je vidět, že u nastavené dráhy 0,91 mm hodnoty vypnutí přístrojů jsou blízké k dolní mezi vypnutí a výrazně se mění od dalších nastavených drah.

3.8 Control Charts (Regulační diagramy)

Stat > Control Charts > Variables charts for Individuals > I-MR

Typ: TA75DU42

Pomocí regulačních diagramů můžeme sledovat stabilitu procesu v časovém průběhu a rozpoznat přítomnost vymezitelných příčin, což jsou neobvyklé jevy, které nejsou běžnou součástí procesu a jsou znázorněny červenými tečkami v regulačním diagramu.



Graf 3.8.1 Výsledek testu pro stabilitu procesu, kde výše je reg. diagram pro individuální hodnoty a níže diagram pro klouzavé rozpětí

Zhodnocení:

Na reg. diagramu je vidět, jak pro klouzavé rozpětí, tak pro individuální hodnoty, že proces není stabilní. Statistický software k uvedeným diagramům uvádí i jednotlivé zvláštní případy v reg. diagramech, které jsou uvedeny v tabulce v teoretické části (Tab. 1.8.1). Nejčastěji se však u reg. diagramů objevoval první případ značící hodnotu nacházející se mimo reg. mez.

Tab 3.8.1 Zvláštní případy v regulačních diagramech pro malé provedení přístrojů

Typ	Zvláštní případy v diagramu I-MR															
	Testy															
	Pro individuální hodnoty								Pro klouzavé rozpětí							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
TA42DU25	9	9	-	5	-	3	1	-	7	1	-	-	-	-	-	-
TA42DU32	5	4	-	1	2	3	1	-	3	11	-	4	-	-	-	-
TA42DU42	4	5	-	5	1	6	3	-	5	2	1	-	-	-	-	-
TA75DU32	3	4	-	4	7	3	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-
TA75DU42	5	11	-	3	3	11	-	-	8	6	1	-	-	-	-	-
TA75DU52	7	5	-	-	8	13	-	1	8	7	-	-	-	-	-	-
TA75DU63	6	7	1	8	1	3	-	-	8	7	-	-	-	-	-	-
TA75DU80	9		-	-	-		-	-	9		-	-	-	-	-	-
TA80DU52	13	11	-	1	9	10	-	-	9	4	-	-	-	-	-	-
TA80DU80	6	7	-	-	2	7	-	-	9	6	-	-	-	-	-	-

Zhodnocení:

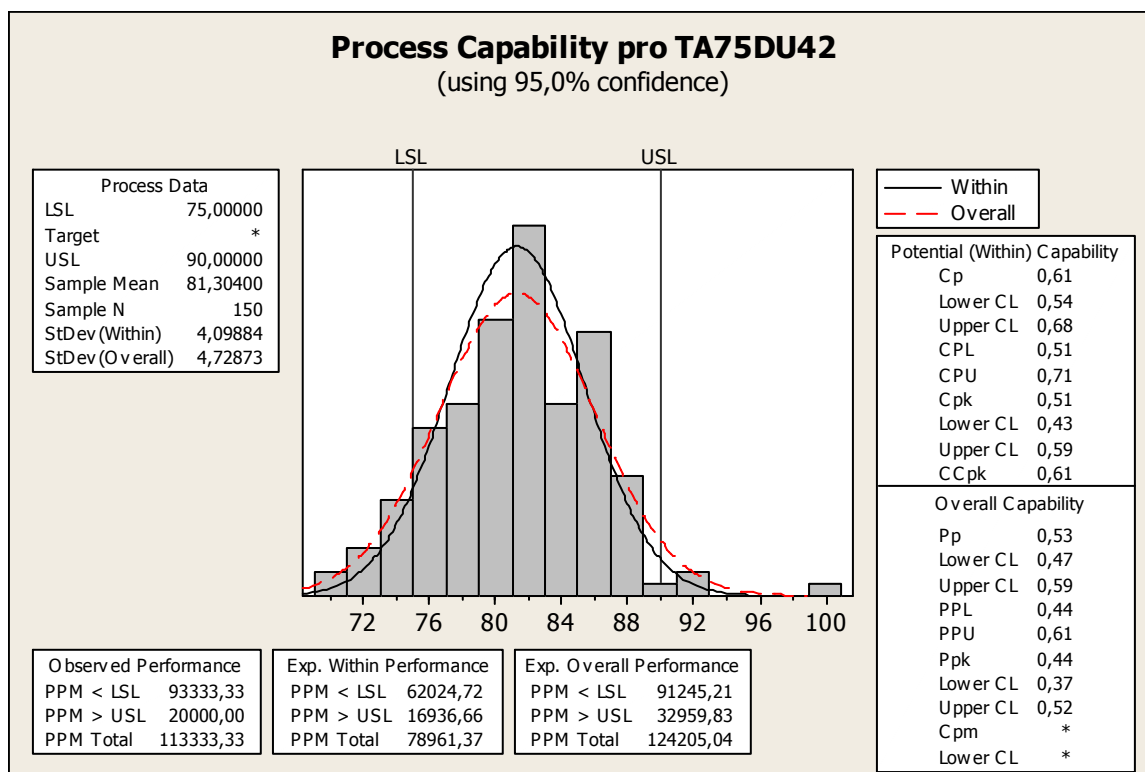
V regulačních diagramech se vyskytuje velké množství nežádoucích Chyb(pro podskupinu $n=300$ přístrojů), které byly statistickým softwarem zjištěny. Nejčastějším nežádoucím zvláštním případem v regulačních diagramech byl 1. test, který říká, že se hodnota nachází mimo regulační mez ($\pm 3\sigma$). Reg. diagramy byly sestaveny z 300 hodnot vypínacích dob a pokud bychom chtěli dosáhnout stabilního procesu, musel by se počet případů nežádoucích testů u každého typu přístroje pohybovat kolem 1.-2. případů. Z uvedených výsledků je vidět, že ani jeden z přístrojů není ve stabilním stavu. Reg. diagramy u velkého provedení mají výrazně méně nežádoucích chyb a dokonce u některých typů bylo dosaženo stabilního stavu.

3.9 Test Capability Analysis (Způsobilost procesu)

Stat > Quality Tools > Capability Analysis > Normal

Přehledný nástroj řízení kvality test Capability Analysis slouží především pro zjištění, zda je proces statisticky způsobilý.

Pokud proces, jehož způsobilost hodnotíme, není statisticky zvládnutý, můžeme obdržet nesprávné odhady jeho způsobilosti.



Graf 3.9.1 Histogram s indexy způsobilosti aj.

Within - je pro celkovou směrodatnou odchylku

Overall - je pro odchylku mezi skupinami hodnot po sobě jdoucích

Zhodnocení :

Test ukázal, že ani jeden z přístrojů malého provedení není nastaven do způsobilého procesu, to dokládají především hodnoty C_p a C_{pk} v provedeném testu, kde jejich hodnota udává způsobilost procesu. Histogram názorně ukazuje počet vypnutí v jednotlivých časech. V histogramu jsou zaznačeny také vypínací meze (75-90 sekund). Aby stabilita a způsobilost dosahovaly přijatelných hodnot, měly by všechny hodnoty (celý zvon histogramu) ležet uvnitř těchto mezí. Důvodem nepřijatelné způsobilosti u všech typů přístroje mohou být také přísné vypínací meze.

Tab. 3.9.1 Hlavní hodnoty provedeného testu

Capability Analysis							
Typ přístroje	Indexy způsobilosti				PPM	Směrodatné odchylky	
	<i>C_p</i>	<i>C_{pk}</i>	<i>P_p</i>	<i>P_{pk}</i>		<i>StDef(within)</i>	<i>StDef(overall)</i>
TA42DU25	0,47	0,03	0,35	0,02	516924	5,283	7,232
TA42DU32	0,50	0,37	0,43	0,32	232000	5,001	5,813
TA42DU42	0,44	0,38	0,32	0,28	186667	5,697	7,821
TA75DU32	0,46	0,39	0,26	0,22	256667	5,481	9,706
TA75DU42	0,61	0,51	0,53	0,44	113334	4,099	4,729
TA75DU52	0,45	0,26	0,37	0,22	344000	5,558	6,669
TA75DU63	0,51	0,34	0,44	0,29	230000	4,905	5,692
TA75DU80	0,45	0,31	0,38	0,27	216000	5,607	6,539
TA80DU52	0,55	0,16	0,37	0,11	453334	4,566	6,728
TA80DU80	0,56	0,44	0,46	0,37	140000	4,489	5,437

Zhodnocení :

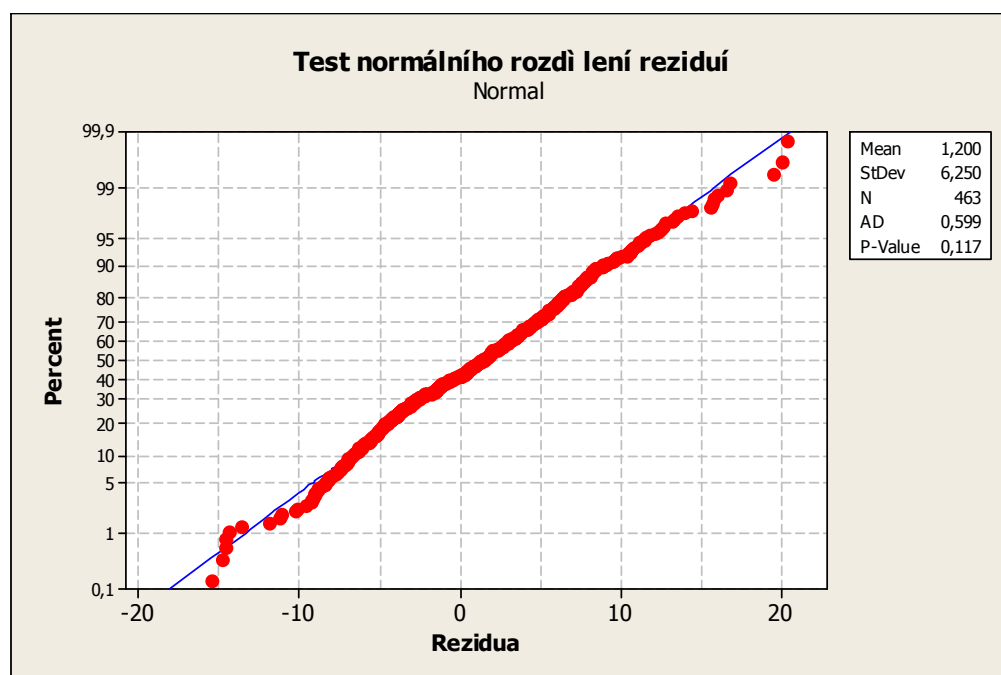
Test ukázal, že ani jeden z přístrojů malého provedení není nastaven do způsobilého procesu, to dokládají především hodnoty *C_p*, *C_{pk}*, *P_p* a *P_{pk}* v provedeném testu, kde jejich hodnota udává způsobilost procesu. Histogram názorně ukazuje počet vypnutí v jednotlivých časech. *PPM* dosahuje velmi vysokých čísel, kdybychom porovnali hodnoty *PPM* v grafu 1.9.1, vycházelo by nám číslo způsobilosti procesu 1 - 2 σ , což je v dnešní době nepřijatelné. Proces není stabilní a díky tomu můžeme usuzovat, že výsledky jsou zkreslené. U velkého provedení přístroje, kde se objevily téměř stabilní stavy bylo dosaženo velmi malých hodnot indexů způsobilosti.

3.10 Regression (Regrese)

Stat > Regression > Regression >

Jak již bylo řečeno, je to nástroj na zjištění vzájemné závislosti mezi faktory.

Mezi jednou ze základních podmínek regrese byla uvedena podmínka normálního rozdělení reziduí, která byla provedena:



Graf 3.10.1 Histogram znázorňující normální rozdělení u reziduí

Zhodnocení :

P-hodnota nezamítá H_0 o potvrzení normálního rozdělení a tím se můžeme domnívat, že rezidua mají normálního rozdělení, tím je splněn předpoklad pro použití regrese.

Tab. 3.10.1 Výsledky regresní analýzy

Regression			
Faktor	P-hodnota	R-Sq [%]	Závislost
Nastavená dráha	0,537	0,8	Ne
Čas	0,703	0,8	Ne
Hnízda	0,949	0,8	Ne
Pracovník	0,497	0,8	Ne
Kombinace faktorů			
Pracovník + hnízdo	0,077	0,7	Ne
Pracovník * hnízdo	0,359	0,2	Ne
Čas + hnízdo	0,711	0,0	Ne
Čas + pracovník	0,077	0,7	Ne

Zhodnocení :

Z tabulky 2.10.1 jde vidět, že ani jeden faktor, nebo jejich kombinace, není regrese významná. Domněnka o tom, že nejsme schopni zjistit ze zaznamenaných dat dominantní faktor, se potvrdila. Měla by se provést analýza na zjištění dalších možných faktorů, které by mohly ovlivnit dobu vypnutí přístroje a po té tyto faktory vyhodnotit.

4 POUŽITÍ MS EXCEL PRO VYHODNOCENÍ

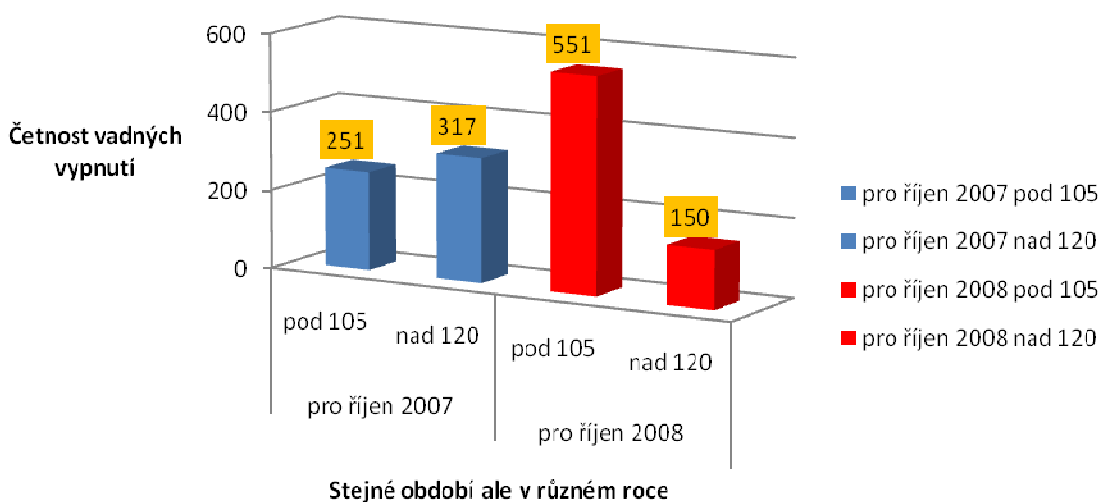
4.1 Porovnání TA75DU52 v různém časovém období

Bylo provedeno porovnání počtu neshodných přístrojů v době před a během doby, kdy byl používán přípravek pro automatické nastavení přístroje a dráhy na přístrojích malého provedení. Porovnáním by se zjistil přínos nového přípravku a jeho vliv na počet neshod a případně by se rozhodlo o dokoupení dalšího přípravku pro přístroje velkého provedení.

4.1.1 Postup vyhodnocení:

Data byla vkládána za rok 2007/2008 v měsíci říjnu a listopadu od začátku měsíce, až bylo docíleno hodnoty kolem 2000 testovaných přístrojů, byla data vyhodnocována v prostorovém sloupcovém grafu pomocí MS Excel.

Četnost vadných přístrojů za říjen 2007/2008



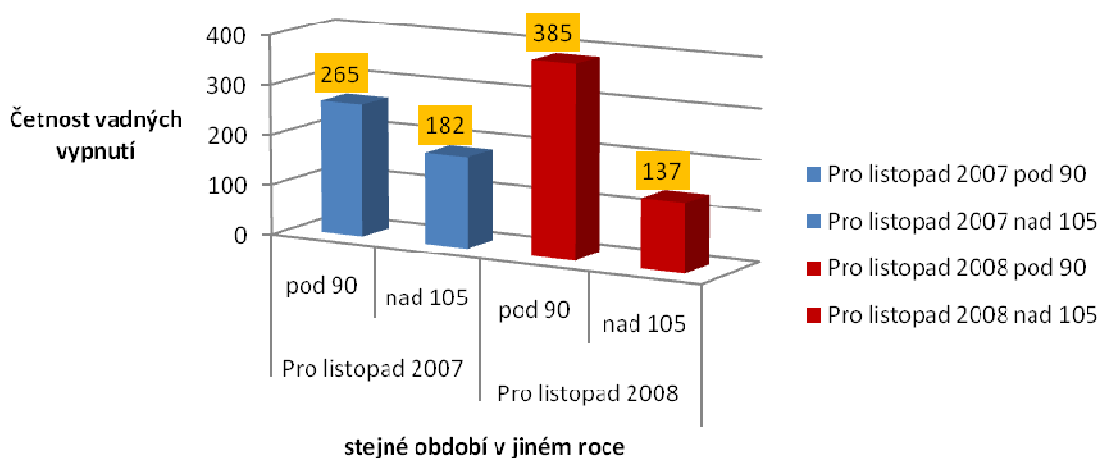
Graf 4.1.1 Porovnání doby před a po zavedení přípravku pro nastavování dráhy na přístrojích za měsíc říjen

Zhodnocení:

Z grafu lze usuzovat, že přípravek určený pro nastavování přístroje a jeho příslušné dráhy vůbec nepomohl, počet neshod byl ještě větší, než když přístroj nastavovaly jednotlivé pracovnice. Jediná výhoda přípravku byla v rychlém nastavení přístroje a také úspora času. Přípravek nezmenšuje počet neshod, naopak tento počet ještě zvýšil. Pro ověření jsem stejné porovnání provedl v jiném měsíci.

4.1.2 Ověření předchozích závěrů pro stejný typ přístroje

Četnost vadných přístrojů za listopad 2007/2008

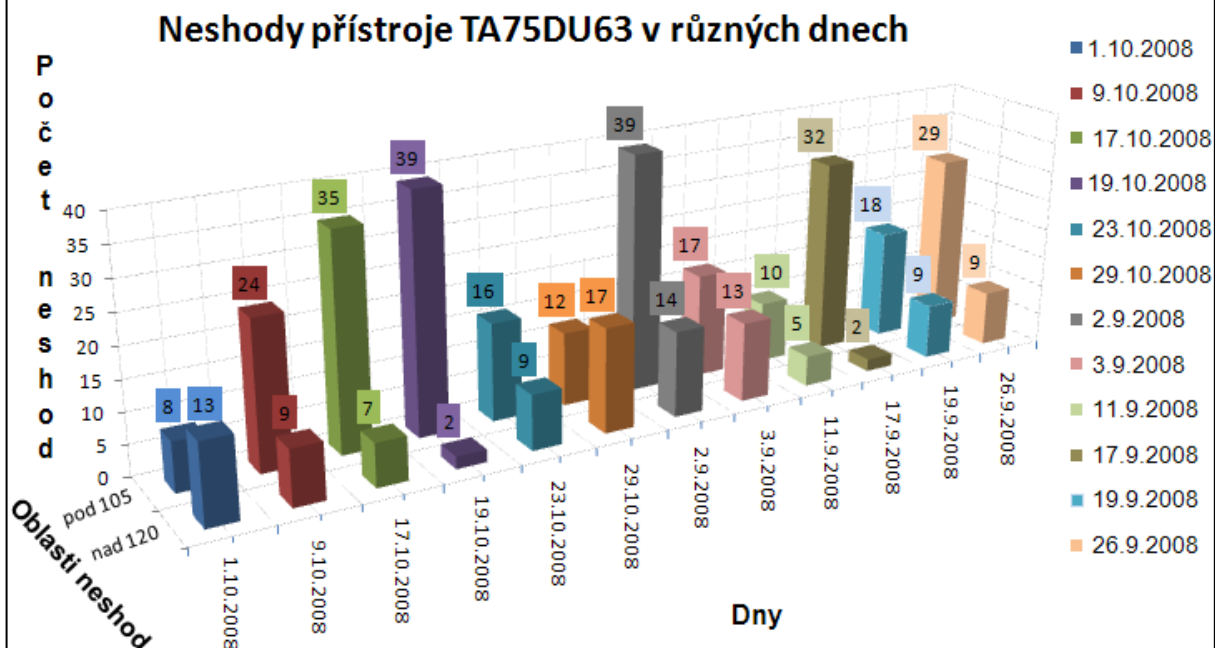


Graf 4.1.2 Porovnání doby před a po zavedení přípravku pro nastavování dráhy na přístrojích za měsíc listopad

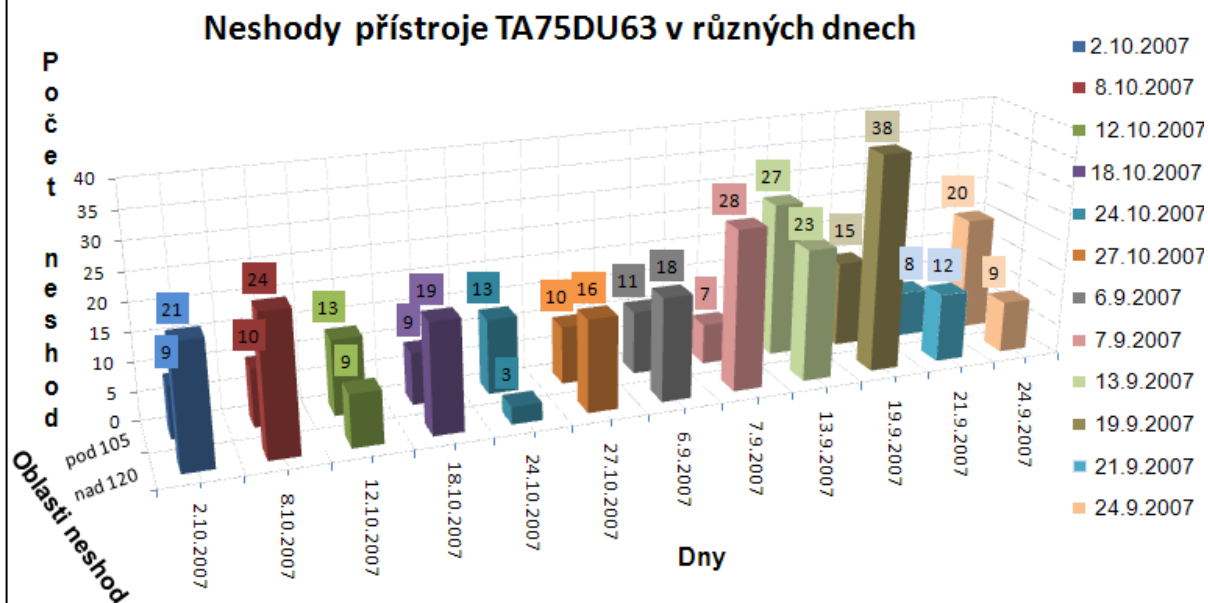
Zhodnocení:

Výsledek je srovnatelný s předchozím grafem. V obou grafech je vidět, že se zavedením přípravku výrazně vzrostl počet neshod, které neprošly z důvodu rychlého vypnutí.

4.2 Porovnání přístrojů v různých dnech



Graf 4.2.1 Ukazuje počet neshod přístrojů malého provedení s přípravkem



Graf 4.2.2 Ukazuje počet neshod přístrojů velkého provedení bez přípravku

Zhodnocení:

Z grafů pro stejné měsíce, ale odlišné roky a rozsah podskupin $n = 100$, lze vyčíst velké množství neshod ve spodní hranici vypínacího intervalu (pod 105 sekund) pro malé provedení s přípravkem a názorná je také proměnlivost v počtu neshod v jednotlivých dnech, která se chová odlišně.

ZÁVĚR

Dílčí výsledky diplomové práce z konečné kontroly různých typů přístrojů tepelných nadproudových relé jsou uvedené přímo u jednotlivých použitých statistických metod, které byly popsány a vysvětleny v první části diplomové práce.

Při porovnání různých typů přístrojů se ukázalo, že data u jednotlivých typů přístrojů se chovají podobně. Nastavené dráhy se u různých typů přístrojů nastavují podle předepsaných tabulek a výpočtů a neovlivňují velkou měrou vypnutí přístrojů, jak bylo předpokládáno (Tab. 2.6.2.).

Při používání některých statistických nástrojů se ve větší míře ukázalo, že proces výroby přístrojů není ve stabilním stavu, což je jeden ze základních požadavků na výrobní proces. Proces je nestabilní díky velké variabilitě způsobené nejméně jedním faktorem (Tab 2.8.1) působícím na tento proces.. Zaznamenaná data uložená v souborech a s kterými byly prováděny veškeré testy, dávala možnost otestovat různé faktory (nastavená dráha, čas, hnízda, pracovník, směna). Tyto faktory mohly ovlivňovat vypínací dobu jednotlivých přístrojů (Tab. 2.6.2). Ovlivňující faktor, působící na vypínací dobu přístroje, byl zjištěn u nastavené dráhy, ale tzv. síla ovlivnění tohoto faktoru se vždy pohybovala kolem 12 %, což nemůže být považováno jako dominantní (hlavní) faktor ovlivňující dobu vypnutí přístroje. Pro zjištění jiných působících faktorů by bylo přínosem aplikovat diagram příčin a následků (tzv. Ishikawův diagram).

Ze získaných zkušeností z výrobního procesu by bylo přínosné zaměřit se na ty faktory, které se zatím nepodařilo měřit nebo vhodně zaznamenat. Jako možné příklady by mohly být uvedeny některé z nich. Materiál, ovlivňující fungování přístroje. Dodávky materiálu jsou přijaty, aniž by prošly vstupní kontrolu. Jeden ze základních faktorů ovlivňující vypnutí přístrojů by měl být proud působící na tepelné relé po dobu, než dojde k vypnutí. Další faktor lze uvést možné nastavení uvnitř přístroje, jež může ovlivnit vypínací dobu (např. ohnutí bimetalových pásků). Tyto příklady faktorů jsou uvedeny, protože funkce přístroje je založená na mechanickém principu a jak se ukázalo v předešlých testech, výsledky přístrojů jsou v jednotlivé dny různé.

Další nedílnou součástí charakteristiky přístrojů jsou vypínací meze ovlivňující počet neshod v dávce. Tyto vypínací meze nejsou konstantní především u přístrojů velkého provedení. Měla by se zvážit délka vypínacího intervalu, která, jak se zdá, je velmi přísně nastavená pro tento proces výroby.

Jedním z dalších úkolů této práce bylo zjištění přínosu instalovaného přípravku. Přípravek je používán na automatické nastavení dráhy u přístrojů malého provedení (Obr 1.1.5). Výsledky srovnání jednotlivých časových intervalů však ukázaly pravý opak. Při srovnání jednotlivých časových období (Graf 3.1.1 a Graf 3.1.2) se ukázalo větší % neshodných kusů, než u doby, kdy přístroj nastavovaly určené pracovnice. Jediný přínos přípravku je zkrácení čas při nastavení přístroje na otestování vypínací doby. Z předchozích uvedených informací, nebylo doporučeno pořizovat přípravek pro velké provedení přístroje.

Věřím, že moje práce a zpracované výsledky, kterých bylo dosaženo, budou přínosem pro tuto firmu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:

- [1] REISENAUER, R. *Metody matematické statistiky a jejich aplikace v technice*, Polytechnická knižnice. 2. vyd. Praha: Portál, 1970, 240 s.
- [2] HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. 1.vyd. Praha: Portál, 2004, 583 s. ISBN 8071788201.
- [3] KARPÍŠEK, Z. *Matematika IV : statistika a pravděpodobnost*. 2. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2003.170 s. ISBN 80-214-2522-9.
- [4] TOŠENOVSKÝ, J.- NOSKIEVIČOVÁ, D.: *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava. Montanex. 2000. 362 s.
- [5] ČSN ISO 8258 – Shewhartovy regulační diagramy. Český normalizační institut: Česká technická norma. 1. vyd. Praha: ČNI, 1994. 36 s.
- [6] MINITAB Release 14, *Průvodce uživatele*, SC&C Partner, Brno 2006.
- [7] FIALA, A. *Skripta - Studijní opora SPC*. VUT v Brně. 210 s.
- [8] KOŠKA, P. *Skripta - Regulační diagramy*, VUT v Brně. 12 s.
- [9] MICHÁLEK, J. *Skripta-Pravděpodobnost a statistika*. VUT Brno 200681s.
- [10] MILDE, D. *Testování statistických hypotéz*, Katedra analytické chemie [online].Dostupné z : (<http://aix-lin.upol.cz/~milde/Test-hypot.pdf>).
- [11] MILDE, D. *Regulační diagramy (RD)*, Katedra analytické chemie [online]. Dostupné z: (aix-lin.upol.cz/~milde/RD.pdf).
- [12] POPELA, J. *Tabulky četností a popisné charakteristiky*, Katedra informatiky a geoinformatiky.[online]. Dostupné z: (www.volny.cz/popelka_jan/statistika)
- [13] SYNEK, O. *Analýza rozptylu*, Fakulta životního prostředí [online]. Dostupné z: (fzp.ujep.cz/~synek/statistika/skripta/ANOVA3.DOC).
- [14] JAROŠOVÁ, E. a REIF, J. *ANOVA - JEJÍ ROBUSTNOST A SÍLA*, 13 s [online]. Dostupné z: (http://www.statspol.cz/robust/1998_reif__98.pdf).
- [15] ROGERSON . *Statistical Methods Advanced Geographic Data Analysis Analysis of Variance* [online]. Dostupné z : (<http://geography.uoregon.edu/bartlein/courses/geog417/lectures/lec11.htm>).
- [16] HUTYRA, M. a kolektiv. *Hodnocení způsobilosti procesů*, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava [online]. Dostupné z: (<http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/>).
- [17] MICHÁLEK, J. *Jak správně interpretovat ukazatele způsobilosti a výkonnosti výrobního procesu*. 10 s [online]. Dostupné z : (<http://www.statspol.cz/request/request2006/sbornik/michalek.pdf>).
- [18] KORAY, G. *Finding the unusual moves* [online]. Dostupné z : (<http://investingzen.blogspot.com/2007/11/dax-price-movement.html>).
- [19] ABB v České republice [online].Dostupné z : (<http://www.abb.cz/>)

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratky (Symboly)	Popis
AC	střídavý proud (V)
DC	stejnosměrný proud (V)
ČSN	česká technická norma
EN	evropská norma
n	rozsah podskupiny v náhodném výběru
μ	střední hodnota výběrového souboru
μ_0	střední hodnota základního souboru
σ^2	rozptyl pro normální rozdělení
$\bar{x}$	aritmetický průměr
s	výběrová směrodatná odchylka
σ	směrodatná odchylka (rozptyl)
R	rozpětí
x_{max}	max. hodnota v náhodném výběru
x_{min}	min. hodnota v náhodném výběru
$\bar{R}$	průměrné rozpětí
m	počet tříd
α	hladina významnosti
β	síla testu
H_0	nulová hypotéza
H_A	alternativní hypotéza
E_2, D_3, D_4	tabulkové hodnoty součinitelů pro regulační diagramy
RD	regulační diagram
SPC	statistická regulace procesu
USL	horní mezní rozměr
LSL	dolní mezní rozměr
CL	střední přímk
PPM	průměrné % neshod z milionu
I-MR	reg. diagram pro individuální hodnoty a klouzavé rozpětí
σ_p	totální směrodatná odchylka
C_p	index způsobilosti procesu
C_{pk}	kritický index způsobilosti procesu
d_2	koeficient rozptýlení
P_p	index způsobilosti (výkonnosti) procesu
P_{pk}	kritický index způsobilosti (výkonnosti) procesu
$R-Sq$	index determinace (%)
ND	nastavená dráha (mm)

SEZNAM POUŽITÉHO SOFTWARE:

- MINITAB 14
- MS EXCEL 2003 a 2007
- MS WORD 2003 a 2007

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Znázornění dobrých výrobků u přístrojů velkého provedení.

Příloha 2 Scatterplots (Bodové grafy).

Příloha 3 Boxplots (krabicové grafy).

Příloha 4 Jednovýběrový t-test
(doporučené nastavení dráhy přístrojů u velkého provedení).

Příloha 5 Analysis of variance (ANOVA - Analýza rozptylu).

Příloha 6 Control Charts (Regulační diagramy).

Příloha 7 Test Capability Analysis (Způsobilost procesu).

CD – Diplomová práce ve formátu „pdf“