

Modernizace výuky v předmětu Jakost a metrologie

Filip Vymětal

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Filip VYMĚTAL**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Téma práce: **Modernizace výuky v předmětu Jakost a metrologie**

Zásady pro vypracování:

- 1. Literární řešení z problematiky jakosti a metrologie.**
- 2. Návrh zadání témat studijních cvičení-podkladů pro výuku.**
- 3. Příklady řešení zadaných témat.**
- 4. Zhodnocení přínosu vypracovaných témat studijních cvičení a jejich řešení.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Řízení jakosti-Shigeru Mizuno

Řízení jakosti-Doc.Ing.Bedřich Pískáček CSc.

RNDr.Vlasta Kašová

Ing.Jiří Zmatlík

Řízení jakosti-Ing.František Bartes CSc.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Dana Shejbalová, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

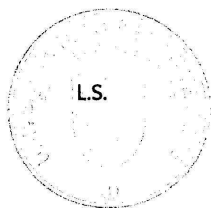
19. února 2008

Termín odevzdání bakalářské práce:

6. června 2008

Ve Zlíně dne 30. ledna 2008

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo vypracování příkladů na téma Modernizace výuky v předmětu Jakost a metrologie. V základu byla vypracována řešení na téma Sedm základních nástrojů jakosti, Statistická přejímka, Quality Journal a Dotazník.

V praktické části bylo nutné pro tyto nástroje vymyslet zadání příkladů a poté je vyřešit a zhodnotit.

ABSTRACT

My purpose of this work was built-up the examples. My topic was Modernizing program in subject Quality and metrology. Basically: Solutions were built-up on the theme Seven primary quality kit, Statistical inspection, Quality Journal and Question-form.

For my practical part was necessary thought setting of the examples, their results and their analysis.

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří přispěli k dokončení mé bakalářské práce. Především děkuji své vedoucí paní Ing. Daně Shejbalové, Ph.D. za její odborné vedení a pomoc při vypracování této práce.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 10. 06. 2009

.....

jméno vedoucího práce

.....

jméno diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	7
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 SEDM ZÁKLADNÍCH NÁSTROJŮ JAKOSTI	10
1.1 SBĚR DAT	10
1.2 VÝVOJOVÉ (POSTUPOVÉ) DIAGRAMY	13
1.3 BODOVÉ (KORELAČNÍ) DIAGRAMY	14
1.4 ISHIKAWA DIAGRAM.....	18
1.5 PARETOVA ANALÝZA	20
1.5.1 Paretův diagram	22
1.6 HISTOGRAMY	24
1.7 SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY	30
2 STATISTICKÁ PŘEJÍMKA	42
3 QUALITY JOURNAL	51
4 DOTAZNÍK	56
5 STANOVENÍ CÍLU BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	59
II PRAKTICKÁ ČÁST	60
6 SBĚR DAT	61
7 VÝVOJOVÉ (POSTUPOVÉ) DIAGRAMY	63
8 BODOVÉ (KORELAČNÍ) DIAGRAMY	65
9 ISHIKAWA DIAGRAM	67
10 PARETOVA ANALÝZA	72
11 HISROGRAMY	76
12 SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY	80
13 STATISTICKÁ PŘEJÍMKA	90
14 QUALITY JOURNAL	94
15 DOTAZNÍK	105
ZÁVĚR	127
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	128
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	129
SEZNAM OBRÁZKŮ	131
SEZNAM TABULEK	133
SEZNAM PŘÍLOH	135

ÚVOD

Metrologie je definována jako soubor znalostí a činností týkající se měření. Metrologie se zabývá problémy měření a kontroly hodnot technických parametrů výrobků. Měření je soubor experimentálních operací, jehož cílem je stanovení hodnoty sledovaných veličin v daných jednotkách. Kontrola je pak soubor operací, kterými se zjišťuje, zda kontrolovaný objekt odpovídá předepsaným požadavkům. Metrologie je nedílnou součástí souboru činností, které ovlivňují jakost výrobků a výroby.

Metrologie jako vědní obor posuzujeme z různých pohledů a dle nich je také členíme. Obecná metrologie řeší společné problémy jakými jsou např. problémy měřících jednotek, chyby měření, metrologické vlastnosti měřidel atd. Aplikovaná metrologie řeší postupy a metody měření určitých veličin (teploty, hmotnosti, el.proudu aj.) Současně je náplní metrologie i problematika organizačního a administrativního charakteru.

Pojem jakost se neustále vyvíjí. Současné vymezení podle normy zavádí tuto definici: Jakost (quality) je celkový souhrn znaků entity, které ovlivňují schopnost uspokojovat stanovené nebo předpokládané potřeby. Entita (položka, jednotka) vyjadřuje to, co lze individuálně popsat, vymezit či vzít v úvahu. Může to být např. proces, činnost nebo její výsledek, lidský prvek, organizace, služba atd. Stanovení potřeby se specifikuje ve smluvních vztazích (specifikací rozumíme dokument, který určuje požadavky, se kterými se musí entita shodovat). V jiných vztazích jsou předpokládané potřeby identifikovány např. průzkumem trhu a tak definovány.

Vyjádření požadavků na jakost musí tedy obecně vyjadřovat:

-stanovené nebo předpokládané potřeby zákazníka, a to buď smluvně nebo tržně založené
-požadavky společnosti, tj. povinnost vyplývající ze zákonů, předpisů, norem, pravidel a jiných stanov, které zajišťují zdraví, bezpečnost, ochranu životního prostředí atd. Je nutné si uvědomit, že požadavky společnosti se mohou v různých státech lišit.

Uvedená definice jakosti vytváří tak prostor pro zvažování vlivů všech činností a procesů, jejich prvků, strojů a osob a jejich výsledků činnosti včetně hmotných a nehmotných výrobků, služeb, ale i vedlejších produktů působících např. na životní prostředí.

Mnoho podniků se v současné době setkává na mezinárodních trzích s ostrou konkurencí, ve které má stále větší váhu otázka jakosti výrobku. Je zřejmé, že zvyšující se

požadavky na jakost výrobku, a tím i na jakost výroby, kladou stále větší nároky na dokonalejší úroveň technického vybavení podniku, ale i na kvalifikaci a odborné vzdělávání každého pracovníka podniku, který může ovlivnit úroveň výsledné jakosti- počínaje nejvyšším managementem a konče pracovníky, kteří zajišťují vlastní výrobní proces.

Hovoříme-li o jakosti výrobku, obvykle se to týká jakosti průmyslového výrobku, zejména jeho fyzikálních a chemických vlastností. Jakost výrobku je definována vlastnostmi, které charakterizují způsobilost výrobku k použití. Jakost výrobku by měla zahrnovat ty charakteristiky, které musí vykazovat výrobek, jestliže má být používán stanoveným způsobem.

Má bakalářská práce bude přispívat k ověření teorií praktickými příklady. Zároveň bude pomůckou pro studenty k pochopení teoretické části a její následné ověření na příkladech které budou podrobně vysvětleny. [2]

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SEDM ZÁKLADNÍCH NÁSTROJŮ JAKOSTI

V souvislosti s metodami řízení jakosti bývá uváděno sedm nástrojů řízení jakosti. Jsou to: sběr dat, stratifikace (vývojové diagramy), bodové (korelační) diagramy, Ishikawa diagram, Paretova analýza, histogramy, Shewhartovy regulační diagramy. Ne všechny tyto nástroje jsou statistickými metodami. Platí to především o vývojových diagramech, které se dají dobře využít v různých oblastech pro znázornění jakýchkoliv postupů. Další nástroj, který není statistickou metodou, je diagram příčin a následků (Ishikawa diagram), využívá se však v metodách, které se statistikou souvisí.

Další uvedené metody řadíme k jednoduchým statistickým metodám, jejich účinnost je velmi vysoká a lze s jejich pomocí odhalovat a analyzovat velkou část problémů s jakostí. [2]

1.1 Sběr dat

Sběr dat nám slouží k prvotnímu zaznamenávání údajů, které poté účelně zaznamenáváme do připravených formulářů, dotazníků a tabulek. Dotazníky nebo formuláře slouží k jednoduché, přehledné a rychlé evidenci potřebných údajů. [2]

Cíl sběru dat: K charakterizaci širokého spektra možných cílů uvedeme jako ilustraci tři výrazně odlišné cíle:

- právní účely (například podklady pro uzavření smlouvy, data vyžádaná soudem, zaměstnavatelem)
- řešení specifikovaného technického problému (například stanovení minimální životnosti nástroje)
- zlepšení řízení procesu (například vyšetření dlouhodobé způsobilosti procesu).

V praxi se používají 3 typy uchování dat:

1. **kontrolní diagramy** (formulář, který slouží ke snadnému zjišťování výsledků, umožňuje nejen záznam, ale i analýzu trendu dat - např. stoupající či klesající teplota v závislosti na čase),
2. **tabulky dat** (data se zapisují do jednoduché tabulky),
3. **kontrolní tabulky** obsahují položky, které mají specifický účel. Používají se více ve fázi napravování nedostatků a prosazování výsledků řešení problémů.

Formuláře mohou mít různou podobu, ale vždy musí být uveden výrobek, jeho kontrolovaný parametr nebo technologické místo, počet kontrolovaných vzorků, druh vady, jméno kontrolora, datum kontroly, údaje o výrobcí atd. Mohou jimi být např. protokoly o kontrole, údaje o zkouškách, protokoly o přezkoumání materiálu, protokoly o nákladech na jakost.

Kontrolní formuláře, tabulky a záznamy o jakosti se mají po určitou dobu uchovávat, aby bylo možné je použít pro rozbor trendů jakosti, pro další potřebu ke zlepšení účinnosti opatření, a tím k dalšímu zlepšení kvality. Uchovávané záznamy o jakosti mají být chráněny proti poškození, ztrátě a znehodnocení účinkem nevhodného prostředí.

Dokumentace o jakosti má obsahovat dostatečné podklady o dosahování požadované jakosti výrobku a účinnosti systému řízení jakosti, včetně dokumentace subdodavatelů. Veškerá dokumentace (např. výkresy, pokyny pro kontrolu, revizní zprávy, příručka jakosti, postupy zabezpečování jakosti) musí být čitelná, označená datem vyhotovení (včetně dat revizí), pohotově zjištělná a uspořádaně udržovaná. Údaje mohou mít formou přímé kopie nebo mohou být uloženy v počítači.

V systému řízení jakosti je uvedena i metoda pro stažení nebo skartaci dokumentů používaných ve výrobě. V současné době je možné uchovávat dokumentaci elektronicky a musí být zajištěna její stálá dostupnost (čitelnost) i při stále se zlepšující kvalitě elektronických médií a změnách hardwaru a softwaru. [2]

K řízení a ovládání jakéhokoliv procesu potřebujeme informace. Mezi závažné nedostatky v oblasti informačního zabezpečení procesu řízení patří:

- nedostatek potřebných informací.
- chybné nebo pozdní zpracování údajů,
- zkreslené informace.

Většina organizací má k dispozici dostatek dat (faktů), ale chybí jim informace, které potřebují pro rozhodování. Uvědomme si proto rozdíl mezi daty a informacemi:

- data jsou fakta,
- informace jsou odpovědi na otázky,
- informace obsahují data,
- data nemusí vždy obsahovat informace.

Informace je nedělitelná a je prostředkem pro komunikaci dvou nebo více subjektů (člověk - člověk, člověk - stroj, stroj - stroj). Minimální informace je výrok, o němž má

smysl rozhodnout, zda je nebo není pravdivý. Informační obsah této elementární informace je 1 bit nebo 1 Shannon (1 Sh).

Vytváření informace se provádí na základě položené otázky, která je dána informační potřebou. Pro její odpověď provedeme sběr dat a jejich analýzu, na základě toho získáme sdělení, které odpoví na položenou otázku. [2]

a) Kontrolní diagramy a grafy:

Tyto statistické grafy nám znázorňují statistická pozorování nebo statistický rozbor, vyjadřují souvislosti jevů nebo rozložení jevu podle různých hledisek. Mezi základní příslušenství grafu patří:

- název - určující prvek grafu, který je začleněn v textu,
- poznámky - obecné (umísťují se bezprostředně pod název grafu),
 - zvláštní (uvádí se pod grafický obraz diagramu),
- vysvětlivky - mají vztah ke konkrétním částem grafu, vpisují se přímo do grafu,

ale nesmí ohrozit jeho přehlednost a srozumitelnost. [2]

b) Tabulky:

Jsou výhodné pro přesný záznam naměřených dat, ale nevýhodou je horší názornost, a tím i vybavovací schopnost informace, kterou shromážděná data obsahují (sloupce i řádky se doporučuje číslovat).[2]

Základní části tabulek:

- název: má stručně a výstižně vyjadřovat obsah tabulky,
- hlavička: má vyjádřit obsah jednotlivých sloupců, je vhodné uvést zaznamenanou veličinu a její jednotku (rozměr),
- legenda: vyjadřuje obsah jednotlivých řádků,
- políčko: je průnik sloupce a řádku,
- pole: je množina všech políček,

Symboly a značky doporučené normou pro záznam do tabulky:

- ležatá čárka (-) : skutečně nulová hodnota,
- nula (0) : údaj má menší hodnotu než je polovina jednotky, na kterou údaj zaokrouhlujeme (např. 5,3; 5,4; 0,03 → 0),
- tečka (.) : údaj patrně neexistuje, v okamžiku vyplňování tabulky není k dispozici

- ležatý křížek (x) : číselný údaj je logicky nemožný,
- hvězdička (*) : takto označený údaj je předběžný,
- plus, minus(+,-) : značení intervalů, např. (-50; +50), (+100, 100 a více).

Pojem **stratifikace** dat znamená třídění dat podle jistých hledisek nebo jejich kombinací, umožňuje přesnější a hlubší analýzu dat. Typická hlediska, podle kterých se data třídí, jsou např.: druh vady, příčina vzniku vady, poloha nebo místo, na kterém se vada vyskytuje, druh zpracovávaného materiálu, časový úsek výroby, výrobní linka, pracovník nebo pracovní četa, přístroje nebo zařízení použité k měření, stav prostředí, časové úseky mezi opravami, časové úseky mezi změnami v technologických předpisech atd [2]

1.2 Vývojové (postupové) diagramy

Tyto diagramy jsou základním nástrojem zdokonalování procesu, neboť pomáhají odhalit, jak určité činnosti postupují tam, kde je možno identifikovat proces, a pochopit, jak proces funguje. Snadněji lze identifikovat zlepšení, zdokonalit úroveň komunikace mezi útvary a pracovními skupinami v organizaci. Vývojové diagramy jsou univerzálním nástrojem popisu jakéhokoli procesu. Jsou důležitou pomůckou při budování systému zabezpečování jakosti (jako součást příručky jakosti).

Velmi užitečným nástrojem jsou vývojové diagramy při řešení těchto situací:

- vysvětlení procesu zákazníkům nebo uživatelům při prokazování jakosti,
- objasnění vazeb mezi činnostmi procesu novým pracovníkům;
- odkrytí a objasnění vazeb mezi útvary participujícími na určitém procesu;
- odhalení nedostatků v procesu (nevhodné, zbytečné činnosti, chybějící činnosti, zdvojování úsilí, zpoždování) a navržení zlepšení;
- srovnání skutečného a ideálního průběhu procesu. [3]

V podstatě je vývojový diagram grafem s jedním začátkem a jedním koncem. Struktura a sekvence aktivit tvořících popisovaný proces jev grafu vyjádřena operačními bloky zobrazujícími činnosti a rozhodovací bloky.

Základním posláním využívání těchto diagramů je, aby lidé zúčastnění v daném procesu komunikovali jednotnou terminologií a ve zcela jasných vztazích. Lidé pak lépe chápou své místo v procesu ve vztahu k činnostem předcházejícím a následujícím. To u lidí zvyšuje stimulaci k zdokonalování činností. Z výše uvedených důvodů se doporučuje pro sestavení

vývojových diagramů využívat jednotné symboliky dané ČSN ISO 5807.

Při sestavování vývojového diagramu se pracuje v týmu. Pro správnou tvorbu je velmi důležitá volba otázek. Základní jsou dotazy typu: „Co se stalo nejdříve?“, „Co má následovat?“ Další vhodné otázky jsou např.: „Odkud materiál pochází?“, „Jak přichází do procesu?“, „Co se děje, rozhodne-li se ANO?“, „Co se děje, rozhodne-li se NE?“, „Kdo rozhoduje?“, „Kam výrobek pokračuje?“, „Co se stane, jsou-li výsledky zkoušky mimo tolerance?“ apod. Nedoporučuje se otázka typu „PROČ“.

Při sestavování vývojového diagramu je dále třeba udržet popis procesu jednoduchý a stručný, přehledný, udržet stejnou úroveň podrobnosti popisu činností v rámci popisovaného procesu, správně identifikovat rozhodování, snažit se o umístění jednoho vývojového diagramu na jednu stránku.

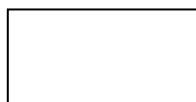
Vývojové diagramy lze rozdělit na 3 základní typy: lineární vývojový diagram, vývojový diagram vstup/výstup a integrovaný vývojový diagram, který je ze všech tří druhů nejkompexnější. Jejich rozdíly jsou patrné z ukázek na obrázcích. [3]

Pro konstrukci vývojových diagramů se používá zavedená grafická symbolika:

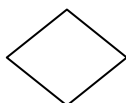
- Počátek, konec



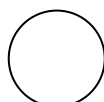
-Zpracování, proces, činnost



- Rozhodování:



- Spojka



1.3 Bodové (korelační) diagramy

Korelační diagramy slouží pro hodnocení vzájemného vztahu mezi dvěma proměnnými. Účelem je zkoumat, co se stane s jednou proměnnou, když se druhá změní. Korelační diagramy odpovídají na následující otázky :

- Mají tyto proměnné vzájemný vztah a jsou navzájem závislé?
- Jaká je povaha této závislosti (kladná nebo záporná)?
- Jak silná nebo slabá je závislost mezi těmito oběma proměnnými?

Rozmístění bodů v korelačním diagramu, které odpovídají jednotlivým dvojicím hodnot příslušných proměnných, charakterizuje směr, tvar a míru těsnosti závislosti mezi sledovanými proměnnými. Ve většině případů se v praxi setkáváme s volnými statistickými závislostmi. Tyto závislosti jsou charakteristické určitým rozptylem bodů. Příčinou tohoto rozptylu je nejčastěji působení dalších vlivů, jako např. variabilita vlastnosti použitých materiálů, vnějších podmínek, parametrů procesu apod. Na rozptylu bodů se samozřejmě rovněž podílí nepřesnost stanovení hodnot odpovídajících proměnných, kterou ovlivňuje řada parametrů, např. nepřesnost metody, nepřesnost obsluhy, nepřesnost měřicího zařízení....

Při řešení různých technických problémů vznikají situace, kdy získávané údaje o výrobku se mohou vztahovat k jinému znaku, než který chceme znát. Například některé údaje o materiálu lze přímo získat pouze destruktivním způsobem. Měříme tedy jiné hodnoty (při nichž se materiál nezničí) a hledáme jejich vztah k hodnotám, které nás zajímají, abychom (v případě, že mezi nimi je zákonitý vztah) pak destruktivní zkoušku nahradili jiným měřením, při zachování věrohodnosti výsledku. Metodu lze ovšem použít i při řešení ekonomických či administrativních úkolů.

Nejedná se však o funkční závislost (danou pevným matematickým vzorcem), ale o stochastickou, tedy pravděpodobnostní závislost, kdy určité hodnotě nezávislé proměnné odpovídá jediná hodnota závislé proměnná. Někdy se používá termínů: vysvětlující proměnná (X) a vysvětlovaná proměnná (Y).

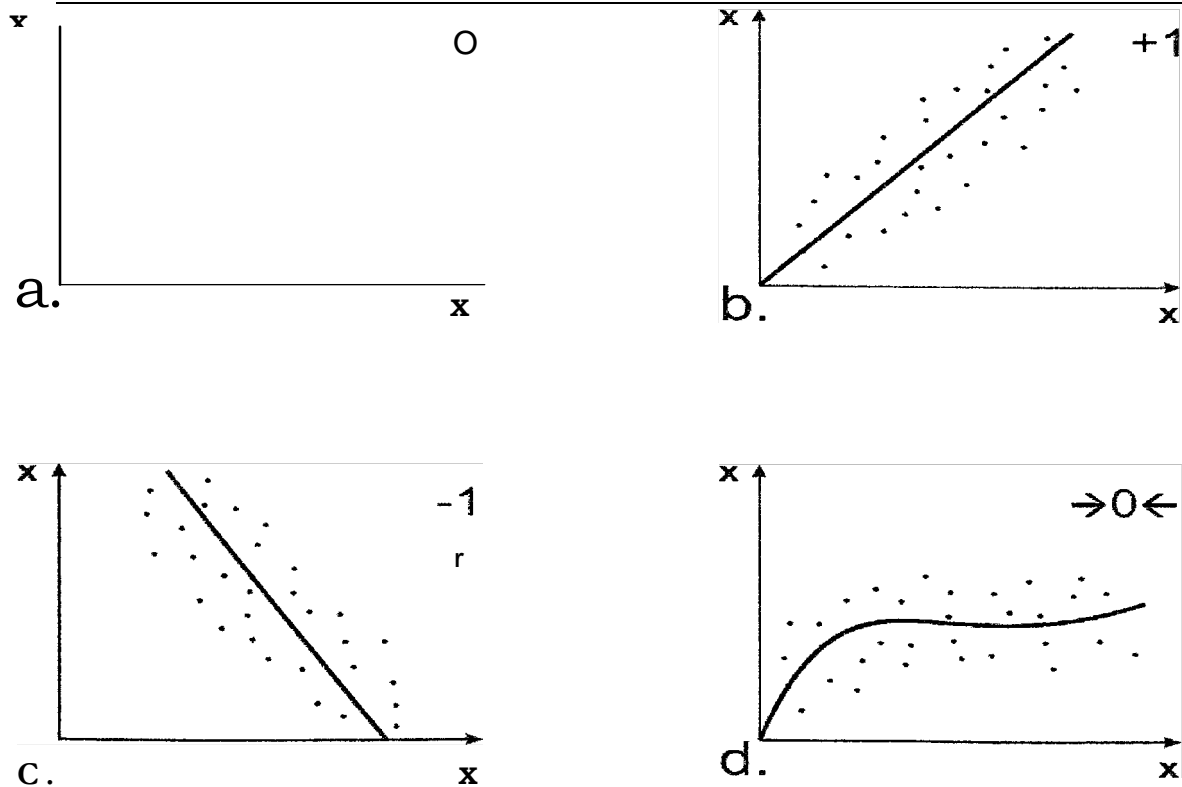
Při určování stochastických závislostí se pracuje s dvojrozměrnými statistickými soubory. To znamená, že náhodným výběrem o rozsahu n rozumíme n dvojic zjištěných hodnot (X_i, Y_i) , kde $i = 1, 2, \dots, n$.

Máme-li tedy n dvojic (X_i, Y_i) náhodného výběru, můžeme je znázornit pomocí pravoúhlé soustavy souřadnic (X, Y) . Každá dvojice je pak představována bodem o souřadnicích (X_i, Y_i) a vzniká bodový diagram o n bodech. Na obr.1. jsou znázorněny různé typy stochastických závislostí.

Obrázek 1a.) ukazuje případ, kdy neexistuje nějaká stochastická závislost - neexistuje korelace. Na obrázku 1b.) a 1c.) jsou body soustředěny kolem přímky, hovoříme

o lineární stochastické závislosti - kladná, resp. záporná korelace. Obrázek 1d) vyjadřuje nelineární stochastickou závislost.

Dále se pro jednoduchost omezíme pouze na lineární závislost pravouhlé soustavy souřadnic (X, Y) . Každá dvojice je pak představována bodem o souřadnicích (X, Y) a vzniká bodový diagram o n bodech. Na obr.1. jsou znázorněny různé typy stochastických závislostí. [4]



Obr. 1. Typy stochastických závislostí

Nejužívanější mírou závislosti mezi dvěma proměnnými je tzv. koeficient korelace. Aby byl tento koeficient správně použitelný, musí být splněny tyto předpoklady:

- 1) soubor, z něhož je náhodný výběr uskutečněn, má dvojrozměrné normální rozdělení
- 2) závislost je lineární - lze ji vyjádřit regresní přímkou

Výběrový koeficient korelace r má tvar:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]}}$$

kde \bar{X} a \bar{Y} jsou výběrové průměry hodnot X ; resp. Y ;

nebo:

$$r = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y}$$

kde S_{XY} je tzv. kovariance a S_X resp. S_Y jsou výběrové směrodatné odchylky příslušných proměnných X resp. Y .

Vyšší hodnota kovariance znamená i těsnější lineární závislost. Vlastní koeficient korelace r může nabývat hodnot od -1 do $+1$. Hodnota $r = 0$ znamená, že mezi proměnnými X a Y není lineární vztah (to však neznamená, že závislost neexistuje). Dostáváme-li se do krajních situací ($r = 1$ nebo $r = -1$), kdy stochastická závislost přechází do funkční závislosti, pak platí:

$$Y = a + bX \quad (3)$$

kde a a b jsou reálné konstanty. Většinou však dostáváme hodnoty z otevřeného intervalu $(-1; +1)$. Stabilita koeficientu korelace se bude zvyšovat s rostoucím rozsahem výběru n .

Stabilita r má tedy svoji hustotu pravděpodobnosti a ta závisí jednak na koeficientu dvojrozměrného normálního rozdělení, z něhož byl výběr uskutečněn a jednak na rozsahu výběru n . [4]

1.4 Ishikawa diagram

Tento nástroj je základním jednoduchým nástrojem shromažďování informací o procesech, výsledcích, výkonnosti procesu za účelem zdokonalování procesů. Podle svého tvůrce je rovněž nazýván Ishikawův diagram nebo diagram rybí kosti (vzhledem ke svému tvaru). Svou povahou je tento nástroj předurčen pro týmovou práci. Je snadno pochopitelný, a proto použitelný na všech úrovních řízení a lze jej všude okamžitě uplatnit při řešení všech potenciálních problémů.

Při aplikaci na oblast řízení jakosti lze diagram příčin a následku pojímat jako metodu analýzy variability procesu. Pomocí něj lze odhalovat vztahy mezi příčinami a následky (např. hledáme všechny možné příčiny způsobující výskyt zmetků v slévárně či příčiny chyb v účtech...).

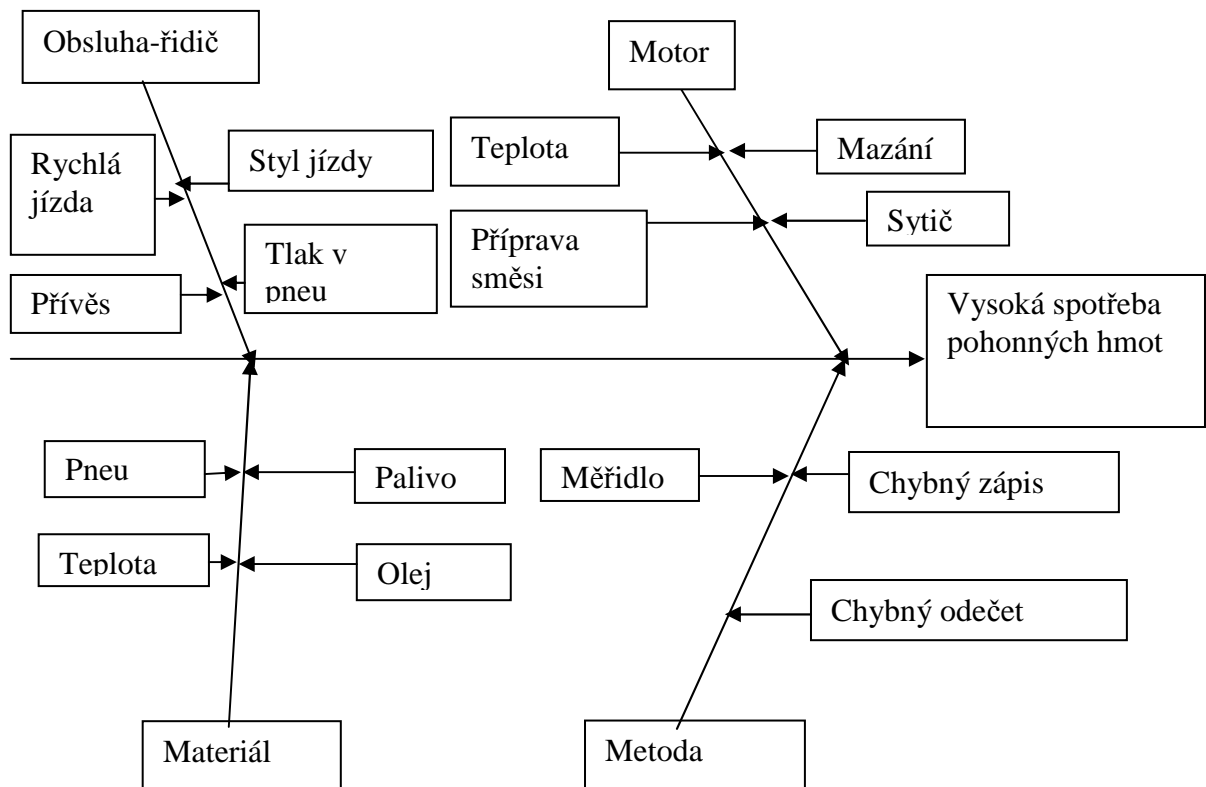
V praxi se používají tři skupiny diagramů příčin a následků, a to diagramy

1. pro analýzu variability procesu;
2. pro klasifikaci procesu;

3. pro vyšetřování příčin.

Typ diagramu uvedený pod bodem 1. je v praxi používán nejčastěji. Postup při jeho konstrukci je následující:

- a) Jednoznačně je definován problém, který je třeba analyzovat a odstranit. Napíše se na velký arch papíru jako následek do obdélníku tvořícího „hlavu ryby” a zleva je vedena do středu obdélníku centrální čára.
- b) Jsou definovány hlavní příčiny následku. Hlavní příčiny se zakreslí do diagramu na vedlejší větve (kosti). Je-li definování hlavních příčin obtížné, lze použít jako hlavní příčiny všeobecné skupiny příčin variability procesu (postupy, výrobní zařízení, lidé, měření, materiál, prostředí). Tyto všeobecné skupiny příčin pak dále usnadní definování veškerých subpříčin.
- c) Poté jsou formou brainstormingu určeny všechny možné subpříčiny ve vztahu k hlavním příčinám. Při definování subpříčin se vlastně hledá odpověď na otázky: „Co je podstatou každé hlavní příčiny, co by mohlo ke každé hlavní příčině přispět?” Po definování této úrovně subpříčin se pokračuje stejným způsobem a každý účastník brainstormingu se ptá: „Co by mohlo přispět ke každé subpříčině ?” Proces pokračuje tak dlouho, až je nalezena nejnižší úroveň možných příčin (tzv. elementárních příčin). Na obrázku 4. je ukázka výsledného diagramu příčin a následků.
- d) Pro další analýzu procesu lze příčiny např. bodově ohodnotit, pomocí Paretovy analýzy vybrat rozhodující příčiny a na ně pak v další analýze procesu zaměřit pozornost. Diagram uvedený pod bodem 2. slouží k hlubšímu poznání průběhu procesu, který chceme zdokonalovat. Přitom se odhalí faktory, které ovlivňují jakost v každé dílčí operaci. [3]



Obr. 2. Ishikawa diagram

1.5 Paretova analýza

Paretovy analýzy se využívá jak při vyhledávání a definování nejpodstatnějších problémů (následků), které jsou např. nejčetnější nebo nejnákladnější (např. druh vady na odlitku, reklamovaný díl...), tak při stanovení „životně důležité menšiny“ příčin, které způsobují předem definovaný, již odhalený problém (např. příčiny výskytu nejčetnějšího druhu zmetků ve slévárně). V tomto případě se Paretova analýza nejčastěji provádí po sestavení diagramu příčin a následku vybraným týmem odborníků. Pak jsou zde dvě možnosti kvantifikace problému:

- a) každý člen týmu vybere jednu hlavní příčinu z diagramu příčin a následku (vhodné při velkém počtu členů týmu);
- b) každý člen týmu obdrží např. 5 bodů a ty přiřazuje postupně ve třech kolech k jím vybraným příčinám v diagramu příčin a následku (lze dát v 1. kole 3, ve 2. kole dva a ve 3. kole 1 bod nebo lze přidělit všech 5 bodů jedné příčině). [1]

Postup při vlastní Paretově analýze je následující:

1. Setřídíme údaje sestupně podle hodnot zvoleného ukazatele, např. podle počtu vad (neshod) jednotlivých druhů, podle výše nákladů spojených s jednotlivými druhy vad. V našem příkladu setřídíme údaje podle četnosti jednotlivých druhů vad (viz tabulka 1).

Poté vypočteme kumulativní součty hodnot ukazatele (v našem příkladu četnosti vad) a následně tyto součty vyjádříme v procentech (viz. tabulka 1).

Číslo dávky	Rýhy	Ulomené	Bublíny	Jiné
1	22	36	6	3
2	23	39	3	3
3	30	41	8	4
4	18	37	14	5
5	20	28	15	3
6	21	39	10	6
7	19	33	9	2
8	12	29	5	7
9	14	31	8	6
10	16	30	7	9
11	12	22	4	5
12	13	27	11	2
13	21	35	13	1
14	22	29	10	6
15	19	23	6	7
Celkem	282	479	129	68

Tab. 1 Vstupní údaje pro Paretovu analýzu

Pořadí	Položka	Četnost	Kumulovaný počet vad	Kumulovaný počet vad [%]
1	A	479	479	50
2	B	282	761	79
3	C	129	890	93
4	D	68	958	100

Tab. 2 Souhrnná tabulka pro sestrojení grafu - pro ukazatel četnosti neshod

* Ostatní příčiny se vždy uvádějí v posledním řádku bez ohledu na četnost.

1.5.1 Paretův diagram

Paretův princip je jedním z nejefektivnějších běžně dostupných a snadno aplikovatelných rozhodovacích nástrojů. Umožňuje oddělit podstatné faktory (například příčiny určitého problému s úrovní jakosti) od méně podstatných a ukázat, kam zaměřit úsilí při odstraňování nedostatků v procesu zabezpečování jakosti. Obecně platí, že 80-95 % problémů s jakostí je způsobeno malým počtem příčin (5 až 20 %). Tyto příčiny nazýváme „životně důležitou menšinou“. Na příčiny tvořící tuto menšinu je v další analýze procesu třeba přednostně zaměřit pozornost, analyzovat je do hloubky a odstranit či minimalizovat jejich působení. Ostatní příčiny (80-95 %) nazval zprvu „triviální většinou“, později „užitečnou většinou“.

Využití Paretova diagramu je mnohostranné. V oblasti zajišťování jakosti může jít o následující oblasti: analýzu počtu neshodných výrobků a jejich druhů, analýzu ztrát s nimi spojených, analýzu časových a finančních ztrát spojených s vypořádáním neshodných výrobků, analýzu reklamací z hlediska finančních ztrát či důvodů reklamací, analýzu příčin výroby neshodných výrobků, příčin prostojů strojů, analýzu poruch a havárií zařízení, opotřebování náradí... Každý problém lze hodnotit ze tří základních pohledů: z hlediska prosté četnosti sledovaného ukazatele, z hlediska nákladového nebo z hlediska významnosti sledovaných jevů z pohledu bezpečnosti či funkčnosti výrobku. Volba hlediska a sledovaného ukazatele závisí na cílech a prioritách řešení problému. [1]

Sestrojení Paretova diagramu:

Sestrojíme Paretův diagram (viz obrázek 8). Vlastní sestavení diagramu probíhá následovně (popis odpovídá hodnotám pro ukazatel četnosti jednotlivých druhů neshod):

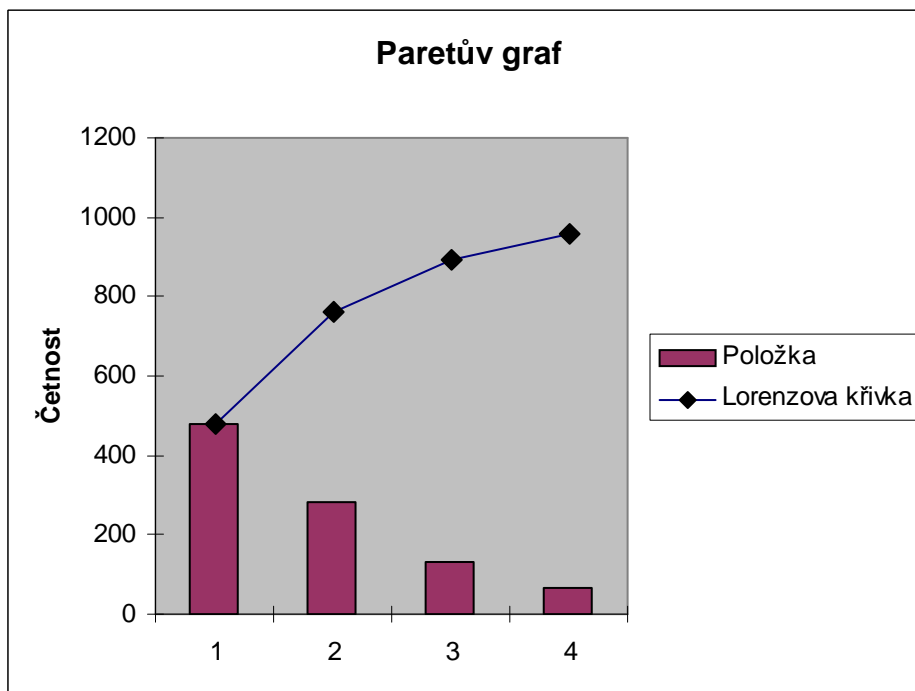
- osu x rozdělíme na stejné úseky tak, že jejich počet odpovídá počtu druhů vad včetně jiných (D), sloupec představující počet jiných vad se bez ohledu na četnost vždy řadí jako poslední;

- levou vertikální osu označíme stupnicí od 0 do 958 (tj. celkový počet odhalených vad)
- na pravé vertikální ose vyznačíme stupnici relativních kumulovaných součtů od 0 % do 100 %;
- sestrojíme sloupcový graf (1 sloupec = 1 druh vady, výše sloupce odpovídá četnosti daného druhu vady);

sestrojíme křivku kumulovaných četností v procentním vyjádření (tzv. Lorenzovu křivku), která je spojnici bodů, jež jsou pravými horními rohy jednotlivých sloupců.

1	Ulomené vývody
2	Rýhy
3	Bubliny
4	Jiné

Tab. 3. Tabulka vad



Obr.3 Paretův diagram pro ukazatel četnosti jednotlivých druhů vad

Na základě volby kritéria pro výběr „životně důležité menšiny“ vad stanovíme, na které vady (obecně příčiny nedostatečné jakosti) je třeba zaměřit pozornost a provést jejich hlubší analýzu s cílem snížit počet neshodných výrobků. Volba kritéria se řídí zejména

účelem analýzy a možnostmi (finančními, technickými, personálními) realizace nápravných opatření. Pro prvotní orientaci postačí kritérium 50 %. Hranicí mezi „životně důležitou menšinou“ a „užitečnou většinou“ příčin je 50% podíl kumulovaných součtů sestupně seřazených hodnot ukazatele. Aplikujeme-li toto kritérium v našem příkladě na ukazatel četnosti jednotlivých druhů vad na kondenzátorech, zaměříme dále pozornost pouze na příčinu A - ulomené vývody. Chceme-li provést analýzu pečlivěji a jsme-li schopni zaměřit své síly na více příčin, volíme tzv. kritérium průměrné hodnoty zvoleného ukazatele (v našem případě jde o průměrný počet vad na jeden druh vady) nebo kritérium 80 %. Hranici „životně důležité menšiny“ stanovíme v případě „kritéria průměrné hodnoty“ tak, že postupně porovnáváme hodnotu zvoleného ukazatele u jednotlivých příčin s průměrnou hodnotou tohoto ukazatele. Příčina, kde je hodnota daného ukazatele menší než průměrná hodnota, již nepatří do „životně důležité menšiny“ a není již zahrnuta do hlubší analýzy stejně jako všechny příčiny po ní následující. Na Lorenzově křivce se hledaná hranice mezi „životně důležitou menšinou“ a „užitečnou většinou“ projeví obvykle tím, že křivka se po jejím překonání začíná více ohýbat. Při použití „kritéria průměrné hodnoty“ v našem příkladě pro ukazatel jednotlivých druhů vad bychom došli k těmto výsledkům: U 3. druhu vady je již četnost výskytu neshody menší než průměrná hodnota. Proto bychom další analýzu procesu výroby kondenzátorů zaměřili na vady A a B. Paretův diagram lze velmi efektivně použít k vyhodnocení účinnosti přijímaných opatření. Zobrazíme-li pomocí Paretova diagramu stav před přijetím opatření a stav po jeho implementaci, měl by být ze srovnání těchto dvou diagramů patrný účinek opatření, jak je vidět z obrázku 9. [9]

Nejúčinnější je aplikace Paretova diagramu v kombinaci s analýzou pomocí diagramu příčin a následku. Vhodná je např. následující sekvence:

- Paretova analýza četnosti vad podle jednotlivých druhů.
- Analýza příčin „životně důležitých vad“ pomocí diagramu příčin a následku.
- Stanovení „životně důležitých příčin“ pomocí Paretova diagramu.

Touto cestou se týmově a rychle lze dostat k rozhodujícím příčinám nejvýznamnějších vad a urychlit tak proces vyhledávání a odstraňování vad a jejich příčin.

1.6 Histogramy

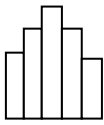
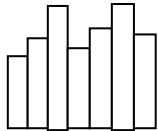
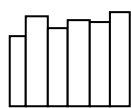
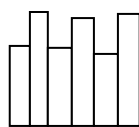
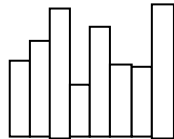
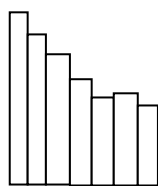
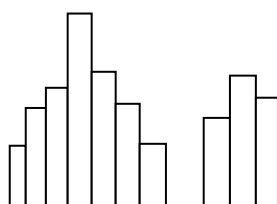
Histogram představuje grafické znázornění intervalového rozdělení četností (v oblasti řízení jakosti jde např. o rozdělení četností hodnot znaku jakosti - rozměrů výrobku,

chemického složení výrobku, pevnosti, napětí, výkonu apod. nebo hodnot výrobních činitelů ovlivňujících jakost výrobků - řezných rychlostí, tlaků, teploty apod.). Jde o sloupkový graf, kde základna jednotlivých sloupků (osa x) odpovídá šířce intervalu h a výška sloupků (osa y) vyjadřuje četnost hodnot sledované veličiny v příslušném intervalu. Díky přehlednosti a vcelku jednoduchému sestavení patří histogramy k nejznámějším a v praxi nejpoužívanějším jednoduchým statistickým nástrojům. Aplikují se při průběžné kontrole ve výrobním procesu, při studiu způsobilosti procesu, při analýze přesnosti a stability výkonu strojů, při výuce seřizovačů, operátorů i kontrolorů. Často se jich využívá při zpracování výkazů o výsledcích kontroly jakosti, při periodické plánované prověrce způsobilosti zařízení.

Z histogramu lze vyčíst následující informace:

- odhad polohy a rozptýlenosti hodnot sledovaného znaku jakosti či parametru procesu;
- odhad tvaru rozdělení sledovaného znaku jakosti či parametru procesu;
- identifikace změn procesu -
 - a) srovnáním histogramů mezi sebou a porovnáním odhadů polohy a rozptýlenosti,
 - b) analýzou tvaru histogramu;
- prvotní informaci o způsobilosti procesu.

Je-li analýzou prokázáno, že sledovaný znak jakosti či parametr procesu má normální rozdělení, pak by histogram měl mít zvonovitý tvar, který signalizuje, že na proces působí pouze náhodné vlivy a že je ve statisticky zvládnutém stavu. Každá odchylka histogramu od tohoto tvaru pak signalizuje pravděpodobné působení vymezených vlivů. Nejčastěji se vyskytující tvary histogramů včetně možných vymezených příčin jsou uvedeny na obrázku 4. [1]

Tvar histogramu**Zvonovitý tvar****Dvouvrcholový tvar****Plochý tvar****Hřebenový tvar****Asymetrický tvar****Levostranně useknutý tvar****Zvonovitý tvar s izolovanými hodnotami****Možné příčiny odchylek tvaru histogramu**

Působení náhodných vlivů

Smíchání dat ze dvou výběrových souborů

Výsledek součtu několika rozdělení zvonovitého tvaru

Nesprávné zaokrouhlování hodnot, chyby měření

Působení objektivních fyzikálních zákonů, použití neúplných dat

Nesprávně zařazená analýza dat, přesnost a rozlišovací schopnost přístroje

Chyby při prepisování, chyby při měření

Obr. 4 Tvary histogramů a možné vymezipitelné příčiny jejich odchylek

Postup při sestavení histogramu:

Konstrukci histogramu ukážeme na příkladu. Hodnoty znaku jakosti jsou uvedeny v tabulce 4 za sebou tak, jak byly postupně naměřeny. Postup se provádí v těchto krocích: [1]

1. Výpočet variačního rozpětí souboru R:

$$R = x_{\max} - x_{\min}, \quad \text{tj. } R = 2,545 - 2,502 = 0,043 \quad (1)$$

Pořadové číslo výrobku	Naměřené hodnoty									
1.-10.	2,51	2,517	2,522	2,522	2,51	2,511	2,519	2,532	2,543	2,525
11.-20.	2,527	2,536	2,506	2,541	2,512	2,515	2,521	2,536	2,529	2,524
21.-30.	2,529	2,523	2,523	2,523	2,519	2,528	2,543	2,538	2,518	2,534
31.-40.	2,52	2,514	2,512	2,534	2,526	2,53	2,532	2,526	2,523	2,52
41.-50.	2,535	2,523	2,526	2,525	2,532	2,522	2,502	2,53	2,522	2,514
51.-60.	2,533	2,51	2,542	2,524	2,53	2,521	2,522	2,535	2,54	2,528
61.-70.	2,525	2,515	2,52	2,519	2,526	2,527	2,522	2,542	2,54	2,528
71.-80.	2,531	2,545	2,524	2,522	2,52	2,519	2,519	2,529	2,522	2,513
81.-90.	2,518	2,527	2,511	2,519	2,531	2,527	2,529	2,528	2,519	2,521

Tab. 4 Prvotní data

2. Stanovení šíře třídního intervalu h: Šířku intervalu h dostaneme tak, že nejdříve stanovíme počet intervalů k např. dle pravidla

$$k = 5 \log n$$

kde n je rozsah zkoumaného souboru. V našem příkladě $k = 5 \cdot \log 90$ 10 intervalů. Šíři intervalu h pak dostaneme ze vztahu

$$h=R/k,$$

tj. $h = 0,043 : 10 = 0,0043$. S touto hodnotou by byly další výpočty složité, proto zaokrouhlíme h na hodnotu 0,005. Odtud pak postačující počet intervalů $k = 9$.

3. Sestavení tabulky četností (viz tab. 5).

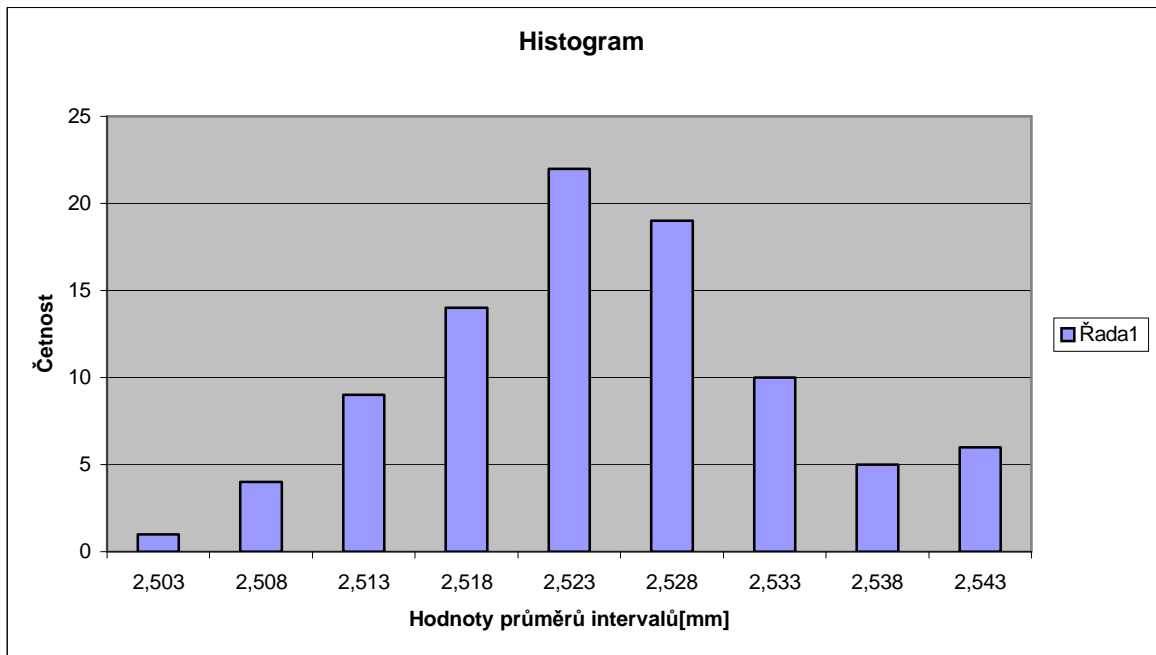
4. Stanovení hranice intervalu tak, aby x_{\min} bylo zahrnuto v 1. intervalu a x_{\max} v posledním intervalu. Dolní hranici 1. intervalu x_{D1} stanovíme tak, že platí: $x_{D1} < x_{\min}$. a současně pro hodnotu x_{D1} platí, že jsou-li např. naměřené hodnoty v tisícinách m.j., pak hodnota hranice intervalu končí číslicí 5 na místě desetitisícin m.j. V našem případě se

může x_{D1} rovnat hodnotě 2,5005 ($2,5005 < 2,502$). Horní hranici 1. intervalu x_H , určíme tak, že k hodnotě x_{D1} přičteme šířku intervalu h (viz bod 2), tj. $2,5005 + 0,005 = 2,5055$. Hranice dalších intervalů určíme obdobně. Například $x_{D2} = x_{H1}$, $x_{H2} = x_{H1} + h$. Znovu prověříme, zda x_{\min} leží v 1. intervalu a x_{\max} v posledním intervalu. Hodnoty hranic intervalů zapíšeme do tabulky četností (viz obr. 4). [1]

5. Stanovení středů intervalů (třídních znaků) tak, že sečteme hodnoty x_H a x_D a dělíme dvěma. Například pro 2. interval platí: $(2,5055 + 2,5105)/2 = 2,508$. Hodnoty zapíšeme do tabulky četností (viz tab. 5).
6. Přiřazení naměřených hodnot do jednotlivých intervalů v tabulce četností pomocí čárkovací metody (viz tab. 5).
7. Sestrojení vlastního histogramu (viz obrázek 5). To znamená, že na osu x při vhodně zvoleném měřítku nanese hranice intervalů. Na osu y nanese hodnoty třídní četnosti n_i (měřítko volíme tak, aby největší hodnota četnosti byla ve výši odpovídající hodnotě „0,5-2 x vzdálenost“ mezi největší a nejmenší hodnotou na ose x). Pak sestrojíme sloupce grafu. V grafu se dále uvádí počet naměřených hodnot, střední hodnota a směrodatná odchylka. [1]

Číslo řady	Interval (třída)	Střed intervalu z	Četnost n
1	2,5005 - 2,5055	2,503	1
2	2,5055 - 2,5105	2,508	4
3	2,5105 - 2,5155	2,513	9
4	2,5155 - 2,5205	2,518	14
5	2,5205 - 2,5255	2,523	22
6	2,5255 - 2,5305	2,528	19
7	2,5305 - 2,5355	2,533	10
8	2,5355 - 2,5405	2,538	5
9	2,5405 - 2,5455	2,543	6

Tab. 5 Tabulka četností



Obr. 5 Histogram pro řešený příklad

1.7 Shewhartovy regulační diagramy

Regulační diagram je základním nástrojem statistické regulace procesu. Statistická regulace procesu představuje preventivní přístup k řízení jakosti, neboť na základě včasného odhalování odchylek průběhu procesu od předem stanovené úrovně umožňuje zásahy do procesu s cílem udržovat jej dlouhodobě na požadované a stabilní úrovni (tzn. že je také stabilně dosahováno požadované úrovně jakosti), resp. proces zlepšovat.

Obecně je regulace realizována pravidelnou kontrolou regulované výstupní veličiny, při níž zjišťujeme, zda regulovaná veličina (znak jakosti či parametr procesu) odpovídá požadované úrovni. Další fází regulace je udržování regulované výstupní veličiny na požadované a stabilní úrovni. Při statistické regulaci procesu je cílem nastolení a udržování procesu na přípustné a stabilní úrovni tak, aby byla zajištěna shoda znaků jakosti produktu s požadavky specifikovanými zákazníkem. Pro dosažení tohoto úkolu jsou použity statistické metody.

Dosahování a udržování procesu na požadované a stabilní úrovni jakosti je podmíněno důslednou analýzou chování procesu, při níž je třeba odhalit, jak proces funguje, jaké jsou jeho nedostatky a jejich příčiny, zda se opakují, na co mají vliv v procesu.

Statistickou regulaci procesu tedy můžeme definovat jako bezprostřední a průběžnou kontrolu procesu, která je založena na matematickostatistickém vyhodnocení jakosti produktů. Poskytuje informaci pro operativní a včasné zásahy do procesu.

Variabilita je přirozenou vlastností jevů. I za relativně stálých, např. výrobních podmínek působí na proces a jeho výstupy objektivně řada vlivů, které tuto variabilitu vyvolávají. Proto nelze vyprodukovat dva úplně totožné produkty, ale je možné studovat vlivy způsobující variabilitu a vytvářet podmínky, aby byla v určitých mezích stabilní a minimalizovalo se množství produktů nesplňujících požadavky na úroveň jejich jakosti. Tyto vlivy lze rozdělit na dvě skupiny:

- a) náhodné vlivy (přirozené, chronické, obvyklé, obecné);
- b) vymezitelné vlivy (systematické, odstranitelné, speciální, zvláštní).

Náhodné vlivy jsou procesu inherentní, je jich velký počet, ale každý sám působí v malém rozsahu, nepřevažuje nad ostatními vlivy (např. momentální psychický stav pracovníka, kolísání teploty chladicí kapaliny při obrábění, chvění stroje apod.). Vlivem těchto příčin mají proces a jeho parametry, resp. znaky jakosti stabilní rozdělení

pravděpodobnosti, jehož parametry lze odhadnout, a proto lze předvídat chování procesu. To umožňuje proces regulovat a udržovat úroveň jakosti na požadované úrovni. Technické a ekonomické důvody vedou k tomu, že tyto vlivy není možné zcela eliminovat. Jejich působení však může být také určitými systémovými zásahy do procesu omezeno (použití kvalitnější suroviny z hlediska stejnorodosti složení, použití přesnějšího stroje atd.).

Druhou skupinu vlivů tvoří vlivy vymezené, z nichž každý samostatně způsobuje významné odchylky jakosti od požadované úrovně. Každý takový vliv může být odhalen a jeho působení může být eliminováno či minimalizováno v relativně krátké době a při relativně nízkých nákladech. Tyto vlivy působí na hodnoty znaku jakosti či parametru procesu tak, že se buď mění náhle (např. vliv nástupu nového pracovníka, zlomení nože atd.) nebo postupně (např. pozvolný proces opotřebení nástroje, znečištění filtru atd.). Tyto vlivy mění buď původní rozdělení, nebo parametry rozdělení pravděpodobnosti znaků jakosti či parametrů procesu.

Regulační diagram je grafická pomůcka zobrazující variabilitu procesu dynamicky, umožňující oddělit náhodné příčiny variability procesu od příčin vymezených.

Jsou-li sledované znaky jakosti měřitelné, pracujeme s regulačními diagramy měření, mají-li charakter diskrétní náhodné veličiny, pracujeme s regulačními diagramy srovnáváním.

Regulační diagram lze popsat takto (viz tab.6)

Na ose x se vynášejí pořadová čísla podskupin, na ose y hodnoty výběrových charakteristik sledovaného znaku jakosti či parametru procesu (např. výběrového průměru \bar{x}_j , výběrového rozpětí R_j , výběrové směrodatné odchylky s_j , podílu neshodných jednotek ve výběru), které vypočteme z chronologicky za sebou jdoucích hodnot znaku jakosti získaných při provádění pravidelných výběrových kontrol. Regulační diagram se dále skládá z centrální přímkou (CL), horní a dolní regulační meze (UCL, LCL). Regulační meze vymezují pásmo, v němž leží s předem zvolenou pravděpodobností hodnoty výběrových charakteristik jednotlivých podskupin za předpokladu, že na zkoumaný proces působí v daném časovém úseku jen náhodné příčiny variability procesu. Pak lze vycházet při stanovení regulačních mezí z rozdělení pravděpodobnosti příslušných výběrových charakteristik. Nejčastěji se uvedená pravděpodobnost volí na úrovni 0,9973, což znamená, že regulační meze jsou

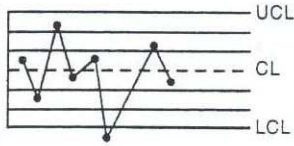
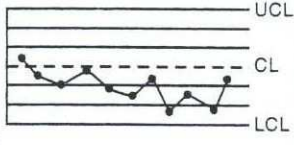
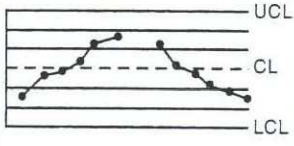
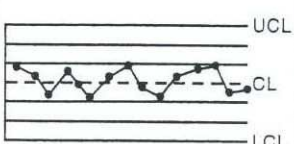
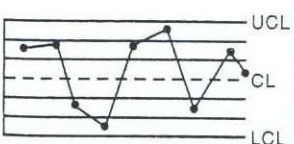
vzdáleny od centrální přímky 3 směrodatné odchylky dané výběrové charakteristiky na obě strany. [1]

Princip využívání regulačních diagramů je následující:

- v pravidelných časových intervalech provádíme odběr určitého předem stanoveného pevného počtu produktů n (tvoří tzv. logickou podskupinu o rozsahu n);
- u odebraných produktů (stejného druhu, vyrobených za stejných podmínek) se měří či zjišťuje stejný znak jakosti X (např. určitý rozměr odlitků, počet neshod na jednom odlitku, délka součásti atd.);
- z naměřených či jinak zjištěných hodnot znaku jakosti se vypočtou pro každou podskupinu jedna nebo více výběrových charakteristik (\bar{x} , R , s_j ...);
- hodnoty vypočtených výběrových charakteristik se chronologicky zakreslí do regulačního diagramu (v případě nového regulačního diagramu se nejdříve vypočtou hodnoty centrální přímky CL a regulačních mezí LCL a UCL);
- provede se analýza regulačního diagramu

Analýza regulačního diagramu znamená, že zjišťujeme, zda je či není sledovaný proces „statisticky zvládnutý“ (jako synonymum se používají pojmy proces „statisticky stabilní“ a „pod kontrolou“). Stav, kdy proces není „statisticky zvládnutý“, je signalizován body ležícími mimo regulační meze nebo skupinou bodů tvořícími nenáhodná seskupení. V případě, že takové body v regulačním diagramu existují, je třeba provést analýzu procesu, vyhledat a odstranit vymezenou příčinu, která signalizovanou nestabilitu způsobila. Přehled nejčastěji používaných testů statistické nestability včetně možných vymezených příčin u regulačních diagramů (\bar{x} , R) je uveden v tabulce 6. Norma ČSN ISO 8258 pokrývá kromě uvedených testů ještě další testy pro regulační diagram \bar{x} .

Je však třeba si uvědomit, že statistická regulace je vlastně testováním statistické hypotézy, jejíž nezamítnutí vede k tomu, že je sledovaný proces pokládán za statisticky stabilní a její zamítnutí znamená zásah do procesu (vyhledávání a odstraňování vymezených příčin). Při tomto testu mohou nastat dva druhy chyb:

Situace v regulačním diagramu	Popis	Možné vymežitelné příčiny
	Body mimo regulační meze	<i>Regulační diagram (R)</i> <ul style="list-style-type: none"> - zvětšení rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora - vylepšení dat <i>Regulační diagram (\bar{x})</i> <ul style="list-style-type: none"> - proces se posunul právě u dané podskupiny - změna měřicího systému
	9 bodů za sebou leží nad CL nebo pod CL	<i>Regulační diagram (R)</i> <ul style="list-style-type: none"> - zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora - vylepšení dat <i>Regulační diagram (\bar{x})</i> <ul style="list-style-type: none"> - změna měřidel, způsobu měření - změna prvků procesu
	6 bodů za sebou stoupá nebo klesá (trend)	<i>Regulační diagram (R)</i> <ul style="list-style-type: none"> - zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora - vylepšení dat <i>Regulační diagram (\bar{x})</i> <ul style="list-style-type: none"> - opotřebení nástroje
	15 bodů v řadě za sebou leží ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<i>Oba regulační diagramy</i> <ul style="list-style-type: none"> - nesprávně vypočtené regulační meze - nesprávně zakreslené body - nesprávně kalibrované měřidlo - podskupiny obsahují výrobky ze dvou či více strojů s různou úrovní procesu - zlepšení procesu
	8 bodů za sebou leží na obou stranách CL, ale žádnými ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<i>Oba regulační diagramy</i> <ul style="list-style-type: none"> - nesprávně vypočtené regulační meze - nesprávně zakreslené body - nesprávně kalibrované měřidlo - podskupiny obsahují výrobky ze dvou či více strojů s různou úrovní procesu, v jednom výběru jsou výrobky z jednoho stroje - změny v procesu, v metodách měření

Tab.6 Nejčastěji používané testy vymežitelných příčin

a) Příslušný proces zůstává „statisticky zvládnutý“ a nedochází k změně rozdělení regulované veličiny, ale vypočtená hodnota příslušné výběrové charakteristiky bude ležet náhodně mimo regulační meze. Na základě toho může být učiněn nesprávný závěr, že proces již není „statisticky zvládnutý“ a vznikají zbytečné náklady na vyhledávání neexistujících vymežitelných příčin. Jde o chybu I. druhu. Pravděpodobnost této chyby se nazývá riziko zbytečného signálu.

b) Proces není „statisticky zvládnutý“, tzn. že působí vymežitelné příčiny variability, ale hodnoty dané výběrové charakteristiky leží náhodou uvnitř regulačních mezí. Pak je

proces nesprávně pokládán za statisticky zvládnutý a vznikají zbytečné náklady spojené se selháním schopnosti vést k odhalení vymežitelných příčin způsobujících produkování neshodných jednotek. Jde o chybu II. druhu. Pravděpodobnost této chyby (α se nazývá riziko chybějícího signálu).

Nejčastěji se v praxi používají regulační diagramy, v nichž se promítá pouze riziko a v případě, že se pracuje s regulačními mezemi charakterizovanými trojnásobkem směrodatné odchylky příslušné výběrové charakteristiky, je $\alpha = 0,27 \%$. [1]

Statistická regulace procesu není jednoduchou záležitostí. Jde o proces složený z následujících fází:

- Fáze přípravné.
- Fáze analýzy a zabezpečení statistické stability procesu.
- Fáze zabezpečení způsobilosti procesu.
- Fáze vlastní statistické regulace procesu pomocí regulačního diagramu.

V rámci přípravné fáze je nutné provést tyto kroky:

1. Identifikovat cíle regulace a tomu odpovídající data, jejichž sběr je třeba provést.
2. Stanovit znaky jakosti nebo parametry procesu, jejichž hodnoty je třeba sbírat. Dále stanovit kontrolní místa v procesu, a to tak, aby byla kontrola provedena co nejdříve po vzniku odchylky s cílem minimalizovat náklady na opravy, náklady na odpad atd.
3. Zvolit vhodnou měřicí metodu vybraných hodnot příslušného znaku jakosti či parametru procesu.
4. Zvolit vhodnou délku kontrolního intervalu, zejména podle charakteru technologie, délky výrobního cyklu, pracnosti provedení odběru jednotek do podskupiny, rychlosti procesu tak, aby se kontrolou zachytily všechny významné změny v procesu. Obecně platí:
 - měřit častěji v procesech s nízkou stabilitou;
 - na začátku implementace statistické regulace použít kontrolní interval kratší, s postupem zvyšování stability procesu jej lze prodlužovat.
5. Zvolit vhodný rozsah podskupiny. Obecně je třeba zvážit další faktory:

- použití větších rozsahů podskupin tam, kde chceme mít regulační diagramy citlivější na změny v procesu;
- použití menších podskupin tam, kde je provádění kontrolní operace ekonomicky, časově nebo technicky náročné;
- pokud to je možné, používat konstantní velikosti podskupin.

Při regulaci měření se doporučuje pro výpočet regulačních mezí mít k dispozici data minimálně z 20-25 podskupin, u regulace srovnáváním data z 25 podskupin.

6. Zvolit vhodný typ regulačního diagramu.

Mezi nejčastěji používané typy regulační diagramy měření patří:

- (\bar{x}, R) - regulační diagramy pro výběrový průměr a rozpětí. Vhodné pro malé rozsahy podskupin.
- (\bar{x}, s) - regulační diagramy pro výběrový průměr a směrodatnou odchylku. Vhodné pro větší rozsahy podskupin tam, kde lze data zpracovávat na počítači nebo pomocí kalkulátoru.
- (\bar{x}, R) - regulační diagramy pro výběrový medián a rozpětí. Alternativa k diagramu (\bar{x}, R) s jednoduššími záznamy a výpočty, avšak s širším pásmem mezi regulačními mezemi. To znamená, že diagram pro medián je méně citlivý než diagram pro výběrový průměr.
- (\bar{x}, R_{kl}) - regulační diagramy pro individuální hodnoty a klouzavé rozpětí. Jsou vhodné tam, kde je vysoká homogenita v podskupině (např. u dobře promísených sypkých hmot) nebo tam, kde nelze získat v poměrně krátkém časovém intervalu větší počet hodnot sledovaného znaku jakosti než jednu (pomalý proces, proces s nízkým stupněm opakovatelnosti, proces s dlouhým výrobním cyklem, drahá nebo destruktivní zkušební metoda apod.). Tyto diagramy jsou méně citlivé na změny v procesu. Protože vztahy pro výpočet regulačních mezí u všech regulačních diagramů (viz tabulku 4) vycházejí z předpokladu normality dat, pro znaky jakosti nemající normální rozdělení je třeba volbu regulačního diagramu pečlivě zvážit (s výjimkou regulačního diagramu (\bar{x}) pro $n \geq 5$). [1]

Nejčastěji používanými regulačními diagramy srovnáváním jsou:

- (p) : regulační diagram pro podíl neshodných jednotek v podskupině.
- (np) : regulační diagram pro počet neshodných jednotek v podskupině. Předpokládá se konstantní rozsah podskupin.

- c : regulační diagram pro počet neshod v podskupině. Předpokládá se konstantní rozsah podskupin.
- u : regulační diagram pro průměrný počet neshod na jednotku v podskupině.

Doporučuje se provádět regulaci měřením všude, kde je to možné, i když regulace srovnáváním je jednodušejší proveditelná. Regulace měřením vyžaduje menší rozsahy podskupin a poskytuje o procesu mnohem více informací než regulace srovnáváním. Kromě toho je třeba si uvědomit, že regulaci srovnáváním nelze použít tam, kde je velmi nízký podíl neshodných jednotek či neshod.

7. Zvolit vhodný způsob tvorby podskupiny tak, aby v rámci podskupiny působily pouze náhodné vlivy, aby byla vysoká šance odhalit změny v procesu mezi podskupinami (tj. vytvářet podskupiny z prvků pocházejících pouze z jednoho zdroje variability, např. z výrobků vyrobených na jednom vřetení vícevřetenového obráběcího stroje, rozhodnout, zda odebírat výrobky vyrobené ihned za sebou po uplynutí kontrolního intervalu nebo je odebírat náhodně během celého kontrolního intervalu).

8. Připravit sběr a záznam dat (vhodný formulář pro regulační diagram).

V rámci fáze zabezpečení statistické stability je nutné zaručit pro další regulaci a analýzu způsobilosti procesu, že variabilita bude způsobena pouze náhodnými vlivy. Cílem je identifikovat a minimalizovat, resp. odstranit vymezené vlivy a vytvořit podmínky, aby se jejich působení nemohlo opakovat. Při analýze a zajišťování statistické stability se doporučuje pracovat s regulačními diagramy. Používáme-li dvojice diagramů (\bar{x} , R), je postup následující:

- Sestrojí se regulační diagramy.
- Proveďte se analýza regulačního diagramu (R). Jsou-li v něm body mimo regulační meze nebo trendy či nenáhodná seskupení, proveďte se identifikace vymezených příčin, jejich odstranění a přijme se opatření proti jejich opakování. Z obou regulačních diagramů se vypustí podskupiny, kde byly signalizovány vymezené příčiny, a znovu se přepočtou regulační meze jak pro regulační diagram (R), tak pro diagram (\bar{x}). Postup se opakuje tak dlouho, až je proces statisticky zvládnutý. Cílem není vyloučit nepohodlné hodnoty, ale stanovit regulační meze tak, aby co nejlépe vymezovaly pásmo působení pouze náhodných vlivů.
- Stejný postup se provede pro diagram (\bar{x}).

- V předchozích dvou krocích stanovené regulační meze mohou být použity pro delší období pro vlastní regulaci procesu (za předpokladu, že v daném období nedojde k změnám podmínek procesu).

Součástí zdokonalování procesu pomocí statistické regulace je tzv. analýza způsobilosti procesu. V této fázi zkoumáme, zda proces, který je po předchozím kroku statisticky zvládnut, je schopen dosahovat požadavků zákazníka (definovaných například ve formě technických předpisů, tolerančních mezí). To znamená, že většinou nemá smysl regulovat proces, jehož výsledky nesplňují předepsané tolerance, ale je nutno přijmout opatření k zajištění způsobilosti procesu. Ve fázi vlastní statistické regulace je proces udržován ve stavu, kdy je statisticky zvládnutý a způsobilý. Cílem je pomocí regulačního diagramu signalizovat poruchy ve stabilitě procesu, identifikovat je a odstraňovat. Regulační diagramy pracují s regulačními mezemi stanovenými ve fázi zajištění statistické stability a se zohledněním analýzy způsobilosti procesu. Tyto meze mají dlouhodobější charakter.

V tabulce 7 jsou shrnuty vztahy pro výpočet hodnot centrální přímký a regulačních mezí pro nejčastěji používané regulační diagramy.

V následujícím příkladu je ukázáno sestavení a analýza regulačních diagramů (\bar{x} , R).

Rozbor procesu výroby strojírenského výrobku ukázal, že největší podíl neshodných výrobků připadá na operaci č. 2. Proto bylo rozhodnuto tuto část výrobního procesu statisticky regulovat. V hodinových intervalech byla provedena měření průměru otvoru dané části výrobku u 20 podskupin po 4 jednotkách (viz tabulka 8). Pro regulaci byly vybrány jako nejvhodnější diagramy (\bar{x} , R). Součástí řešení příkladu není testování nenáhodných seskupení. [1]

Regulační diagram	Střední přímka CL	Horní regulační mez UCL	Dolní regulační mez LCL
(\bar{x}, R)	$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j$	$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}$	$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}$
	$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_j$	$UCL = D_4 \cdot \bar{R}$	$LCL = D_3 \cdot \bar{R}$
(\bar{x}, s)	$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j$	$UCL = \bar{\bar{x}} + A_3 \cdot \bar{s}$	$LCL = \bar{\bar{x}} - A_3 \cdot \bar{s}$
	$\bar{s} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k s_j$	$UCL = B_3 \cdot \bar{s}$	$LCL = B_4 \cdot \bar{s}$
p	$CL = \bar{p} = \frac{\sum_{j=1}^k x_j}{\sum_{j=1}^k n_j}$	$UCL = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/\bar{n}}$	$LCL = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/\bar{n}}$
p (n_j je mimo interval $\bar{n} \pm 0,25\bar{n}$)	totéž	$UCL = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n_j}$	$LCL = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n_j}$
np	$CL = n \cdot \bar{p} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k x_j$	$UCL = n \cdot \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{n \cdot \bar{p}(1-\bar{p})}$	$LCL = n \cdot \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{n \cdot \bar{p}(1-\bar{p})}$
c	$CL = \bar{c} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k c_j$	$UCL = \bar{c} + 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$	$LCL = \bar{c} - 3 \cdot \sqrt{\bar{c}}$
u	$CL = \bar{u} = \frac{\sum_{j=1}^k c_j}{\sum_{j=1}^k n_j}$	$UCL = \bar{u} + 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/\bar{n}}$	$LCL = \bar{u} - 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/\bar{n}}$
u (n_j je mimo interval $\bar{n} \pm 0,25\bar{n}$)	totéž	$UCL = \bar{u} + 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n_j}$	$LCL = \bar{u} - 3 \cdot \sqrt{\bar{u}/n_j}$

Tab.7 Vztahy pro výpočet střední přímky a regulačních mezí pro vybrané regulační diagramy

Řešení:

1. Z naměřených hodnot vypočteme pro jednotlivé podskupiny výběrové průměry \bar{x} a výběrová rozpětí R pro $n = 4$. (Hodnoty těchto výběrových charakteristik jsou uvedeny v posledním řádku tab. 6).

2. Stanovíme hodnotu centrální přímky CL a regulačních mezí LCL a UCL pro diagram (R), zakreslíme do diagramu společně s hodnotami R a zjistíme, zda je proces z hlediska variability zvládnutý.

$$CL = R = 31,30$$

$$UCL = D_4 \cdot R = 2,2818 \cdot 31,30 = 71,4321$$

$$LCL = D_3 \cdot R = 0 \cdot 31,30 = 0 \text{ (nezakresluje se do diagramu).}$$

Číslo podskupiny	Naměřené hodnoty				Průměr \bar{x}	Rozpětí R
1	72	84	79	49	71	35
2	56	87	33	42	54,5	54
3	55	73	22	60	52,5	51
4	44	80	54	74	63	36
5	97	26	48	58	57,25	71
6	83	89	91	62	81,25	29
7	47	66	53	58	56	19
8	88	50	84	69	72,75	38
9	57	47	41	46	47,75	16
10	13	10	30	32	21,25	22
11	26	39	52	48	41,25	26
12	46	27	63	34	42,5	36
13	49	62	78	87	69	38
14	71	63	82	55	67,75	27
15	71	58	69	70	67	13
16	67	69	70	94	75	27
17	55	63	72	49	59,75	23
18	49	51	55	76	57,75	27
19	72	80	61	59	68	21
20	61	74	62	57	63,5	17
					$\bar{x} = 59,4375$	$R = 31,30$

Tab. 8 Naměřené hodnoty

Z grafu na obr. 6 vyplývá, že R pro $i = 5$ ($R_5 = 71$) leží ještě uvnitř mezí, avšak velmi těsně u horní regulační meze UCL. Proto bychom se i v tomto případě měli zaměřit na naměřené hodnoty v této S. podskupině a určit příčinu tak velkého rozpětí.

3. Protože podle diagramu (R) je proces z hlediska variability zvládnutý, lze pokračovat dále v řešení.

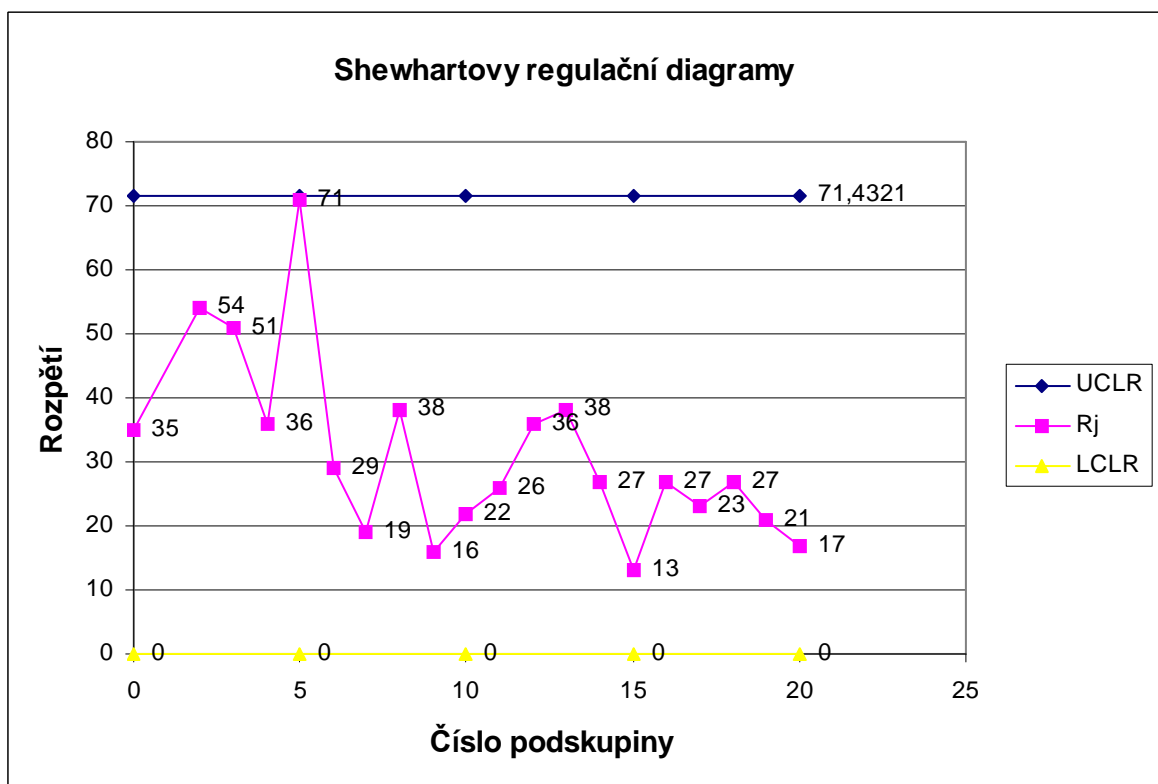
Vypočteme centrální přímkou CL a regulační meze UCL a LCL pro diagram (\bar{x}), zakreslíme je do diagramu společně s hodnotami \bar{x} , a vyhodnotíme, zda je proces statisticky zvládnutý.

$$CL = \bar{x} = 59,4375$$

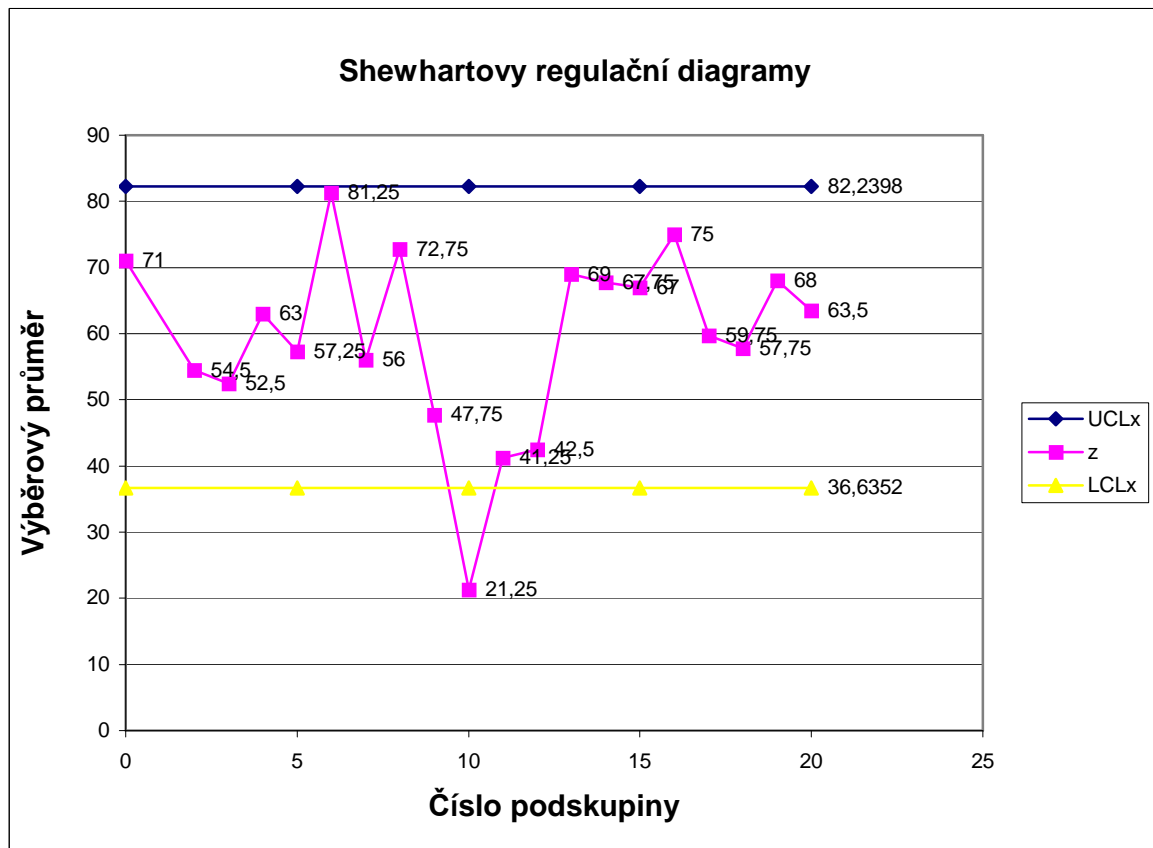
$$UCL = \bar{x} + A_2 \cdot R = 59,4375 + 0,72851 \cdot 31,30 = 82,2398$$

$$LCL = \bar{x} - A_2 \cdot R = 59,4375 - 0,72851 \cdot 31,30 = 36,6352.$$

Diagram (x) na obr. 7 ukazuje, že u podskupiny č. 10 působila nějaká vymezitelná příčina. Je nutné ji odhalit. Podíváme-li se na hodnoty v této podskupině, zjistíme, že tam figurují dvě extrémní hodnoty, 13 a 10. Zřejmě došlo k chybě při záznamu hodnot. Vymezitelnou příčinou by v tomto případě byla chyba osoby provádějící záznam naměřených hodnot. Proto by bylo zřejmě nutné revidovat způsob záznamu dat, aby se tyto subjektivní chyby již nevyskytly.



Obr. 6 Regulační diagram R



Obr. 7 Regulační diagram x

2 STATISTICKÁ PŘEJÍMKA

Statistická přejímka představuje postupy zaměřené na následnou přejímací kontrolu (vstupní, mezioperační, výstupní) produktů s cílem odhadnout stav jakosti dávek (sérii, souborů) a zabránit nežádoucímu průniku produktů s neodpovídající úrovní jakosti do sféry kterékoli další fáze reprodukčního procesu (obecně při předávání dávky dodavatelem odběrateli).

Statistická přejímka je výběrová (nekontroluje se celá dávka), je statistická (je založena na principu statistické indukce), je objektivní (předem jsou mezi dodavatelem a odběratелеm dohodnuty přejímací podmínky, za kterých budou dávky přijaty či zamítnuty). Statistická přejímka umožňuje při dodržení předepsaných pravidel objektivně rozhodnout, jestli dávka produktů předložená ke kontrole jako celek vyhovuje předem dohodnutým požadavkům na jakost. Výhodou tedy je, že tyto pracují s předem známou účinností při nejehospodárnějším rozsahu kontroly. [1]

Cílem statistické přejímky je tedy rozhodnutí o přijetí či zamítnutí přejímané dávky produktů podle předem stanoveného přejímacího pravidla.

V závislosti na charakteru znaku jakosti, podle kterého jakost dávky hodnotíme dělíme statistickou přejímku na

- a) statistickou přejímku srovnáváním (znak jakosti má charakter diskrétní náhodné veličiny)
- b) statistickou přejímku měřením (znak jakosti je spojitá náhodná veličina). Dalším hlediskem, podle kterého členíme přejímací postupy, je počet výběrů, na jejichž základě se rozhoduje o přijetí či nepřijetí dávky. Pak máme:
 - přejímku jedním výběrem
 - přejímku dvojím a několikerým výběrem
 - přejímku postupným výběrem (sekvenční přejímka)

Dalším hlediskem, členění postupů statistických přejímek je způsob, jak se nakládá se zamítnutou dávkou. Pak máme:

- přejímku nerektifikační (bezopravnou) – nepřijatá dávka se vrací dodavateli celá
- přejímku rektifikační (opravnou) v tomto případě se nepřijatá dávka nevrací, ale

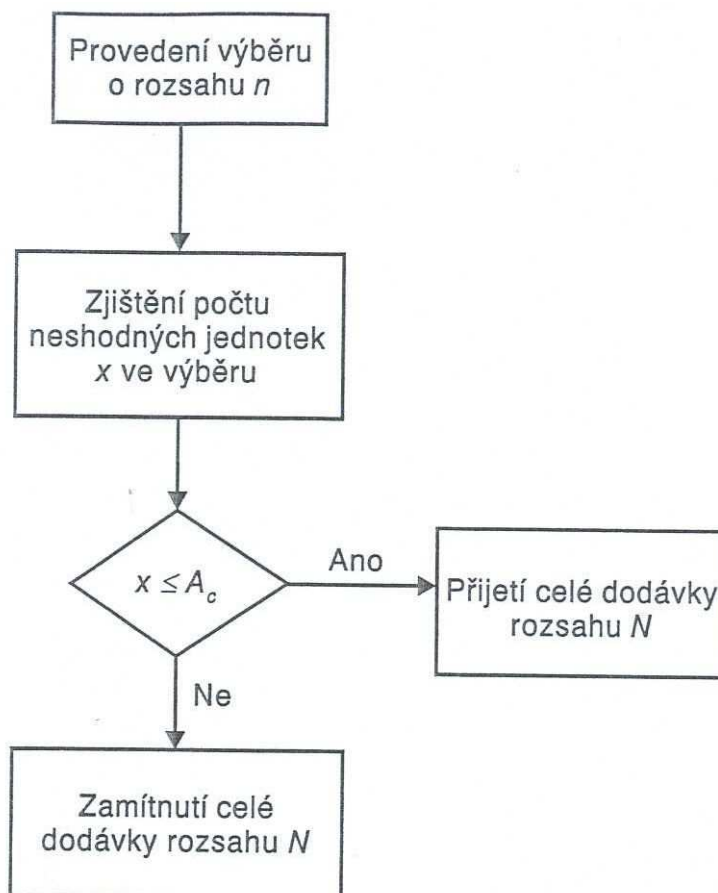
provede se 100% kontrola, neshodné jednotky se vytřídí a nahradí se shodnými jednotkami a do další fáze reprodukčního procesu se předá dávka 100% bezchybná. Tato přejímka představuje filtr, který garantuje, že na výstupu nepřekročí podíl neshodných jednotek v sérii dávek od jednoho dodavatele v průměru určitou hodnotu $P_L(\text{AOQL})$, ať

je podíl neshodných jednotek na vstupu jakýkoli (čím je větší, tím častěji se dávky pozastavují a opravují). [1]

1.6.1 Statistická přejímka srovnáváním

Aplikace statistické přejímky srovnáváním oproti přejímce měření v praxi z důvodu větší jednoduchosti převládají.

Princip statistické přejímky srovnáváním si objasníme na statistické přejímce jedním výběrem. Z dávky o velikosti N jednotek (kusů, vzorků) produktu se náhodně vybere n jednotek. Pak se zjišťuje počet neshodných jednotek ve výběru x a porovná se s přejímacím číslem A_c (dříve c -tzv. nejvýše přípustným počtem neshodných jednotek ve výběru). Dávka je pak přijata, nepřekročí-li skutečný počet neshodných jednotek x ve výběru hodnotu čísla A_c . V opačném případě je pak dávka zamítnuta-obr. 8 [1]



Obr. 8 Přejímka výběrem –metoda srovnáváním

Účinnost statistické přejímky

Operativní charakteristika přejímacího plánu $L(p)$ je grafickým vyjádřením pravděpodobnosti L , že bude přijata dávka s podílem p neshodných jednotek podle aplikovaného přejímacího plánu. Přejímací plán představuje jednoznačné pravidlo pro provedení rozhodnutí o přijetí či zamítnutí přijímané dávky, tj. obsahuje pevně stanovený počet jednotek výrobku, které mají být kontrolovány (n), a přesně vymezená přijímací kritéria (přejímací čísla A_c , popř. zamítací čísla R_e - nepřípustný počet neshodných jednotek ve výběru). Každý přejímací plán má svou vlastní operativní charakteristiku.

Na obr. 9 je ukázka typického průběhu operativní charakteristiky. Dodavatel má zájem na tom, aby dávky s nižším podílem neshodných jednotek p (dávky dobré jakosti) byly přijímány co nejčastěji. Odběratel má zase zájem, aby dávky s vyšším podílem p (dávky špatné jakosti) byly co nejčastěji zamítány. Pro ochranu těchto svých zájmů požadují od přejímací kontroly určité záruky. Proto dodavatel stanoví přípustnou úroveň jakosti p_1 a malé riziko α , že dávky s úrovní jakosti p_1 budou zamítány (pravděpodobnost zamítnutí dávky s přípustným podílem neshodných jednotek p_1 je jen α). Odběratel naopak stanoví nepřípustnou úroveň jakosti p_2 a malé riziko β , že dávky s úrovní jakosti p_2 bude nucen přijmout (pravděpodobnost dávky s podílem p_2 neshodných jednotek je jen β). Obvykle se volí riziko $\alpha=0,05$, riziko $\beta=0,05$ nebo $0,1$. Dodavatel a odběratel se tedy chrání tak, že stanoví takový přejímací plán, který požadavky dané hodnotami p_1, α, p_2, β splní. Kromě uvedených záruk pracují normy i s dalšími typy záruk nebo výše uvedené záruky jsou označeny jinak.

Průměrná výstupní úroveň jakosti po kontrole AOQ je druhým nejdůležitějším ukazatelem účinnosti přijímacích plánů. Při opravné přejímce je část dávek přicházejících ke kontrole s podílem p neshodných jednotek převzata. Ty dávky které byly při kontrole zamítnuty, jsou přetříděny a neshodné jednotky jsou nahrazeny shodnými. To znamená, že tyto dávky jsou převzaty s nulovým počtem neshodných jednotek. Typický průběh křivky AOQ ukazuje obrázek 12. Maximální hodnota AOQ je označena $P_L(AOQL)$ a představuje nejhorší průměrnou výstupní jakost. Některé přejímací plány jsou postaveny na této hodnotě.

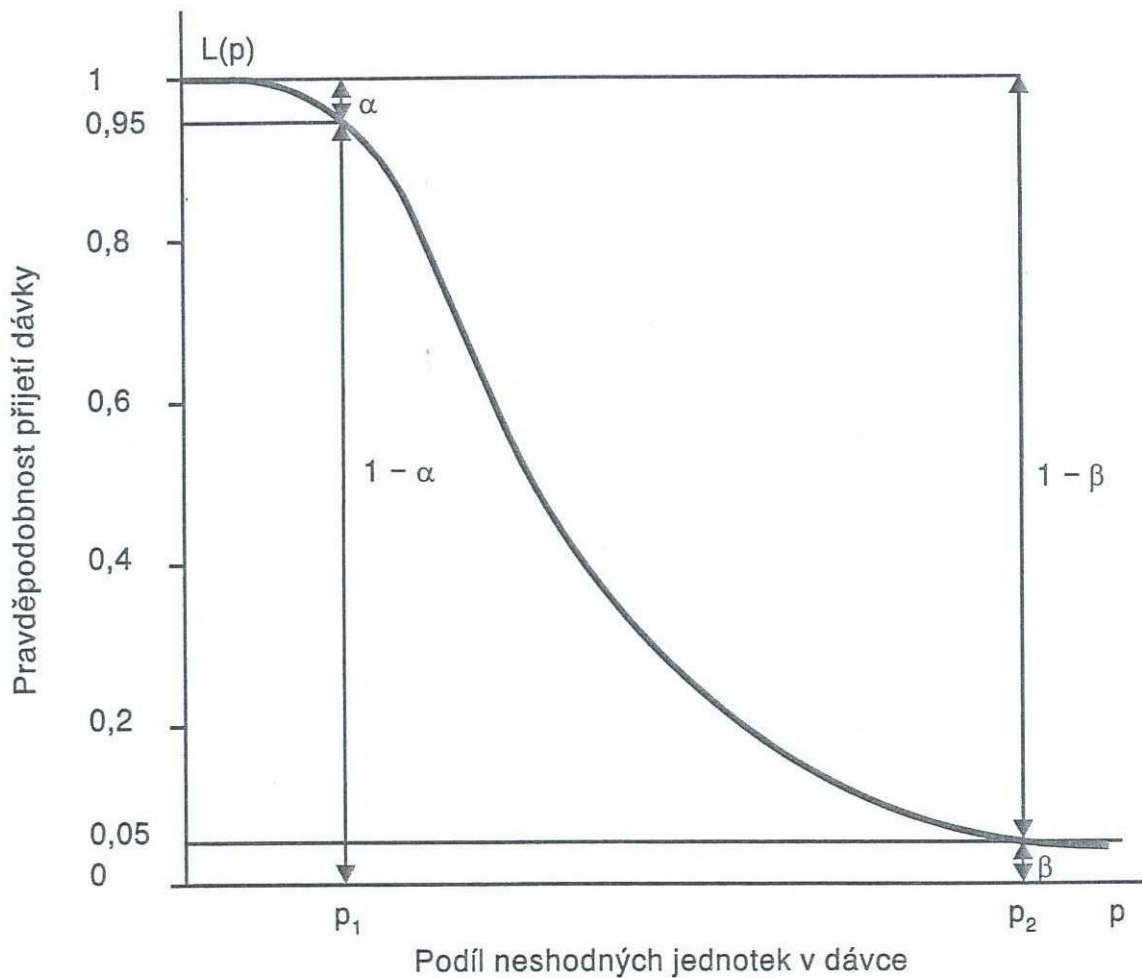
Hodnoty p_1, p_2, α, β ovlivňují účinnost přejímacího plánu, tj. charakterizují, jak dobře přejímací rozlišuje mezi dobrými a špatnými dávkami. Současně mají vliv na hospodárnost (rozsah výběru) kontroly. Chceme-li zvýšit účinnost přejímacího plánu, je třeba vědět, jak

se změny hodnoty přijímacího čísla $Ac(c)$ a rozsahu výběru n . V podstatě lze říci, že čím je přijímací plán přísnější-účinnější (čím lépe rozliší mezi dobrými a špatnými dávkami), tím strmější průběh má jeho operativní charakteristika. [1]

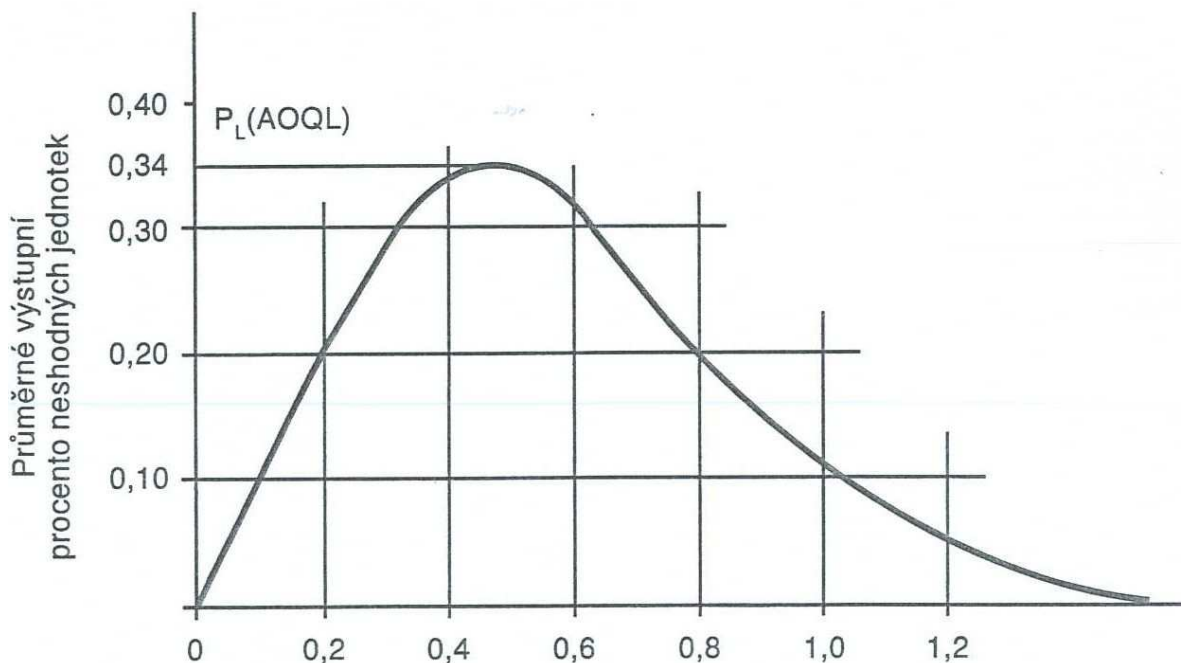
Přehled možností vztahů $Ac(c)$ a n a jejich vlivu na α a β je uveden v tabulce 9. Poměr c/n se nazývá přijímací poměr.

Změny přijímacího plánu			Změny parametrů	
			operativní	
c/n	n	$Ac(c)$	a	P
bez změny	roste	roste	klesá	klesá
bez změny	klesá	klesá	roste	roste
roste	bez změny	roste	klesá	roste
klesá	bez změny	klesá	roste	klesá

Tab. 9 Vliv n a $Ac(c)$ na průběh operativní charakteristiky



Obr. 9 Operativní charakteristika



Obr. 10 Závislost podílu neshodných jednotek na výstupu na podílu neshodných jednotek na vstupu u opravné přejímky

Hospodárnost statistické přejímky

Jedním z hledisek, podle kterých členíme přejímací postupy, je počet výběrů, na jejichž základě se rozhoduje o přijetí či nepřijetí dávky. Máme: přejímku jedním výběrem, přejímku dvojitým a několikerým výběrem, přejímku postupným výběrem. Správná volba přejímky podle tohoto hlediska má značný vliv na hospodárnost této formy výběrové kontroly.

Z hlediska přípravy a vlastní realizace je přejímka postupným výběrem nejnáročnější, za ní následuje přejímka několikerým a poté dvojitým výběrem. Rozhodující však je, že ve stejném pořadí pro uvedené přejímky platí, že jsou mnohem hospodárnější než přejímka jedním výběrem při stejné účinnosti kontroly pro daný typ přejímacího plánu. To znamená, že při přejímce postupným výběrem se v průměru kontroluje nejnižší počet produktů. Platí to především u dávek velmi dobré nebo velmi špatné úrovně jakosti, neboť uvedené přejímky jsou konstruovány tak, aby dávky velmi dobré jakosti, resp. dávky velmi nízké jakosti byly přijímány, resp. zamítány po velmi malém počtu výběrů — u přejímky dvojitým výběrem po prvním výběru. Přitom velikost prvního výběru bývá u přejímek dvojitým či několikerým výběrem menší než u přejímky výběrem jedním. Interval nerozhodnosti je tedy u přejímek více než jedním výběrem konstruován relativně úzký a tudíž

pravděpodobnost potřeby dalších výběrů je malá. Leží-li však skutečná úroveň jakosti dávek mezi hodnotami p_1 a p_2 , je vhodnější aplikovat přejímku jedním výběrem, neboť v tomto případě by se s větší pravděpodobností přijalo jednoznačné rozhodnutí o přijetí či zamítnutí dávky po více výběrech a náklady na kontrolu by ve srovnání s přejímkou jedním výběrem byly vyšší.

Přejímací plány AQL jsou určeny pro bezopravnou přejímku opakujících se dávek stejného produktu od téhož dodavatele (zajímá nás úroveň jakosti série dávek jdoucích kontrole, nikoli průměrná jakost série převzatých dávek, jako je tomu u systému P_L). Jde o první systém přejímacích plánů, který přihlíží k dynamice úrovně jakostí série dávek od stejného dodavatele a tak zvyšuje hospodárnost kontroly tam, kde dodavatel je schopen dlouhodobě udržovat jakost na přípustné a stabilní úrovni. Plány jsou tabelovány v normách jak pro přejímku jedním, dvěma výběry, tak několikerým výběrem. Specifickým rysem tohoto systému přejímacích plánů je možnost přechodu mezi normální, zpřísněnou a zmírněnou kontrolou a pevně stanovená přechodová pravidla pro přechod mezi těmito úrovněmi kontroly. Pravidla jednak poskytují odběrateli ochranu proti zhoršení jakostí dávek ve srovnání s dohodnutou hodnotou AQL (přechod na zpřísněnou kontrolu), jednak mu umožňují v případě dlouhodobě stabilní vyšší úrovně jakosti dávek, než byla dohodnutá, aplikovat ekonomičtější kontrolu (zmírněná kontrola má rozsahy výběrů zredukovány až na 2/5 rozsahů výběrů při normální kontrole). Ani zpřísněná kontrola neznamená snížení hospodárnosti přejímky, neboť rozsahy výběrů zůstávají většinou stejné, zpřísnují se hodnoty přejímacího čísla A_c . Systém lze tedy aplikovat pouze v případě, kdy dodavatel je schopen dlouhodobě udržovat svůj výrobní proces na přijatelné úrovni jakosti a odběratel má evidenční systém obsahující dlouhodobé výsledky vstupních kontrol v časovém sledu dávek od téhož dodavatele.

Nejhospodárnější formou výběrové kontroly při stabilizované vysoké úrovni jakosti u dodavatele je občasná přejímka. Je použitelná pouze ve vazbě na systém přejímacích plánů AQL, a to při použití normální nebo zmírněné kontroly. Občasná přejímka je přejímací postup, při kterém jsou některé dávky ze série od jednoho dodavatele převzaty bez kontroly tehdy, když výsledky kontrol určitého počtu předcházejících dávek vyhovovaly stanoveným kritériím. Výchozí podmínkou realizace tohoto systému výběrové kontroly je tzv. kvalifikace dodavatele a kvalifikace výrobku. Kvalifikace dodavatele např. vyžaduje, aby měl zaveden a udržován systém řízení jakosti výroby podle ČSN ISO 9001, 9002 nebo 9003, aby kontrola každé dávky byla prováděna podle systému AQL a existoval doku-

mentační systém o výsledcích těchto přejímek. Kvalifikace výrobku např. vyžaduje, aby výroba výrobku byla již minimálně půl roku plynule realizována a z hlediska jakosti musí být výrobek nejméně půl roku udržován minimálně na úrovni AQL. Uvedený postup dále obsahuje jednoznačná pravidla pro přechod od kontroly každé dávky k občasné přejímce a naopak včetně pravidel pro zahájení a ukončení tzv. stavu přerušeni občasné přejímky. Důležitou částí postupuje také způsob stanovení počáteční frekvence kontroly a jejího možného snížení v další fázi realizace občasné přejímky.

Přejímací plány pro výrobu na páse byly vytvořeny pro situaci, kdy na pracoviště kontroly přicházejí výrobky v pořadí, v jakém byly vyrobeny, a jsou v tomto pořadí rovněž kontrolovány. Přejímací plány mají parametry (a, f):

a : je počet shodných výrobků vyrobených za sebou a za sebou zjištěných při 100% kontrole, nutných pro přechod od 100% kontroly k výběrové;

f : je procento výrobků kontrolovaných při výběrové kontrole.

Existují čtyři základní situace charakterizované určitým způsobem výroby u dodavatele a spotřeby u odběratele. Podle konkrétní vzniklé situace je třeba volit vhodný přijímací plán (viz. tabulka 10). [1]

Situace	Bližší charakteristika dávky	Přejímací plán
Dávka izolovaná	Je chápána jako izolovaná dodavatelem i odběratelem	(P_1, P_2) - pevné β (LQ) - nepevné β ($n, c=0$)
	Dodavatel vyrábí plynule, pro odběratele jde o izolovanou dávku	(LQ) (P_2)
Dávky vyráběny v sérii (tentýž dodavatel)	Kontrola všech dávek	(P_L) (AQL) Mezioperační kontrola
	Kontrola jen některých dávek (občasná přejímka)	Občasná přejímka
Výroba na páse		Přejímací plány pro výrobu na páse (P_L) (AQL)

Tab. 10 Přehled základních variant přejímacích plánů 8

Statistická přejímka měřením

Pojmy, které jsme rozebírali podrobně při statistické přejímce srovnáváním, jsou ve většině případů platné i pro statistickou přejímku měřením. Proto se v této kapitole zaměříme pouze na odlišnosti statistické přejímky měřením.

Ve srovnání se statistickou přejímkou srovnáváním je přejímka měřením ekonomičtější, neboť při stejných zárukách pro dodavatele a odběratele vyžaduje několikrát menší rozsahy výběrů. Na druhou stranu je třeba zvážit náklady na provádění měření, které bývá náročnější než provedení srovnávání. Kromě toho je nutné splnit u přejímky měřením předpoklad o rozdělení znaku jakosti a měl by být splněn požadavek stabilní úrovně jakosti u výrobce.

Statistická přejímka měřením pracuje se znakem jakosti, který má charakter spojité náhodné veličiny. Předpokládá se, že rozdělení tohoto znaku jakosti v dávce je normální rozdělení se střední hodnotou μ a rozptylem σ^2 .

Statistické přejímky měřením členíme podle dvou základních hledisek takto:

1. Podle předpisu tolerance:

- a) je předepsána jen jedna toleranční mez - UCL (horní toleranční mez), nebo LCL (dolní toleranční mez) jednostranná tolerance;
- b) jsou předepsány obě hodnoty současně (oboustranná tolerance).

2. Podle skutečnosti, zda známe nebo neznáme parametry rozdělení znaku jakosti v dávce.

- a) hodnota směrodatné odchylky σ znaku jakosti X je známa – přejímací plány se značí „ σ ” plány;
- b) hodnota směrodatné odchylky σ znaku jakosti X je neznáma a je odhadnuta pomocí průměrného variačního rozpětí R - přejímací plány se označují jako „ R ” plány.

Statistická přejímka měřením se stejně jako statistická přejímka srovnáváním realizuje volbou vhodného přejímacího plánu (jeho účinnost lze graficky rovněž vyjádřit operativní charakteristikou). U přejímky měřením je charakterizován dvojicí čísel (n, k) , kde n představuje rozsah náhodného výběru, k představuje přejímací číslo.

Předpokládejme, že máme předepsánu pouze horní toleranční mez a směrodatnou odchylku σ znaku jakosti X neznáme, proto ji odhadneme pomocí výběrové směrodatné odchylky s . Postup při přejímce je pak následující: Na základě požadovaných záruk (např. hodnoty AQL nebo p_1 , p_2 , a), se stanoví parametry přejímacího plánu - rozsah výběru n a rozhodné číslo k . Provedeme náhodný výběr o rozsahu n a z hodnot znaku jakosti u každého výrobku ve výběru vypočteme výběrový průměr \bar{x} a výběrovou směrodatnou odchylku s . Rozhodnutí o přijetí či zamítnutí dávky pak činíme následovně:

Platí-li vztah

$$(\text{USL} - \bar{x})/s \geq k$$

dávku přijmeme, v opačném případě dávku zamítneme. Při předpisu dolní toleranční meze platí pro přijetí dávky vztah

$$(\bar{x} - \text{LSL})/s \geq k$$

v opačném případě dávku zamítneme. [1]

3 QUALITY JOURNAL

Řešení důležitých projektů zlepšování jakosti by mělo probíhat v týmech zlepšování jakosti. Tyto týmy jsou jmenovány vrcholovým vedením, které musí pro činnost týmu vyčlenit adekvátní zdroje a zajistit, aby členové týmu po dobu řešení problému nebyli zatěžováni jinými úkoly. Složení týmu musí odpovídat charakteru řešeného problému, přičemž alespoň jeden z členů týmu musí ovládat základní statistické nástroje a metody zlepšování jakosti. Členy týmu by měli být pracovníci na úrovni středního managementu a specialisté, přičemž na některé schůzky týmu je účelné přizvat odborníky se specifickými znalostmi některých oblastí řešeného problému.

Práci uvnitř týmu řídí jeho vedoucí, který je rovněž odpovědný vrcholovému vedení za výsledky práce týmu. Lze doporučit, aby vedoucím týmu byl pracovník z útvaru, kterého se řešený problém nejvíc dotýká. Při řešení se tým schází na pravidelných schůzkách.

Metoda Quality Journal byla převzata z japonského přístupu k řešení problémů nazývaného QC Story . Je to systematický postup zlepšování procesů, který probíhá v sedmi krocích :

1. Identifikace problému.
2. Sledování problému.
3. Analýza příčin problému.
4. Návrh a realizace opatření k odstranění příčin problému.
5. Kontrola účinnosti opatření.
6. Trvalá eliminace příčin problému.
7. Zpráva o postupu řešení problému a plánování budoucích aktivit.

Jde v podstatě o podrobněji rozpracovaný cyklus PDCA, který je zvláště vhodný v případě řešení chronických problémů. K označení metody se někdy používá český ekvivalent „Deník jakosti“.

Identifikace problému

Obvykle není možné a ani ekonomické řešit najednou všechny problémy. Proto je potřeba získat a zpracovat maximum informací o existujících problémech, které umožní

stanovit priority a identifikovat nejdůležitější problém. Je potřeba co nejpodrobněji a s využitím kvantitativních údajů popsat současný stav výskytu problému. Zvláštní pozornost je přitom potřeba věnovat informacím o nákladech na jakost. Shromážděné podklady je vhodné v názorné grafické podobě (například pomocí Paretova diagramu) prezentovat zainteresovaným pracovníkům, aby pochopili důležitost problému a zvýšila se jejich motivace k jeho odstranění.

Na základě popisu současného stavu je potřeba stanovit cílový stav, kterého by mělo být po zlepšení dosaženo, a očekávané přínosy. Dosažení stanoveného cíle by mělo být ekonomicky efektivní (přínosy z jeho dosažení by měly být vyšší než potřebné náklady) a měl by přihlížet k technickým možnostem (být reálný).

Důležitým momentem je stanovení termínu vyřešení problému. Problém, k jehož řešení není zpracován časový harmonogram, se obvykle považuje za málo důležitý.

Sledování problému

Při vlastním sledování problému se ze všech možných hledisek zkoumají vlastnosti problému a vymezují se podmínky jeho vzniku. Důležitou součástí je zkoumání času a místa výskytu problému, jeho typu a příznaků.

Při posuzování časového hlediska je důležité stanovit, zda se výskyt problému nesoustřeďuje do určitého časového období, například určité části dne (ráno, odpoledne, večer), dne v týdnu nebo ročního období. Posouzení vlivu místa se provádí v širším kontextu; je zde potřeba zahrnout jak například místo výskytu neshody na výrobcích, tak například vliv umístění výrobku při určité operaci (například vliv umístění výrobku v peci při normalizačním žíhání). Co se týče typu, je ve fázi sledování důležité zjistit, zda se daný problém nevyskytuje pouze u určitého typu výrobku, zda se u daného typu výrobku vyskytoval i v minulosti atd. Zkoumání příznaků problému se zaměřuje na charakteristické rysy problému a jejich souvislosti s podmínkami, za kterých se problém vyskytuje.

Sledování problému by mělo probíhat přímo na místě, kde problém vzniká. Přímé sledování poskytuje řadu velice důležitých informací, které ze shromážděných údajů nemusí být patrné.

Analýza příčin problému

Analýza příčin problému by měla probíhat ve dvou fázích: stanovení hypotéz a testování hypotéz .

Nejvhodnějším postupem pro stanovení hypotéz je zpracování diagramu příčin a následku, shrnujícího skutečné příčiny problému. Prvním krokem je týmová analýza všech možných příčin daného problému a jejich znázornění v diagramu příčin a následku. Poté následuje revize diagramu, při níž se na základě analýzy dat považují za důležité pouze ty potenciální příčiny, jejichž působení je skutečně prokázáno. Z těchto zbylých příčin se dále vyhodnotí ty nejvýznamnější.

Takto stanovenou hypotézu o hlavních příčinách problému je třeba potvrdit testováním. Testování hypotézy vyžaduje provedení plánovaného experimentu nebo shromáždění nových dat, která umožní ověřit skutečné působení příčin a stanovit míru jejich vlivu. Při tomto hodnocení se široce uplatňují statistické metody, jako je regresní a korelační analýza, analýza rozptylu apod.

Potvrzení vlivu určité příčiny řešeného problému lze dosáhnout i úmyslným vyvoláním problému. Jde o účinnou metodu ověření hypotézy, v řadě případů ji však zejména z ekonomických a časových důvodů nelze aplikovat.

Návrh a realizace opatření k odstranění příčin problému

V případě prováděných opatření je potřeba zásadně rozlišovat mezi okamžitým opatřením, kterým odstraňujeme vzniklý problém, a opatřením, které se zaměřuje na prevenci výskytu příčin problému. Vzhledem k tomu, že okamžitá opatření obvykle nezabrání opakovanému výskytu problému, je potřeba vždy aplikovat postupy, které budou odstraňovat příčiny.

Vlastní realizaci opatření by mělo předcházet jejich pečlivé posouzení a výběr optimální varianty. Návrhy opatření je vhodné zpracovat v týmu, například aplikací afinitního diagramu. U jednotlivých návrhů opatření je žádoucí prozkoumat jejich výhody a nevýhody a provést jejich podrobné hodnocení z různých hledisek. Zejména je důležité se zabývat otázkou, zda realizace navrhovaného opatření nebude doprovázena nežádoucími průvodními jevy, které by mohly znamenat nový problém. Z těchto důvodů je vhodné navrhovaná opatření experimentálně odzkoušet.

Na základě provedeného hodnocení by tým měl dosáhnout konsensu a vybrat optimální variantu opatření.

Kontrola účinnosti opatření

Kontrola účinnosti provedených opatření vychází z porovnání dosahovaných výsledků před realizací opatření a po jeho realizaci. Příslušné údaje by měly být zpracovány ve stejném formátu (tabulka, graf) a kromě posouzení výskytu konkrétního problému by měly zahrnovat i komplexní posouzení změn. Efekty provedených opatření je nejlépe prezentovat i ve finančním vyjádření, kterému každý rozumí a jež je důležité pro další manažerská rozhodnutí.

V případě, že po realizaci opatření byly dosaženy neuspokojivé výsledky, je nutné nejprve ověřit, zda plánovaná opatření byla realizována v souladu s původním rozhodnutím. Pokud ano, je nutné hledat jiná vhodná opatření, popř. se vrátit zpět ke sledování problému.

Trvalá eliminace příčin problému

V případě, že realizace opatření vedla k zlepšení stavu, je potřeba zajistit trvalé zakotvení provedených změn. Pokud k tomu nedojde, vzniká nebezpečí, že se vše buď postupně nebo skokem (například po příchodu nových zaměstnanců) vrátí do původního stavu. Vhodným způsobem udržování zlepšeného stavu může být například zavedení statistické regulace procesu.

Standardizace změn nelze dosáhnout pouze změnou dokumentace, k jejímu zajištění je nutné vzdělávání a výcvik pracovníků. Je potřeba dát jasné odpovědi na otázky kdo, kdy, kde, co a jak. Kromě těchto základních informací je však pro pracovníka, který práci dělá důležité znát odpovědná další důležitou otázku: proč? Pokud nebude vědět, proč má být daný postup používán, je vysoká pravděpodobnost, že ho nebude používat.

Úspěšnou standardizaci změn je potřeba zajistit rovněž stanovením odpovědností za kontrolu jejich dodržování.

Zpráva o řešení problému a plánování budoucích aktivit

V této závěrečné fázi se zpracovává zpráva o průběhu řešení problému doložená konkrétními daty a rozbory. V této zprávě se vyhodnocují dosažené výsledky a sumarizují se problémy, které se nepodařilo zcela vyřešit. Zpráva by měla obsahovat návrhy činností potřebných k dořešení těchto problémů. Součástí závěrečného hodnocení by mělo být i posouzení průběhu jednotlivých fází řešení tak, aby dobrých zkušeností bylo možné využít v následujících aktivitách zlepšování. [4]

4 DOTAZNÍK

Dotazník se využívá především k získání informací od zákazníka či potenciálního zákazníka. Tyto informace pak mohou posloužit k zlepšení jakosti výrobku nebo ke změně v přístupu nabídky produktu apod.

Důvody pro hodnocení zákazníka a jejich prospěch:

- Odhaluje silné a slabé stránky firemních procesů.
- Získání informací o vnímání zákazníka, zda organizace splnila uvedené i očekávané (neuvedené) požadavky.
- Poskytuje poznámky o vlastním postavení na trhu a informace, které se týkají konkurence (benchmarking).
- Umožňuje sledování trendů ve vnímání zákazníka, odhaduje budoucí potřeby zákazníků.

1. Tvorba otázek k měření spokojenosti zákazníků:

Otázky s uzavřeným koncem:

Nabízející pouze dvě možnosti odpovědi: ANO NE

Nabízející tři a více možných odpovědí: A B C D

Škála pro vyjádření míry souhlasu s konstatováním: Silně nesouhlasím , Nesouhlasím , Ani souhlas a nesouhlas , Souhlasím , Silně souhlasím

Škála mezi protikladnými slovy: Poškozené Nepoškozené

Škála pro přiřazení důležitosti: Mimořádně důležité , Velmi důležité , Částečně důležité , Málo důležité , Nevýznamné

Škála pro hodnocení vlastností: Stupnicí- 1,2,3,4,5.

Slovy- Výborné , Velmi dobré , Dobré ,

Vyhovující , Ubohé

Škála popisující úmysl: Určitě , Pravděpodobně , Nejsem si jist ,

Pravděpodobně ne , Určitě ne

Otázky s otevřeným koncem:

Pro jakoukoliv odpověď-1H. Pro zjištění asociací na výrazy-1I. Pro dokončení věty-1J. Pro dokončení obrázku-1K. Pro vymyšlení příběhu k obrázku-1L

Otázky z oblastí:

Jakost, technologie výrobku, logistika, služby zákazníkům, prodej, komunikace, zpracování vyskytujících se témat, vztahy, potenciál pracovníků, management

2. Stanovení velikosti výběru dotazovaných zákazníků:

Stanovení velikosti výběru zákazníků na základě poskytnutých zdrojů a důležitosti (zisk, obchodní priority, obrat)

Výběr zákazníků tak, aby vzorek byl dostatečně reprezentativní.

Určení míry spolehlivosti a relevantnosti údajů

3. Výběr vhodné metody pro shromažďování údajů

DOTAZOVÁNÍ		
Metoda	Výhody	Nevýhody
Osobní rozhovor	Osobní kontakt a pozornost. Jsou možné komplexní a cílové otázky. Přímá dostupnost informací.	Postup náročný na náklady a čas. Nutnost záznamu tazatelem. Možné zkreslení výsledků tazatelem
Písemný dotazník	Nákladně výhodné. Zadání možných odpovědí. Žádné zkreslení výsledků tazatelem.	Nízká návratnost. Neosobní vztah. Žádná kontrola chování při odpovědi.
Telefonické dotazování	Nákladově příznivé. Pružný průběh dotazování při přímém kontaktu se zákazníkem. Přímá dostupnost informací.	Nutnost záznamu tazatelem. Nemožnost využití vizuálních pomůcek (grafy, obrázky, apod.).
On-line dotazování	Nákladově příznivé. Zadání možných odpovědí. Žádné zkreslení výsledků tazatelem.	Nízká návratnost. Žádná kontrola chování při odpovědi. Neosobní vztah.

Tab. 11 Dotazování

4) Vyhodnocování údajů včetně kvantifikace míru spokojenosti

- Různé znaky spokojenosti mají různou důležitost.
- Velký důraz kladen na neustálé zlepšování vyjádřené v trendech.
- Velký důraz kladen na seznámení všech pracovníků s analýz hodnocení spokojenosti zákazníků (výsledky nejen pro vedení).
- Časový průběh.

5) Zobrazení výsledků

Zákazník	Otázka 1	Otázka2	Otázka X	Aritmetický průměr	Rozptyl
A					
B					
C					
Aritmetický průměr					
Rozptyl					

Tab. 12 Zobrazení výsledků

Doporučuje se vypočítat v jednotlivých řádcích a sloupcích alespoň aritmetický průměr a rozptyl.

5 STANOVENÍ CÍLU BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Vytvořit vzorové příklady zadaných témat a vysvětlit postup řešení
- Vypracovat další příklady, které budou vyřešeny a zhodnoceny

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 SBĚR DAT

Zadání: Proveďte 90 měření dílců odebraných ze stroje v průběhu celé jeho pracovní směny a z naměřených hodnot sestavte přehlednou tabulku. Každý rozměr přehledně zaznamenejte a přiřaďte mu pořadové číslo. Poté si stanovte 9 hraničních limitů a určete kolik hodnot náleží do každého intervalu a u každého intervalu určete střední hodnotu. Výsledky zanepte do tabulky.

Naměřené hodnoty:

Naměřené hodnoty									
2,51	2,517	2,522	2,522	2,51	2,511	2,519	2,532	2,543	2,525
2,527	2,536	2,506	2,541	2,512	2,515	2,521	2,536	2,529	2,524
2,529	2,523	2,523	2,523	2,519	2,528	2,543	2,538	2,518	2,534
2,52	2,514	2,512	2,534	2,526	2,53	2,532	2,526	2,523	2,52
2,535	2,523	2,526	2,525	2,532	2,522	2,502	2,53	2,522	2,514
2,533	2,51	2,542	2,524	2,53	2,521	2,522	2,535	2,54	2,528
2,525	2,515	2,52	2,519	2,526	2,527	2,522	2,542	2,54	2,528
2,531	2,545	2,524	2,522	2,52	2,519	2,519	2,529	2,522	2,513
2,518	2,527	2,511	2,519	2,531	2,527	2,529	2,528	2,519	2,521

Tab. 13 Naměřené hodnoty

Naměřené hodnoty jsou zaneseny do tabulky, poté jim přiřazena pořadová čísla.

Pořadové číslo výrobku	Naměřené hodnoty									
1.-10.	2,51	2,517	2,522	2,522	2,51	2,511	2,519	2,532	2,543	2,525
11.-20.	2,527	2,536	2,506	2,541	2,512	2,515	2,521	2,536	2,529	2,524
21.-30.	2,529	2,523	2,523	2,523	2,519	2,528	2,543	2,538	2,518	2,534
31.-40.	2,52	2,514	2,512	2,534	2,526	2,53	2,532	2,526	2,523	2,52
41.-50.	2,535	2,523	2,526	2,525	2,532	2,522	2,502	2,53	2,522	2,514
51.-60.	2,533	2,51	2,542	2,524	2,53	2,521	2,522	2,535	2,54	2,528
61.-70.	2,525	2,515	2,52	2,519	2,526	2,527	2,522	2,542	2,54	2,528
71.-80.	2,531	2,545	2,524	2,522	2,52	2,519	2,519	2,529	2,522	2,513
81.-90.	2,518	2,527	2,511	2,519	2,531	2,527	2,529	2,528	2,519	2,521

Tab. 14 Naměřené hodnoty s pořadovým číslem

Tato tabulka s naměřenými hodnotami bude dále využita v dalších příkladech.

Hraniční intervaly jsou: Střed intervalu:

Číslo řady	Interval (třída)	Střed intervalu \bar{z}	Četnost n
1	2,5005 - 2,5055	2,503	1
2	2,5055 - 2,5105	2,508	4
3	2,5105 - 2,5155	2,513	9
4	2,5155 - 2,5205	2,518	14
5	2,5205 - 2,5255	2,523	22
6	2,5255 - 2,5305	2,528	19
7	2,5305 - 2,5355	2,533	10
8	2,5355 - 2,5405	2,538	5
9	2,5405 - 2,5455	2,543	6

Tab.15 Interval, střed intervalu, četnost

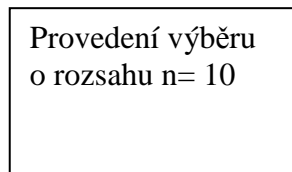
Závěr: Z naměřených hodnot byla sestavena tabulka a hodnotám přiřazeny pořadové čísla. V poslední tabulce je znázorněn interval hodnot a střed intervalu. V posledním sloupci tabulky je četnost měřených dílců, které náležejí danému intervalu.

7 VÝVOJOVÉ (POSTUPOVÉ) DIAGRAMY

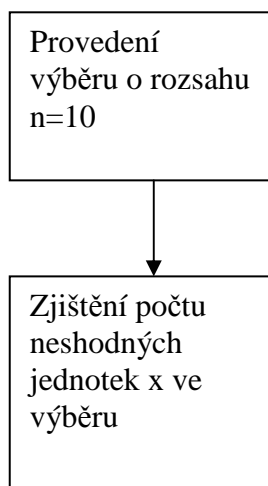
Zadání: Vypracujte jednoduchý vývojový diagram, který zobrazuje rozhodnutí o přijetí zásilky produktů. Zásilka obsahuje 100 kusů (N) a je z ní náhodně vybráno 10 kusů (n), u kterých se zjišťuje počet neshodných kusů x , který se porovnává s přijímacím číslem A_c . $A_c=1$ Dávka je pak přijata, pokud nepřekročí počet neshodných jednotek x ve výběru hodnotu čísla A_c . V opačném případě bude dávka zamítnuta. Obě možnosti v diagramu zobrazte.

Vypracování:

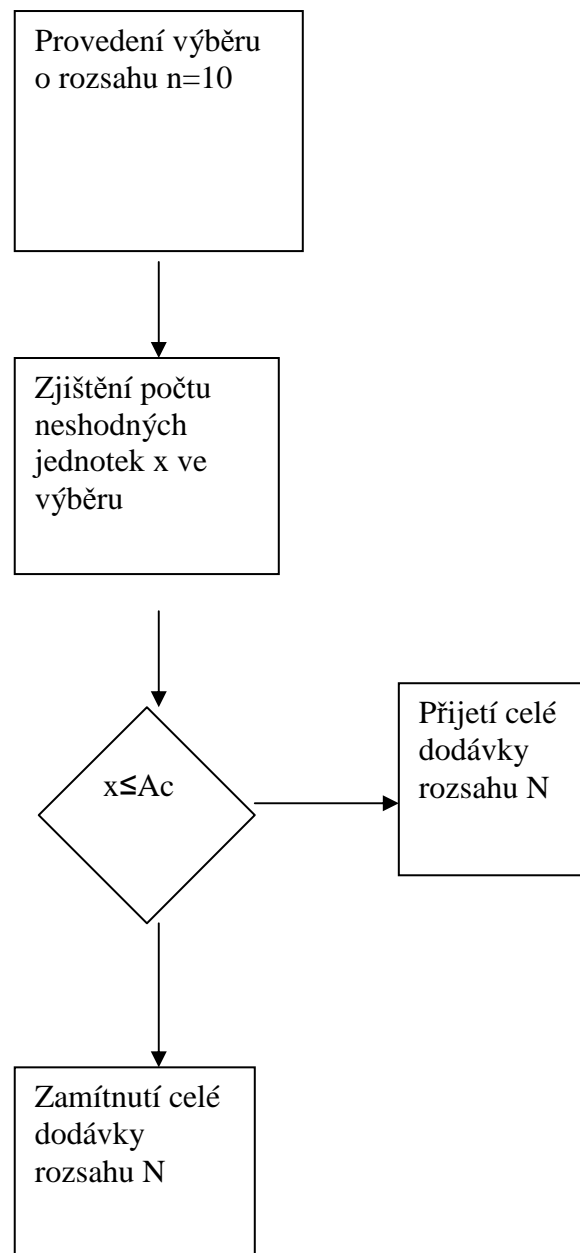
1. Jako počátek volíme výběr rozsahu $n = 10$ kusů.



2. V tomto počtu kusů zjistíme měřením počet neshodných kusů x



3. Rozhodneme zda je počet neshodných kusů menší nebo roven přijímacímu číslu A_c a zda bude dávka přijata nebo zamítnuta.



Závěr: V závěru je zobrazen celý vývojový diagram, který obsahuje kompletní postup od začátku. Postup značení pořadí vývoje od provedení náhodného výběru n kusů, dále zjištění počtu neshodných kusů. Poté je rozhodnuto podle kritéria (počet neshodných kusů x musí být menší nebo roven stanovenému přijímacímu číslu A_c) o přijetí nebo zamítnutí dodávky. Obě dvě varianty jsou dále v diagramu zaznamenány.

8 BODOVÉ (KORELAČNÍ) DIAGRAMY

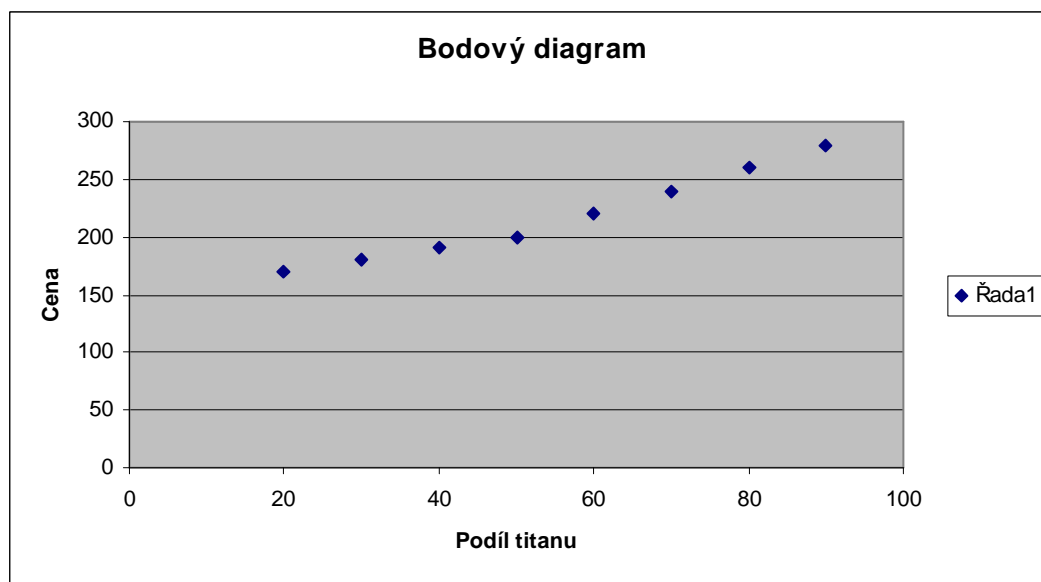
Zadání: Firma XY vyrábí součástky s určitým podílem titanu a prodává je za určitou cenu. Podíl titanu se mění a zároveň se mění i cena dané součástky. Určete charakteristiku těchto veličin a vypočítejte výběrovou kovariaci a výběrový koeficient korelace.

Řešení: Podíl titanu označíme jako X , a cenu součástky Y . Tyto hodnoty zaneseme do tabulky. Hodnoty v druhém a třetím sloupci tabulky tvoří dvourozměrný datový soubor.

i	X_i	Y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	20	170	400	28900	3400
2	30	180	900	32400	5400
3	40	190	1600	36100	7600
4	50	200	2500	40000	10000
5	60	220	3600	48400	13200
6	70	240	4900	57600	16800
7	80	260	6400	67600	10800
8	90	280	8100	78400	25200
Σi	440	1740	28400	389400	92400

Tab. 16 Podíl titanu a cena součástky

Hodnoty X a Y znázorníme v korelačním diagramu



Obr. 11 Diagram závislosti ceny na podílu titanu

Ze zobrazení dat je patrné, že nejsou mezi nimi extrémní vybočující hodnoty, které bychom mohli z dalšího zpracování vyloučit, neboť by výsledky výpočtů znehodnocovaly. Dále je zřejmé, že data jsou těsně seskupena kolem přímky. Pak má smysl počítat výběrový koeficient korelace, který bude dosti blízký k jedné.

Nejdříve vypočítáme výběrové průměry X_s a Y_s

$$X_s = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i = 440/8 = 55$$

$$Y_s = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Y_i = 1740/8 = 217,5$$

Poté vypočítáme výběrové rozptyly S_x^2 a S_y^2

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n \cdot X_s^2 \right] = 1/7 \cdot [28400 - 8 \cdot (440/8)^2] = 600$$

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n \cdot Y_s^2 \right] = 1/7 \cdot [389400 - 8 \cdot (1740/8)^2] = 1564,3$$

Výběrové směrodatné odchylky S_x a S_y určíme z výběrových rozptylů jejich odmocněním

$$S_x = \sqrt{S_x^2} = \sqrt{600} = 24,5$$

$$S_y = \sqrt{S_y^2} = \sqrt{1564,3} = 39,55$$

Výběrovou kovariaci vypočítáme ze vztahu:

$$C_{XY} = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \frac{n X_s \cdot Y_s}{n} \right] = 1/7 [92400 - 8 \cdot (55 \cdot 217,5)] = 1/7 \cdot (-3300) = -471,4$$

Výběrový koeficient korelace:

$$r_{XY} = C_{XY} / S_x S_y \quad r_{XY} = -471,4 / (24,5 \cdot 39,55) = 0,487$$

Závěr: Ze získaných hodnot výběrového koeficientu korelace plyne, že jeho absolutní hodnota je blízká k jedné. Z toho plyne, že mezi podílem titanu a cenou je silnější lineární vazba. Protože znaménko je záporné, jsou poměr titanu a cena součástí vzájemně korelovány. To značí, že čím je poměr titanu větší, tím se dá u součástky s tímto vyšším poměrem očekávat vyšší cena a naopak. Tato závislost je dobře patrna z korelačního diagramu na obr. .

9 ISHIKAWA DIAGRAM

Zadání : Vypracujte Ishikawa diagram pro následující případy problémů

- vysoká spotřeba pohonných hmot
- kolísání délky řezaných kusů

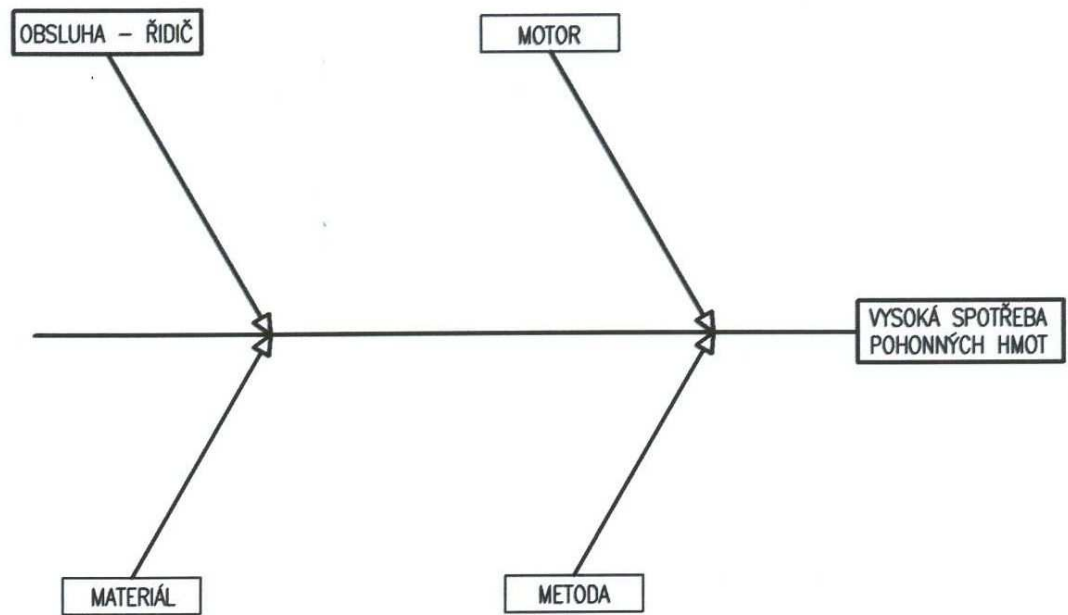
Vypracování 1:

1. Jako jednoznačný problém je definována vysoká spotřeba pohonných hmot.
2. Jsou definovány hlavní příčiny následku. Jsou to: obsluha automobilu-řidič, motor,materiál,metoda jízdy.
3. U každé hlavní příčiny jsou definovány další subpříčiny:
 - obsluha automobilu-řidič: rychlá jízda, styl jízdy, přívěs, tlak v pneu
 - motor: teplota, mazání, příprava směsi, sytič
 - materiál: vzorek pneu, teplota okolí, stáří oleje, kvalita paliva
 - metoda jízdy: chybný odečet, chybný zápis, chybné měřidlo

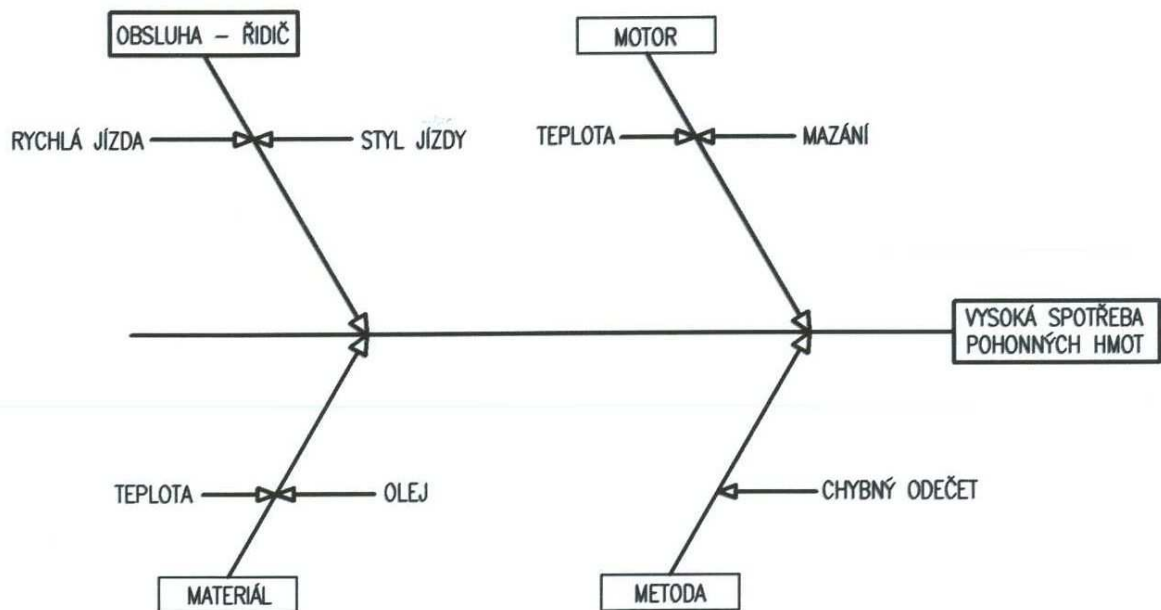
Z těchto dat jsou poté vyhotoveny diagramy na obrázcích ...

Závěr: Z vytvořených diagramů lze vyhledat příčinu, která vede ke zvýšené spotřebě paliva.

SPOTŘEBA PALIVA

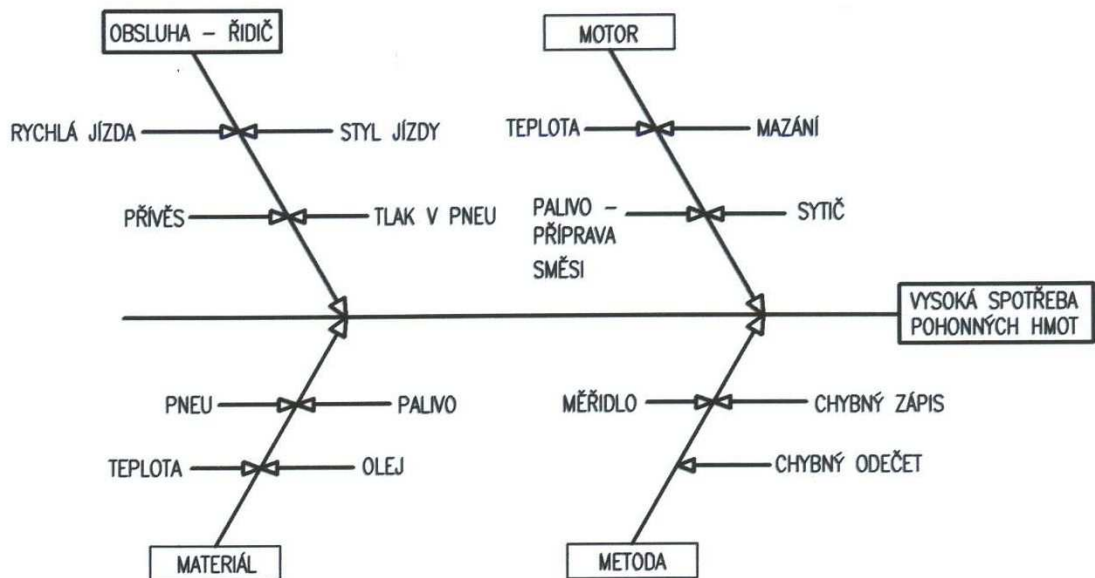


SPOTŘEBA PALIVA



Obr. Spotřeba paliva

SPOTŘEBA PALIVA



Obr. Spotřeba paliva

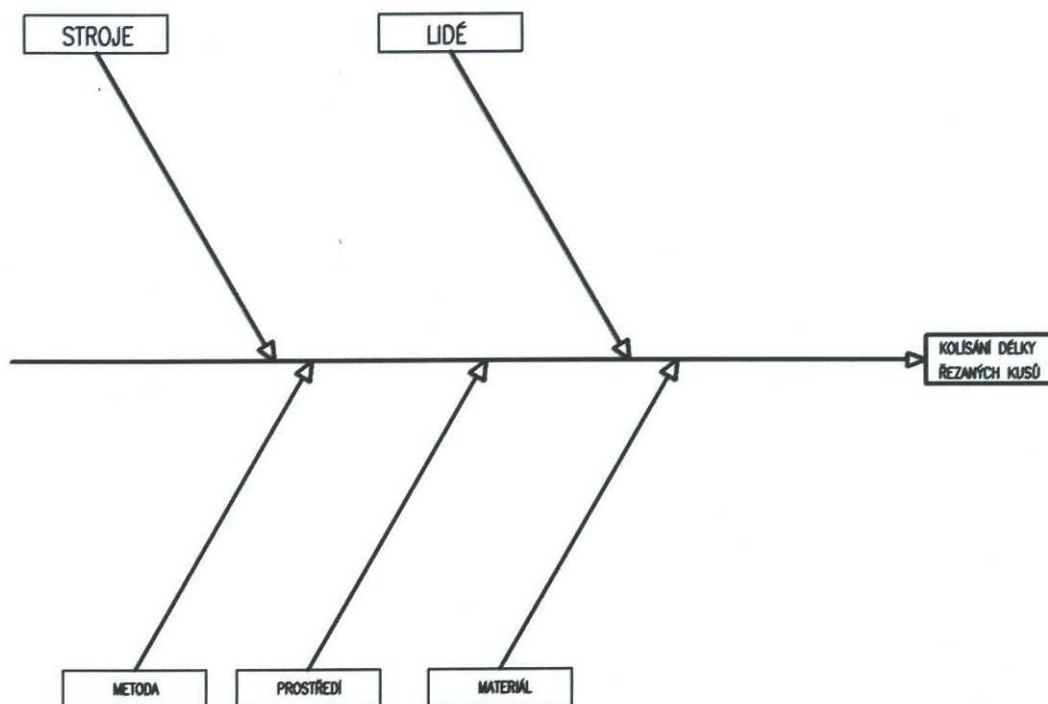
Vypracování 2:

1. Jako jednoznačný problém je definováno kolísání délky řezaných kusů.
2. Jsou definovány hlavní příčiny následku. Jsou to: stroje, lidé, metoda, prostředí, materiál.
3. U každé hlavní příčiny jsou definovány další subpříčiny:
 - stroje: údržba, nedostatek přesných strojů, zastaralé stroje
 - lidé: nedostatek komunikace, měnící se obsluha, nedostatečné vyškolení
 - materiál: kvalita oceli, teplota oceli klesá
 - metoda: rychlost pásu není konstantní, obsluha nemá přímou kontrolu, nevhodný druh oceli

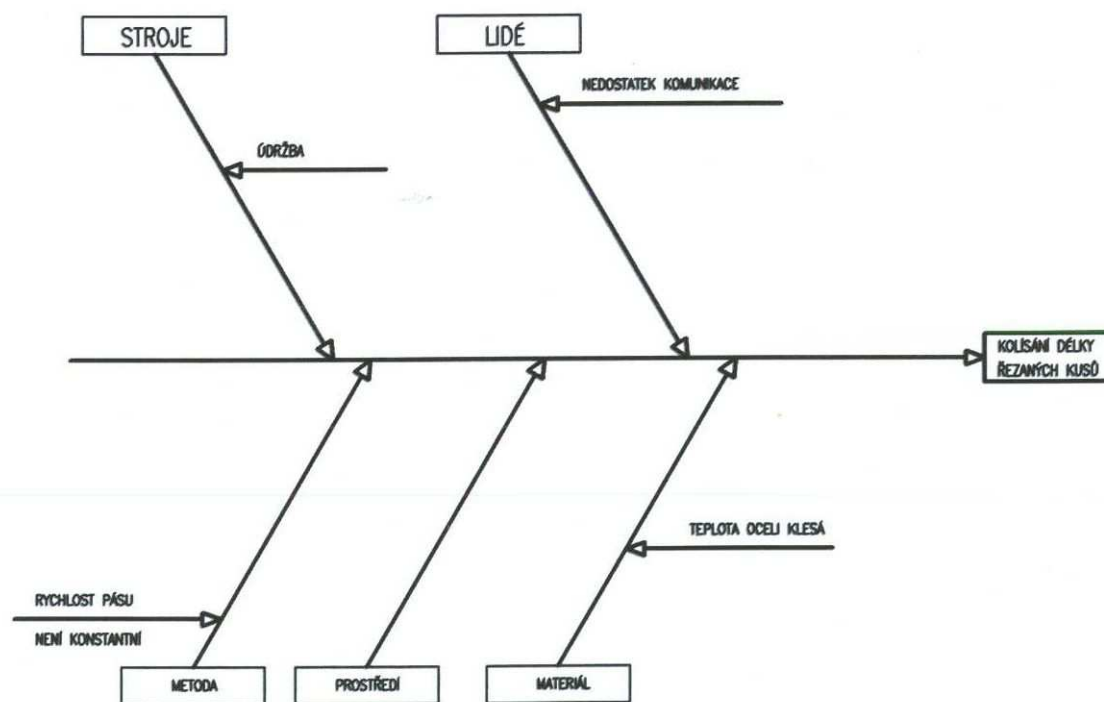
Z těchto dat jsou poté vyhotoveny diagramy na obrázcích ...

Závěr: Z vytvořených diagramů lze vyhledat příčinu, která vede ke kolísání délky řezaných kusů

DODRŽENÍ DÉLKY ŘEZANÝCH KUSŮ

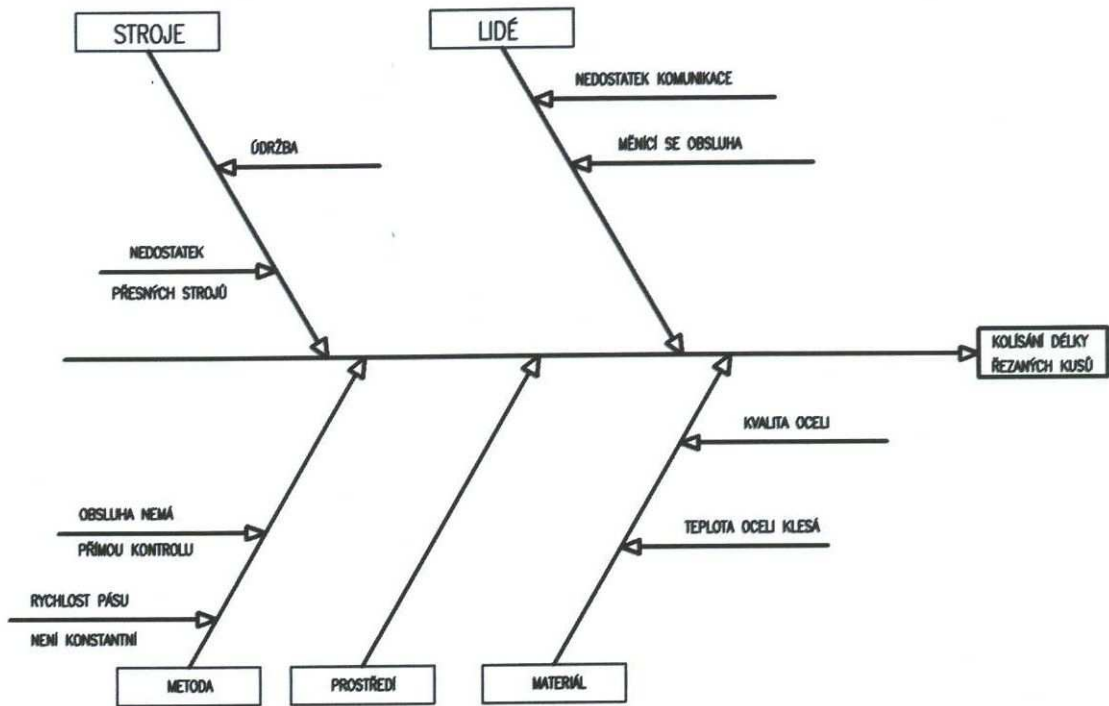


DODRŽENÍ DÉLKY ŘEZANÝCH KUSŮ

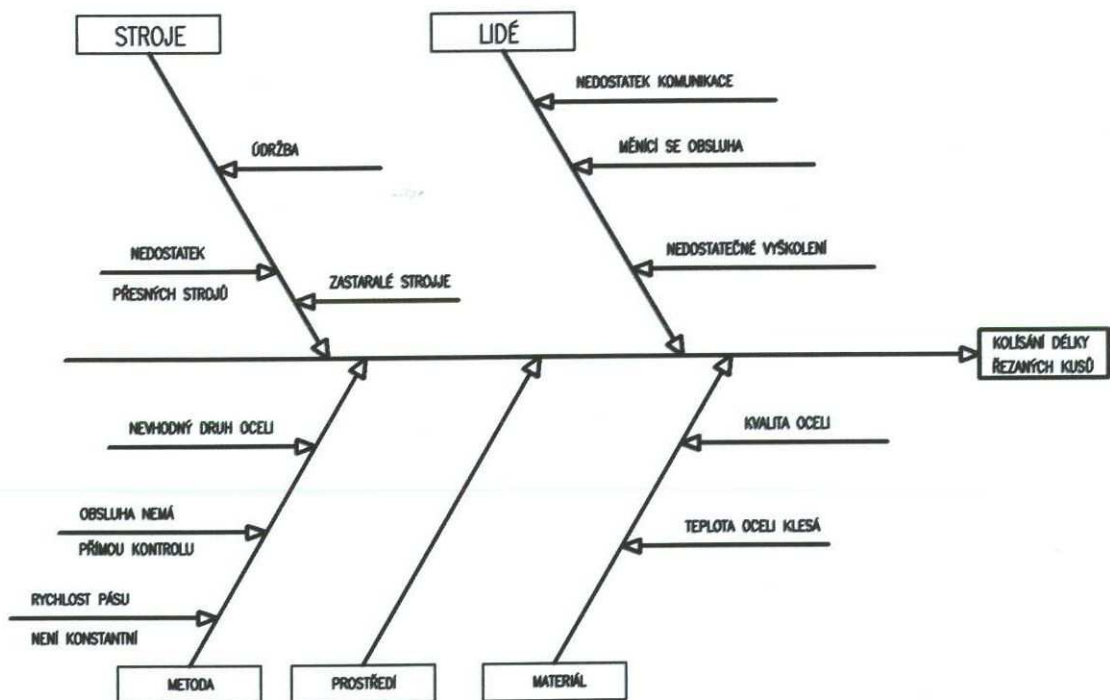


Obr. Dodržení délky řezaných kusů

DODRŽENÍ DÉLKY ŘEZANÝCH KUSŮ



DODRŽENÍ DÉLKY ŘEZANÝCH KUSŮ



Obr. Dodržení délky řezaných kusů

10 PARETOVA ANALÝZA

Zadání:

Pomocí Paretovy analýzy proveďte analýzu časových a kusových ztrát dle záznamů firmy zabývající se výrobou čepů. Data jsou zpracována v tabulce sumárně za celou směnu.

Vypracování:

Data sepíšeme do tabulky, jednotlivým vadám přiřadíme pořadové písmenko.

K uvedeným problémům do tabulky připišeme počet vad a dobu stání stroje.

Položka	Druh vady	Počet vad	Doba stání stroje
A	Ulomený nůž	14	2min
B	Vypnutí stroje ze zdroje	2	3min
C	Ulomení výrobku	9	1min
D	Zastavení stroje programem	3	5min
E	Zastavení stroje vlivem vyplého chlazení	11	2min
F	Špatně zadané korekce vlivem obsluhy	6	1min
G	Neidentifikovatelné zastavení a restart	1	2min
H	Nedodržená tolerance rozměrů	23	2min
I	Poškrábání dílce	16	1min
J	Rýha v polotovaru	13	1min
K	Prázdný podavač	20	1min
L	Zastavení podavače	7	3min
M	Odchod obsluhy stroje	8	3min
N	Čištění stroje od třísek	22	3min
O	Chybějící operace - jehlení	24	1min

Tab. 16 Tabulka počtu vad a doby stání stroje

Pořadí	Položka	Počet vad	Kumulovaný počet vad	Kumulovaný počet vad [%]
1	O	24	24	13,4
2	H	23	47	26,2
3	N	22	69	38,5
4	K	20	89	49,7
5	I	16	105	58,6
6	A	14	119	66,4
7	J	13	132	73,6
8	E	11	143	79,8
9	C	9	152	84,8
10	N	8	160	89,3
11	L	7	167	93,2
12	F	6	173	96,6
13	D	3	176	98,3
14	B	2	178	99,4
15	G	1	179	100

Tab. 17 Tabulka vad seřazená podle jejich četnosti

Pořadí	Položka	Čas stání stroje	Kumulovaná suma stání stroje	Kumulovaná suma stání stroje [%]
1	D	5	5	16,1
2	N	3	8	25,7
3	M	3	11	35,4
4	L	3	14	45,1
5	B	3	17	54,8
6	H	2	19	61,3
7	A	2	21	67,8
8	E	2	23	74,3
9	G	2	25	80,8
10	O	1	26	84
11	K	1	27	87,2
12	I	1	28	90,4
13	J	1	29	93,6
14	C	1	30	96,8
15	F	1	31	100

Tab. 18 Tabulka vad seřazená dle času stání stroje

Pokud uspořádáme vady dle jejich četnosti, dostaneme následující výsledky:

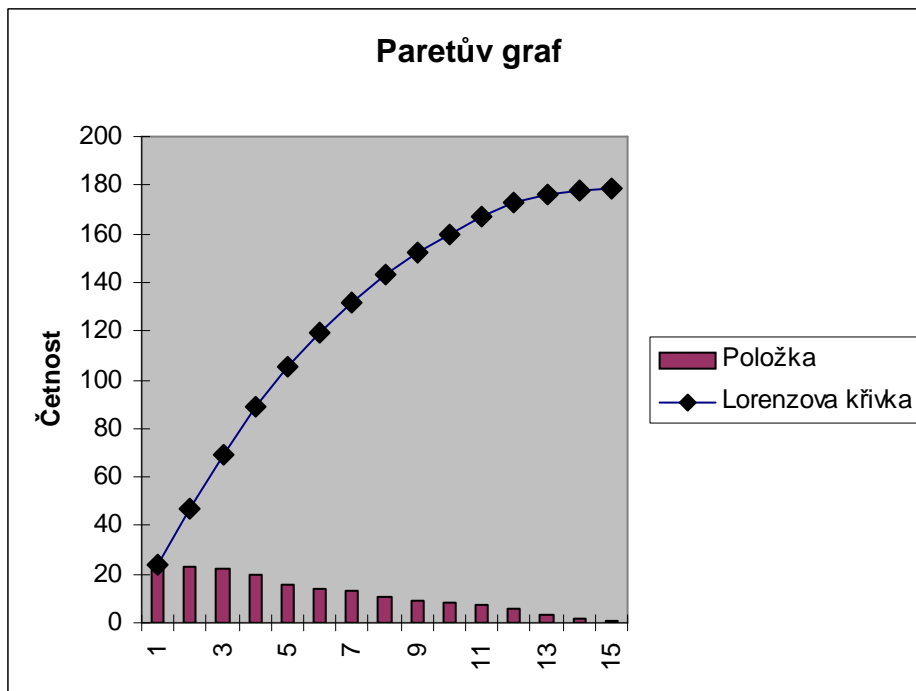
- odstraněním vad O,H,N a K odstraníme zhruba 50% všech vad
- odstraněním vad O,H,N,K,I,A,J a E odstraníme zhruba 80% všech vad

Přitom nejvíce vyskytující se vadou je vada O – chybějící operace-jehlení.

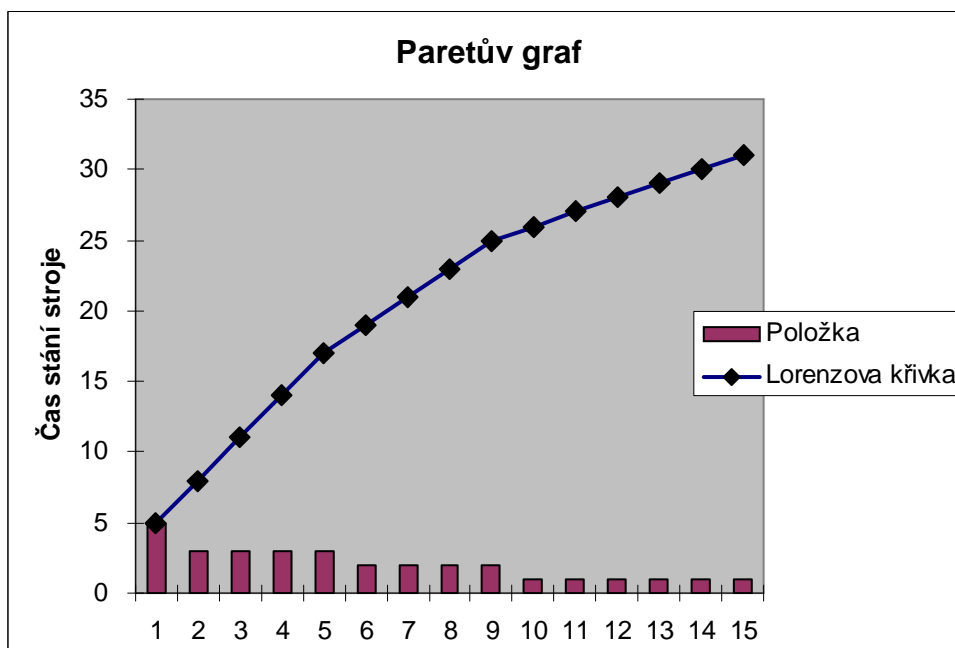
Pokud uspořádáme vady dle nákladů na odstranění, dostaneme následující výsledky:

- odstraněním vad D,N,M a L odstraníme zhruba 50% času stání stroje
- odstraněním vad D,N,M,L,B,H,A, a E odstraníme zhruba 80% času stání stroje

Přitom nejvíce času, kdy stroj stojí způsobuje vada D – zastavení stroje programem.



Obr. 12 Paretův graf dle četnosti vad



Obr. 13 Paretův graf seřazených dle času stání stroje

Závěr:

Pomocí Paretovy analýzy jsem provedl analýzu časových a kusových ztrát .
 K vytvoření grafu jsem vytvořil a použil uspořádanou tabulku vad dle jejich četnosti a dle času stání stroje. K oběma tabulkám jsem zpracoval Paretův graf. Pokud bychom u případu

četnosti vad odstranili vady O, H, N a K odstranili bychom zhruba 50% všech vad. Pokud bychom odstranili i vady O, H, N, K, I, A, J a E odstranili bychom 80% všech vad.

U případu stání stroje bychom odstraněním vad D, N, M a L ušetřili 50% stání stroje. Pokud bychom odstranili i vady D, N, M, L, B, H, A a E ušetřili bychom 80% času kdy stroj nepracuje.

11 HISROGRAMY

Zadání: Analyzujte přesnost a stabilitu výkonu stroje který vyrábí čep o průměru $35,0 \pm 0,1$ mm a délce $60 \pm 0,1$ mm. Proveďte 100 měření dílců odebraných ze stroje v průběhu celé jeho pracovní směny a z naměřených hodnot sestavte tabulku. Dále určete variační rozpětí souboru R. Stanovte šíře intervalů, jejich hranice a jejich středy, poté sestavte tabulku četností. Nakonec sestrojte samotný histogram.

Vypracování:

Pořadové číslo výrobku	Naměřené hodnoty									
1.-10.	35,01	34,99	35,03	35,01	34,97	34,95	34,95	35,01	35	34,99
11.-20.	34,98	35,06	34,96	34,95	35,02	34,9	34,99	34,98	34,98	35,03
21.-30.	34,95	35,05	35,03	34,98	34,98	35,01	35,01	34,99	34,97	35,01
31.-40.	34,95	34,95	34,95	34,99	34,99	35	34,96	34,92	35,04	35
41.-50.	34,96	35,01	35	35,04	35,1	34,98	35,06	35,02	35,06	34,98
51.-60.	35,05	35,06	34,98	34,98	35,01	34,99	34,97	35,06	35,04	34,94
61.-70.	35	34,96	35,05	34,96	34,95	35,02	34,96	35,04	34,95	35,03
71.-80.	35,03	35	34,92	35,06	34,99	35,06	34,93	34,98	34,99	34,96
81.-90.	34,97	34,99	35,06	35,01	35,01	35,07	35,05	34,99	35	34,99
91.-100.	34,98	34,98	35	34,99	34,98	34,94	35,02	35,06	34,98	35

Tab. 19 Naměřené hodnoty

Výpočet variačního rozpětí souboru R:

$$R = x_{\max} - x_{\min}, \text{ tj. } R = 35,09 - 34,91 = 0,18$$

Stanovení šíře intervalu h:

$$k = 5 \log n$$

$$k = 5 \cdot \log 100 = 10$$

Počet intervalů volím 10

$$h = R/k$$

$$h = 0,18: 10 = 0,018$$

Stanovení hranice intervalu:

$$x_{\min} = 34,90\text{mm} \quad x_{D1} + h = x_{H1}, \quad 34,90 + 0,019 = 34,918, \quad x_{H1} = 34,918\text{mm}$$

$$x_{D2} + h = x_{H1}, \quad 34,919 + 0,019 = 34,937, \quad x_{H2} = 34,937\text{mm}$$

$$x_{D3} + h = x_{H1}, \quad 34,939 + 0,019 = 34,956, \quad x_{H3} = 34,956\text{mm}$$

$$x_{D4} + h = x_{H1}, \quad 34,957 + 0,019 = 34,975, \quad x_{H4} = 34,975\text{mm}$$

$$x_{D5} + h = x_{H1}, \quad 34,976 + 0,019 = 34,994, \quad x_{H5} = 34,994\text{mm}$$

$$x_{D6} + h = x_{H1}, \quad 34,995 + 0,019 = 35,013, \quad x_{H6} = 35,013\text{mm}$$

$$x_{D7} + h = x_{H1}, \quad 35,014 + 0,019 = 35,032, \quad x_{H7} = 35,032\text{mm}$$

$$x_{D8} + h = x_{H1}, \quad 35,033 + 0,019 = 35,051, \quad x_{H8} = 35,051\text{mm}$$

$$x_{D9} + h = x_{H1}, \quad 35,052 + 0,019 = 35,07, \quad x_{H9} = 35,07\text{mm}$$

$$x_{D10} + h = x_{H1}, \quad 35,071 + 0,019 = 35,09, \quad x_{H10} = 35,09\text{mm}$$

$$x_{\max} = 35,09\text{mm}$$

Číslo řady	Interval (třída)	Střed intervalu z	Četnost n
1	34,90-34,918	34,909	1
2	34,919-34,937	34,928	3
3	34,938-34,956	34,947	11
4	34,957-34,975	34,966	11
5	34,976-34,994	34,985	27
6	34,995-35,013	35,004	19
7	35,014-35,032	35,023	8
8	35,033-35,051	33,042	8
9	35,052-35,07	35,061	10
10	35,071-35,09	35,08	2

Tab. 20 Tabulka četností

Stanovení středů intervalů:

$$(x_{D1} + x_{H1})/2 = z, 34,90 + 34,918 = 34,909, z_1 = 34,909 \text{ mm}$$

$$(x_{D2} + x_{H2})/2 = z, 34,919 + 34,937 = 34,928, z_2 = 34,928 \text{ mm}$$

$$(x_{D3} + x_{H3})/2 = z, 34,938 - 34,956 = 34,947, z_3 = 34,947 \text{ mm}$$

$$(x_{D4} + x_{H4})/2 = z, 34,957 - 34,975 = 34,966, z_4 = 34,966 \text{ mm}$$

$$(x_{D5} + x_{H5})/2 = z, 34,976 - 34,994 = 34,985, z_5 = 34,985 \text{ mm}$$

$$(x_{D6} + x_{H6})/2 = z, 34,995 - 35,013 = 35,004, z_6 = 35,004 \text{ mm}$$

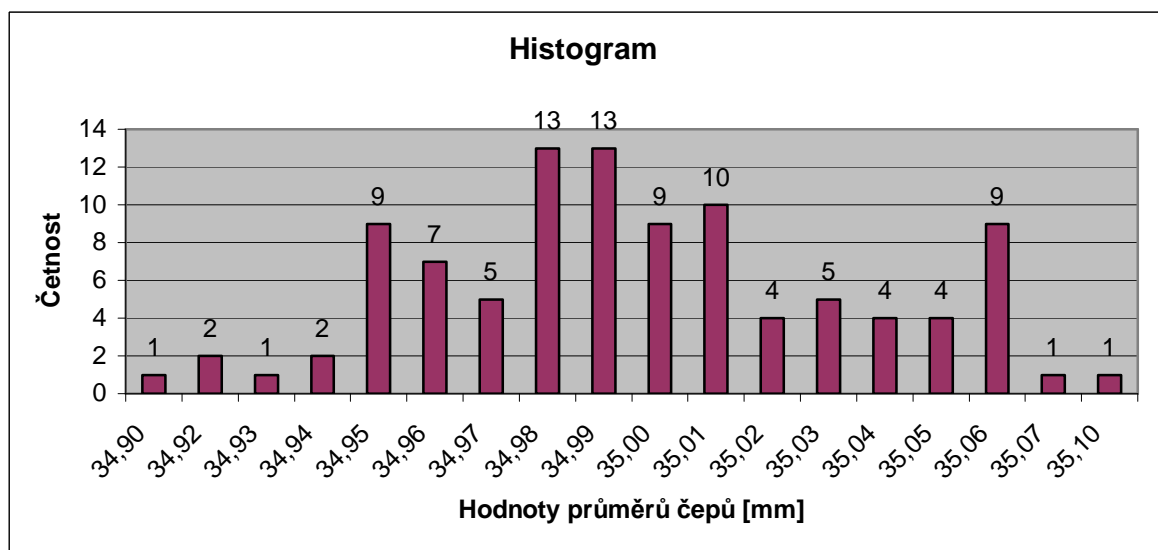
$$(x_{D7} + x_{H7})/2 = z, 35,014 - 35,032 = 35,023, z_7 = 35,023 \text{ mm}$$

$$(x_{D8} + x_{H8})/2 = z, 35,033 - 35,051 = 33,042, z_8 = 33,042 \text{ mm}$$

$$(x_{D9} + x_{H9})/2 = z, 35,052 - 35,07 = 35,061, z_9 = 35,061 \text{ mm}$$

$$(x_{D10} + x_{H10})/2 = z, 35,071 - 35,09 = 35,08, z_{10} = 35,08 \text{ mm}$$

3. Histogram pro řešený případ:



Obr. 14 Histogram

Závěr: Z naměřených hodnot jsem nejprve vytvořil tabulku. Jako první jsem vypočítal variační rozpětí souboru R a poté stanovil šíři intervalu h. Pomocí těchto hodnot jsem stanovil hranice intervalů a jejich střední hodnoty. V výsledné hodnoty jsem zanesl do tabulky četností poté jsem sestavil samotný histogram. Z histogram vyplývá, že stroj

vyrábí daný rozměr přesně a stabilně v požadované toleranci, drobné odchylky mohou být způsobeny chybou v měření. Proto stroj není třeba seřizovat nebo nějak upravovat, jen dodržovat běžnou údržbu.

12 SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY

Zadání: Analyzujte rozměry dílců vyrobené strojem CNC a posuďte jak stroj výrobu zvládá, zda vyrábí dílce stabilně v požadované toleranci nebo pokud ne, tak zjistěte co tyto výchytky způsobuje. Z výsledků analýzy se pokuste navrhnout opatření které by mohlo daný problém vyřešit.

Vypracování:

1. Příklad:

Č. podsk.	Naměřené hodnoty				x	R
1	10,43	10,41	10,42	10,43	10,423	0,02
2	10,42	10,42	10,43	10,43	10,425	0,01
3	10,42	10,43	10,43	10,43	10,428	0,01
4	10,42	10,43	10,4	10,43	10,42	0,03
5	10,41	10,44	10,4	10,43	10,42	0,04
6	10,43	10,4	10,42	10,41	10,415	0,03
7	10,44	10,4	10,39	10,41	10,41	0,05
8	10,41	10,42	10,42	10,43	10,42	0,02
9	10,38	10,43	10,4	10,4	10,403	0,05
10	10,43	10,43	10,42	10,39	10,418	0,04
11	10,43	10,43	10,39	10,43	10,42	0,04
12	10,42	10,42	10,41	10,41	10,415	0,01
13	10,43	10,43	10,39	10,41	10,415	0,04
14	10,44	10,44	10,42	10,39	10,423	0,05
15	10,43	10,42	10,44	10,45	10,435	0,03
16	10,41	10,45	10,43	10,43	10,43	0,04
17	10,43	10,4	10,43	10,43	10,423	0,03
18	10,43	10,41	10,42	10,43	10,423	0,02
19	10,44	10,42	10,43	10,42	10,428	0,02
20	10,4	10,44	10,45	10,4	10,423	0,05
					x=10,421	R=0,0315

Tab. 21 naměřené hodnoty, střední hodnoty, rozpětí

Výpočet centrální přímkky:

$$CL = \bar{x} = 10,421$$

Výpočet regulačních mezí pro diagram R

$$UCL = D_4 \cdot R = 2,282 \cdot 0,0315 = 0,07188$$

$$LCL = D_3 \cdot R = 0 \cdot 0,0315 = 0 \text{ (nezakresluje se do diagramu).}$$

Pro všechny případy volím součinitele regulační meze $A_2=0,729$, $D_3=0$, $D_4=2,282$

Tyto součinitele volím z tab.

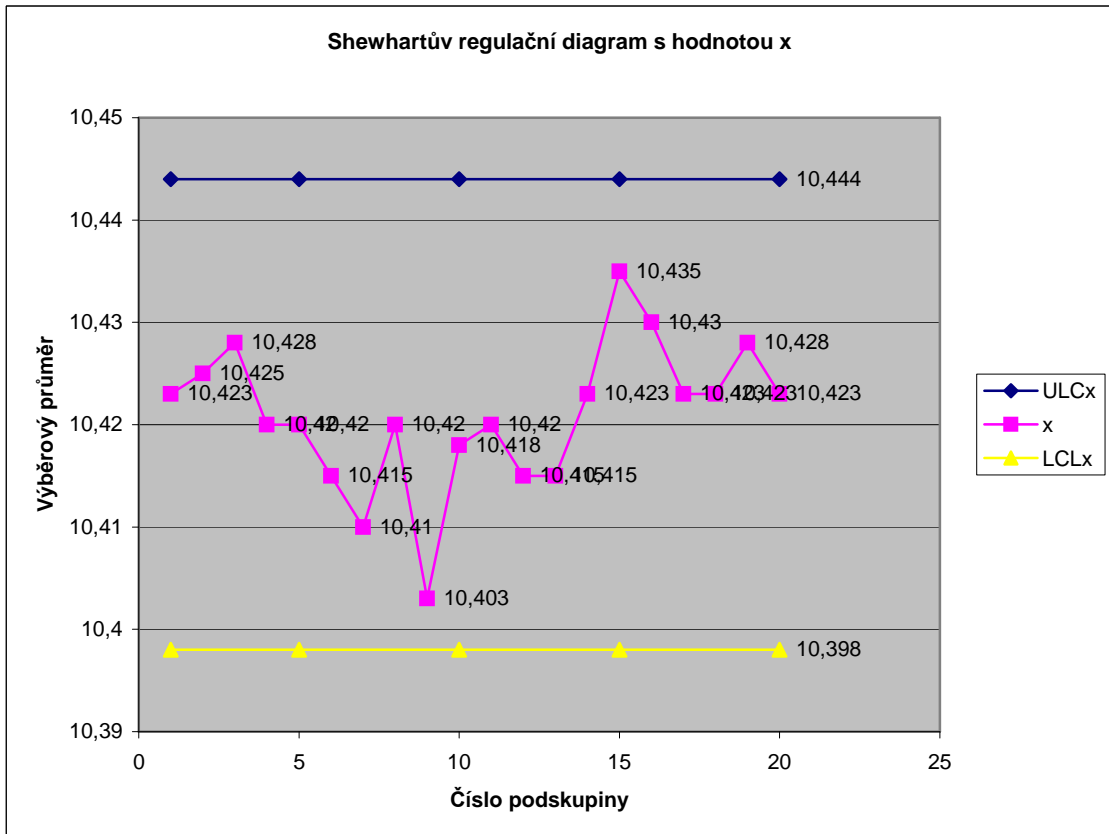
Výpočet centrální přímky

$$CL = \bar{x} = 10,421$$

Výpočet regulačních mezí pro diagram \bar{x}

$$UCL = \bar{x} + A_2 \cdot R = 10,421 + 0,729 \cdot 0,0315 = 10,444$$

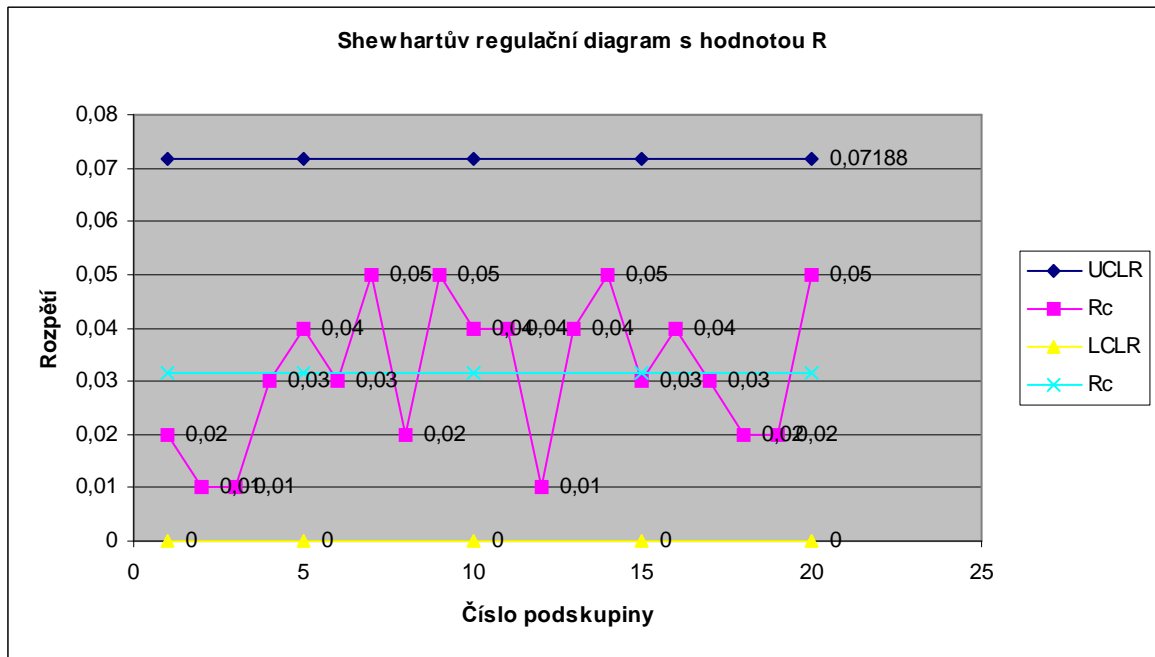
$$LCL = \bar{x} - A_2 \cdot R = 10,421 - 0,729 \cdot 0,0315 = 10,398$$



Obr. 15 shew.diagram pro \bar{x}

	1	5	10	15	20
ULCx	10,444	10,444	10,444	10,444	10,444
\bar{x}	10,421	10,421	10,421	10,421	10,421
LCLx	10,398	10,398	10,398	10,398	10,398
UCLR	0,07188	0,07188	0,07188	0,07188	0,07188
R	0,0315	0,0315	0,0315	0,0315	0,0315
LCLR	0	0	0	0	0

Tab. 22 hodnoty pro diagram



Obr. 16 shew.diagram pro R

Vyhodnocení:

Všechny vypočítané hodnoty spadají do regulačních mezí. Výroba je v rámci tolerované přesnosti a stroj není potřeba seřizovat. Oba diagramy jsou stabilní, což naznačuje, že je vše v pořádku.

2.Příklad:

Č. podsk.	Naměřené hodnoty				x	R
1	10,43	10,42	10,43	10,42	10,425	0,01
2	10,42	10,42	10,43	10,39	10,415	0,03
3	10,44	10,41	10,43	10,43	10,423	0,03
4	10,38	10,39	10,41	10,39	10,39	0,03
5	10,44	10,45	10,4	10,41	10,425	0,05
6	10,42	10,43	10,42	10,43	10,425	0,01
7	10,41	10,42	10,43	10,41	10,418	0,02
8	10,4	10,43	10,43	10,44	10,425	0,04
9	10,45	10,43	10,43	10,38	10,423	0,07
10	10,42	10,44	10,45	10,4	10,428	0,05
11	10,44	10,42	10,39	10,44	10,423	0,05
12	10,43	10,39	10,41	10,43	10,415	0,04
13	10,42	10,41	10,41	10,43	10,418	0,02
14	10,43	10,39	10,43	10,41	10,415	0,04
15	10,43	10,42	10,39	10,43	10,418	0,04
					$\bar{x}=10,42$	$R=0,035$

Tab. 23 naměřené hodnoty, střední hodnoty, rozpětí

$$CL = R = 0,035$$

$$UCL = D_4 \cdot R = 2,282 \cdot 0,035 = 0,08$$

$$LCL = D_3 \cdot R = 0 \cdot 0,035 = 0 \text{ (nezakresluje se do diagramu).}$$

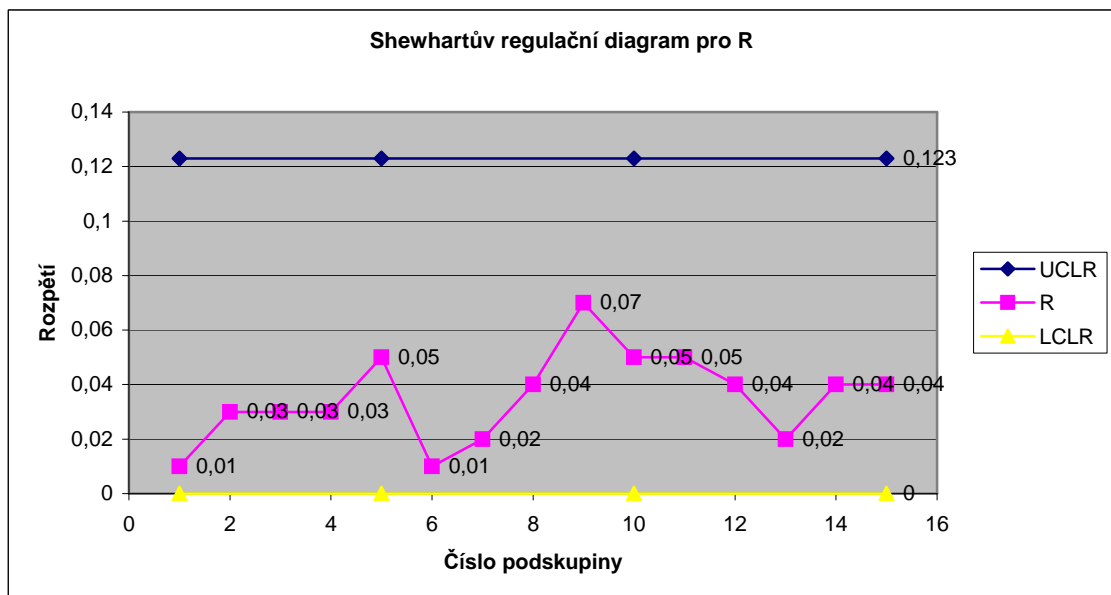
ULCx	10,46	10,46	10,46	10,46
x	10,42	10,42	10,42	10,42
LCLx	10,39	10,39	10,39	10,39
UCLR	0,123	0,123	0,123	0,123
R	0,035	0,035	0,035	0,035
LCLR	0	0	0	0

Tab. 24 hodnoty pro diagram

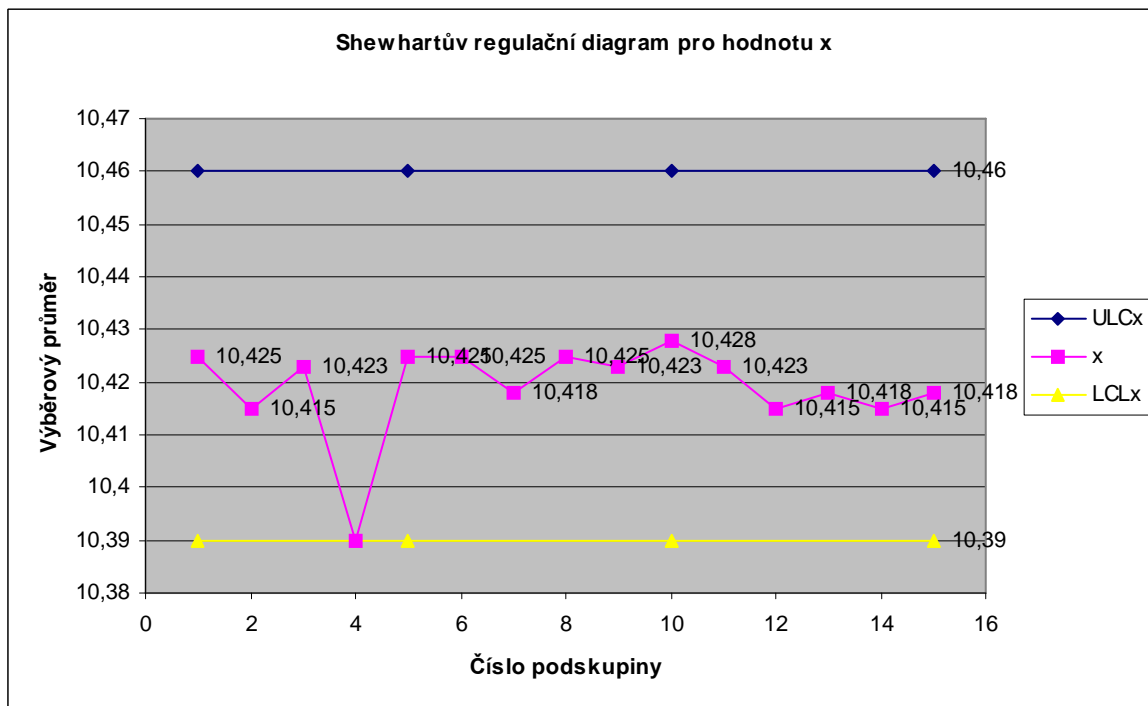
$$CL = x = 10,42$$

$$UCL = x + A_2 \cdot R = 10,42 + 0,729 \cdot 0,035 = 10,46$$

$$LCL = x - A_2 \cdot R = 10,42 - 0,729 \cdot 0,035 = 10,39$$



Obr. 17 shew.diagram pro R



Obr. 18 shew.diagram pro x

Vyhodnocení:

Odchyłka může být způsobena chybou pracovníka, který dané dílce měří nebo změnou měřicího postupu, měřidla.

3.Příklad:

Č. podsk.	Naměřené hodnoty				x	R
1	10,38	10,4	10,39	10,39	10,39	0,02
2	10,39	10,4	10,4	10,39	10,395	0,01
3	10,38	10,4	10,4	10,41	10,398	0,03
4	10,42	10,42	10,39	10,42	10,413	0,03
5	10,43	10,43	10,43	10,44	10,432	0,01
6	10,43	10,42	10,43	10,43	10,428	0,01
7	10,41	10,41	10,43	10,42	10,42	0,02
8	10,42	10,42	10,4	10,42	10,415	0,02
9	10,4	10,41	10,4	10,42	10,408	0,02
10	10,39	10,42	10,38	10,39	10,395	0,04
					x=10,409	R=0,021

Tab. 25 naměřené hodnoty, střední hodnoty, rozpětí

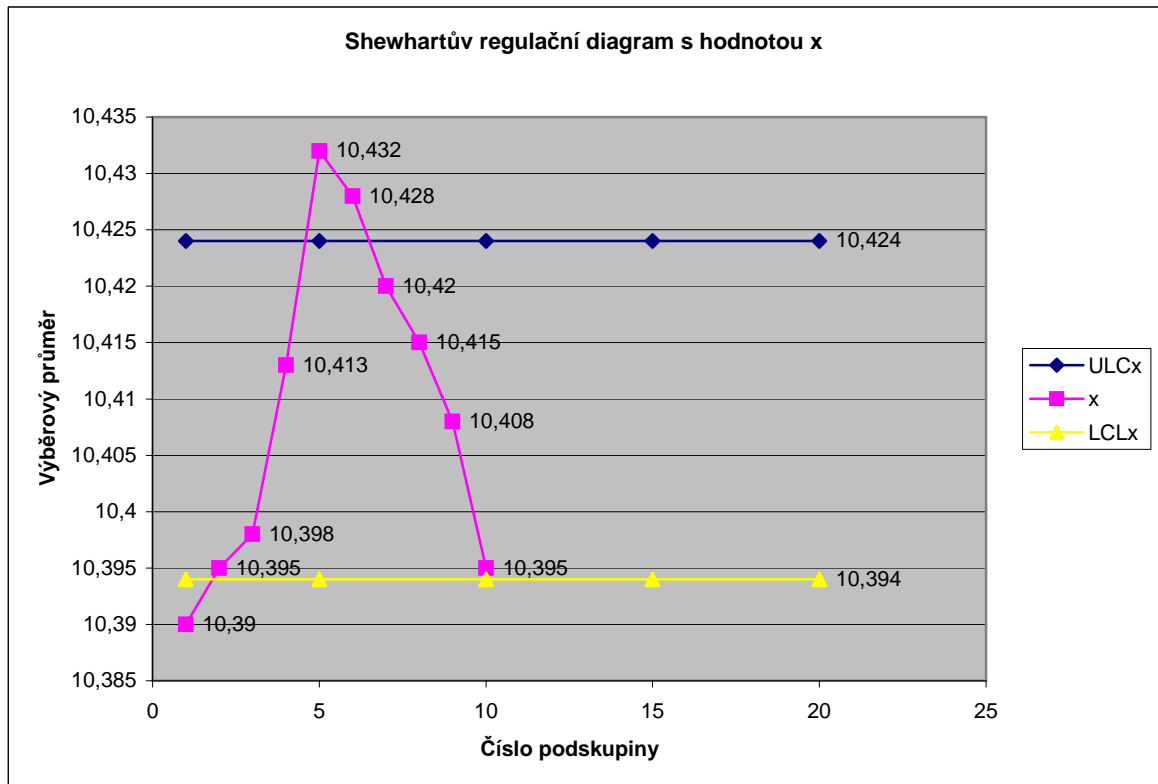
	1	5	10
ULCx	10,424	10,424	10,424
x	10,409	10,409	10,409
LCLx	10,394	10,394	10,394
UCLR	0,048	0,048	0,048
R	0,021	0,021	0,021
LCLR	0	0	0

Tab. 26 hodnoty pro diagram

$$CL = R = 0,021$$

$$UCL = D_4 \cdot R = 2,282 \cdot 0,021 = 0,048$$

$$LCL = D_3 \cdot R = 0 \cdot 0,021 = 0 \text{ (nezakresluje se do diagramu).}$$

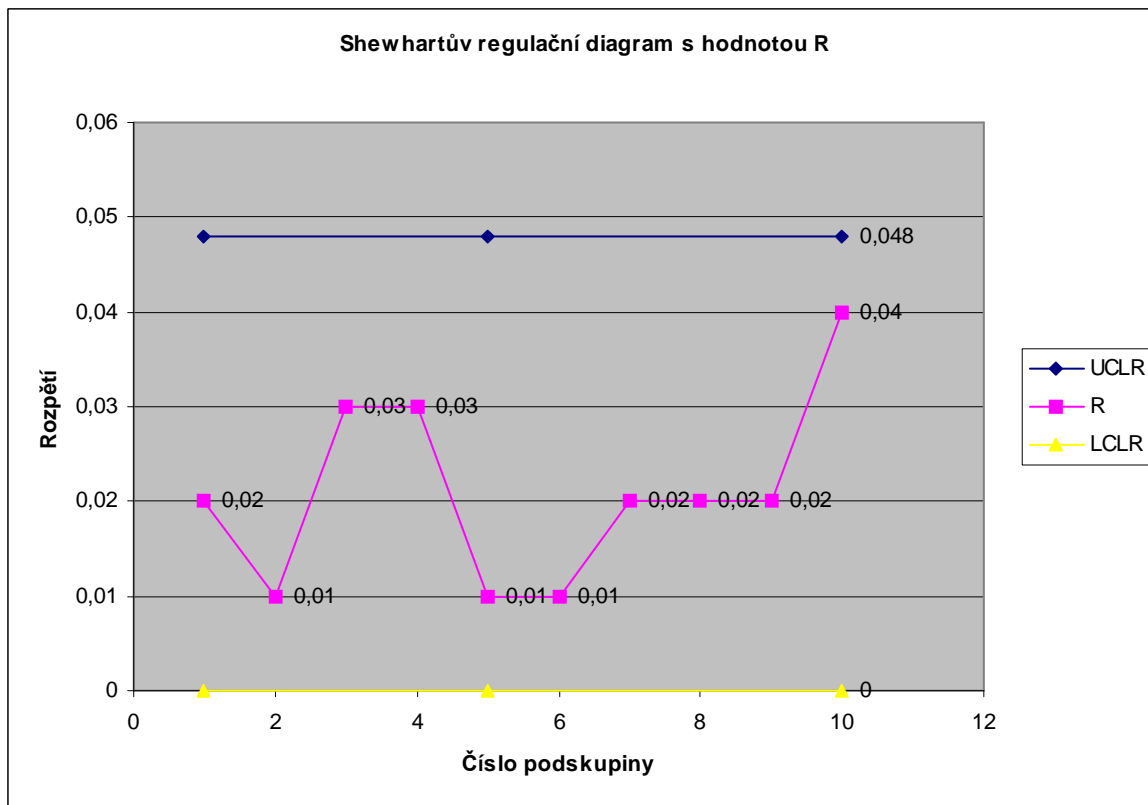


Obr. 19 shew.diagram pro x

$$CL = x = 10,409$$

$$UCL = x + A_2 \cdot R = 10,409 + 0,729 \cdot 0,021 = 10,424$$

$$LCL = x - A_2 \cdot R = 10,409 - 0,729 \cdot 0,021 = 10,394$$



Obr. 20 shew.diagram pro R

Vyhodnocení:

Rostoucí a klesající trend diagramu x naznačuje, že kontrolovaný rozměr se neustále zvětšuje a zmenšuje a po nějakém čase začne stroj produkovat zmetky, je tedy vhodné výrobu seřadit. Tuto rostoucí odchylku může mít za následek otupování břitu nástroje .

4. Příklad:

Č. podsk.	Naměřené hodnoty				x	R
1	10,42	10,42	10,39	10,42	10,413	0,03
2	10,38	10,4	10,4	10,41	10,398	0,03
3	10,38	10,43	10,4	10,4	10,403	0,05
4	10,38	10,39	10,41	10,39	10,39	0,03
5	10,4	10,41	10,4	10,38	10,398	0,03
6	10,4	10,41	10,4	10,42	10,398	0,02
7	10,38	10,4	10,39	10,39	10,39	0,02
8	10,39	10,4	10,4	10,39	10,395	0,01
9	10,38	10,39	10,4	10,4	10,393	0,02
10	10,39	10,42	10,38	10,39	10,395	0,04
					$\bar{x}=10,398$	$R=0,028$

Tab. 27 naměřené hodnoty, střední hodnoty, rozpětí

	1	5	10
ULCx	10,419	10,419	10,419
x	10,398	10,398	10,398
LCLx	10,379	10,379	10,379
UCLR	0,064	0,064	0,064
R	0,028	0,028	0,028
LCLR	0	0	0

Tab. 28 hodnoty pro diagram

$$CL = R = 0,028$$

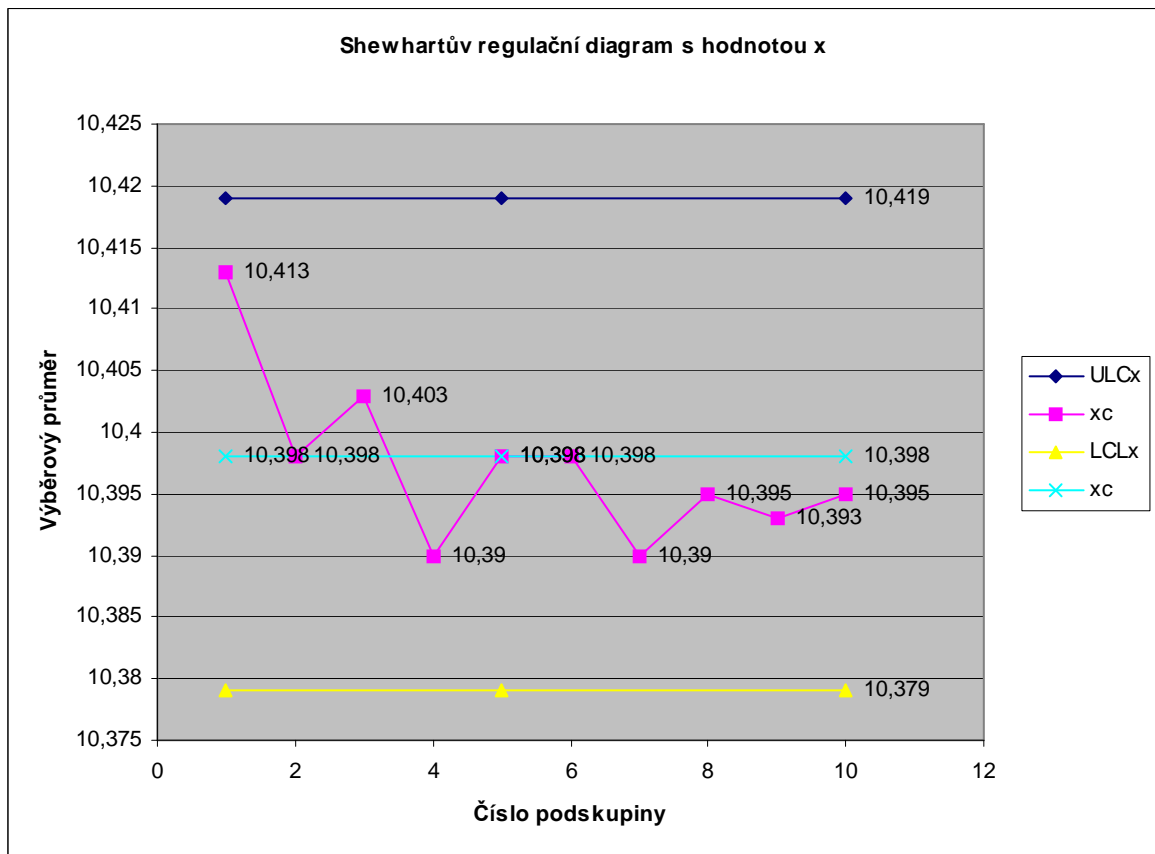
$$UCL = D_4 \cdot R = 2,282 \cdot 0,028 = 0,064$$

$$LCL = D_3 \cdot R = 0 \cdot 0,028 = 0 \text{ (nezakresluje se do diagramu).}$$

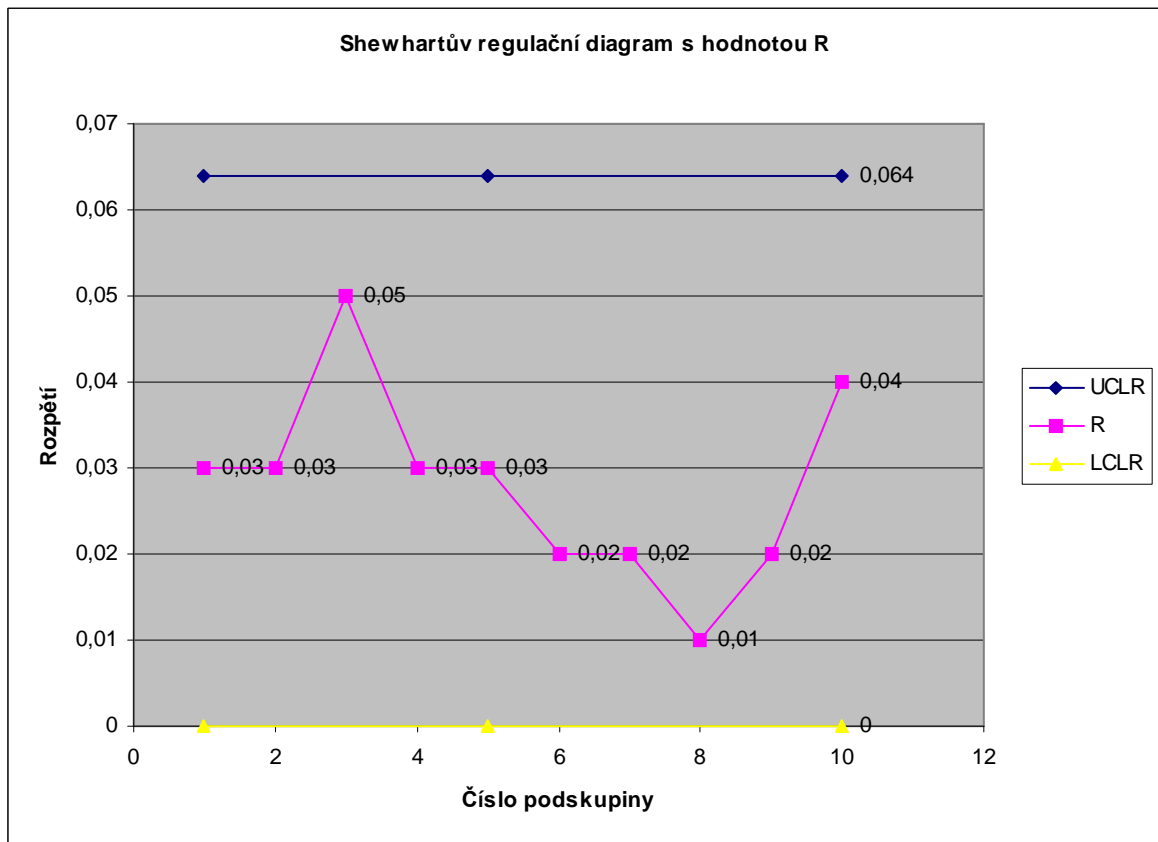
$$CL = x = 10,398$$

$$UCL = x + A_2 \cdot R = 10,398 + 0,729 \cdot 0,028 = 10,419$$

$$LCL = x - A_2 \cdot R = 10,398 - 0,729 \cdot 0,028 = 10,379$$



Obr. 21 shew.diagram pro x



Obr. 22 shew.diagram pro R

Vyhodnocení:

V diagramu dochází k poklesu rozměru výrobků až pod hranici x_c , což může mít za následek výskyt zmetků kvůli nepřesnosti výroby a možné závadě na stroji. Je tedy nutné seřídít stroj co nejpřesněji, popř. uvážit zda je stroj s touto přesností pro tento typ práce vhodný. Jako další příčina může být změna měřidla, způsobu měření nebo změna prvků procesu.

Závěr:

Hodnoty se v Shewartových regulačních diagramech octly pouze v prvním případě. V druhém případě mohly být odchylky způsobené nezkušeností pracovníka nebo nepřesností stroje, který by potřeboval seřídít. Ve třetím případě, kdy byla zaznamenána odchylka s rostoucí tendencí mohlo jít a pozvolné otupování obráběcího nástroje. Ve čtvrtém případě jde o to, že stroj je špatně nastaven a vyrábí nepřesné výrobky.

13 STATISTICKÁ PŘEJÍMKA

Zadání: Rozhodněte o převzetí dodávky.

Dodávka určité součástky, vždy po $N=6000$ ks, se přijímají podle dohodnutého (mezi odběratelem a dodavatelem) přijímacího plánu tak, že se z dodávky vybere náhodně $n=80$ ks a dodávka se převezme, je-li ve výběru nejvýše $x=1$ ks neshodný. Pokud bude dodávka obsahovat pouze shodné kusy, bude přijata vždy.

Dodávka obsahující např. $M=42$ neshodné kusy (tj. podíl $p=M/N=7\%$) už někdy převzata nebude (2 nebo více neshodných kusů se může snadno ocitnout ve výběru) a dodávka, ve které by bylo $M=3000$ ks (tj. 50%) neshodných, už může být převzata jen s velmi nepatrnou pravděpodobností.

Jestliže budeme jakost dodávky posuzovat podle podílu neshodných kusů v ní, tj. $p=M/N$, pak nám teorie pravděpodobnosti umožňuje vyjádřit pravděpodobnost $L(p)$, že dodávka bude převzata, jako funkci podílu p neshodných kusů v dodávce. Tato funkce se nazývá operativní charakteristikou přijímacího plánu (OC) a její průběh ukazuje graf..... Pro $p=0$ má hodnotu $L(p)=1,0$ (převzetí s jistotou) a pro $p>0$ postupně klesá až k nule (to by bylo pro $p=1,000$, tedy pro dodávku složenou pouze ze samých neshodných kusů).

V přijímacím plánu je $L(p)=P(x=0)+P(x=1)$ a pravděpodobnosti $P(x)$ se dají vypočítat přesně pomocí hypergeometrického rozdělení pravděpodobnosti (jde o výběr bez vrácení) nebo, vzhledem k tomu, že $n/N \ll 1$, a nás bude OC zajímat jen pro malé hodnoty $p=M/N$, aproximativně pomocí Poissonova rozdělení ($\lambda=np=n.M/N$).

Operativní charakteristika je znázorněna nagraf a lze z ní odečíst dvě významné hodnoty:

- přípustný podíl neshodných kusů v dodávce $p_1=0,0044$, při kterém je pravděpodobnost nepřevzetí dodávky malá: $\alpha=0,05=5\%$
- nepřípustný podíl neshodných kusů v dodávce $p_2=0,0593$, při kterém je malá pravděpodobnost $\beta=0,05=5\%$, že dodávka bude převzata.

p_1 a menší neprojdou s pravděpodobností α

p_2 a větší projdou s pravděpodobností nejvýše β

Zamítnuté dodávky ovšem obsahují převážnou většinu shodných kusů.

Dodávka s 6% neshodných kusů (tj. 360 z 6000) může projít přejímkou s pravděpodobností cca 4,8%, s pravděpodobností přes 95% nebude převzata, ačkoli je v ní 5640 shodných kusů.

Pokud se neprovádí destruktivní zkouška, tak se pozastavená dodávka zkontroluje celá a neshodné kusy se nahradí shodnými.

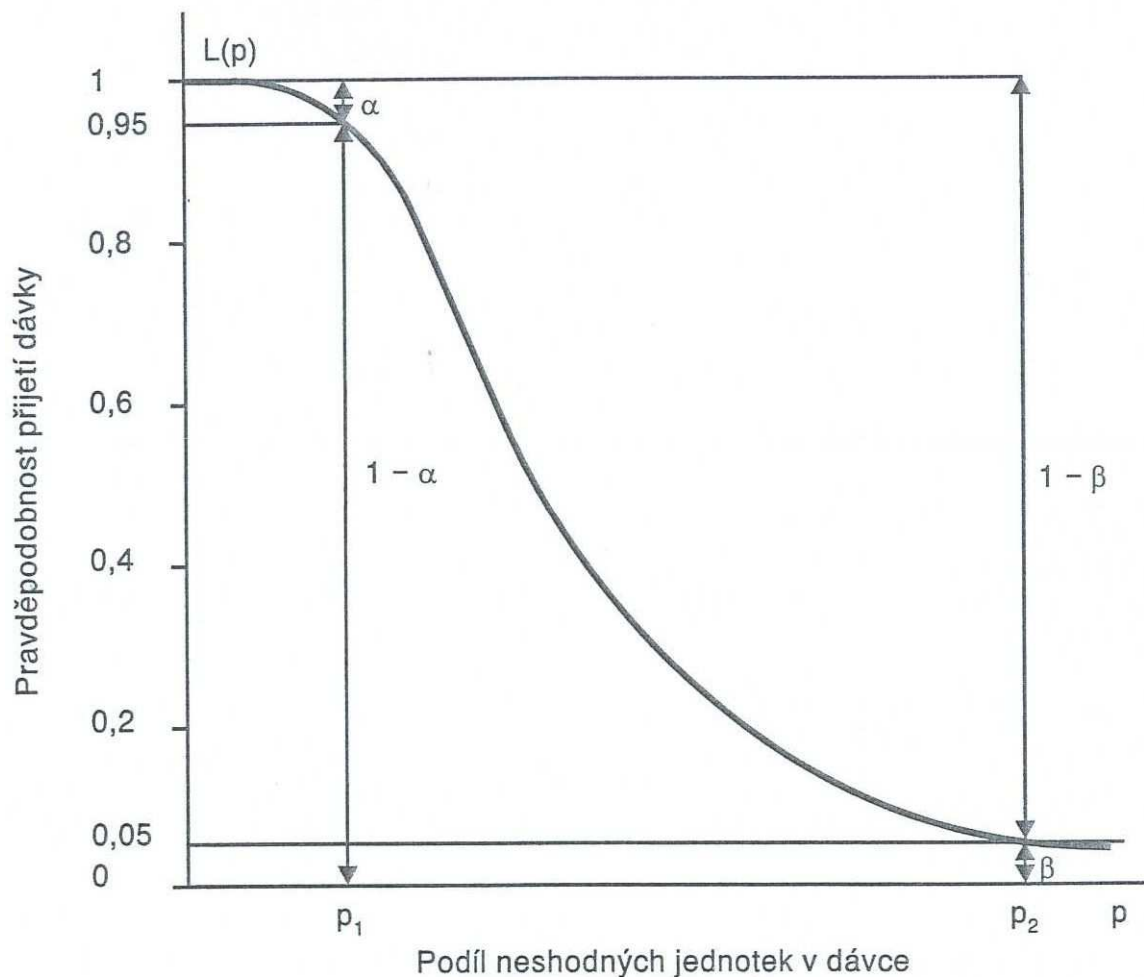
Podíl neshodných kusů: $K(p) = p \cdot L(p)$

Typický průběh je funkce $p \dots$ v obr.

Má své maximum AOQL

$AOQ = (p \cdot N \cdot L(p)) / N = p \cdot L(p)$

$K(p)$: $AOQL = 0,0105$ (pro $p = 0,0202$ - viz obr. Takže při aplikaci neprojde více než 1% neshodných kusů.



Obr. 23 Operativní charakteristika

Příklad:

Zadání:

Rozhodněte o přijetí dodávky součástek 6000 kusů pomocí statistické přejímky.

Z 6000 kusů vyberte 80 které se budou kontrolovat a určete pravděpodobnost přijetí dodávky. Určete počet neshodných kusů v dodávce, pravděpodobnost přijetí a přijímací poměr.

Vypracování:

$$N=6000\text{ks}$$

$$A_c=1$$

$$n=80\text{ks} \dots \text{obsahuje 1 kus neshodný} \dots x=1$$

platí $A_c \geq x \dots \dots$ přijetí celého rozsahu N

Určení pravděpodobnosti přijetí.

$$p = M/N = 1/80 = 0,0125 = 1,25\%$$

Počet neshodných kusů v dodávce: 1% = 60 kusů, 1,25% = 75 neshodných kusů

$$p = 0, \dots L(p) = 1,00$$

$p = 0 \dots$ všechny kusy shodné (dobré)

$p = 1 \dots$ všechny kusy neshodné (vadné)

Vzhledem $n/N < 0,1 \dots 0,0133 < 0,1 \Rightarrow$ operativní charakteristika OC jen pro malé hodnoty

$$p = M/N$$

$$\lambda = n \cdot p = n \cdot M/N = 80 \cdot (1/80) = 1$$

Odběratel stanovil $\alpha = 0,05 = 5\%$; přípustný podíl neshodných kusů v dodávce- $p_1 = 0,0044$

Dodavatel stanovil $\beta = 0,05 = 5\%$; nepřípustný podíl neshodných kusů v dodávce- $p_2 = 0,0593$

$$L(p) = 1 - \beta(p_1) = 1 - 0,0044$$

$$L(p) = 0,9956$$

$$K(p) = p \cdot L(p) = 0,0125 \cdot 0,9956 = 0,0124$$

$$\text{Přejímací poměr } A_c/n = 1/80 = 0,0125$$

Závěr:

Neshodných kusů je v dodávce 75 a s pravděpodobností 1,25% bude dodávka převzata.

Poměr přijetí dodávky je $A_c = 0,0125$.

14 QUALITY JOURNAL

Zadání: Identifikujte pomocí základních metod jakosti problém, který vznikl při výrobě čepu o rozměrech $12,0 \pm 0,1$ mm. Problém Identifikujte, sledujte a proveďte analýzu. Poté navrhnete opatření, realizujte jej a zkontrolujte. Na konec vyhotovte krátký formulář o daném problému. Tento problém analyzujte a navrhnete opatření která zabrání dalšímu výskytu tohoto problému.

Vypracování:

1. **Identifikace problému:** U vyráběného čepu, který je vyráběn ve dvou směnách, dochází k nedodržení horní hranice tolerance a výrobek pak danou hranici přesahuje. Během každé směny jsou náhodně vybrané dílce přeměřovány. V polovině druhé směny dochází při měření vybraných dílců k překročení hranice tolerance. Čep je vyráběn na CNC stroji.
2. **Sledování problému:** Problém se vyskytuje ve druhé směně, proto jsem se na ni zaměřil, ale je potřeba sledovat i první směnu pro porovnání. V každé směně se proto měří 2x 80 náhodně vybraných kusů. V půlce každé směny se odebírá 80 kusů na měření stejně jako na konci směny. V první směně jsou dílce vyráběny přesně a rozměr je dodržován ve středu tolerance. Ve druhé směně dochází k růstu hodnot a zhruba od půlky 2. směny začínají postupně vypadávat ze stroje dílce, které přesahují danou toleranci. Abych mohl problém lépe identifikovat, použil jsem histogram, do kterého jsem zanesl naměřené hodnoty. Z každých náhodně vybraných 80 kusů jsem sestavil histogram, ze kterého šlo poznat v kterou směnu začíná stroj vyrábět dílce, které nedodržují toleranci.

Počet měření	1.směna 1.měření	1.směna 2.měření	2.směna 3.měření	2.směna 4.měření
1	12,01	11,98	12,08	12,06
2	11,98	12,05	12	12,07
3	11,95	11,92	12,01	12,08
4	11,95	12,06	12	12,08
5	11,96	12	11,98	12,06
6	12,04	12,01	11,99	12,1
7	12	11,95	12,02	12,11
8	12,03	11,98	12,06	12,11
9	11,97	11,99	12,07	12,04

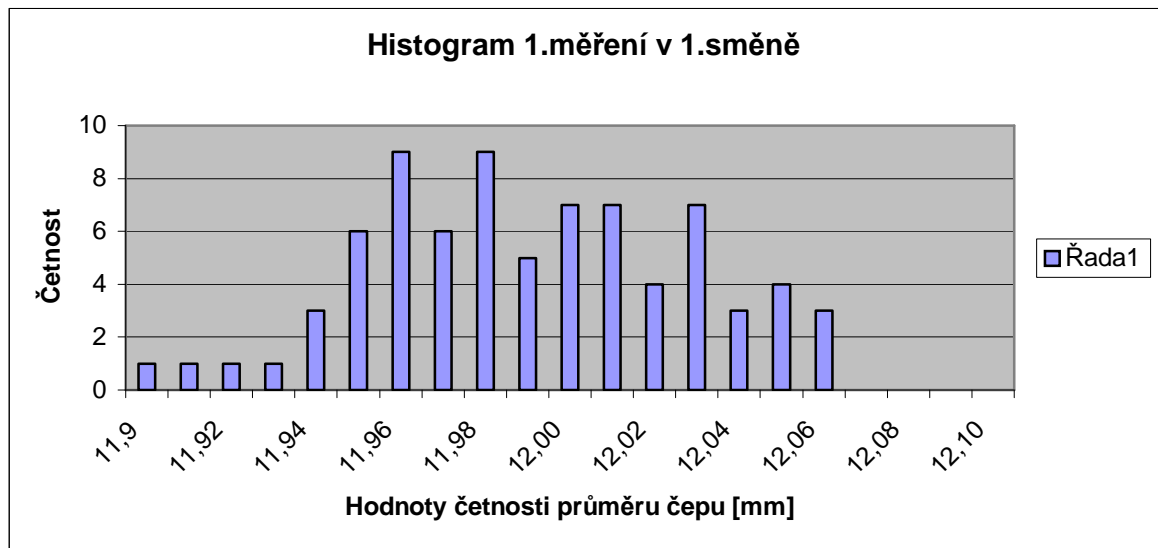
10	11,98	12,04	12,1	12,06
11	11,99	11,98	12,07	12,04
12	11,94	11,96	11,99	12,1
13	12,04	12,06	12,01	12,1
14	11,95	12,01	12,06	12,11
15	12,01	11,99	12,06	12,05
16	12,06	11,97	12,09	12,07
17	11,96	12,02	12,05	12,03
18	12,02	11,98	12,09	12,09
19	11,99	11,99	12	12,12
20	11,98	12,01	12,02	12,08
21	12,03	12	12,01	12,09
22	11,96	11,95	11,98	12,03
23	12,03	11,99	11,99	12,06
24	11,97	12,01	12,09	12,09
25	12	11,98	12,02	12,08
26	12,01	11,98	12,08	12,06
27	11,98	12,05	12	12,07
28	11,95	11,92	12,01	12,08
29	11,95	12,06	12	12,08
30	11,96	12	11,98	12,06
31	12,05	12,01	11,99	12,1
32	12,02	11,95	12,02	12,11
33	12,02	11,98	12,06	12,11
34	11,97	11,99	12,07	12,04
35	11,98	12,04	12,1	12,06
36	11,99	11,98	12,07	12,04
37	11,94	11,96	11,99	12,1
38	12,05	12,06	12,01	12,1
39	11,95	12,01	12,06	12,11
40	12,01	11,99	12,06	12,05
41	12,06	11,97	12,09	12,07
42	11,96	12,02	12,05	12,03
43	12	11,98	12,09	12,09
44	12,01	11,99	12	12,12
45	11,98	12,01	12,02	12,08
46	12,03	12	12,01	12,09
47	11,96	11,95	11,98	12,03
48	12,04	11,99	11,99	12,06
49	11,97	12,01	12,09	12,09
50	12	11,98	12,02	12,08
51	12,01	11,98	12,08	12,06
52	11,98	12,05	12	12,07
53	11,95	11,92	12,01	12,08
54	11,95	12,06	12	12,08
55	11,96	12	11,98	12,06
56	12,05	12,01	11,99	12,1
57	12	11,95	12,02	12,11

58	12,03	11,98	12,06	12,11
59	11,97	11,99	12,07	12,04
60	11,98	12,04	12,1	12,06
61	11,99	11,98	12,07	12,04
62	11,94	11,96	11,99	12,1
63	12,05	12,06	12,01	12,1
64	11,95	12,01	12,06	12,11
65	12,01	11,99	12,06	12,05
66	12,06	11,97	12,09	12,07
67	11,96	12,02	12,05	12,03
68	12	11,98	12,09	12,09
69	11,99	11,99	12	12,12
70	11,98	12,01	12,02	12,08
71	12,03	12	12,01	12,09
72	11,96	11,95	11,98	12,03
73	12,03	11,99	11,99	12,06
74	11,97	12,01	12,09	12,09
75	12	11,98	12,02	12,08
76	11,9	11,9	12,03	12,05
77	11,91	11,91	12,04	12,05
78	11,92	11,93	12,03	12,12
79	11,93	11,94	12,04	12,09
80	12,02	11,94	12,04	12,1

Tab.29 Naměřené hodnoty

Hodnota	Četnost
11,9	1
11,91	1
11,92	1
11,93	1
11,94	3
11,95	6
11,96	9
11,97	6
11,98	9
11,99	5
12,00	7
12,01	7
12,02	4
12,03	7
12,04	3
12,05	4
12,06	3
12,07	0
12,08	0
12,09	0
12,10	0

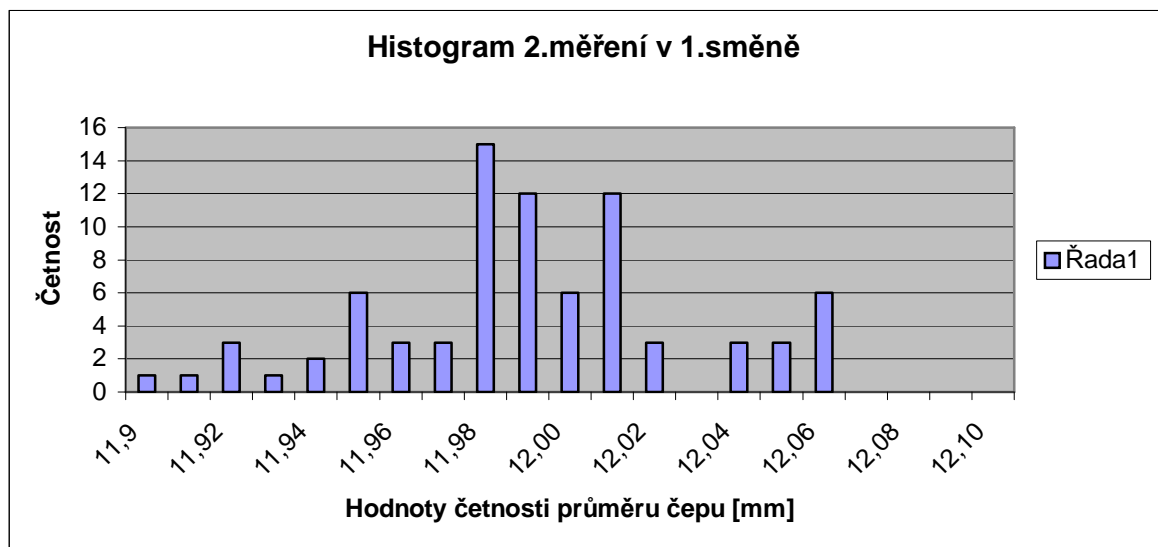
Tab.30 První měření v první směři



Obr. 24 Histogram 1.měření 1. směna

Hodnota	Počet
11,9	1
11,91	1
11,92	3
11,93	1
11,94	2
11,95	6
11,96	3
11,97	3
11,98	15
11,99	12
12,00	6
12,01	12
12,02	3
12,03	0
12,04	3
12,05	3
12,06	6
12,07	0
12,08	0
12,09	0
12,10	0

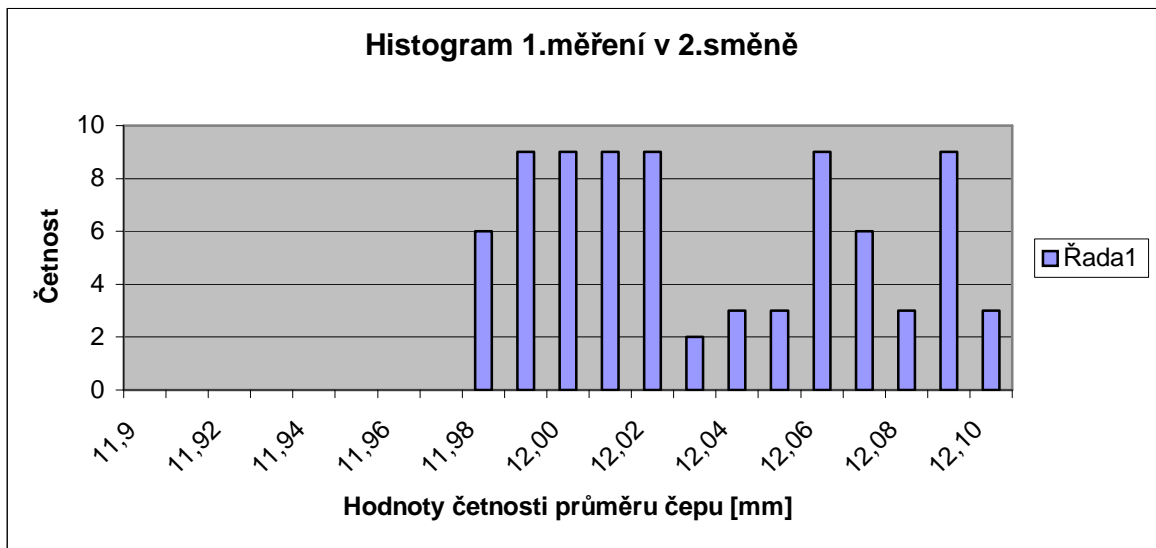
Tab. 31 Druhé měření v 1.směně



Obr. 25 Histogram 2.měření 1. směna

Hodnota	Počet
11,9	0
11,91	0
11,92	0
11,93	0
11,94	0
11,95	0
11,96	0
11,97	0
11,98	6
11,99	9
12,00	9
12,01	9
12,02	9
12,03	2
12,04	3
12,05	3
12,06	9
12,07	6
12,08	3
12,09	9
12,10	3

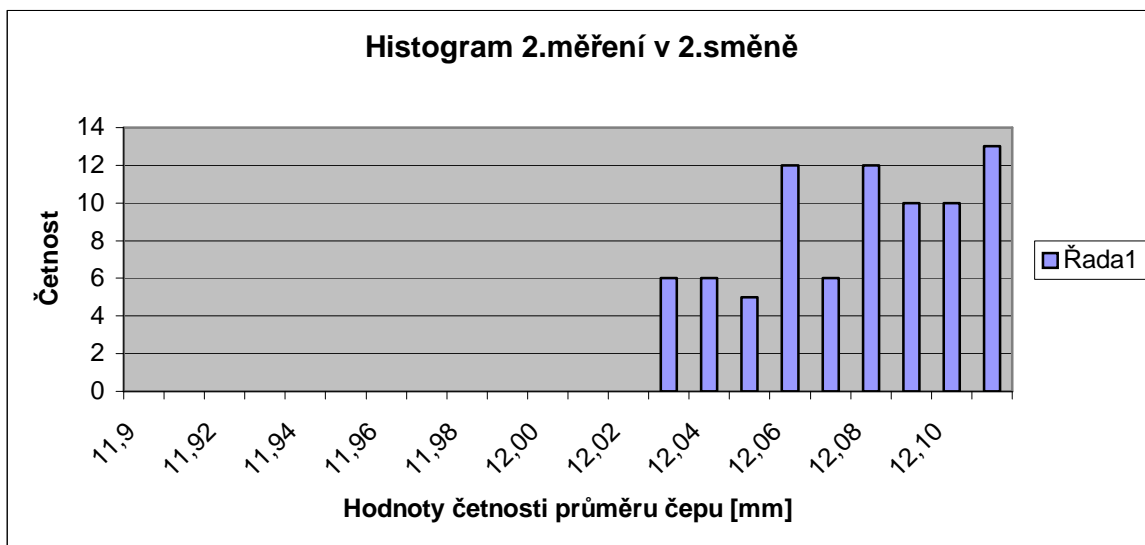
Tab.32 První měření v druhé směně



Obr. 26 Histogram 1.měření 2. směna

Hodnota	Počet
11,9	0
11,91	0
11,92	0
11,93	0
11,94	0
11,95	0
11,96	0
11,97	0
11,98	0
11,99	0
12,00	0
12,01	0
12,02	0
12,03	6
12,04	6
12,05	5
12,06	12
12,07	6
12,08	12
12,09	10
12,10	10
>21,1	13

Tab.33 Druhé měření v druhé směně



Obr. 27 Histogram 1.měření 2. směna

3. Analýza příčin problému: Po vyloučení faktorů, které neměly vliv na výsledný rozměr (zkušenost pracovníka, správný chod stroje) jsem dospěl k závěru, že problém bude v obráběcím noži. Vyloučil jsem i špatnou tuhost ve stroji a špatné upnutí. Volba nástroje byla správná, ale ten se od poloviny druhé směny začal otupovat.

4. Návrh a realizace opatření k odstranění příčin problému: Pro odstranění problému se hodí 2 možnosti
 - a) Vyměnit nástroj
 - b) Obsluha stroje by měla před polovinou druhé směny přenastavit korekce nástroje.

Volím možnost b, protože výměnou nástroje před koncem směny dochází k časovému zpoždění a prodražení. Obsluha stroje dokáže jednoduše a efektivně během pár minut změnit korekce nástroje, čímž nedochází k takovému zpoždění jako při výměně nástroje a zároveň se nástroj ušetří.

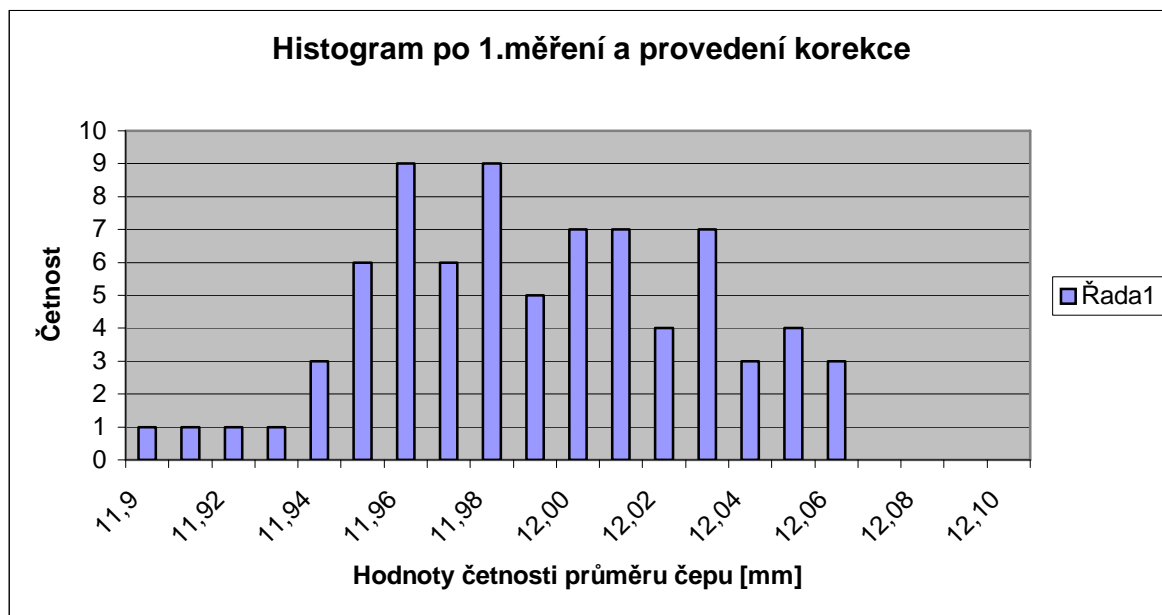
5. Kontrola účinnosti opatření: Ke kontrole poslouží měření celé druhé směny a zanesení výsledků do histogramu.

Číslo měření	1.měření	2.měření	Číslo měření	1.měření	2.měření
1	12,01	11,98	41	12,06	11,97
2	11,98	12,05	42	11,96	12,02
3	11,95	11,92	43	12	11,98
4	11,95	12,06	44	12,01	11,99
5	11,96	12	45	11,98	12,01
6	12,04	12,01	46	12,03	12
7	12	11,95	47	11,96	11,95
8	12,03	11,98	48	12,04	11,99
9	11,97	11,99	49	11,97	12,01
10	11,98	12,04	50	12	11,98
11	11,99	11,98	51	12,01	11,98
12	11,94	11,96	52	11,98	12,05
13	12,04	12,06	53	11,95	11,92
14	11,95	12,01	54	11,95	12,06
15	12,01	11,99	55	11,96	12
16	12,06	11,97	56	12,05	12,01
17	11,96	12,02	57	12	11,95
18	12,02	11,98	58	12,03	11,98
19	11,99	11,99	59	11,97	11,99
20	11,98	12,01	60	11,98	12,04
21	12,03	12	61	11,99	11,98
22	11,96	11,95	62	11,94	11,96
23	12,03	11,99	63	12,05	12,06
24	11,97	12,01	64	11,95	12,01
25	12	11,98	65	12,01	11,99
26	12,01	11,98	66	12,06	11,97
27	11,98	12,05	67	11,96	12,02
28	11,95	11,92	68	12	11,98
29	11,95	12,06	69	11,99	11,99
30	11,96	12	70	11,98	12,01
31	12,05	12,01	71	12,03	12
32	12,02	11,95	72	11,96	11,95
33	12,02	11,98	73	12,03	11,99
34	11,97	11,99	74	11,97	12,01
35	11,98	12,04	75	12	11,98
36	11,99	11,98	76	11,9	11,9
37	11,94	11,96	77	11,91	11,91
38	12,05	12,06	78	11,92	11,93
39	11,95	12,01	79	11,93	11,94
40	12,01	11,99	80	12,02	11,94

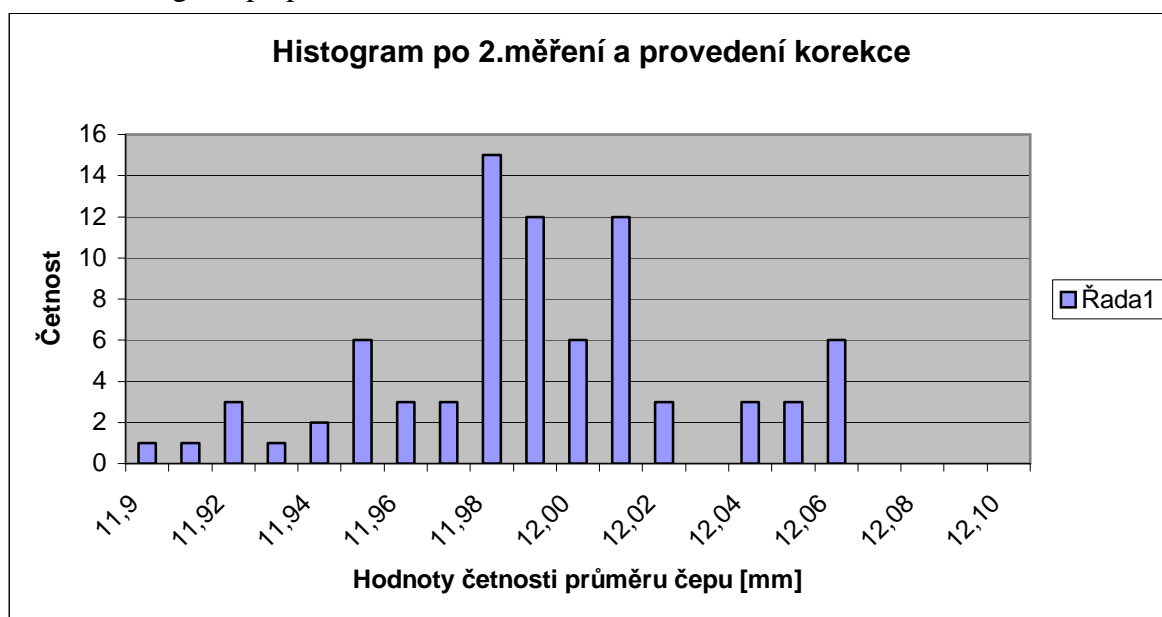
Tab.34 Hodnoty naměřené po provedení korekce před druhou směnou

Hodnota	Počet	Hodnota	Počet
11,9	1	11,9	1
11,91	1	11,91	1
11,92	1	11,92	3
11,93	1	11,93	1
11,94	3	11,94	2
11,95	6	11,95	6
11,96	9	11,96	3
11,97	6	11,97	3
11,98	9	11,98	15
11,99	5	11,99	12
12,00	7	12,00	6
12,01	7	12,01	12
12,02	4	12,02	3
12,03	7	12,03	0
12,04	3	12,04	3
12,05	4	12,05	3
12,06	3	12,06	6
12,07	0	12,07	0
12,08	0	12,08	0
12,09	0	12,09	0
12,10	0	12,10	0

Tab. 35 Hodnoty naměřené po korekci stroje



Obr. 28 Histogram po provedení korekce

Obr. 29 Histogram po provedení korekce
Histogramy po provedení korekce před druhou směnou

6. Trvalá eliminace příčin problému: Z histogramu vyplývá, že se tento postup osvědčil .
7. Zpráva o postupu řešení problému: Po zjištění problému s nedodržením toleranci jsem zahájil častější měření většího počtu náhodně vybraných kusů. Tyto hodnoty jsem pak zpracoval do histogramu, kde se problém ukázal v počtu špatných kusů vyrobených od druhé poloviny druhé směny. Jako vhodný druh nápravy jsem zvolil korekci hodnot, kterou musí pracovník provést před

polovinou druhé pracovní směny. Tento postup se po analýze v histogramu, po opětovném měření vzorků projevil jako správný.

Formulář:

Firma:

Quality Journal

Datum:

1. Problém: Nedodržení tolerance
2. Místo výskytu: - směna - druhá
- stroj - č.12
- obsluha stroje- Novák
3. Problém zapsal: Vymětal
4. Datum výskytu: 11.1.2007
5. Opatření: během 2. směny obsluha hlídá a podle potřeby upravuje korekce nástroje.
6. Realizoval: Vymětal
7. Datum realizace: 12.1.2007
8. Odpovědná osoba: Vymětal
9. Schválil: Vymětal

Datum:

Podpis:

15 DOTAZNÍK

Zadání pro dotazník:

Vypracujte pro firmu KKK jednoduchý dotazník, jenž se bude zabývat průzkumem trhu, dále v oblasti získávání údajů o zákazníkovi, jeho pohledu na firmu, výrobky a porovnání s konkurencí. Jak na něj daná firma působí v oblasti prodeje i poskytování služeb a jak by ji ohodnotil. Tento dotazník poskytněte k vyplnění 50 lidem kteří přišli do kontaktu s naší firmou nebo našimi výrobky. Výsledné údaje zpracujte a vyhodnoťte.

Vzor dotazníku:

Firma KKK působící na trhu již 20 let se zabývá výrobou plastových dílů, zejména krytů, víček, krabiček a těsnění, nyní pořádá průzkum mezi zákazníky. Firma své výrobky prodává ve svých pobočkách, nebo prostřednictvím telefonu, katalogu a on-line obchodu. Cílem firmy je vytvořit jednoduchý písemný dotazník, který bude zákazník moci jednoduše vyplnit a údaje budou následně zpracovány a poslouží k lepší jakosti výrobku, zlepšení organizace firmy, k lepšímu přístupu a informovanosti zákazníka, k postavení firmy mezi konkurencí na trhu a zda výrobek a firma splnili očekávání zákazníka.

Hodící se odpověď zakřížkujte.

-Kde jste se o nás dozvěděli?

A: TV	0
B: Tisk	7
C: Od přátel	7
D: Internet	30
E: Od konkurence	5
F: Jinde	1

-Kolik je vám let?

A: Do30	8
B: Do40	12
C: do50?	19
D: do60?	9
E: víc	2

-Jaký způsob objednávky preferujete?

A: Internet	28
-------------	----

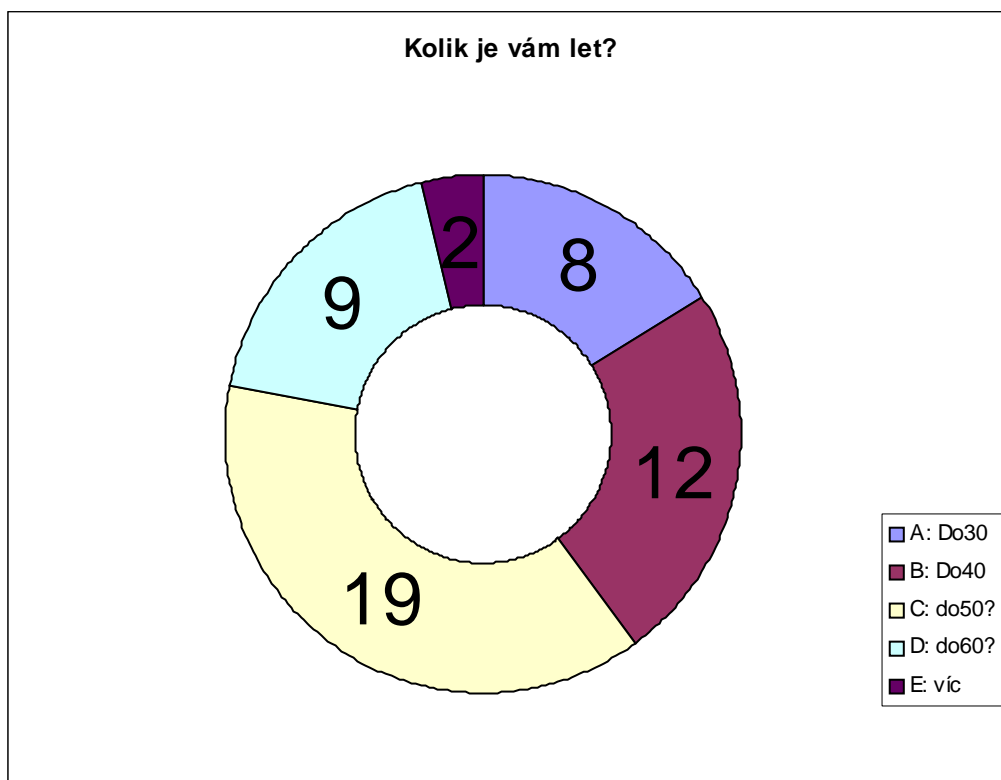
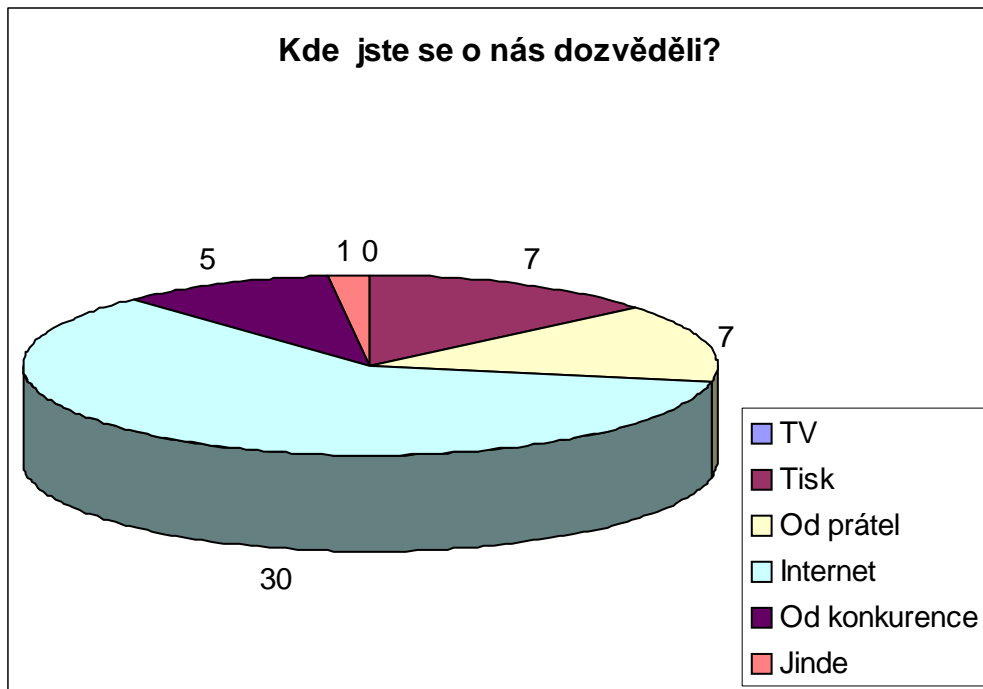
B: Pošta	1
C: Telefonicky	10
D: Osobně	11
-Rychlost dodání objednávky je?	
A: dobrá	39
B: mohla být rychlejší	11
C: špatná	0
-Uvítali byste častější aktualizaci katalogu?	
A: ano	42
B: ne	8
-Přejete si pravidelné informování o změnách a novinkách v katalogu?	
A: ano	30
B: ne	20
-pokud ano, tak jakou formou?	
A: e-mailem	20
B: sms	10
C: poštou	0
- Uvítali byste větší počet poboček?	
A: ano	37
B: ne	13
-Jak se vám líbí naše internetové stránky?	
A: výborný	38
B: velmi dobrý	10
C: dobrý	2
D: vyhovující	0
E: špatný	0
- Přejete si slevu při koupi velkého množství kusů?	
A: ano	50
B: ne	0
-Ohodnoťte přístup našeho zaměstnance k Vám:	
A: výborný	37
B: velmi dobrý	9
C: dobrý	3
D: vyhovující	1
E: špatný	0
-Ohodnoťte odbornou znalost našeho zaměstnance:	
A: výborný	29
B: velmi dobrý	15
C: dobrý	6
D: vyhovující	0
E: špatný	0

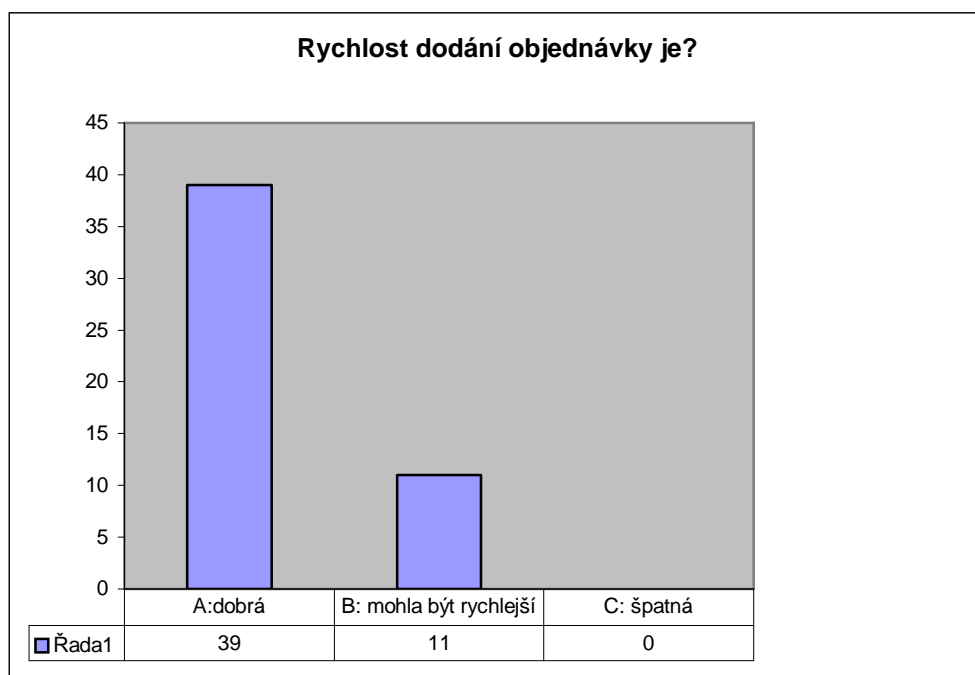
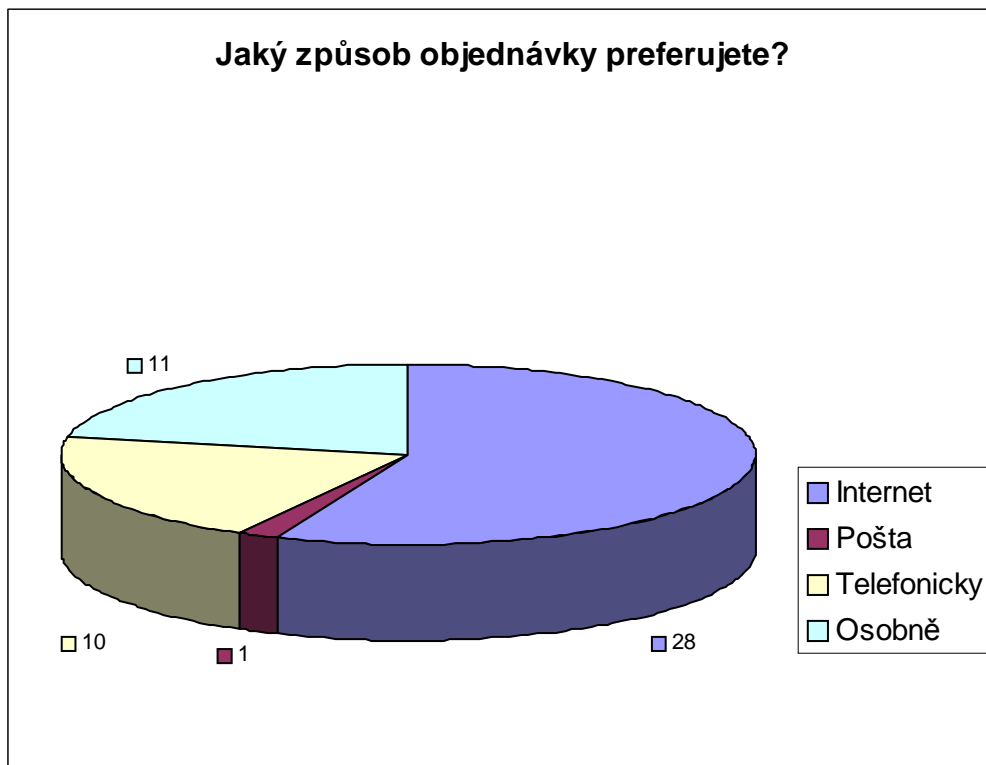
- Přejete si rozšíření našeho sortimentu?
- | | |
|---------------------|----|
| A: určitě | 23 |
| B: pravděpodobně | 17 |
| C: nejsem si jist | 6 |
| D: pravděpodobně ne | 2 |
| E: určitě ne | 2 |
- Přáli byste si větší škálu rozměrů výrobků?
- | | |
|---------------------|----|
| A: určitě | 22 |
| B: pravděpodobně | 12 |
| C: nejsem si jist | 9 |
| D: pravděpodobně ne | 4 |
| E: určitě ne | 6 |
- Přáli byste si větší paletu barev výrobků?
- | | |
|---------------------|----|
| A: určitě | 10 |
| B: pravděpodobně | 6 |
| C: nejsem si jist | 20 |
| D: pravděpodobně ne | 6 |
| E: určitě ne | 8 |
- Považujete výrobek za kvalitní?
- | | |
|--------------------------|----|
| A: ano | 47 |
| B: mohlo to být lepší | 2 |
| C: výrobek je nekvalitní | 1 |
- Odpovídá cena kvalitě výrobku?
- | | |
|---------------------|----|
| A: určitě | 30 |
| B: pravděpodobně | 12 |
| C: nejsem si jist | 6 |
| D: pravděpodobně ne | 2 |
| E: určitě ne | 0 |
- Nakupovali jste někdy podobný výrobek u konkurence?
- | | |
|--------|----|
| A: ano | 21 |
| B: ne | 29 |
- Pokud ano, tak konkurence náš výrobek předčí:
- | | |
|--------------------------|----|
| A: kvalitou | 3 |
| B: cenou | 10 |
| C: poměrem cena, kvalita | 8 |
- Máte zájem o zakázkovou výrobu?
- | | |
|-------|----|
| A:ano | 15 |
| B:ne | 35 |
- Myslíte si, že kvalita našich výrobků na trhu je vyšší oproti konkurenci?
- | | |
|----------------------|---|
| A: silně nesouhlasím | 2 |
|----------------------|---|

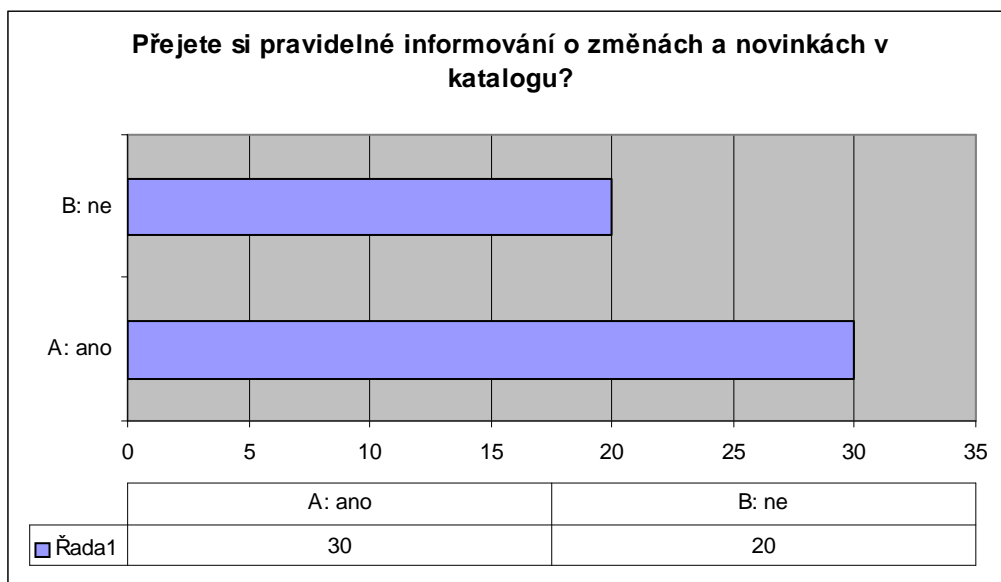
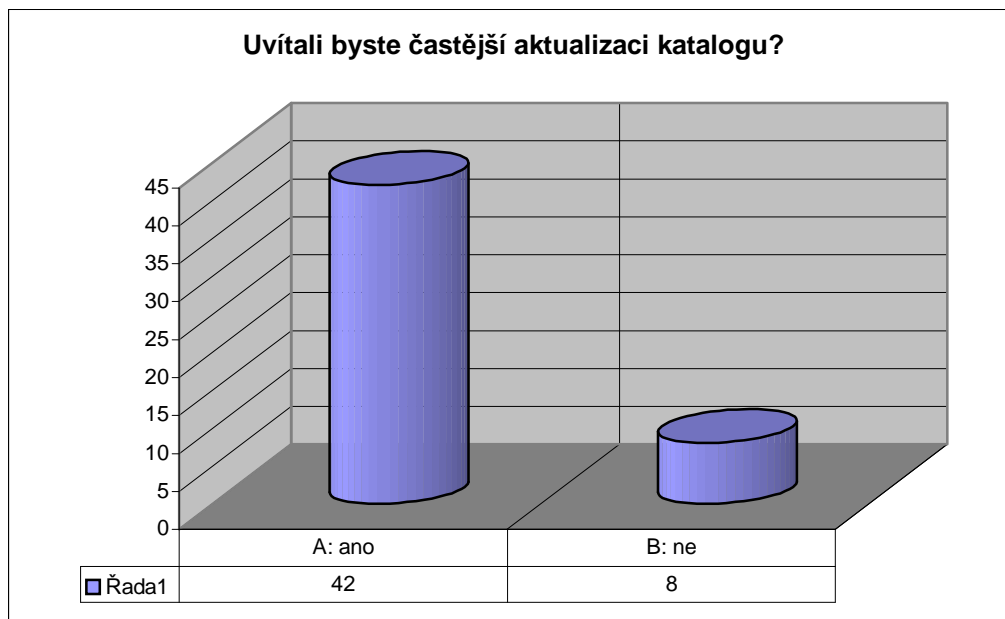
- | | |
|----------------------------|----|
| B: nesouhlasím | 6 |
| C: ani souhlas a nesouhlas | 11 |
| D: souhlasím | 15 |
| E: silně souhlasím | 16 |
- Obsahovaly zásilky s výrobky neshodné kusy?
- | | |
|--------|----|
| A: ano | 6 |
| B: ne | 44 |
- Byla četnost neshodných kusů v zásilkách větší v?
- | | |
|-------------------------|---|
| A: prvních zásilkách | 6 |
| B: průběžných zásilkách | 0 |
| C: posledních zásilkách | 0 |
- Čím bylo poškození způsobeno?
- | | |
|---------------------------|---|
| A: doprava | 5 |
| B: neshodné kusy z výroby | 0 |
- Jak bylo zboží poškozeno?
- | | |
|------------------|---|
| A: poškrábáním | 3 |
| B: polámáním | 1 |
| C: zboží chybělo | 1 |
- Do jakého materiálu byste uvítali balení?
- | | |
|---------------|----|
| A: papír | 4 |
| B: vata | 5 |
| C: polystyren | 41 |
- Po kolika kusech by Vám balení vyhovovalo:
- | | |
|-----------|----|
| A: po 25 | 2 |
| B: po 50 | 9 |
| C: po 100 | 22 |
| D: po 150 | 16 |
| E: po 250 | 1 |
- Využíváte pro své účely výrobu průměrů otvorů, závitů apod. dle normy ČSN EN ISO 20225 nebo podle vámi dodaných norem?
- | | |
|---------------------------|----|
| A: podle ČSN EN ISO 20225 | 47 |
| B: podle našich předpisů | 3 |
- Bude váš výrobek před výrobou kompletně zpracován a navržen nebo využijete pro tuto činnost naší firmu KKK?
- | | |
|--------|----|
| A: ano | 27 |
| B: ne | 23 |
- Váš výrobek bude kompletně zpracován a naši pracovníci vám jen poskytnou konzultační činnost naší firmy při vámi řešených problémech?

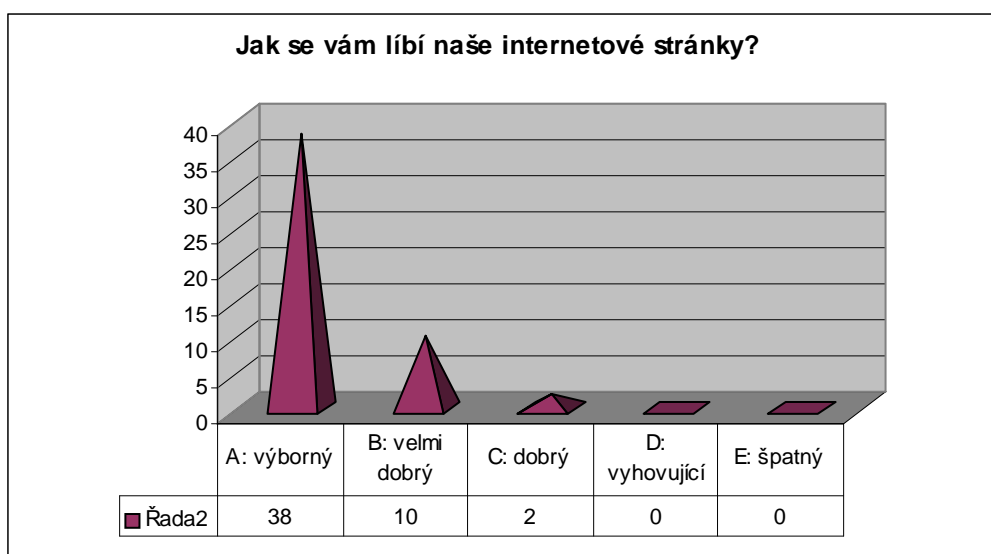
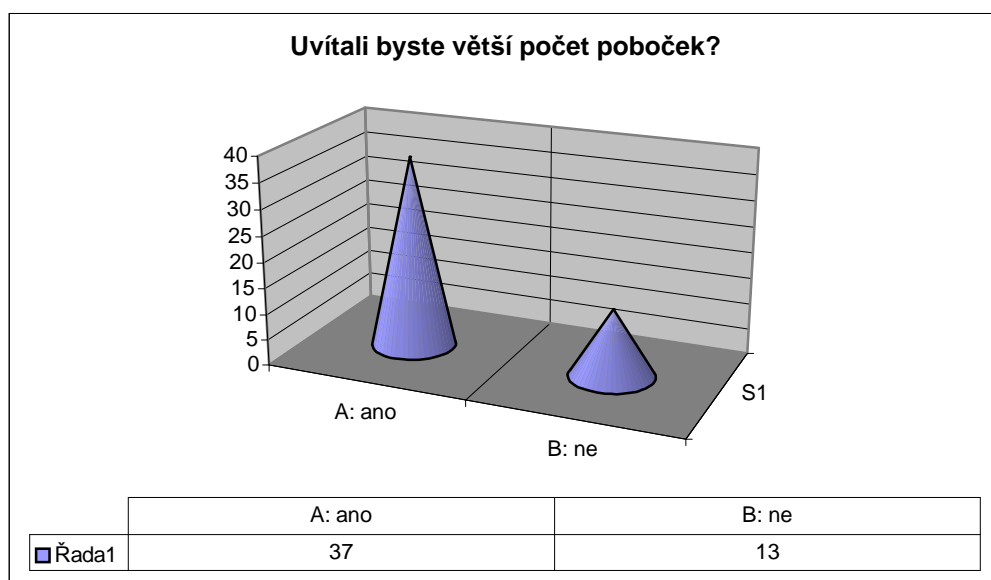
A: ano	18
B: ne	32
-Uvítali byste prodloužení záruky u výrobku?	
A: Ano	39
B: Ne	11
-O kolik let?	
A: 1	2
B: 2	9
C: 3	15
D: 4	13
-Jak byste tento dotazník hodnotili?	
A: výborný	41
B: velmi dobrý	5
C: dobrý	3
D: vyhovující	1
E: špatný	0
-Jak hodnotíte tento dotazník?	
A: silně souhlasím	36
B: souhlasím	19
C: ani souhlas a nesouhlas	3
D: nesouhlasím	1
E: silně nesouhlasím	1

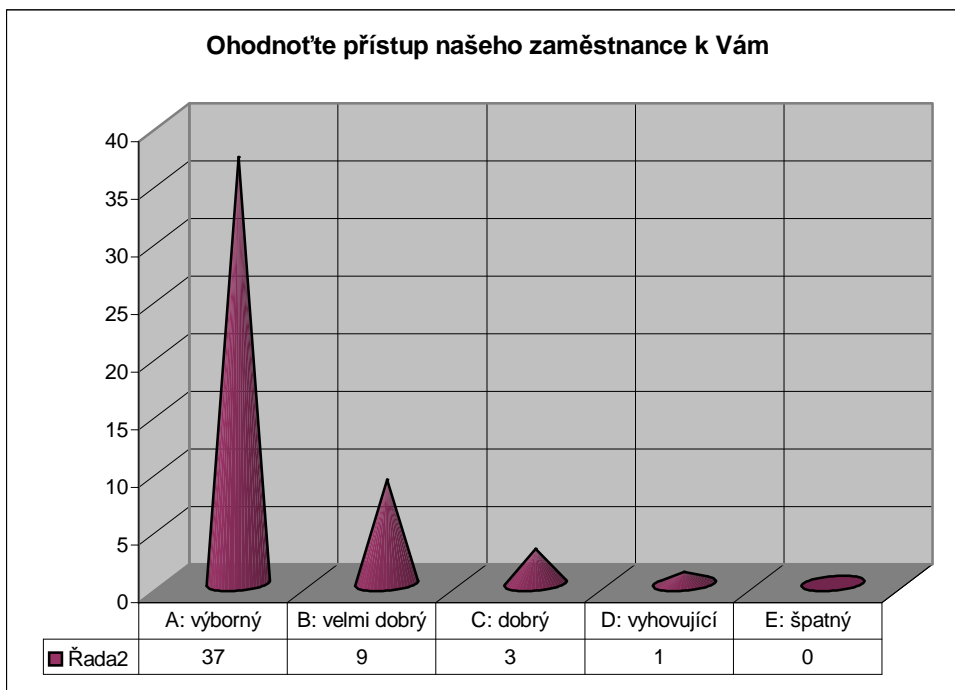
Vyhodnocení dotazníku:

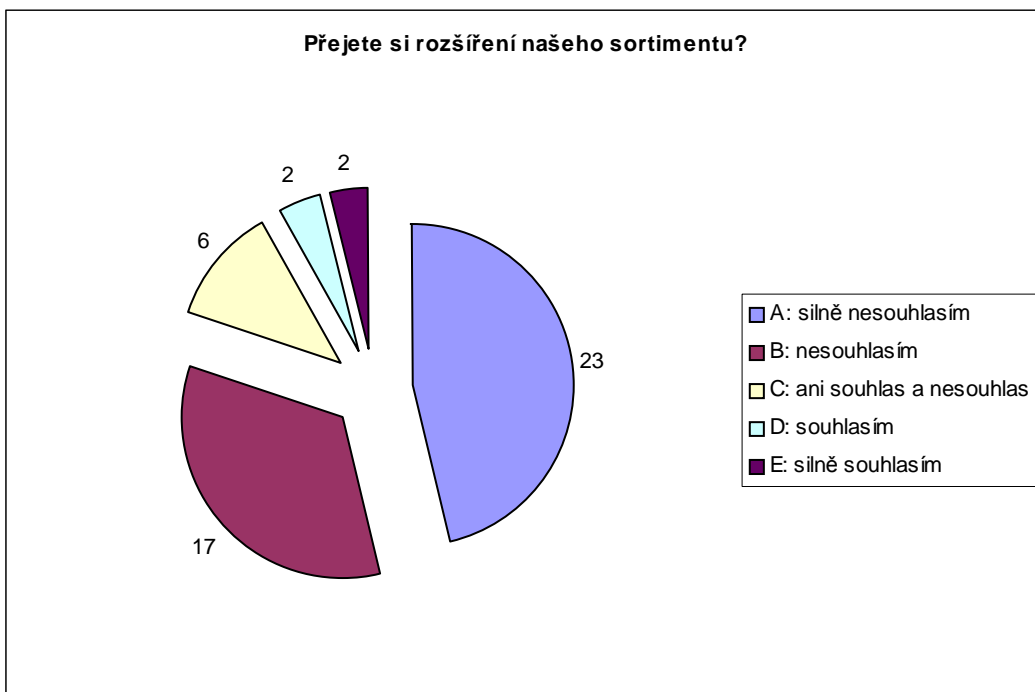
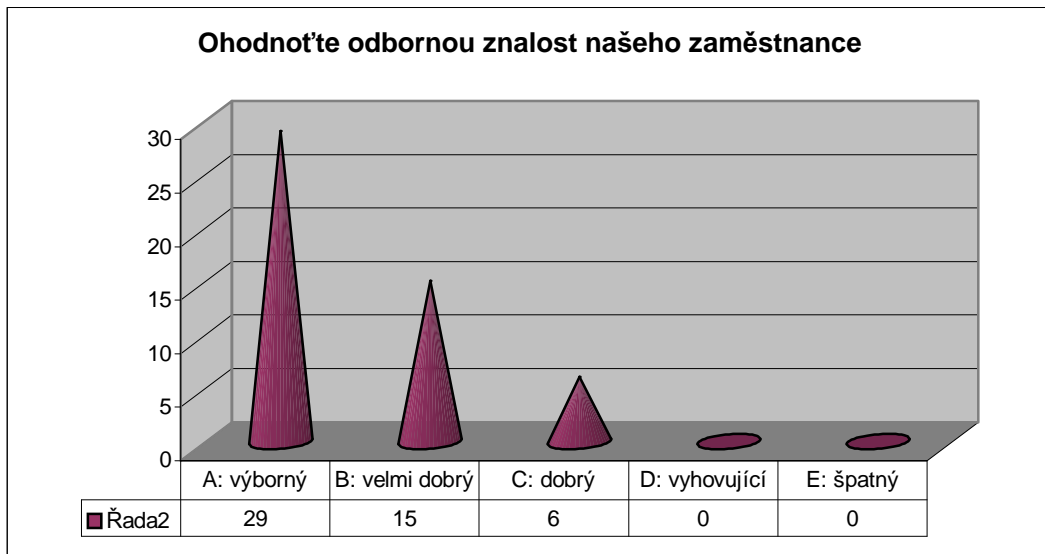


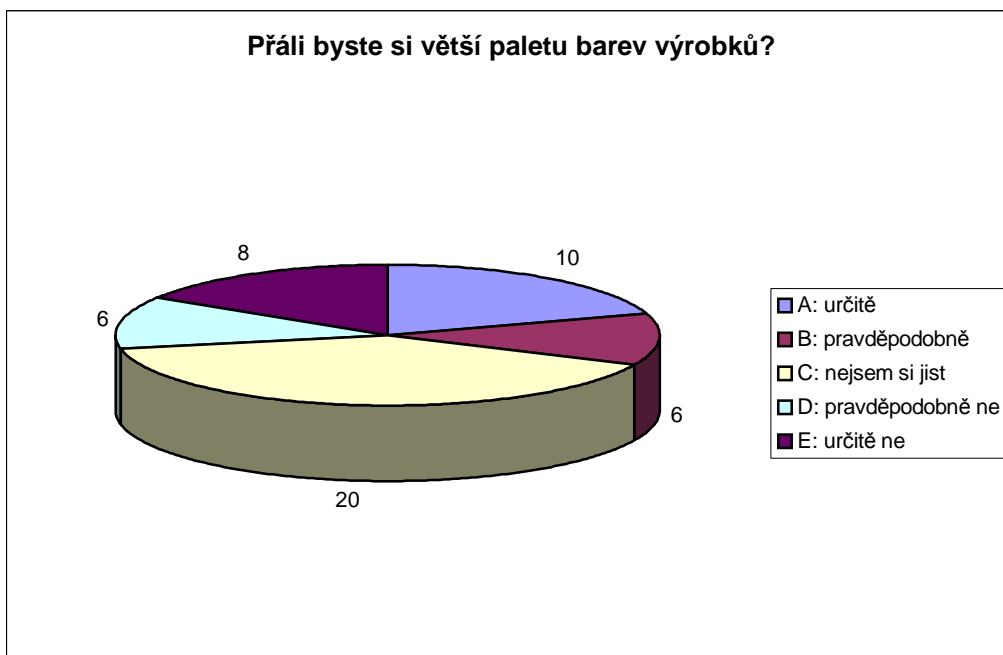
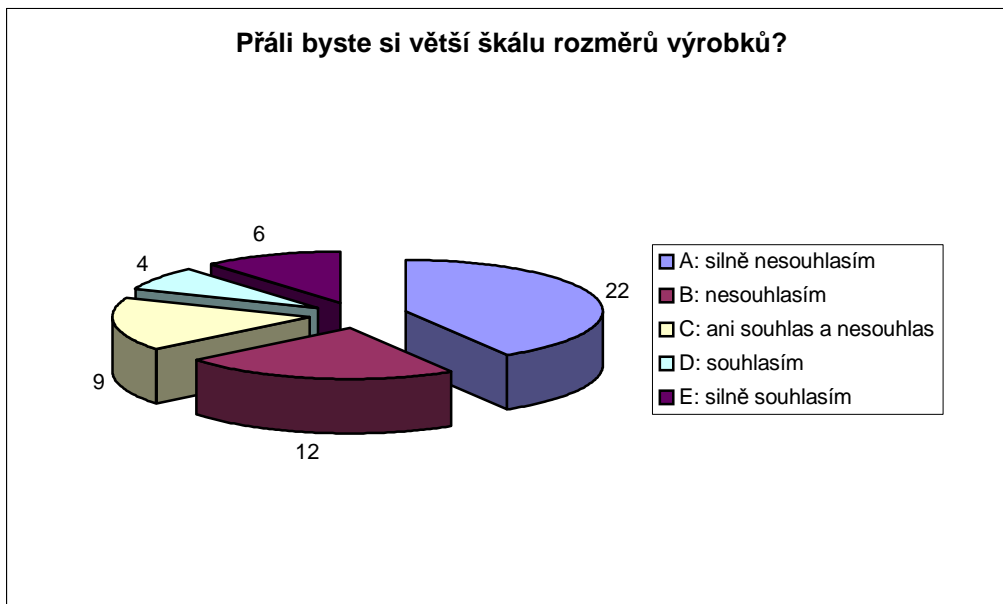


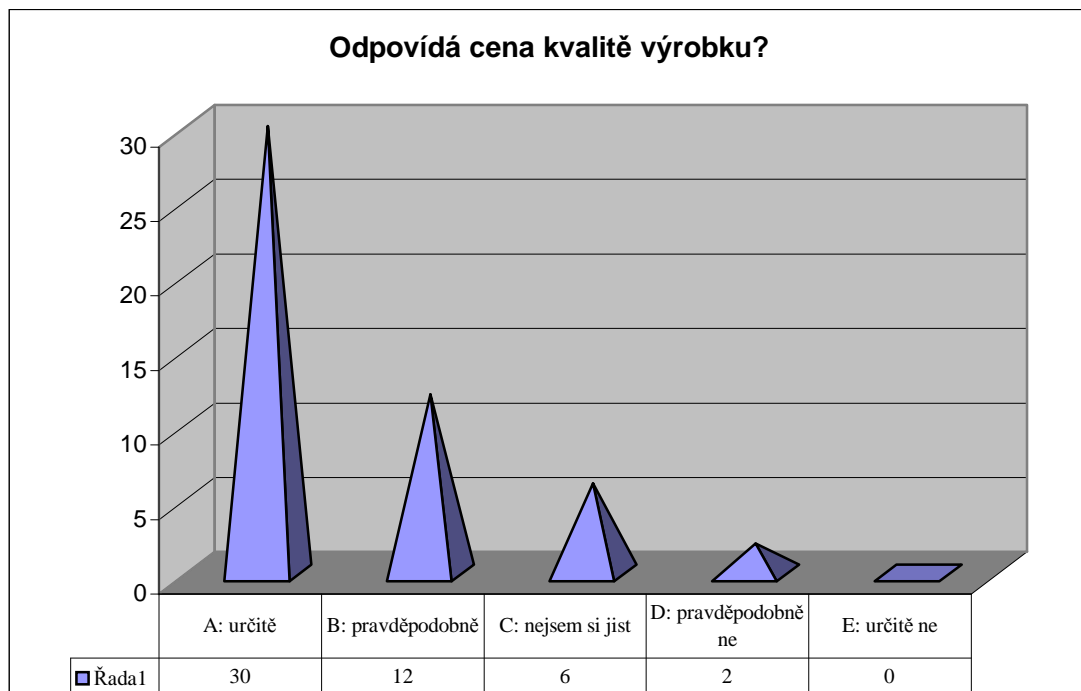
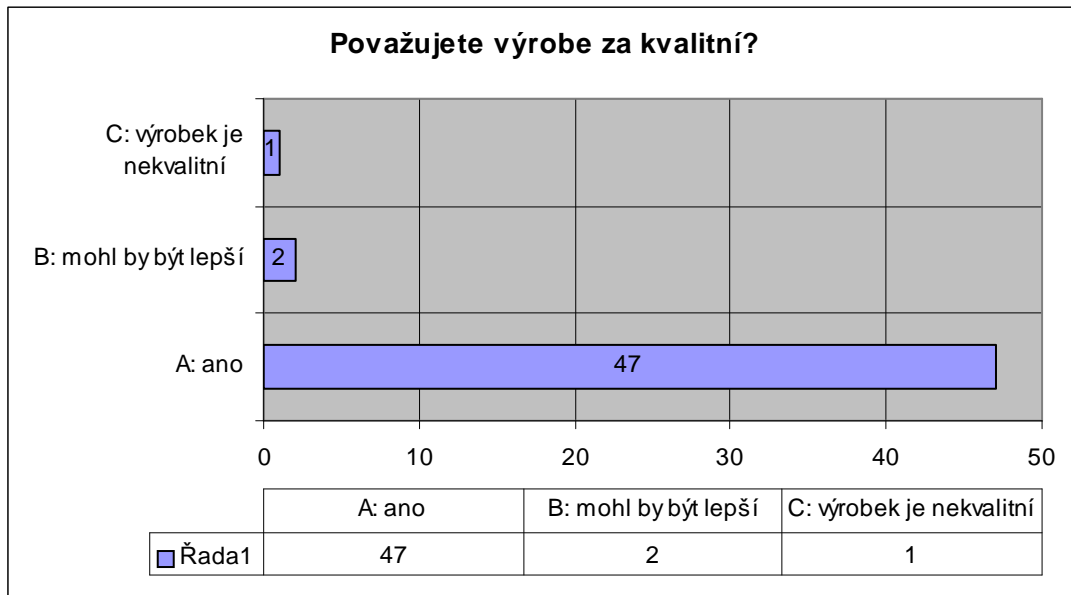


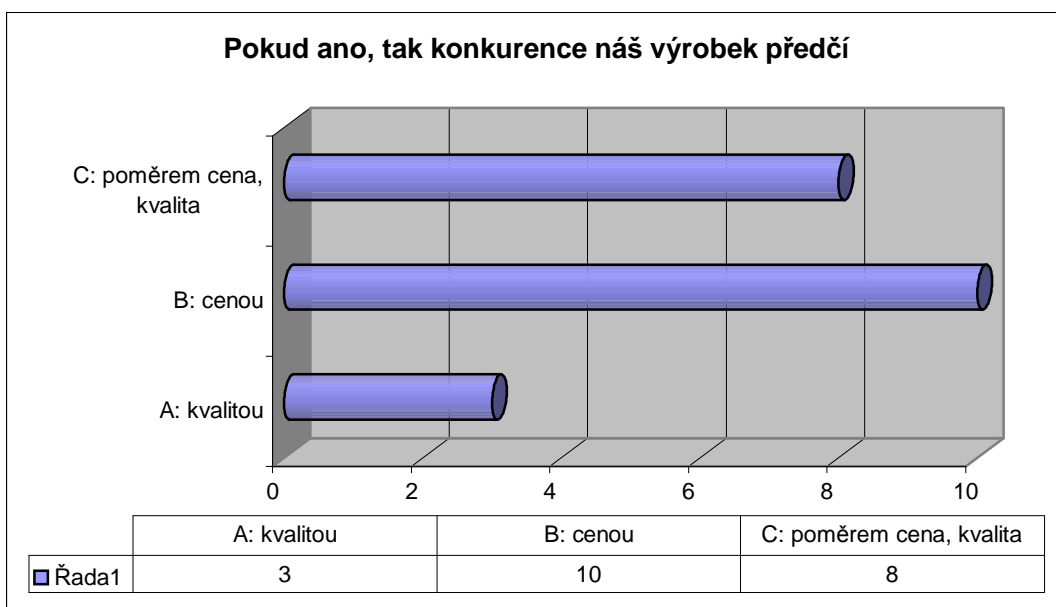
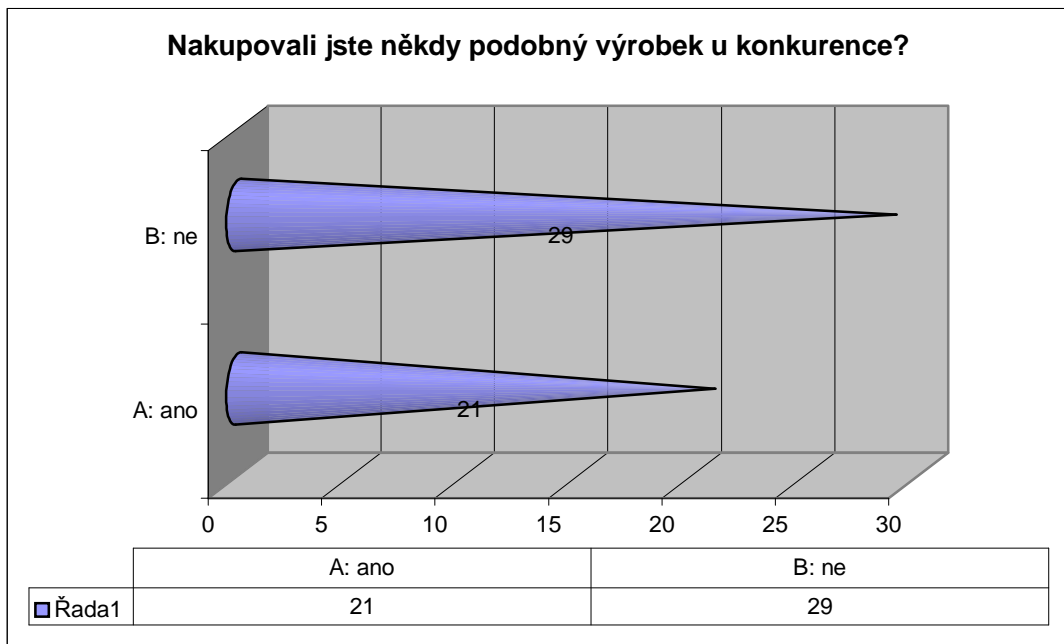


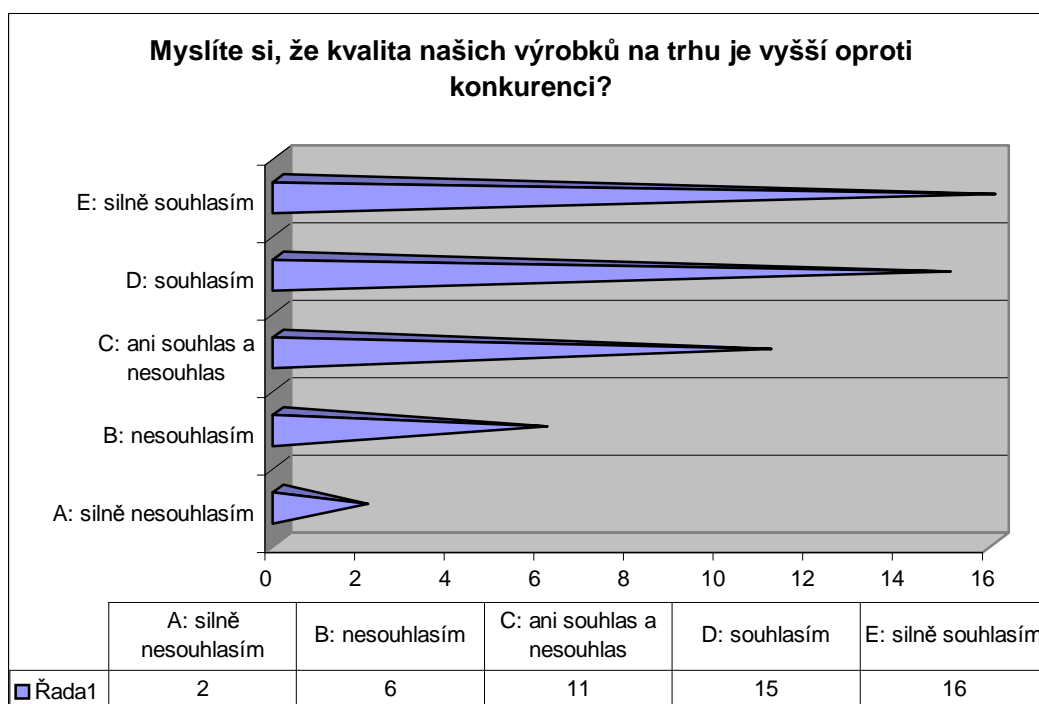




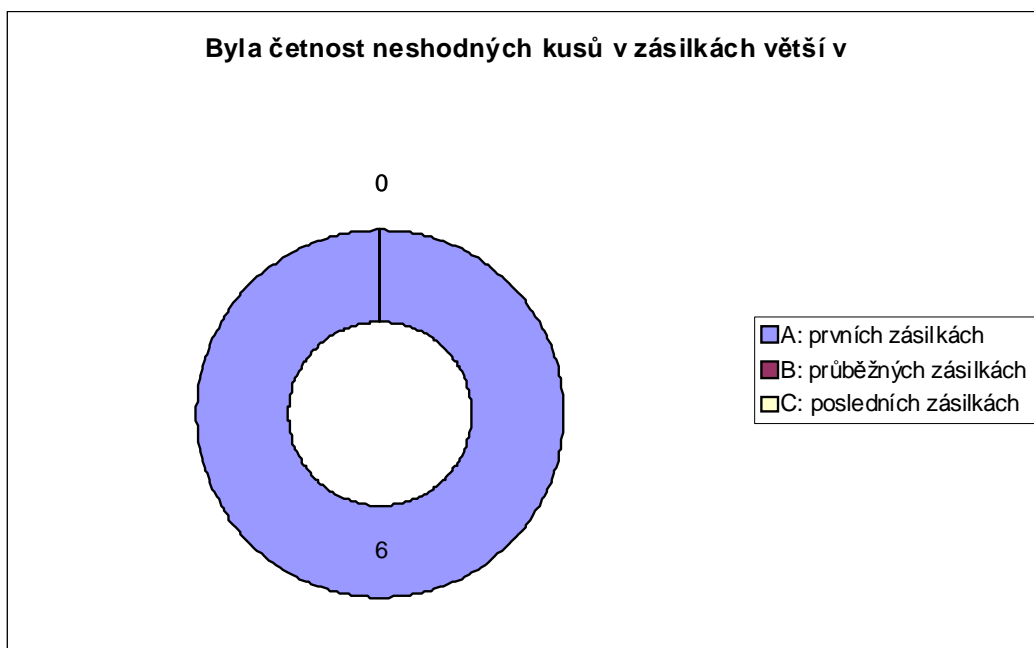




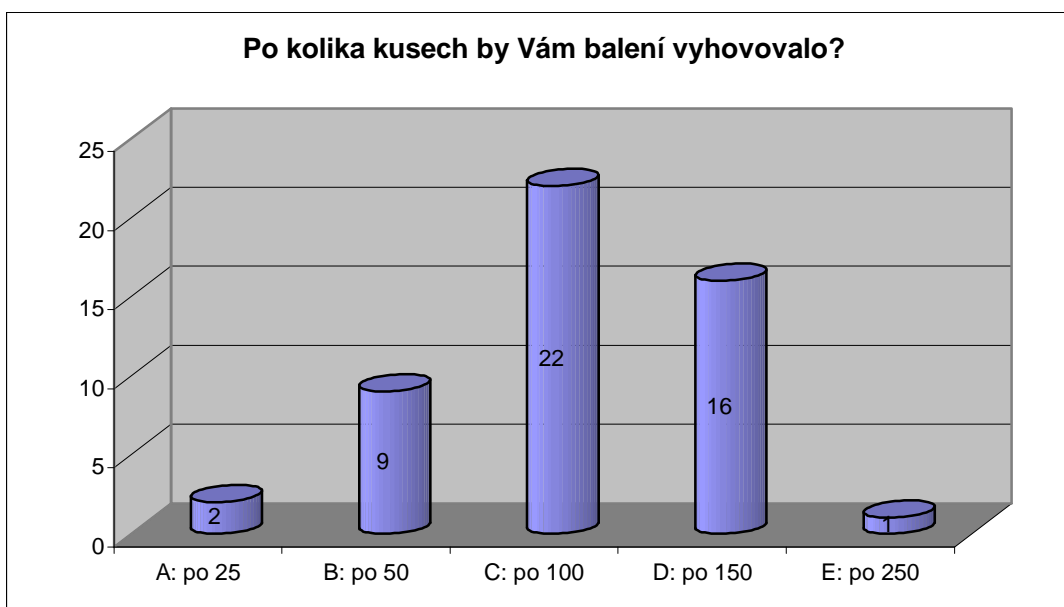
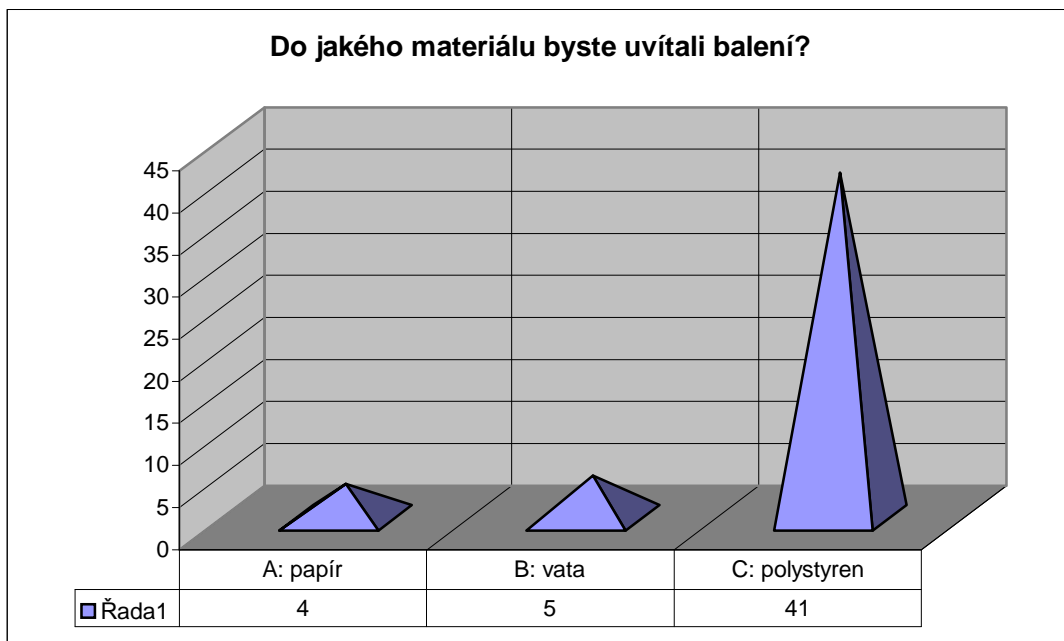




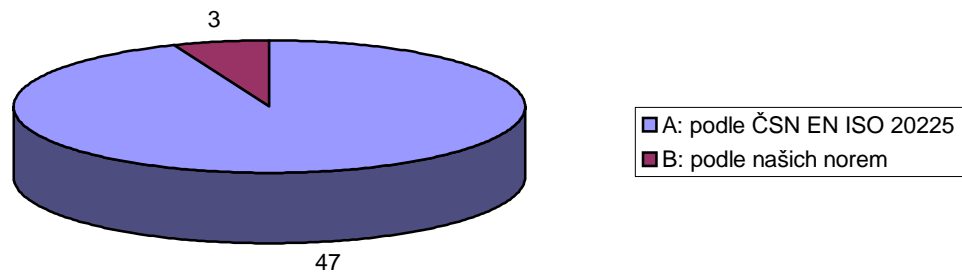
	A: silně nesouhlasím	B: nesouhlasím	C: ani souhlas a nesouhlas	D: souhlasím	E: silně souhlasím
■ Řada1	2	6	11	15	16



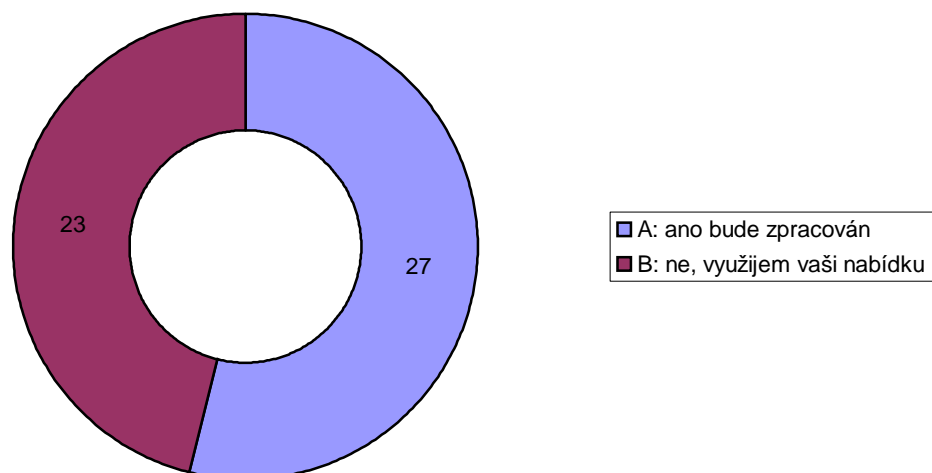




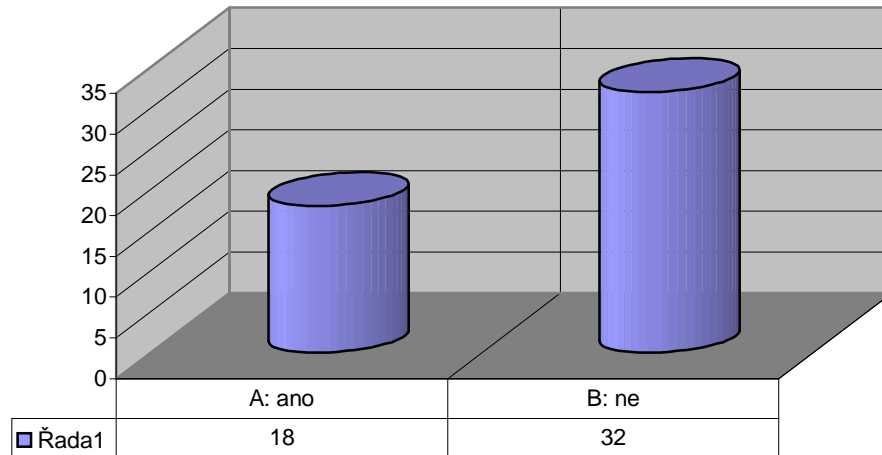
Využíváte pro své účely výrobu průměrů otvorů, závitů apod. dle normy ČSN EN ISO 20225 nebo podle vámi dodaných norem?



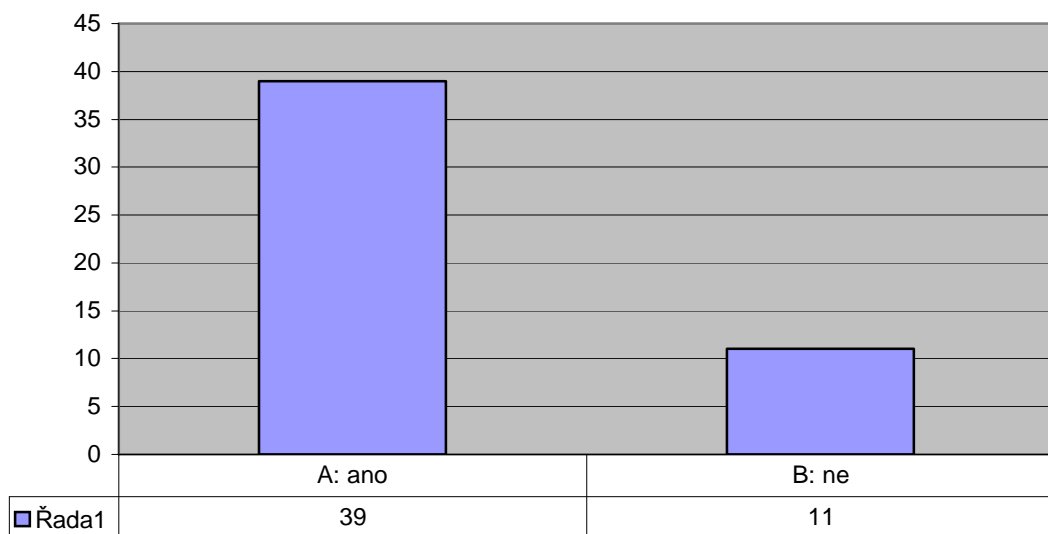
Bude váš výrobek před výrobou kompletně zpracován a navržen nebo využijete pro tuto činnost naši firmu KKK?

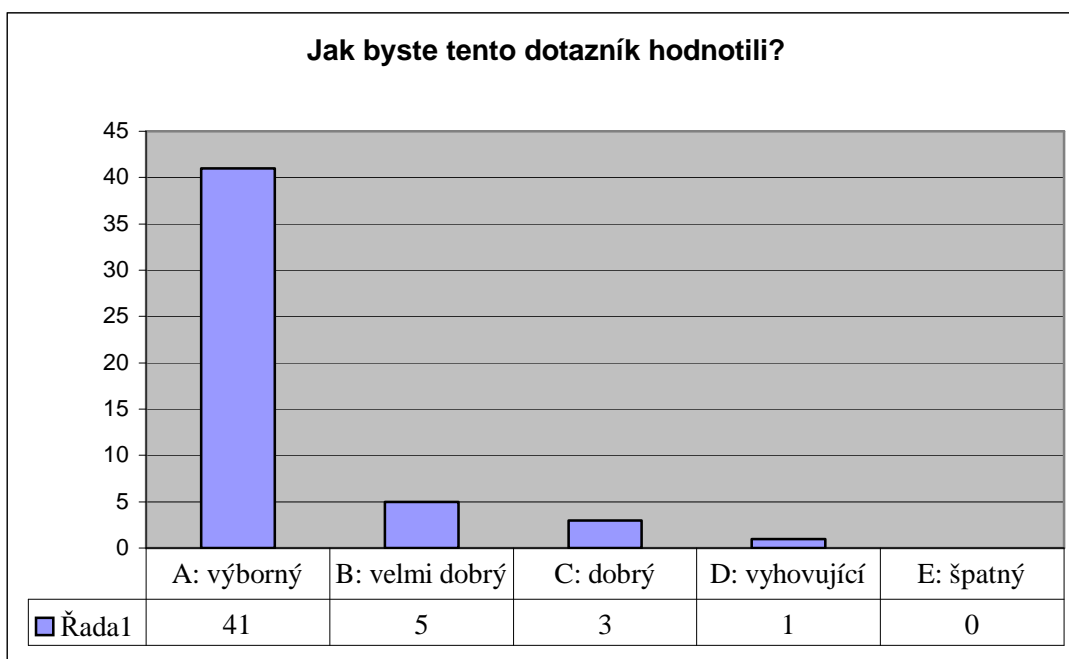
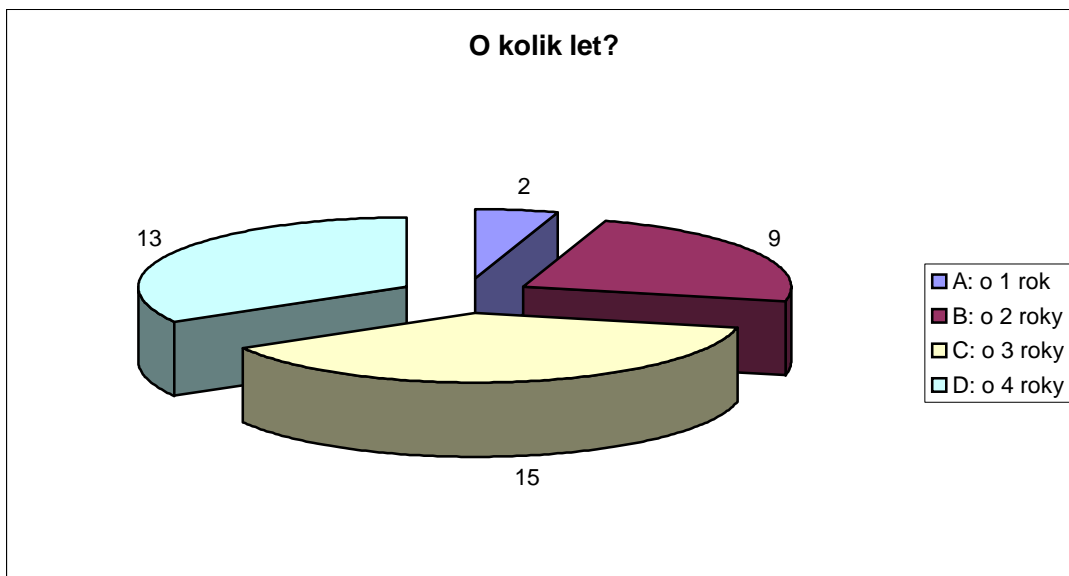


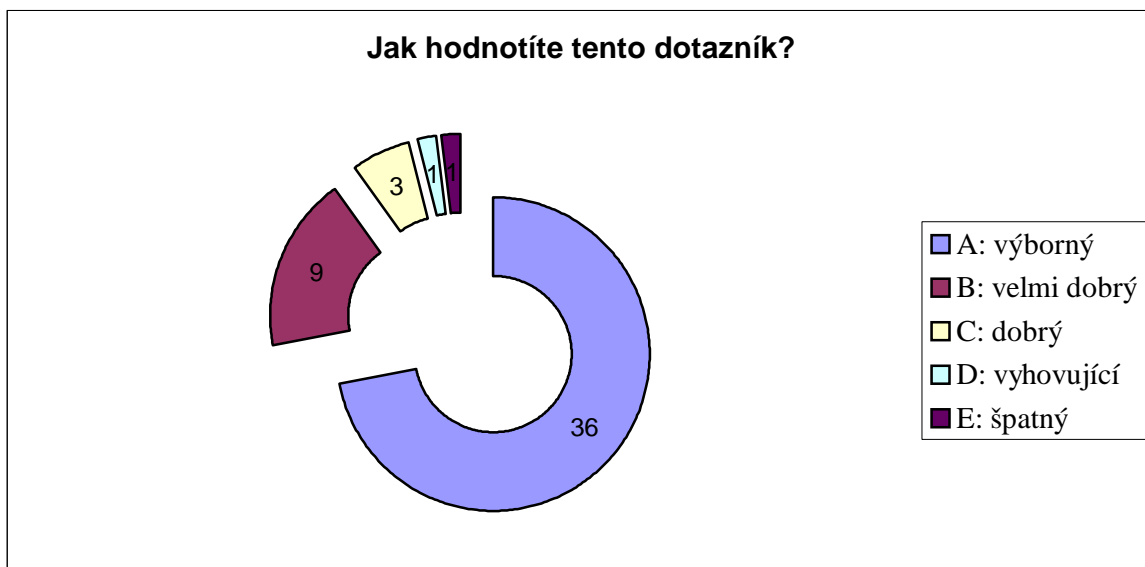
Váš výrobek bude kompletně zpracován a naši pracovníci vám jen poskytnou konzultační činnost naší firmy při vámi řešených problémech



Uvítali byste prodloužení záruky u výrobku?





**Závěr:**

Na dotazník odpovídalo 50 lidí, kteří přišli do kontaktu s naší firmou nebo výrobkem. Výsledné odpovědi jsou vyhodnoceny v grafech výše uvedených. Pohled a vnímání naší firmy na trhu bylo dotázanými hodnoceno kladně ve všech oblastech výzkumu i v porovnání s konkurencí. Většina dotázaných zákazníků si přeje zasílání našich katalogů a také častější aktualizaci a zasílání informací o novinkách. Dále více než polovina dotázaných si přeje ke zpracování a navržení výrobku služeb naší firmy, zbytek dotázaných si výrobek a jeho výrobu navrhne sama. Co se týče neshodných kusů v dodávkách, z výzkumu je patrné, že tyto neshody byly způsobeny při dopravě, proto budou výrobky baleny podle přání zákazníků do polystyrenu. Z pohledu zákazníka jasně převažuje názor o vysoké kvalitě a v prospěch také hovoří poměr kvalita/cena oproti konkurenci.

ZÁVĚR

Teoretickým úkolem této bakalářské práce bylo zpracování literární studie pro sedm základních druhů jakosti, statistickou přejímku, Quality journal a dotazník. Tato úvodní teoretická kapitola popisuje případy použití těchto metod v praxi a dále vysvětluje jejich principy.

V praktické části jsou potom u každé kapitoly ukázány vzorové příklady s postupem jejich řešení a dále vzorové příklady taktéž vyřešeny. Všechny příklady jsou vymyšlené, ale k ověření teorií jsou postačující a studenti by si teorii na nich mohli ověřit. Posledním úkolem bylo vypracování dotazníku a jeho vyhodnocení.

Všechny vytvořené podklady by měly přispívat k dosažení uvedených cílů a k ověření jejich zvládnutí studenty.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Mizuno, S: Řízení jakosti, Victoria publishing a. s., Klimentská 30, Praha 1, ISBN 80-85605-38-4
- [2] Pískáček, B., Kašová, V., Zmatlík, J.: Řízení jakosti, ČVUT, Žitná 4, 166 36 Praha 6
- [3] Bartes, F.: Řízení jakosti,
- [4] Moderní systémy řízení jakosti, Management press, Domažlická 11, 130 89 Praha 3, Nenadál, J., Noskovičová, D., Petříková, R., Plura, J., Tošenovský, J.,

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

X	Proměnná
Y	Proměnná
R	Koeficient korelace
S_{XY}	Kovariance
S_X	Výběrová směrodatná odchylka proměnné X
S_Y	Výběrová směrodatná odchylka proměnné Y
A	Reálná konstanta
B	Reálná konstanta
R	Variační rozpětí
x_{\min}	Horní mez
x_{\max}	Dolní mez
H	Šířka intervalu
N	Rozsah zkoumaného souboru
K	Počet intervalů
x_{D1}	Dolní hranice 1. intervalu
CL	Centrální přímka
UCL	Horní regulační mez
LCL	Dolní regulační mez
R	Výběrové rozpětí
\bar{x}	Výběrový průměr
A_2, B_3	Přepočtové koeficienty
B_4, D_3	Přepočtové koeficienty
D_4	Přepočtový koeficient
Ac	Přejímací číslo
L(p)	Operativní charakteristika přejímacího plánu

P	Přípustná úroveň jakosti
α, β	Míra rizika
AOQ	Průměrná výstupní úroveň jakosti
$P_L(\text{AOQL})$	Nejhorší průměrná výstupní jakost
UCL	Horní toleranční mez
LCL	Dolní toleranční mez
N	Rozsah náhodného výběru
K	Přejímací číslo
R	Průměrné variační rozpětí

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Typy stochastických závislostí.....	17
Obr. 2. Ishikawa diagram.....	20
Obr. 3 Paretův diagram pro ukazatel četnosti jednotlivých druhů vad.....	23
Obr. 4 Tvary histogramů a možné vymežitelné příčiny jejich odchylek.....	26
Obr. 5 Histogram pro řešený příklad.....	29
Obr. 6 Regulační diagram R.....	40
Obr. 7 Regulační diagram x.....	41
Obr. 8 Přejímka výběrem –metoda srovnáváním.....	43
Obr. 9 Operativní charakteristika.....	45
Obr. 10 Závislost podílu neshodných jednotek na výstupu na podílu neshodných jednotek na vstupu u opravné přejímky.....	46
Obr. 11 Diagram závislosti ceny na podílu titanu.....	65
Obr. 12 Paretův graf dle četnosti vad.....	74
Obr. 13 Paretův graf seřazených dle času stání stroje.....	74
Obr. 14 Histogram.....	78
Obr. 15 shew.diagram pro x.....	81
Obr. 16 shew.diagram pro R.....	82
Obr. 17 shew.diagram pro R.....	83
Obr. 18 shew.diagram pro x.....	84
Obr. 19 shew.diagram pro x.....	85
Obr. 20 shew.diagram pro R.....	86
Obr. 21 shew.diagram pro x.....	87
Obr. 22 Operativní charakteristika.....	92
Obr. 23 Operativní charakteristika.....	92
Obr. 24 Histogram 1.měření 1. směna.....	97
Obr. 25 Histogram 2.měření 1. směna.....	98
Obr. 26 Histogram 1.měření 2. směna.....	99
Obr. 27 Histogram 1.měření 2. směna.....	100
Obr. 28 Histogram po provedení korekce.....	103
Obr. 29 Histogram po provedení korekce.....	103

.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vstupní údaje pro Paretovu analýzu.....	21
Tab. 2 Souhrnná tabulka pro sestrojení grafu - pro ukazatel četnosti neshod.....	22
Tab. 3. Tabulka vad.....	23
Tab. 4 Prvotní data	27
Tab. 5 Tabulka četností.....	28
Tab.6 Nejčastěji používané testy vymežitelných příčin.....	33
Tab.7 Vztahy pro výpočet střední přímky a regulačních mezí pro vybrané regulační diagramy.....	38
Tab. 8 Naměřené hodnoty.....	39
Tab. 9 Vliv n a A_c (c) na průběh operativní charakteristiky.....	45
Tab. 10 Přehled základních variant přejímacích plánů 8.....	48
Tab. 11 Dotazování.....	57
Tab. 12 Zobrazení výsledků.....	58
Tab. 13 Naměřené hodnoty.....	61
Tab. 14 Naměřené hodnoty s pořadovým číslem.....	61
Tab. 15 Interval, střed intervalu, četnost.....	62
Tab. 16 Tabulka počtu vad a doby stání stroje.....	72
Tab. 17 Tabulka vad seřazená podle jejich četnosti.....	72
Tab. 18 Tabulka vad seřazená dle času stání stroje.....	73
Tab. 19 Naměřené hodnoty.....	76
Tab. 20 Tabulka četností.....	77
Tab. 21 naměřené hodnoty, střední hodnoty, rozpětí.....	80
Tab. 22 hodnoty pro diagram	81
Tab. 23 naměřené hodnoty, střední hodnoty, rozpětí	82
Tab. 24 hodnoty pro diagram	83
Tab. 25 naměřené hodnoty, střední hodnoty, rozpětí	84
Tab. 26 hodnoty pro diagram	85
Tab. 27 naměřené hodnoty, střední hodnoty, rozpětí	86
Tab. 28 hodnoty pro diagram	87
Tab.29 Naměřené hodnoty.....	96
Tab.30 První měření v první směně.....	96

Tab. 31 Druhé měření v 1.směně.....	97
Tab.32 První měření v druhé směně.....	98
Tab.33 Druhé měření v druhé směně.....	99
Tab.34 Hodnoty naměřené po provedení korekce před druhou směnou.....	101
Tab. 35 Hodnoty naměřené po korekci stroje.....	102

SEZNAM PŘÍLOH

