

Shewhartovy regulační diagramy

Menu: QCExpert Regulační diagramy

Cílem všech regulačních diagramů je určit a neustále kontrolovat, zda je sledovaný proces v takzvaném **statisticky zvládnutém stavu**. Prakticky to znamená, že předpokládáme nějaké statistické vlastnosti procesu (obecně dat) a regulační diagram slouží (přinejmenším) k testování, zda se tyto statistické vlastnosti nemění. Těmito statistickými vlastnostmi jsou nejčastěji střední hodnota, rozptyl (směrodatná odchylka), tvar rozdělení dat, podíl nebo počet nevyhovujících výrobků, ale také třeba nezávislost měřených hodnot. Princip Shewhartových regulačních diagramů poprvé navržených v roce 1932 spočívá v hlídání, zda nedochází k případům, které jsou - v případě zachování předpokládaných vlastností - krajně nepravděpodobné. Výskyt takových případů pak naopak signalizuje, že předpoklady byly porušeny, proces se změnil a je třeba analyzovat možné příčiny této změny, zasáhnout, zajistit nápravu a podobně. Příkladem takového nepravděpodobného případu je překročení regulačních mezí UCL a LCL. Byly-li vypočteny jako $\pm 3\sigma$, je pravděpodobnost jejich překročení pouze 0.27%. Při diagnostice regulačního diagramu se mimo LCL a UCL využívá ještě hladin odpovídajících $\pm 2\sigma$ (někdy označovaných jako varovné meze LWL a UWL) a $\pm \sigma$. Postupně byly empiricky nalezeny další, zhruba stejně nepravděpodobné případy, které se nazývají pravidla. Osm z nich je možno testovat v tomto modulu viz Obrázek 3. Standardní nastavení těchto pravidel je následující:

1. Jedna hodnota mimo kontrolní meze,
2. Devět hodnot na téže straně centrální linie,
3. Šest hodnot za sebou roste nebo klesá,
4. Čtrnáct hodnot má střídavé znaménko svých diferencí,
5. Dvě ze tří hodnot jsou od základní linie dále než 2σ ,
6. Čtyři z pěti hodnot jsou na téže straně základní linie dále než 1σ ,
7. Patnáct hodnot je uvnitř intervalu $\pm \sigma$ od základní linie,
8. Osm hodnot po sobě je mimo interval $\pm \sigma$ od základní linie.

Postup při používání Shewhartových regulačních diagramů se skládá ze dvou hlavních kroků:

1. Tvorba neboli konstrukce regulačního diagramu a
2. Použití regulačního diagramu.

Úkolem použití diagramu je stanovit základní (centrální) linii ZL (očekávanou střední hodnotu) a regulační (kontrolní) meze tak, aby popisovaly sledovaný proces. Nejsou-li tyto základní parametry předepsány, stanoví se obvykle jako průměr a interval ohraničující oblast výskytu 99,73% naměřených hodnot. V případě spojitých hodnot s normálním rozdělením je to interval $\pm 3\sigma$ kolem průměru na základě dat, která představují proces v optimálním stavu po případném vyloučení vybočujících či jinak problematických dat. Použitím diagramu se rozumí porovnání dalšího průběhu tohoto procesu se zkonstruovaným regulačním diagramem s pomocí uvedených pravidel.

Program QCExpert™ nabízí v tomto modulu sedm nejčastěji používaných regulačních diagramů:

Shewhartův diagram X-průměr a S, X-průměr a R, X-individual pro spojitě znaky jakosti a diagramy np, p, u a c pro diskrétní znaky jakosti. V případě spojitých znaků jakosti je možno použít techniku transformace pro zlepšení normality dat. Regulační diagram pak může mít asymetrické regulační meze. Při konstrukci Shewhartova diagramu je třeba mít na paměti, že data nesmí být významně autokorelována (viz dále). Směrodatná odchylka σ_R použitá pro výpočet regulačních mezí $\pm 3\sigma$ se

nepočítá ze známého vztahu $\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2$, ale získává se z odhadu tzv. inherentní variability

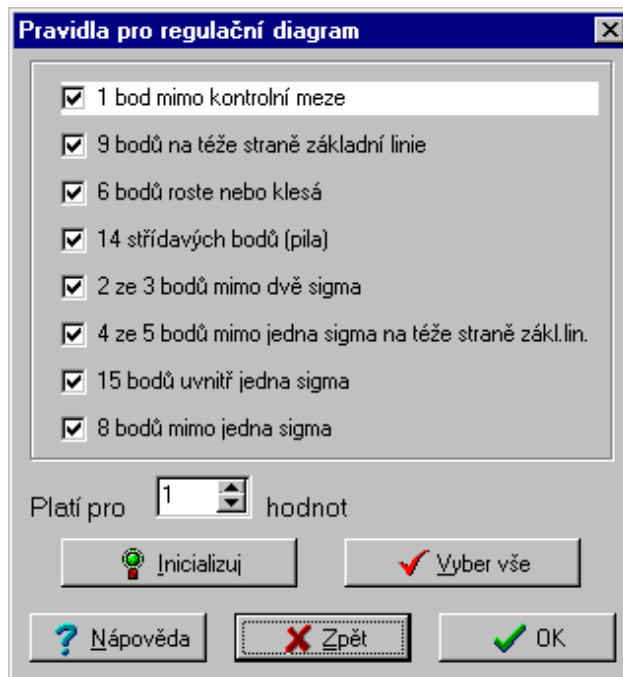
$\sigma_R = \frac{\bar{R}}{d_2}$: $LCL = \bar{x} - 3\frac{\bar{R}}{d_2}$; $UCL = \bar{x} + 3\frac{\bar{R}}{d_2}$, kde \bar{R} je střední diference prvního řádu

$\bar{R} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n |x_i - x_{i-1}|$ (tzv. klouzavé rozpětí) a $d_2(2) = 1.128$ je korekční faktor

$$d_2(n) = \int_0^{\infty} w \frac{n(n-1)}{[\sqrt{2\pi}]^n} \int_{-\infty}^{x+w} \left[\int_x^{x+w} e^{-(u^2/2)} du \right]^{n-2} e^{-((x+w)^2/2)} e^{-(x^2/2)} dx dw.$$

Obrázek 1 Panel pro tvorbu nového Shewhartova regulačního diagramu

Obrázek 2 Panel pro použití Shewhartova diagramu



Obrázek 3 Panel pro definování kontrolovaných pravidel

Předpoklady pro Shewhartovy diagramy

Klasické Shewhartovy diagramy typu X-průměr a X-individual neposkytují použitelné výsledky a neměly by se proto konstruovat v následujících případech:

1. Normalita dat použitých pro regulační diagram je zamítnuta (viz Test normality).
2. Data jsou závislá nebo mají významný trend, viz Autokorelace a Významnost trendu.
3. Variabilita dat je proměnlivá (heteroskedasticita).
4. Při konstrukci diagramu pro několik znaků jakosti jsou tyto znaky vzájemně významně korelované, viz Párové korelace.

Možná řešení v těchto situacích jsou následující:

1. Je-li nenormalita způsobena vybočujícím měřením, toto se (jen při tvorbě diagramu!) vypustí. Je-li způsobena systematickým sešikmením (asymetrií) rozdělení, lze buď zvětšit velikost podskupiny, nebo použít transformaci. Je-li způsobena rozdílem ve špičatosti avšak data jsou symetrická (viz šikmost, špičatost), je nutno pro meze UCL a LCL použít jiných kvantilů než 3 sigma.
2. Je třeba používat pro tvorbu i použití buď detrendovaných dat s týmiž parametry (viz Vyhlazená data), nebo (vhodněji) použít dynamického diagramu EWMA.
3. Je třeba použít dynamického diagramu EWMA.
4. Je třeba použít Hotellingova diagramu pro vícerozměrná data.

Analýza způsobilosti, indexy

Pro výpočet indexů způsobilosti C_p , C_{pk} , C_{pm} na základě specifikačních mezí je určen modul **Způsobilost**. V modulu Shewhartovy diagramy jsou uvedeny jako indexy způsobilosti jen orientační hodnoty, které porovnávají směrodatnou odchylku definující meze regulačního diagramu s aktuální směrodatnou odchylkou dat. Indexy způsobilosti PCI se zde používají pouze pro vyjádření nebo posouzení úspěšnosti splnění předepsaných nebo nastavených parametrů regulačního diagramu, základní linie a regulačních mezí. Nejjednodušší interpretace je tato: je-li index způsobilosti menší než 1, proces nevyhovuje danému regulačnímu diagramu, je-li větší než 1, je směrodatná odchylka v souladu s regulačními mezemi. Někdy se doporučuje používat dělení na procesy nezpůsobilé ($PCI < 1$), způsobilé ($PCI \geq 1$), s vysokou způsobilostí ($PCI \geq 1.3$). Správnější je však používat místo hodnot vlastních indexů způsobilosti spodní meze jejich intervalu spolehlivosti, viz *Indexy způsobilosti*, odst.

0. Proces je tedy způsobilý, je-li *spodní mez indexu způsobilosti* větší než 1. Základní index C_p lze použít pouze tehdy, je-li průměr dat roven základní linii. Interval způsobilosti lze zúžit použitím většího množství dat.

Transformace v regulačních diagramech

Technika transformace dat v regulačních diagramech umožňuje zpracování dat, jejichž rozdělení není symetrické. To je poměrně častý jev, který, je-li ignorován, má za následek znehodnocení vypovídací schopnosti regulačního diagramu. V takovém případě totiž dochází velmi často k překračování jedné regulační meze ačkoliv je proces ve stabilním stavu a pod statistickou kontrolou. Druhé meze pak ani zdaleka nebývá dosaženo. Jako typické příklady lze uvést nízké (stopové) obsahy škodlivin, čistotu produktu, relativní hodnoty blízké 100%, mechanické veličiny jako pevnost, napětí, pružnost, časové intervaly, veličiny závislé na objemu nebo ploše jako hmotnost, velikosti malých částic, atd. Je-li použit diagram X-průměr s velkou velikostí podskupiny (větší než 5), může být asymetrie dat kompenzována platností tzv. centrálního limitního teorému. Je-li významnost asymetrie prokázána, nelze klasický Shewhartův diagram použít. Významnost asymetrie lze prokázat pomocí modulu Transformace. Asymetrie dat je často provázena zamítnutím normality v modulu Základní statistika, viz Test normality. Výsledkem transformace v regulačním diagramu jsou asymetrické meze regulačního diagramu pro X. Diagram pro variabilitu se vypočítá z transformovaných dat, absolutní hodnoty v diagramu S nebo R proto neodpovídají hodnotám vypočítaným přímo z původních dat. Analýza způsobilosti procesu (indexy $c_p, c_{pk}, c_{pm}, c_{pmk}$) se počítají z transformovaných dat, tedy při splněním požadavku normality. **Pozor:** Při použití diagramu je nutno vždy použít stejný parametr transformace jako při tvorbě diagramu!

Diagram X-průměr a S, X-průměr a R

Menu:	QCExpert	Regulační diagramy	Tvorba
			Použití

Data a parametry

Data jsou tvořena jednotlivými podskupinami. Podskupina je tvořena nejméně dvěma hodnotami na řádku vedle sebe. Jednotlivé podskupiny jsou uspořádány pod sebou, viz Tabulka 1. Data mohou obsahovat chybějící hodnoty.

Tabulka 1 Tvar dat pro diagram x-průměr, počet dat = 10, velikost podskupiny = 3

Čas	NO _x 1	NO _x 2	NO _x 3
1.11.96	110.9	101.6	114.6
2.11.96	113.3	120.8	116.3
3.11.96		106.1	107.6
6.11.96	115.6	113.6	122.2
7.11.96	128.3	138.6	127
8.11.96	139.9	133.9	
9.11.96	124.3	127.8	113.9
10.11.96	118.6	118	116.5

Tvorba diagramu. Parametry se zadávají v panelu *Tvorba regulačního diagramu* (Obrázek 1). V okénku Druh diagramu vybereme *X-průměr a S*, případně *X-průměr a R*. Po stisku tlačítka *Vyber sloupce* zvolíme sloupce odpovídající požadované podskupině. Je nutno vybrat alespoň dva sloupce. Data by měla odpovídat procesu v optimálním, stabilním stavu. Případné vybočující hodnoty, popřípadě i jiná data způsobující porušení pravidel se před tvorbou diagramu vypustí. Při porušení dalších předpokladů lze postupovat podle odst. 0. Je-li třeba transformovat data, zaškrtně se políčko

Transformace a zadá se hodnota parametru transformace. Není-li tento parametr znám, lze vypočítat jeho optimální hodnotu stiskem tlačítka otazník ?. Známe-li některé požadované hodnoty znaku jakosti či variability, je možné je zadat po zaškrtnutí políčka *Zadej ručně*. Je-li políčko *Zadej ručně* zaškrtnuto, příslušná hodnota se nepočítá. Pak se tlačítkem *Počítej* provede výpočet parametrů diagramu. Tlačítkem *Pravidla* vyvoláme panel Pravidla pro Shewhartův regulační diagram, kde můžeme vyloučit některá pravidla tlačítky >>, resp. <<, případně je z nějakého důvodu změnit. Bezduvodné změny parametrů pravidel nejsou doporučeny. K standardním hodnotám pravidel je možné se vrátit stiskem tlačítka *Inicializuj*. Vypočítané parametry diagramu je možno uložit do souboru pro pozdější použití pomocí tlačítka *Ulož parametry*.

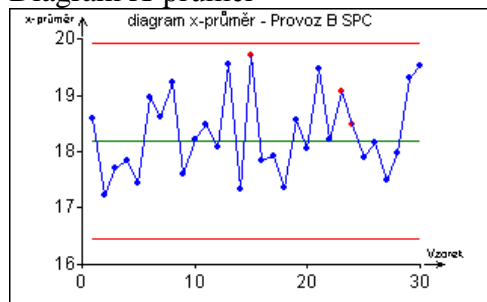
Použití diagramu. Další data ze stejného procesu lze kontrolovat pomocí panelu *Použití regulačního diagramu*. Postup je podobný jako při jeho konstrukci, předpokládá se však již znalost základní linie a regulačních mezí UCL a LCL pro diagram x-průměr i pro variabilitu (S nebo R). V panelu *Použití regulačního diagramu* (Obrázek 2) se vyberou sloupce. Jsou-li známy hodnoty základních linií a regulačních mezí, nastaví se po zaškrtnutí políčka *Zadat ručně*, případně se tyto hodnoty načtou ze souboru tlačítkem *Načti parametry*. Načtené parametry lze použít jen pro konstrukci téhož typu diagramu, pro jaký byly vytvořeny a se stejnou velikostí podskupiny. Tlačítkem *Pravidla* lze modifikovat nastavení a použití pravidel. Tlačítkem *Udělej diagram* se vygeneruje regulační diagram a protokol. Parametry diagramu je možno uložit do souboru pro pozdější použití pomocí tlačítka *Ulož parametry*.

Protokol

Bez transformace/ S transformací	Informace, zda byla použita transformace pro zlepšení normality dat. V případě, že byla transformace použita, mohou být regulační meze asymetrické podle rozdělení dat, hodnoty v diagramu S odpovídají transformovaným datům, nikoli původním datům.
Typ diagramu	x průměr.
Max velikost podsk	Maximální velikost podskupiny, tedy počet sloupců zadaných v panelu tlačítkem <i>Vyber sloupce</i> .
Počet řádků	Počet dat pro regulační diagram.
Základní linie	Zadaná základní linie regulačního diagramu pro sledovaný znak jakosti.
UCL	Zadaná horní regulační mez.
LCL	Zadaná spodní regulační mez.
Variabilita	Typ vyjádření variability procesu.
Základní linie	Zadaná základní linie regulačního diagramu pro směrodatnou odchylku sledovaného znaku jakosti.
Indexy způsobilosti	
Cp	Index způsobilosti $C_p = (UCL - LCL) / (6s)$ s odhadem spodní a horní meze 95% intervalu spolehlivosti.
Cpk	Index způsobilosti $C_{pk} = \min(UCL - \text{průměr} ; \text{průměr} - LCL) / (3s)$ s odhadem spodní a horní meze 95% intervalu spolehlivosti.
Odhad (Heavlin)	Odhad spodní a horní meze 95% intervalu spolehlivosti podle Heavlina.
Odhad (Kushler)	Odhad spodní a horní meze 95% intervalu spolehlivosti podle Kushlera.
Odhad (Franklin)	Odhad spodní meze 95% intervalu spolehlivosti podle Franklina.
Cpm	Index způsobilosti $C_{pm} = (UCL - LCL) / (6\sqrt{s^2 + (\text{průměr} - ZL)^2})$ s odhadem spodní a horní meze 95% intervalu spolehlivosti.
Cpmk	Kombinovaný index způsobilosti C_{pmk} .
Porušení pravidel	Seznam hodnot, které způsobily porušení pravidel vybraných v panelu Pravidla pro regulační diagramy. Hodnota, která způsobila porušení (průměr nebo směř. odchylka), je vyznačena tučně a červeně. Může to být hodnota x-

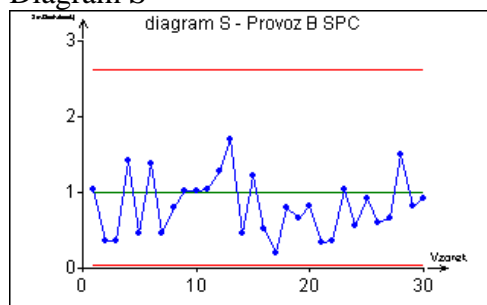
Grafy

Diagram X-průměr



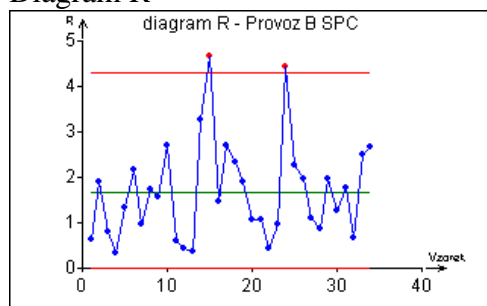
Standardní regulační diagram X-průměr. Červeně jsou označena data, porušující nastavená pravidla. Je doporučeno posuzovat regulační diagram x-průměr až po posouzení diagramu pro variabilitu (S nebo R). Střední příčka odpovídá základní linii, krajní příčky odpovídají nastaveným regulačním mezím.

Diagram S



Regulační diagram pro směrodatnou odchylku. Červeně jsou zvýrazněna data, která přesahují regulační meze pro směrodatnou odchylku. Diagramy pro variabilitu (S nebo R) by se měly posuzovat dříve než diagramy X-průměr, popř. X-individual. Střední příčka odpovídá základní linii pro směrodatnou odchylku, krajní příčky odpovídají regulačním mezím.

Diagram R



Regulační diagram pro rozpětí. Rozpětí je rozdíl největší a nejmenší hodnoty v podskupině. Při velikosti podskupiny větší než 2 se doporučuje používat spíše diagram S. Červeně jsou zvýrazněna data, která přesahují regulační meze pro rozpětí. Diagramy pro variabilitu (S nebo R) by se měly posuzovat dříve než diagramy X-průměr, popř. X-individual. Střední příčka odpovídá základní linii pro směrodatnou odchylku, krajní příčky odpovídají regulačním mezím.

Diagram X-individual a R

Menu:	QCExpert	Regulační diagramy	Tvorba
			Použití

Diagram X-individual se používá tam, kde není možno z nějakého důvodu vytvořit podskupiny. Do diagramu se vynášejí přímo naměřené hodnoty. Tento diagram je daleko citlivější, především na normalitu dat než diagramy typu X-průměr. Pokud je to možné, doporučuje se používat raději diagramy typu X-průměr popsané v kap. 0. Do diagramu pro variabilitu (diagram R) se vynášejí absolutní rozdíly po sobě následujících hodnot.

Data a parametry

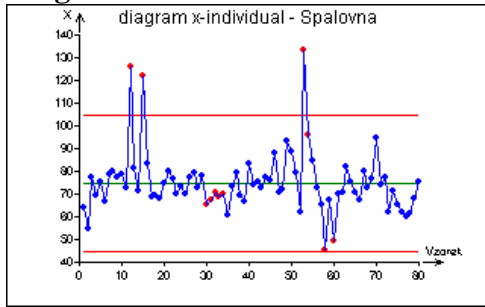
Data jsou v jediném sloupci. Nesmí obsahovat chybějící hodnoty. V panelu pro tvorbu nebo použití diagramu se zvolí druh diagramu *x-individual a R*. Dále se tvorba a použití regulačního diagramu řídí postupem popsáným již v odstavci 0, str. 4.

Protokol

Protokol pro diagram x-individual je shodný s protokolem pro diagramy typu x-průměr.

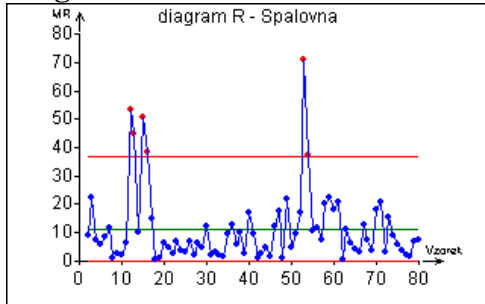
Grafy

Diagram X-individual



Standardní regulační diagram X-individual. Červeně jsou označena data, porušující nastavená pravidla. Je doporučeno posuzovat regulační diagram x-individual až po posouzení diagramu pro rozpětí (R). Střední přímka odpovídá základní linii, krajní přímky odpovídají nastaveným regulačním mezím.

Diagram R



Regulační diagram pro klouzavé rozpětí. Protože se klouzavá rozpětí počítají ze dvou po sobě následujících hodnot x-individual, začíná diagram vždy od druhého bodu. Červeně jsou zvýrazněna data, která přesahují regulační meze pro směrodatnou odchylku. Tento diagram by se měly posuzovat dříve než diagramy X-individual. Střední přímka odpovídá základní linii pro rozpětí, krajní přímky odpovídají regulačním mezím.

np-diagram

Menu: QCExpert | Regulační diagramy | Tvorba

Diagram np je vhodný pro sledování počtu vadných výrobků (jednotek) z nějakých dávek, který má binomické rozdělení. Je to tedy diagram pro diskrétní, celočíselné hodnoty, neboli diagram srovnávání. Jednotlivé dávky představují podskupinu, počet vadných (neshodných, nevyhovujících) výrobků np z dané dávky je hodnota, která se vynáší do diagramu. Velikost dávky nemusí být stále stejná. U diagramů srovnávání se konstruuje pouze diagram pro sledované hodnoty, nikoli pro variabilitu.

Data a parametry

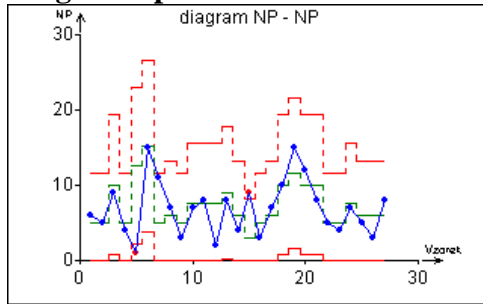
Data jsou uspořádána do dvou sloupců. V prvním sloupci je vždy počet nevyhovujících součástek v dávce, ve druhém sloupci musí být velikost příslušné dávky (tedy celkový počet všech součástek v dané dávce). V panelu *Tvorba regulačního diagramu* se zvolí typ regulačního diagramu np . Po stisknutí tlačítka *Vyber sloupce* zvolíme sloupce s daty. Transformace ani pravidla se u diagramů srovnávání (np , p , c , u) nepoužívají. Známe-li hodnoty základní linie nebo regulačních mezí z předchozí analýzy nebo z předpisu, zaškrtneme v rámečku *Hodnota znaku* políčka *Zadej ručně* a zadáme příslušné hodnoty. Neznáme-li je, zrušíme případné zaškrtnutí v políčkách *Zadej ručně* a stisknutím tlačítka *Počítej* tyto hodnoty vypočítáme. Tlačítkem *Ulož parametry* lze hodnoty ZL, UCL a LCL uložit do souboru pro pozdější použití. Tlačítkem *OK* se diagram sestrojí.

Protokol

NP	Opis počtů vadných jednotek v jednotlivých dávkách.
N0	Velikosti jednotlivých dávek.
ZL	Základní linie pro danou velikost dávky.
LCL	Spodní regulační mez pro danou velikost dávky.
UCL	Horní regulační mez pro danou velikost dávky.
P	Průměrné procento vadných jednotek
Mimo kontrolní meze	Seznam hodnot, které přesahují regulační meze.

Grafy

Diagram np



Regulační diagram pro počty neshod. Červeně jsou zvýrazněna data, která přesahují regulační meze. Střední linie odpovídá základní linii pro počet neshod, krajní linie odpovídají regulačním mezím. Základní linie i regulační meze závisejí na počtu jednotek v dávce. Čím je větší, tím jsou tyto hodnoty vyšší. Při proměnlivé velikosti dávky jsou tedy tyto linie nekonstantní.

p-diagram

Menu: QCExpert | Regulační diagramy | Tvorba

Diagram p je vhodný pro sledování podílu vadných výrobků (jednotek) z nějakých dávek, který má binomické rozdělení. Je to tedy diagram pro diskrétní hodnoty, neboli diagram srovnávání. Jednotlivé dávky představují podskupinu, podíl vadných (neshodných, nevyhovujících) výrobků p z dané dávky je hodnota, která se vynáší do diagramu. Tato hodnota je vždy větší nebo rovna nule a menší nebo rovna jedné, $0 \leq p \leq 1$. Velikost dávky nemusí být stále stejná. U diagramů srovnávání se konstruuje pouze diagram pro sledované hodnoty, nikoli pro variabilitu.

Data a parametry

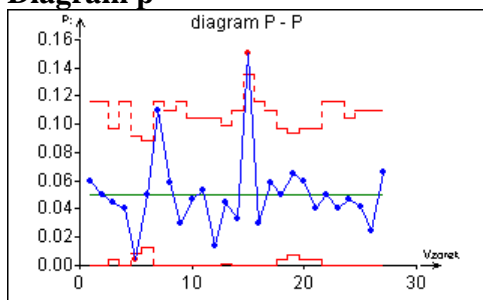
Data jsou uspořádána do dvou sloupců. V prvním sloupci jsou vždy podíly nevyhovujících součástek v dávce, ve druhém sloupci musí být velikost příslušné dávky (tedy celkový počet všech součástek v dané dávce). V panelu *Tvorba regulačního diagramu* se zvolí typ regulačního diagramu n . Po stisknutí tlačítka *Vyber sloupce* zvolíme sloupce s daty. Transformace ani Pravidla se u diagramů srovnávání (np, p, c, u) nepoužívají. Známe-li hodnoty základní linie nebo regulačních mezí z předchozí analýzy nebo z předpisu, zaškrtneme v rámečku *Hodnota znaku* políčka *Zadej ručně* a zadáme příslušné hodnoty. Neznáme-li je, zrušíme případné zaškrtnutí v políčkách *Zadej ručně* a stisknutím tlačítka *Počítej* tyto hodnoty vypočítáme. Tlačítkem *Ulož parametry* lze hodnoty ZL, UCL a LCL uložit do souboru pro pozdější použití. Tlačítkem *OK* se diagram sestrojí.

Protokol

P	Opis podílů vadných jednotek v jednotlivých dávkách.
N0	Velikosti jednotlivých dávek.
LCL	Spodní regulační mez pro danou velikost dávky.
UCL	Horní regulační mez pro danou velikost dávky.
ZL	Základní linie.
Mimo kontrolní meze	Seznam hodnot, které přesahují regulační meze.

Grafy

Diagram p



Regulační diagram pro podíly neshod. Červeně jsou zvýrazněna data, která přesahují regulační meze. Střední linie odpovídá základní linii pro počet neshod, krajní linie odpovídají regulačním mezím. Regulační meze závisejí na počtu jednotek v dávce. Čím je větší, tím jsou meze užší. Při proměnlivé velikosti dávky jsou tedy tyto linie nekonstantní.

c-diagram

Menu:	QCExpert	Regulační diagramy	Tvorba
-------	----------	--------------------	--------

Diagram c je poměrně málo používaný diagram vhodný pro sledování počtu jednotlivých vad na definovaném množství výrobku, který má Poissonovo rozdělení. Je to tedy rovněž diagram pro diskrétní, celočíselné hodnoty, neboli diagram srovnáváním. Rozdíl od diagramů np a p je v tom, že zde sledujeme na každém výrobku, nebo (obvykle malé) skupině výrobků počet jednotlivých vad stejného druhu, z nichž každá může ale nemusí způsobit nevyhovění celého výrobku (například počet hrudek na lakovaném povrchu, počet uzlíků na 10 běžných metrech tkané textilie). Počet vad na výrobku c je hodnota, která se vynáší do diagramu. Velikost nebo počet kontrolovaných výrobků musí být stále stejné. U diagramů srovnáváním se konstruuje pouze diagram pro sledované hodnoty, nikoli pro variabilitu.

Data a parametry

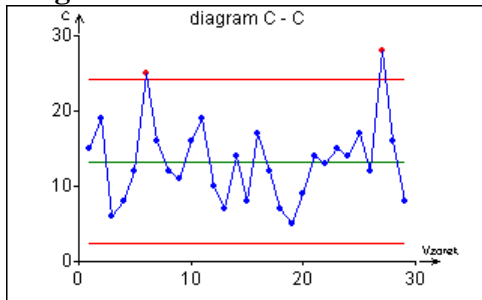
Data jsou uspořádána do jednoho sloupce. Sloupec obsahuje počty vad na jednotlivých výrobcích. V panelu *Tvorba regulačního diagramu* se zvolí typ regulačního diagramu c . Po stisknutí tlačítka *Vyber sloupce* zvolíme sloupec s daty. Transformace ani Pravidla se u diagramů srovnáváním (np, p, c, u) nepoužívají. Známe-li hodnoty základní linie nebo regulačních mezí z předchozí analýzy nebo z předpisu, zaškrtneme v rámečku *Hodnota znaku* políčka *Zadej ručně* a zadáme příslušné hodnoty. Neznáme-li je, zrušíme případné zaškrtnutí v políčkách *Zadej ručně* a stisknutím tlačítka *Počítej* tyto hodnoty vypočítáme. Tlačítkem *Ulož parametry* lze hodnoty ZL, UCL a LCL uložit do souboru pro pozdější použití. Tlačítkem *OK* se diagram sestrojí.

Protokol

Data	Opis počtů vad ze vstupních dat.
ZL	Základní linie.
LCL	Spodní regulační mez.
UCL	Horní regulační mez.
Mimo kontrolní meze	Seznam hodnot, které přesahují regulační meze.

Grafy

Diagram c



Regulační diagram pro počet vad. Červeně jsou zvýrazněna data, která přesahují regulační meze. Střední linie odpovídá základní linii pro počet vad, krajní linie odpovídají regulačním mezím. Regulační meze i základní linie jsou vždy konstantní.

u-diagram

Menu:	QCExpert	Regulační diagramy	Tvorba
-------	----------	--------------------	--------

Diagram u je poměrně málo používaný diagram vhodný pro sledování počtu jednotlivých vad na proměnlivém množství výrobku. Počet vad má Poissonovo rozdělení. Je to tedy rovněž diagram pro diskrétní hodnoty, neboli diagram srovnáváním. Rozdíl od diagramů np a p je v tom, že zde sledujeme na každém výrobku, nebo (obvykle malé) skupině výrobků počet jednotlivých vad stejného druhu, z nichž každá může ale nemusí způsobit nevyhovění celého výrobku (například počet hrudek na lakovaném povrchu určitého počtu výrobků, počet uzlíků na určitém počtu běžných metrech tkané textilie). Počet vad na výrobku u je hodnota, která se vynáší do diagramu. Rozdíl od diagramu c je pouze v proměnlivém množství výrobku (výrobků). Velikost nebo počet kontrolovaných výrobků tedy

nemusí být stále stejné. U diagramů srovnáváním se konstruuje pouze diagram pro sledované hodnoty, nikoli pro variabilitu.

Data a parametry

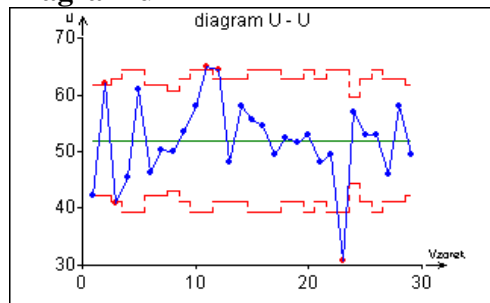
Data jsou uspořádána do dvou sloupců. V prvním sloupci je vždy počet vad, ve druhém sloupci musí být množství výrobku (výrobků), na němž se vady zjišťovaly. V panelu *Tvorba regulačního diagramu* se zvolí typ regulačního diagramu *u*. Po stisknutí tlačítka *Vyber sloupce* zvolíme sloupce s daty. Transformace ani pravidla se u diagramů srovnáváním (np, p, c, u) nepoužívají. Známe-li hodnoty základní linie nebo regulačních mezí z předchozí analýzy nebo z předpisu, zaškrtneme v rámečku *Hodnota znaku* políčka *Zadej ručně* a zadáme příslušné hodnoty. Neznáme-li je, zrušíme případné zaškrtnutí v políčkách *Zadej ručně* a stisknutím tlačítka *Počítej* tyto hodnoty vypočítáme. Tlačítkem *Ulož parametry* lze hodnoty ZL, UCL a LCL uložit do souboru pro pozdější použití. Tlačítkem *OK* se diagram sestojí.

Protokol

U	Opis počtů vad ze vstupních dat.
N0	Odpovídající množství kontrolovaného výrobku.
U1	Počet vad vztažený na jednotku výrobku, $U1=U/N0$. Tyto hodnoty se vynášejí do regulačního diagramu.
LCL	Spodní regulační mez pro danou velikost dávky.
UCL	Horní regulační mez pro danou velikost dávky.
ZL	Základní linie.
Mimo kontrolní meze	Seznam hodnot, které přesahují regulační meze.

Grafy

Diagram u



Regulační diagram pro počty vad. Červeně jsou zvýrazněna data, která přesahují regulační meze. Střední linie odpovídá základní linii pro počet neshod, krajní linie odpovídají regulačním mezím. Regulační meze závisejí na množství kontrolovaného výrobku. Čím je větší, tím jsou meze užší. Při proměnlivém množství jsou tedy linie LCL a UCL nekonstantní.

Formulář

Tato položka vytvoří z uložených informací o regulačním diagramu papírový formulář pro ruční vyplňování. Má dvě části: tabulkovou, do které se zapisují naměřené hodnoty a grafickou, do níž lze vynést zapsané hodnoty graficky. Vyplněný regulační diagram může sloužit místo diagramu vytvořeného počítačem jako doklad o sledování statistické stability procesu i jako jednoduchá diagnostika. Nevýhodou tohoto papírového diagramu je například skutečnost, že pomocí něj nemůže snadno hlídat pravidla pro regulační diagramy, nebo provést širší diagnostiku dat. Výhodou je operativnost a možnost použití pro pracoviště, na nichž není počítač.

Formulář lze vytvořit pouze pro regulační diagramy *x*-průměr a *S*, *x*-průměr a *R* nebo *x*-individual a *R*. Chceme-li vytvořit formulář, musí být na disku předem uložen soubor (soubory) *.QCE s informací o parametrech regulačního diagramu, který jsme vytvořili při tvorbě regulačního diagramu tlačítkem *Ulož parametry* v dialogovém panelu *Tvorba regulačního diagramu*.

Na dialogovém panelu *Formulář*, viz Obrázek 4 vybereme v poli *Název souboru* uložené parametry regulačního diagramu. V polích *Druh diagramu* a *Vel. Podskupiny* se objeví příslušný druh diagramu a velikost podskupiny. Tato pole jsou informativní, uživatel by neměl nastavený druh diagramu ani velikost podskupiny měnit. Zaškrtnutím položek *Čas*, *Kód* a *Číslovat řádky* zvolíme, zda

se příslušné sloupce objeví v tabulkové části formuláře. Hodnoty v polích *Hodnota znaku* a *Variabilita* (ZL = základní linie, UCL, LCL = horní a spodní kontrolní mez) má uživatel možnost měnit. Po zaškrtnutí *Tolerance* lze případně zadat hodnotu technologické tolerance. Všechny pět hodnot se v grafické části formuláře zobrazí jako barvou i tučností odlišené přerušované čáry. Hodnoty tolerance lze využít i pro zobrazení varovných nebo jiných mezí. Pro větší přehlednost lze na jednu stránku formuláře vytisknout pouze jeden graf (pro hodnotu nebo pro variabilitu znaku) když vybereme příslušnou položku v poli *Kreslit*. V poli *Hlavička* je 5 položek. Jejich vyplněním (nepovinné) nastavíme hlavičku formuláře.

Formulář

Název souboru

- 10000.QCE
- aaa.QCE
- b2.QCE
- b3.QCE
- bi.QCE**
- c40.QCE
- d_164.QCE
- hotell.QCE
- np.QCE
- R69.QCE
- rozm_69.QCE

Druh diagramu

x-průměr a S x-průměr a R x-individual a R

Vel. poskupiny: Čas Kód Číslovat řádky

Hodnota znaku

ZL: Tolerance

LCL:

UCL:

Variabilita

ZL: Tolerance

LCL:

UCL:

Kreslit

Oboje Hodnota znaku Variabilita

Hlavička

Reg. diag. číslo: Produkt:

Pracoviště: Datum: Charakteristika:

 Počet kopií

Obrázek 4 Dialogový panel pro formulář regulačního diagramu

Tiskárnu vybereme a nastavíme tlačítkem *Nastavení*. Hotový formulář si lze prohlédnout pomocí tlačítka *Náhled*. Tím se otevře dialogový panel *Náhled*, viz Obrázek 5, kde lze zvolit zvětšení 50 - 400% (Obrázek 6).

Regulační diagram x-individual a R: W-45/22499

Produkt: TQ-44-osa

Datum: 3.5.2000

Pracoviště: Těšín

Charakteristika: pevnost_A

Hodnota znaku

ZL: 18.12235

LCL: 15.52241

UCL: 20.72228

Tolerance:

15

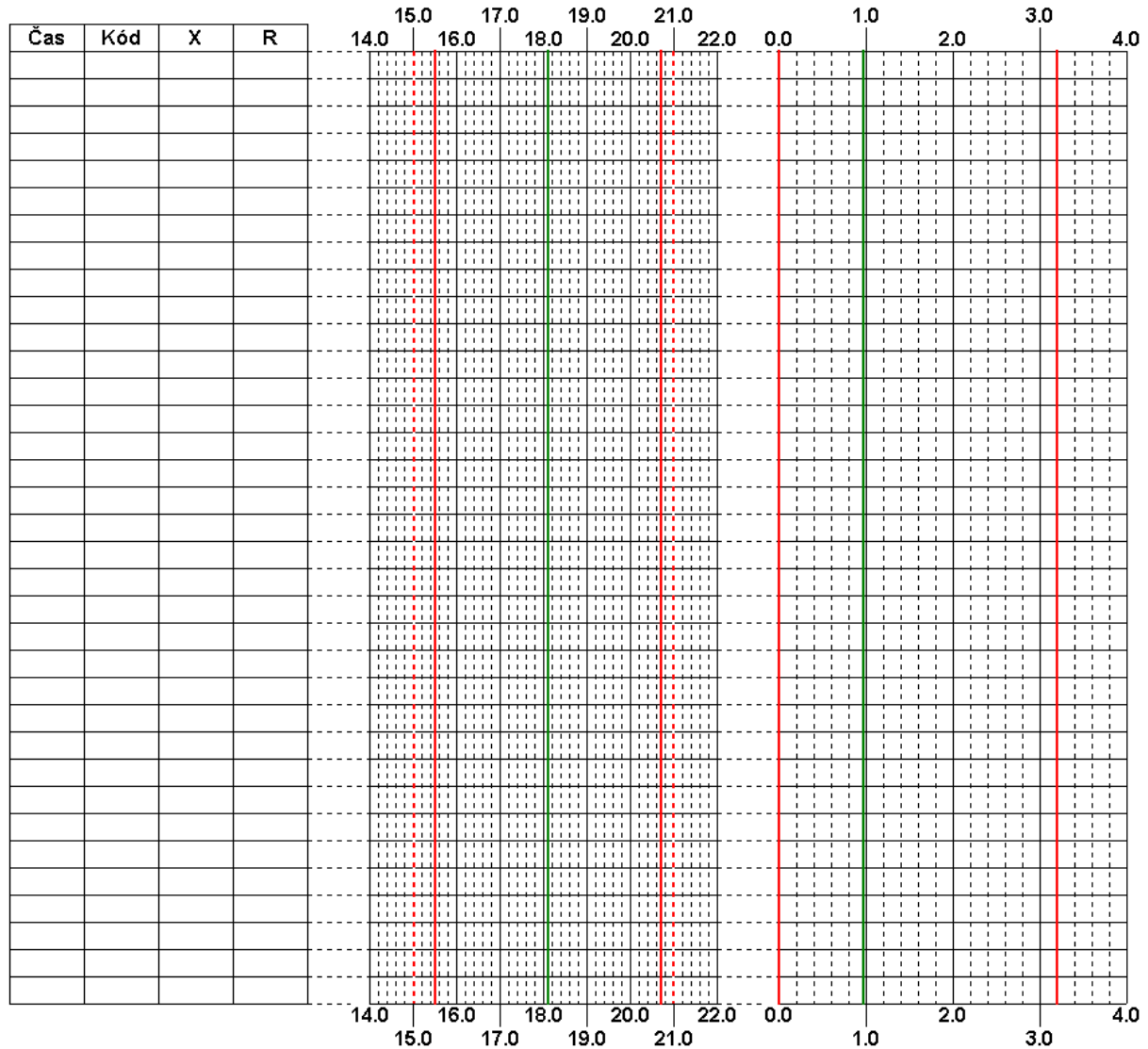
21

Variabilita

ZL: 0.977575

LCL: 0

UCL: 3.19374



Tisk: QC.Expert
©TriloByte
www.trilobyte.cz

Obrázek 7 Hotový vytištěný formulář (zmenšeno)




Velikost a proporce písma a grafů může být závislá na tiskárně a nemusí vždy přesně odpovídat náhledu. Vygenerovaný formulář lze přímo vytisknout (*Tisk*), nebo tlačítkem *Uložit* uložit na disk ve formátu WMF (editovatelný, závislý na zařízení), nebo ve formátu BMP (needitovatelná bitová mapa, nezávislá na zařízení). Vygenerovaný formulář má vždy 35 řádků. Šířka sloupců v tabulce závisí na počtu sloupců, pro větší podskupiny doporučujeme volit pouze jeden graf, pro příliš velké podskupiny ($n > 10$) se formulář nehodí. Vzhledem k barevnému vyznačení mezi je vhodné použít pro tisk barevnou tiskárnu. Do horního rámečku lze uvést například vedoucího provozu, technologa, vedoucího OŘJ,

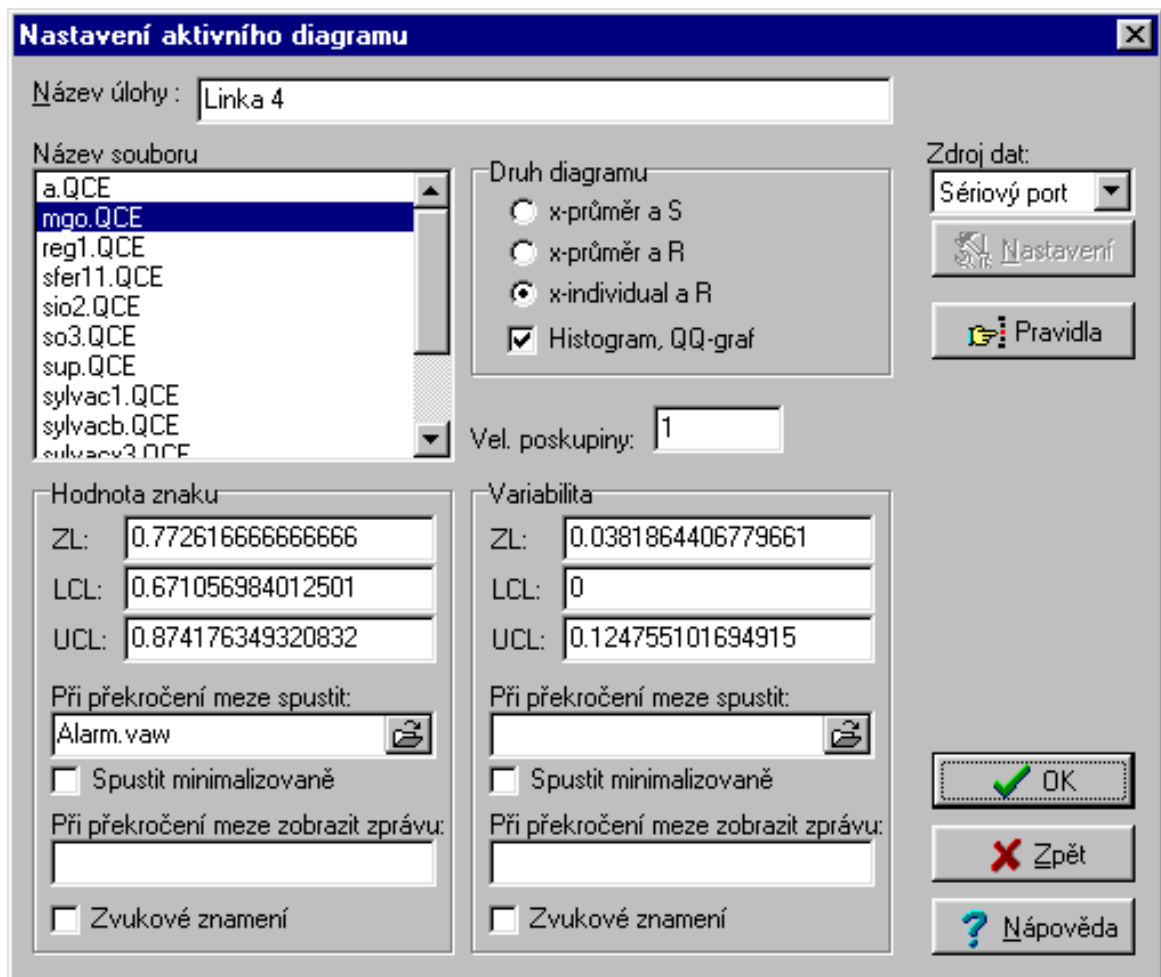
nebo pracovníka, sloupce Kód lze použít např. pro zkratku jména pracovníka, spodní rámeček lze použít pro údaj o kontrole a zaevidování vyplněného diagramu. Formulář odpovídá svým obsahem normě ISO 8258 *Shewhartovy regulační diagramy*.

On-line diagram

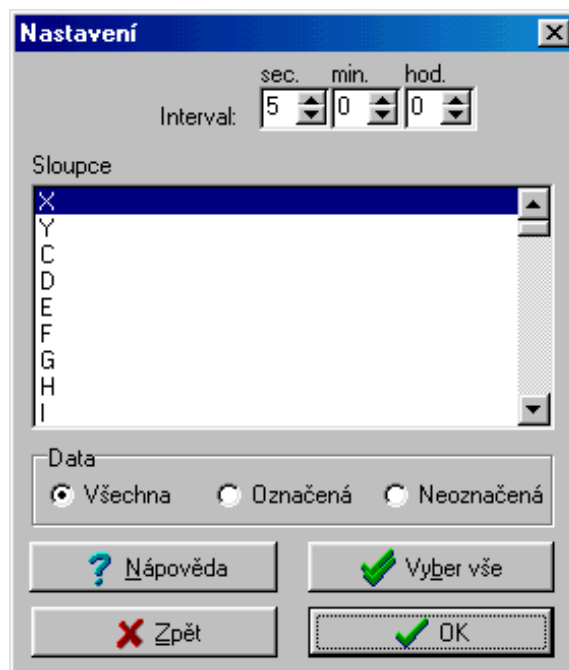
QCExpert™ umožňuje připojení zařízení se sériovým interface RS232 přes sériové rozhraní počítače (COM). Toto připojení je možné pouze tehdy, je-li instalován modul pro sériovou komunikaci PCom ve stejném adresáři jako QCExpert™. Data vysílaná ze zařízení lze v reálném čase monitorovat a zobrazovat ve dříve vytvořeném uloženém regulačním diagramu s možností uživatelem definované okamžité reakce na porušení pravidel. K tomuto účelu slouží on-line diagram přístupný z nabídky QC.Expert - Regulační diagramy. On-line diagram monitoruje v reálném čase zvolenou veličinu a ve zvolených časových intervalech aktualizuje na obrazovce okno s regulačním diagramem X-průměr nebo X-individual. Po volbě On-line diagramu se otevře dialogový panel *Nastavení aktivního diagramu*, viz Obrázek 8. Předpokládá se, že na disku je uložen soubor s parametry regulačního diagramu, viz např. *tvorba diagramu*. Soubor s parametry se vybere v poli *Název souboru*. Vybráním souboru se v polích *ZL*, *UCL*, *LCL* skupiny *Hodnota znaku* a *Variabilita* objeví parametry regulačního diagramu a zobrazí se velikost podskupiny. Ve skupině *Druh diagramu* se automaticky nastaví příslušný typ diagramu, který se nedoporučuje ručně měnit. Je-li vybrán diagram typu X-průměr, pak se data z portu interpretují jako po sobě jdoucí opakovaná měření v podskupině. Je tedy třeba dbát na to, aby z portu vstupoval vždy potřebný počet dat. Zaškrtnutím políčka *Histogram*, *QQ-graf* získáme vedle klasického diagramu pro hodnotu a variabilitu ještě histogram a QQ-graf a budeme tak mít k dispozici na obrazovce aktuální grafickou informaci o rozdělení dat. V poli *Zdroj dat* zvolíme buď *Data*, nebo *Sériový port*.

Při volbě *Data* je nutno po stisku tlačítka *Nastavení* (Obrázek 9) vybrat sloupce v aktuálním datovém listu a časový interval obnovování grafu regulačního diagramu. Časový interval má vliv pouze na frekvenci překreslování (aktualizace) grafů a nemusí odpovídat frekvenci zápisu dat. Regulační diagram se pak překresluje ve zvolených časových intervalech podle aktuálních dat ve zvolených sloupcích v datovém listu, které lze zapisovat (i mazat) ručně v reálném čase.

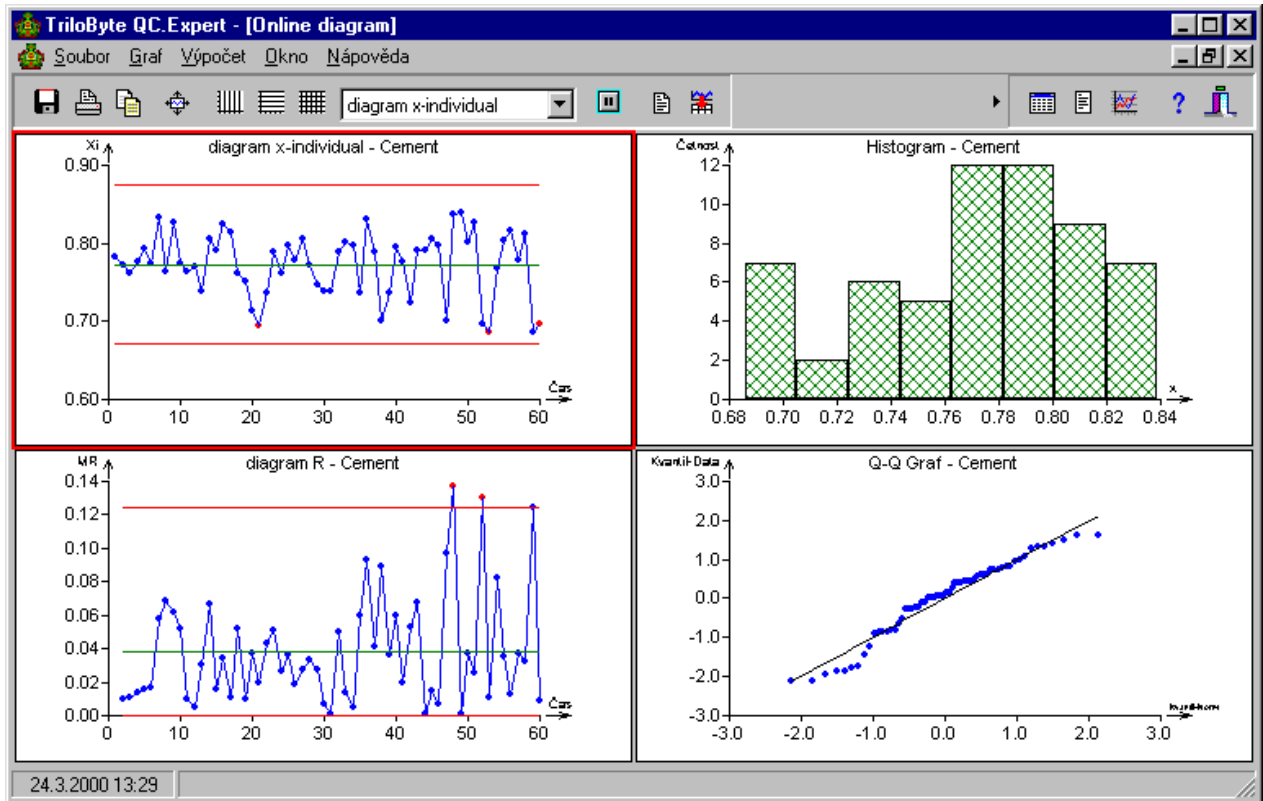
Při volbě *Sériový port* budou data čtena ze sériového portu podle nastavení v nabídce *Soubor-Sériový port* okna *Data*. Tlačítkem *Pravidla* lze změnit nastavení kontroly zvláštních případů Shewhartova diagramu. Aby regulační diagram plnil svou kontrolní a diagnostickou funkci, má uživatel možnost zadat soubor, který se má otevřít při každém porušení pravidel, a to zvlášť u diagramu pro hodnotu (X-průměr nebo X-individual) a pro variabilitu (R nebo S). Tento soubor může být spustitelný program (.EXE, .COM) nebo libovolný registrovaný typ souboru. Spustitelný program může být například ovladač nějakého technologického zařízení, nebo signalizace. Jako jiný typ souboru je vhodný třeba zvukový soubor WAV. Otevřená aplikace by se měla po ukončení činnosti sama automaticky zavřít. Při spuštění souboru probíhá dále v nastavených intervalech čtení dat z portu. Po každém čtení se všechny grafy vždy překreslí (aktualizují). Při zaškrtnutí políčka *Spustit minimalizovaně* se zvolený program spustí jen jako ikona na pozadí. Kromě spuštění souboru lze také zobrazit na displeji zprávu, jejíž text je možno zapsat do pole *Při překročení meze zobrazit zprávu*, případně spustit zvukový signál. Průběh měření lze pozastavit tlačítkem *Přerušit*  v panelu programu. Opakovaným stiskem tohoto tlačítka se měření opět spustí. Kdykoliv během měření lze stiskem tlačítka *Vytvořit protokol*  (v horním panelu) zaznamenat okamžitý stav procesu v podobě protokolu do okna *PROTOKOL* aniž se přeruší měření. Podobně tlačítkem *Přenést data do listu*  můžeme kdykoliv zapsat doposud naměřená data z regulačního diagramu do datového listu. V okamžiku spuštění on-line diagramu musí být port otevřen!



Obrázek 8 Nastavení aktivního diagramu



Obrázek 9 Nastavení dat pro regulační diagram On-line



Obrázek 10 Okno s on-line diagramem a volitelným histogramem a Q-Q grafem