



Software

Regulace výrobního procesu v soft. Statistica

Newsletter Statistica ACADEMY



Téma: Regulační diagramy, možnosti softwaru
Typ článku: Teorie, návod

*V tomto článku bychom Vám rádi ukázali další typy analýz, které se používají ve výrobních závodech, obecně v průmyslu. S úvodem do **managementu kvality** jsme Vás již seznámili dříve, nyní se podíváme na možnosti regulace výrobních procesů.*

Obecný účel diagramů pro řízení jakosti

Ve všech výrobních procesech je třeba monitorovat, jak moc naše výrobky splňují specifikace. Velice obecně lze říci, že existují dva „nepřátelé“ kvality výroby:

- 1. Odchytky od určených specifikací**
- 2. Velká proměnlivost okolo určených specifikací**

Obecný přístup k průběžnému řízení jakosti je poměrně přímočarý: Z běžícího výrobního procesu odebíráme vzorky určité velikosti, pro něž následně konstruujeme diagramy popisující proměnlivost těchto vzorků, a posuzujeme jejich shodu se specifikacemi. Pokud se v diagramech objeví nějaké trendy, nebo pokud vzorky padnou mimo určené meze, pak proces prohlásíme statisticky nevládnutým a budeme se snažit najít příčiny problémů. Těmto typům diagramů se někdy říká *Shewhartovy regulační diagramy* (podle W. A. Shewharta, kterému se připisuje prvenství v použití těchto metod).

Interpretace diagramu

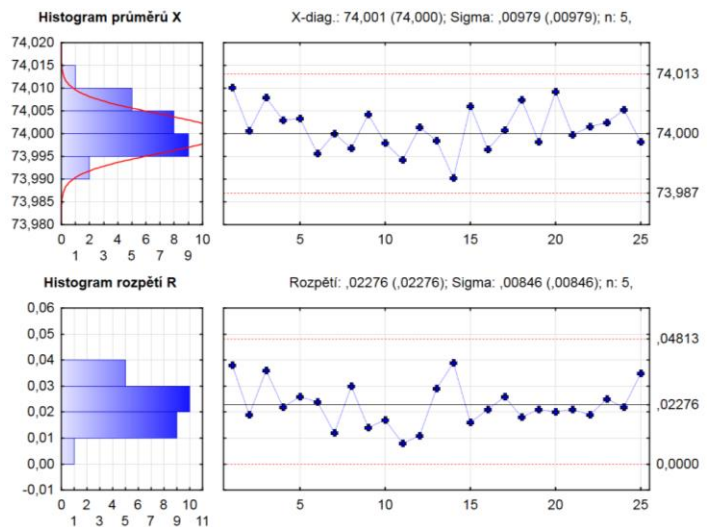
Nejstandardnější zobrazení obsahuje dvojici diagramů; jednomu se říká diagram X-průměrů, druhému zase diagram rozpětí (rozsahů). V obou grafech se na vodorovnou osu vynášejí charakteristiky jednotlivých vzorků. Svislá osa v diagramu X-průměrů reprezentuje měřenou charakteristiku (znak jakosti,

který nás zajímá). V diagramu rozpětí se na svislou osu vynášejí rozsahy měřené charakteristiky pro jednotlivé vzorky. Představme si například, že chceme regulovat velikost pístních kroužků, které vyrábíme.

Centrální přímka v diagramu **X-průměrů** bude reprezentovat požadovanou standardní velikost kroužků (např. průměr v milimetrech).

Centrální přímka v **diagramu rozpětí** bude představovat akceptovatelný rozpětí (rozptyl) velikosti kroužků ve vzorku. Druhý z diagramů je proto grafem proměnlivosti procesu (čím větší variabilita, tím větší rozpětí).

K centrální přímce se u typických grafů připojují ještě dvě další horizontální přímky, které reprezentují horní a dolní regulační meze (horní – UCL, dolní - LCL). Jejich význam vysvětlíme za chvíli. Jednotlivé body v grafu, které reprezentují vzorky, se typicky propojují čarou. U prvního grafu jeden bod reprezentuje průměr jednoho vzorku, u druhého pak míru variability vzorku.



Pokud se tato čára dostane mimo regulační meze nebo vykazuje systematické vzory v po sobě jdoucích vzorcích, je pravděpodobné, že výrobní proces má problém s kvalitou. Jinými slovy, pokud nastane některá ze jmenovaných situací, je výrobní proces ovlivňován nejen běžnými náhodnými vlivy, kterým nelze zabránit a které se projevují fluktuacemi kolem střední přímky, ale působí na něj i jiné systematické vlivy, které je možné odhalit a odstranit a tím zlepšit kvalitu procesu.

Určení regulačních mezí

Ačkoli je možné určovat, kdy proces prohlásit za nezvládnutý, téměř libovolným způsobem, obvykle se tak děje na základě statistických principů. Za podmínky, že průměr a rozptyl charakteristiky monitorovaného procesu se nemění a že po sobě jdoucí vzorky jsou vzájemně nezávislé, budou průměry jednotlivých vzorků asymptoticky normálně rozdělené okolo střední hodnoty (průměru procesu).

Přibližně 95% průměrů vzorků bude ležet v intervalu $\text{průměr} \pm 1,96 \cdot \text{sigma}$, kde *sigma* je odhad směrodatné odchylky procesu (tzv. *sigma* procesu). Obecně lze říci, že sigma procesu se dá odhadovat z rozpětí či směrodatných odchylek v jednotlivých vzorcích.

V praxi se běžně nahrazuje koeficient 1,96 hodnotou 3 (takže výsledný interval bude obsahovat přibližně **99,73%** průměrů vzorků díky předpokladu normality). Horní a dolní regulační mez tedy definujeme jako $\pm 3 \cdot \text{sigma}$. Překročení těchto mezí již můžeme považovat za velmi nepravděpodobné a tedy spíše ukazující nějaký nenáhodný vliv a problém procesu.

Běžné typy diagramů

Typy diagramů se primárně klasifikují podle typu sledovaného znaku jakosti. Dva nejdůležitější typy diagramů jsou

Regulační diagramy měřením - používají se pro monitorování spojitých charakteristik, jako je třeba velikost písních kroužků, jejich hmotnosti, jejich tloušťky, apod. Základními typy diagramů pro tuto kategorii jsou:

- ✓ **Diagram X-průměrů.** V tomto typu grafu se vynášejí výběrové průměry jednotlivých vzorků s cílem regulovat průměrnou hodnotu proměnné (např. velikosti písních kroužků, tloušťku materiálu atd.).
- ✓ **R diagram.** V tomto grafu jsou vynášeny rozpětí jednotlivých vzorků za účelem regulace variability proměnné.

Oba diagramy popisuje první část našeho článku. Pro zachycení variability procesu je vhodnou alternativou k diagramu rozpětí (R diagram) také diagram směrodatných odchylek:

- ✓ **S diagram.** Vynášejí se výběrové směrodatné odchylky opět za účelem regulace variability proměnné. Výhodou oproti diagramu rozpětí je to, že využívá všechna data ve výběrovém vzorku, kdyžto diagram rozpětí bere v úvahu pouze minimální a maximální hodnotu vzorku.

Regulační diagramy srovnáváním - zatímco regulační diagramy měřením, které monitorují spojitě znaky jakosti (např. velikost dílu) a jsou citlivější na změny ve výrobním procesu, regulační diagramy srovnáváním zase obvykle odstraňují nutnost provádění drahých, přesných a časově náročných měření. Tyto diagramy se používají pro monitorování kvalitativních znaků, tj. pro shodné a neshodné jednotky, povolený počet defektů, apod. Pro sledování charakteristik, které reprezentují proměnné, se obvykle konstruují následující diagramy:

- ✓ **Diagram NP a P** (Binomické rozdělení) – zachycují počty/poměr vadných výrobků, jejichž počet je omezen celkovým počtem (vyrobených za směnu, apod.)
- ✓ **Diagram C a U** (Poissonovo rozdělení) – zachycují počty, které ale nejsou omezené pevnou hodnotou, např. počet škrábanců na lakovaném povrchu, počet vad na metru čtverečním látky, apod. Rozdíl oproti diagramům s Binomickým rozdělením je tedy v tom, že zde sledujeme na každém výrobku počet jednotlivých vad stejného druhu, jež není omezený jako v případě NP nebo P. Každá vada může, ale nemusí způsobit nevyhovění celého výrobku.

Kromě těchto standardních diagramů se za určitých podmínek konstruují ještě následující typy diagramů:

Diagram individuálních hodnot a diagram klouzavého rozpětí/klouzavých směrodatných odchylek. Tato dvojice diagramů má význam při sledování jednotlivých pozorování. To se týká situací, kdy je výstup procesu homogenní v každém časovém okamžiku, nebo pokud by bylo odebírání větších vzorků příliš nákladné. V takových případech lze použít velikost vzorku 1 a vynášet jednotlivá pozorování místo výběrových průměrů. Protože výběrový rozptyl je v takovém případě nulový, musí se pro výpočet sigma procesu a stanovení regulačních mezí použít tzv. klouzavá rozpětí (sousedních pozorování), nebo klouzavé směrodatné odchylky. Koncept klouzavých rozpětí (nebo klouzavých směrodatných odchylek) je také použit ke sledování rozptylu procesu při vynášení jednotlivých pozorování.

Diagram klouzavého průměru a diagram klouzavého rozpětí/klouzavých směrodatných odchylek. Předpokládejme, že nás nejvíce zajímá detekce malých trendů v několika po sobě jdoucích průměrech vzorků. Můžeme například sledovat opotřebení obráběcího nástroje, které vede k pomalému, ale stálému snižování jakosti (tj. k odchylkám od specifikací). Jedním ze způsobů, jak monitorovat takové změny je použití určitého schématu, v němž budou po sobě jdoucí vzorky s různými vahami přispívat k vynášené veličině. „Klouzáním“ takového váženého průměru po vzorcích dostaneme diagram klouzavého průměru (diagram MA). Podobným způsobem se sestavují také diagramy klouzavých rozpětí nebo směrodatných odchylek (diagramy MR nebo MS).

Paretův diagram. Problémy s kvalitou jsou jen zřídka zapříčiněny různými faktory rovnoměrně. Většinou je to spíše tak, že některý z faktorů ovlivňuje výrobu do velké míry a za většinu problémů s kvalitou může právě on. Tento princip vešel ve známost jako Paretův princip, který (zjednodušeně řečeno) tvrdí, že ztráty v kvalitě jsou rozděleny nad možnými příčinami tak, že za většinu ztrát může jen malé procento příčin. Paretův graf sice není klasickým diagramem (jako ostatní výše zmíněné), nicméně výrazně pomáhá ve zkoumání těchto příčin. O tomto grafu jsme již psali v [tomto](#) článku.

Regulační diagramy měřením - příklad

V další části se seznámíme s rozhraním diagramů v softwaru Statistica, konkrétně budeme regulovat spojený proces, využijeme tedy diagram pro měření. Vraťme se k příkladu s pístními kroužky. Datový soubor naleznete v složce Datasets (**Soubor** → **Otevřít příklady** → **Datasets** → **Pistons.sta**)

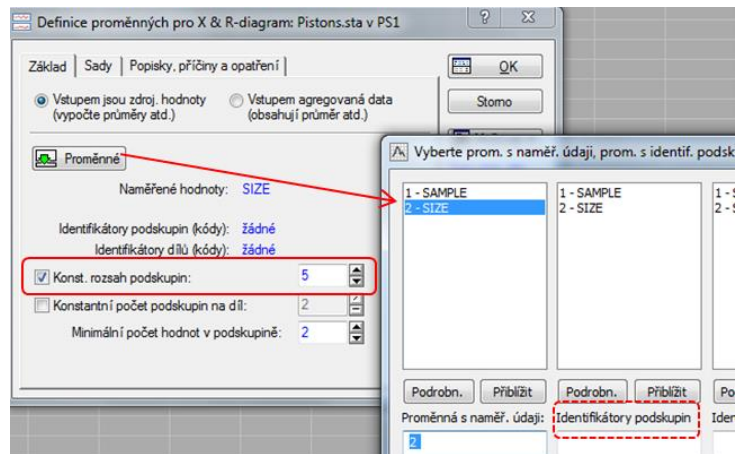
Povaha výroby neumožňuje změřit 100% vyrobených kusů, z výroby proto pravidelně odebíráme vzorky po pěti, na kterých provádíme kontrolní měření. Naměřili jsme již 25 vzorků, každý o velikosti 5 pozorování. Regulovat velikost kroužků budeme pomocí diagramů X a R.

Po načtení dat spustíme modul Statistica Diagramy pro řízení kvality: **Statistiky** → **QC Grafy**.

1		2	
	SAMPLE		SIZE
1	1	74,030	
2	1	74,002	
3	1	74,019	
4	1	73,992	

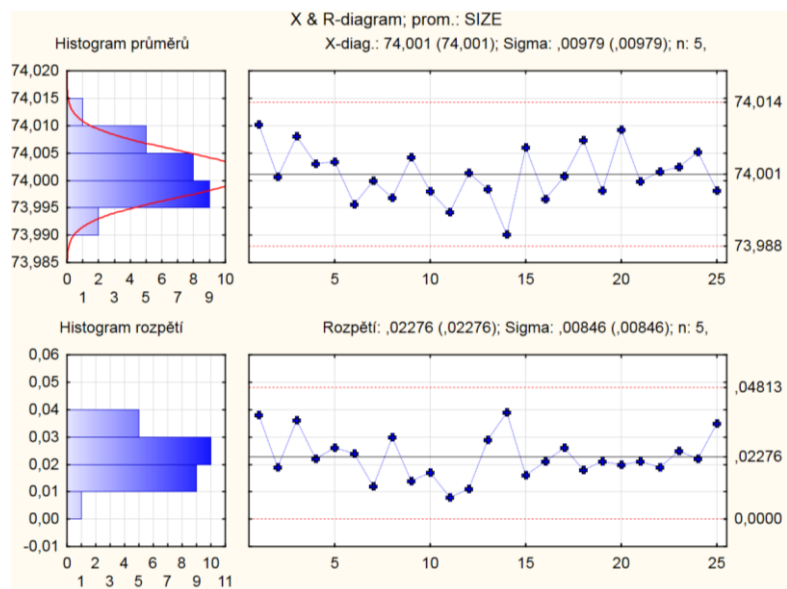
Vybereme **X & R - diagramy měřením**. Tyto zahrnují diagram průměru, kam se vynášejí výběrové průměry jednotlivých vzorků s cílem regulovat průměrnou hodnotu proměnné (např. velikosti dílu, tloušťku materiálu atd.). Spodní část výstupu poté tvoří diagram rozpětí, kam jsou vynášeny rozsahy jednotlivých vzorků za účelem regulace variability proměnné.

Dalším krokem je volba proměnné. Kromě samotného parametru je nutné zvolit identifikaci skupiny. Zde máme konstantní velikost skupin, stačí proto do příslušné části dialogu uvést číslo 5. Druhou možností je do identifikátoru podskupin (dialog pro volbu proměnné) uvést proměnnou *Sample*.



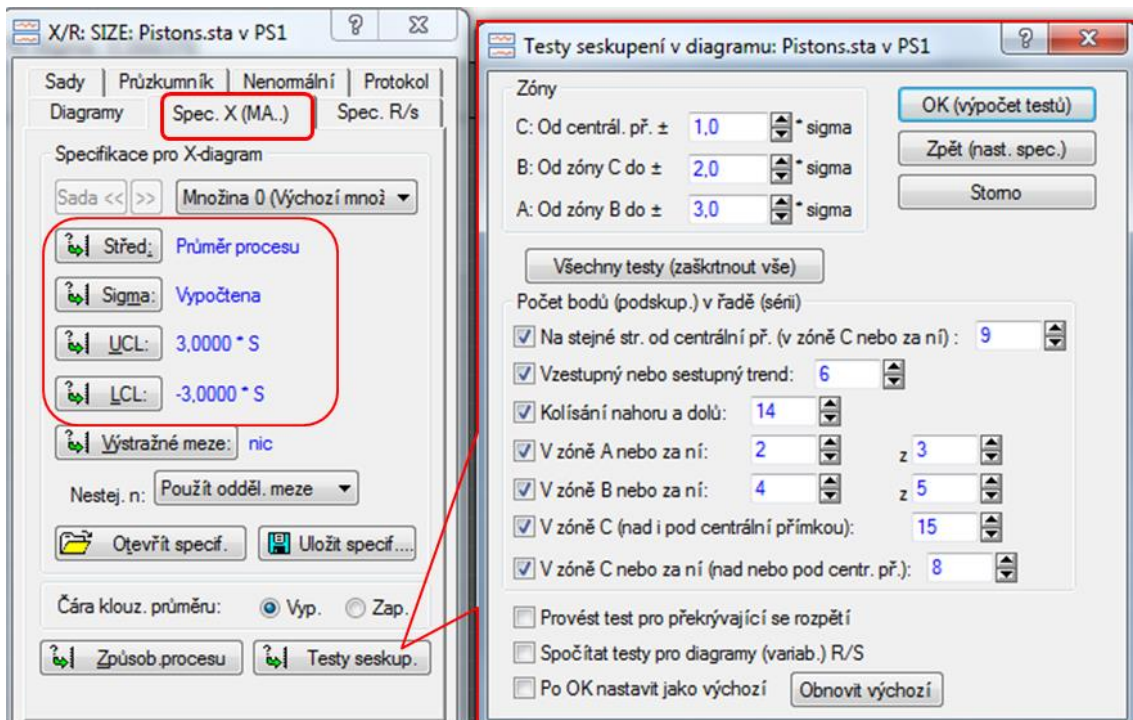
Pro každý parametr (při regulaci více parametrů) volíme diagram zvlášť... Získali jsme diagram. Proces se zdá být způsobilý. Variabilita uvnitř vzorků nevybočuje z mezí, stejně jako průměry jednotlivých vzorků.

Norma ČSN ISO 8258 definuje ještě sadu testů (Testy zvláštních příčin), které slouží pro detekci vymezených nenáhodných průběhů měření. Jinak řečeno, i když se naměřené hodnoty pohybují v stanovených mezích, může se stát, že odchylky procesu nebudou dílem pouze náhodných příčin. Mohou se zde vyskytovat nenáhodné vzory a seskupení. Toto odhalují testy seskupení pro vymezené příčiny kolísání. Výsledky testů získáme po stisknutí tlačítka na hlavním panelu analýzy.



SIZE Testy seskupení, proměnná: (Pistons.sta v PS1)		
X-diagram		
Centrální přímk.: 74,0011		
	od podsk.	do podsk.
Zóny A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * sigma		
Testy pro spec. případy (pravidla sledů)		
9 podskupin na stejné straně centrální přímk.	OK	OK
6 podskupin za sebou stoupajících/klesajících	OK	OK
14 podskupin kolísá nahoru a dolů	OK	OK
2 z(e) 3 podsk. v zóně A nebo mimo ni	OK	OK
4 z(e) 5 podskupin v zóně B nebo mimo ni	OK	OK
15 podskupin v zóně C	OK	OK
8 podskupin mimo zónu C	OK	OK

V části specifikace máme možnost nahlédnout do nastavení těchto testů, ale také mezi diagramu, nastavení středu, apod.



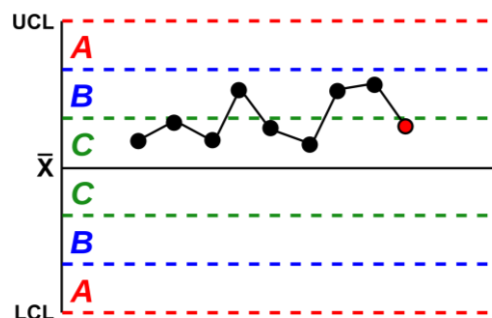
Obecně lze říci, že testy seskupení umožní detekovat určité podezřelé vzory v datech, které mohou signalizovat, že se s procesem děje něco nekalého, ještě předtím, než proces vypadne ze statisticky zvládnutého stavu. Podobně jako regulační meze jsou i testy seskupení založeny na statistickém odvozování. Např. pravděpodobnost, že výběrový průměr padne nad střední přímkou v diagramu X-průměrů je rovna 0,5 za podmínky, že (1) proces je statisticky zvládnutý (tj. že centrální přímka je rovna skutečné střední hodnotě rozdělení), že (2) po sobě jdoucí vzorky jsou nezávislé (tj. nejsou autokorelované), a že (3) rozložení středních hodnot je normální.

Jednoduše řečeno, za těchto podmínek máme šanci 50 na 50, že výběrový průměr padne pod (nebo nad) centrální přímkou. Z toho můžeme usuzovat, že pravděpodobnost toho, že by dva po sobě jdoucí vzorky padly oba nad centrální přímkou je rovna $0,5 \cdot 0,5$, tj. 0,25. Podobně, pravděpodobnost, že na stejnou stranu přímky padne 9 po sobě jdoucích vzorků, je $0,5^9 = 0,00195$.

Poznamenejme, že to je také přibližně pravděpodobnost, se kterou můžeme očekávat, že výběrový průměr vzorku padne mimo interval $\pm 3 \cdot \text{sigma}$ (pokud je proces zvládnutý a řídí se normálním rozdělením). Můžeme tedy hledat 9 po sobě jdoucích vzorků ležících na jedné straně centrální přímky jako další indikaci toho, že proces není statisticky zvládnutý.

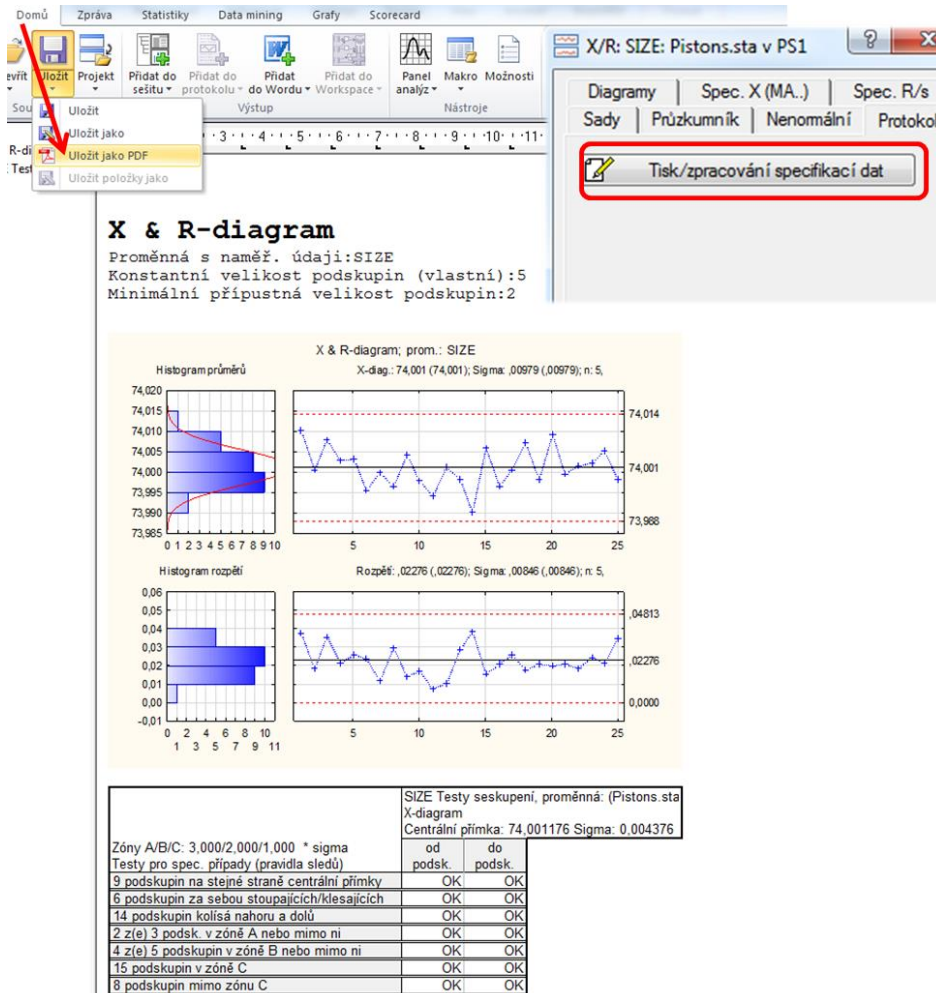
U testů seskupení je běžnou praxí dělit oblast nad a pod centrální přímkou na tři „zóny“: A, B a C.

Zóna A je oblast mezi dvojnásobkem a trojnásobkem sigma nad i pod střední přímkou, zóna B leží mezi jedno a dvojnásobkem sigma a zóna C je oblast okolo centrální přímky do vzdálenosti $\pm \text{sigma}$. V těchto třech zónách se formulují různé testy



seskupení. K definicím a spuštění testů seskupení získáme přístup na záložce **Spec. X (MA)** výsledkového dialogu.

Výsledky analýz bychom uložili v části **Protokol**. Protokol máme možnost okomentovat a uložit např. jako *.pdf, nebo jako *.rtf, případně importovat přímo do MS Word.



Proces v našem příkladu máme stabilizovaný.

Na tyto analýzy bychom navázali například získáním [indexů způsobilosti](#).

Závěrem

Dialog diagramů kvality obsahuje velmi široké možnosti nastavení a detekce. Cílem článku bylo ukázat, že základní, ale v praxi ty nejdůležitější výstupy lze získat velmi snadno. K pokročilým možnostem se v budoucnu určitě vrátíme.