

Optimalizace procesu výroby pro vybranou skupinu nákladních plášťů pneumatik

Bc. Miroslav Mandrholc

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Miroslav MANDRHOLC**

Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Řízení jakosti**

Téma práce: **Optimalizace procesu výroby pro vybranou skupinu nákladních pláště pneumatik.**

Zásady pro vypracování:

1. Teorie výroby pláště pneumatik.
2. Metody a nástroje zabezpečování jakosti.
3. Současné statistické metody pro zlepšování jakosti.
4. Zpracování a vyhodnocení vybrané statistické metody hodnocení pláště.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Josef Hrdina

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

19. února 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

19. května 2010

Ve Zlíně dne 19. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 15. 5. 2010

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá v teoretické části konstrukcí a technologií výroby pneumatik. Popisuje měření uniformity a způsoby managementu jakosti. Praktická část optimalizuje vybraný rozměr pneumatiky z hlediska uniformity. Metoda six sigma popisuje proces optimalizace dle principu DMAIC. Výsledky měření jsou graficky zpracovány v programu MINITAB.

Klíčová slova:

Pneumatika, uniformita ,kolísání sil, házivost, DMAIC

ABSTRACT

In a theoretical part this dissertation is dealing with construction and technology of the tyre manufacturing process. It describes tyre uniformity measurement and ways of management duality. A practical part evaluates selected tyre size in point of view uniformity. A method six sigma describes an operation of optimalization in accordance with DIMAC principle. The results of measurement are graphically processed in MINITAB platform.

Keywords:

Tyre, uniformity, force variation, run-out, DMAIC

Poděkování:

Ing. Davidu Výmolovi a Ing. Josefu Hrdinovi za náměty a připomínky při vypracování diplomové práce.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PLÁŠŤ PNEUMATIKY	12
1.1 KONSTRUKČNÍ PRVKY PNEUMATIKY	14
1.1.1 Kostra s patkou.....	15
1.1.2 Běhoun s dezénem.....	16
1.1.3 Nárazníkový pás	16
1.1.4 Bočnice.....	16
1.2 TECHNOLOGIE VÝROBY	16
1.2.1 Výroba textilních a ocelových kordů	17
1.2.2 Výroba lan	19
1.2.3 Výroba běhounů, bočnic a vnitřní gumy	19
1.2.4 konfekce	21
1.2.5 Vulkanizace a lisování surového pláště	22
1.2.6 Dokončování a kontrola výrobků	23
1.3 UNIFORMITA PLÁŠTĚ	24
1.3.1 Statická a dynamická nevyváženost	24
1.3.2 Radiální a axiální házivost	25
1.3.3 Kolísání sil a statická boční síla	25
1.3.4 Strukturální příčiny nerovnoměrnosti	27
1.3.5 Praktické důsledky nerovnoměrnosti pneumatik	29
1.3.5.1 Matematický dvouhmotový systém vozidla.....	32
1.3.6 Korelace mezi složkami poruch uniformity	35
2 NEUSTÁLÉ ZLEPŠOVÁNÍ V SYSTÉMECH MANAGEMENTU JAKOSTI	36
2.1 CYKLUS PDCA	36
2.2 METODIKA ZLEPŠOVÁNÍ POMOCÍ OPATŘENÍ K NÁPRAVĚ	37
2.3 METODA „QUALITY JOURNAL“	38
2.4 METODA NEUSTÁLÉHO ZLEPŠOVÁNÍ POMOCÍ PREVENTIVNÍCH OPATŘENÍ.....	39
2.5 SKOKOVÉ ZLEPŠOVÁNÍ A ZLEPŠOVÁNÍ PO MALÝCH KROCÍCH.....	40
2.6 STRATEGIE SIX SIGMA.....	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	43
3 OPTIMALIZACE VÝROBY	44
3.1 KONFEKČNÍ VÝROBA	44
3.2 LISOVÁNÍ PLÁŠTĚ	46
3.3 VÝSTUPNÍ KONTROLA PLÁŠTĚ	47
3.4 MĚŘENÍ UNIFORMITY PLÁŠTĚ	47
4 6 SIGMA	49

4.1	CYKLUS DMAIC.....	49
4.1.1	Fáze Define(definovat).....	49
4.1.2	Fáze Measure (měření).....	50
4.1.3	Analyze (analýza).....	68
4.1.4	Improve (zlepšit).....	69
4.1.5	Control (řídit).....	88
4.2	DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	90
	ZÁVĚR.....	91
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	92
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	93
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	94
	SEZNAM TABULEK.....	99
	SEZNAM PŘÍLOH.....	100

ÚVOD

K důležitému technickému prvku různých vozidel např. osobní a nákladní auta, stavební, zemědělské a lesnické stroje či traktory neodmyslitelně patří pneumatika. V současné době musí vykazovat vysoké nároky bezpečnosti tudíž spolehlivosti s vysokou užitnou hodnotou. Pneumatika má podstatný vliv na jízdní vlastnosti automobilu, jehož vývoj směřuje k větším nosnostem a rychlostem při současném zmenšování vlastní hmotnosti. Nejde jen o ekonomiku výroby, ale právě také o vlastnosti a jízdní komfort. Nezanedbatelný vliv na jízdní vlastnosti automobilu má uniformita pláště. Sledováním a kontrolou rovnoměrnosti odhalujeme možné systémové chyby v technologickém procesu a je nám partnerem, tedy účinným nástrojem kvality.

K řízení kvality využíváme řady nástrojů, jejichž podstata se zakládá na řízení procesů za pomoci jasně definovaných kroků. Bez měření a následného systematického analyzování naměřených dat nelze tvořit špičkovou kvalitu. Ve své práci je mým cílem aplikovat metodu six sigma jakožto nástroj kvality, k řešení optimalizace uniformity pláště.

Budoucnost tohoto heterogenního výrobku spatřuji ještě v užší spolupráci s výrobcí vozidel. Eventuálně převzetí koncepce výroby podvozkového systému (šasi) přímo výrobcí pneumatik, jakožto základního prvku pro nastavení podvozku a jeho vlastností podle potřeby uživatele.

TEORETICKÁ ČÁST

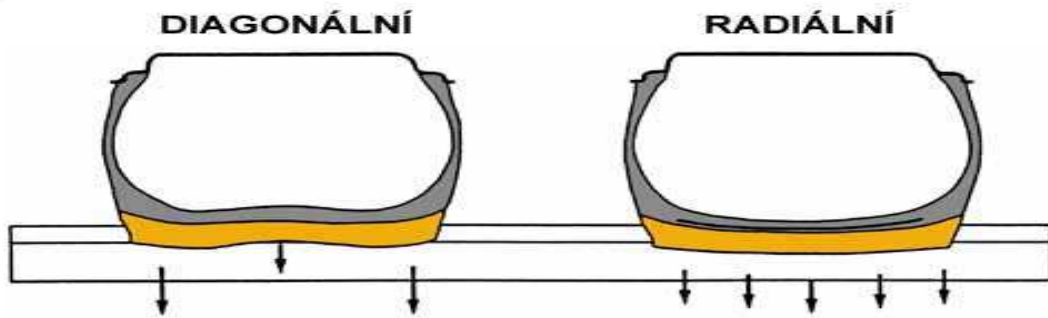
1 PLÁŠŤ PNEUMATIKY

Pneumatika je podstatnou a vlastně nepostradatelnou částí motorového vozidla a přispívá značnou měrou k jeho funkční dokonalosti. Jako celek je tvořena pláštěm, ventilkem, ráfkem, případně duší a hustícím plynem. Bez ní by automobil nedosáhl své dnešní všestrannosti a popularity. [2]

Pneumatika je pružnou vazbou motorového vozidla s vozovkou. Musí přenášet zatížení vozidla, zprostředkovat přenos kroutícího momentu a reakce na volant, zajistit uspokojivé vlastnosti při jízdě (adheze, tlumit nerovnosti na vozovce, nepřenášet vibrace). Současně by měla mít minimální valivý odpor, což se projeví na spotřebě pohonných hmot. Její vlastnosti jsou totiž tak všestranné a pro dynamiku vozu tak výhodné, že ji zatím nelze žádným jiným prostředkem plně nahradit. Zejména její schopnost přenášet boční síly s poměrně malým úhlem výchyly má základní význam pro vozidla pohybující se větší rychlostí na silnici. Požadavky na pneumatiku však dále rostou. Žádá se větší nosnost při menších rozměrech a váze pneumatiky i delší trvanlivost, a to při stále zvětšované průměrné rychlosti.[2]

Z geometrického hlediska tvoří pneumatika uzavřený prstenec – toroid. Z hlediska mechanického je to tlaková nádoba, jejíž stěny tvoří pružná membrána o určité tuhosti. Strukturalně je pneumatika složitý systém s vysokými parametry. Konečně z chemického hlediska je pneumatika vyrobena ze zesíťovaných a nezesíťovaných makromolekulárních materiálů a oceli. [1]

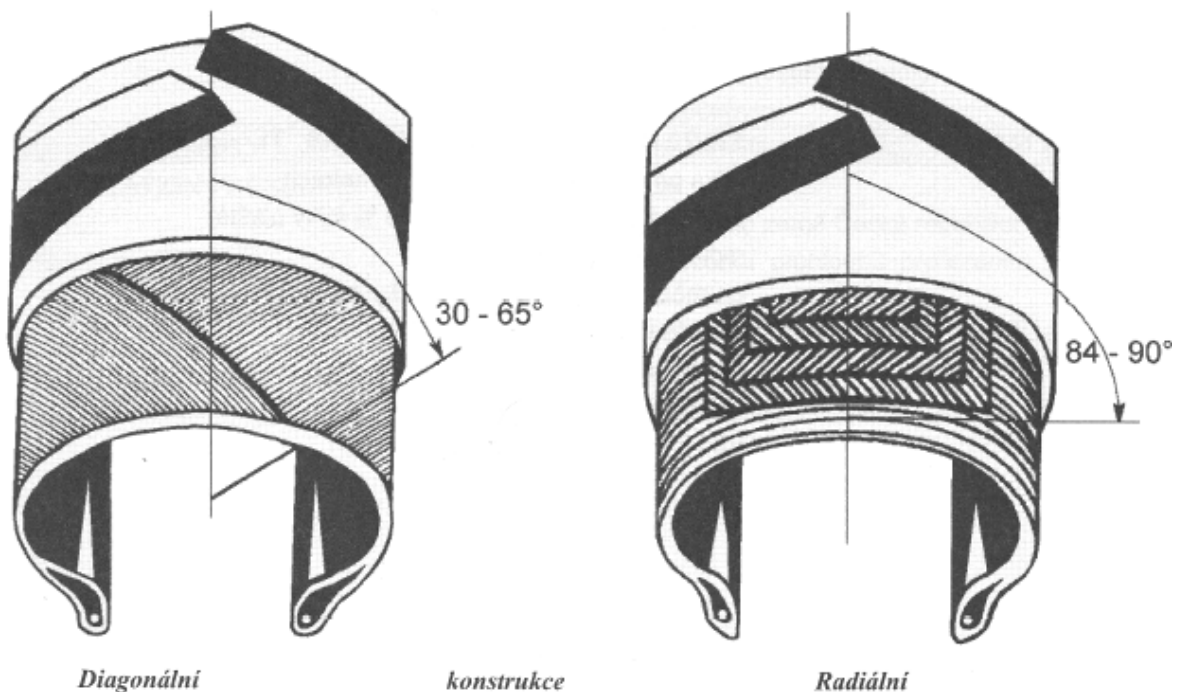
V současnosti je prioritní konstrukce pláště pneumatiky radiální (Obr. 1). Mezi její výhody patří. Lepší záběr na vozovce, menší spotřeba pohonných hmot, širší plocha styku dezénu (umožňuje tedy větší zatížení při daných rozměrech a kratší brzdnu dráhu), vyšší odolnost proti smyku, pohodlnější jízda, nižší valivý odpor, kratší brzdná dráha.[3]



Obr. 1. Srovnání profilu pneumatik

Diagonální konstrukce pláštěů je na útlumu (Obr. 2). Dá-li se hovořit o výhodách, tak jediné v tom, že plášť diagonální konstrukce je více odolnější proti průrazu a deformaci v boku pláště. Výrobní náklady jsou nižší než u pláštěů konfekce radiální. V současné době se vyrábí v diagonální konstrukci ještě některé rozměry pláštěů pro zemědělství, tzv. AGRO pláště a pláště určené do těžkých terénů (lesnictví, těžební průmysl, stavebnictví), kde vyniknou zmíněné výhody těchto pláštěů. Pro větší namáhání v obvodovém směru může být diagonální kostra přepásána nárazníkem, (např. výroba pro lakatoš LKT 81) [3]

Pro těžké terénní podmínky jsou u radiální konstrukce volené zesílené nosné kordy.



Obr. 2. Typy konstrukce pláštěů pneumatik

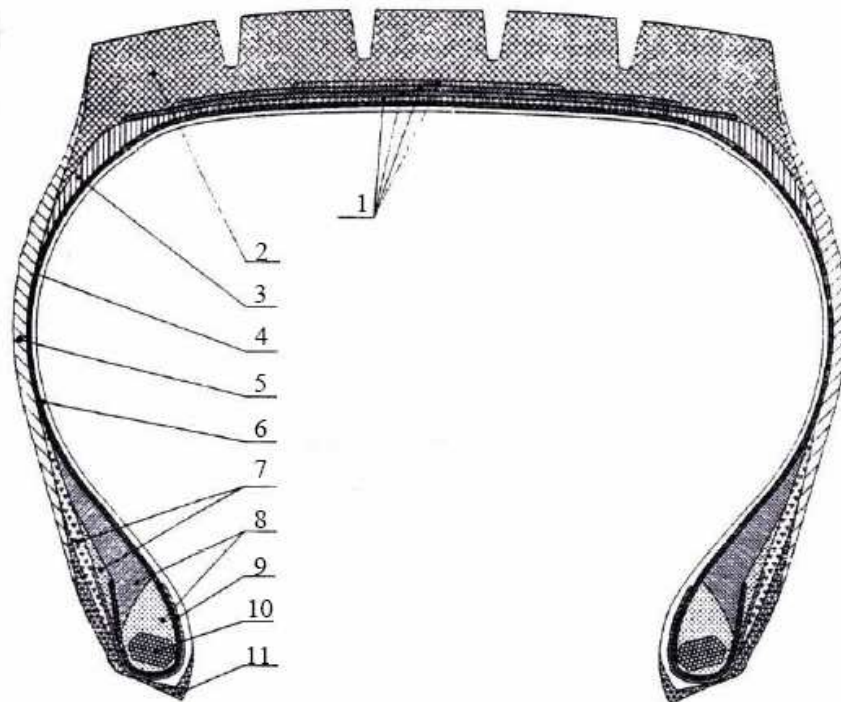
1.1 Konstrukční prvky pneumatiky

Nahuštěná skořepinová struktura dvojitě zakřivená je obvykle tvořena anizotropní strukturou zhotovenou z ohebných vláken vysokomodulového materiálu jako je textil, ocel, nebo sklo zabudovaných v matrici nízkomodulového materiálu (pryže) s dobrou vazbou mezi oběma fázemi. Výstužná vlákna musí být v obalové vrstvě orientována tak, aby ji bylo možno získat relativně jednoduchým technologickým postupem, ale přitom musí zajišťovat určité vzájemně protikladné požadavky:

- a) minimální změnu rozměrů při nahuštění nebo změně huštění
- b) schopnost obalovat překážky bez trvalého poškození
- c) schopnost periodické deformace z dvojitě zakřiveného tvaru do tvaru rovinného
- d) dostatečnou tuhost, aby výsledná struktura byla schopna vyvíjet značné síly v libovolném směru. [1]

Stěna pneumatiky se skládá ze tří hlavních složek:

- přibližně homogenních a izotropních pryžových vrstev bočnic a běhounu s dezénem, jehož bloky usnadňují přenos sil a momentů na rozhraní pneumatika/vozovka,
- výstužné části (kostra, patky, pás) vytvořené pryžokordovými kompozity, které nesou hlavní část zatížení způsobeného vnitřním přetlakem vzduchové náplně a vnějšími dynamickými silami mezi ráfkem a vozovkou,
- homogenní vrstvy vnitřní gumy z materiálu (halobutyl) s malým koeficientem difuze pro dlouhodobé zachování vnitřního přetlaku v dutině pneumatiky. [4]



Obr. 3. Příčný (meridionální) řez radiální pneumatiky 1-nárazníky, 2-běhoun, 3-ramenní výplň, 4-kostra, 5-bočnice, 6-vnitřní guma, 7-patní výplň, 8-jádro, 9-patní výztuž, 10-patní lano, 11-patní guma

1.1.1 Kostra s patkou

Kostra pláště spolu s patkou vytváří nutnou podmínku pro přenos sil od vozovky na šasi vozidla. Jsou to tedy základní nosné části vyrobené z kordových vložek (textil nebo ocel). Kordové vložky jsou zakotvené kolem lan a určují mimo jiné nosnost, tvar, jízdní vlastnosti pneumatiky. Lano je tedy v patce ukotveno přehnutými okraji kordových vložek a dalšími výztužnými materiály zajišťujícími pevnost, tuhost a bezpečnost patky. Konstrukční stavba lan je volena podle druhu a použití pláště s dostatečnou bezpečností několikanásobně převyšující hodnotu maximálního tlaku. (První povrchové imperfekce pryže vznikající zřejmě cyklickým namáháním, stářím, jsou obvykle viditelné právě v oblasti patky). Tato tuhá část dosedá na ráfek a zabezpečuje přenos veškerých sil na vozidlo a zpět (Obr. 3).

1.1.2 Běhoun s dezénem

První firma, která začala používat běhoun se vzorkem byla v roce 1904 fa. Continental. Použití vzorku na běhounu není nutnou podmínkou obzvláště u závodních monopostů. V běžném provozu je plášť pneumatiky ve vrstvě pryže na vnějším obvodu obvykle opatřen (vlišován) vzorkem (dezénem). Musí mít maximální přilnavost k vozovce za všech klimatických podmínek, co nejvyšší životnost a odolnost proti oděru. Pro lepší ochranu kostry se zejména u větších rozměrů používá dvou vrstev běhounu. Spodní vrstva vykazuje jistou hysterezi a vrchní mimořádnou odolnost proti oděru.

1.1.3 Nárazníkový pás

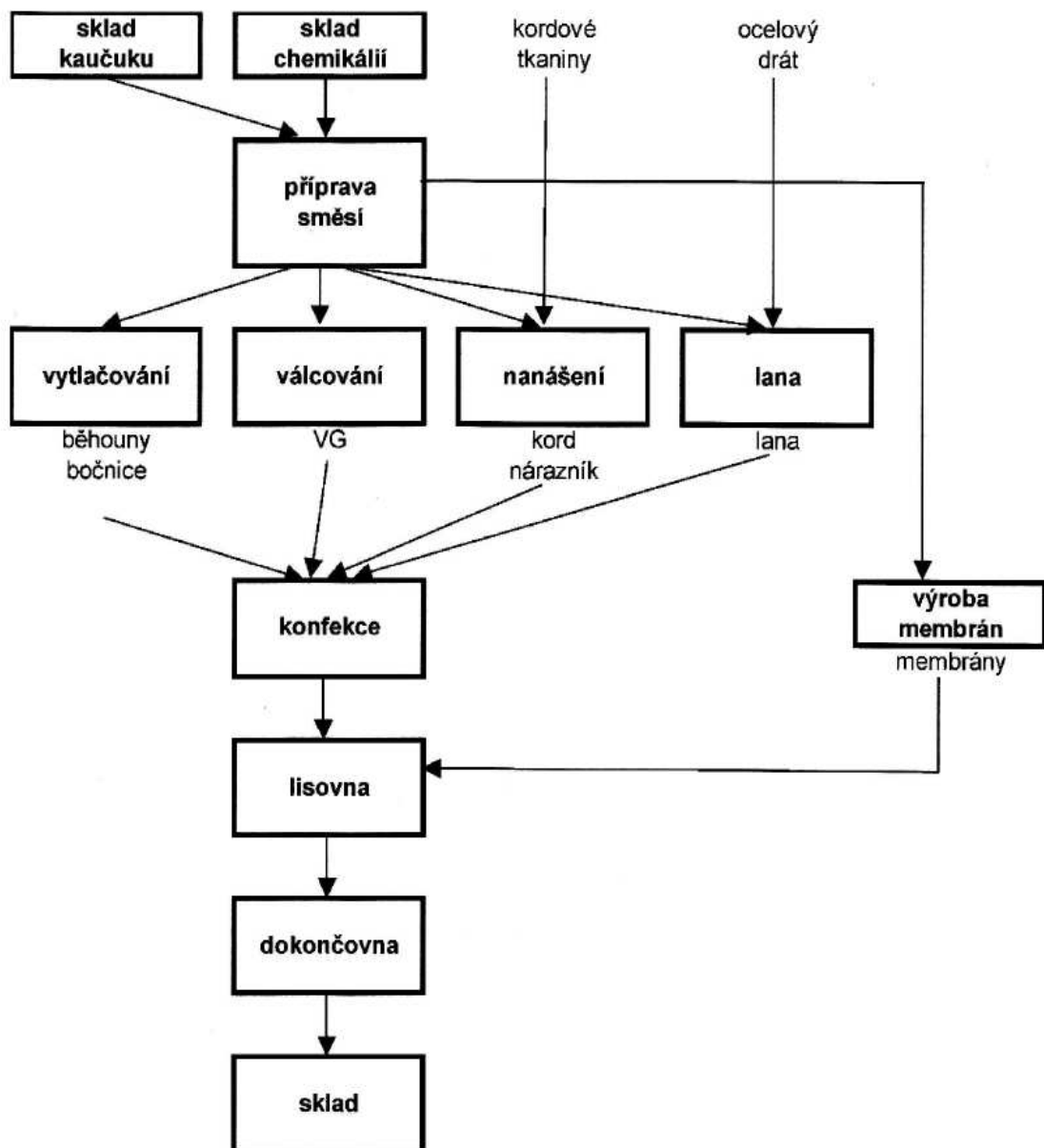
Nárazníky jsou uloženy mezi kostrou a běhounem. Zajišťují obvodovou pevnost pláště a odolnost proti průrazu. Nárazníky jsou vyrobeny z vysoko modulárního materiálu oceli (např. nákladní, industriální, terénní vozidla) nebo textilem (osobní) či v jejich kombinaci. Kordové vrstvy jsou uspořádány zpravidla tak, že se kordy jednotlivých vrstev kříží. Nárazníky vyztužují plášť v koruně.

1.1.4 Bočnice

Bočnice jsou vyrobené z kaučukové směsi, chrání kostru v boční části, musí být odolné proti prolamování, bočnímu průrazu a povětrnostním vlivům. Nese popisy rozměru.

1.2 Technologie výroby

Plášť pneumatiky je obecně kombinací dvou materiálových složek (Obr. 4). Výstužných materiálů a polotovarů z kaučukových směsí. Mezi výstužné materiály patří textil pro výrobu kordů vyrobených z PAD, PES, vizkozy, bavlny, aramidu. Ocel svými vlastnostmi nadále patří k materiálům s velkou perspektivou. Pro zvýšení adheze s kaučukovou směsí se pomosazují nebo pobronzují. Ocel se pak užívá k výrobě lan, nárazníků, kordů. [3]



Obr. 4. Schéma toku materiálu

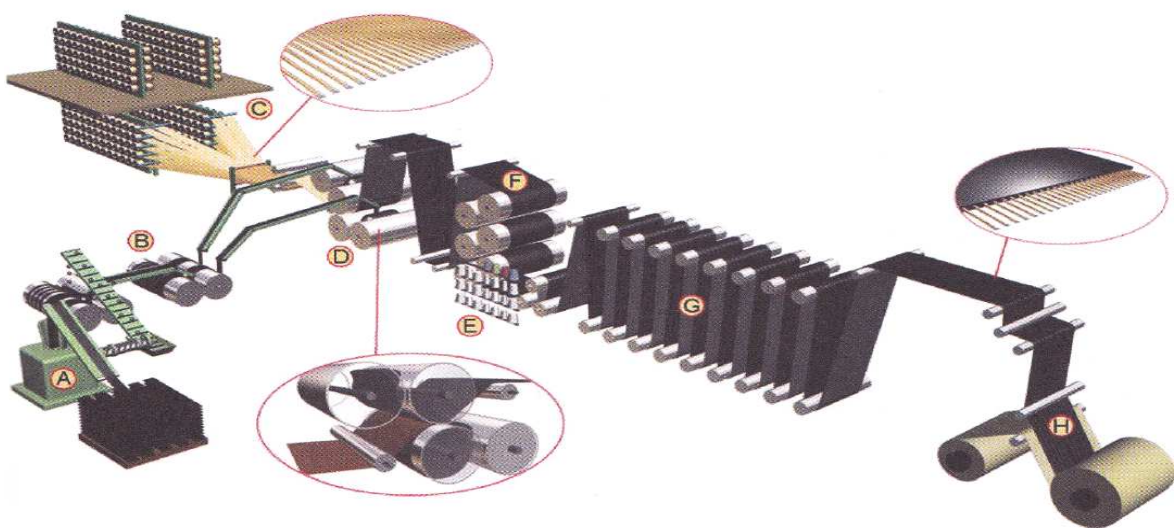
1.2.1 Výroba textilních a ocelových kordů

Nanášení kaučukových směsí patří k důležitým technologickým operacím při výrobě pláštíků pneumatik. Dochází tak k oboustrannému pogumování textilního nebo ocelového kordu, jež se provádí na čtyřválci. Jedním ze způsobů nanášení kaučukové směsi je i vtírání, kdy dochází k nanášení při rozdílné obvodové rychlosti pracovních válců. Ke vtírání se používá výhradně tříválec. Teplota válců je vyšší, což zvyšuje plasticitu směsi a ta se lépe vtírá do podložky. Na tříválci lze opatřit nánosem pouze jednu stranu. [3]

Opatření nánosové vrstvy má několiký účel:

Jednotlivá vlákna, tkaniny a ocelové kordy musí být od sebe izolovány. Izolace jednotlivých vrstev zabraňuje jejich vzájemnému tření, snižuje se vývin tepla při jízdě a zajišťuje požadovanou životnost pláště. Pryž v kostře určuje elasticitu pláště. Podle požadované tuhosti v jednotlivých částech se používá různé tuhosti nánosové kaučukové směsi. [3]

- a) Nánosování textilního kordu se provádí na čtyřválci, při stejné obvodové rychlosti druhého a třetího válce. Z balíku je odvíjena naimpregnovaná tkanina přes sušičku do mezery mezi válci 4Z, kde dochází k nanášení směsi vyválnované mezi dolní a horní dvojicí válců. Pro dosažení požadované kvality nánosu jsou důležité seřizení a teplota válců. Textilní pogumovaný kord se následně chladí a navíjí do cívek se zábalem. [3]
- b) Nánosování ocelového kordu se provádí obdobným způsobem (Obr. 5) na čtyřválncovém kalandru. Ocelové kordy však nepřicházejí jako balíky tkaniny. Navinuté ocelové kordy v jednotlivých cívkách v počtu několika stovek jsou umístěny v cívečnici. Jsou vedeny přes vodící zařízení, které seřadí dráty do osnovy v požadované dostavě. Zajištěny proti rozpadu hřebenem a rýhovaným přítlačným válcem jsou zavedeny do střední mezery kalandru. Opatřeny oboustranným nánosem se po ochlazení z důvodu zabránění lepivosti na zábal navíjí do cívek se zábalem. [3]



Obr. 5. Linka pro oboustranné nánosování ocelového kordu (A- extruder, B- kalandr, C- cívečnice, D- čtyřválnec, E- pokládání nití, F- chladička, G- zásobník, H- kazeta)

Po nánosování je nutné provést úpravu výstužných materiálů řezáním, stříháním nebo sekáním. Účelem mechanického dělení je získat přesný rozměr a úhel řezu. Pro nosný kord jsou úhly řezu 45° - 90° . Pro nárazník obvykle 30° - 60° u nákladních plášťů. [3]

1.2.2 Výroba lan

Lano je velmi důležitou součástí každého pláště. Pro výrobu lan je použito ocelových drátů, jejichž povrch je upraven pomosazením nebo bronzováním. Cívky s dráty jsou uloženy v cívečnici. Potřebný počet drátů se odvíjí a prochází napříč hlavou vytlačovacího stroje, v níž je oplášťován kaučukovou směsí. Po ochlazení se takto upravené dráty navíjí na konfekční kolo do předepsaného počtu vrstev. Kolo je nastaveno na určitý obvod podle průměru patky a konstrukce pláště. Navinuté vrstvy drátu se odseknou a hotové lano se zajistí tlakem nebo páskem technické tkaniny. Pro vlastní konfekci plášťů se lana upravují opletáním, jádrováním či křídlováním. Vyrobené lano se ukládá do přepravních vozíků. [3]

1.2.3 Výroba běhounů, bočnic a vnitřní gumy

Běhouny, bočnice a vnitřní guma se vyrábějí na vytlačovacích linkách (Obr. 6). Vytlačování je jedna z nejproduktivnějších metod zpracování kaučukových směsí. Rozumí se tím technologický proces, při kterém je kaučuková směs rozpracována mezi šnekem a pláštěm vytlačovacího stroje a přes šablonu je vytlačována do volného prostoru na odtahový dopravník. Profil běhounu je tažen na vytlačovací lince. Dva, tři, popř. čtyři vytlačovací stroje uspořádané nad sebou zásobované studenou (z palety) nebo teplou směsí (z dvouválcových kalandrů) tlačí směs do jedné společné hlavy. Směsi se spojují ve vyhřívané předšabloně a finální sdružený profil je tvarován výstupní šablonou. Pro kvalitu polotovaru je nutno dodržovat přesnou regulaci teploty v jednotlivých pracovních zónách vytlačovacích strojů. A to tím způsobem, aby v teplotním režimu nedocházelo k přehřívání směsi a k následnému navulkanizování. Vytlačování je dáno předpisem, ve kterém se sledují parametry šíře a hlavně úsekové hodnoty hmotnosti. Toto lze upravit regulací otáček šneku, odtahovou rychlostí dopravníku. Vytlačený běhoun je odtážen do etážové chladicí vany. Pro špičkovou kvalitu vytlačovaného polotovaru je důležitá čistota chladicí vody. Běhoun musí být dobře vychlazen, aby byla zajištěna stálost rozměru pro konfekční proces. Po nařezání na konfekční rozměr (tj. obvodu druhé fáze konfekčního bubnu) je běhoun uložen do etážových vozíků.



Obr. 6. Linka pro vytlačování sdužených profilů (A- palety směsí, B- extruder, C- sdužený extruder, D- odtahový dopravník s úsekovou váhou a značením, E- šikmý dopravník, F- etážová chladička s vodou [3])

Výroba bočnic je z technologického hlediska identický proces. V nezvulkanizovaném stavu má tvar pásu, který odpovídá druhu a rozměru pneumatiky, pro niž je určen. Bočnice jsou ukládány do speciálních textilních či sklopných vozíků, nebo jsou navíjeny do cívkového zábalu kartuše. Obdobným způsobem se vyrábějí výplňové profily.

Vytlačování vnitřní gumy je totožný linkový výrobní proces. Hlavní úlohu plní vytlačovací stroj s dvouválcem (Roller Head) namísto vytlačovací hlavy. Válcování profilované vnitřní gumy může být prováděno na čtyřválcí typu L. Dva vytlačovací stroje zásobované studenou směsí přímo z palety vytlačují fólie, kterými zásobují mezery mezi válci. Tyto jsou profilované a přesně nastaveny pro konečnou tloušťku fólie. Šířku upravují kotoučové, ořezávací nože. Vyválcované fólie jsou naváděny na kovový chladicí dopravník, kde pomocí přítlačného válce dochází k jejich dublování. Vychlazený polotovar se navíjí spolu se zábalem do kazety. V následném technologickém postupu je sdužený polotovar vnitřní guma a meziguma zušlechťena ozářováním urychlovačem elektronů. Vnitřní guma se odvíjí z kazety na systém dopravníků, které ji zavedou do bunkru, kde dochází k ozáření tokem elektronů. Dochází k tzv. předvulkanizaci, polotovar změní mřížkovou strukturu, tím se změní fyzikální vlastnosti. Po ozáření je vnitřní guma vedena dopravníky mimo bunkr zpět do navíjecího zařízení. Důsledek je, že upravená vnitřní guma může být tenčí, což přináší výraznou úsporu materiálu. [3]

1.2.4 konfekce

Sestavování pláště do surového nezvulkanizovaného tvaru ze všech polotovarů ve formě bočnic, vnitřní gumy, nylonů, kordů, lan, výplní, nárazníků, běhounu dle technologického předpisu daného rozměru má značný vliv na jakost a životnost pláště pneumatiky. Konfekci můžeme obecně dělit dle typů výrobků na osobní, nákladní, traktorové. Dále podle konstrukce na diagonální a radiální. Samotná primární konfekce radiální může být zřejmě trojí.

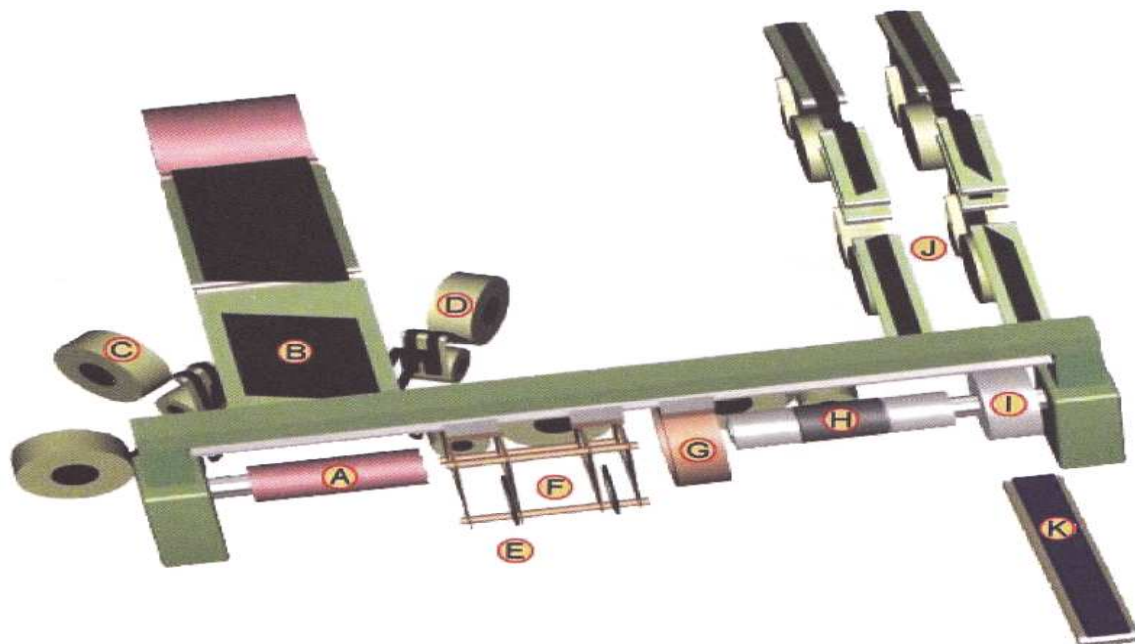
- jednostupňová
- dvoustupňová
- třístupňová

Jednostupňová konfekce

Konfekční buben je konstrukčně řešen tak, že umožňuje v první fázi pokládání jednotlivých polotovarů a jejich spojení na plochý buben a ve druhé fázi po vytvarování pomocí ZIG-ZAG segmentů položení nárazníků a běhounu. Boční přehýbací membrány umožňují přehnutí okrajů nosného kordu a bočnic ke kostře pláště. Spojení jednotlivých materiálů je zajištěno zavalovacím systémem. Po vrácení tvarovacích segmentů do původní polohy je umožněno sejmutí pláště z konfekčního bubnu. Po vizuální kontrole je plášť dopraven na lisovnu k následné vulkanizaci.

Dvoustupňová konfekce

Lze mít jedno nebo dvě strojní zařízení s pracovními částmi pro jednotlivé stupně. Produktivnější jsou konfekční stroje pracující s přesunem kostry (Obr. 7). U starších typů je na jednom stroji zhotovena kostra ve tvaru válce a poté je zpracována na druhém stupni jiného konfekčního stroje.



Obr. 7. Konfekční stroj SAV (A-kostrový buben, B-vnitřní guma, C,D-výplňové profily, E-ojádřované lano, F-transfering kostry, G-tansfering nárazníků s běhounem, H-tvarovací buben, I-nárazníkový buben, J-nárazníky, K-podavač běhounů.) [3]

Trojstupňová konfekce

Z produktivních důvodů se do výroby čím dál častěji zavádějí konfekční stroje o troj a více stupních. Princip pohybu (transferingu) je podstatě stejný jako u SAV výroby, pouze s jiným sledem operací a rozdělením stupňů na jednotlivé pracovní úseky v kolmých směrech. Na prvním stupni je zpravidla vyrobena kostra ve tvaru válce a ta je přesunuta na pozici druhého stupně, který je tvarovací. Mezi nimi je potom stupeň třetí s nárazníkovým bubnem. Dráha pojezdu transferingu prstence nárazníků je kolmá a přivedená k točně s dráhou transferingu kostry. Důsledkem je, že je dosaženo výroby s vysokým tahem přibližující se pásové výrobě. Výsledný polotovar surového pláště je pak expedován na lisovnu.

Kvalitu výrobků na konfekci ovlivňují: konfekční stroje, operátor, jakost polotovarů, čistota prostředí, metoda.

1.2.5 Vulkanizace a lisování surového pláště

Vulkanizace je proces, při němž se mění plastická kaučuková směs v elastickou pryž vznikem chemických vazeb, obvykle při zvýšené teplotě a za působení síry. Skutečný průběh vulkanizace je však třeba chápat jako spojování mikroskopických částíček hmoty

v určitém pořádku a podle určitých pravidel, kdy vlivem vulkanizačních přísad a pomocí vazebné energie vzniká nová hmota s odlišnými vlastnostmi. [1]

Lisování a vulkanizace probíhají kontinuálně za přítomnosti vulkanizačních činitelů teploty, tlaku a času. Lisování se děje v počátku procesu nástupem lisovacího tlaku při současném prohřevu surového pláště. Působením tlaku a teploty zaplní směs všechny části formy. S dalším prohřevem dochází ke zvyšování teploty a při teplotě nad 120°C začne probíhat vlastní proces vulkanizace. Topným médiem je pára a horká voda. Ohřev pláště se děje přes kovovou formu buď přímo nebo přes topnou desku. Vzhledem ke tvaru pláště, který představuje duté těleso, musí být plášť při vulkanizaci přitlačován zevnitř proti kovové formě elastickou membránou, která současně zajišťuje vnitřní ohřev. Formy jsou buďto pevné dvoudílné nebo segmentové. Celý proces a vulkanizace je plně automatizován, řízen počítačem. [3]

1.2.6 Dokončování a kontrola výrobků

Pracovníci výstupní kontroly jsou povinni důkladně ovládat klasifikační kritéria pro 1. třídu kvality – prvotřídní pláště pro první výbavu a náhradní potřebu. Pláště splňující tyto kritéria jsou uvolňované do skladu hotových výrobků nebo na další doplňkové kontroly (test uniformity, kontrola RTG) podle kontrolního plánu pro jednotlivé rozměry.[6]

Pláště přicházející z lisovny na dokončovnu se zbavují možných přetoků vzniklých lisováním. Dále pak pláště postupují k vizuální kontrole, případné vady jsou označeny a posouzeny k případné opravě. Opravitelné vady jsou opraveny na dokončovně. Poškozené místo se vybrousí, natře spojovacím prostředkem, vyplní speciální kaučukovou směsí a zalisuje v segmentovém elektrickém lisu. [3]

Základním posláním vizuální kontroly plášťů na výstupu je tedy rozdělení plášťů na výrobky splňující klasifikační kritéria pro 1. třídu kvality a výrobky vyřazené, případně opravitelné. [6]

Pláště celocelové (nákladní) se podrobují rentgenové kontrole. Účelem této kontroly je nedestruktivní zjišťování chyb, které vznikají při výrobě plášťů, což má význam pro hodnocení kvality plášťů a současně slouží jako zpětná vazba pro řízení výrobního procesu.

Pláště se hodnotí v oblasti výstužného pásu, ramene, boku a patky pláště. Přípustné hodnoty chyb, jejich počet, případně velikost stanovuje interní specifikace výrobce pro jednotlivé typy plášťů. Poté je plášť odzkoušen na testoru uniformity. [3]

1.3 Uniformita pláště

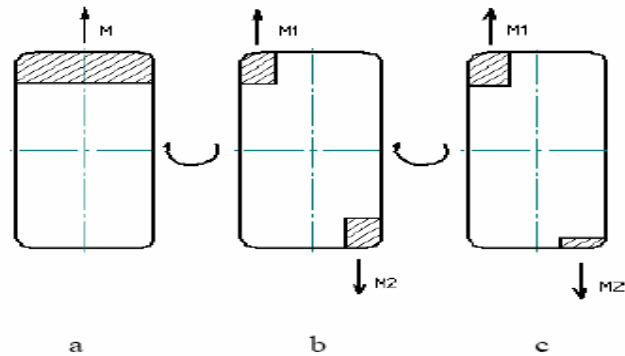
Uniformita pneumatik je nutnou podmínkou komfortní jízdy automobilu při vysokých rychlostech. Ale dokonalé uniformitě pneumatiky brání už heterogenní skladba stěny. [4]

Uniformita znamená stejnoměrnost nebo rovnoměrnost. Snahou je vyrobit pláště se silou stěny, pevností a pružností po celém obvodu pláště stejnou. Toto není možné, neboť každý spoj materiálu (bočnic, běhounů, vnitřní gumy atd.) znamená jakési zdvojení materiálu a tedy změnu vlastností v tomto místě. Eliminovat vliv spojů je možné dodržováním jejich šířek a polohováním na konfekčním bubnu. [3]

Je nutno minimalizovat rušivé kmity či nežádoucí síly vyvolané pneumatikou za jízdy. Tendence k přísné kontrole hotových pneumatik významně zesílila v souvislosti se zavedením radiálních pneumatik, u nichž je pod běhounem uložen nijak nekotvený nárazníkový pás. Jakékoliv vychýlení tohoto pásu vyvolává při odvalování vznik parazitních sil, které mohou nabývat provozně nebezpečných hodnot. Proto se musí pneumatiky zejména pro rychlá vozidla důkladně testovat. Dalším důvodem zavádění kontroly rovnoměrnosti pneumatik je možnost včasného odhalování systematických technologických chyb ve výrobním procesu a je tedy účinným nástrojem řízení kvality.[1]

1.3.1 Statická a dynamická nevyváženost

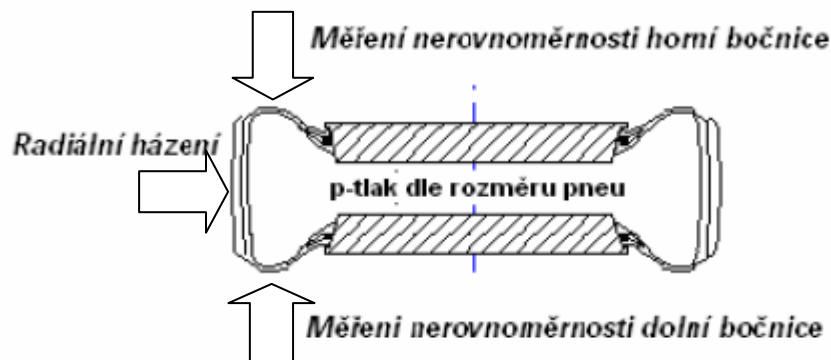
Nevyvážeností se rozumí nerovnoměrné rozdělení hmoty a z něj vznikající nekompenzované odstředivé síly. O statické nevyváženosti hovoříme v tom případě, že jde o nerovnoměrné rozdělení hmoty, které je symetrické k rovině pneumatiky či kola. Případ je znázorněn na obr. 8a. Jakmile rozdělení hmoty není podle střední roviny symetrické, jde o nevyvážený moment obr. 8b. či o dynamickou nevyváženost obr. 8c. [1]



Obr. 8. Různé formy nevyváženosti [1]

1.3.2 Radiální a axiální házivost

Radiální a axiální házivostí se rozumějí odchylky od geometrické kruhovitosti běžné plochy pneumatiky a obou bočnic (Obr. 9). Měří se povrch bočnic, na kterém jsou zjišťovány prohlubně nebo vyboulení. Plášť je při zkoušce upevněn mezi dvěma disky a nahuštěn na přibližně dvojnásobek běžně předepsaného tlaku. Při tomto tlaku se projeví všechny nerovnoměrnosti na bočnicích a běhounu. [1]



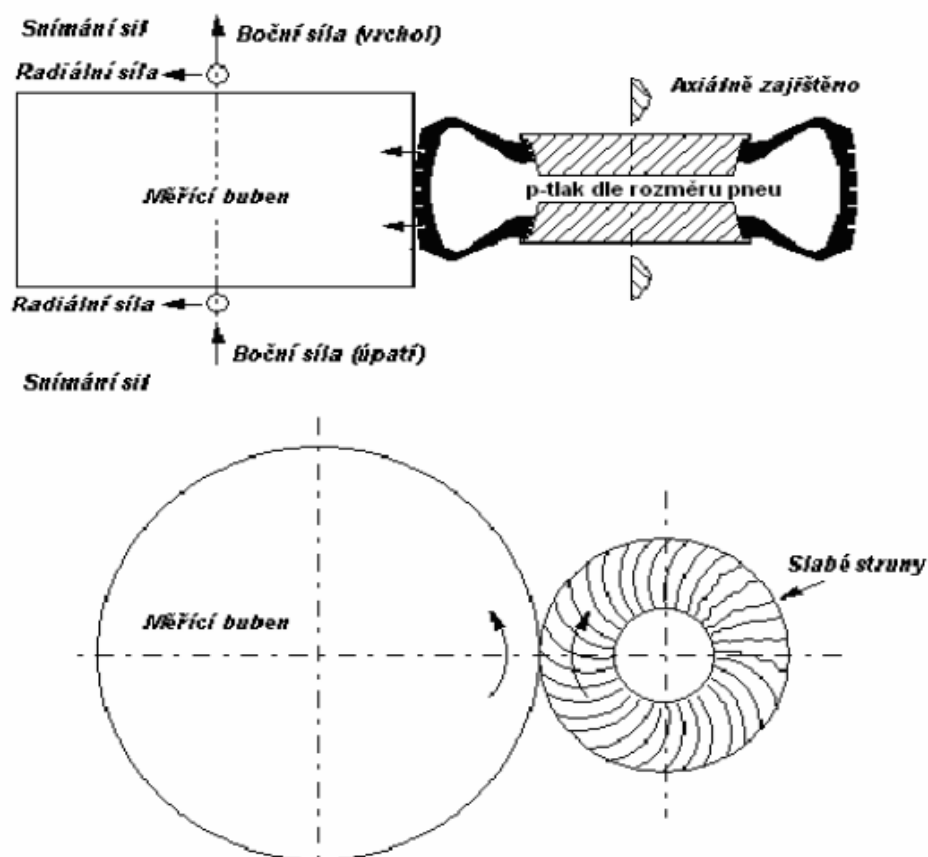
Obr. 9. Měření geometrické nerovnoměrnosti

1.3.3 Kolísání sil a statická boční síla

Kolísání sil působící v kolmém směru k podložce respektive přítlačného rotujícího válce způsobují nestejně napnuté kordové příže. Pokud nejsou v plášti napnuty stejně, pak radiální síla potřebná k promáčknutí pláště je v různých místech rozdílná (Obr. 10). [3]

Z hlediska vyhodnocení je nejzajímavější rozdíl mezi maximální a minimální silou v průběhu jedné otáčky, který se nazývá radiální kolísání síly - RKS. [1]

Radiální složka nerovnoměrnosti je provázána kolísáním bočních a tangenciálních sil a statickou boční silovou složkou, tzv. kuželovým a úhlovým jevem. Kolísání tangenciálních sil není nic jiného než kolísání radiální síly vyvolané kolísáním valivého odporu. Je známo, že při ostatních konstantních parametrech, jako je huštění a rychlost, je odpor proti valení funkcí zatížení. Jako změny zatížení zde působí kolísání radiální síly. Proto při běžných zkušebních metodách je kolísání tangenciální síly i u pneumatik, jejichž radiální síla vykazuje velké rozdíly, poměrně malé. Při přímočarém odvalování zatížené pneumatiky se obvykle zjistí, že vznikají boční síly, které mají po obvodu nestejnou hodnotu a mění se i se směrem otáčení pneumatiky. Rozlišujeme opět kolísání boční síly jako rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou boční síly (kolísání boční síly je u většiny pneumatik na podstatně nižší úrovni než kolísání radiální síly) a další dvě statické složky – kuželový a úhlový efekt. Vznikající boční síla kolísá během jedné otáčky kolem střední hodnoty, která má směr napravo či nalevo – LKS (laterální kolísání sil). [1]



Obr. 10. Měření radiální a laterální síly

Sledujeme boční sílu potřebnou na deformaci pláště v podélném směru ke směru otáčení. Při opačném směru odvalování vzniká rovněž boční síla, jejíž střední hodnota se obvykle

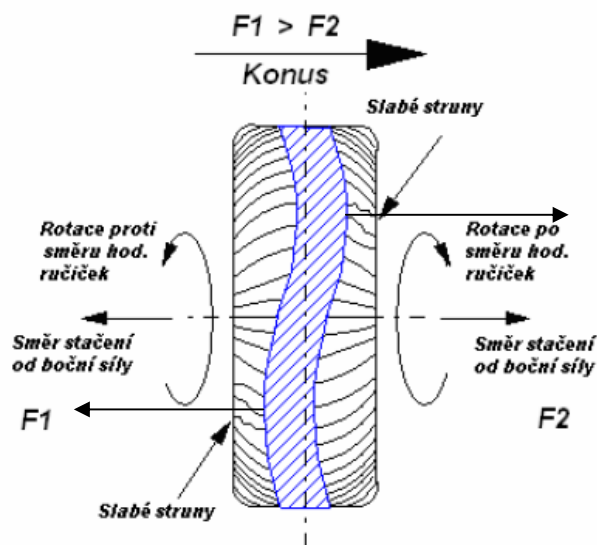
liší od první. Lze tedy rozdělit vznikající sílu na dvě složky, z nichž první směr působení se směrem otáčení nemění (kuželový efekt) a druhá směr působení se směrem odvalování mění (úhlový efekt). [1]

Kuželový efekt (KE v N) je možno vyjádřit jako střední boční sílu při otáčení vpřed a vzad:

$$KE = \frac{F_1 + F_2}{2}$$

Kde F_1 a F_2 jsou průměry statických bočních sil za jednu otáčku při směru otáčení vpřed a vzad (Obr.11). Pro přiblížení tohoto jevu je možno si představit pneumatiku, která má místo toroidního profilu profil úseku kužele. [1]

Úhlový efekt (ÚE v N) mění směr se směrem odvalování, a je tedy dán rozdílem průměrných bočních sil při odvalování vpřed a vzad [1] : $ÚE = \frac{F_1 - F_2}{2}$



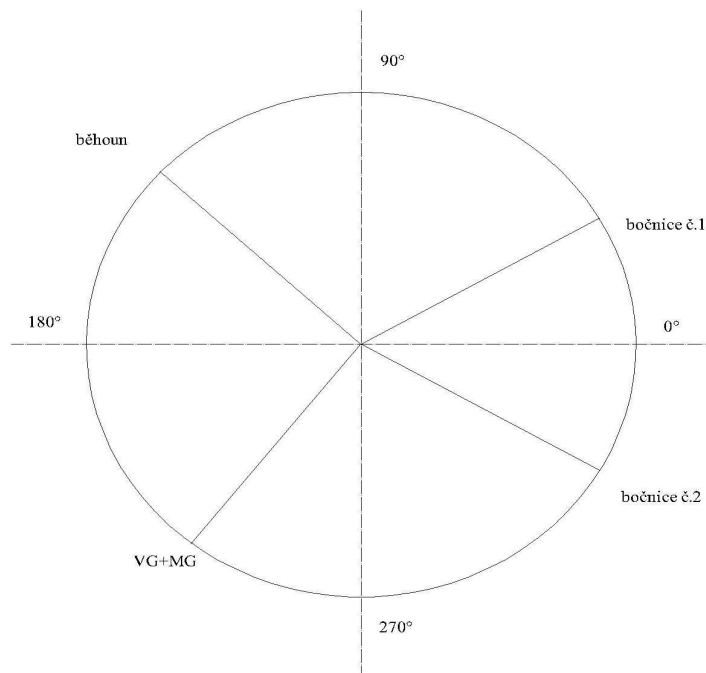
Obr. 11. Kónus efekt

1.3.4 Strukturní příčiny nerovnoměrnosti

Běhoun ovlivňuje rovnoměrnost zásadním způsobem. Zejména spoj je příčinou nerovnoměrnosti geometrických (radiální házivost), hmotnostních (statická nevyváženost) a tuhostních (kolísání radiální síly). Kolísání poloměru valení vede k úhlovému zrychlení, které se projevuje tangenciální silou, a tedy změnou valivého odporu. Špatné vystředění bě-

hounu vede ke vzniku a kolísání boční síly. Boční síla vyvolaná špatným vystředěním běhounu nemění se směrem otáčení znaménko, jde tedy o kuželový efekt. [1]

Kostra pneumatiky se skládá z křížících se nebo radiálně položených vložek kordové tkaniny nebo ocelového kordu. Jakákoli nepravidelnost v opryžované tkanině, vzniklá v průběhu opryžování či konfekce, se v další etapě výroby – při tvarování – mnohonásobí. Důležitá je rovněž šířka spojů a jejich rozdělení po obvodu pneumatiky (Obr. 12). [1]



Obr. 12. Příklad rozdělení polotovarů po obvodu pláště

Kolísání vrcholového úhlu kordů vyvolává radiální házivost a kolísání radiální tuhosti, stejně jako kumulace příliš širokých spojů či rozředění dostavy radiální kostry. Rozředění se projeví i boční házivostí. [1]

Výstužný pás radiálních pneumatik svou tuhostí ovlivňuje významně přenos sil a tedy i rovnoměrnost. Navíc není kotven, takže drobné chyby technologického postupu mohou vyvolat poměrně velké odchylky ve vystředění pásu v hotové pneumatice. Vyosení pásu vyvolá nerovnoměrné narůstání profilu pneumatiky huštěním, takže pneumatika se při valení projevuje jako kužel – vzniká boční síla a kuželový efekt. Jde-li o zvlnění nárazníku kolem střední roviny, dosáhne vysoké hodnoty kolísání boční síly při celkově malé průměrné hodnotě. Při stranovém vyosení nárazníku naopak dosahuje kuželový efekt značné hodnoty a kolísání může být malé. [1]

Úhlový efekt je vyvolán především velkou ohybovou tuhostí nárazníkového pásu, která způsobuje, že při radiální deformaci pneumatiky se pás deformuje nepatrně do strany. Tím vzniká určitá boční deformace styčné plochy, která vyvolá boční sílu. Velikost a směr úhlového efektu jsou závislé na konstrukčních detailech kostry pneumatiky, to znamená na úhlech kostry a vložek nárazníku a jejich fyzikálních vlastnostech. [1]

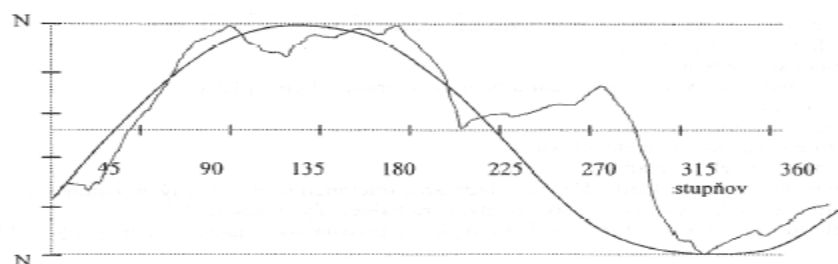
1.3.5 Praktické důsledky nerovnoměrnosti pneumatik

Důsledky nerovnoměrnosti lze rozdělit do dvou velkých skupin:

- a) důsledky kolísání sil a poloměru, důsledky statické a dynamické nevyváženosti,
- b) důsledky statických složek boční síly, kuželového a úhlového efektu.

Ad a) První skupina se projevuje vibracemi částí automobilu. Kolísání radiální i axiální síly, kolísání poloměru a nevyváženost vyvolávají vibrace neodpružené hmoty a přenosem přes systém závěsu kola i vibrace odpružené hmoty. Nejnižší frekvence těchto vibrací, nazývaná otřesy, závisí především na výkmitech první a druhé harmonické složky silových změn. Protože se silové změny periodicky opakují při každé otáčce kola, lze výslednou složitou silovou křivku rozložit pomocí Fourierovy analýzy na řadu sinusových vln, z nichž každá má frekvenci rovnající se celému násobku hmoty kmitání kola. Každá sinusová komponenta se nazývá harmonickou složkou kmitání kola, a jestliže jsou všechny harmonické složky sečteny, dostáváme původní průběh. [1]

Pomocí matematického modelu otřesů je možno vypočítat reakci konstrukce vozidla na naměřené kolísání radiálních sil. Bylo pozorováno, že pro chvění nosníků automobilu je významným parametrem amplituda první harmonické složky kolísání radiálních sil (Obr.13). Tak dochází k vibracím celé odpružené hmoty, které zahrnují především ohybové deformace konstrukce. [1]



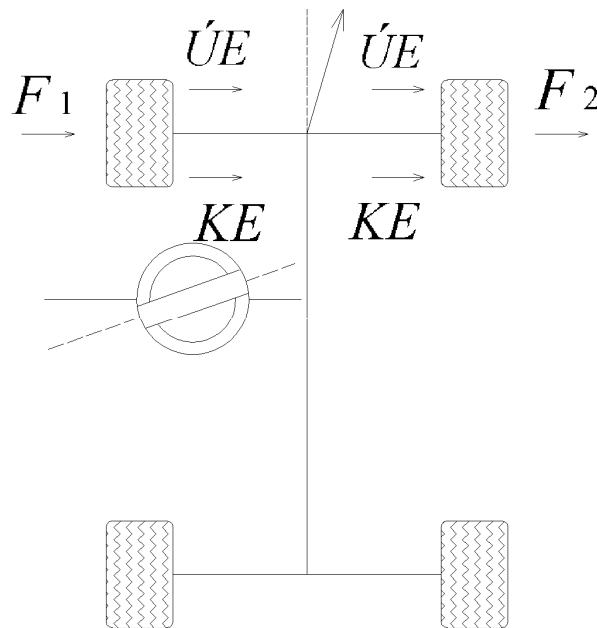
Obr. 13. Průběh radiální síly

Tlučení pneumatiky je hluk o nízké frekvenci a má se za to, že souvisí se 4. až 9. harmonickou složkou. Intenzita tohoto dunivého hluku je dána velikostí amplitudy modulace vlny akustického tlaku a strmostí zvyšování a klesání modulační obálky vlny akustického tlaku. [1]

Drnčení vyvolané vibracemi pneumatik je hluk o vyšší frekvenci. Jiným typem pozorovaných vibrací je kolíbání. Boční i radiální síly se při každé otáčce mění a účinné valivé poloměry levých a pravých kol nejsou přesně stejné. Výsledné pohyby mohou být ve fázi, anebo v opačné fázi. Účinek může být pociťován na volantu. Při jízdě po nerovné vozovce se mohou projevat jako kombinace dopředných kmitů (o malé frekvenci) a mírného vlnivého pohybu. [1]

Ad b) Vektorový součet kuželového a úhlového efektu se projevuje jako výsledná boční síla, kterou pneumatika při přímém valení přenáší na vozidlo. Pokud se boční síly na jedné nápravě vzájemně nekompensují, dojde k jevu, že vozidlo „táhne“ do strany nebo jede vyoseně, to znamená, že zadní pneumatiky nesledují stopu předních pneumatik. [1]

„Tah“ vozidla do strany může být samozřejmě vyvolán nesprávným nastavením geometrie podvozku. Montáž pneumatik s výrazným kuželovým efektem, působícím u obou jedním směrem, na přední nápravě způsobí, že vozidlo má tendenci zatáčet ve směru sumární boční síly. Tuto sílu musí trvale kompenzovat řidič volantem (Obr. 14). [1]



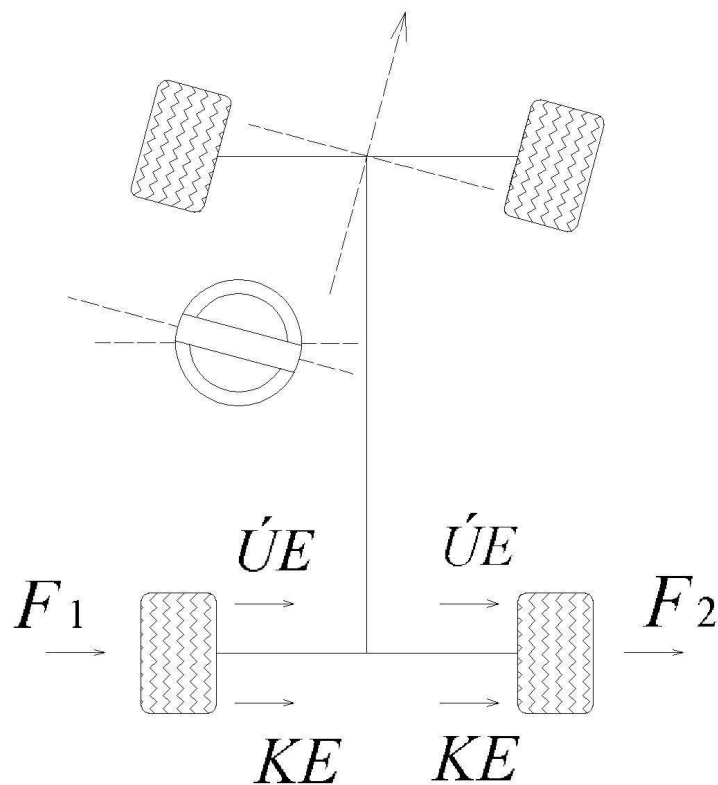
Obr. 14. Znáznornění bočních sil pneumatik na přední nápravě

vyvolávající pravostranný „tah“ ÚE- úhlový efekt, KE- kuželový efekt

Většina vozidel vykazuje při zkouškách uspokojivé chování, pokud výsledná boční síla vyvíjená kónicitou a úhlovým efektem předních pneumatik nepřesáhne 180 N. [1]

Některá vozidla mají nesterjnou citlivost na pravostranný a levostranný tah. Pro danou úroveň kónicity tato vozidla reagují např. větším tahem doleva než doprava. Tyto rozdíly lze snadno určit záměnou předních pneumatik. Rozdílnou citlivost lze vyrovnat záměnou odklonu kol. [1]

Vyosení vozidla je definováno jako provoz vozidla pod konstantní odchylkou podélné osy od přímého směru, zadní kola nesledují stopu předních kol – může být způsobeno chybnou geometrií. V případě, že na zadní nápravě budou namontovány pneumatiky s výraznou sumární boční silou, nastane situace (viz. obr. 15). [1]

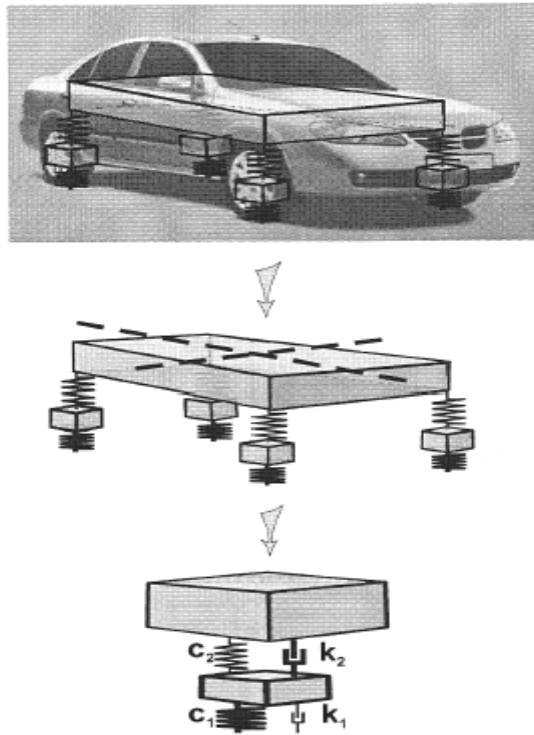


Obr. 15. Znáznornění bočních sil pneumatik na zadní nápravě,
vyvolávající vyosení vozidla.

Tato konfigurace nedává žádný zjistitelný tah vozidla. Řidič může zaznamenat pouze změnu natočení volantu při přímé jízdě. Čím bude celková boční síla vyvíjená nerovnoměrností pneumatik zadní nápravy větší, tím větší bude vyosení vozidla. Boční síly na zadní nápravě a jimi vyvolané vyosení nemá žádný výrazný vliv na stranový „tah“ vozidla. Důsledkem vyosení vozidla je především zvýšený oděr zadních pneumatik. [1]

1.3.5.1 Matematický dvouhmotový systém vozidla

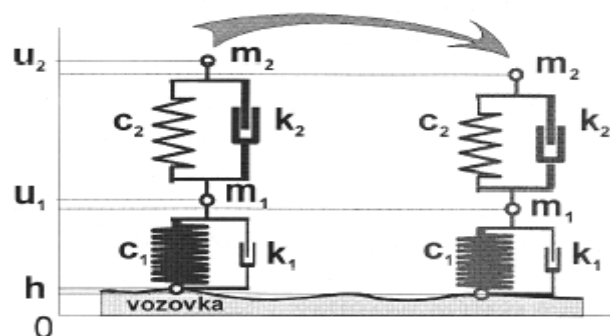
Vozidlo představuje složitý dynamický systém složený z relativně tuhých částí, z nichž některé jsou propojeny deformovatelnými dílci, jako jsou pružiny a tlumiče. Chování takového složitěho mechanického systému vede k soustavě mnoha diferenciálních rovnic s nelinearitami. Aby se dosáhlo transparentnosti a matematické řešitelnosti, musí se dynamický systém vozidla podstatně zjednodušit. [4]



Obr. 16. Redukce osobního automobilu na dvoumotový systém

pro popis vertikálních kmitů.

Velký kvádr reprezentuje karoserii, čtyři menší tělesa s pružinami tlumiči představují podvozek (chassis) (Obr. 16). Radiální deformace pneumatik jsou vzhledem ke vzdálenostem mezi koly malé. Proto se první aproximace vertikálních kmitů dá získat ze čtvrtiny modelu, dvoumotového modelu (viz. obr. 17).



Obr. 17. Dynamický dvoumotový systém, vertikální souřadnice a jejich změny při deformacích na hrbolatém povrchu silnice.

Hmotnost kola, náboje, hřídele atd. označme m_1 (neodpružená hmota), hmotnost čtvrtiny karoserie m_2 (odpružená hmota). Tuhost pneumatiky c_1 za běžných podmínek je mnohem vyšší než tuhost pružiny karoserie c_2 . Tlumení radiálních kmitů u pneumatik k_1 je podstatně menší než tlumení u tlumičů k_2 . Reálné pružiny jsou nelineární, ale pro analýzu malých kmitů je lze linearizovat. [4]

Změna délky první pružiny (pneumatiky) je rovna posunutí hmoty m_1 (středu kola) vzhledem k povrchu vozovky $h = h(x, t)$, $\Delta_1 = u_1 - h$.

Změna délky druhé pružiny (mezi podvozkem a karoserií) $\Delta_2 = u_2 - u_1$.

Celková potenciální energie je součtem potenciálních energií obou pružin,

$$U = U_1 - U_2 = -\frac{1}{2} [c_1(u_1 - h)^2 + c_2(u_2 - u_1)^2].$$

Podobně je kinetická energie součtem kinetických energií obou hmot

$$T = (T_1 + T_2) = \frac{1}{2} (m_1 \dot{u}_1^2 + m_2 \dot{u}_2^2),$$

kde tečka značí derivaci podle času, $\dot{u}_1 = \frac{du_1}{dt}$ atd.

Disipovaná energie Φ se zjednodušeně vezme jako energetická ztráta v důsledku viskozity obou tlumičů

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = -\frac{1}{2} [k_1(\dot{u}_1 - h)^2 + k_2(\dot{u}_2 - \dot{u}_1)^2].$$

Pohyb systému lze popsat dvěma Lagrangeovými rovnicemi druhého druhu.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial}{\partial \dot{u}_k} (T - U) \right) - \frac{\partial}{\partial u_k} (T - U) = \frac{\partial}{\partial \dot{u}_k} \Phi + F_k, \quad k=1,2,$$

kde F_k jsou externí síly. Jsou – li dány počáteční podmínky, dá se tento systém diferenciálních rovnic řešit např. numericky. Ale konkrétní řešení v časové doméně říkají o obecném chování systému málo. Mnohem víc informace obsahují přenosové funkce nebo frekvenční charakteristiky. V příkladech se ukazuje, že amplitudově frekvenční charakteristiky odpružené hmoty pro různé radiální tuhosti pneumatiky, jsou prakticky přímo úměrné huštění pneumatiky. [4]

Protože reálné dynamické systémy automobilů jsou především nelineární a ve srovnání s modelem dvoumotového systému nesrovnatelně složitější, získávají se realistické přenosové funkce pomocí výkonových spektrálních hustot zrychlení snímaných na vhodných místech automobilu a spektrální hustoty povrchu vozovky. Příslušná měření jsou složitá, vyžadují analyzátory vibrací a speciální techniku pro měření, záznam a zpracování dat. A jsou samozřejmě finančně náročná. Proto se ve stále větší míře prosazuje matematické modelování. Výsledky výpočtů však musí být velmi pečlivě verifikovány aspoň v několika pilotních bodech, aby modely mohly být považovány za věrohodné. [4]

1.3.6 Korelace mezi složkami poruch uniformity

Veličiny zaznamenávané při zkouškách uniformity pneumatik se mohou jevit nezávislé nebo naopak nějak vzájemně vázané. Kvantitativní vyhodnocení stupně závislosti mezi dvěma veličinami udává korelační koeficient. U vektorových veličin je nahrazen korelační maticí, jejíž prvky jsou obvyklé korelační koeficienty. Výsledky měření uniformity nějaké série pneumatik se dají psát ve formě matice $n \times m$, kde n je počet pneumatik v sérii m je počet měřených veličin. [4]

Na příkladech korelačních matic sérií nákladních a osobních pneumatik se ukazuje, že všechny významně korelované poruchy uniformity se vážou k poruchám radiální uniformity, tj. k proměnlivosti radiální síly, její první harmonické a radiální házivosti. U ostatních charakteristik uniformity je korelace podstatně slabší, zpravidla dokonce statisticky nevýznamná. [4]

2 NEUSTÁLÉ ZLEPŠOVÁNÍ V SYTÉMECH MANAGEMENTU JAKOSTI

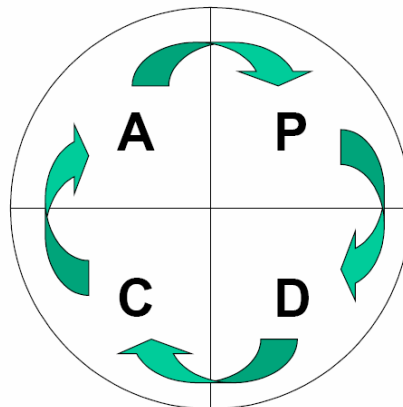
Zlepšování jakosti je podle dnešní terminologie chápáno jako část managementu jakosti zaměřená na zvyšování schopnosti plnit požadavky na jakost. Jedná se tedy o aktivity, jejichž cílem je dosažení vyšší úrovně jakosti v porovnání s předchozím stavem. [5]

Zlepšování by v žádném případě nemělo být považováno za jednorázovou aktivitu, která po dosažení plánovaných cílů končí. Naopak, proces zlepšování by měl být chápán jako nepřetržitý proces, ve kterém by dosažený zlepšený stav měl být východiskem pro další zlepšování, mělo by se jednat o neustálé (trvalé) zlepšování. [5]

Neustálé zlepšování je jedním ze základních principů komplexního („totálního“) managementu jakosti (TQM) a je rovněž jednou z důležitých zásad, z nichž vycházejí požadavky na systémy managementu jakosti, environmentální systémy managementu, systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a další systémy managementu. Je důležitou součástí dosahování a udržení konkurenceschopnosti. [5]

2.1 Cyklus PDCA

Tento cyklus se skládá ze čtyř fází, ve kterých by mělo probíhat zlepšování jakosti nebo provádění změn. Jedná se o cyklus, který nemá konec a měl by se pro zajištění neustálého zlepšování stále opakovat. Jednotlivé kroky uvedeného procesu neustálého zlepšování jsou rozpracováním Demingova cyklu PDCA (Plan – Do – Check – Act), který je základním modelem zlepšování (Obr. 18). [5]



Obr. 18. Metoda PDCA

Ve fázi „Plánuj“ (Plan) se na základě identifikovaných příležitostí k zlepšování a stanovených cílů vypracovává plán nápravných či preventivních opatření. Ve fázi „Vykonej“ (Do) se tyto naplánované aktivity realizují (obvykle nejprve v menším měřítku). Fáze „Zkontroluj“ (Check) se zaměřuje na měření a analýzu dosažených výsledků a jejich porovnání s plánovanými cíli. Průběh fáze „Reaguj“ (Act) se pak odvíjí od výsledků tohoto porovnání. V případě, že bylo plánovaných cílů dosaženo, následuje standardizace provedených opatření; pokud však provedená opatření nebyla dostatečně účinná, hledají se jiné cesty, jak dosáhnout plánovaných cílů. [5]

V podstatě všechny používané metodiky zlepšování jsou rozpracováním těchto čtyř základních kroků PDCA, popřípadě jejich upravené podoby. Zlepšování jakosti lze realizovat pomocí opatření k nápravě nebo preventivních opatření. Obecně by měla být preferována preventivní opatření, která předcházejí možným problémům. Řešení důležitých projektů zlepšování by mělo probíhat v týmech zlepšování. Složení týmu musí odpovídat charakteru řešeného problému a členové týmu by měli ovládat základní statistické nástroje a metody zlepšování jakosti.[5]

2.2 Metodika zlepšování pomocí opatření k nápravě

Opatření k nápravě představuje opatření realizované pro odstranění příčiny zjištěné neshody nebo jiné nežádoucí situace. Aplikuje se tedy v situaci, kdy problém již existuje. Výchozím podnětem pro návrh a realizaci opatření k nápravě může být například:

- nízká spokojenost a loajalita zákazníků
- nízká spokojenost zaměstnanců a dalších zainteresovaných stran
- vysoký výskyt neshod a reklamací
- ztráty trhů
- neshody zjištěné při auditech
- nízká výkonnost procesů
- výskyt poruch zařízení
- nepříznivé výsledky sebehodnocení apod. [5]

2.3 Metoda „Quality Journal“

Metoda „Quality Journal“ je jedním ze systematických přístupů ke zlepšování jakosti, který probíhá v sedmi krocích.

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

1. Identifikace problému – na základě popisu tohoto stavu je třeba specifikovat cílový stav, jehož by mělo být po zlepšení dosaženo, a očekávané přínosy.

2. 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 a jeho typu a příznaků. Způsob shromažďování údajů při sledování problému by měl umožňovat identifikaci působení náhodných (přirozených) a vymezitelných (zvláštních) příčin variability na zlepšovaný proces. Identifikaci působení náhodných a vymezitelných příčin variability lze provést pomocí regulačního diagramu, který je velice cenným nástrojem analýzy procesu. V případě, že je zjištěno působení jak náhodných, tak vymezitelných příčin variability, lze vymezené příčiny pomocí regulačního diagramu identifikovat. Odstranění těchto příčin obvykle není příliš komplikované a nevyžaduje zásah do podstaty procesu. V případě náhodných příčin je úsilí o snížení variability mnohem komplikovanější úlohou, kde příslušná opatření musí být směřována na vlastní podstatu procesu (změna technologie, vstupních surovin či změnu systému řízení procesu).

3. Analýza příčin problému – prvním krokem by měla být týmová analýza všech možných příčin problému s využitím diagramu příčin a následků. Poté by měly být pomocí bodového hodnocení příčin a Paterovy analýzy identifikovány nejdůležitější možné příčiny.

4. Návrh a realizace opatření k odstranění příčin – vzhledem k tomu, že náprava obvykle nezabrání opakovanému výskytu problému, je třeba vždy aplikovat postupy, které budou

odstraňovat příčiny problému. U jednotlivých návrhů opatření je žádoucí prozkoumat jejich výhody a nevýhody a provést jejich podrobné hodnocení z různých hledisek, včetně ekonomických. Je vhodné navrhovaná opatření experimentálně odzkoušet.

5. *Kontrola účinnosti opatření* – hodnocení je založeno na porovnání výsledků dosažených před a po jejich realizaci.

6. *Trvalá eliminace příčin* – v případě, že realizace opatření vedla ke zlepšení, je třeba zajistit trvalé zakotvení provedených změn.

7. *Zpráva o řešení problému a plánování budoucích aktivit* – V této závěrečné fázi se zpracovává zpráva o průběhu řešení problému doložená konkrétními daty a rozborů. [5]

2.4 Metoda neustálého zlepšování pomocí preventivních opatření

Preventivní opatření představuje opatření realizované pro odstranění příčiny možné nehody nebo jiné možné nežádoucí situace.

V oblasti managementu jakosti mohou být podnětem pro preventivní opatření například:

- zvýšené riziko výskytu neshod procesu, produktu nebo systému
- doporučení z auditů
- nepříznivý trend ve výsledcích hodnocení spokojenosti a loajality zákazníků
- nepříznivý trend v objemu prodeje
- zaostávání za nejnovějšími trendy v oblasti materiálů a technologií
- změny podmínek na trhu
- nepříznivé výsledky benchmarkingu
- výsledky přezkoumání návrhu, analýz FMEA apod.

Pro případy zlepšování pomocí preventivních opatření lze základní metodický postup neustálého zlepšování modifikovat do následující podoby:

- 1) Identifikace možných problémů.
- 2) Výběr nejdůležitějšího možného problému.
- 3) Analýza příčin možného problému.

- 4) Návrh a realizace preventivních opatření.
- 5) Trvalá eliminace příčin možných problémů.
- 6) Zpráva o řešení problému a plánování budoucích aktivit. [5]

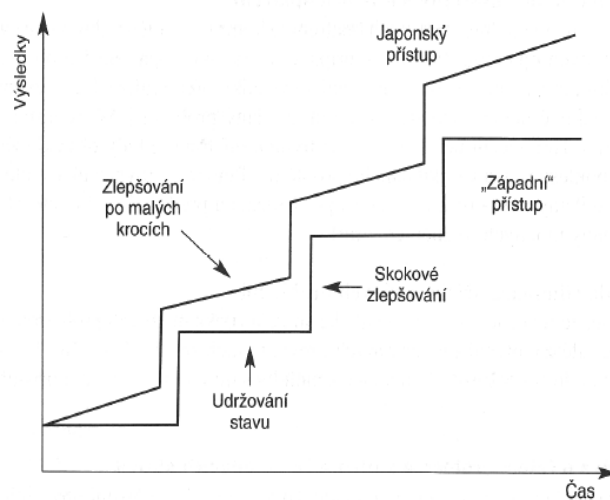
2.5 Skokové zlepšování a zlepšování po malých krocích

Tyto postupy jsou základem dvou přístupů ke zlepšování, které se označují jako reengineering a kaizen.

Skokové zlepšování vede buď k revidování a zlepšení existujících problémů nebo k uplatňování nových procesů. Projekty skokového zlepšování obvykle vyžadují významné přepracování návrhu existujících procesů.

Průběžné zlepšování v malých krocích realizují pracovníci organizace v rámci existujících procesů.

Optimálních výsledků lze obvykle dosáhnout vhodnou kombinací obou přístupů. Jako příklad lze uvést porovnání japonského přístupu a „západního“ (viz. obr. 19)



Obr. 19. Porovnání japonského a

„západního přístupu k procesu zlepšování

Japonský přístup je zde charakterizován současným uplatňováním jak skokového zlepšování, tak zlepšování po malých krocích, „západní“ přístup uplatňováním pouze skokového zlepšování. V případě, že oba tyto přístupy vycházejí ze stejné počáteční úrovně, japonský přístup vede k lepším výsledkům. [5]

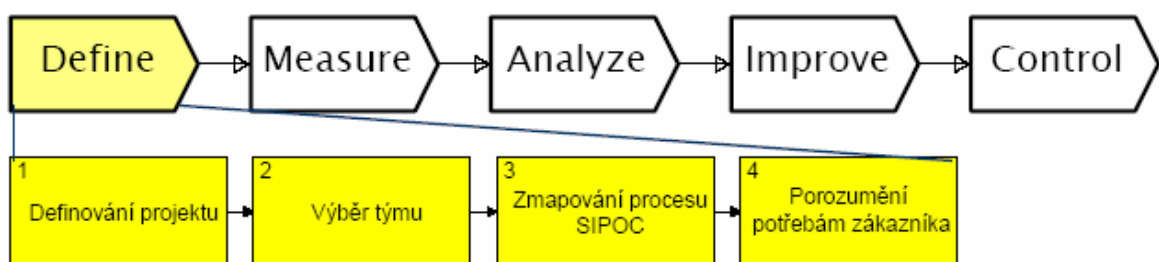
2.6 Strategie Six Sigma

Strategie Six Sigma je filozofií zlepšování, která se orientuje zejména na prevenci neshod, zkrácení průběžné doby výroby a úsporu nákladů. [5] Můžeme říct, že jde o moderní metodu zlepšování a řešení problémů (všech podnikových procesů, např. v oblastech kvality, nákladů, časů). Odlišuje se od ostatních metod tím, že se nespolehá pouze na odborný názor (odhad, zkušenost, brainstorming a vhléd), ale na přesné měření a statistiku.

Označení Six Sigma souvisí s orientací této filozofie na minimalizaci výskytu neshod, kdy cílem je dosáhnout takové způsobilosti procesů, při níž je střední hodnota sledovaného znaku jakosti od bližší toleranční meze vzdálena alespoň šest směrodatných odchylek (zákazník vnímá variabilitu, nejen střední hodnotu). Tato situace by odpovídala očekávanému výskytu neshodných jednotek 0,002 ppm. Ve skutečnosti se však připouští určité kolísání střední hodnoty sledovaného znaku jakosti o $\pm 1,5$ násobek směrodatné odchylky (minimální k bližší toleranční mezi se tak snižuje z 6 σ na 4,5 σ), čemuž odpovídá očekávaný výskyt neshodných jednotek 3,4 ppm. Tato úroveň odpovídá hodnotám indexů způsobilosti $C_p=2$; $C_{pk}=1,5$ [5]

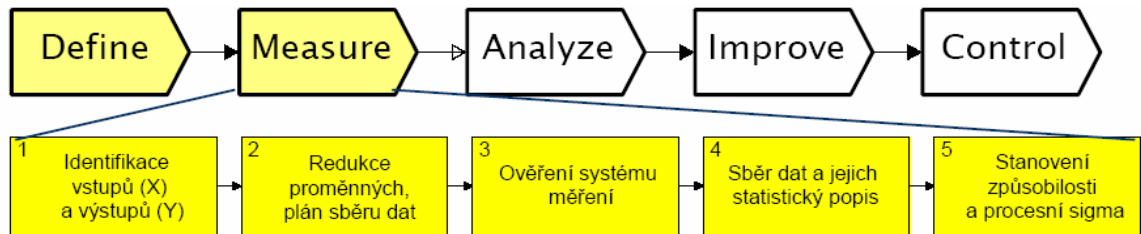
Jedním ze základních východisek filozofie Six Sigma je závislost mezi způsobilostí procesu a výdaji spojenými s nízkou jakostí. Uvádí se, že organizace, které dosahují způsobilosti procesů na úrovni 3 σ nebo 4 σ (za předpokladu kolísání kolem střední hodnoty o $\pm 1,5 \sigma$ to odpovídá hodnotám indexu způsobilosti $C_{pk}=0,5$ a 0,825) směřují na výdaje spojené s nízkou jakostí 25 až 40% svých výnosů, zatímco organizace pracující na úrovni 6 σ takto vynaloží méně než 5% svých výnosů. [5]

Stěžejními fázemi zlepšování v rámci strategie Six Sigma jsou definování, měření, analýza, zlepšování a regulace (DMAIC).

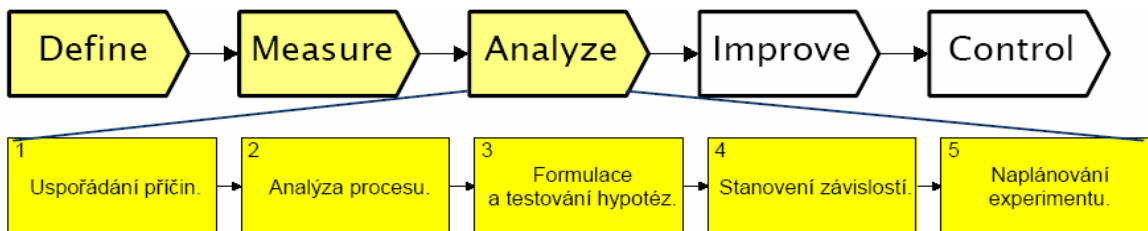


V rámci fáze definování by měly být stanoveny hlavní cíle aktivit zlepšování. Získat podklady o procesu a zákazníkovi. Porozumění plánovanému zlepšení a způsobu, jakým bude

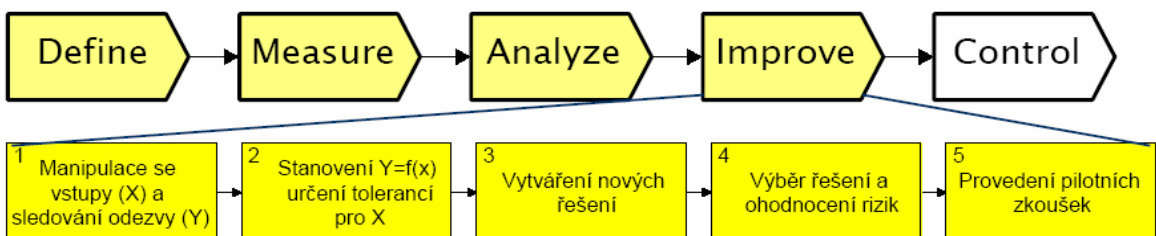
měřeno. Vytvořit model SIPOC (Suppliers Inputs Process Outputs Customers) - dodavatelé vstupů – proces – výstupy – zákazníkům. Model popisuje provázanost jednotlivých procesů, jejich vstupů a výstupů.



Fáze měření zahrnuje přezkoumání druhů měření, možností výskytu chyb měření, druhu shromažďovaných dat a způsobu jejich vyhodnocování.



Ve fázi analýzy se praktické problémy převádějí na statistické problémy. Identifikovat příčiny defektů a ověřit je pomocí testování hypotéz.



Fáze zlepšování zahrnuje postup známý jako „návrh pro Six Sigma“, při kterém je analyzovaný proces znovu navržen nebo upraven tak, aby byl schopen dosahovat jakosti na úrovni 6σ .



Ve fázi regulace se neustálým monitorováním procesů prokazuje, že problémy se již nevy-skytují. [5]

PRAKTICKÁ ČÁST

3 OPTIMALIZACE VÝROBY

V současné krizové době ekonomická situace zvýraznila vysoké nároky, které kladou jednotliví odběratelé na své dodavatele. Alfou a omegou současnosti je hledání způsobů, které by zefektivnily provozní náklady a optimalizovaly jednotlivé skupiny výrobních segmentů tak, aby nebyla ohrožena podstata fungování firmy Barum-Continental.

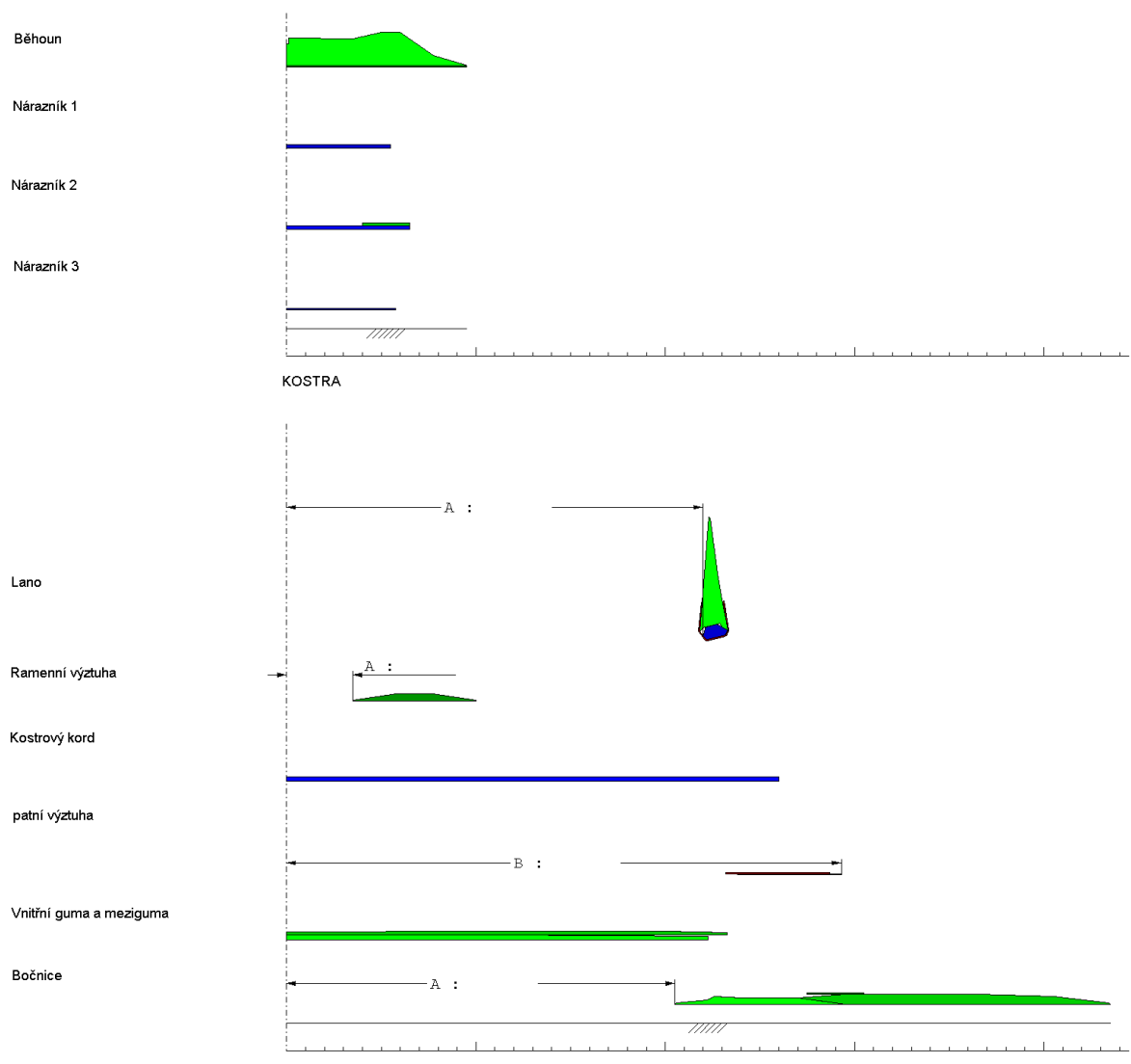
Z daných výrobních rozměrů se budu zabývat optimalizací uniformity pláště, pro účely diplomové práce označené jako 445/65 R22,5 ABC dle metodiky 6 sigma. Cílem této optimalizace je splnit přísnější požadavek zákazníka na uniformitu tohoto rozměru. Tento plášť má silniční dezén a je určen pro regionální dopravu na všechny pozice. Mezi přednostmi tohoto pláště patří vyšší přilnavost na suché i mokré vozovce a dlouhý kilometrový proběh. Zaručuje dlouhou životnost s nižším valivým odporem.



Obr. 20. Zkouškový rozměr pláště

3.1 Konfekční výroba

Surový plášť je vyráběn na konfekčním stroji SAV zkonstruovaném německou technologií pro výrobu nákladních plášťů. Tento konfekční stroj starší generace byl do otrokovického závodu transferován ze sesterské továrny koncernu Contiental v rámci restrukturalizace výroby divize 2. Na stroji pracují dva nebo tři operátoři v poloautomatickém režimu. Samotná konfekce probíhá ve dvou stupních, kdy se současně na prvním stupni konfekčního bubnu vyrobí kostra pláště, která je přenašečem (transferingem) přenesena na tvarovací hlavu. Dochází ke spojení s obvodovým prstencem, který přenesl současně vyrobený druhý nárazníkový stupeň s aplikovaným běhounem.



Obr. 21. Seřizovací předpis

Dle technologického postupu (Obr. 21) jsou pokládány jednotlivé materiály na konfekční buben. Operátor nasadí lana do transferingu a následně dá povel k automatickému uchycení lan. Polohování konfekčního bubnu a pokládání polotovarů na rysky je zajištěno v programu softwaru konfekčního stroje pro daný rozměr a je vždy aktualizováno následným krokem.

Začíná nejprve navinutí bočnic, poté vnitřní a mezi guma ze zásobníku. Spoj je proveden automaticky spojovacím mechanismem pro bočnice, vnitřní a mezi gumu současně. Poté konfekcionér navine ze zásobníku patní výztuhy (patní kord, nylon, klínek), řádně spojí dle konfekčních zásad a automatiky zaválí. Z kartuše nosného kordu je navinut na buben ocelový kord a následně sešit sešíváčkou. Ze zásobníku je aplikována výplň pod nárazník.

Před najetím nosičů lan (transferring) je kostra zaválena kladkami zavalovacího mechanismu.

Na nárazníkovém stupni aplikujeme na buben postupně nárazníkové vložky. Mezi tím klínek na nárazník a vše je zaváleno před automatickým položením běhounu ze stolu. Spoj obsluha spojí rádlem dle konfekčních zásad a vše je kladkou přitlačeno po obvodu k sobě.

Nyní je hotova jak kostrová část, která je připravena k transferu k bombírovací hlavě, tak nárazníková část, kterou přeneseme prstencový transferring. Nejprve do polohy bombírování přejeďte kostra pláště a poté je odebrána po sklopení nárazníkového bubnu část obvodová (nárazník s běhounem) a dopravena rovněž do polohy pro bombírování. Jakmile je v definované poloze, nastane bombírování kostrové části. Bombírování je tvarování kostry tlakovým vzduchem za současného sjíždění rozpěr patek, kdy dochází ke spojení s prstencovou částí nárazníků. Po spojení dojde k uvolnění prstence a jeho odjetí. Následuje zaválení běhounu s vytočením kladek v korunové oblasti. Pomocí membrán jsou přehnuty bočnice přes lana. Najetím kladek jsou následně také bočnice zaváleny vše z důvodu eliminace separací uvnitř pláště. Po zaválení je surový plášť uchopen prstencem transferringu a po sfouknutí, rozjetí patek přenesen na nos koníku, který dopraví surový plášť po vizuální kontrole spojů konfekcionérem k automatickému nakladači. Surový plášť je následně automatickým nakladačem uložen do etážových vozíků a transportován na lisovnu.

3.2 Lisování pláště

V poloze jaké byl plášť uložen do etážových vozíků je vylisován na deskovém lisu. Tento hydraulický lis je plně automatizován a je osazen segmentovou formou.

Technologický postup lisování:

- 1) Membrány jsou nepřímo natírány speciálním roztokem, pro snadnější usazení pláště na sfouknutou membránu se po několika kusech vždy provede vnitřní nátěr pláště.
- 2) Automatický zakladač přenesení pláště z etážového vozíku do formy lisu.
- 3) Operátor zkontroluje uložení pláště.
- 4) Zavírání lisu se současným bombírováním membrány ve dvou tlakových fázích.
- 5) Ohřev párou.
- 6) Ohřev cirkulační vodou.

7) Vytlačování párou.

8) Vakuum.

9) Zvulkanizovaný plášť je přenesen na dopravník a expedován na dokončovnu.

3.3 Výstupní kontrola pláště

Po dopravení pláště na dokončovnu se na vychladnutém plášti provede kontrola. Zde se plášť nejprve zbaví možných přetoků vzniklých lisováním a poté se provede vizuální kontrola. Po obvodu a uvnitř pláště se kontrolují vady vzniklé například nedolisováním, prolisováním kordů, přetoky, deformace. Případné vady posoudí grader (pracovník oddělení kvality) a rozhodne zda se jedná o zmetek, vzhledovou vadu, nebo plášť na opravu.

Plášť se dále podrobí rentgenové kontrole. RTG zkoumá vnitřní abnormality jednotlivých komponent v plášti. Především defekty na dostavě kordu např. překřížení spojů nosného kordu, nebo naopak jeho zředění, rovnoměrnost naražení lan, patní kordy a defekty na nárazníkovém pásu. Současně jsou odhalovány separace uvnitř pláště. Jestliže je plášť po rentgenové zkoušce v pořádku následuje poslední procesní operace měření uniformity.

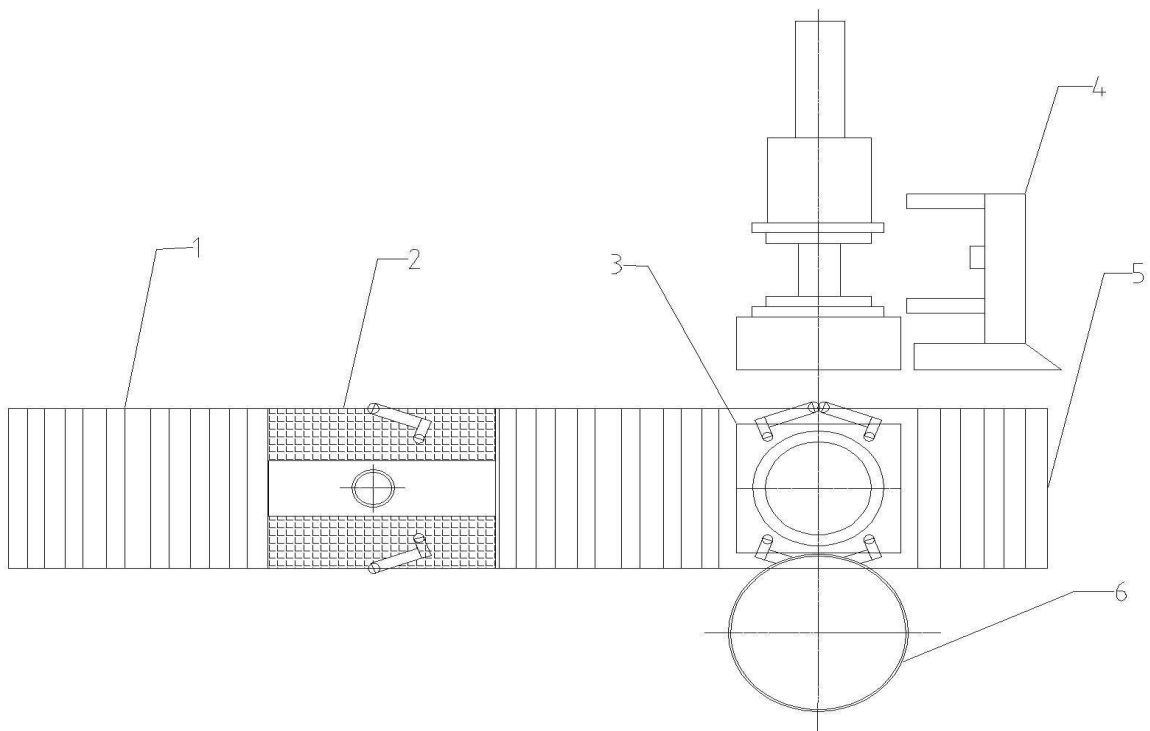
3.4 Měření uniformity pláště

K odhalení nestejnoseměrnosti vyrobeného pláště slouží v divizi komerčních plášťů testor uniformity (Obr. 22). Toto zařízení slouží k vyhodnocení parametrů uniformity a geometrických nerovnoměrností. Podle výsledků naměřených hodnot jsou pláště následně tříděny do kvalitativních tříd jakosti. Při samotném měření **silových** veličin je simulováno odvalování po vozovce pomocí přítlačného válce, přes který je pomocí tenzometrů vyhodnocen průběh kolísání sil na jedno otočení pláště. Měření **geometrických** veličin je provedeno bezkontaktně pomocí laserového snímání. K naměření hodnot je užito tří laserových paprsků pracujících na principu optické triangulace. Optické cyklické snímání profilů bočnic a běhounu je provedeno 200 krát za otáčku.

Postup měření:

- 1) Plášť je umístěn na vstupní dopravník zajišťující přísun na testor.
- 2) Následuje mýdlování patek, z důvodu správného usazení na discích.
- 3) Podávací mechanismus ustředí pneumatiku na upínacích discích.

- 4) Disky uzavřou pneumatiku a nahustí na předepsaný tlak.
- 5) Po roztočení pláště se jako první měří geometrické nerovnoměrnosti.
- 6) K plášti je přitlačen buben a začíná měření silových veličin. Testor určí nejvyšší a nejnižší hodnoty radiální a laterální síly.
- 7) Při nižším tlaku je změřena radiální a laterální házivost.
- 8) Vyhodnocení pozice Highpointu (nejvyšší bod radiální síly)
- 9) Vyhodnocovací zařízení určí výslednou uniformitu pláště dle centrálně stanovených limitů a předpisů (1-První výbava (OE), 2-Náhradní potřeba (REPL), 3-Snížená kvalita (DA), 4-Zmetek (SCRAP)).
- 10) Pneumatika je vyjmuta z disků, odtažena dopravníkem a transportována do skladu.



Obr. 22. Náčrt testoru uniformity (1-vstupní dopravník, 2-mýdlovací stanice, 3-měření silových veličin, 4-měření geometrie, 5-výstupní dopravník, 6-přítlačné kolo)

4 6 SIGMA

Pro dosažení kvality požadované zákazníkem jsem se rozhodl použít metodu 6 sigma, která zvyšuje kvalitu procesu snížením variability s cyklem DMAIC. Jde o cyklus, který má základ v klasickém Demingově cyklu PDCA (Plan, Do, Check, Akt) a využívá se ve firmě Barum-Continental od roku 2006. Zpětným pohledem se budu zabývat otázkou, jak zlepšit aktuální procesní výkon s ohledem na vyšší spokojenost zákazníka a jeho udržení.

4.1 Cyklus DMAIC

4.1.1 Fáze Define(definovat)

Na základě nízkých výběrů uniformity pro daný rozměr požadované zákazníkem může vznikat určité procento neshodných výrobků. Cílem je dosáhnout maximálního počtu plášťů v kvalitě 1(OE) a 2(REPL) z hlediska uniformity.

SIPOC- identifikace hlavních procesních kroků.

Tab. 1. Analýza SIPOC

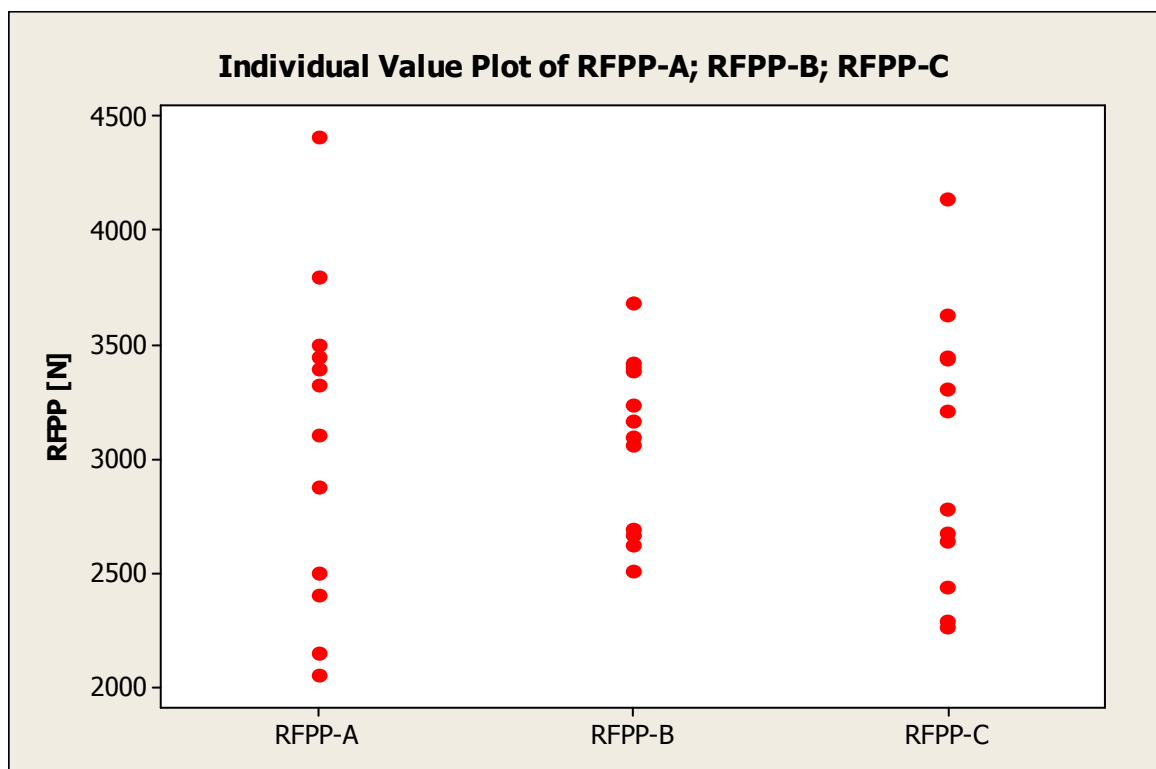
Supplier (Dodavatel)	Input (Vstup)	Process (Proces)	Output (Výstup)	Customer (Zákazník)
VYTLAČOVACÍ LINKA	BOČNICE	PŘÍPRAVA POLOTOVARU	POLOTOVAR	KONFEKCE
LINKA VG STŘÍHAČKA KORDU	VG+MG PATNÍ KORD	↓ KONFEKCE	SUROVÝ PLÁŠŤ	LISOVNA
VYTLAČOVACÍ LINKA STŘÍHAČKA KORDU	VÝPLŇ PATKY NOSNÝ KORD			
VYTLAČOVACÍ LINKA APEX LINKA	KLÍNEK LANO	LISOVNA	ZVULKANIZOVANÝ PLÁŠŤ	DOKONČOVNA
VYTLAČOVACÍ LINKA STŘÍHAČKA KORDU	VPN NÁRAZNÍK	↓ DOKONČOVNA		
VYTLAČOVACÍ LINKA	BĚHOUN			

Požadavky zákazníka VOC-(Voice of Customer)

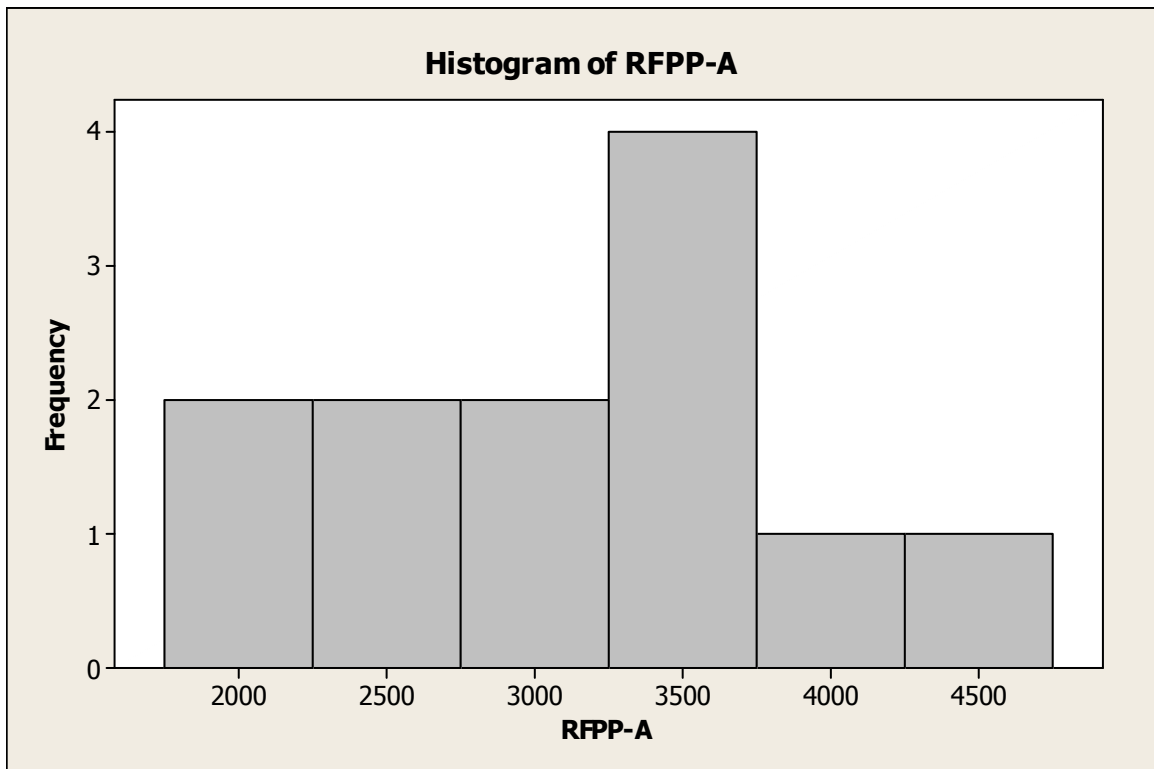
- uniformita pláště v kvalitě OE
- kolísání radiální síly RFPP (radial force peak to peak)
- 1. harmonická složka kolísání radiální síly RFH1 (radial force harmonic first)
- radiální házivost CRRO (central radial run-out)
- kolísání laterální síly LFPP (lateral force peak to peak)
- spodní laterální házivost BLRO (bottom lateral run-out)
- horní laterální házivost TLRO (top lateral run-out)
- konicita (cony)
- vyvýšeniny (bulge) a prohlubně (indentation)

4.1.2 Fáze Measure (měření)

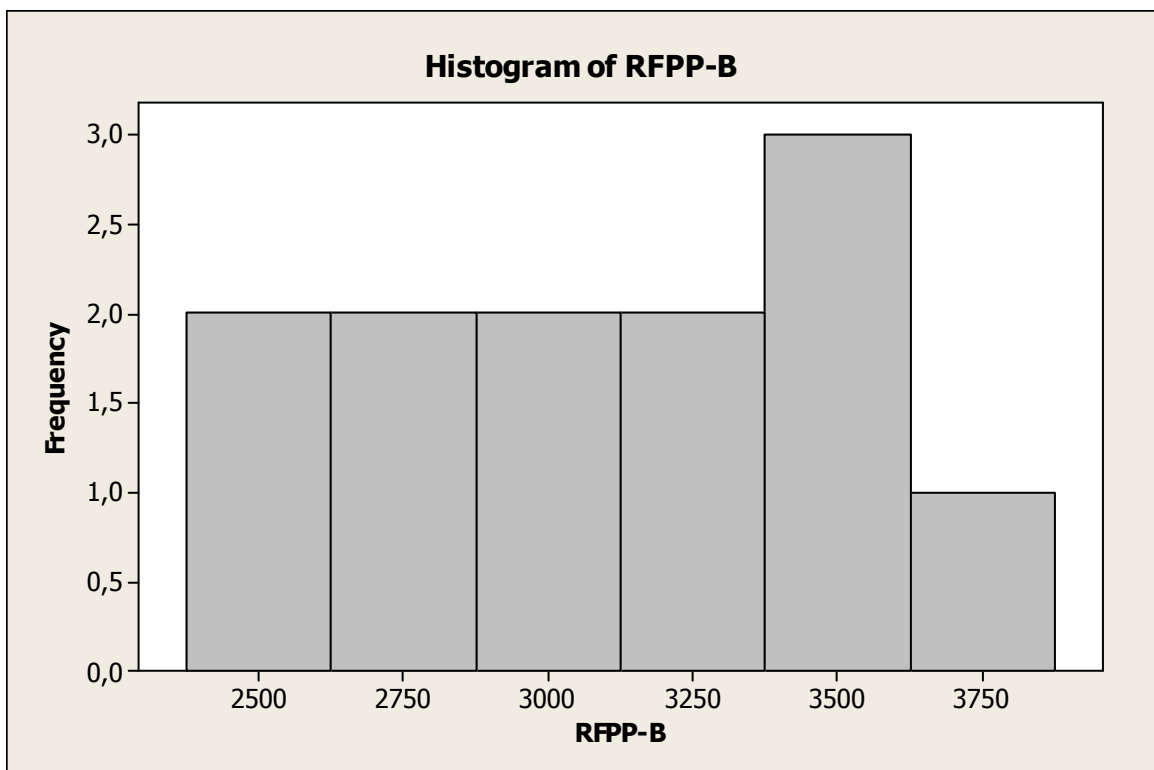
V prvním kroku měření uniformity byla provedena zkouška o 3 sériích po 12 kusech. Každá série měla jiné polohování materiálu na konfekčním bubnu.



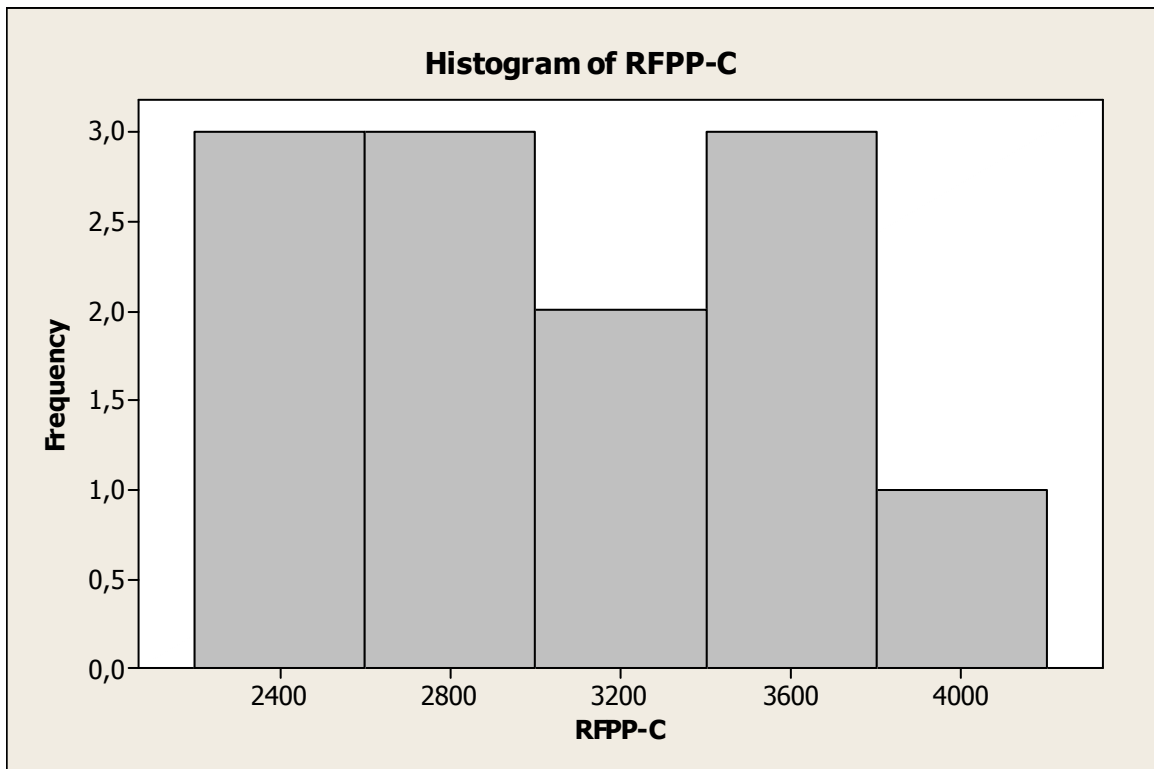
Obr. 23. Kontrola hrubých chyb RFPP



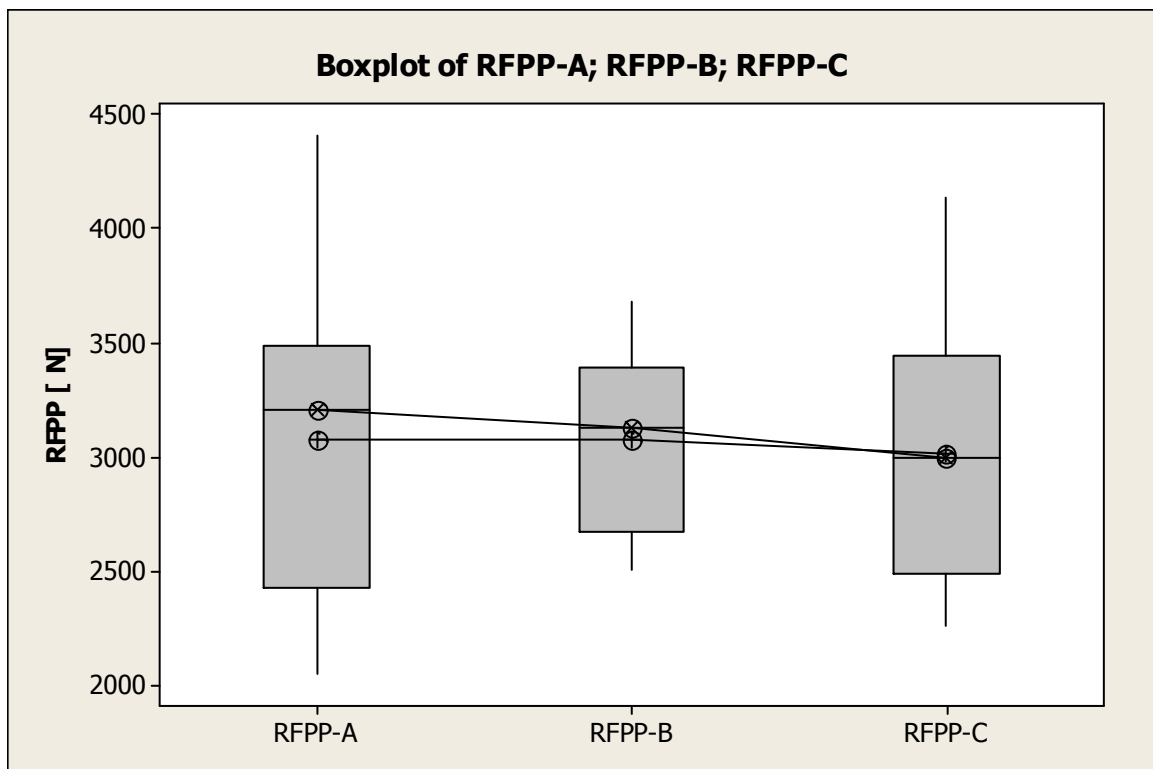
Obr. 24. Četnost hodnot RFPP (série-A)



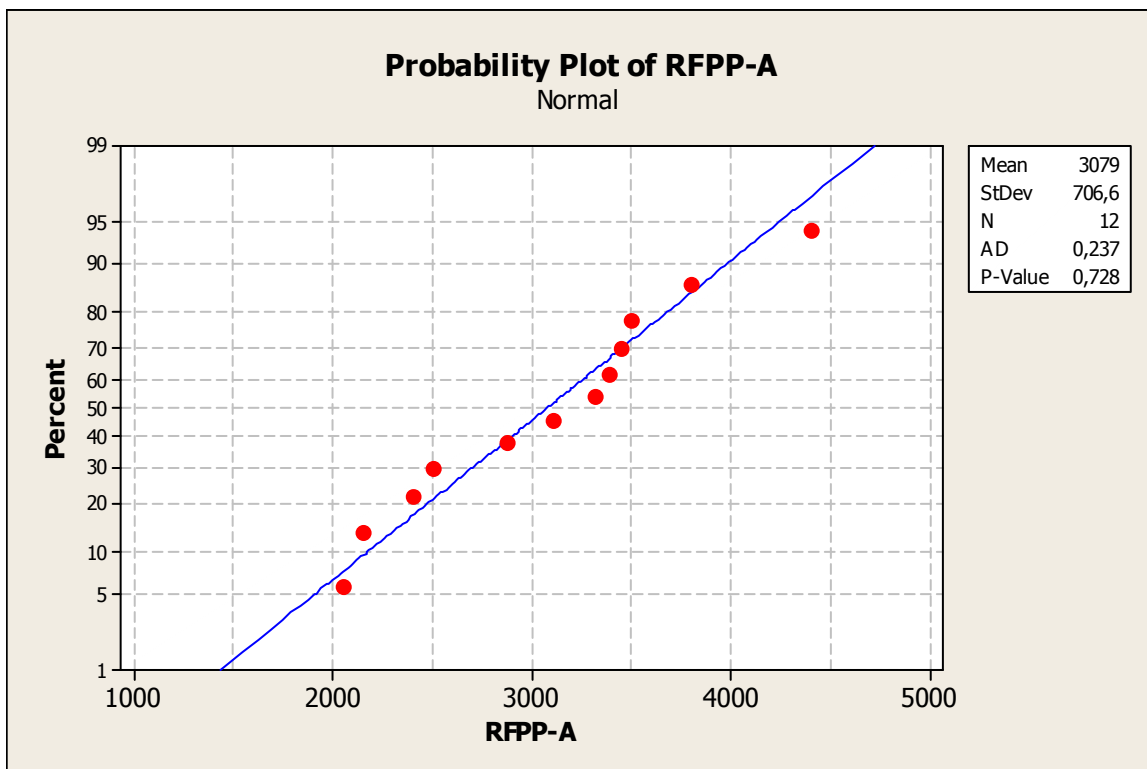
Obr. 25. Četnost hodnot RFPP (série-B)



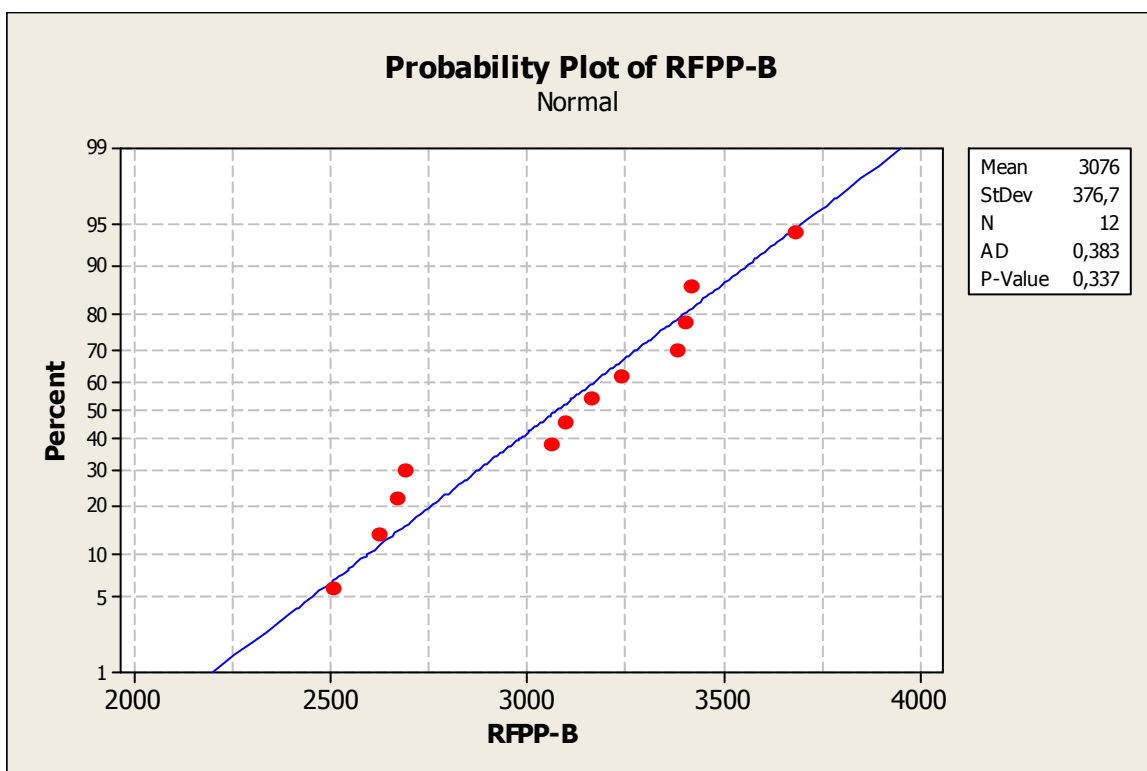
Obr. 26. Četnost hodnot RFPP (série-C)



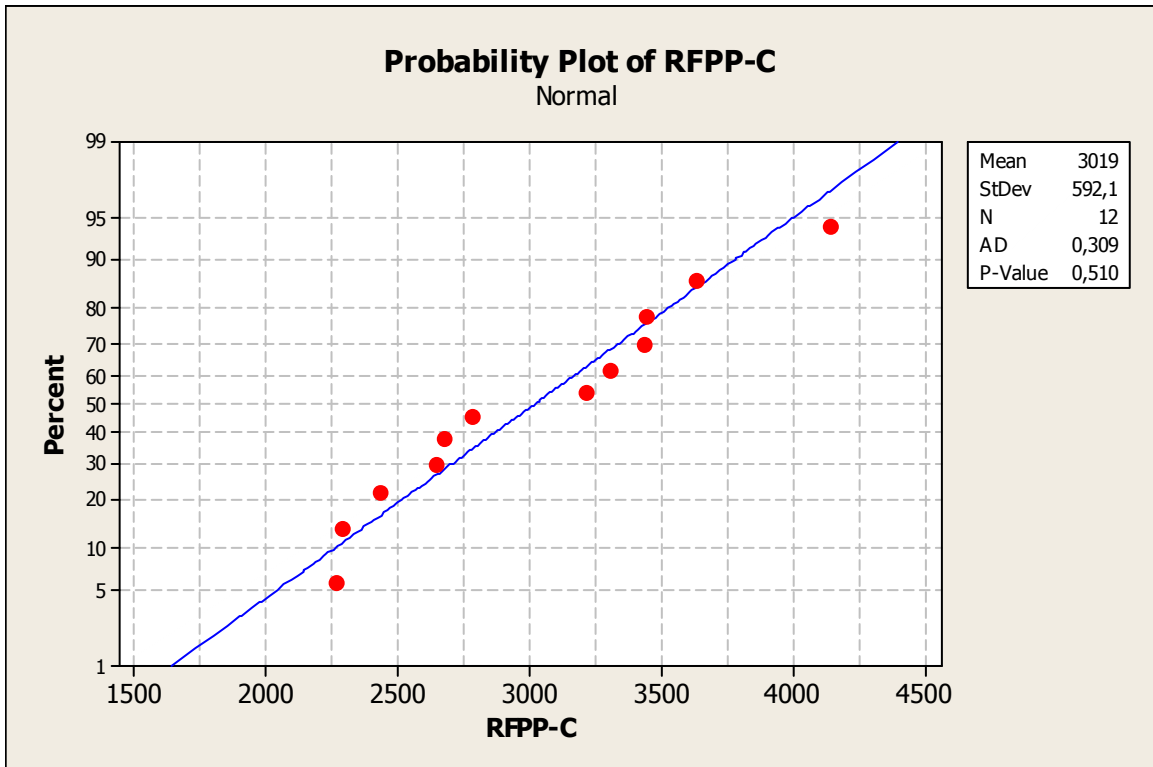
Obr. 27. Vyjádření variability RFPP



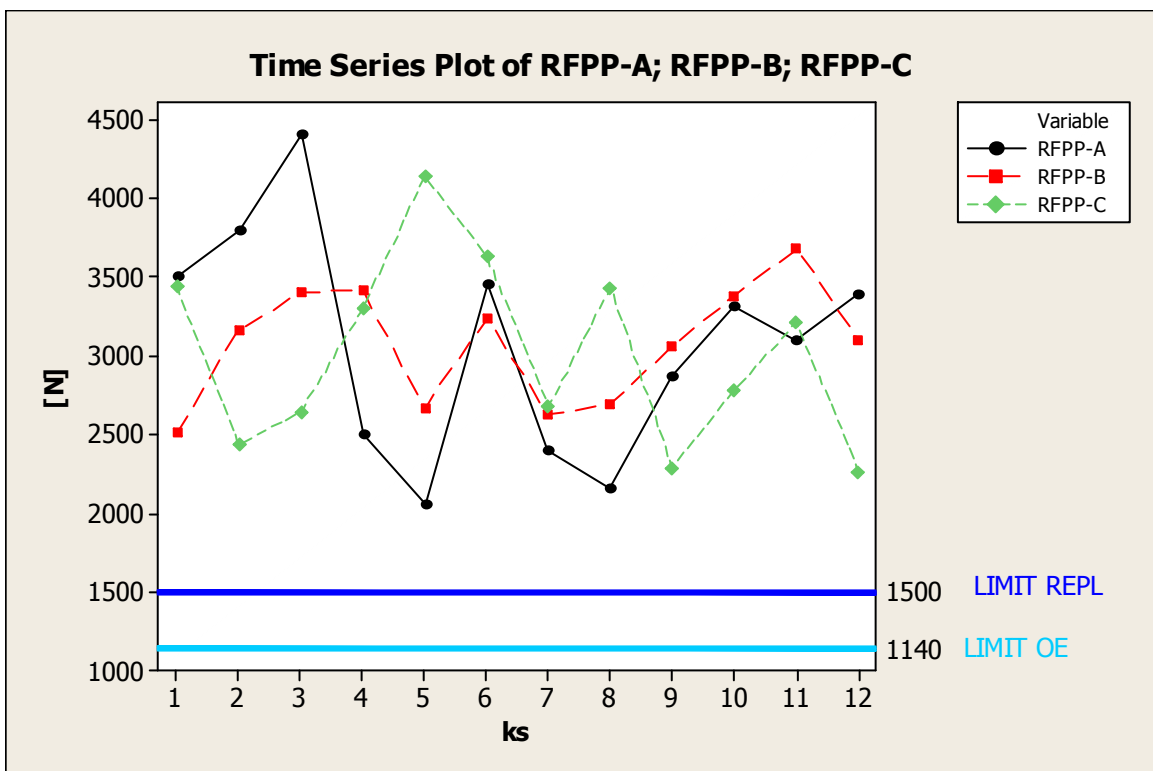
Obr. 28. Hodnocení normality RFPP-A



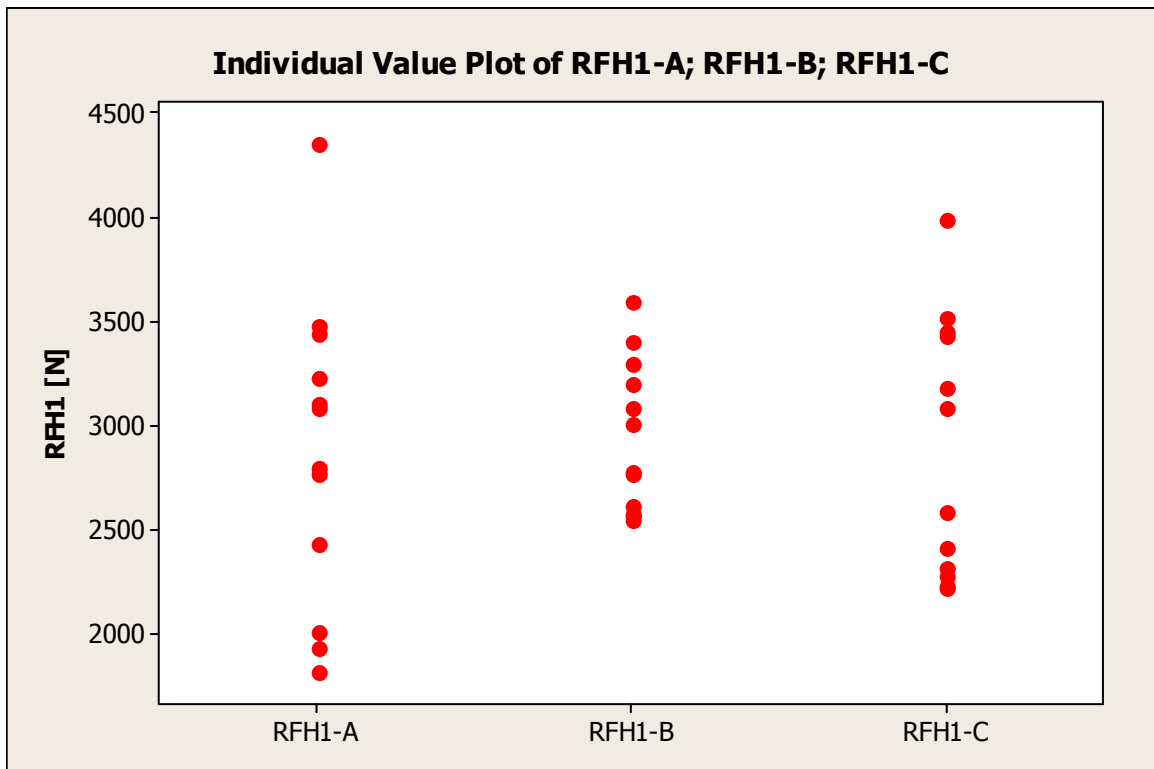
Obr. 29. Hodnocení normality RFPP-B



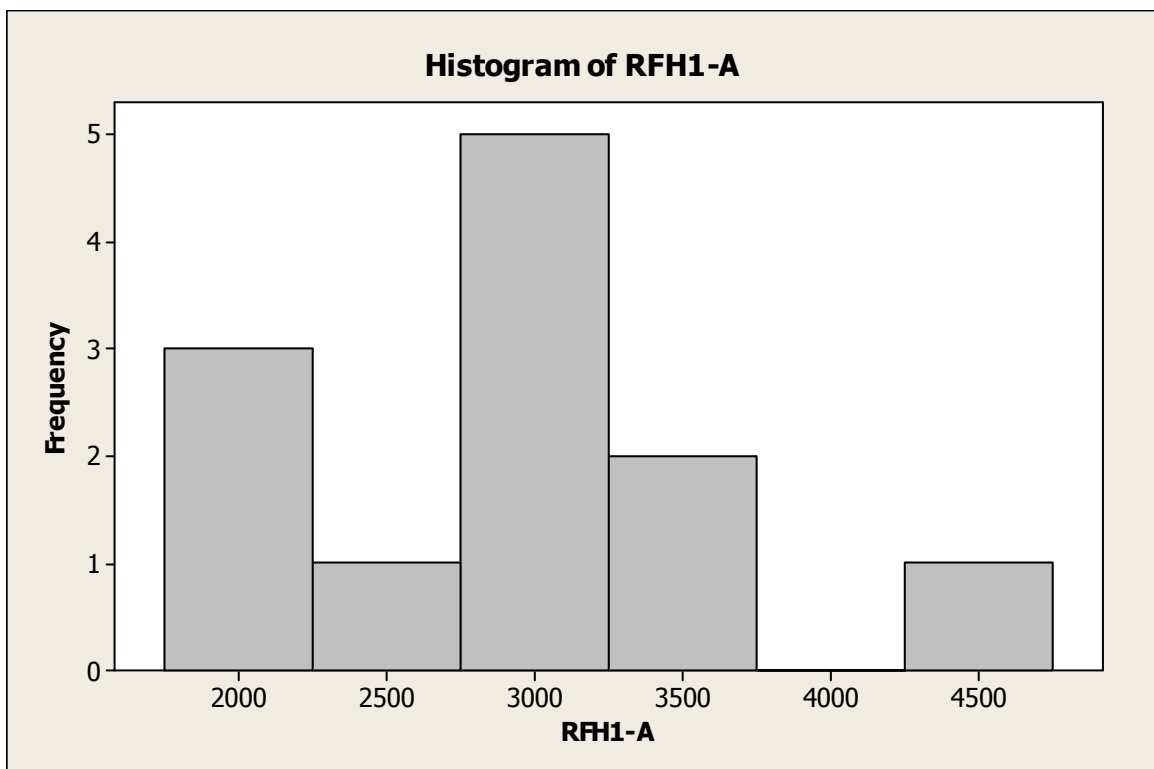
Obr. 30. Hodnocení normality RFPP-C



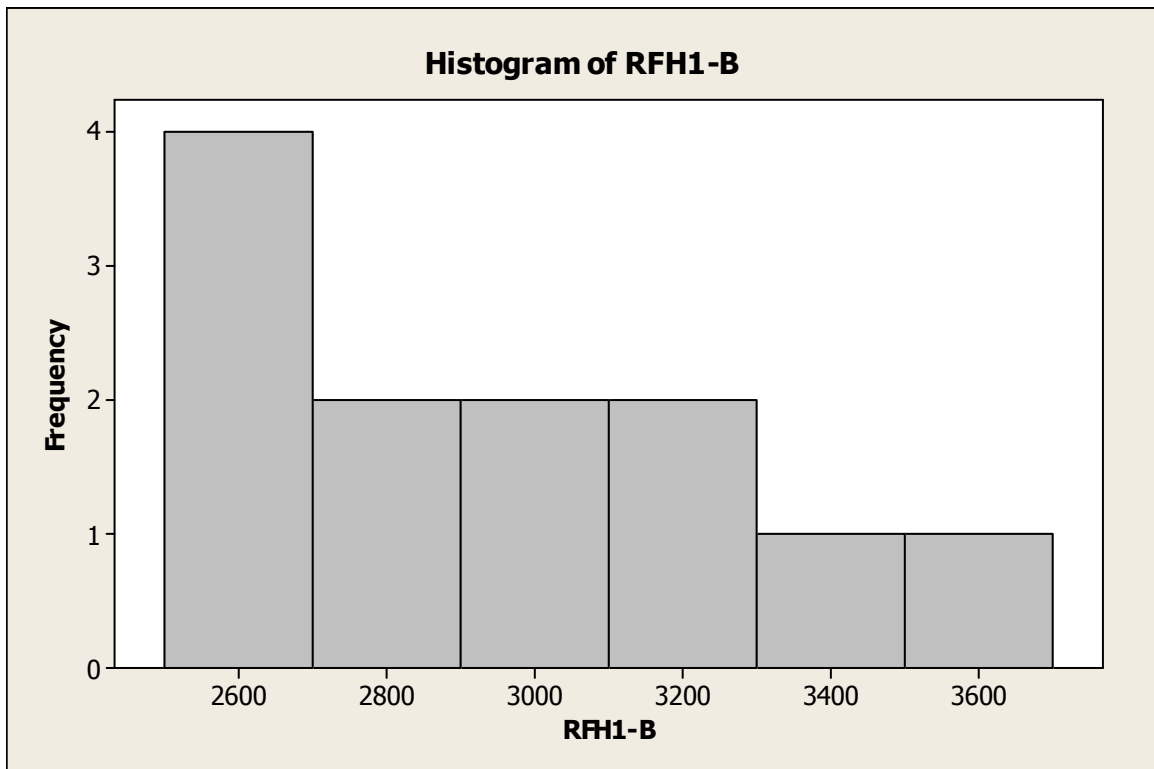
Obr. 31. Průběh kolísání radiální síly



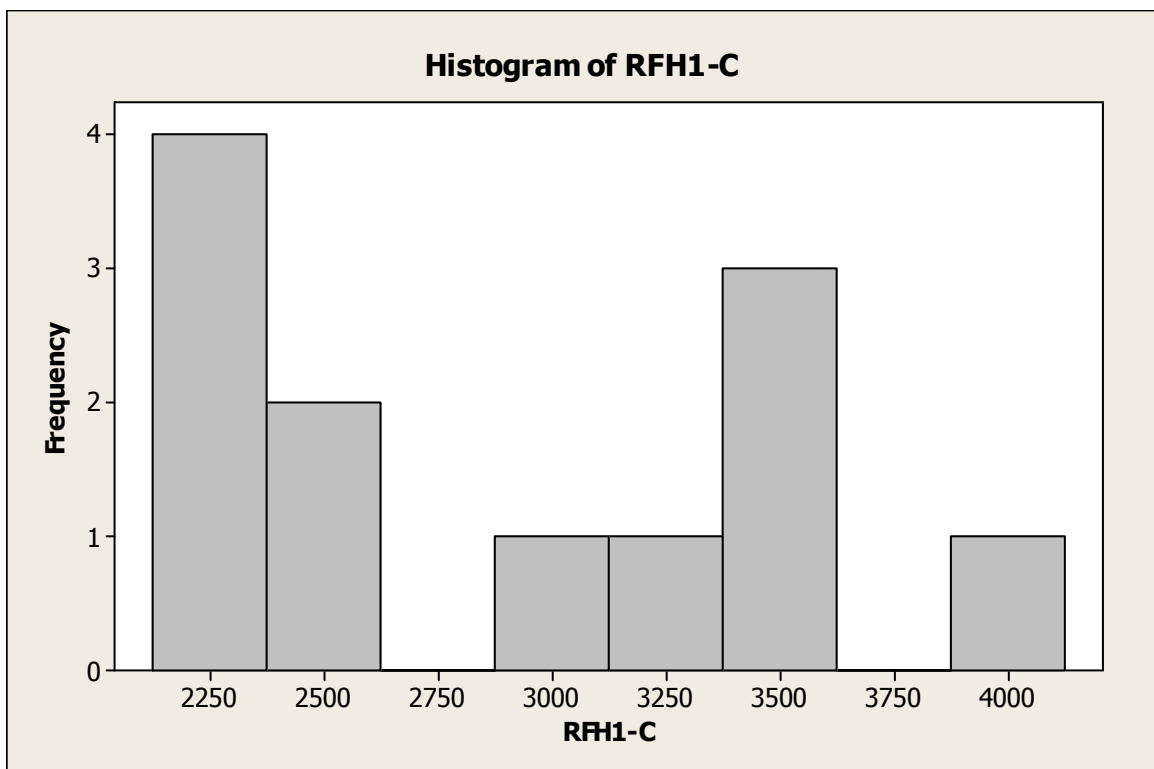
Obr. 32. Kontrola hrubých chyb RFH1



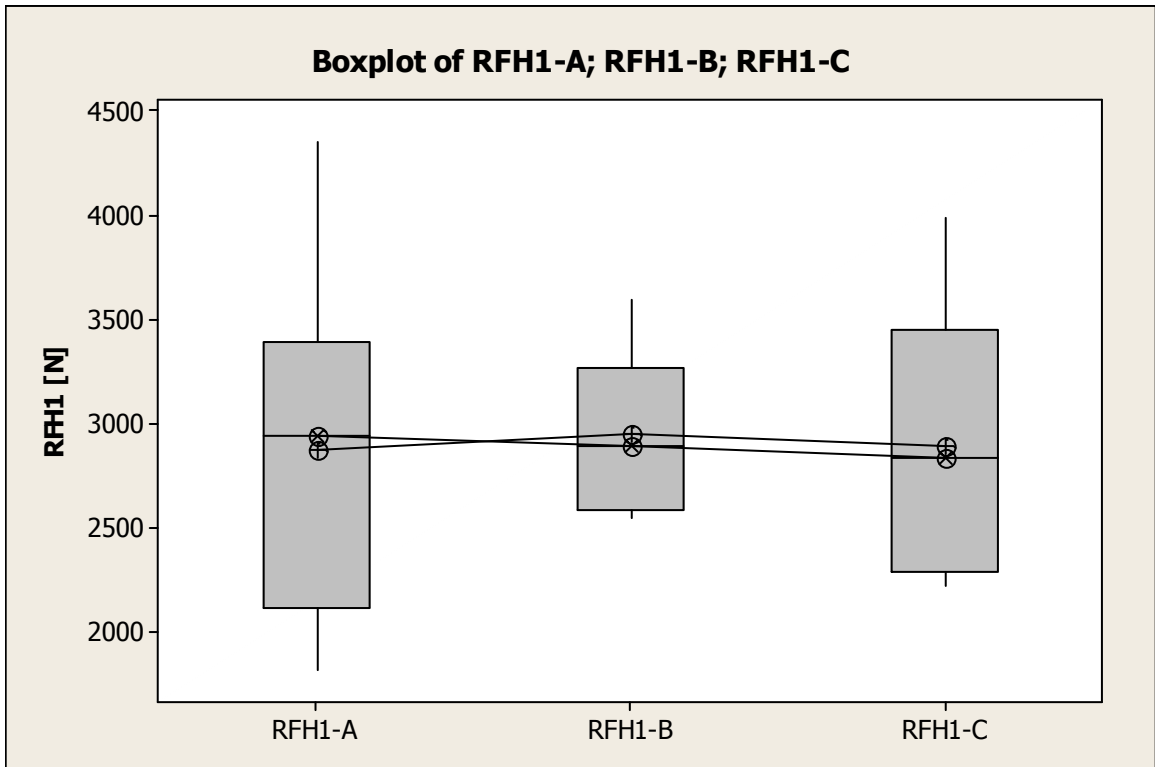
Obr. 33. Četnost hodnot RFH1 (série-A)



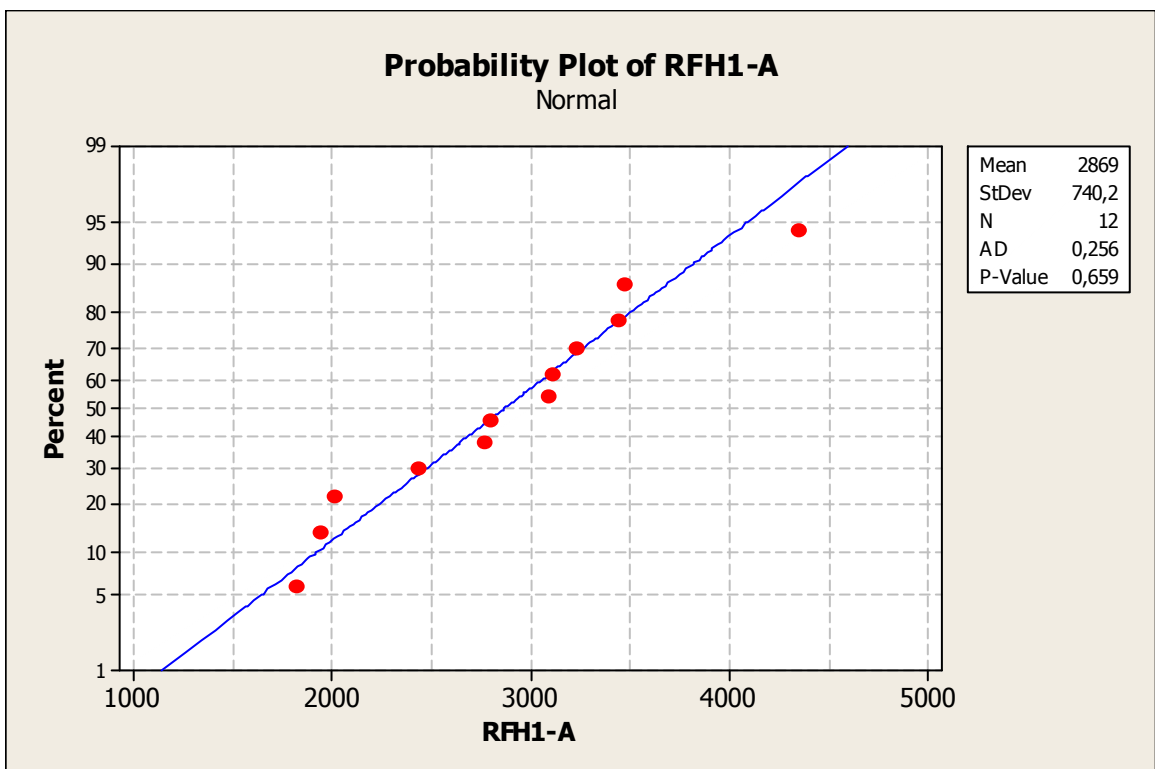
Obr.34. Četnost hodnot RFH1 (série-B)



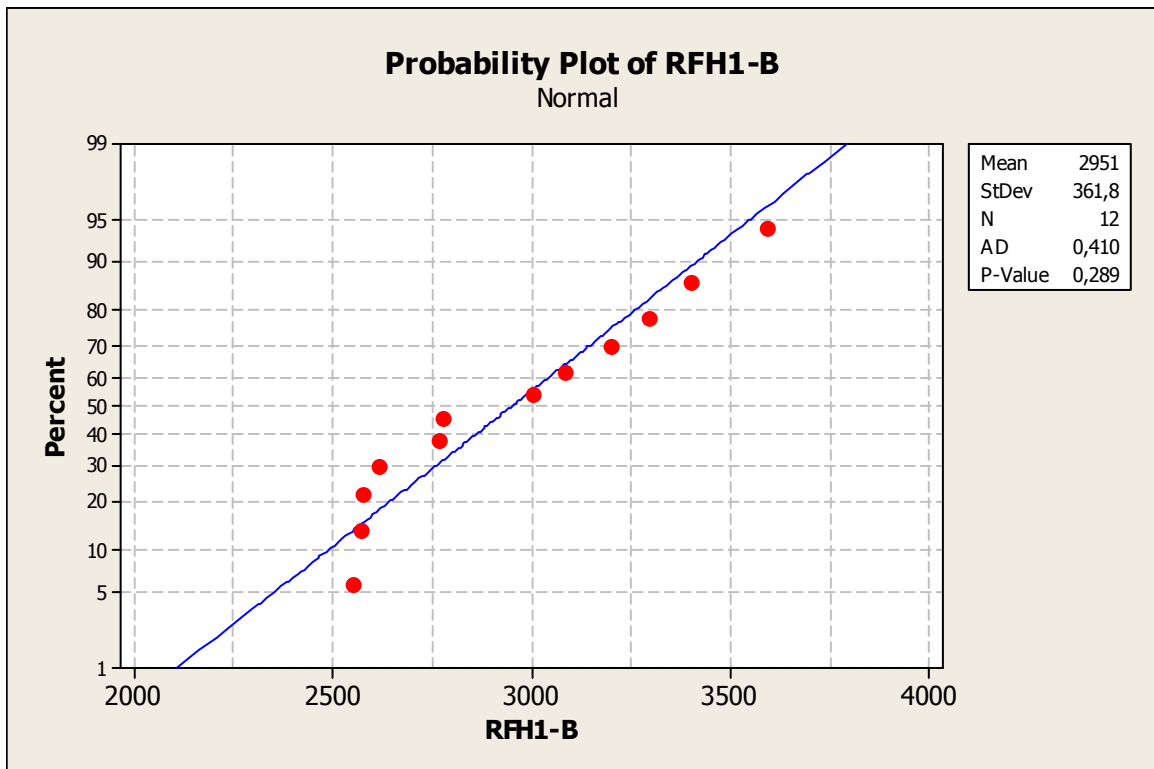
Obr. 35. Četnost hodnot RFH1 (série-C)



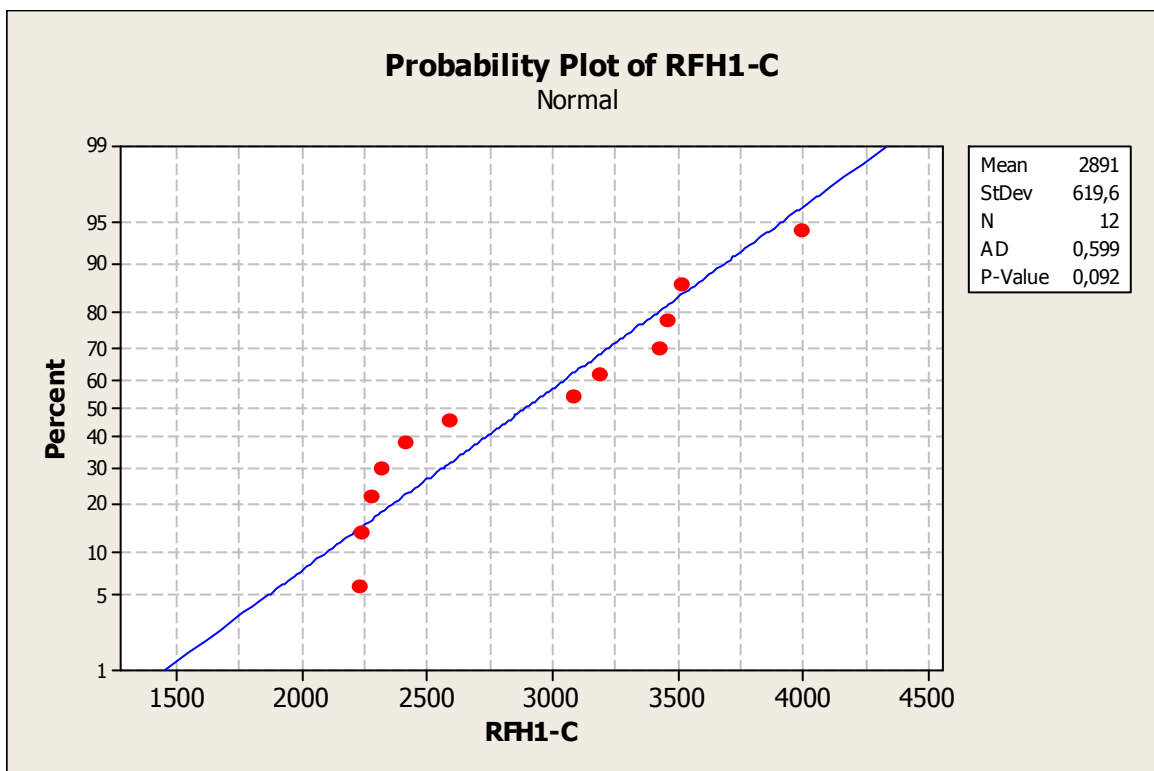
Obr. 36. Vyjádření variability RFH1



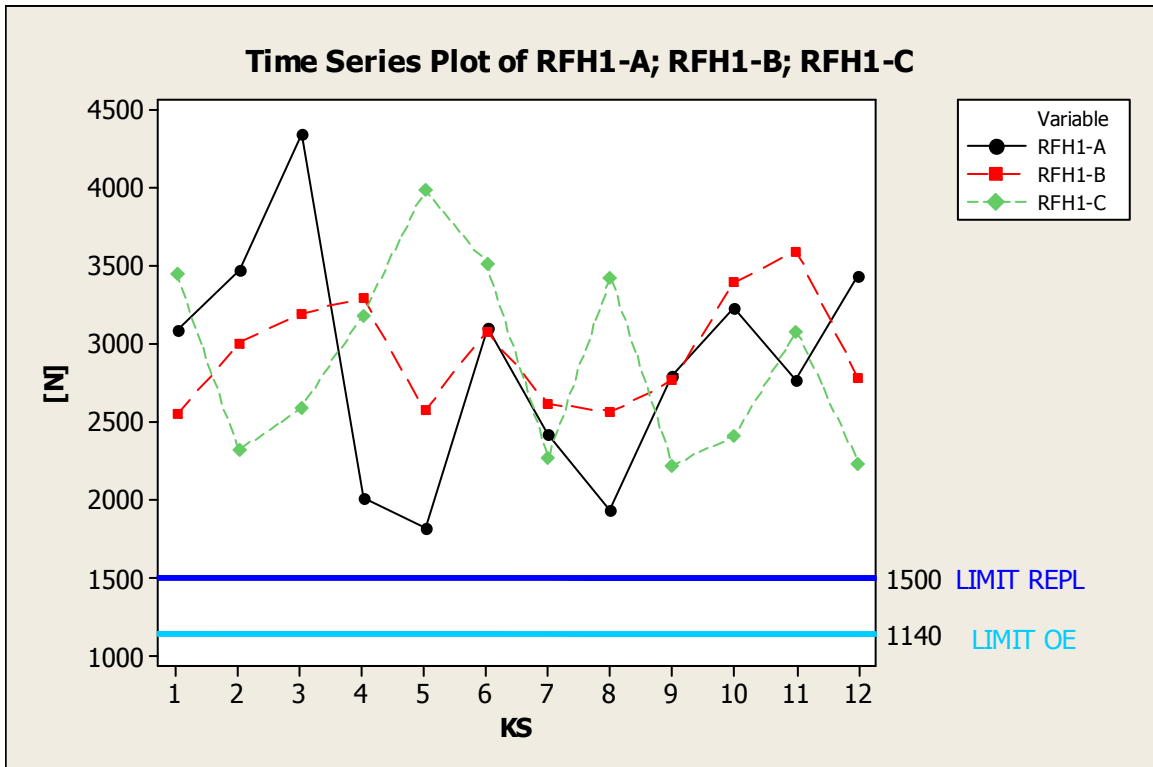
Obr. 37. Hodnocení normality RFH1-A



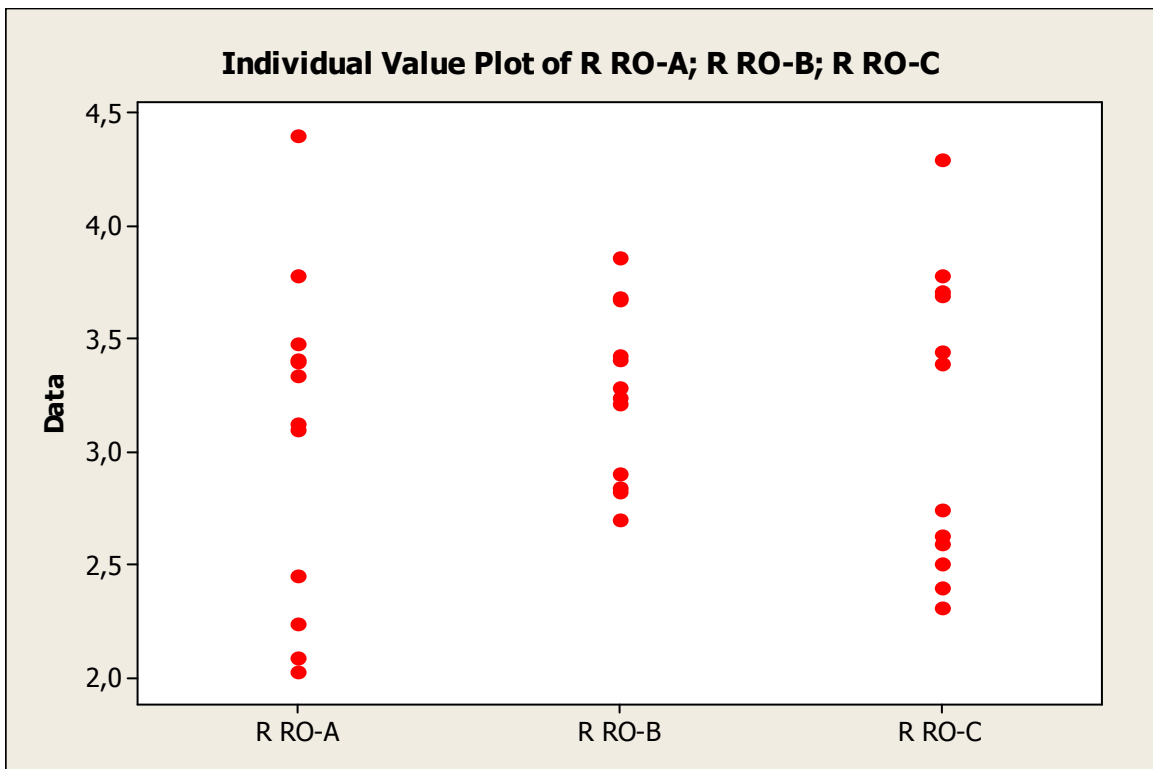
Obr. 38. Hodnocení normality RFH1-B



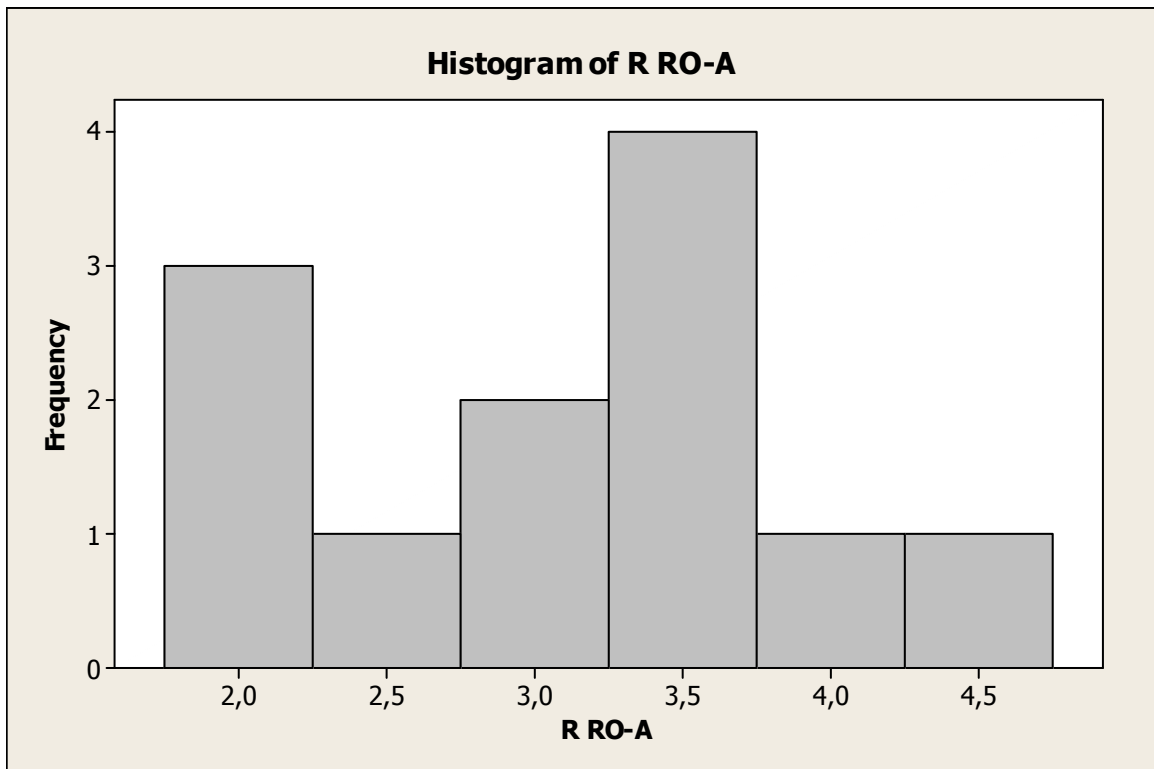
Obr. 39. Hodnocení normality RFH1-C



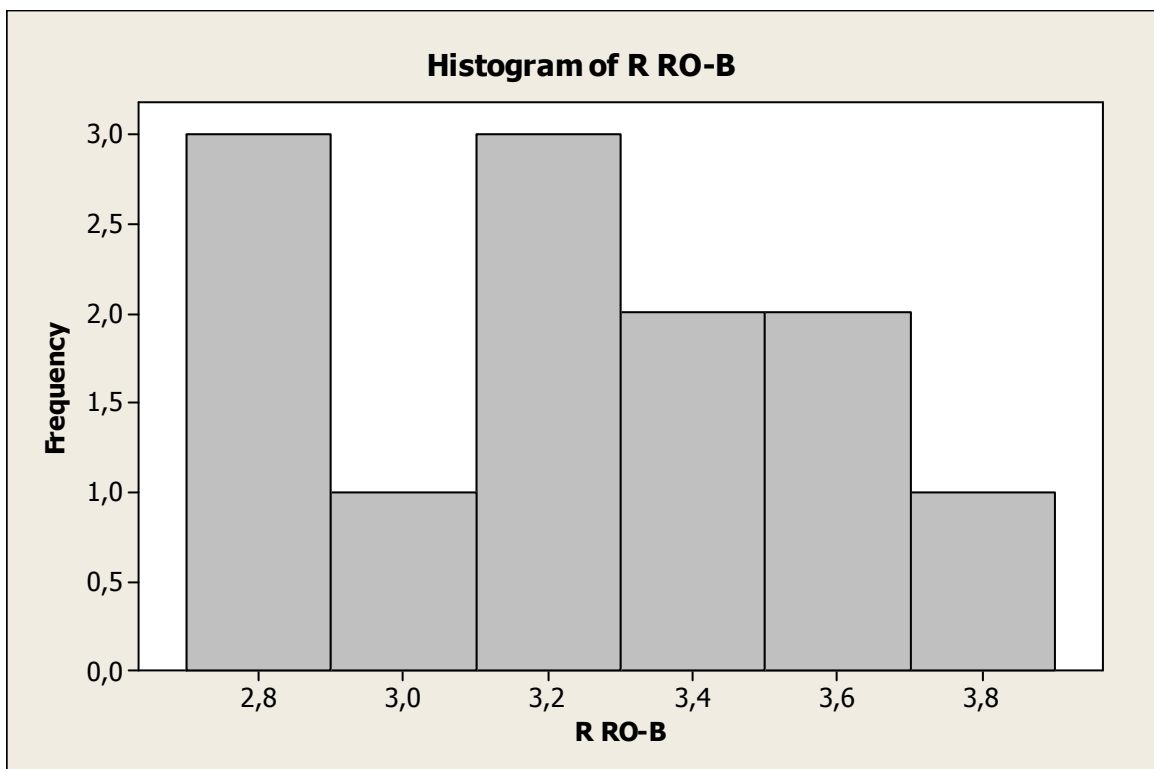
Obr. 40. Průběh 1.harmonické složky radiální síly



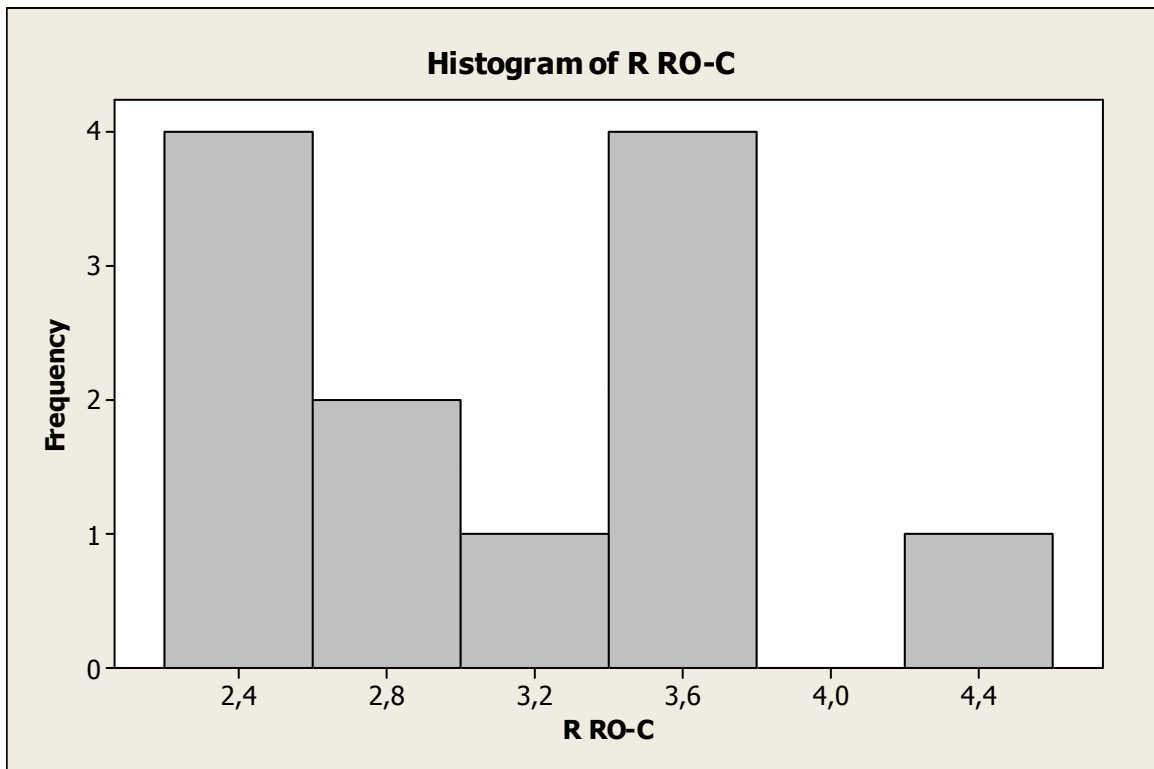
Obr. 41. Kontrola hrubých chyb R RO



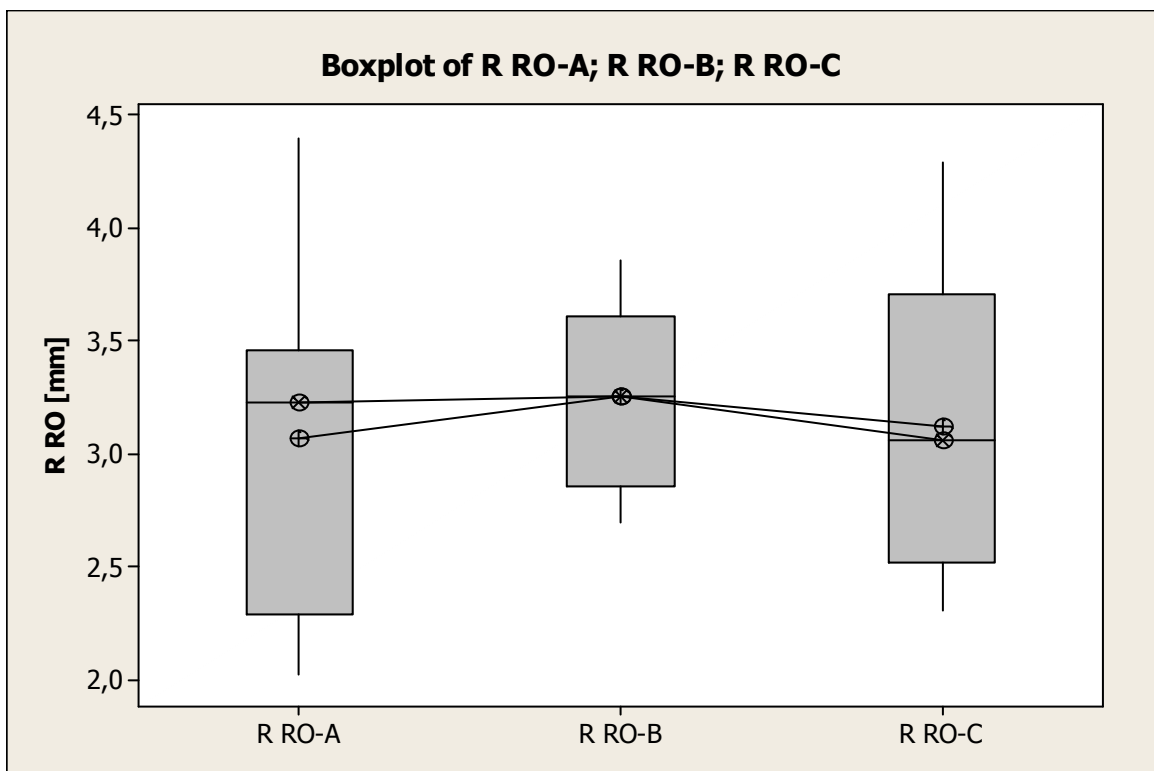
Obr. 42. Četnost hodnot R RO (série A)



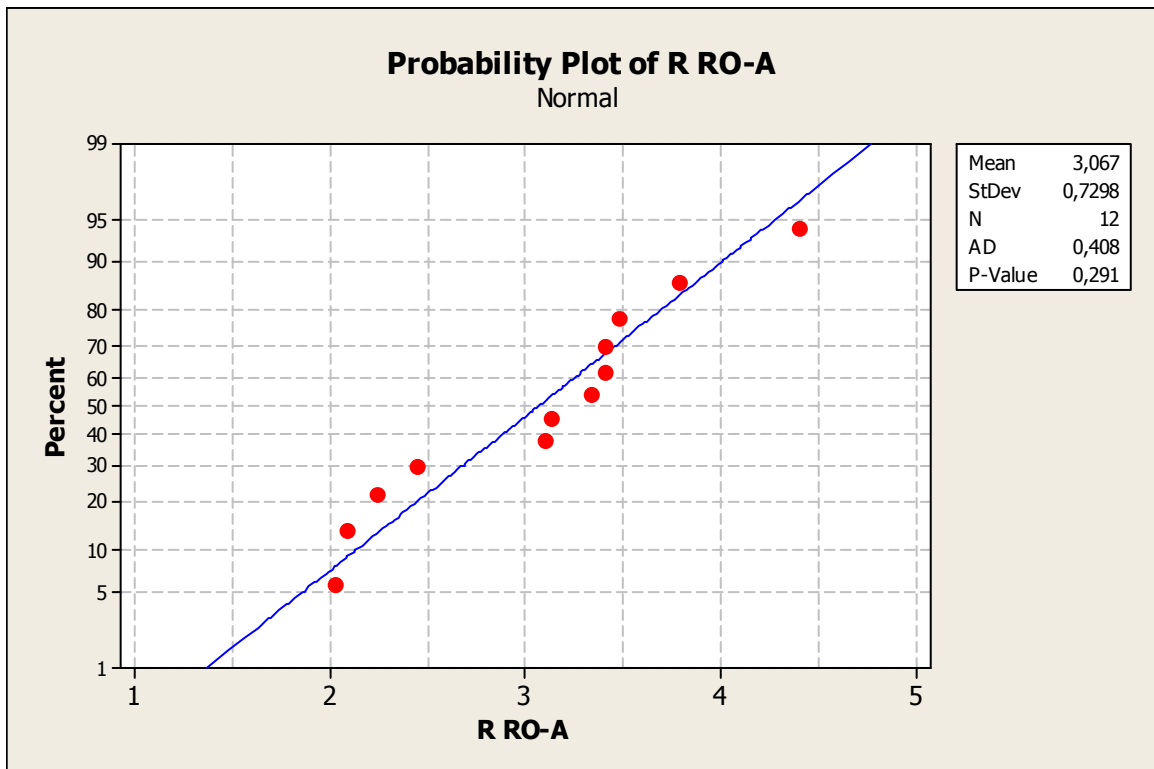
Obr. 43. Četnost hodnot R RO (série-B)



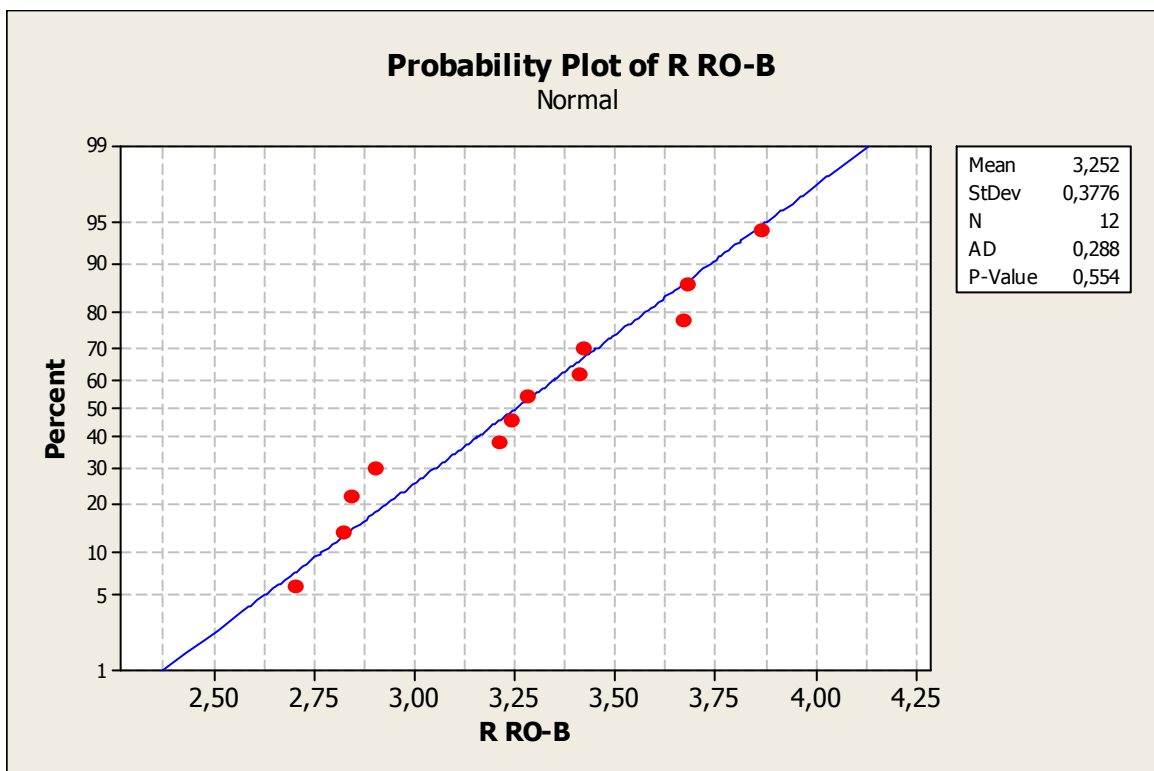
Obr. 44. Četnost hodnot R RO (série-C)



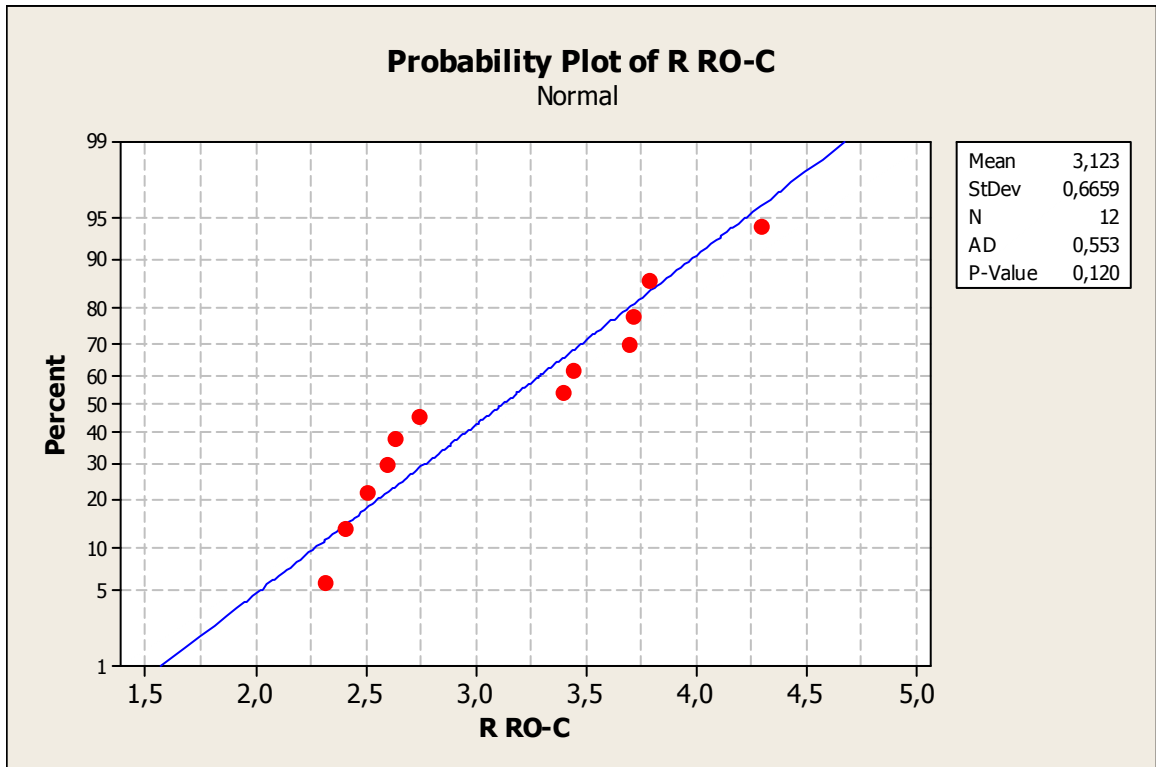
Obr. 45. Vyjádření variability R RO



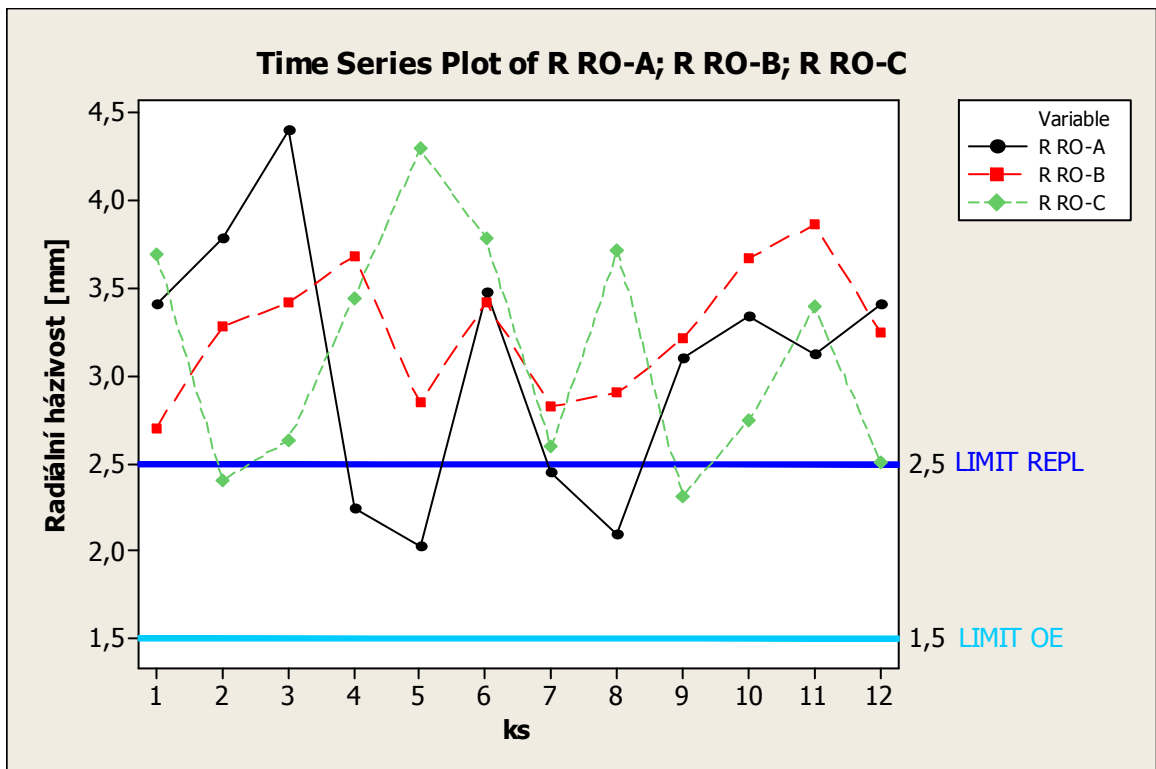
Obr. 46. Hodnocení normality R RO-A



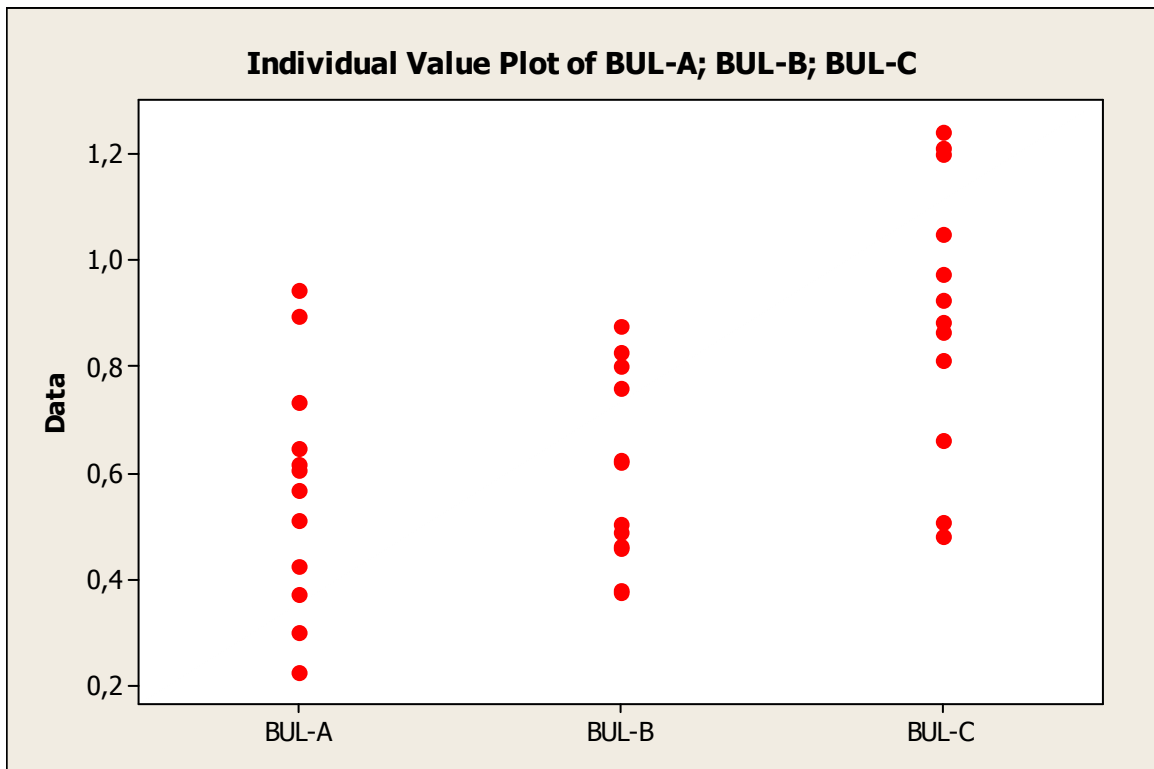
Obr. 47. Hodnocení normality R RO-B



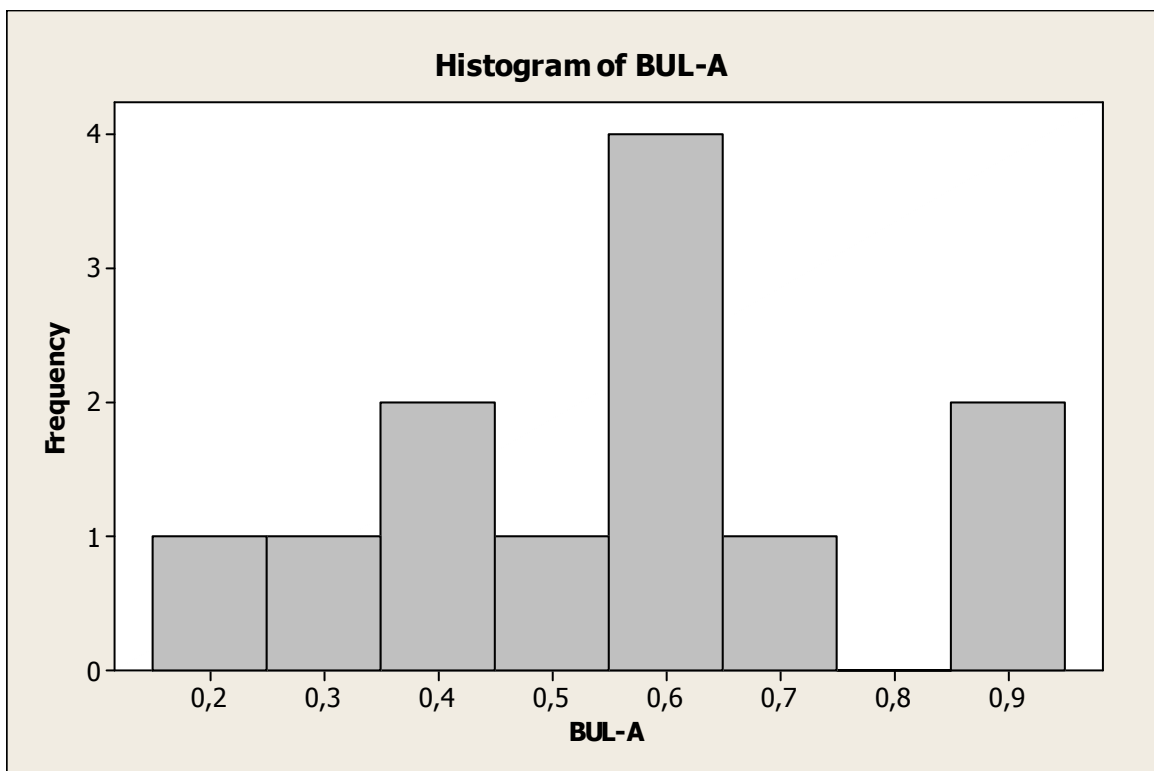
Obr. 48. Hodnocení normality R RO-C



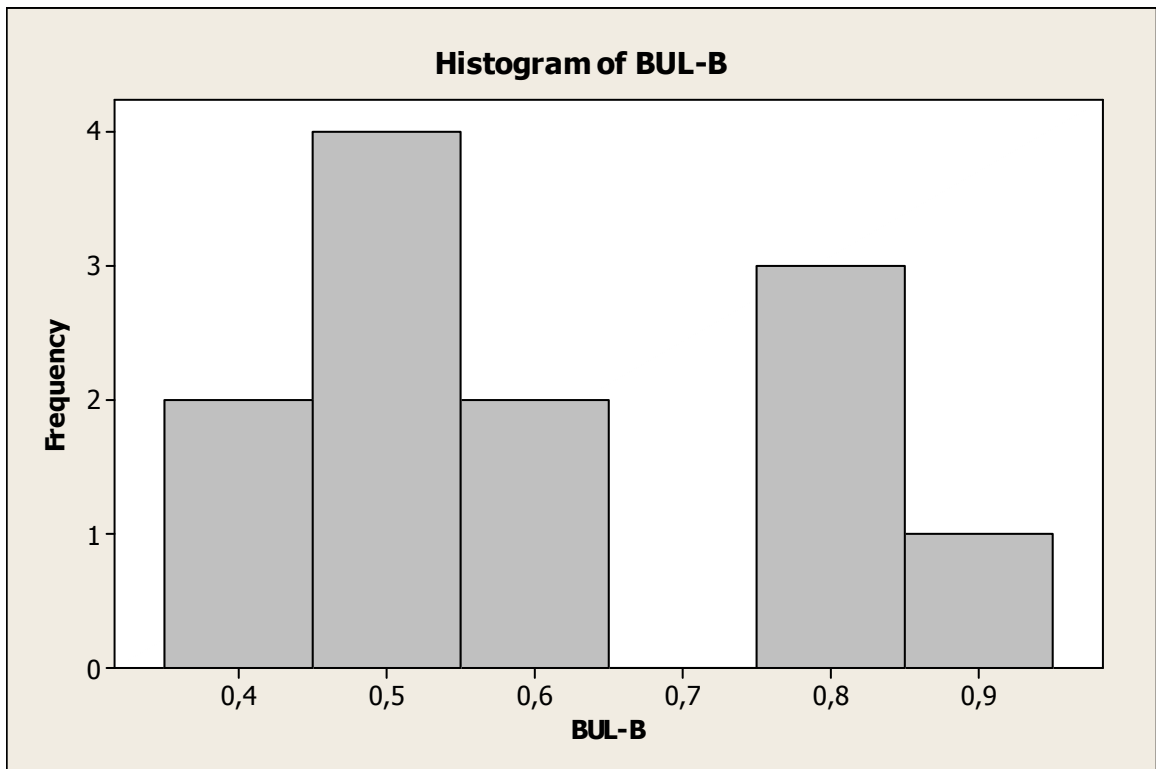
Obr. 49. Průběh radiální házivosti



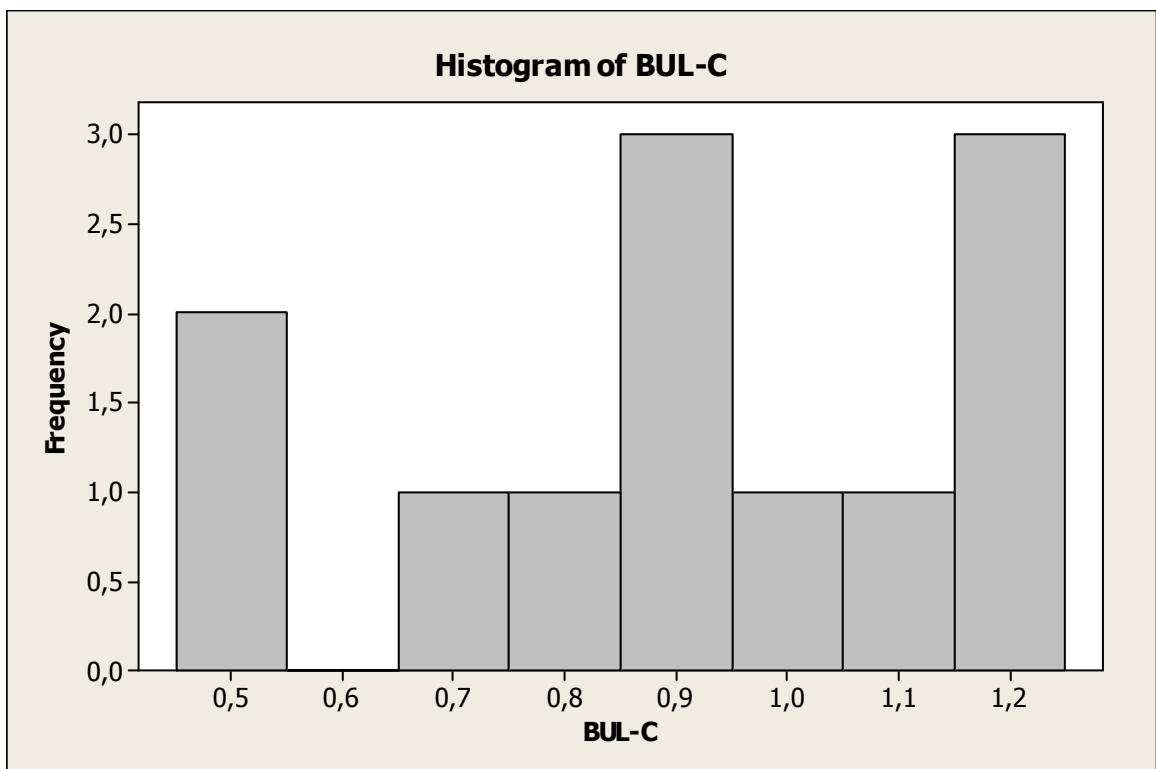
Obr. 50. Kontrola hrubých chyb BUL



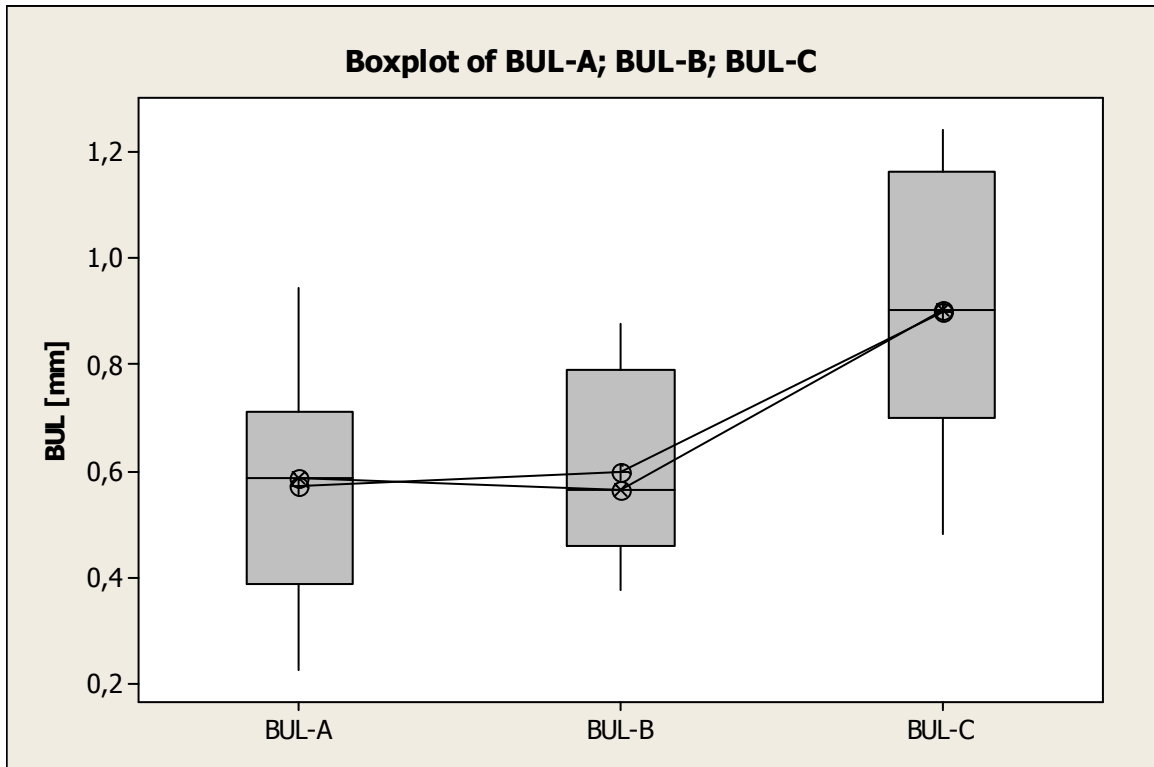
Obr. 51. Četnost hodnot BUL (série-A)



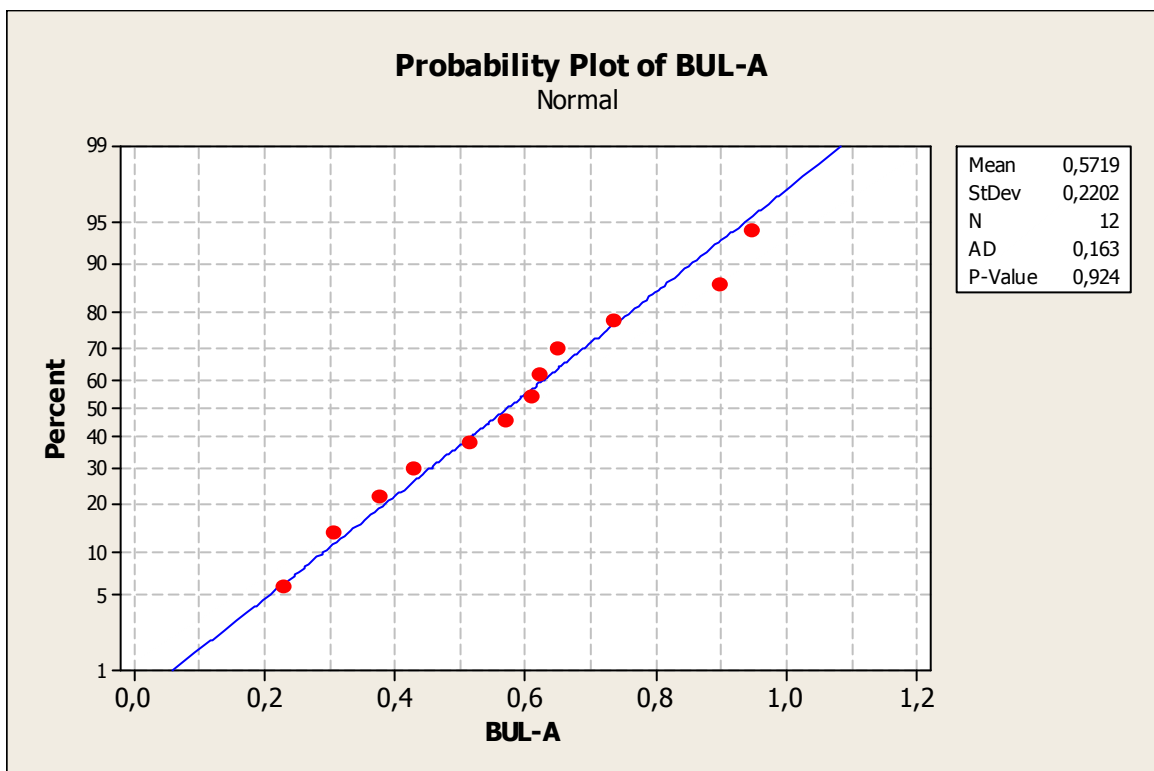
Obr. 52. Četnost hodnot BUL (série-B)



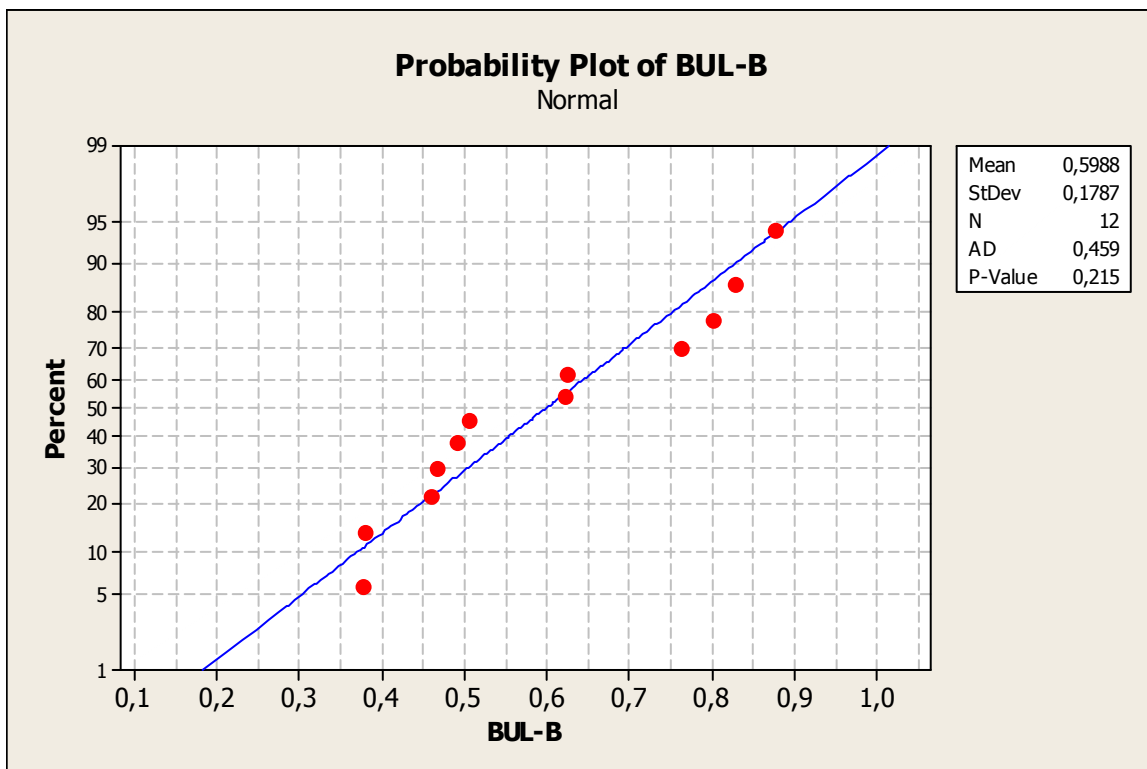
Obr. 53. Četnost hodnot BUL (série-C)



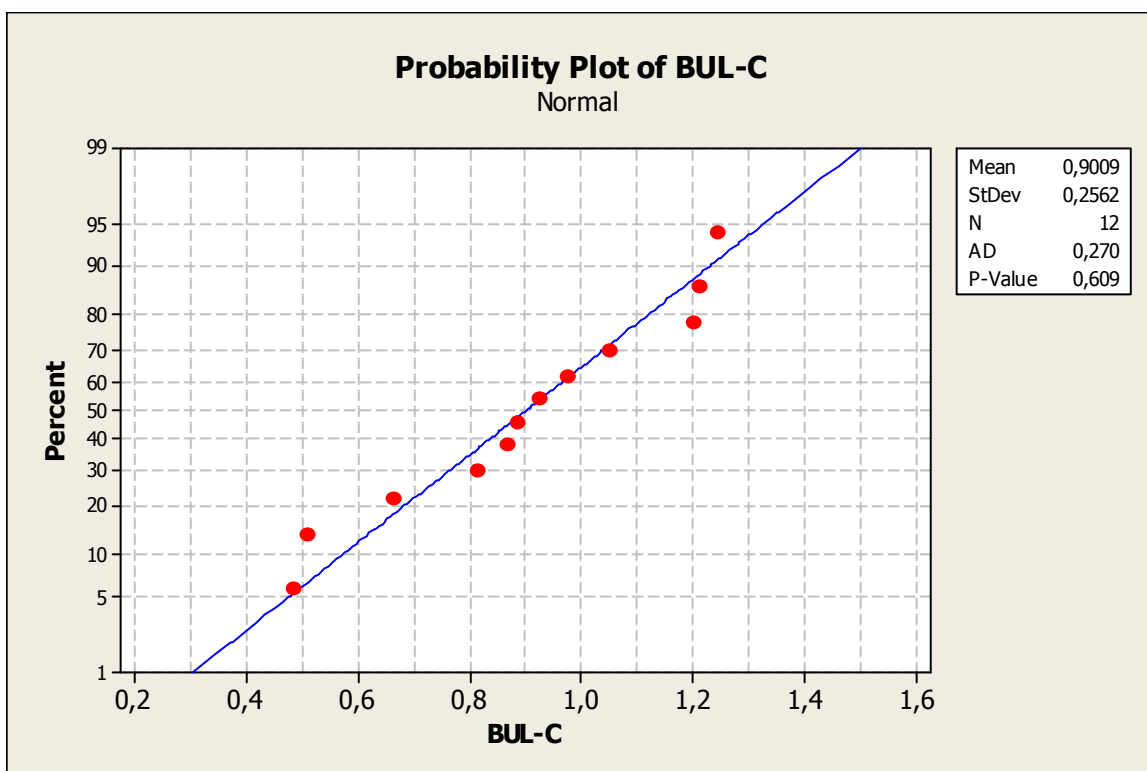
Obr. 54. Vyjádření variability BUL



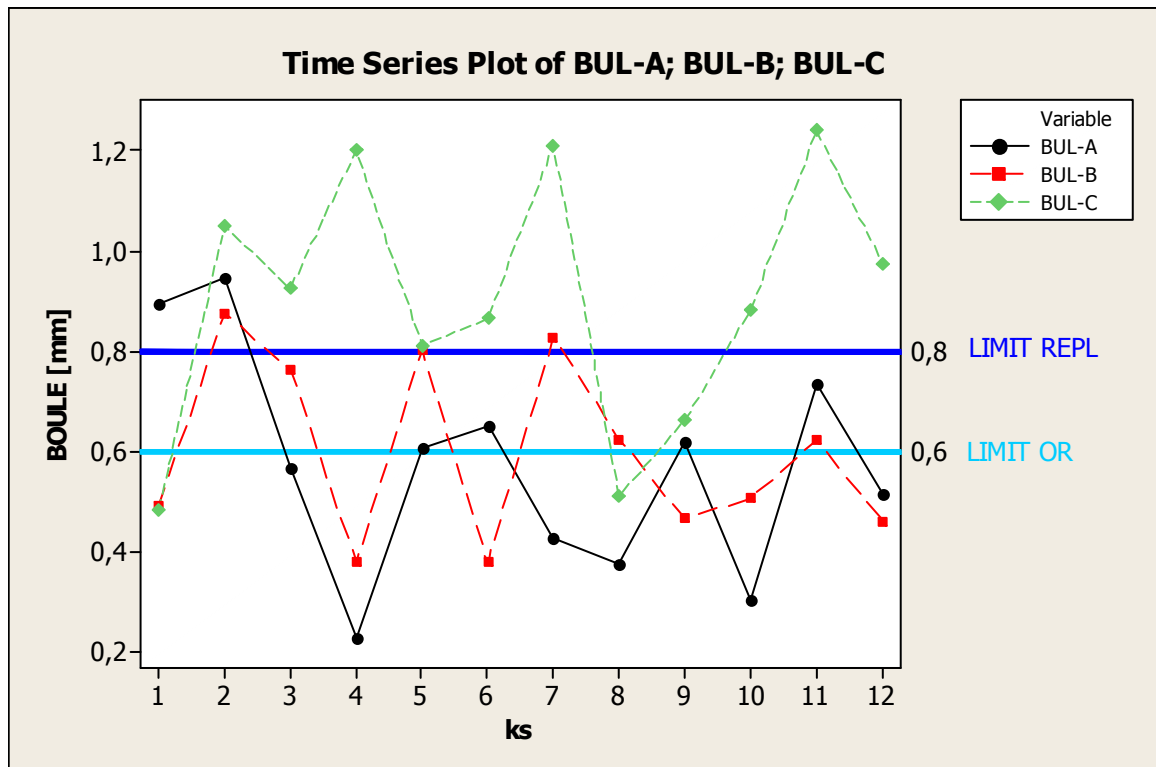
Obr.55. Hodnocení normality BUL-A



Obr. 56. Hodnocení normality BUL-B



Obr. 57. Hodnocení normality BUL-C



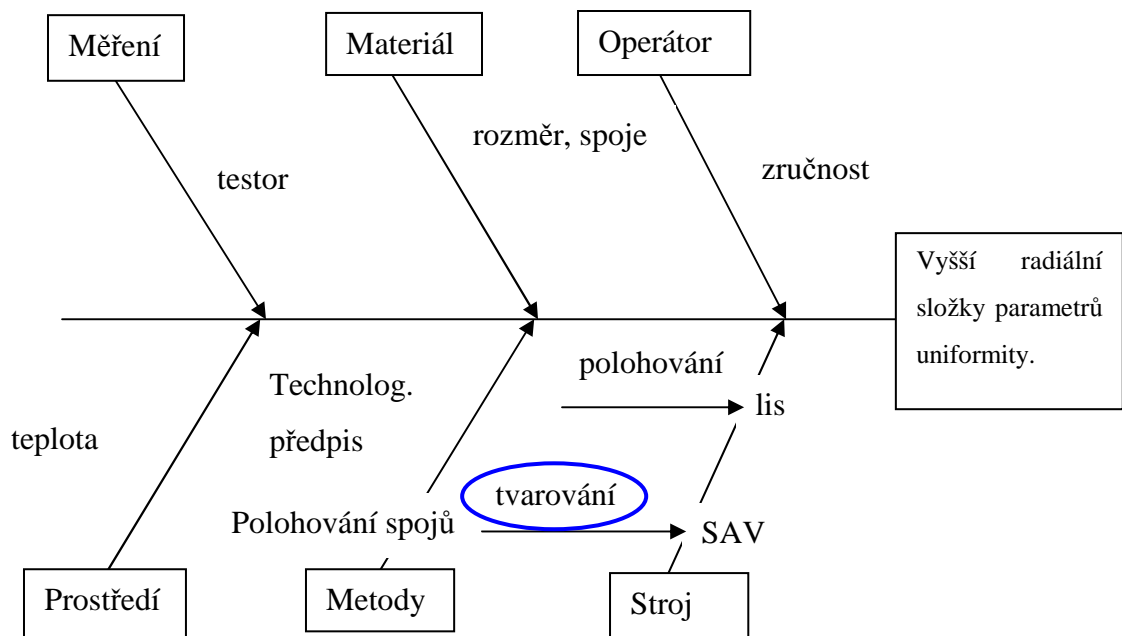
Obr. 58. Průběh vyvýšenin BUL

4.1.3 Analýze (analýza)

Z průběhů prvních tří sérií zkoušek byly potvrzeny domněnky o zřejmé významnosti radiálních silových a geometrických parametrů, tj. radiální kolísání sil (obr. 29), harmonické složky (obr. 30) a radiální házivosti (obr. 31), mající negativní vliv na zhoršenou kvalitu uniformity pláště pneumatiky. Také parametry boulí (vyvýšenin) nebyly uspokojivé. (obr. 32). Příčina je zřejmě ovlivněna lidským faktorem, neboť boule vyšly do spojů bočnic.

Hodnoty ostatních veličin laterální kolísání sil, laterální házivosti, prohlubní, kónicity nepřekračovaly hodnoty nijak významně (viz. příloha hodnot).

K podmínkám zkoušek byly řádně přeměřeny všechny délky polotovarů a nastavení konfekčního stroje dle seřizovacího předpisu. V lisovně lisováno na jedné tvárnici a lisu. Jednotlivé série měly různé nastavení spojů polotovarů po obvodu pneumatiky respektive konfekčního bubnu a také polohu na odebíracím nose (vyloučení vlivu formy). Jako optimální se jeví nastavení ze série B pro svoji nízkou variabilitu. Za již splněných materiálových podmínek (délka, šířka, hmotnost) se dále jeví možnost úprava bombírování (tvarování) pláště (diagram Ishikawa).



Obr. 59. Analýza možných příčin (Ishikawa-rybí kost)

4.1.4 Improve (zlepšit)

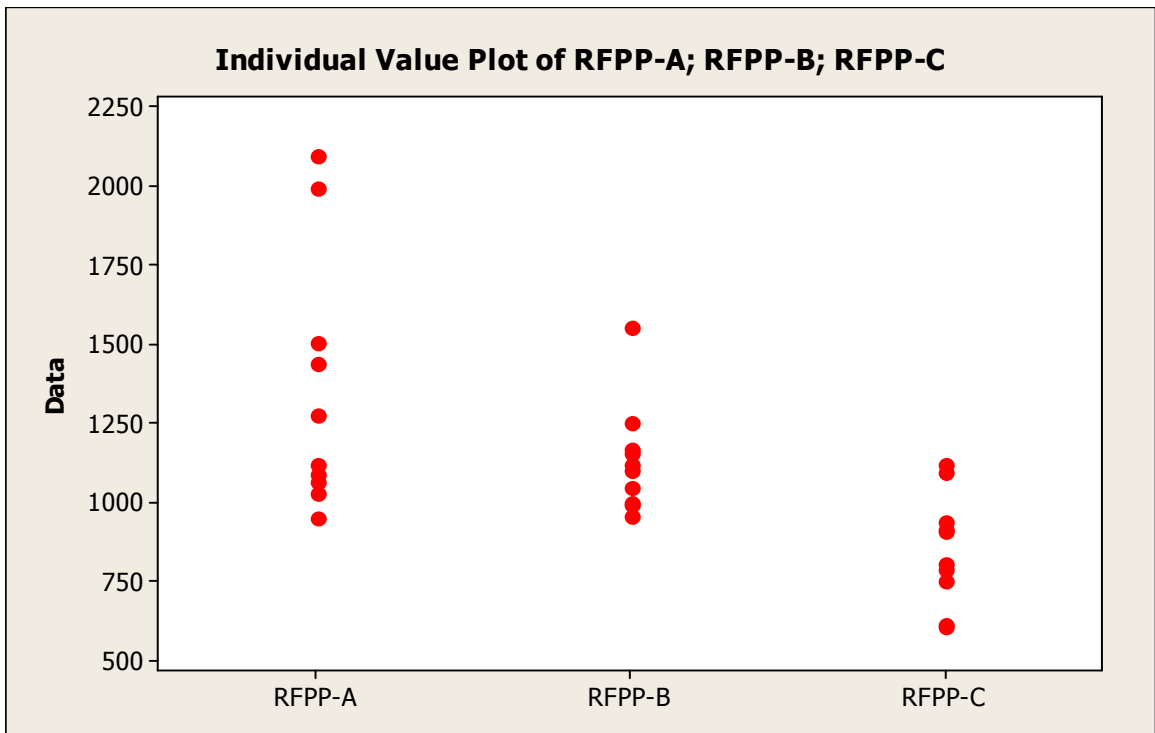
Operace bombírování kostry pláště, tedy její tvarování se při prvních sériích ukazuje příliš volné (eSovitě) a nemusí dojít při spojení s nárazníkem k souměrnosti. Po přenosu kostry a po uchycení patek dochází k bombírování kostry, která se zastavuje ve dvou polohách než dojde ke spojení s nárazníkovým prstencem. Tento proces byl změnou parametrů optimalizován ve třech sériích po 10 kusech.

A) U první série byl navržen režim bombírování s odstraněním jednoho stupně, tak aby se vytvořil delší čas pro napnutí kostry v jedné poloze. Tato série je dále rozdělena na zkoušení vlivu zavalování kostry po pěti kusech.

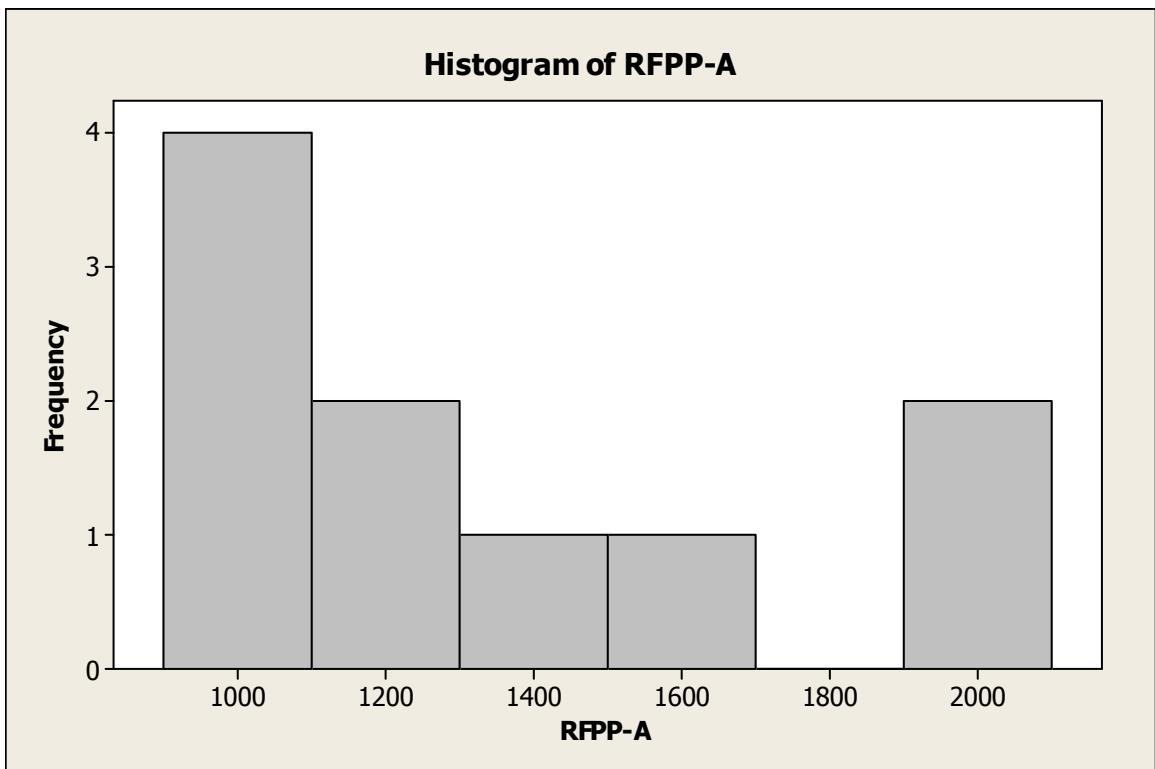
B) Druhá série je zaměřena na doladování procesu bombírování, jelikož se ukázal příznivý vliv na parametry radiálních silových hodnot. Dále je uvažován vliv spoje VG/MG (vnitřní a mezi gmy), z důvodu, že high pointy (významné body uniformity) vycházeli v oblasti spoje vnitřní gmy a mezigumy.

C) Ve třetí sérii je proces bombírování ještě doladěn o rotaci, při které toto tvarování probíhá a kostra je po celou dobu v napnutém stavu. Tvarování kostry je v prvním kroku pod větším tlakem a při zavalování běhounu jsou patky roztažené. Čas bombírování byl o třetí-

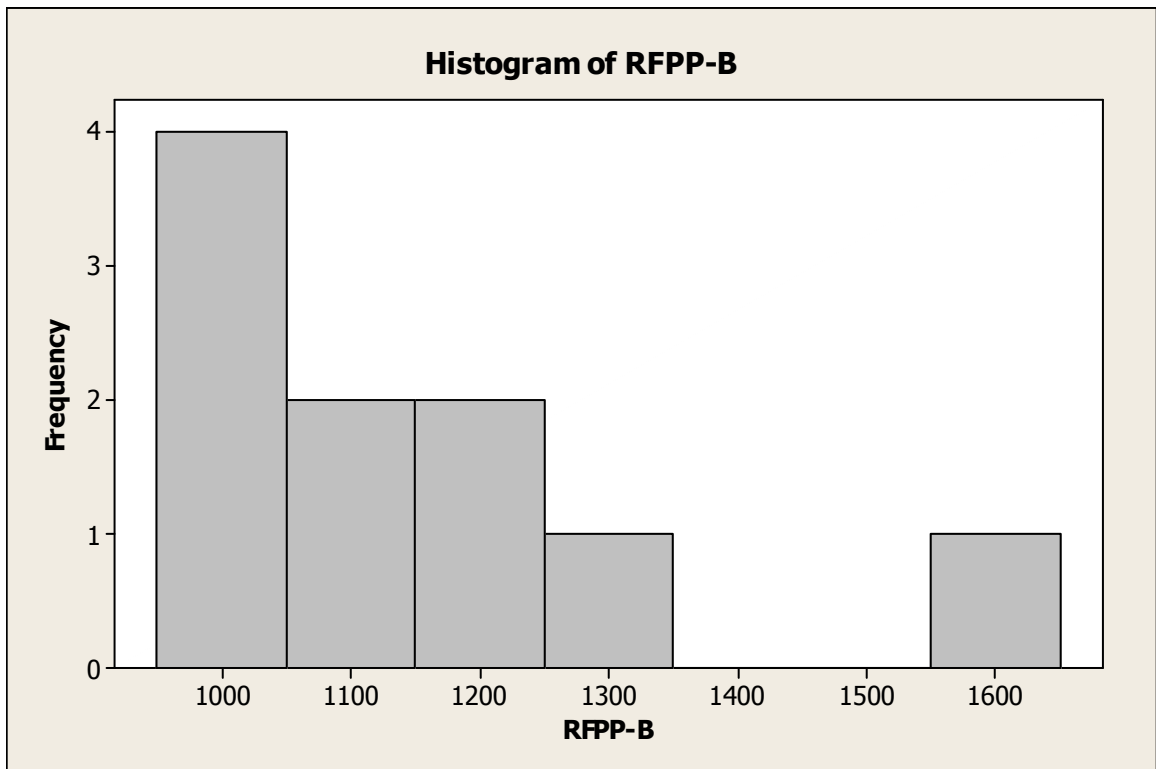
nu prodloužen. K eliminaci boulí je bočnice ve spoji mírně nedotažená se zřetelem na možný vznik prohlubní.



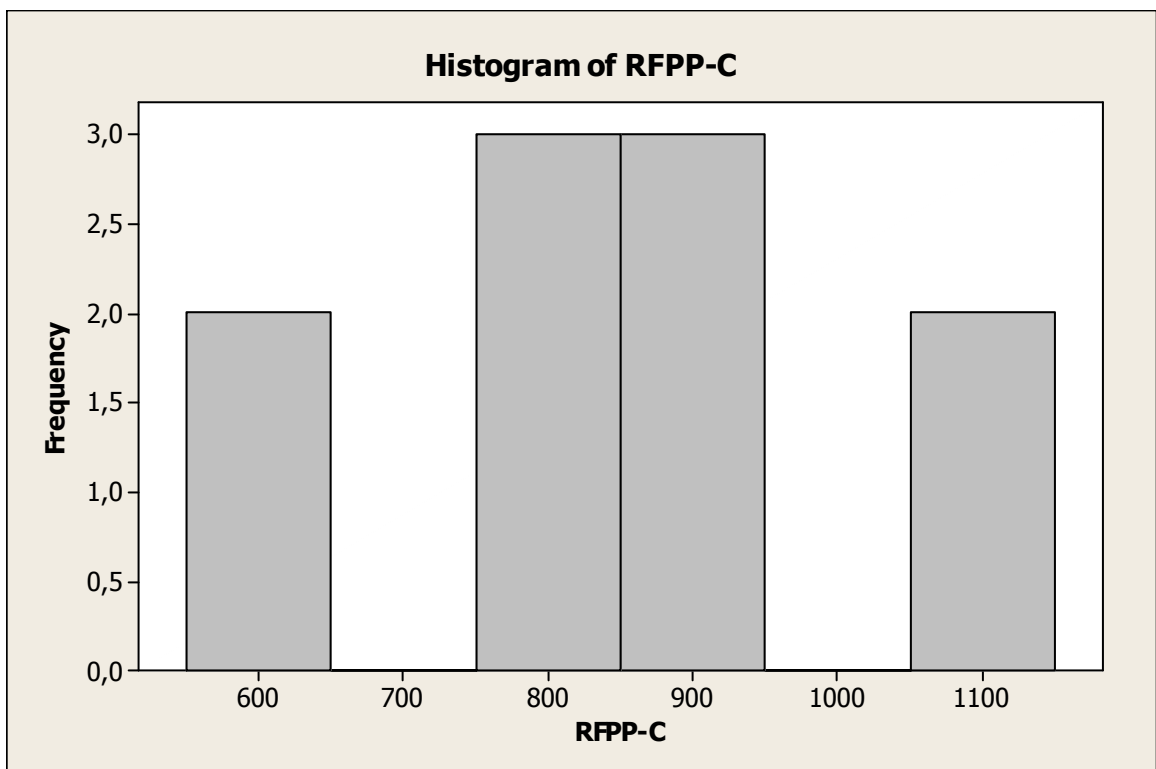
Obr. 60. Kontrola hrubých chyb RFPP



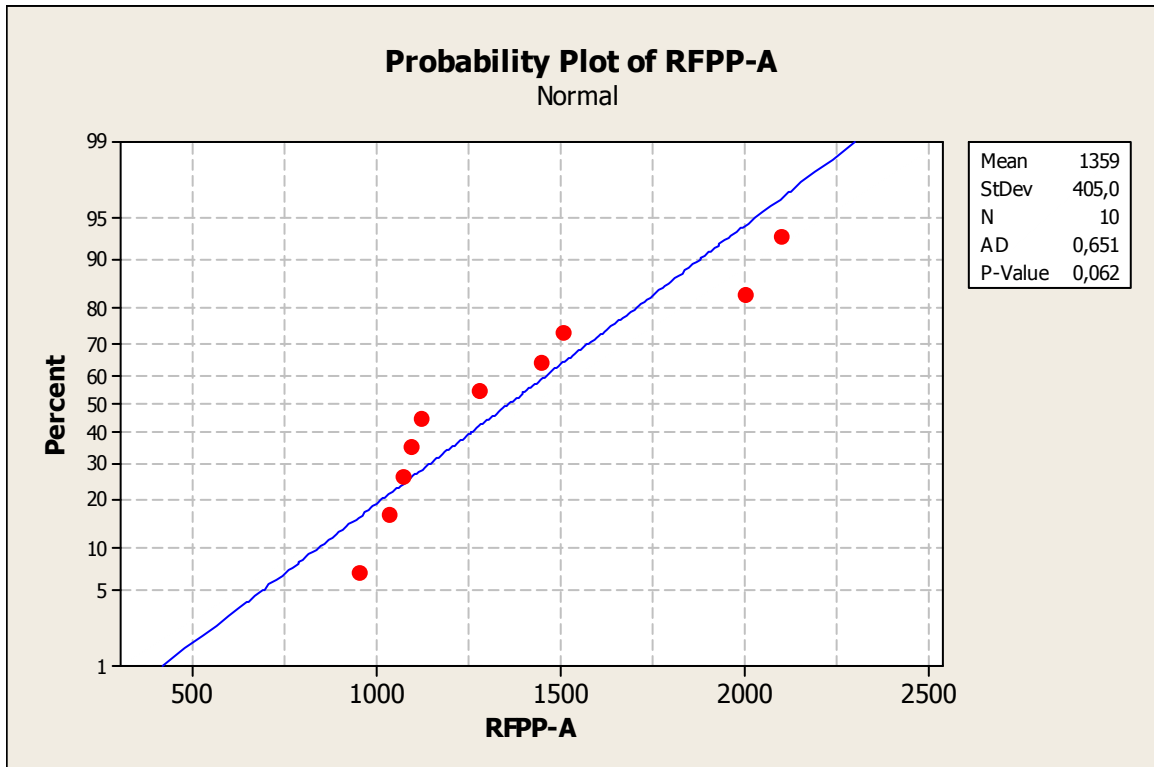
Obr. 61. Četnost hodnot RFPP (série-A)



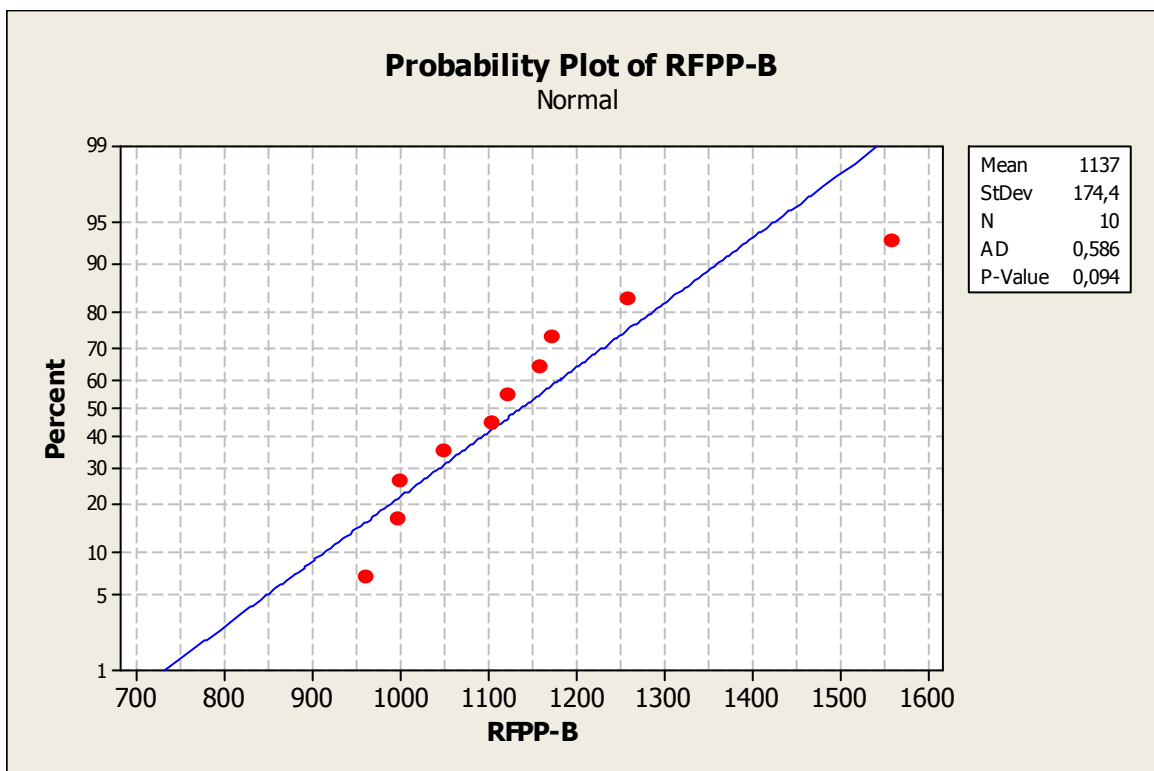
Obr. 62. Četnost hodnot RFPP (série-B)



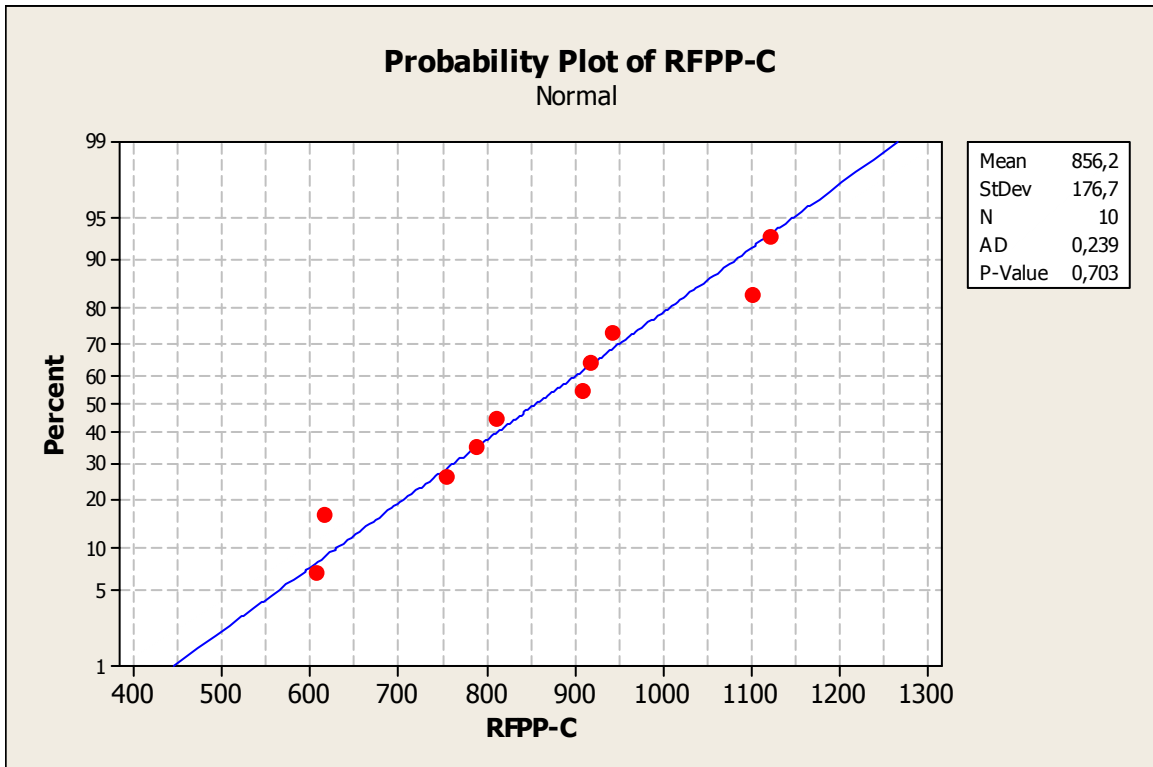
Obr. 63. Četnost hodnot RFPP (série-C)



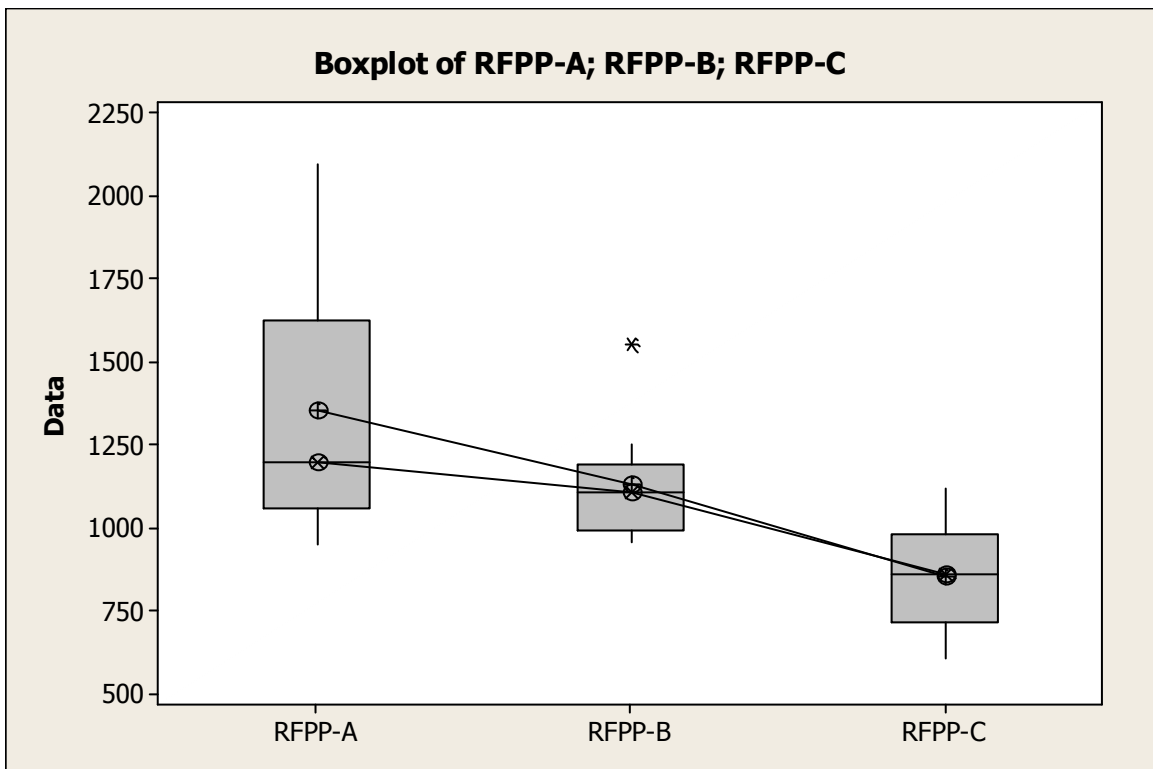
Obr. 64. Hodnocení normality RFPP-A



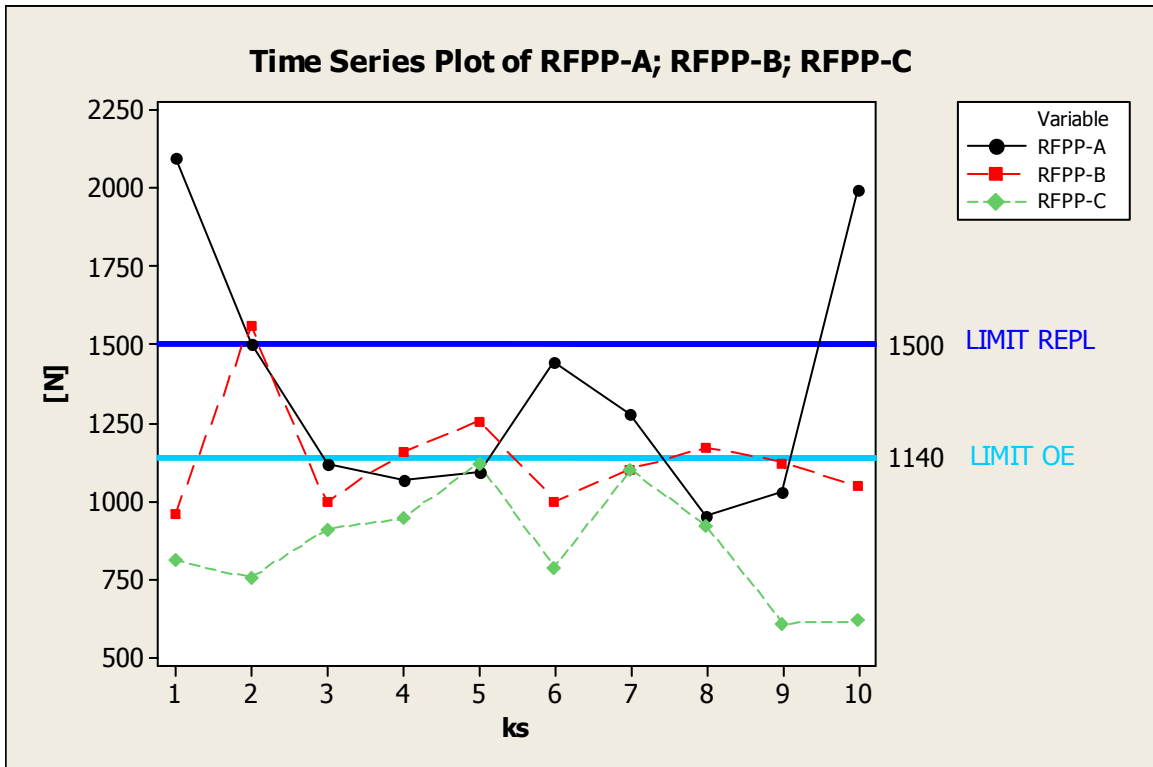
Obr. 65. Hodnocení normality RFPP-B



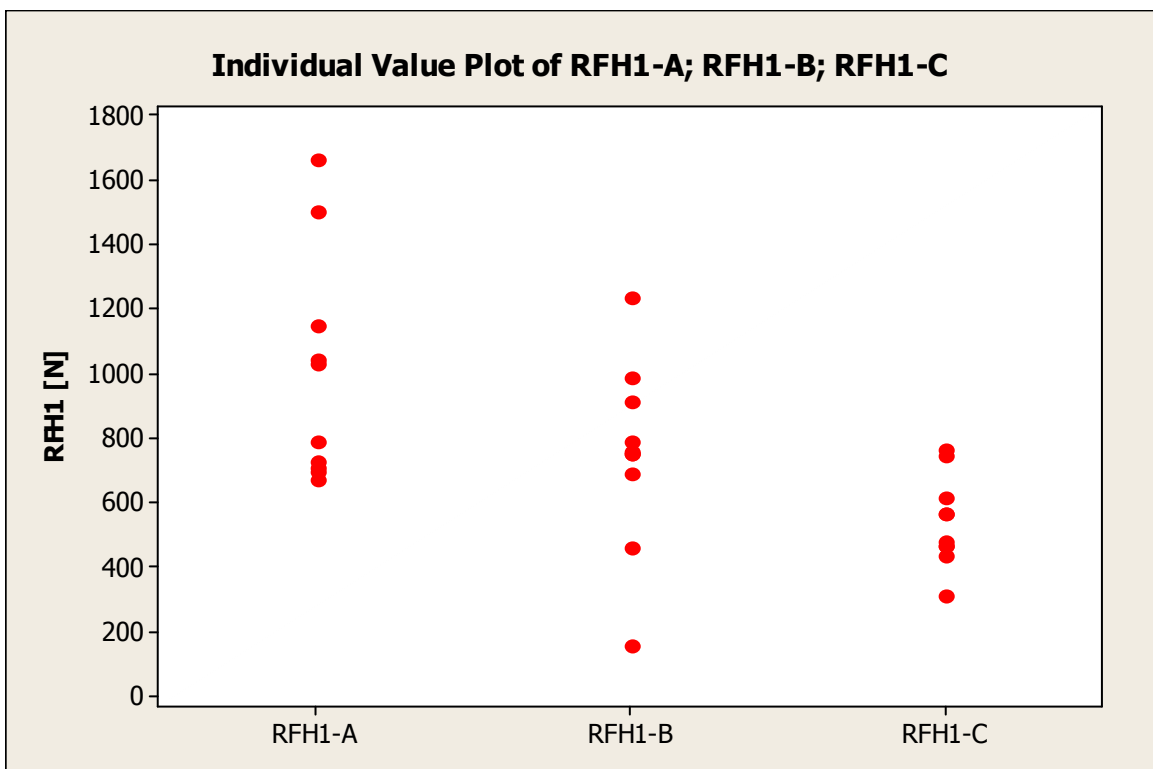
Obr. 66. Hodnocení normality RFPP-C



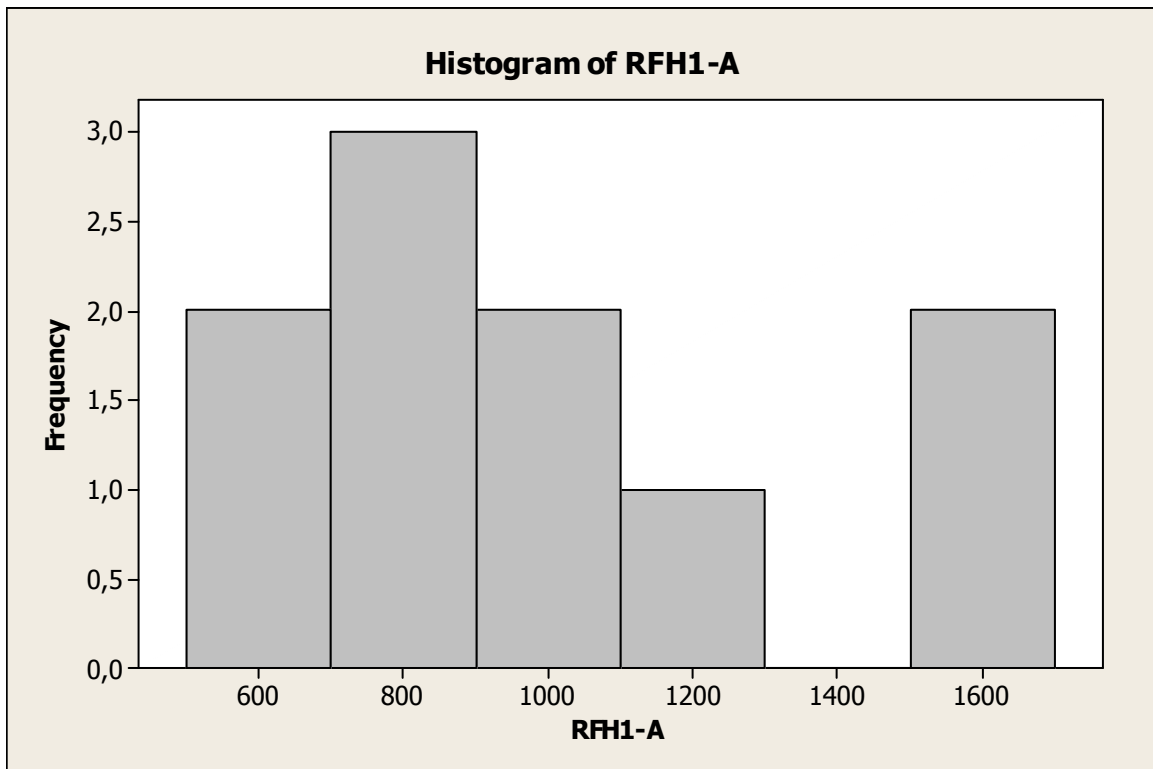
Obr. 67. Vyjádření variability RFPP



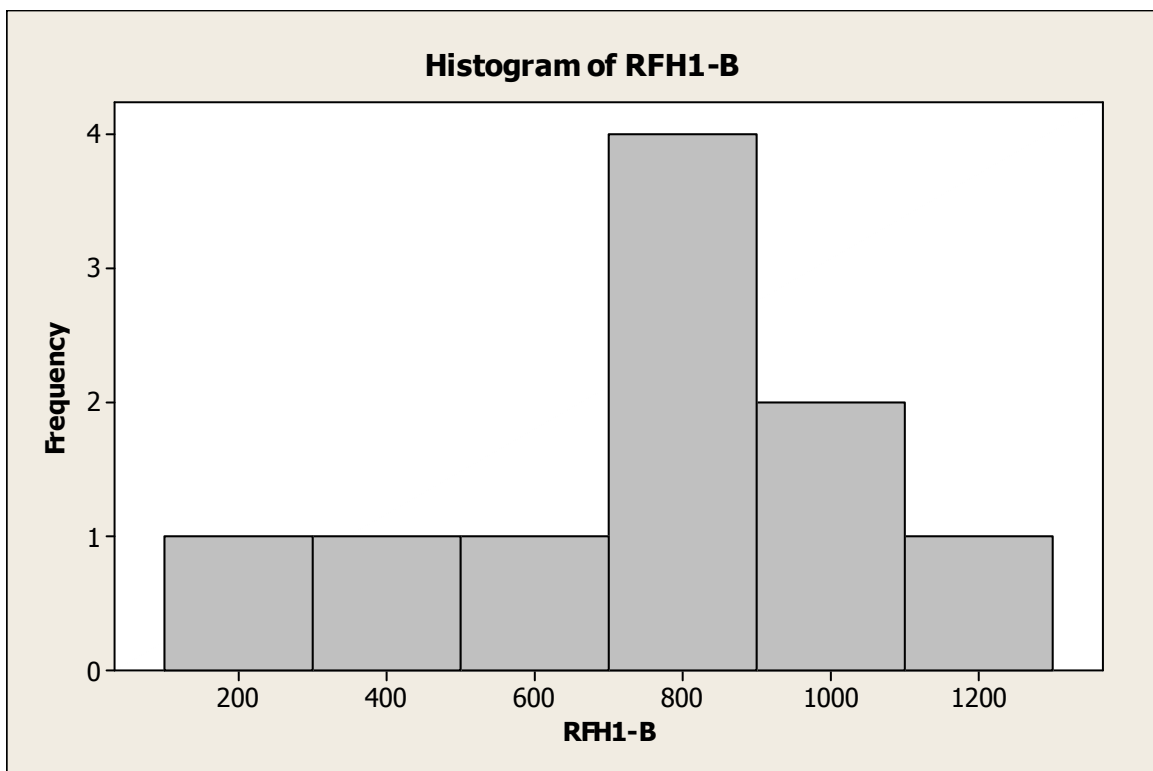
Obr. 68. Průběh kolísání radiální síly RFPP



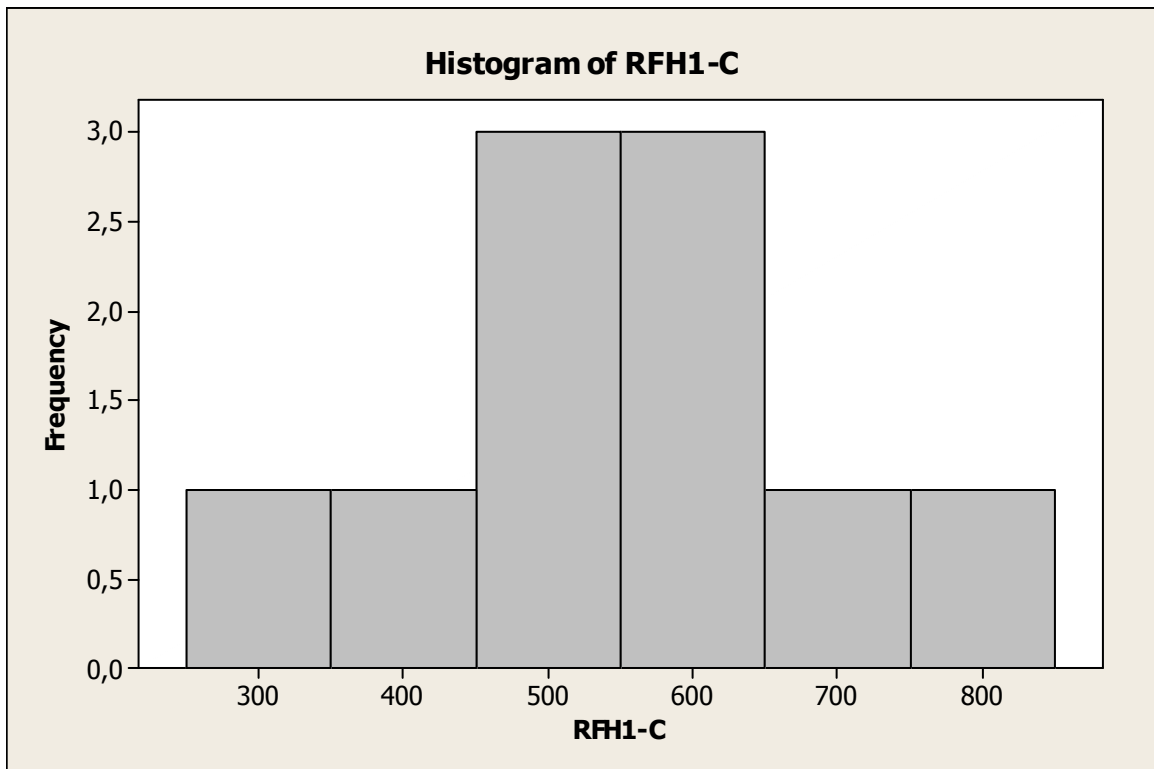
Obr. 69. Kontrola hrubých chyb RFH1



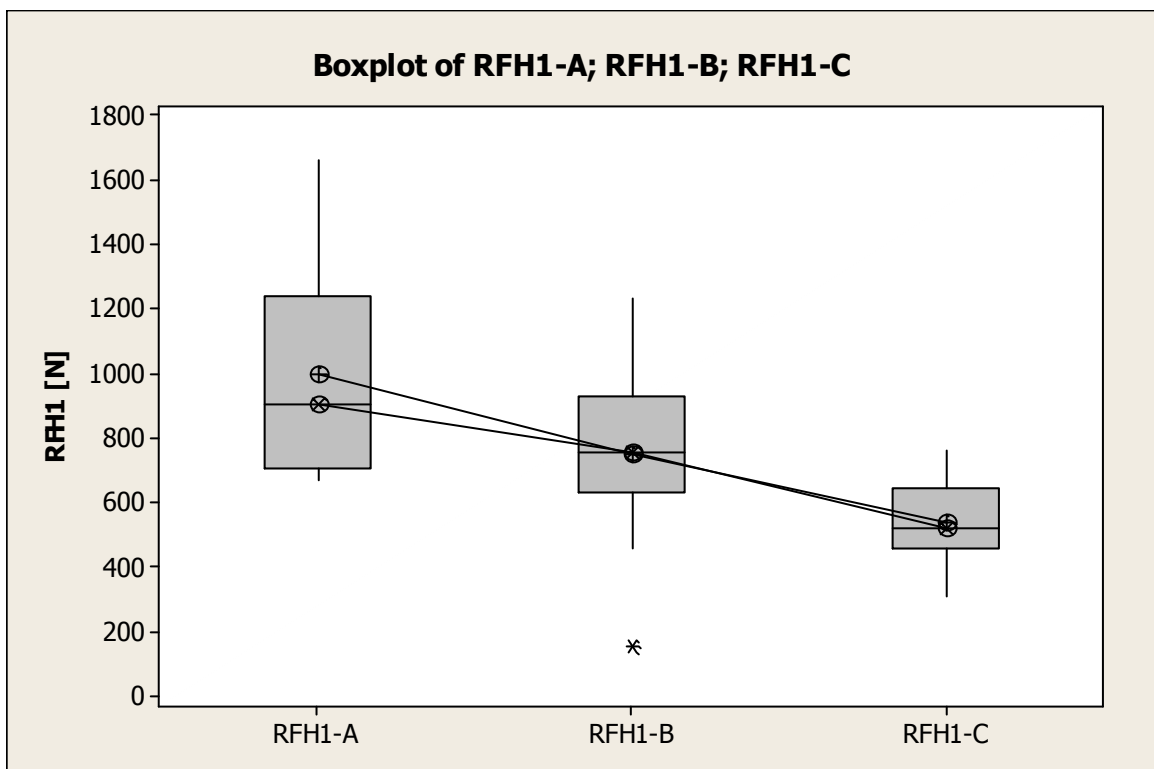
Obr. 70. Četnost hodnot RFH1 (série-A)



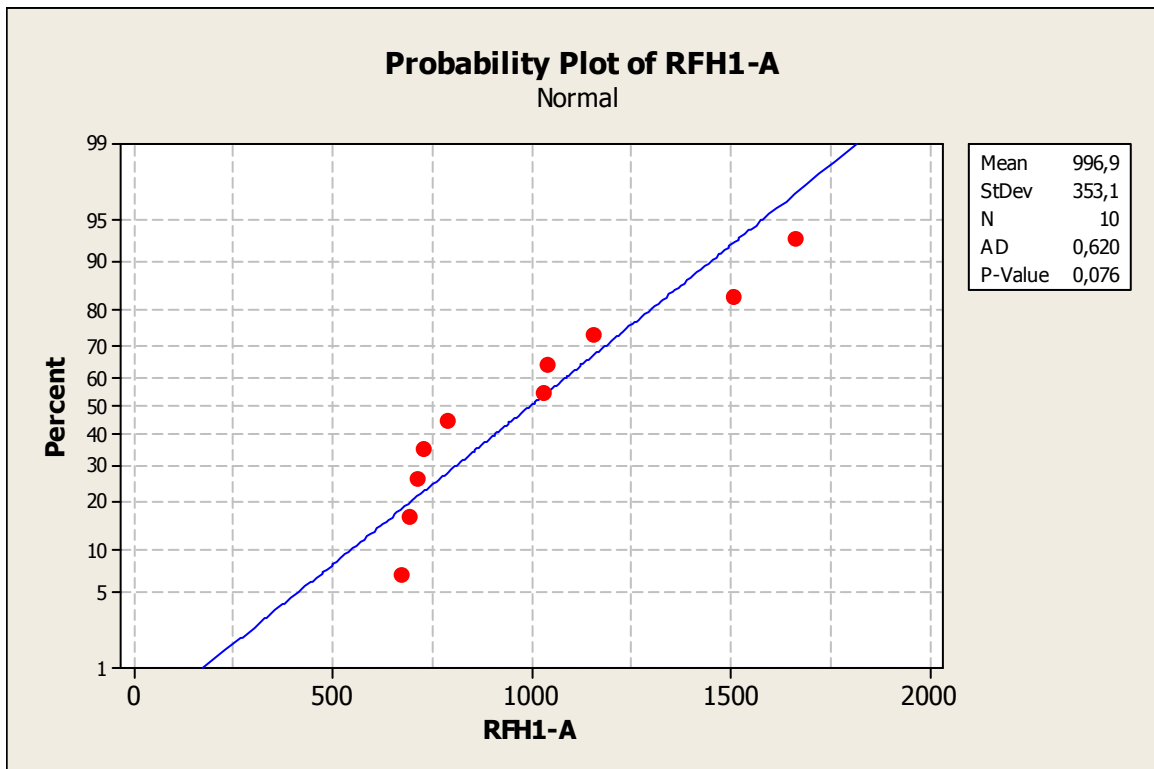
Obr.71. Četnost hodnot RFH1 (série-B)



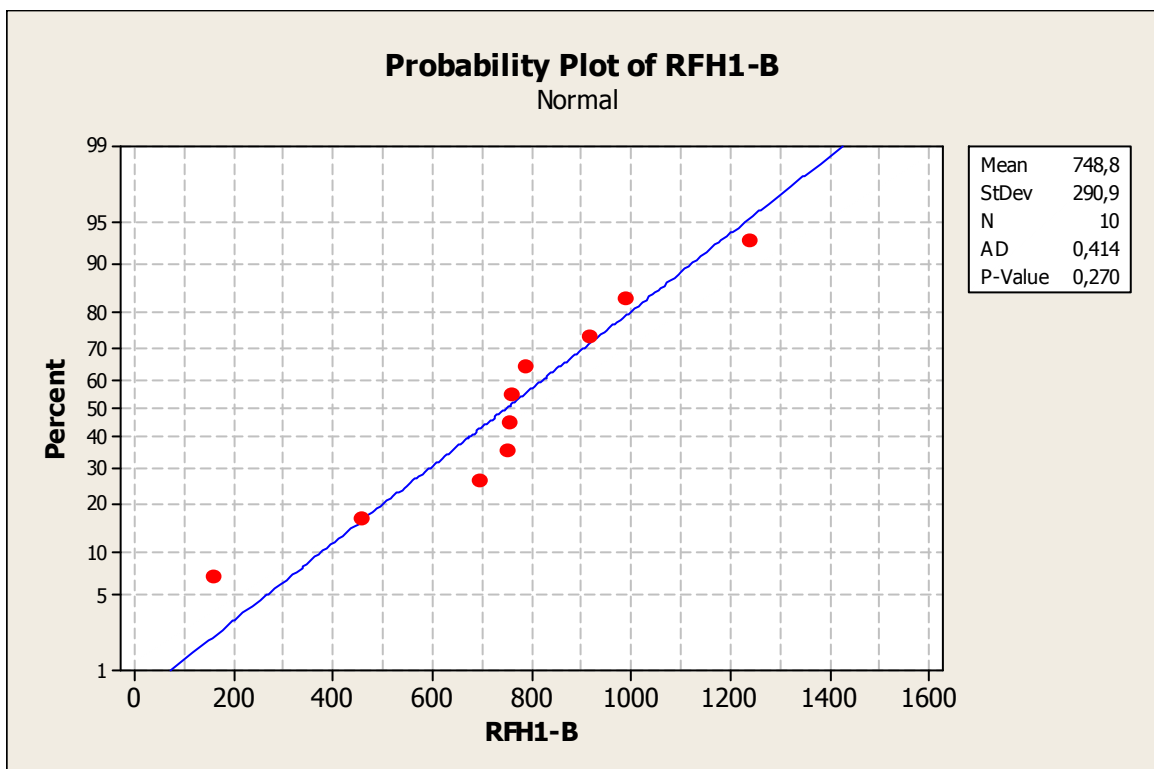
Obr. 72. Četnost hodnot RFH1 (série-C)



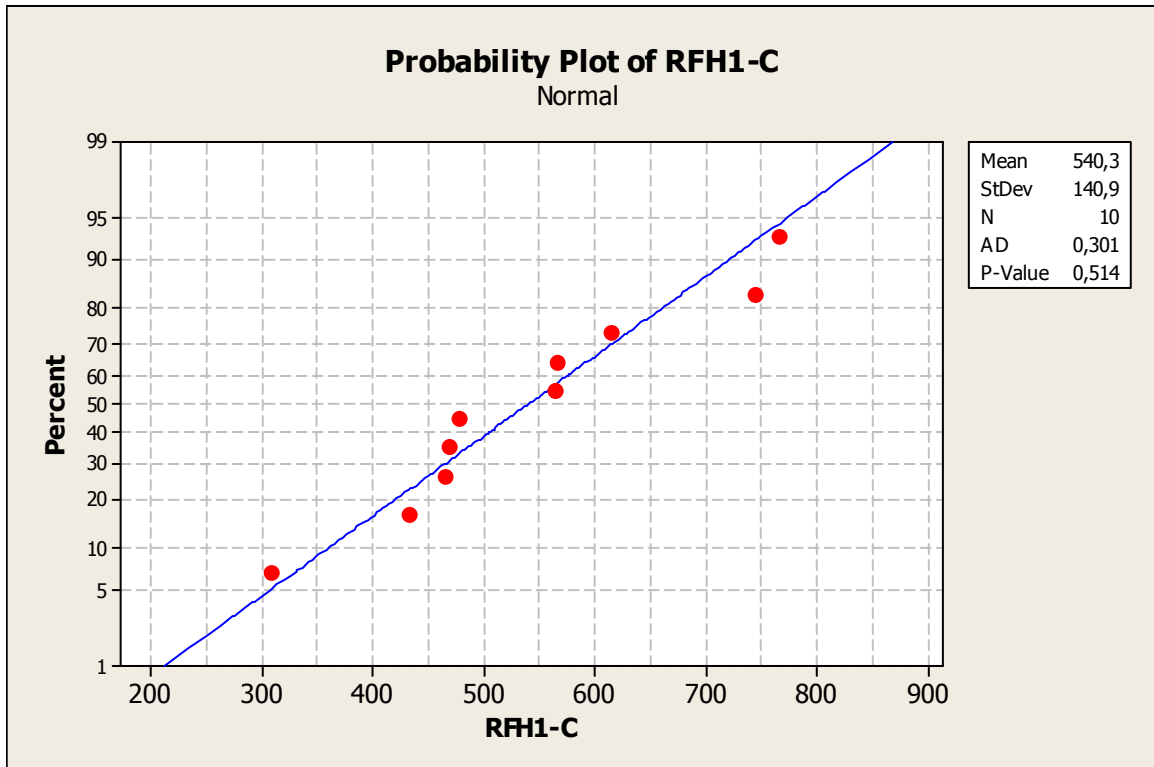
Obr. 73. Vyjádření variability RFH1



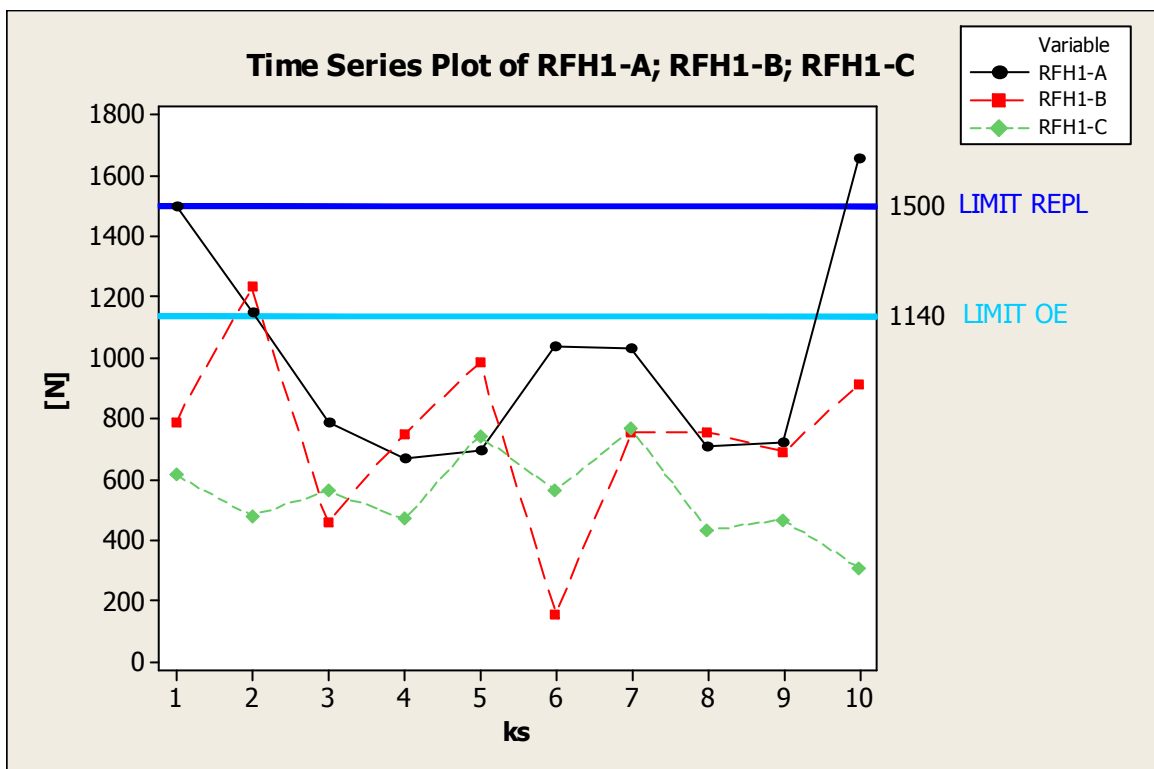
Obr. 74. Hodnocení normality RFH1-A



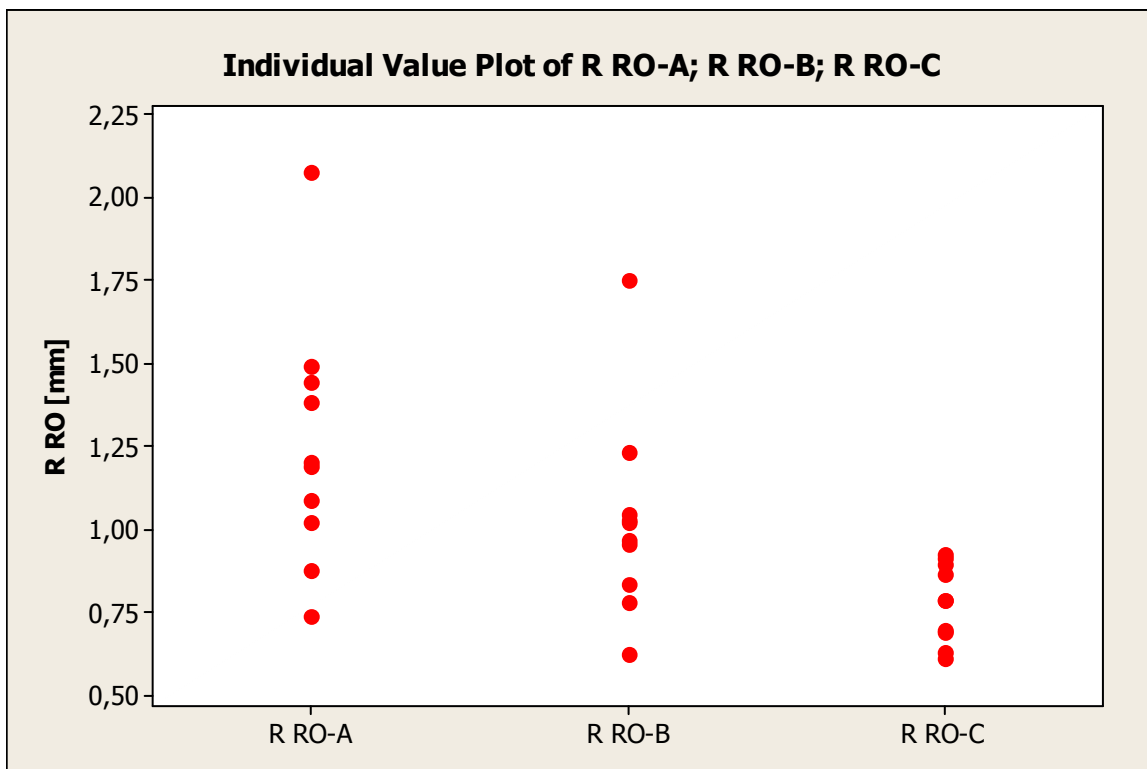
Obr. 75. Hodnocení normality RFH1-B



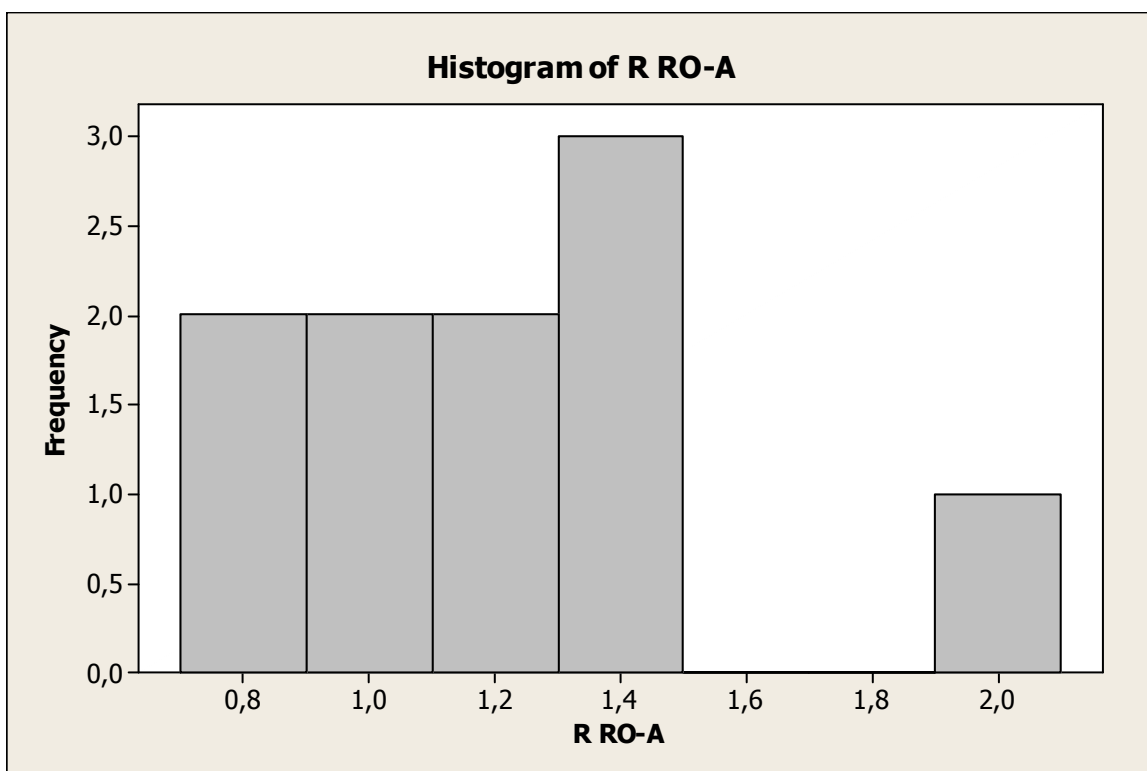
Obr. 76. Hodnocení normality RFH1-C



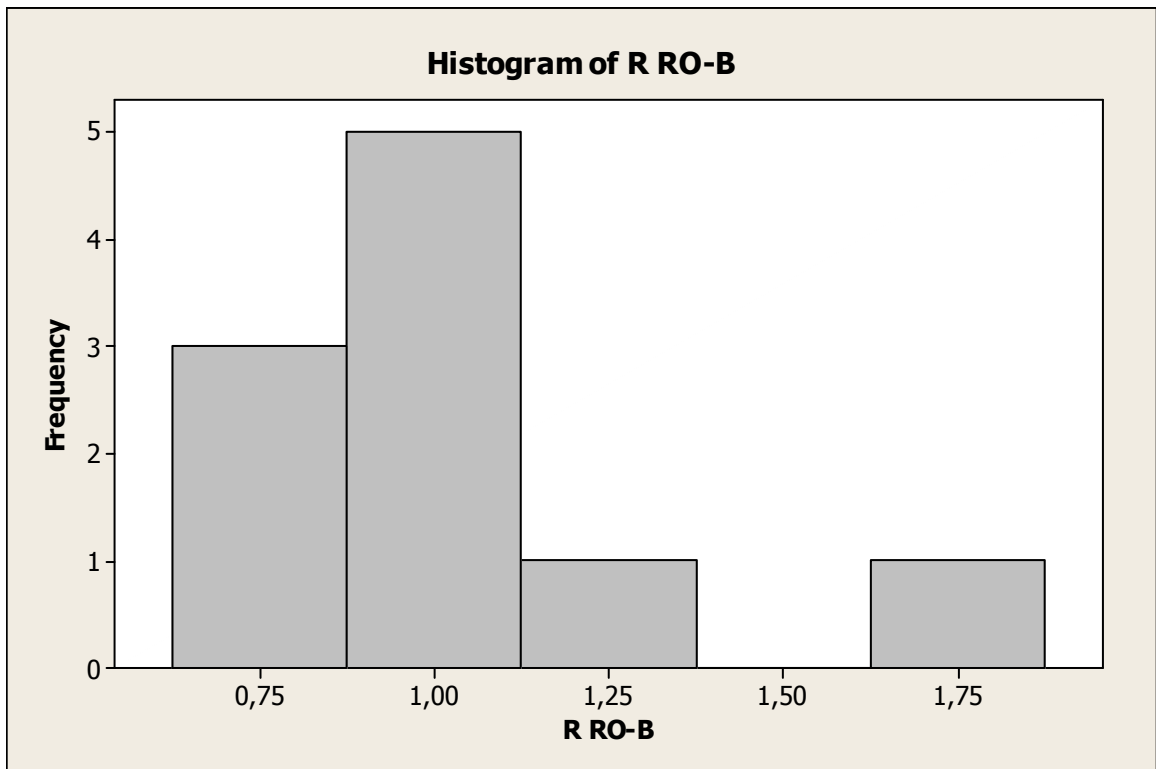
Obr. 77. Průběh 1.harmonické složky radiální síly



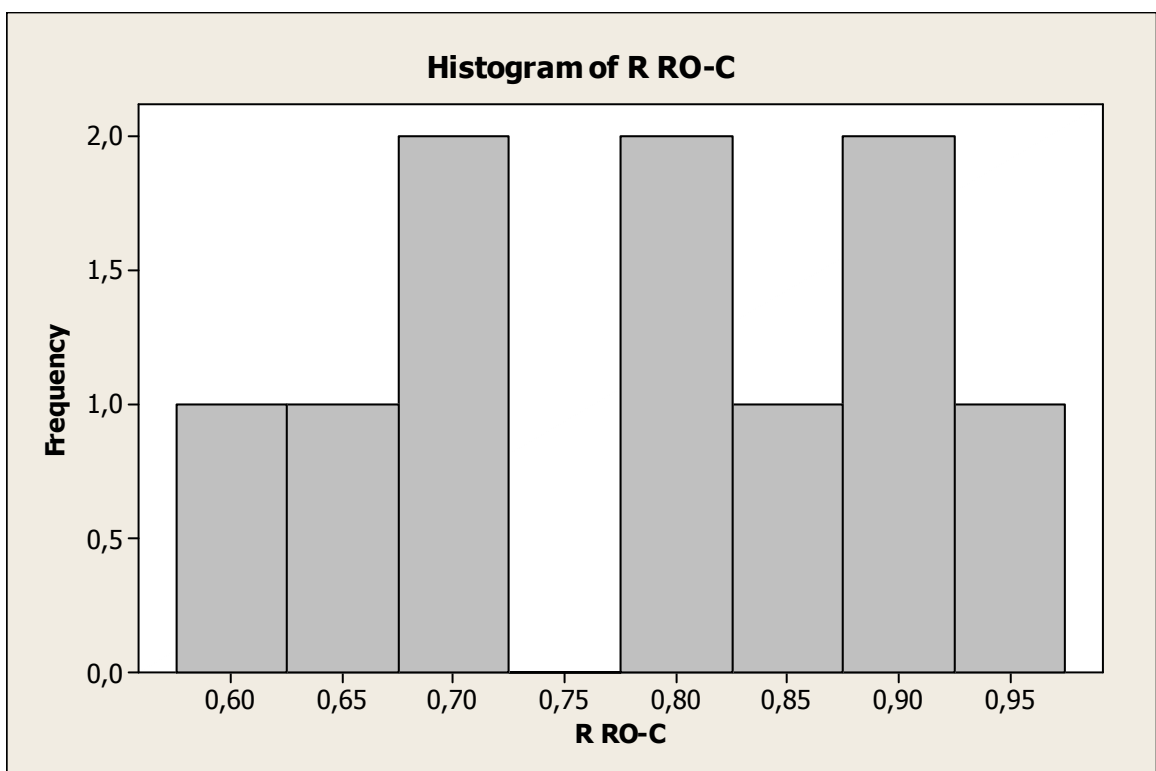
Obr. 78. Kontrola hrubých chyb R RO



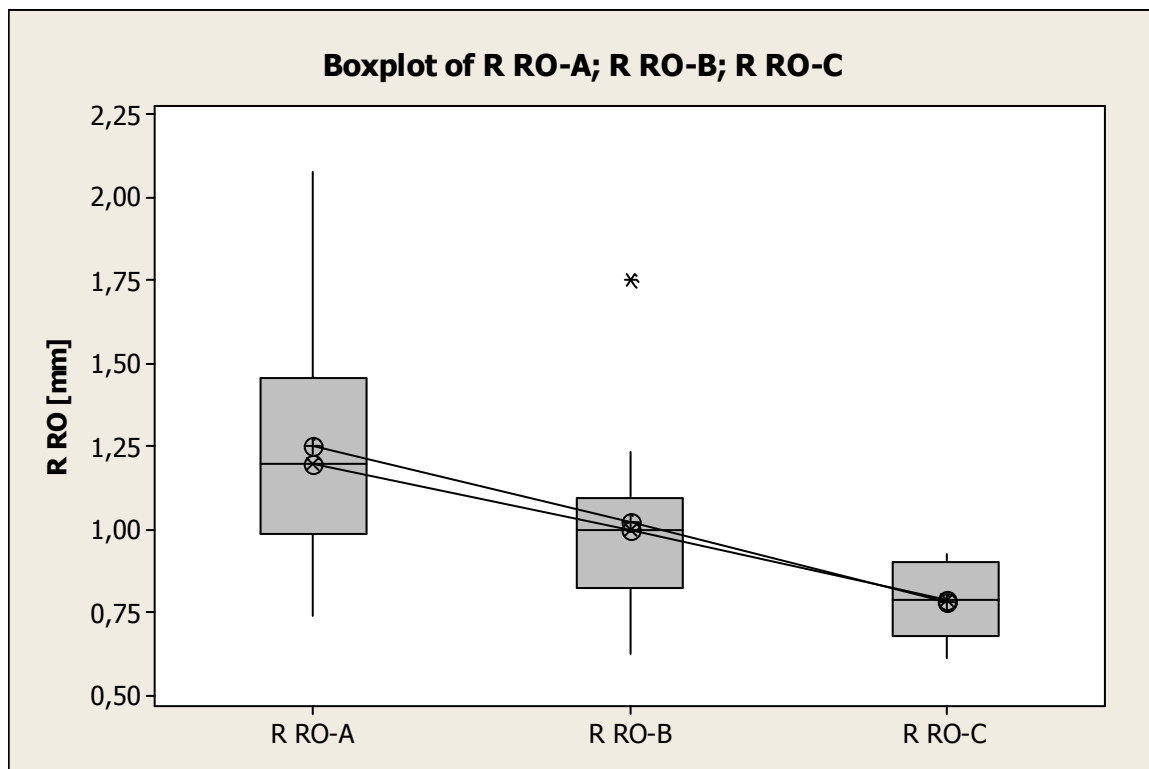
Obr. 79. Četnost hodnot R RO (série-A)



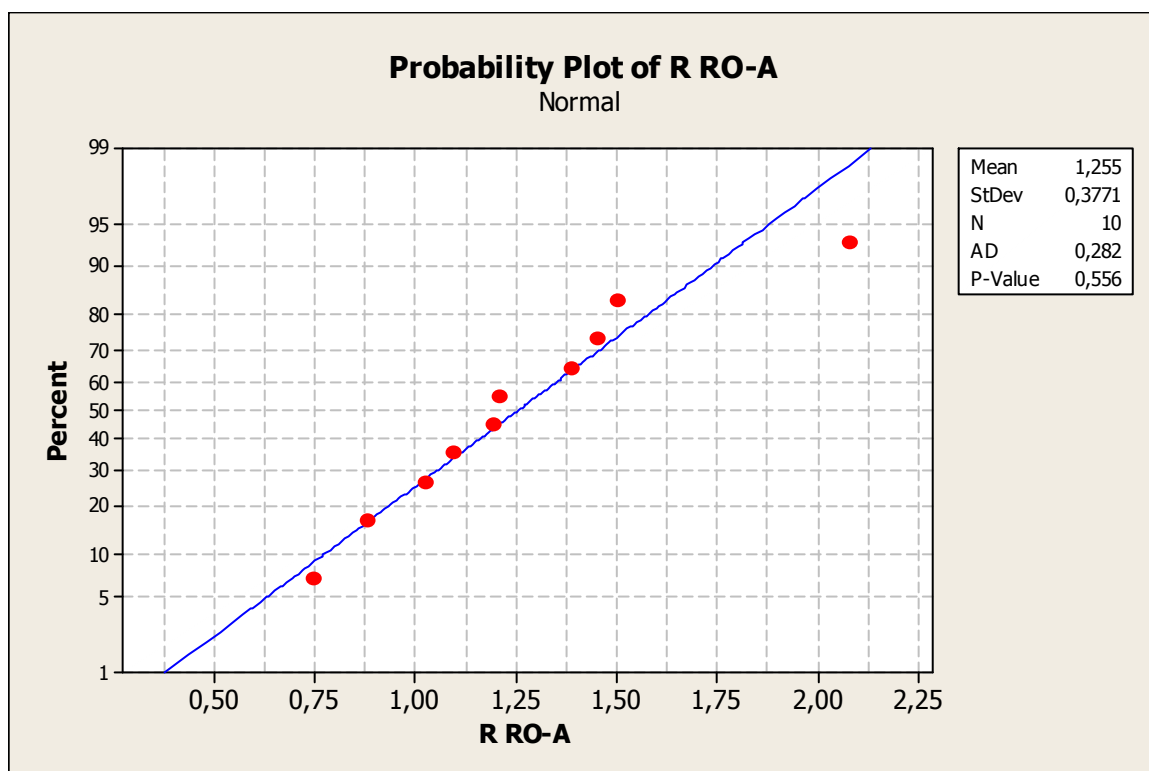
Obr. 80. Četnost hodnot R RO (série-B)



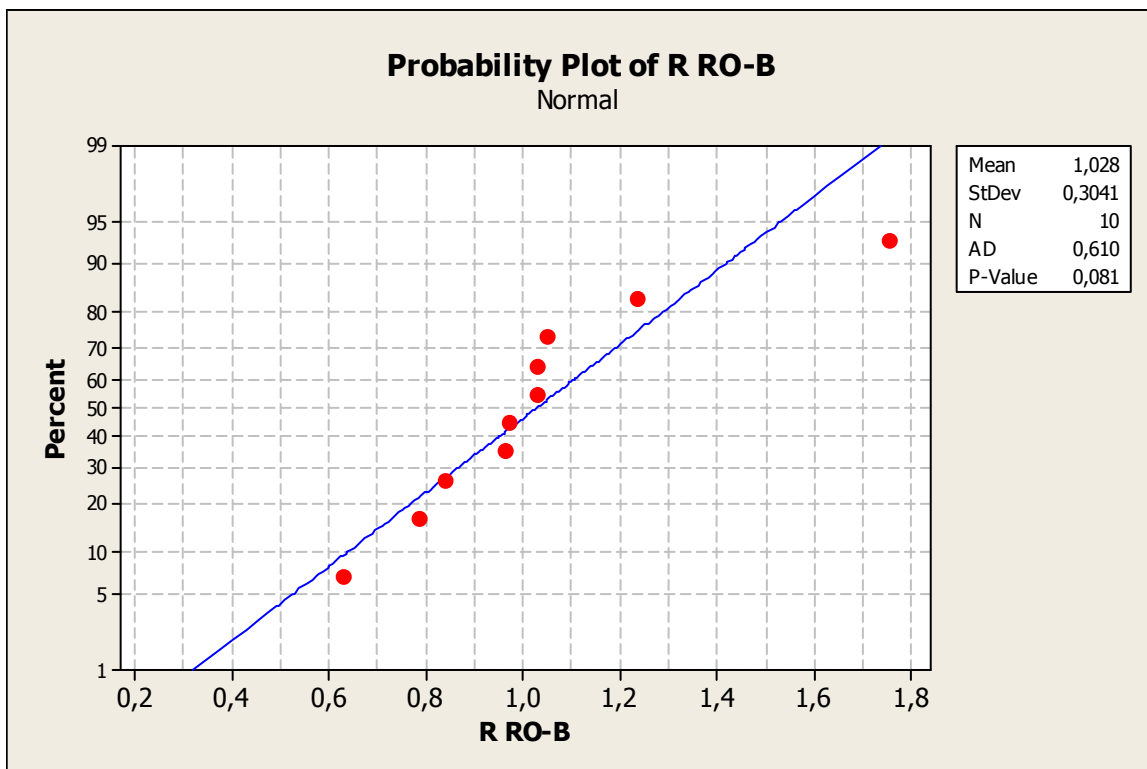
Obr. 81. Četnost hodnot R RO (série-C)



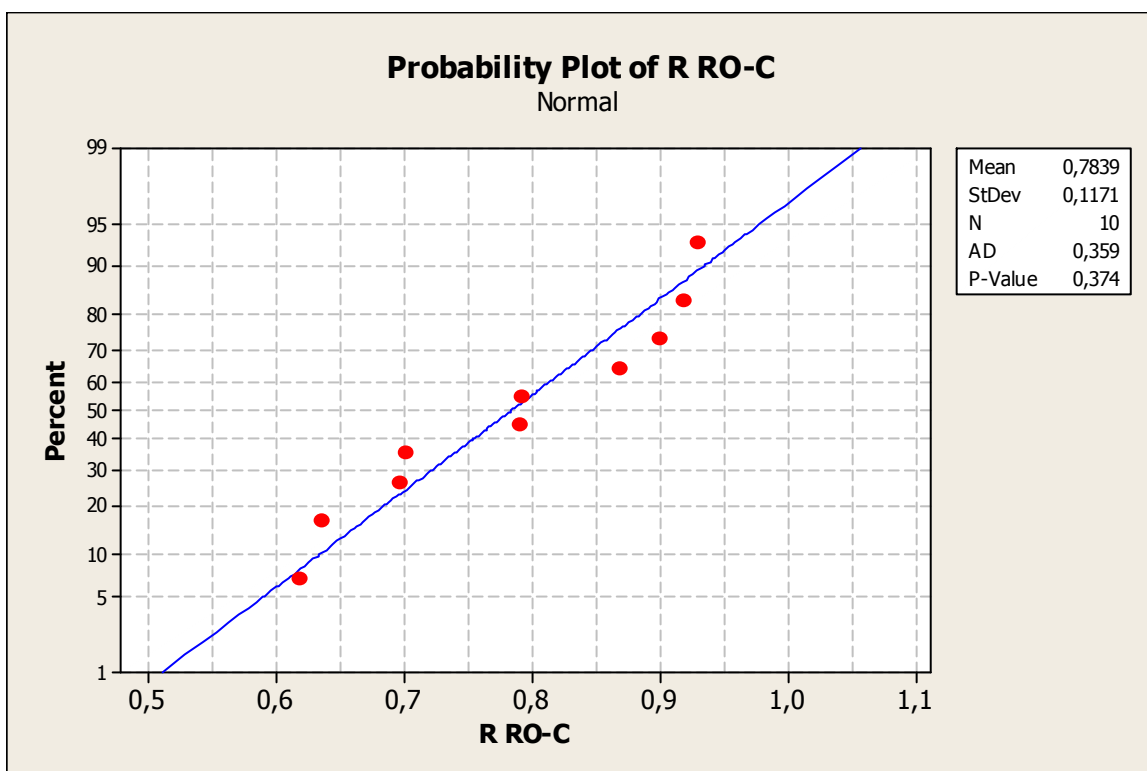
Obr. 82. Vyjádření variability R RO



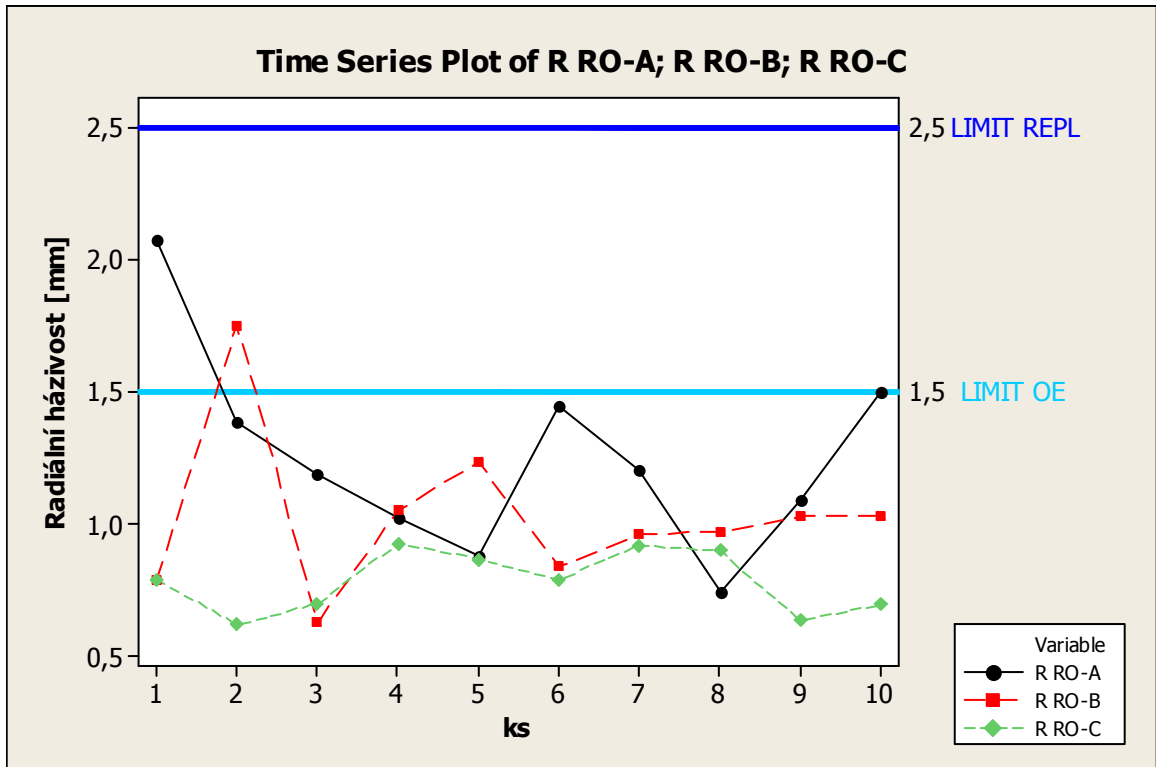
Obr. 83. Hodnocení normality R RO-A



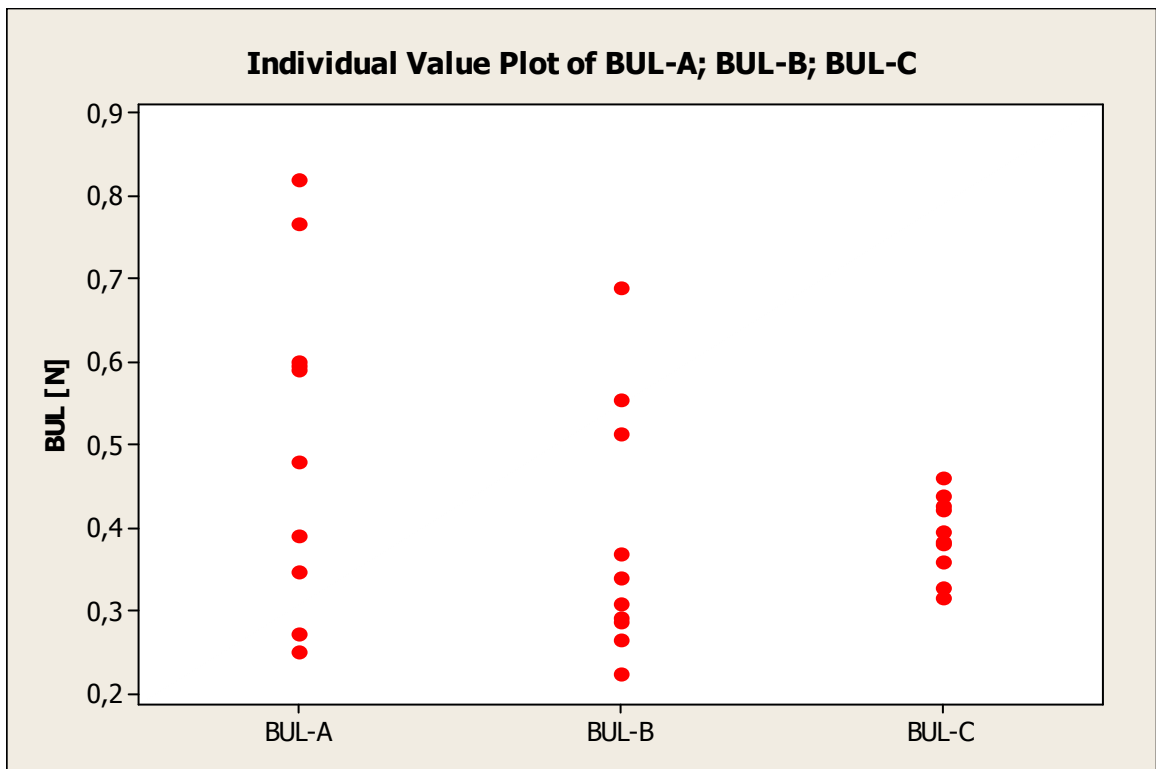
Obr. 84. Hodnocení normality R RO-B



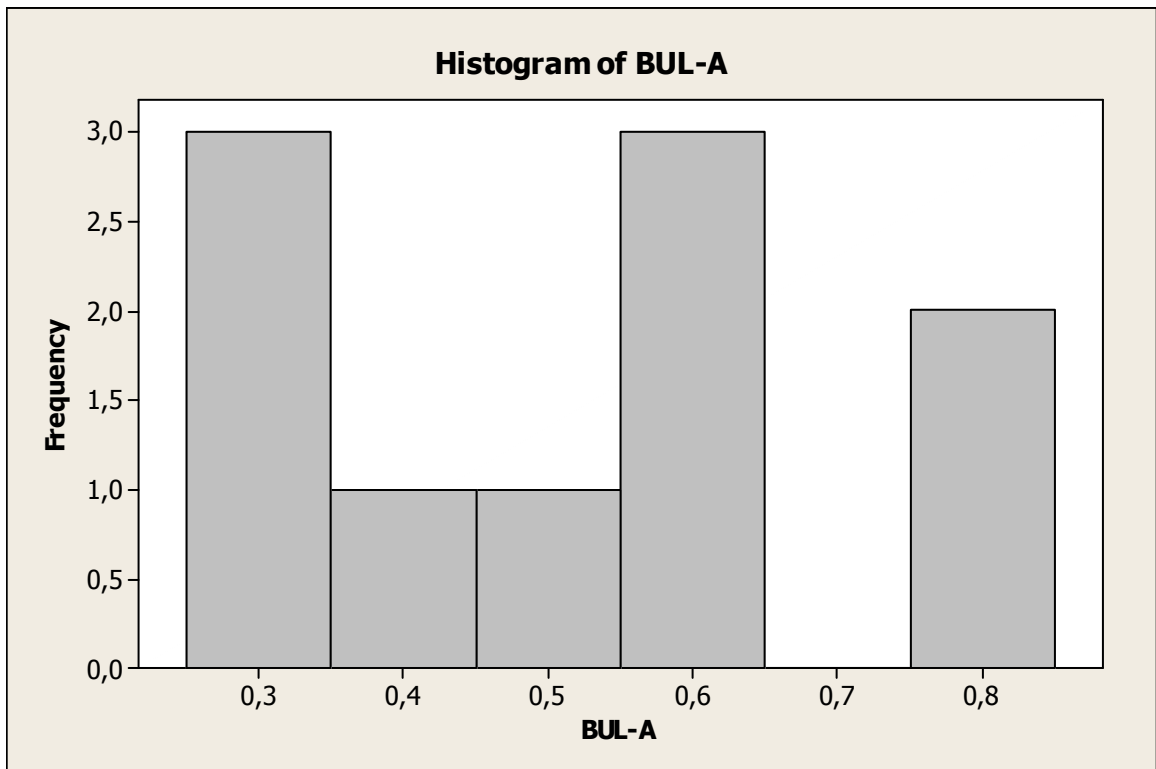
Obr. 85. Hodnocení normality R RO-C



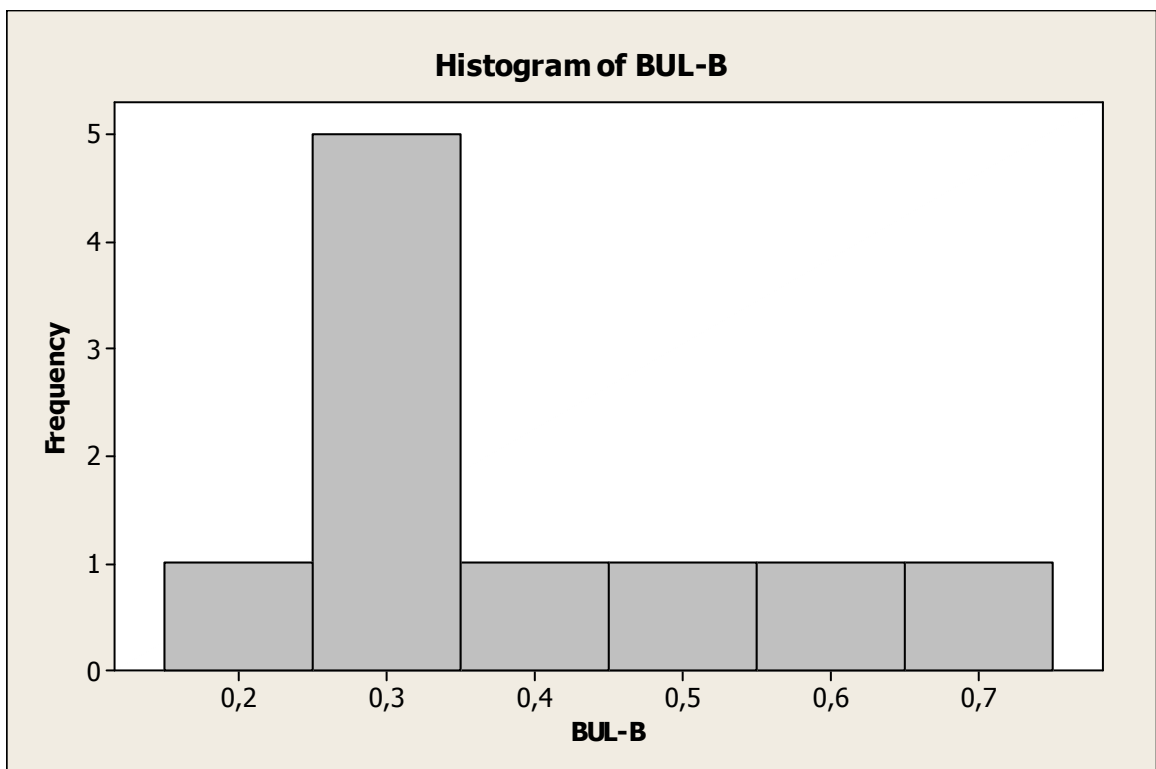
Obr. 86. Průběh radiální házivosti



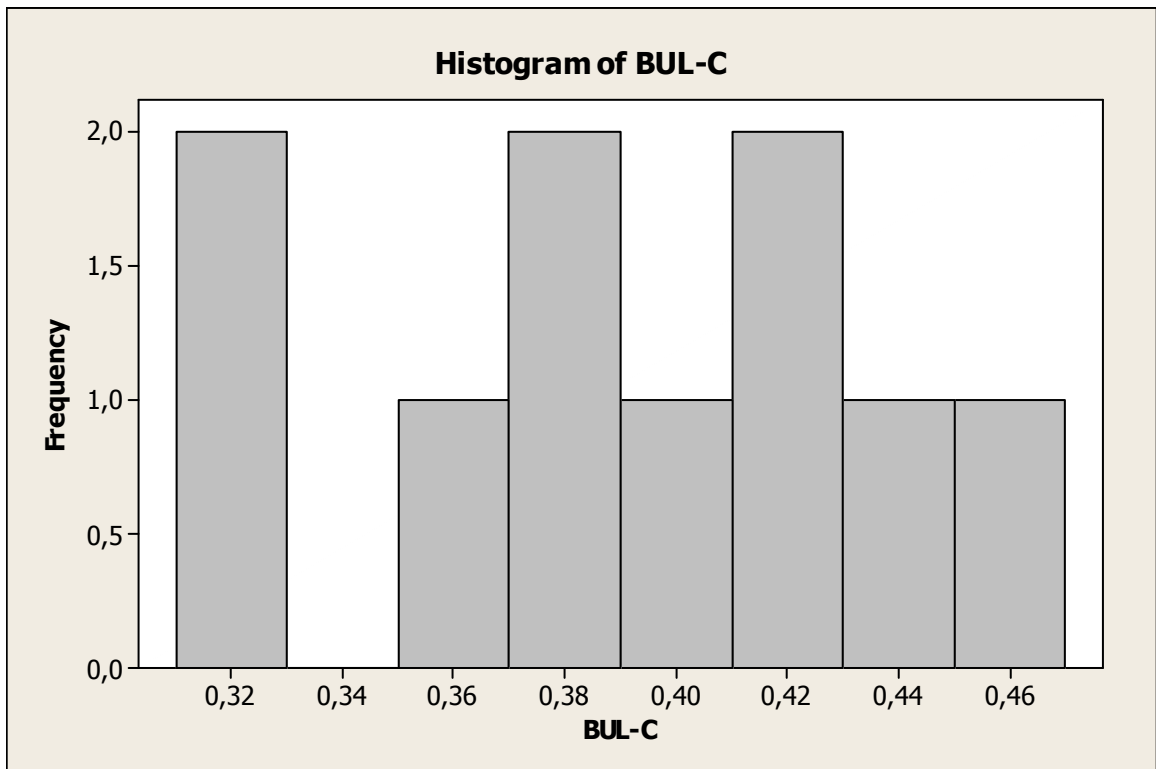
Obr. 87. Kontrola hrubých chyb BUL



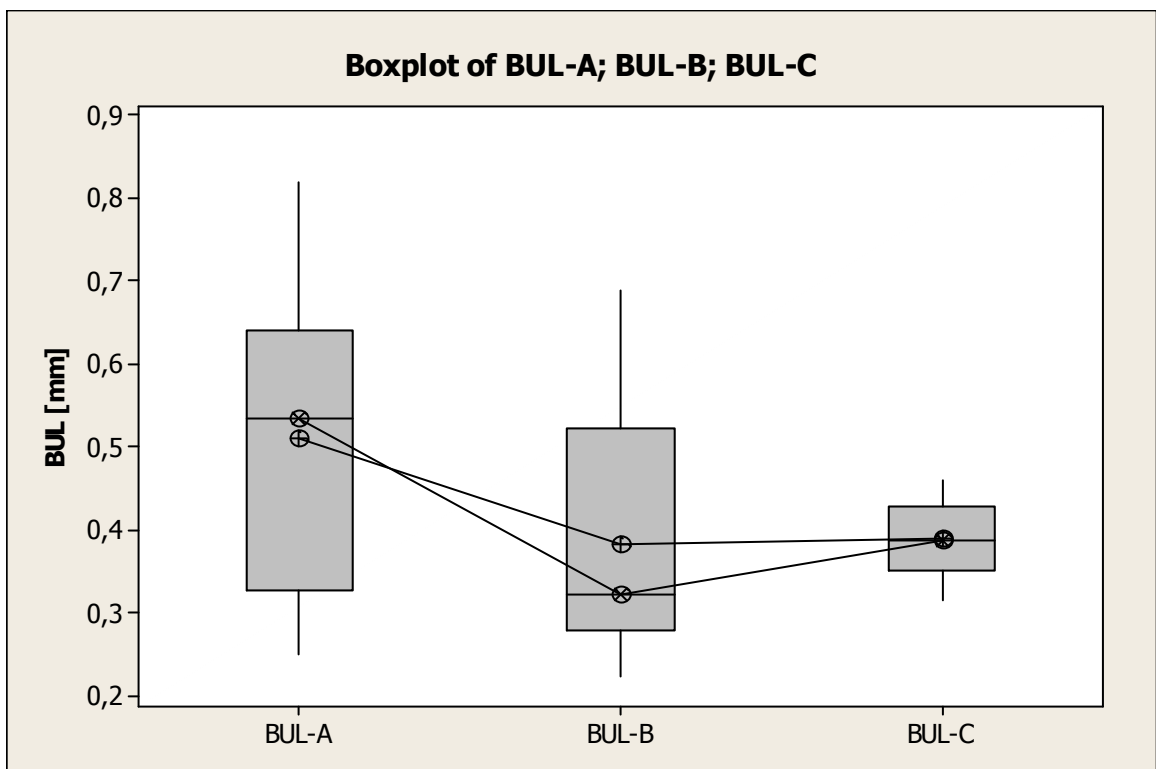
Obr. 88. Četnost hodnot BUL (série-A)



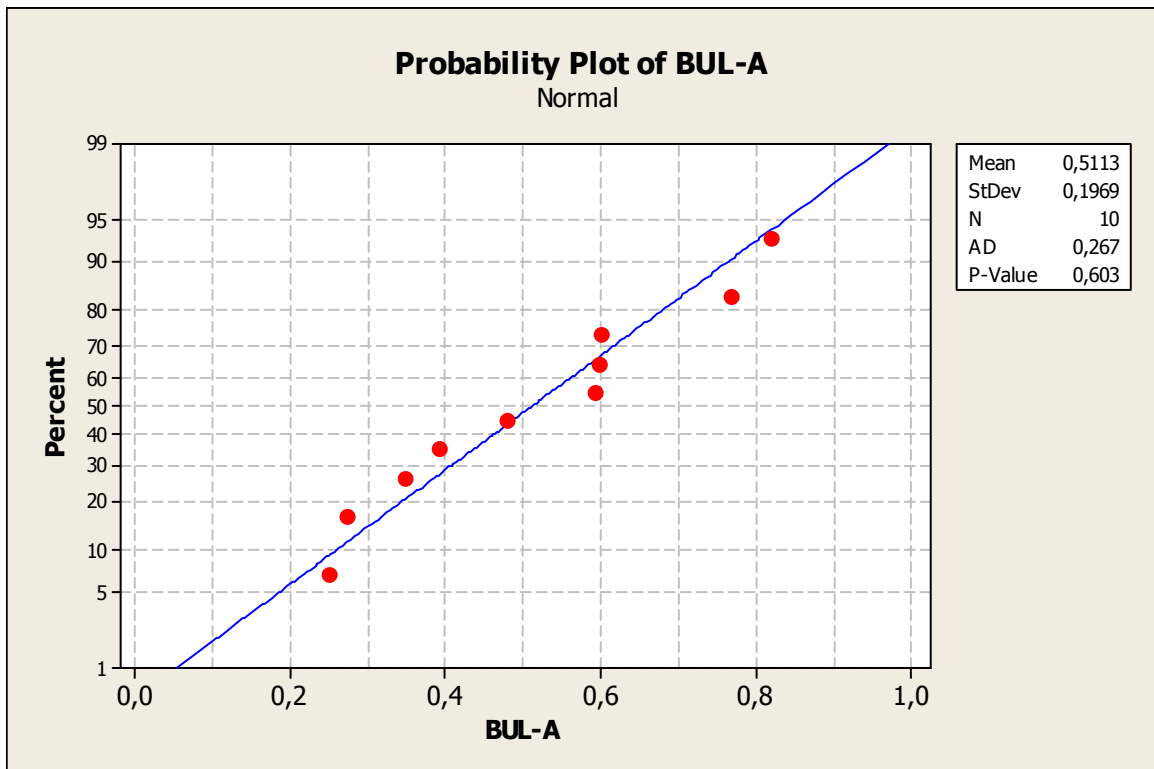
Obr. 89. Četnost hodnot BUL (série-B)



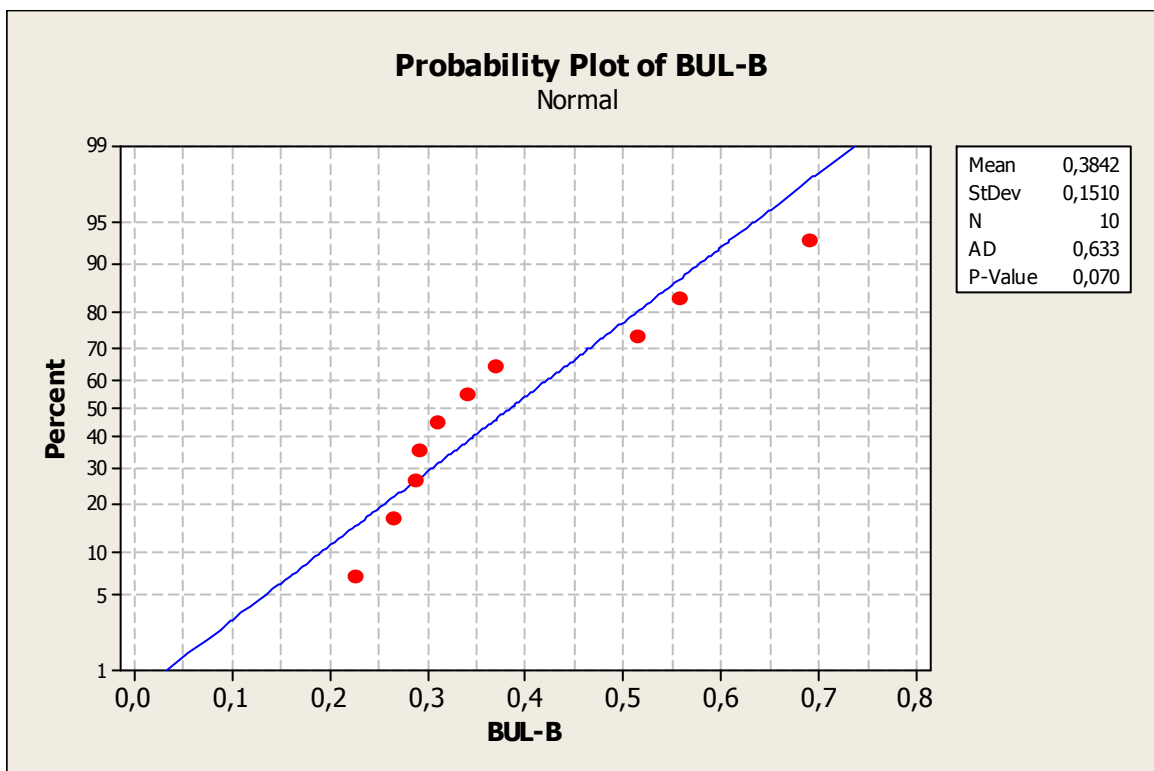
Obr. 90. Četnost hodnot BUL (série-C)



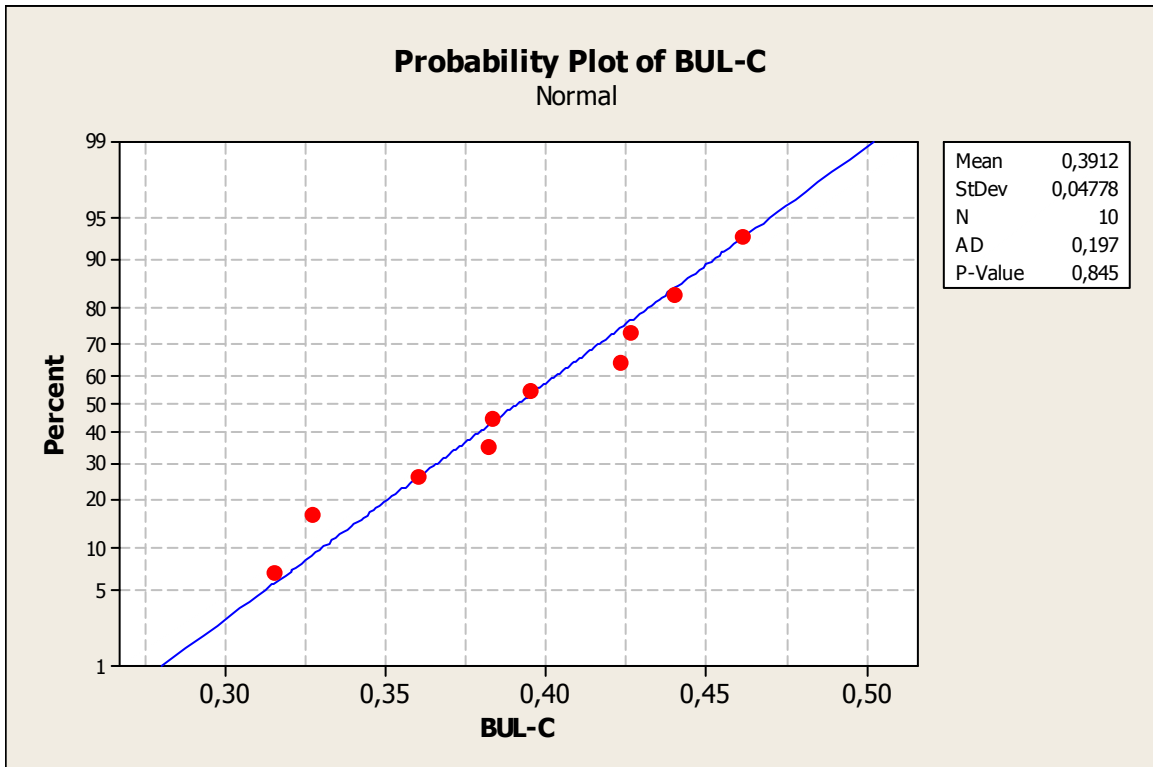
Obr. 91. Vyjádření variability BUL



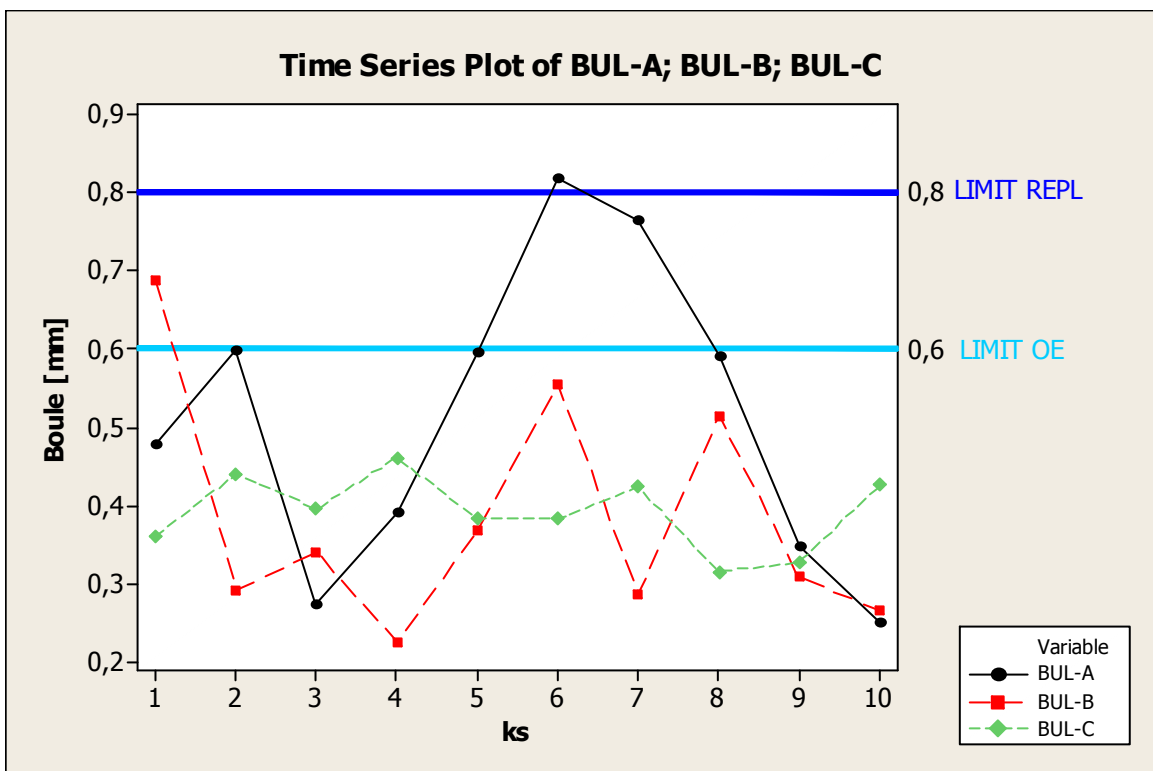
Obr. 92. Hodnocení normality BUL-A



Obr. 93. Hodnocení normality BUL-B



Obr. 94. Hodnocení normality BUL-C



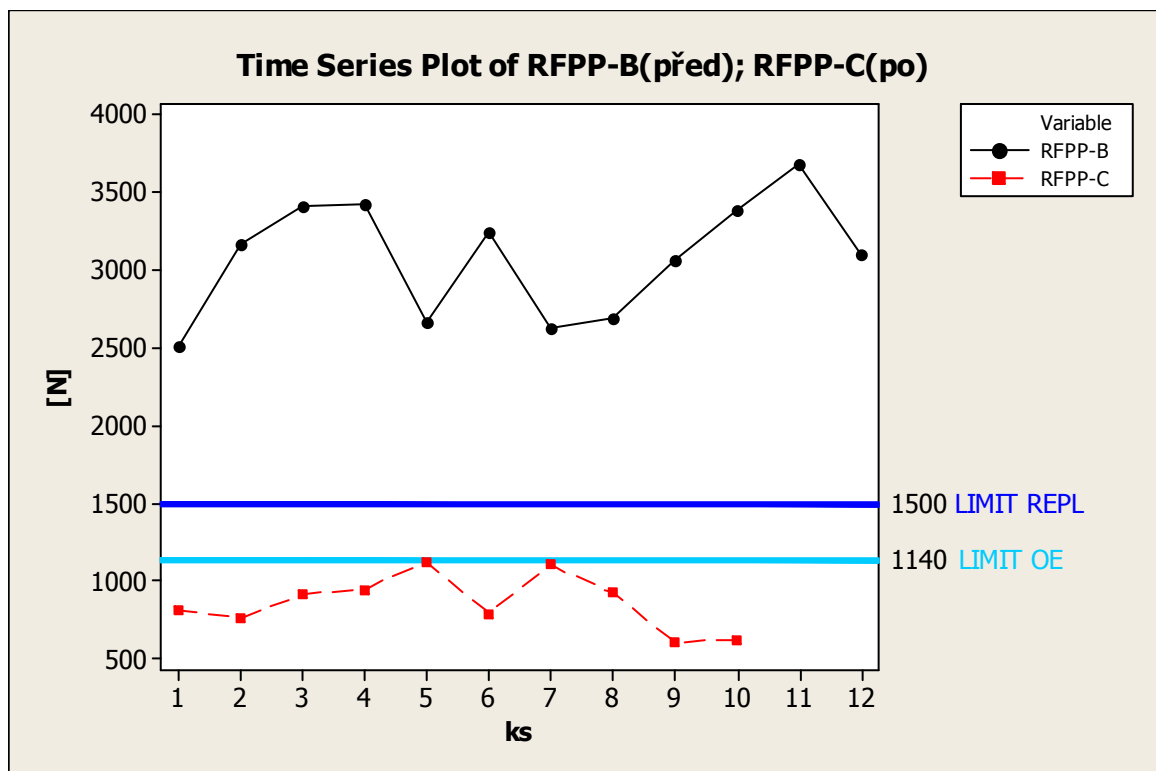
Obr. 95. Průběh vyvýšenin BUL

4.1.5 Control (řídít)

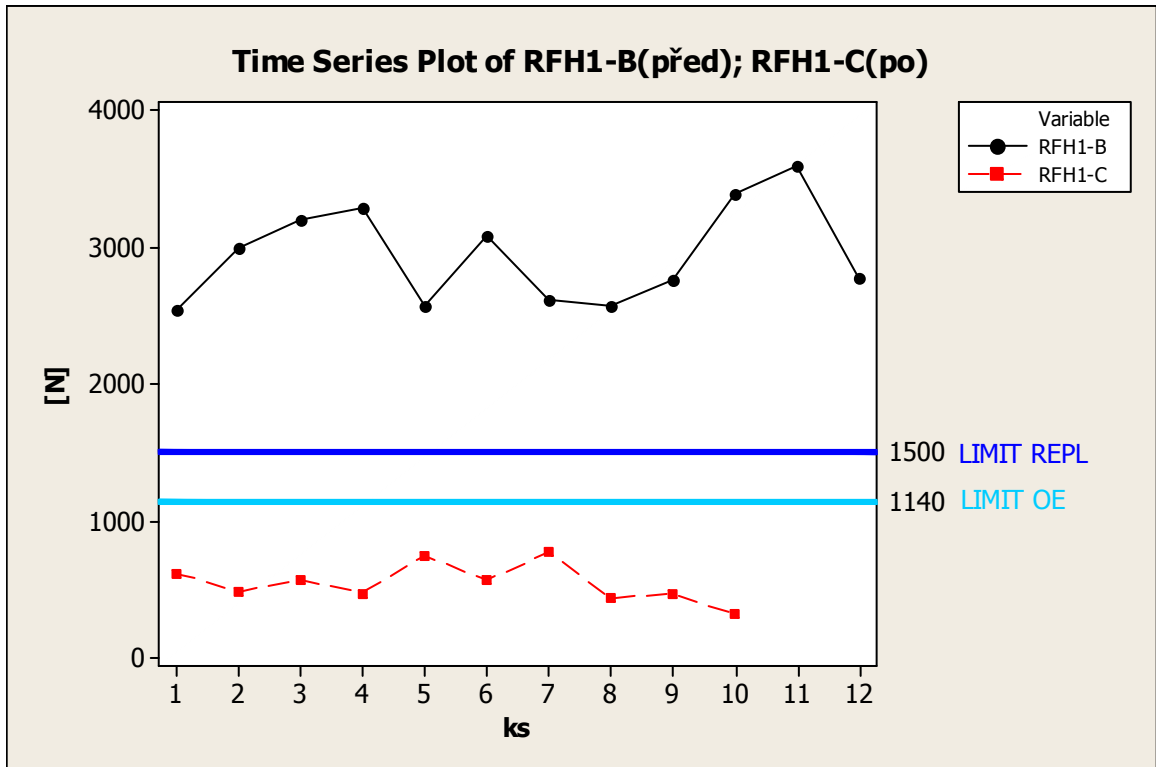
Všechny tři série zkoušek prokázaly zlepšení v problematických parametrech uniformity a účinnost realizovaných opatření. Byl vypracován seřizovací předpis konfekčního stroje dle výsledků série C a upraven standard na spojování bočnic.

Porovnání výsledků:

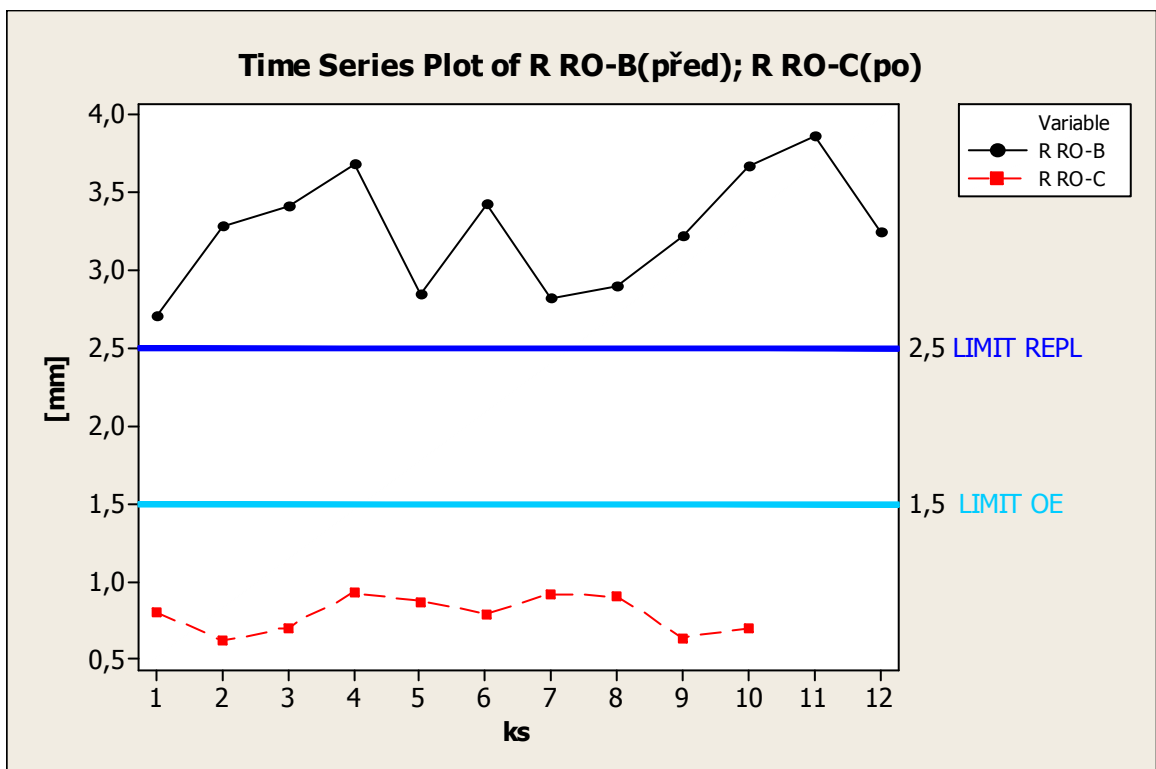
Pro přehlednost porovnání dvou zkoušek po třech sériích, porovnám z každé zkoušky lepší sérii problémových parametrů uniformity.



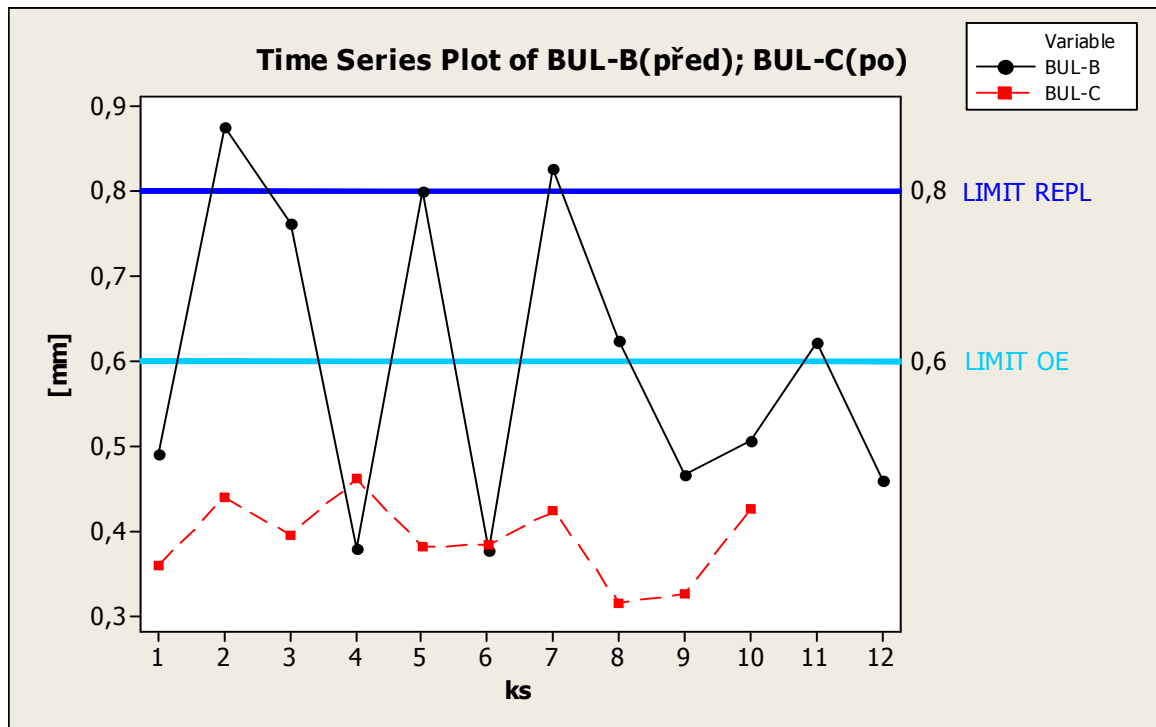
Obr. 96. Porovnání průběhů radiální síly



Obr. 97. Porovnání průběhů 1. harmonické složky



Obr. 98. Porovnání radiální házivosti



Obr. 99. Porovnání průběhů vyvýšení

4.2 Diskuze výsledků

V experimentální části byl vybrán problémový rozměr z hlediska uniformity a sledovány jak silové tak geometrické parametry. V první fázi zkoušek tří sérií byly sledovány parametry uniformity, které se měnily v závislosti na polohování polotovarů na konfekčním bubnu. Z naměřených sérií vyplynulo, že ani jedna nesplňuje požadavky na silové radiální složky RFPP, RFH1 (viz obr. 31, 40), geometrické radiální házivosti RRO (Obr. 49) a boulí BUL (Obr. 58). Tedy bylo přistoupeno k optimalizaci procesu, která spočívala především v technologii výroby na konfekčním stroji při splnění požadavku na kvalitu polotovarů.

Byla provedena zlepšující opatření (spojování, tvarování, úprava polotovarů, atd.) a dle nástrojů six sigmy vybráno řešení, které odhalilo příčinu v povolené kostře při bombírování pláště do výsledného tvaru. Výsledné parametry radiální složky spolu korelují a byl zde zřejmý předpoklad eliminace geometrických parametrů ve prospěch silových.

Ve druhé fázi zkoušek byla potvrzena správnost opatření a všechny tři série, na kterých se zejména optimalizoval proces bombírování přinesla výrazné zlepšení všech problémových parametrů (Obr. 68, 77, 86 a 95) a tedy výrazně zvýšila výběr uniformity. V závěrečném porovnání je toto zlepšení zřejmé.

ZÁVĚR

Uniformita pneumatiky má podstatný význam na jízdní vlastnosti vozidla. Účelem této diplomové práce bylo optimalizovat problematický rozměr pláště, tak aby splňoval podmínky první výbavy (OE), případně náhradního vybavení (REPL) požadované zákazníky. Bylo testováno ve dvou etapách zkoušek celkem 66 kusů pneumatik. Z prvních tří sérií vplynuly neshody v radiálních parametrech - kolísání radiální síly (RFPP), její 1. harmonické složky (RFH1), radiální házivosti (RRO) a boulí (BUL), které byly mimo stanovenou toleranci. Metodou six sigma byla provedena nápravná opatření zejména v oblasti polohování polotovarů a tvarování kostry na konfekčním stroji. Tato pozitivní opatření vedly k odstranění neshody výrobku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MARCÍN, Jiří. *Pneumatiky*. Vydalo SNTL – Státní nakladatelství technické literatury Praha 1976.
- [2] MAREŠ, A. *Konstrukce pneumatik*. Vydalo SNTL - Státní nakladatelství technické literatury Praha 1952.
- [3] Barum Continental spol.s.r.o. *Učební texty Gumárenské technologie*, ve Zlíně 2008
- [4] KOUTNÝ, František. *Konstrukce výrobků*. Vydalo UTB ve Zlíně 2009
- [5] NENADÁL, Jaroslav a kol. *Moderní management jakosti* Vydalo Management press 2008
- [6] PREKOP, Štefan a kol. *Gumárenská technologie II* Vydal GC TECH Ing. Peter Gerši ve spolupráci s Trenčínskou univerzitou A. Dubčeka v Trenčíně, 2003
- [7] Continental, *Tire uniformity training for QM employees*, v Hannoveru 2004
- [8] <http://www.gsp9700.com/pub/technical/4693T/4693T.htm>
- [9] <http://www.conti-online.com>
- [10] <http://www.minitab.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

RFPP	Kolísání radiální síly (RKS).
RFH1	1.harmonická složka radiální síly.
LFPP	Kolísání boční(laterální) síly
KE	Kuželový efekt
BUL	Boule(vyvýšeniny)
R RO	Radiální házivost
L RO	Laterální házivost
OE	První výbava (nejvyšší kvalita)
REPL	Náhradní výbava
DA	Snížená kvalita
PDCA	Metoda zlepšování (Plan – Do – Check – Act),
DMAIC	Metoda zlepšování (Define –Measure – Analyze – Improve – Control)
SIPOC	Analýza procesů (Supplier-Input-Process-Output-Customer)
VOC	Požadavek zákazníka (Voice of Customer)
TQM	Systém řízení jakosti (Total Quality Management)
SAV	Typ konfekčního stroje
ÚE	Úhlový efekt
KE	Kuželový efekt
F	Síla
Mean	Aritmetický průměr
StDev	Směrodatná odchylka

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Srovnání profilu pneumatik.....	13
Obr. 2 Typy konstrukce plášťů pneumatik.....	13
Obr. 3 Příčný (meridionální) řez radiální pneumatiky.....	15
Obr. 4 Schéma toku materiálu.....	17
Obr. 5 Linka pro oboustranné nánosování ocelového kordu.....	18
Obr. 6 Linka pro vytlačování sdužených profilů.....	20
Obr. 7 Konfekční stroj SAV.....	22
Obr. 8 Různé formy nevyváženosti.....	25
Obr. 9 Měření geometrické nerovnoměrnosti.....	25
Obr. 10 Měření radiální a laterální síly.....	26
Obr. 11 Kónus efekt.....	27
Obr. 12 Příklad rozdělení polotovarů po obvodu pláště.....	28
Obr. 13 Průběh radiální síly.....	29
Obr. 14 Znázornění bočních sil pneumatik na přední nápravě vyvolávající pravostranný „tah“.....	31
Obr. 15 Znázornění bočních sil pneumatik na zadní nápravě, vyvolávající vyosení vozidla.....	32
Obr. 16 Redukce osobního automobilu na dvoumotový systém pro popis vertikálních kmitů.....	33
Obr. 17 Dynamický dvoumotový systém.....	33
Obr. 18 Metoda PDCA.....	36
Obr. 19 Porovnání japonského a „západního“ přístupu k procesu zlepšování.....	40
Obr. 20 Zkouškový rozměr pláště.....	44
Obr. 21 Seřizovací předpis	45
Obr. 22 Náčrt testoru uniformity.....	48

Obr. 23	Kontrola hrubých chyb.....	50
Obr. 24	Četnost hodnot RFPP (série A).....	51
Obr. 25	Četnost hodnot RFPP (série-B).....	51
Obr. 26	Četnost hodnot RFPP (série-C).....	52
Obr. 27	Vyjádření variability.....	52
Obr. 28	Hodnocení normality RFPP-A.....	53
Obr. 29	Hodnocení normality RFPP-B.....	53
Obr. 30	Hodnocení normality RFPP-C.....	54
Obr. 31	Průběh kolísání radiální síly.....	54
Obr. 32	Kontrola hrubých chyb RFH1.....	55
Obr. 33	Četnost hodnot RFH1 (série-A).....	55
Obr. 34	Četnost hodnot RFH1 (série-B).....	56
Obr. 35	Četnost hodnot RFH1 (série-C).....	56
Obr. 36	Vyjádření variability RFH1.....	57
Obr. 37	Hodnocení normality RFH1-A.....	57
Obr. 38	Hodnocení normality RFH1-B.....	58
Obr. 39	Hodnocení normality RFH1-C.....	58
Obr. 40	Průběh 1.harmonické složky radiální síly.....	59
Obr. 41	Kontrola hrubých chyb R RO	59
Obr. 42	Četnost hodnot R RO (série A).....	60
Obr. 43	Četnost hodnot R RO (série-B).....	60
Obr. 44	Četnost hodnot R RO (série-C).....	61
Obr. 45	Vyjádření variability R RO.....	61
Obr. 46	Hodnocení normality R RO-A.....	62
Obr. 47	Hodnocení normality R RO-B.....	62

Obr. 48	Hodnocení normality R RO-C.....	63
Obr. 49	Průběh radiální házivosti.....	63
Obr. 50	Kontrola hrubých chyb BUL.....	64
Obr. 51	Četnost hodnot BUL (série-A).....	64
Obr. 52	Četnost hodnot BUL (série-B).....	65
Obr. 53	Četnost hodnot BUL (série-C).....	65
Obr. 54	Vyjádření variability BUL.....	66
Obr. 55	Hodnocení normality BUL-A.....	66
Obr. 56	Hodnocení normality BUL-B.....	67
Obr. 57	Hodnocení normality BUL-C.....	67
Obr. 58	Průběh vyvýšenin BUL.....	68
Obr. 59	Analýza možných příčin (Ishikawa-rybí kost).....	69
Obr. 60	Kontrola hrubých chyb RFPP.....	70
Obr. 61	Četnost hodnot RFPP (série-A).....	70
Obr. 62	Četnost hodnot RFPP (série-B).....	71
Obr. 63	Četnost hodnot RFPP (série-C).....	71
Obr. 64	Hodnocení normality RFPP-A.....	72
Obr. 65	Hodnocení normality RFPP-B.....	72
Obr. 66	Hodnocení normality RFPP-C.....	73
Obr. 67	Vyjádření variability RFPP.....	73
Obr. 68	Průběh kolísání radiální síly RFPP.....	74
Obr. 69	Kontrola hrubých chyb RFH1.....	74
Obr. 70	Četnost hodnot RFH1 (série-A).....	75
Obr. 71	Četnost hodnot RFH1 (série-B).....	75
Obr. 72	Četnost hodnot RFH1 (série-C).....	76

Obr. 73 Vyjádření variability RFH1.....	76
Obr. 74 Hodnocení normality RFH1-A.....	77
Obr. 75 Hodnocení normality RFH1-B.....	77
Obr. 76 Hodnocení normality RFH1-C.....	78
Obr. 77 Průběh 1.harmonické složky radiální síly.....	78
Obr. 78 Kontrola hrubých chyb R RO.....	79
Obr. 79 Četnost hodnot R RO (série-A).....	79
Obr. 80 Četnost hodnot R RO (série-B).....	80
Obr. 81 Četnost hodnot R RO (série-C).....	80
Obr. 82 Vyjádření variability R RO.....	81
Obr. 83 Hodnocení normality R RO-A.....	81
Obr. 84 Hodnocení normality R RO-B.....	82
Obr. 85 Hodnocení normality R RO-C.....	82
Obr. 86 Průběh radiální házivosti.....	83
Obr. 87 Kontrola hrubých chyb BUL.....	83
Obr. 88 Četnost hodnot BUL (série-A).....	84
Obr. 89 Četnost hodnot BUL (série-B).....	84
Obr. 90 Četnost hodnot BUL (série-C).....	85
Obr. 91 Vyjádření variability BUL.....	85
Obr. 92 Hodnocení normality BUL-A.....	86
Obr. 93 Hodnocení normality BUL-B.....	86
Obr. 94 Hodnocení normality BUL-C.....	87
Obr. 95 Průběh vyvýšenin BUL.....	87
Obr. 96 Porovnání průběhů radiální síly.....	88
Obr. 97 Porovnání průběhů 1. harmonické složky.....	89

Obr. 98 Porovnání radiální házivosti.....	89
Obr. 99 Porovnání průběhů vyvýšenin.....	90

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Analýza SIPOC.....	49
---------------------------	----

SEZNAM PŘÍLOH

P I : Naměřené výsledky před zlepšením

P II : Naměřené výsledky po zlepšení

PŘÍLOHA P I : NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY PŘED ZLEPŠENÍM

Zkouška-SÉRIE A			Silové parametry / Force parameters									Geometrické parametry / Geometry parameters									
Tyre nr.	Pressure	Force	RFPP	RFPP	RFH1	RFH2	LFPP	LFPP	Winkl	Conic.	Kvality sily	T_BUL	T_DEP	T_RO	B_BUL	B_DEP	B_RO	R_RO	R_ROH1	Kvality geo	
Číslo pláště	Tlak	Zatizeni	RKS1	RKS2	1HR1	1HR2	LKS1	LKS2	WE	KE	-	Boule horní	Prohlubně horní	LRO late-rál.ház.horní	Boule dolní	Prohlubně dolní	LRO late-rál.ház.dolní	RRO radiální házení	-	-	
Jednotka / Unit	bar	kg	N	N	N	N	N	N	-	N	ks / pcs	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	ks / pcs
Limit OE	-	-	1140	1140	800	800	190	190	-	± 140	-	0,600	0,600	1,500	0,600	0,600	1,500	1,500	-	-	
Limit REPL	-	-	1500	1500	1050	1050	200	200	-	± 150	-	0,800	0,800	2,500	0,800	0,800	2,500	2,500	-	-	
Limit DA	-	-	1700	1700	1200	1200	250	250	-	± 200	-	1,500	1,500	3,000	1,500	1,500	3,000	3,000	-	-	
Průměr / Average:	7	32653	3072	3085	2865	2874	120	138	289	-32	0	0,374	0,350	1,130	0,572	0,379	0,950	3,067	2,985	3	
Odchylka / St.dev.	0	926	700	716	735	746	26	33	25	20	0	0,173	0,115	0,343	0,220	0,065	0,381	0,730	0,725	1	
Min:	6,97	31455	1985	2121	1782	1852	73	102	258	-68	0	0,213	0,243	0,718	0,228	0,261	0,326	2,027	1,936	0	
Max:	6,986	33760	4316	4494	4300	4392	153	215	336	-2	12	0,816	0,600	1,995	0,945	0,461	1,549	4,395	4,354	8	
1	7	31475	3556	3445	3126	3046	120	139	259	-2	4	0,490	0,244	0,764	0,895	0,387	0,512	3,402	3,256	4	
2	7	33760	3788	3803	3470	3476	151	127	311	-40	4	0,289	0,327	1,023	0,945	0,287	0,326	3,782	3,620	4	
3	7	33740	4316	4494	4300	4392	137	141	312	-68	4	0,254	0,291	1,111	0,567	0,431	0,949	4,395	4,354	4	
4	7	31735	2563	2441	2026	1996	149	215	267	-61	4	0,816	0,379	0,718	0,228	0,395	1,154	2,236	2,052	2	
5	7	32800	1985	2121	1782	1852	73	139	287	-12	4	0,280	0,314	1,325	0,608	0,366	0,973	2,027	1,936	1	
6	7	31455	3471	3425	3128	3078	88	112	258	-30	4	0,398	0,260	1,995	0,649	0,437	0,931	3,477	3,301	4	
7	7	33230	2378	2424	2388	2468	100	102	306	-41	4	0,566	0,444	1,233	0,426	0,427	1,549	2,447	2,530	1	
8	7	32740	2153	2148	1954	1918	109	115	283	-28	4	0,213	0,264	1,117	0,374	0,261	1,388	2,087	2,071	1	
9	7	31655	2913	2832	2784	2802	109	107	267	-40	4	0,323	0,600	1,269	0,619	0,345	1,244	3,096	3,063	4	
10	7	32100	3323	3315	3224	3234	153	144	272	-16	4	0,274	0,243	0,957	0,304	0,461	0,511	3,336	3,204	4	
11	7	33505	3057	3149	2778	2756	134	188	308	-15	4	0,263	0,317	1,254	0,734	0,431	0,661	3,123	2,934	4	
12	7	33640	3361	3423	3414	3464	115	122	336	-34	4	0,317	0,518	0,788	0,514	0,314	1,199	3,399	3,494	4	

Zkouška-SÉRIE B			Silové parametry / Force parameters									Geometrické parametry / Geometry parameters									
Tyre nr.	Pressure	Force	RFPP	RFPP	RFH1	RFH2	LFPP	LFPP	Winkl	Conic.	Kvality síly	T_BUL	T_DEP	T_RO	B_BUL	B_DEP	B_RO	R_RO	R_ROH1	Kvality geo	
Číslo pláště	Tlak	Zatizení	RKS1	RKS2	1HR1	1HR2	LKS1	LKS2	WE	KE	-	Boule horní	Prohlubně horní	LRO laterál.ház.horní	Boule dolní	Prohlubně dolní	LRO laterál.ház.dolní	RRO radiální házení	-	-	
Jednotka / Unit	bar	kg	N	N	N	N	N	N	-	N	ks / pcs	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	ks / pcs
Limit OE	-	-	1140	1140	800	800	190	190	-	± 140	-	0,600	0,600	1,500	0,600	0,600	1,500	1,500	-	-	
Limit REPL	-	-	1500	1500	1050	1050	200	200	-	± 150	-	0,800	0,800	2,500	0,800	0,800	2,500	2,500	-	-	
Limit DA	-	-	1700	1700	1200	1200	250	250	-	± 200	-	1,500	1,500	3,000	1,500	1,500	3,000	3,000	-	-	
Průměr / Average:	7	32127	3074	3078	2951	2951	100	119	229	-20	0	0,599	0,364	1,528	0,454	0,369	0,572	3,253	3,231	0	
Odchylka / St.dev.	0	956	374	383	361	364	19	35	30	20	0	0,179	0,133	0,348	0,183	0,064	0,327	0,378	0,364	4	
Min:	6,98	30595	2556	2458	2572	2524	73	75	183	-55	0	0,377	0,175	0,883	0,200	0,241	0,204	2,700	2,780	0	
Max:	7,005	33265	3725	3638	3630	3556	136	178	271	12	12	0,875	0,566	2,260	0,778	0,483	1,390	3,860	3,830	8	
1	7	32970	2556	2458	2572	2524	129	139	271	-55	4	0,490	0,422	1,800	0,778	0,483	0,401	2,700	2,850	2	
2	7	31370	3174	3149	2988	3018	88	127	225	-26	4	0,875	0,429	0,883	0,408	0,344	1,390	3,280	3,250	4	
3	7	30595	3364	3435	3208	3188	136	178	216	-19	4	0,761	0,486	1,690	0,586	0,377	0,473	3,410	3,370	4	
4	7	31765	3403	3432	3258	3330	107	139	237	-3	4	0,380	0,549	1,350	0,459	0,419	0,934	3,680	3,640	4	
5	7	32910	2656	2676	2574	2572	92	163	252	-41	4	0,800	0,281	1,460	0,544	0,343	0,204	2,840	2,780	2	
6	7	33265	3222	3249	3082	3080	73	75	268	-19	4	0,377	0,381	1,330	0,359	0,372	0,329	3,420	3,450	4	
7	7	31160	2585	2659	2606	2620	97	107	222	-25	4	0,827	0,308	1,430	0,749	0,409	0,725	2,820	2,910	2	
8	7	33210	2705	2671	2576	2564	122	154	262	-44	4	0,624	0,566	1,440	0,290	0,400	0,568	2,900	2,890	2	
9	7	31275	3047	3073	2752	2776	95	85	183	-3	4	0,465	0,203	1,370	0,455	0,375	0,568	3,210	3,040	4	
10	7	33070	3330	3427	3378	3418	83	83	217	-12	4	0,506	0,364	2,260	0,256	0,273	0,258	3,670	3,710	4	
11	7	32520	3725	3638	3630	3556	97	97	202	12	4	0,622	0,175	1,910	0,200	0,241	0,439	3,860	3,830	4	
12	7	31410	3122	3064	2784	2770	85	85	188	-5	4	0,459	0,209	1,410	0,360	0,391	0,574	3,240	3,050	4	

Zkouška-SÉRIE C			Silové parametry / Force parameters									Geometrické parametry / Geometry parameters									
Tyre nr.	Pressure	Force	RFPP	RFPP	RFH1	RFH2	LFPP	LFPP	Winkl	Conic.	Kvality síly	T_BUL	T_DEP	T_RO	B_BUL	B_DEP	B_RO	R_RO	R_ROH1	Kvality geo	
Číslo pláště	Tlak	Zatizení	RKS1	RKS2	1HR1	1HR2	LKS1	LKS2	WE	KE	-	Boule horní	Prohlubně horní	LRO laterál.ház.horní	Boule dolní	Prohlubně dolní	LRO laterál.ház.dolní	RRO radiální házení	-	-	
Jednotka / Unit	bar	kg	N	N	N	N	N	N	-	N	ks / pcs	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	ks / pcs
Limit OE	-	-	1140	1140	800	800	190	190	-	± 140	-	0,600	0,600	1,500	0,600	0,600	1,500	1,500	-	-	
Limit REPL	-	-	1500	1500	1050	1050	200	200	-	± 150	-	0,800	0,800	2,500	0,800	0,800	2,500	2,500	-	-	
Limit DA	-	-	1700	1700	1200	1200	250	250	-	± 200	-	1,500	1,500	3,000	1,500	1,500	3,000	3,000	-	-	
Průměr / Average:	7	32458	3011	3028	2886	2897	108	136	277	7	0	0,901	0,448	1,191	0,534	0,312	0,831	3,123	3,059	1	
Odchylka / St.dev.	0	909	590	595	619	621	35	25	20	9	0	0,256	0,123	0,559	0,144	0,062	0,324	0,666	0,673	5	
Min:	7,013	30910	2246	2266	2226	2220	70	95	242	-3	0	0,483	0,316	0,406	0,420	0,266	0,334	2,310	2,340	0	
Max:	7,03	34325	4114	4160	3968	4008	173	176	317	27	12	1,240	0,671	2,160	0,835	0,490	1,420	4,290	4,240	6	
1	7	32120	3459	3427	3456	3450	70	134	265	27	4	0,483	0,335	1,680	0,835	0,299	0,560	3,690	3,680	4	
2	7	31790	2448	2419	2338	2296	85	117	263	12	4	1,050	0,496	0,476	0,420	0,277	1,170	2,400	2,420	2	
3	7	32870	2646	2636	2599	2570	102	137	289	4	4	0,924	0,316	0,979	0,429	0,266	0,924	2,630	2,490	2	
4	7	31745	3261	3339	3156	3210	151	175	263	0	4	1,200	0,536	1,670	0,489	0,291	0,669	3,440	3,390	4	
5	7	34325	4114	4160	3968	4008	80	95	317	16	4	0,811	0,372	2,160	0,644	0,359	0,334	4,290	4,240	4	
6	7	33420	3623	3635	3514	3512	117	156	292	6	4	0,865	0,578	0,977	0,509	0,340	0,873	3,780	3,670	4	
7	7	31875	2665	2688	2236	2314	156	151	258	-3	4	1,210	0,671	0,763	0,490	0,276	0,581	2,590	2,400	2	
8	7	30910	3462	3401	3440	3416	75	129	242	15	4	0,510	0,330	1,720	0,791	0,285	0,646	3,710	3,680	4	
9	7	32160	2305	2266	2226	2220	80	124	270	1	4	0,662	0,473	0,406	0,424	0,280	1,290	2,310	2,340	1	
10	7	32970	2719	2839	2376	2452	93	136	292	-1	4	0,883	0,323	1,010	0,435	0,281	0,836	2,740	2,610	2	
11	7	33025	3186	3237	3076	3090	173	176	290	-3	4	1,240	0,581	1,620	0,474	0,304	0,670	3,390	3,340	4	
12	7	32290	2246	2283	2248	2222	119	106	278	14	4	0,973	0,365	0,826	0,466	0,490	1,420	2,500	2,450	2	

PŘÍLOHA P II : NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY PO ZLEPŠENÍ

Zkouška-SÉRIE A			Silové parametry / Force parameters									Geometrické parametry / Geometry parameters									
Tyre nr.	Pressure	Force	RFPP	RFPP	RFH1	RFH2	LFPP	LFPP	Winkl	Conic.	Kvality síly	T_BUL	T_DEP	T_RO	B_BUL	B_DEP	B_RO	R_RO	R_ROH1	Kvality geo	
Číslo pláště	Tlak	Zatizení	RKS1	RKS2	1HR1	1HR2	LKS1	LKS2	WE	KE	.	Boule horní	Prohlubně horní	LRO late-rál.ház.horní	Boule dolní	Prohlubně dolní	LRO late-rál.ház.dolní	RRO radiální házení	.	.	
Jednotka / Unit	bar	kg	N	N	N	N	N	N	-	N	ks / pcs	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	ks / pcs
Limit OE	-	-	1140	1140	800	800	190	190	-	± 140	-	0,600	0,600	1,500	0,600	0,600	1,500	1,500	-	-	
Limit REPL	-	-	1500	1500	1050	1050	200	200	-	± 150	-	0,800	0,800	2,500	0,800	0,800	2,500	2,500	-	-	
Limit DA	-	-	1700	1700	1200	1200	250	250	-	± 200	-	1,500	1,500	3,000	1,500	1,500	3,000	3,000	-	-	
Průměr / Average:	7	32244	1362	1355	993	1001	113	99	252	-1	5	0,511	0,416	0,713	0,625	0,395	0,981	1,255	1,076	5	
Odchylka / St.dev.	0	493	387	425	355	352	22	24	8	20	2	0,197	0,114	0,223	0,065	0,077	0,306	0,377	0,398	4	
Min:	6,957	31690	981	920	656	638	83	66	240	-33	1	0,250	0,276	0,269	0,528	0,278	0,552	0,744	0,523	1	
Max:	6,971	33235	2068	2126	1638	1682	148	154	263	36	2	0,819	0,622	1,050	0,716	0,488	1,675	2,078	1,722	0	
1	7	31820	2068	2126	1518	1488	92	88	240	6	4	0,479	0,406	0,269	0,580	0,329	0,859	2,078	1,722	1	
2	7	32640	1538	1474	1154	1148	100	93	254	4	3	0,600	0,301	1,050	0,677	0,488	0,721	1,388	1,168	1	
3	7	31765	1133	1110	781	796	83	73	244	3	1	0,272	0,566	0,636	0,716	0,455	0,552	1,193	1,123	2	
4	7	32415	1086	1052	704	638	139	117	257	1	1	0,391	0,453	0,531	0,598	0,477	0,949	1,024	0,840	1	
5	7	32475	1042	1140	656	730	119	95	262	0	1	0,596	0,374	0,750	0,575	0,391	0,965	0,878	0,655	1	
6	7	31690	1458	1428	1046	1034	88	100	246	6	2	0,819	0,622	0,539	0,696	0,376	0,874	1,448	1,415	3	
7	7	32505	1338	1218	1026	1032	148	102	257	36	2	0,766	0,276	0,894	0,671	0,488	0,887	1,207	1,060	2	
8	7	31920	981	920	674	744	107	100	243	0	1	0,592	0,416	0,811	0,650	0,317	1,228	0,744	0,713	2	
9	7	31975	1040	1023	728	720	119	154	252	-31	1	0,348	0,294	0,842	0,560	0,278	1,675	1,094	0,523	2	
10	7	33235	1938	2060	1638	1682	132	66	263	-33	4	0,250	0,455	0,803	0,528	0,355	1,098	1,498	1,537	1	

Zkouška-SÉRIE B			Silové parametry / Force parameters									Geometrické parametry / Geometry parameters									
Tyre nr.	Pressure	Force	RFPP	RFPP	RFH1	RFH2	LFPP	LFPP	Winkl	Conic.	Kvality síly	T_BUL	T_DEP	T_RO	B_BUL	B_DEP	B_RO	R_RO	R_ROH1	Kvality geo	
Číslo pláště	Tlak	Zatížení	RKS1	RKS2	1HR1	1HR2	LKS1	LKS2	WE	KE	-	Boule horní	Prohlubně horní	LRO late- ráł.ház.horní	Boule dolní	Prohlubně dolní	LRO late- ráł.ház.dolní	RRO radiální házení	-	-	
Jednotka / Unit	bar	kg	N	N	N	N	N	N	-	N	ks / pcs	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	ks / pcs
Limit OE	-	-	1140	1140	800	800	190	190	-	± 140	-	0,600	0,600	1,500	0,600	0,600	1,500	1,500	-	-	
Limit REPL	-	-	1500	1500	1050	1050	200	200	-	± 150	-	0,800	0,800	2,500	0,800	0,800	2,500	2,500	-	-	
Limit DA	-	-	1700	1700	1200	1200	250	250	-	± 200	-	1,500	1,500	3,000	1,500	1,500	3,000	3,000	-	-	
Průměr / Average:	7	32091	1119	1155	744	754	109	94	224	14	7	0,384	0,328	0,929	0,395	0,424	1,116	1,028	0,779	6	
Odchylka / St.dev.	0	408	174	180	284	300	24	18	9	19	2	0,151	0,157	0,264	0,104	0,110	0,477	0,304	0,388	4	
Min:	6,97	31600	925	993	198	116	70	63	209	-8	0	0,225	0,184	0,579	0,244	0,228	0,498	0,627	0,170	0	
Max:	6,982	32885	1522	1595	1269	1203	139	119	243	49	1	0,689	0,704	1,215	0,579	0,600	2,027	1,753	1,611	0	
1	7	32130	925	993	756	818	112	97	218	8	1	0,689	0,261	0,579	0,475	0,396	1,353	0,786	0,688	2	
2	7	32885	1522	1595	1269	1203	139	95	243	13	4	0,291	0,704	1,147	0,339	0,521	0,657	1,753	1,611	2	
3	7	32225	962	1027	450	464	98	78	232	8	1	0,340	0,232	1,163	0,347	0,375	1,197	0,627	0,399	1	
4	7	32135	1116	1198	724	774	95	97	221	-8	1	0,225	0,257	1,030	0,411	0,600	2,027	1,050	0,814	2	
5	7	31745	1201	1311	950	1026	132	117	218	33	2	0,368	0,413	0,610	0,312	0,228	1,611	1,235	1,045	2	
6	7	31635	957	1040	198	116	102	119	220	0	1	0,556	0,184	0,714	0,244	0,342	0,988	0,838	0,170	1	
7	7	31795	1106	1098	742	764	70	63	221	8	1	0,286	0,222	0,619	0,579	0,375	1,156	0,962	0,756	1	
8	7	32495	1218	1125	744	768	80	88	228	-5	2	0,514	0,424	1,215	0,300	0,429	0,498	0,971	0,642	1	
9	7	32260	1137	1106	710	674	124	109	225	49	1	0,308	0,216	1,069	0,447	0,558	1,098	1,029	0,688	1	
10	7	31600	1045	1052	892	934	139	80	209	33	1	0,265	0,370	1,143	0,497	0,412	0,570	1,028	0,974	1	

Zkouška-SÉRIE C			Silové parametry / Force parameters									Geometrické parametry / Geometry parameters								
-----------------	--	--	-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Tyre nr.	Pressure	Force	RFPP	RFPP	RFH1	RFH2	LFPP	LFPP	Winkl	Conic.	Kvality síly	T_BUL	T_DEP	T_RO	B_BUL	B_DEP	B_RO	R_RO	R_ROH1	Kvality geo	
Číslo pláště	Tlak	Zatizeni	RKS1	RKS2	1HR1	1HR2	LKS1	LKS2	WE	KE	.	Boule horní	Prohlubně horní	LRO late-rál.ház.horní	Boule dolní	Prohlubně dolní	LRO late-rál.ház.dolní	RRO radiální házení	-		
Jednotka / Unit	bar	kg	N	N	N	N	N	N	-	N	ks / pcs	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	ks / pcs
Limit OE	-	-	1140	1140	800	800	190	190	-	±140	-	0,600	0,600	1,500	0,600	0,600	1,500	1,500	-	-	
Limit REPL	-	-	1500	1500	1050	1050	200	200	-	±150	-	0,800	0,800	2,500	0,800	0,800	2,500	2,500	-	-	
Limit DA	-	-	1700	1700	1200	1200	250	250	-	±200	-	1,500	1,500	3,000	1,500	1,500	3,000	3,000	-	-	
Průměr / Average:	7	32021	849	864	529	552	103	115	205	-44	10	0,391	0,339	0,805	0,353	0,378	1,076	0,784	0,626	9	
Odchylka / St.dev.	0	253	185	171	145	140	38	24	4	29	0	0,048	0,029	0,230	0,127	0,047	0,283	0,117	0,146	1	
Min:	6,966	31540	591	612	276	340	60	88	198	-101	0	0,315	0,288	0,419	0,226	0,310	0,681	0,618	0,449	0	
Max:	6,972	32275	1138	1103	748	782	173	166	211	6	0	0,461	0,389	1,124	0,552	0,448	1,525	0,928	0,847	0	
1	7	32205	766	854	628	600	95	88	202	-61	1	0,360	0,340	0,943	0,323	0,419	0,681	0,791	0,794	1	
2	7	32185	725	781	458	498	63	132	205	6	1	0,440	0,323	0,782	0,264	0,368	0,884	0,618	0,458	1	
3	7	31665	925	893	570	556	117	132	202	-69	1	0,395	0,376	0,419	0,245	0,383	0,685	0,700	0,513	1	
4	7	32050	901	983	486	450	153	166	204	-101	1	0,461	0,288	1,064	0,414	0,386	1,351	0,928	0,531	1	
5	7	32215	1138	1103	710	778	119	119	210	-46	1	0,382	0,389	1,124	0,529	0,343	1,228	0,867	0,761	1	
6	7	31540	798	776	574	556	60	100	198	-29	1	0,383	0,351	0,560	0,552	0,428	1,037	0,789	0,731	1	
7	7	31895	1111	1089	748	782	78	100	201	-29	1	0,423	0,329	0,569	0,472	0,448	0,915	0,918	0,847	1	
8	7	32210	911	925	416	450	173	93	206	-28	1	0,315	0,342	0,777	0,249	0,310	1,225	0,898	0,602	1	
9	7	32275	591	622	422	508	105	122	209	-42	1	0,327	0,332	0,887	0,256	0,387	1,229	0,635	0,570	1	
10	7	31965	620	612	276	340	71	102	211	-45	1	0,426	0,319	0,923	0,226	0,312	1,525	0,695	0,449	2	