

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Strojírenská technologie - technologie obrábění

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Optimalizace a vyhodnocení výrobního procesu svařovaných segmentů
ve společnosti EvoBus Bohemia s.r.o.

Autor: **Bc. Tomáš MARCEL**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Helena Zídková, Ph.D.**

Akademický rok 2012/2013

Oficiální zadání

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma:

„Optimalizace a vyhodnocení výrobního procesu svařovaných segmentů ve společnosti
EvoBus Bohemia s.r.o.“

vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Tato diplomová práce vznikla za podpory projektu ESF OP VpK "Posílení spolupráce mezi vysokými školami, výzkumnými ústavy a průmyslovými partnery v Plzeňském kraji - CZ.1.07/2.4.00/17.0052". Tento projekt napomohl při propojení výstupů diplomové práce mezi aplikačním a akademickým prostředím.

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucí diplomové práce paní Doc. Ing. Heleně Zídkové, Ph.D. za cenné rady a připomínky.

Zároveň děkuji firmě EvoBus Bohemia s.r.o. se sídlem v Holýšově za možnost provést diplomovou práci v jejich podniku a poskytnutí všech potřebných údajů o firmě. Zejména pak děkuji konzultantovi z firmy panu Ing. Miroslavu Uldrychovi za cenné rady a připomínky. A též všem zaměstnancům za ochotu spolupracovat a projevenou trpělivost v době provádění optimalizace procesu.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Marcel	Jméno Tomáš		
STUDIJNÍ OBOR	2303T004 „Strojírenská technologie – technologie obrábění“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Zídková, Ph.D.		Jméno Helena	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ		Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Optimalizace a vyhodnocení výrobního procesu svařovaných segmentů ve společnosti EvoBus Bohemia s.r.o.			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2013
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	98	TEXTOVÁ ČÁST	68	GRAFICKÁ ČÁST	30
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Úvod – EBB Holýšov ; cíle DP Charakter výroby, optimalizační procesy, audit procesu Současný stav procesu Navrhnutá opatření ke zlepšení Vyhodnocení a účinnost opatření Závěr</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">optimalizace, vyhodnocení, autobus, nehoda, nápravné opatření, výroba, výrobní proces</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Marcel	Name Tomáš	
FIELD OF STUDY	2303T004 “ Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Zídková, Ph.D.	Name Helena	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Optimalization and evaluation of the production process of welded segments in the EvoBus Bohemia s.r.o. company		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2013
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	98	TEXT PART	68	GRAPHICAL PART	30
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>Introduction - EBB Holýšov; target BP Character of production, optimization processes, audit proces The current state of the proces Proposed measures to improve the production proces Evaluation and effectiveness of measure End</p>
KEY WORDS	<p>Optimalization, Evaluation, Bus, Disagreement, Corrective Action, Production, Production Process</p>

Obsah

Úvod.....	9
1 EvoBus Bohemia Holýšov	10
1.1 Základní informace o firmě.....	10
1.2 Historie firmy	11
1.3 Budoucnost firmy.....	11
1.4 Přístup k životnímu prostředí	12
2 Charakter výroby, příčiny vzniku neshod	13
2.1 Výrobní program	13
2.1.1 Nářezárna	14
2.1.2 Fosfátovna.....	15
2.1.3 Svařovna.....	15
2.1.3 Kontrola	15
2.2 Typy vyráběných autobusů	16
2.3 Optimalizační systémy	17
2.4 Plánování.....	19
2.5 Normy v EvoBus Bohemia.....	20
2.6 Audit procesu	22
2.7 Příčiny vzniku neshod	23
3 Současný stav procesu.....	24
3.1 Analýza současného stavu procesu	24
3.2 Vymezení důležitých procesů	25
3.2.1 Layout výrobního procesu.....	25
3.2.2 Vývojový diagram výrobního procesu	26
3.3 Četnost neshod v jednotlivých úsecích výroby	27
3.3.1 Četnost neshod vyjádřená Paretovou analýzou	28
3.3.2 Četnost neshod vyjádřená ABC analýzou	30
3.3.3 Charakteristika četnosti neshod a kontroly v jednotlivých úsecích REISE.....	31
3.4 Nalezení slabých míst, stanovení cílů optimalizace	33
3.4.1 Nalezení slabých míst.....	33
3.4.2 Stanovení cílů optimalizace	34
3.5 Variantní návrhy odstranění slabých míst.....	35
3.6 Schéma optimalizovaného procesu	35
4 Navrhnutá opatření ke zlepšení.....	37
4.1 Zavedení principu kontroly 4 očí měřených rozměrů u segmentů	37
4.2 Optimalizace kontrolních plánů se 100% kontrolou	37
4.2.1 Optimalizace měřících protokolů	37
4.2.2 Optimalizace Checklistů	38
4.3 Zavedení dynamizačního pravidla	39
4.4 Optimalizace procesu, odhalování neshod a slabých míst v procesu	39
4.4.1 Nesplnění rovinnosti v horním patře Qt.NA u segmentů GTHD 416/417, 419, RL	40
4.4.2 Poškozené palety a adaptéry	43
4.4.3 Talíře na Qt. 8 u zadních segmentů GTHD, HD mimo osu	44
4.4.4 Nedodržený rozměr a rovinnost v ose "X" u zadních segmentů GTHD a HD	45
4.4.5 Práh a Qt. 1 u předních segmentů UL příliš vysoko.....	48
4.5 Budování optimalizace procesu, plynulé zdokonalování se zapojením samotných pracovníků	53
4.6 Centrální řízení kontrolních plánů z jednoho místa.....	54
5 Vyhodnocení a účinnost opatření	55
5.1 Vyhodnocení způsobilosti procesu	55
5.2 Technicko - ekonomické vyhodnocení projektu	59
5.2.1 Technické vyhodnocení.....	59
5.2.1 Ekonomické vyhodnocení	60
6 Závěr	64
Citace a použitá literatura.....	66
1. KNIŽNÍ PUBLIKACE.....	66
2. PUBLIKACE NA INTERNETU	66
Přehled použitých obrázků.....	67
Přehled použitých tabulek	68

Přehled použitých označení a jednotek

OZNAČENÍ	JEDNOTKY	NÁZEV
A	ks	Neshoda typu A – závažná 2x násobená
B	ks	Neshoda typu B – 1x násobená
Mm	mm	Milimetr
Qt.	-	Querträger – příčný nosník
QS	-	Quality sicherung – kvalita jakosti
N	ks	Vyrobené množství segmentů
np	ks	Počet neshod (reklamací)
p	-	Podíl neshodných jednotek
M	měsíc	Měsíce
UCLp	-	Horní mez regulačního diagramu
LCLp	-	Dolní mez regulačního diagramu

Úvod

Pro spolupráci při tvorbě mé diplomové práce jsem oslovil firmu EvoBus Bohemia s.r.o. se sídlem v Holýšově. Rozhodování, kterou firmu zvolit a zároveň požádat o pomoc při tvorbě diplomové práce, nebylo nikterak složité. Hlavními důvody, které zjednodušily mé rozhodování, bylo především několikaleté působení ve firmě během studia v oblasti kontroly kvality a též velmi dobrá zkušenost a vstřícné jednání firmy při zhotovování mé bakalářské práce. Velký význam při mém rozhodování měl i fakt, že ve firmě je kladen velký důraz na jakost a zároveň se firma snaží být aktivním účastníkem ochrany životního prostředí.

Vzhledem k současné ekonomické situaci a trendem šetření, kterým se v této době ubírají všechny firmy, nebylo zapotřebí téma diplomové práce dlouho vymýšlet. Podnět přišel ze strany vedení firmy a cílem je dosažení ekonomičtějšího výrobního procesu se zajištěním kvality výrobku za pomoci minimalizace rovnání u výrobku. Tématem diplomové práce tedy je: *„Optimalizace a vyhodnocení výrobního procesu svařovaných segmentů ve společnosti EvoBus Bohemia s.r.o.“*.

Při řešení diplomové práce bude autor postupovat tak, aby bylo vyhověno požadavkům současného trhu na výrobky, který vyžaduje nejvyšší kvalitu za co nejnižší výrobní čas a především také za co nejnižší výrobní náklady. Autor práce se tedy bude postupně zabývat otázkami: jak lze vyrábět ve vyšší kvalitě, proč výroba nestíhá vyrábět rychleji, jak lze snížit náklady a kde hledat případné úspory.

Práci lze rozdělit na oblast teoretickou a část, ve které budou využity praktické dovednosti. V úvodních dvou převážně teoretických částech bude diplomová práce zaměřena na základní informace o firmě EBB Holýšov s.r.o., bude přiblížen charakter výroby, využívané optimalizační systémy a audit procesu. Další body diplomové práce jsou již praktického charakteru a vyjadřují jednotlivé cíle práce. Tyto cíle lze rozdělit do tří etap.

Prvním požadavkem je popsání současného stavu výrobního procesu. Tento popis by měl definovat současný stav, vymezit důležité procesy, odhalit slabá místa výrobního procesu a nalézt variantní návrhy jejich odstranění. Tyto informace pomohou odhalit oblasti, na které bude práce zaměřena v následujících cílech.

Druhý stěžejní bod práce, jehož cílem bude vytvoření potřebných optimalizačních opatření, by měl zajistit zvyšující se kvalitativní a ekonomickou úroveň výrobního procesu.

Účinnost navržených opatření bude shrnuta v závěrečné kapitole práce, kde bude provedeno vyhodnocení způsobilosti procesu. Dosažené úspory vlivem optimalizace procesu budou vyjádřeny pomocí technicko ekonomického vyhodnocení.

1 EvoBus Bohemia Holýšov

1.1 Základní informace o firmě

Firma EvoBus Bohemia je českou dceřinou společností společnosti Evobus GmbH, která odpovídá za výrobu autobusů v Evropě a spadá do celosvětového koncernu Daimler sídlící v Německu. Výrobní pobočky má téměř po celém Světě (Evropa, Amerika, Austrálie, Asie i Afrika). V Evropě jsou největší závody v německém Manheimu a Ulmu, další závody najdeme ve francouzském městě Ligny, španělském Sámanu a samozřejmě v Holýšově.

Holýšovská továrna se věnuje výrobě rámu autobusů Mercedes-Benz a Setra, které se pak vyvázejí do sousedního Německa do již zmiňovaných závodů v Manheimu a Ulmu, kde se montují v jeden celek. V současné době na rozloze kolem 21700 m² zaměstnává holýšovský EvoBus přibližně 550 zaměstnanců, z toho asi 90 externistů. V Holýšově se díky vynaloženým investicím používají výhradně nejmodernější pracovní postupy. Právě přísné dodržování moderních výrobních postupů staví Daimler do čela evropského standardu výroby autobusů. Mezi všemi evropskými výrobci autobusů je s podílem okolo 31% jedničkou na trhu.



Obrázek 1 - EvoBus Bohemia s.r.o.

[1]

1.2 Historie firmy

Produkce autobusových skeletů má v Holýšově již dlouholetou tradici. A to díky podniku SVA Holýšov, který ve městě dlouhé roky působil. Ale teď už k samotné firmě EvoBus Bohemia.

1998 - duben	byla založena firma EvoBus Bohemia s.r.o.
1999 – duben	došlo k vytvoření společného podniku mezi společnostmi EvoBus Bohemia a holýšovskou výrobnou karosérií - SVA Trade GmbH; v pronajatých prostorách společnosti SVA Holýšov a.s. byla zahájena výroba, ale bylo zapotřebí zrekonstruovat několik hal včetně plochy pro administrativní aparát
2001	z důvodu nedostatečných kapacit prostorů bylo zapotřebí postavit novou halu, proto vznikla nová továrna v lokalitě na zelené louce
2002 - leden	vznikaly první komponenty v novém závodě, v tomto období se zde začaly vyrábět i podvozky REISE, které se dodávaly do německého Manheimu
2004	kromě podvozků se spustila výroba předních a zadních stěn autobusů
2005	podnik prokázal schopnost splnit přísné standardy kvality a vědělo se, že je plně konkurenceschopný, převzal tedy výrobu segmentů pro městské autobusy STADTBUS
2009 - leden	rozšíření výroby - výroba střech pro městské autobusy STADTBUS
2011	z důvodu nedostatečných kapacit prostorů současné haly a plánovaným rozšířením výroby o nové typy autobusů byla vedle současné haly přistavěna nová hala (HALA 20)
2012 - leden	rozšíření výroby o druhý typ střech - výroba střech pro autobusy REISE
2012 - podzim	postupný náběh prototypových typů NCR a EURO 6 do sériové výroby

V současnosti vlivem rozšiřování výroby a rozvoje firmy jsou do firmy mateřskou společností EvoBus GmbH neustále investovány nemalé finanční prostředky. [1]

1.3 Budoucnost firmy

2013/2014	úspěšné zvládnutí spuštění výroby nových typů NCR a EURO 6
Průběžně	činit vše pro výnosnost a prosperitu závodu a zároveň se spolehlivě postavit k činnosti při vysokých kolísavých vytíženích [1]

1.4 Přístup k životnímu prostředí

Firma EvoBus Bohemia jako aktivní účastník ochrany životního prostředí pokládá za velmi důležité zajistit veškeré principy obsažené v systému environmentálního řízení. Proto si jako základní úkol vytyčila snižování dopadů činnosti podniku na životní prostředí a prevence jeho znečišťování.

EvoBus Bohemia má prostřednictvím vedení podniku dlouhodobě stanovenou politiku ochrany životního prostředí. Environmentální politika se dotýká všech oblastí činnosti podniku. Oblast této politiky se týká už samotného kontaktu s dodavateli všech vstupů do firmy, následně pokračuje kontaktem se zákazníky formou výrobků, které firma dodává a v neposlední řadě se týká kontaktu se státní správou a regionem, ve kterém se společnost nachází. Jako samozřejmost je brána vlastní činnost podniku a všech zaměstnanců.

Všechny tyto oblasti spolu velice úzce souvisí a jsou nerozlučně provázány. Od dodavatelů je při příjmu materiálu očekáváno jednoznačné stanovení všech parametrů složení a eliminace všech prvků, které nejsou v souladu s platnými zákony a limity týkajícími se životního prostředí. Pokud toto kritérium není splněno, dodavatelé jsou z dodávek vyloučeni.

Firma je neustále v kontaktu se státní správou a regionem, se kterými konzultuje veškeré ekologické problémy a věci, které s nimi souvisí. Také se snaží najít společné postupy pro jejich řešení. Jednotlivé postupy u všech pracovních činností jsou stanoveny tak, aby nehrozilo poškozování životního prostředí. Neekologické postupy jsou předem vylučovány a nahrazovány jinými vyhovujícími. Pro zjištění a utvrzení, zda jsou všechny limity dodržovány, poskytuje firma pravidelná hlášení včetně rozborů akreditovaných laboratoří všem dozorovým orgánům státní správy. Podnikový ekolog a odpadový hospodář také sledují neustále všechny novely a úpravy v legislativě, které jsou ihned zpracovány a převedeny do praxe.

U každého zaměstnance je vedením firmy vyžadována odpovědnost za dodržování ochrany životního prostředí. Zaměstnanci jsou pravidelně školeni a seznamováni s touto problematikou, proto jsou povinni naslouchat pokynům svých nadřízených a neporušovat postupy vedoucí k narušení životního prostředí. Porušení předpisů k ochraně životního prostředí je u všech zaměstnanců klasifikováno jako hrubé porušení pracovní kázně se všemi souvisejícími finančními a personálními důsledky.

Od roku 2012 je firma EvoBus Bohemia s.r.o. držitelem certifikátu normy ČSN EN ISO 14001:2005. [5]

2 Charakter výroby, příčiny vzniku neshod

2.1 Výrobní program

Podepsáním smlouvy zákazníkem odstartuje samotná výroba autobusu. Výroba hotového autobusu trvá obvykle kolem jednoho měsíce. Holýšovský závod EvoBus Bohemia je prvním místem, kde se ze šestimetrových profilů začne vytvářet autobus. Ovšem odsud si zákazník nemůže odvézt rovnou hotový autobus. Finálním produktem, který opouští brány závodu, jsou pouze svařence spodní části autobusu, střech a jeho přední a zadní stěny. Výroba začíná už samotným zajištěním a výrobou jednotlivých kusů.

Přibližně pět tisíc dílů je nakupováno od nasmlouvaných hlavních dodavatelů a přes šest tisíc dílů si holýšovský závod sám vyrábí na svém pracovišti zvaném nářezárna. Na nářezárně se z šestimetrových profilů řezou, frézují či vrtají jednotlivé kusy, nazývané též nářezy. *(o nářezárně více v kapitole č. 2.1.1)*

Nové díly a nářezy poté putují do oddělení zvaného fosfátovna, kde je hlavním úkolem dokonale jednotlivé díly odmastit a vysušit a získat tak nové vlastnosti ochrany proti korozi. Po fosfátování jsou díly uloženy na sklad. *(o fosfátovně více v kapitole č. 2.1.2)*

Ze skladu jsou jednotlivé díly a nářezy dopravovány pomocí systému KANBAN na svařovnu. Hlavní náplní práce na svařovně je samotné svařování díky svařovacím přípravkům, které jsou na každém pracovišti a dále také broušení a rovnání svařených částí. *(o svařovně více v kapitole č. 2.1.3)*

Po vyrobení těchto svařených částí (přední, střední, zadní část rámu, přední a zadní čelo, střecha) a provedené výstupní kontrole je komponent připraven k expedici do německého Manheimu. V Manheimu se k jednotlivým dílům přidávají boční panely a kostra autobusu se kompletuje. To se odehrává v sestavovacím přípravku. V celé výrobě je velmi dbáno na přesnost rozměrů, vždyť na 15ti metrové kostře autobusu je povolena odchylka jen 2 milimetry. [1]

2.1.2 Fosfátovna

Hotové nářezy postupují do fosfátovny, kde se pracuje ve dvousměnném provozu. Materiál projde procesem namáčení v několika lázních v plně automatické lince. Důležité je dokonalé odmaštění ve třech po sobě jdoucích lázních. Po ukončení celého fosfátovacího programu a vysušení je materiál odolnější proti korozi a je následně uložen do skladu. Koš naplněný materiálem projde fosfátovací linkou asi za dvě a půl hodiny. Každých deset minut se vkládá do linky koš nový. Do lázně se vkládá i rezavý materiál od dodavatelů, který je určen k odrezení. Vzniklý odpad se převádí do pevného skupenství. Specializovaná firma zajišťuje jeho odvoz a likvidaci. [1]

2.1.3 Svařovna

Na svařovně pracuje kolem 300 zaměstnanců, pracujících ve dvou směnách. Pouze na svařovacím robotu je provoz třísměnný. Dělníci jsou přiřazeni do jedné ze čtrnácti skupin. Skupiny se od sebe liší podle toho, jakou část kostry nebo typ autobusu vyrábí – KOMBI, REISE, STADTBUS.

Náplní práce je svařování nářezů a nakupovaných dílů (polotovary). Dále se svařence brousí a rovnají. Ve svařovacích boxech do svařovacích přípravků jsou vkládány příslušné díly a tyto jsou svařeny. Následně probíhá obroušení a rovnání. Cílem vyrovnání je odstranění nerovných nebo pokroucených ploch ohřátím materiálu vysokou teplotou. Tyto svařence dále zpracovává tzv. „linie“. Nejprve se na sestavovacím přípravku založí všechny potřebné díly (podskupiny) dle vyráběného typu autobusu a tyto se částečně svaří.

Komponent je následně upnut do dovařovacího přípravku o délce zhruba pět metrů. Ten se může přetáčet dokola kolem své osy a umožňuje svařování komponentu i zespodu a současně i kontrolu, zda jsou sváry na místech, kde mají být. Svařený výrobek postupuje ke kontrole. K přesunu komponentů slouží několik mostových jeřábů. [1]

2.1.3 Kontrola

Kontrolu ve firmě dělíme na vstupní, průběžnou a výstupní. V dalších odstavcích se o jednotlivých úsecích kontroly dozvíme více.

Kontrola kvality jednotlivých kusů začíná už proměřením jednotlivých vzorků, které jsou dodávány od dodavatelů. K proměření se používá standardních základních měřidel (posuvné měřidlo, úhломěr, mikrometr, svinovací metr, spárové měrky, atd...). K měření obtížnějších součástí se využívá přesnějšího trojrozměrného měřidla FARO. Součásti (vzorky), které splňují požadavky dle daných norem, jsou vstupní kontrolou přijaty a odeslány k dalším

procesům ve výrobě. Součásti nespĺňující požadavky jsou buď podmíněně přijaty a dodavatelé jsou informováni, aby zajistili nápravu daného rozměru nebo jsou obratem navraceny dodavateli jako nevyhovující.

Během celého výrobního procesu je prováděna průběžná kontrola kvality. Už samotným dělníkem při svařování a broušení nebo dělníkem při rovnání. Na jednotlivých úsecích výroby pracovníci oddělení kvality provádí dílčí měření a případné odchylky od výkresové dokumentace nechávají odstraňovat. Odchylky jsou přípustné podle norem. Rovněž se opravují zjištěné nedostatky v kvalitě provedení svárů nebo zabrušování.

Po dokončení všech svařovacích prací, obroušení, začištění a vyrovnání komponentu, je prováděna výstupní kontrola. Výstupní kontrola je zaměřena na měření důležitých rozměrů – kót, rovinnost v osách „X“, „Y“ a „Z“. Velký důraz je také kladen na kóty, na něž byla v minulosti uplatněna reklamace. Dále je prováděna kontrola úplnosti výrobku dle daného typu. Na některých kusech se provádí na základě přání zákazníka drobné úpravy nebo změny – tzv. KSW. Důležitá je i kontrola všech svárů na komponentu, zda jsou všude, kde mají být a zda jsou provedeny v potřebné kvalitě. Veškerá kontrola je prováděna dle výkresové dokumentace.

Vzhledem k tomu, že v podmínkách EvoBusu nelze provádět kontrolu přeměřením každé kóty, neboť toto by bylo velmi zdlouhavé a téměř neproveditelné, využívá se přístroj k trojrozměrné kontrole. Dále provádějí kontroloři na základě plánu u všech typů výrobků audit – shodu výrobků. [1]

2.2 Typy vyráběných autobusů

Firma EvoBus vyrábí autobusy dvou tradičních značek Mercedes-Benz a Setra. Ovšem tyto autobusy jsou navzájem velmi odlišné, jak vzhledem a vybavením, tak i účelem použití. Společnou značku Mercedes-Benz a Setra nesou na své přídi typy REISE a KOMBI, STADTBUS má značku Mercedes-Benz a DP (Doppelstock) je označen jako Setra.

Autobusy typu KOMBI jsou meziměstské, které však nejsou určeny pro dálkovou přepravu. Jejich uplatnění je hlavně ve spojení větších center s periferií v okruhu přibližně padesáti kilometrů. Naproti tomu typ REISE je ryze dálkový autobus, který slouží jak pro dálkové (např. mezistátní) linky, tak je hojně využíván cestovními kanceláři k dopravě turistů při zájezdech. Typ DP se od ostatních liší tím, že je dvoupodlažní. Stejně jako předchozí typ je využíván v dálkové dopravě a pojme přes devadesát pasažerů. Pro městskou hromadnou dopravu je určen autobus typu STADTBUS.

V roce 2007 byl na trh uveden nový typ městského autobusu STADTBUS s názvem CapaCity. Na výrobě jeho prototypu se podílela i holýšovská pobočka. Tento nízkopodlažní velkoprostorový linkový autobus umožňuje při své délce 19,54 metrů výrazně zvýšit počet přepravovaných osob. Cestujícím je k dispozici dokonce 193 míst k sezení. Pro silniční provoz tohoto vozidla je však zapotřebí zvláštního povolení, jelikož délka autobusu překračuje zákonem povolenou hodnotu, která činí 18,75 metrů. Velká poptávka po tomto novém typu byla zaznamenána ihned po jeho uvedení na trh. Produkce na rok 2008 byla 226 autobusů. Dosavadním majoritním odběratelem se stalo Turecko. [1]

2.3 Optimalizační systémy

Z důvodu vysoké denní produkce autobusů Mercedes-Benz a Setra (přibližně 35 kusů) a rozmanitosti vyráběných typů je prakticky nemožné všechny díly a kusy pro výrobu dlouhodobě skladovat. Pro takové účely je ve firmě zavedena propracovaná organizace a efektivně fungující skupina pracovníků. Každý pracovník je zařazen do určité skupiny, zná přesně definované skupinové cíle, od nichž se odvíjí i prémie, a tím je zajištěna motivace pro dosažení lepších pracovních výsledků jak pracovníka, tak i celé skupiny.

Výroba v EvoBusu je řízena dle systému **DCPS**- Daimler-Chrysler Productions System. Tento systém popisuje, které procesy je nutné ve výrobě utvářet, zavádět a udržovat, aby došlo k naplnění základního podnikatelského cíle. Tímto cílem je zajistit při každodenní činnosti prostřednictvím používání standardizovaných metod podnikání s co nejmenšími náklady a co největší produktivitou, respektive ziskem. Každý rok probíhá audit DCPS, jehož výsledky ukazují procento dosažení optimální úrovně stanovené centrálou. V roce 2006 bylo dosaženo necelých 70%, o rok později došlo ke zlepšení na 74%. V letech 2008 a 2009 došlo opět k navýšení. V následujících letech 2010, 2011 se podnik přiblížil k 80%. DCPS je používán ve všech pobočkách DaimlerChrysler, to usnadňuje práci zaměstnancům, kteří jedou na stáž do sesterské firmy. Pracovník se pohybuje ve známém prostředí, není proto potřeba dlouhého zaškolení.

Dále je ve firmě zaveden optimalizační zásobovací systém **KANBAN**. Jeho uplatňování ve firmě je nutností vzhledem k výši vyráběných (6000ks) a nakupovaných (5000ks) dílů. Je zřejmé, že všechny díly nemohou být umístěny na skladě či na dílně. Tam je pouze část z nich, které jsou nejčastěji používány. Každý díl má své pevně stanovené místo, které je označené štítkem, na němž je zapsáno číslo dílu, označení daného místa, minimální zásoba a dávka. Tyto údaje jsou zobrazeny i na tzv. „kanban kartě“, která má podobu papíru zataveného v průhledné fólii. Při dosažení minimální zásoby svářeč kanban kartu vhodí do

bedny s označením „KANBAN“. Plánovač výroby (buď na nářezárně či ve skladu – podle toho, o jaký díl se jedná) poté zadá příslušnému oddělení úkol vyrobit určitý počet kusů daného dílu, který je pevně stanoven na kartě v kolonce dávka. Po vyrobení potřebných kusů a nafosfátování se spolu s kanban kartou převezou na dílnu na příslušné místo. Tento proces se poté po dosažení minimální zásoby opět opakuje. Výhodou tohoto systému je maximální přehlednost.

Firma též využívá známý systém **JIT (Just in Time)**, jehož podstatou je: „Správný výrobek dodávat ve správném množství ve správném čase a za správnou cenu“. Jeho existenci umožňují standardy, pořádek a čistota v závodě. Systém je založen na čtyřech pilířích – nulová chyba, zákaznický takt, jednokusový tok, táhnoucí systém.

Základ výrobního systému firmy je tvořen **5S (program dokonalého úklidu)**:

- „Seiri“ – roztřídí a odstraň vše nepotřebné
- „Seiton“ – zorganizuj
- „Seiso“ – udržuj vše uklizené
- „Seiketsu“ – standartizuj
- „Shitsuke“ – vyškol a zaveď disciplínu

Dalším programem, který je ve firmě uplatňován je **program nulové chyby**. Tento program představuje prevenci, rozpoznání a odstranění chyb. Jeho princip je založen na včasném předcházení možnosti vzniku chyb, to představuje nejehospodárnější způsob zajištění kvality. Odstraněním zbytečných časových odstupů mezi realizací, užitím a spotřebováním dochází ke zvýšení kvality procesů. Tento program je sice náročnější na realizaci, avšak výsledkem realizování jsou úspory snížením objemu vázaných oběžných prostředků a u hmotných výrobků zmenšením potřebných skladovacích prostor.

Při plánování jakosti se též využívá tzv. **POKA – YOKE**. Je to opatření, které zabraňuje vzniku chyb v závodě. POKA představuje omyl, neúmyslnou chybu a YOKE zabraňuje vzniku chyby. POKA – YOKE je nosíkem 100% kvality. Návrh na opatření podávají sami zaměstnanci, stejně tak podávají tzv. KVP návrhy (možná vylepšení ve výrobě), které pokud jsou přijaty, jsou ohodnoceny prémie.

Počátkem roku 2005 byl nastartován ve všech závodech společnosti EvoBus projekt nazvaný **BusPlus**, který si kladl za cíl vylepšit a posílit konkurenceschopnost firmy na světovém trhu autobusů. Cílem tohoto projektu bylo snížení rizik a zajištění úspěšných hospodářských výsledků v nadcházejících letech. BusPlus je program, který probíhal od roku 2005 do roku 2007 a od roku 2007 přináší efekty ve výši 200 milionů Euro ročně pro celou

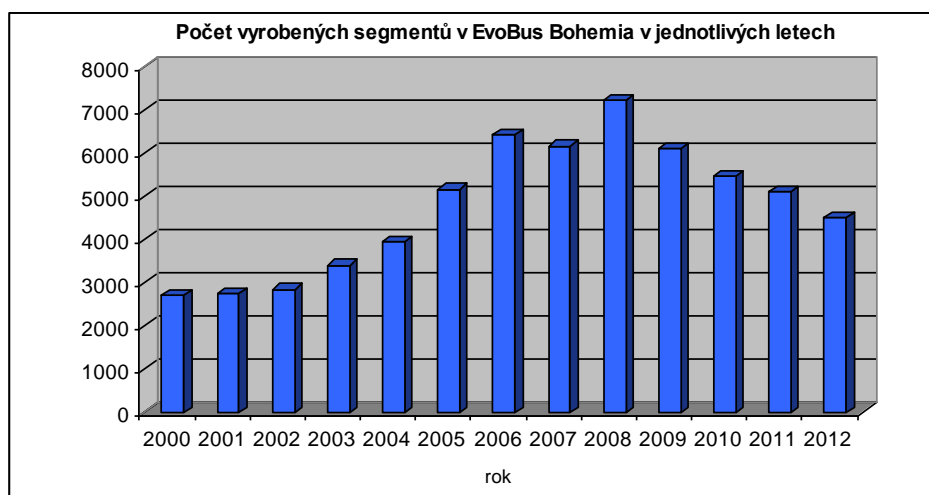
společnost EvoBus. V holýšovském závodě je o tomto projektu informován každý pracovník a pro všechny se stal prioritou, díky níž si zaměstnanci zachovávají do budoucna svá pracovní místa. Každý pracovník ví přesně to, co pro tento projekt může udělat a čím může být celé společnosti prospěšný. [1]

2.4 Plánování

Úsek plánování je nedílnou součástí každé výrobní společnosti. Stejně tak je tomu i v EvoBusu, kde se každý rok sestavuje přibližný výrobní program, který popisuje vývoj na trhu vyráběných autobusů v daném roce. Výrobní program je díky této činnosti vyvážený a plynulý. Zároveň dochází k plánování rozvoje investic, počtu zaměstnanců, objednávání nakupovaných dílů a plánování nákladů. Ovšem plány se podle aktuální situace vývoje na trhu průběžně (nejčastěji měsíčně) aktualizují a upřesňují.

Na plánování výrobního programu navazuje plánování přímo ve výrobě, které sdělí jednotlivým pracovištím, jaké typy autobusů se budou v daném měsíci či týdnu vyrábět. Toto plánování je velice důležité pro samotné zaměstnance. Udává totiž zaměstnanci náplň práce v ten konkrétní den. Zaměstnanci úseku plánování mají též na starosti sběr kanban karet. Pomocí nich zadávají nářezárně počet a druh dílů, které je zapotřebí vyrobit.

Následující graf (*Obrázek 3*) udává počet vyrobených segmentů ve společnosti EvoBus od roku 2000 až po rok 2012. Graf ukazuje, že počet vyrobených segmentů se v jednotlivých letech zvyšoval. Pokles v roce 2007 je dán špatnou situací na trhu v prvním čtvrtletí, v dubnu 2007 však nastal zvrat a ve druhé polovině roku zaznamenal holýšovský závod nárůst výroby převyšující předcházející rok o 20%. Nejvyšší hodnoty dosáhl počet vyrobených segmentů v roce 2008. Od roku 2009 výroba opět klesala až na hodnotu přibližně 4500 segmentů vlivem celosvětové ekonomické krize. [1]



Obrázek 3 - Počet vyrobených segmentů v jednotlivých letech

2.5 Normy v EvoBus Bohemia

V této kapitole je uveden přehled několika základních norem, které jsou uplatňovány ve firmě a kterých je podnik též držitelem certifikátu.

- **TS 16949:2009**

Je mezinárodní norma managementu kvality, která je specificky upravena pro automobilový průmysl ve snaze zlepšit kvalitu a zajistit integritu zásobování v průmyslu. Mezi společnostmi, které podporují znění této normy, patří BMW, Chrysler, Daimler, Fiat, Ford, GM, PSA, Renault a VW.

Zavedení normy TS 16949 vede k podstatnému zlepšení všech aspektů kvality, dodávek a celkové účinnosti v celém dodavatelském řetězci. Zavedení této normy má také za následek snížení požadavku na opakované audity výrobců. The International Automotive Task Force (IATF), která představuje hlavní OEMs, je odhodlána zajistit, aby TS 16949 zůstala normou pro managementy kvality v oblasti automobilového průmyslu i nadále.

Norma je použitelná pro jakoukoliv organizaci, která vyrábí součástky, sestavy nebo díly pro zabezpečení dodávek do automobilového průmyslu.

Výhody certifikace TS 16949:

- Mezinárodní uznání renomovaného dodavatele - certifikace je uznávána a akceptována v rámci celého dodavatelského řetězce pro automobilový průmysl jako měřítko standardu.
- Spokojenost zákazníků - prostřednictvím dodávky výrobků, které trvale splňují požadavky zákazníků.
- Snížené náklady na soulad s požadavky zákazníka - prostřednictvím zavedení jednotného systému managementu a snížení požadavků auditu.
- Snížení provozních nákladů - prostřednictvím neustálého zlepšování procesů a výsledné provozní efektivnosti
- Lepší vztahy se zúčastněnými stranami – včetně zaměstnanců, zákazníků a dodavatelů
- Soulad s legislativou – pochopením principu, jak legislativní požadavky a požadavky předpisů ovlivňují organizaci a její klienty.
- Lepší řízení rizik - prostřednictvím větší důslednosti a sledovatelnosti produktů a služeb
- Zvýšení kreditu obchodního jména – prostřednictvím nezávislé kontroly uznaných norem

- Zvýšení konkurenceschopnosti - zejména v případech, kdy specifikace při zadávání zakázek vyžaduje certifikaci jako jednu z podmínek pro účast na zakázce. [1]

- **BOS (Bus Operating System)**

Norma speciálně určená autobusovému průmyslu. [1]

- **VDA**

Soubor norem německého automobilového průmyslu. Mají několik dílů, každý díl má několik částí, každá se věnuje jiné problematice. [1]

- **MB Norm**

MBST (Mercedes Benz Special Terms)

Interní normy k značce Mercedes Benz [1]

- **Materiálové normy**

Normy délky a tvaru pro různě technologicky zpracované díly (tváření, svaření, obrábění) [1]

- **ČSN EN ISO 14001:2005**

Specifikuje požadavky na systém environmentálního managementu (systém ochrany životního prostředí) tak, aby organizace mohly řídit svá rizika (environmentální aspekty) v závislosti na její činnosti. Norma je zpracována tak, aby byla kompatibilní s normami ISO 9001 a OHSAS 18001.

Organizace vytvoří a zavede politiku a stanoví takové cíle, které zahrnou požadavky právních předpisů a jiné požadavky, které se na ní v oblasti ochrany životního prostředí vztahují. [6]

Normy jsou rozčleněny na:

- *ČSN EN ISO 14001:2005 Systémy environmentálního managementu - požadavky s návodem pro použití*

V ČSN EN ISO 14001 jsou specifikovány požadavky na systém environmentálního managementu, který mohou organizace používat pro interní aplikaci, certifikaci nebo pro smluvní účely s dodavateli a zákazníky. Využívá se při certifikaci k nezávislému posouzení schopnosti organizace vytvořit a udržovat postupy k identifikaci environmentálních aspektů

svých činností, služeb a výrobků, které mohou řídit a na které mohou podle očekávání mít určitý vliv, plnění právních a jiných požadavků, vlastních požadavků stanovených pro efektivní fungování všech procesů a neustálého zlepšování systému environmentálního managementu.

- *ČSN EN ISO 14004:2005 Systémy environmentálního managementu - Všeobecná směrnice k zásadám, systémům a podpůrným metodám*

V ČSN ISO 14004 je uveden návod na širší rozsah systému environmentálního managementu, než poskytuje ČSN EN ISO 14001. Je soustředěna zejména na neustálé zlepšování výkonnosti a efektivnosti celé organizace. [7]

Přínosy certifikace podle ČSN EN ISO 14001:2005

- zajištění a vylepšení péče o životní prostředí
- uvědomování si vlastní odpovědnosti
- odhalení, popsání rizik a jejich snižování
- zlepšení profilu/image firmy
- motivace zaměstnanců
- včasné rozpoznání problémů s životním prostředím
- více záruk za plnění právních a jiných požadavků
- konkurenční výhody
- nástroj řízení pro vhodné využívání zdrojů [7]

2.6 Audit procesu

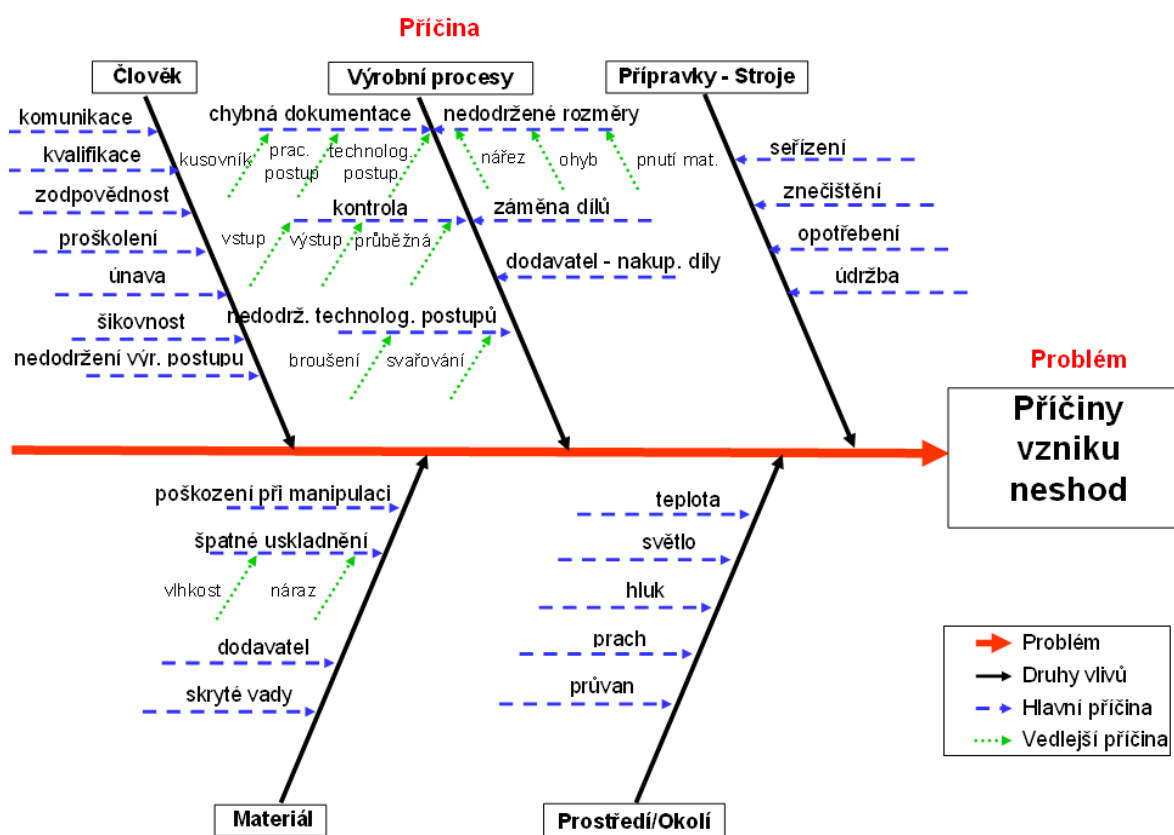
Každý rok probíhá ve firmě audit procesu. Audit provádí auditoři z německé pobočky firmy. Cílem tohoto auditu je zjištění, zda jsou splněny předem dané body uvedené v plánu auditu. Body jsou uspokojivé v případě, že jsou splněny alespoň z 75%. V případě nesplnění (méně než 75%) auditoři napíší hodnocení a příčinu neshody. Dle tohoto posudku musí v dohledné době úsek ve firmě, kde se problém vyskytl, vytvořit patřičné nápravné opatření, aby se zamezilo dalšímu výskytu této chyby.

Mezi hodnotící kritéria patří kvalifikace, stav svařovacích prostředků, průběh procesu, stav přípravků, stav komponentů před dokončením, pomocná/ruční výroba, výsledný produkt a záření s nebezpečnými látkami. U jednotlivých kritérií se dle výsledných hodnot u posuzujících bodů vytvoří průměrný výsledný koeficient. Z těchto koeficientů se poté průměrem těchto hodnot sestrojí celková finální hodnota spokojenosti auditu procesu ve firmě.

2.7 Příčiny vzniku neshod

Příčiny vzniku neshod ve firmě jsou znázorněny v **Ishikawa diagramu** (diagram příčin a následků), jehož cílem je nalezení nejpravděpodobnější příčiny řešeného problému. Tento diagram je dle svého vzhledu také nazýván jako diagram rybí kosti. Princip vychází ze základního zákona – „každý následek (problém) má svou příčinu nebo kombinaci příčin“.

Hlavní příčiny vzniku neshod po sestavení a zhotovení Ishikawa diagramu lze rozdělit do pěti hlavních příčin a to: *člověk, postupy – výrobní procesy, přípravky - stroje, materiál, prostředí*. Tyto hlavní příčiny mají řadu podpříčin. Všechny příčiny a podpříčiny jsou uvedeny na obrázku 4.



Obrázek 4 - Ishikawa diagram - příčiny vzniku neshod

[1]

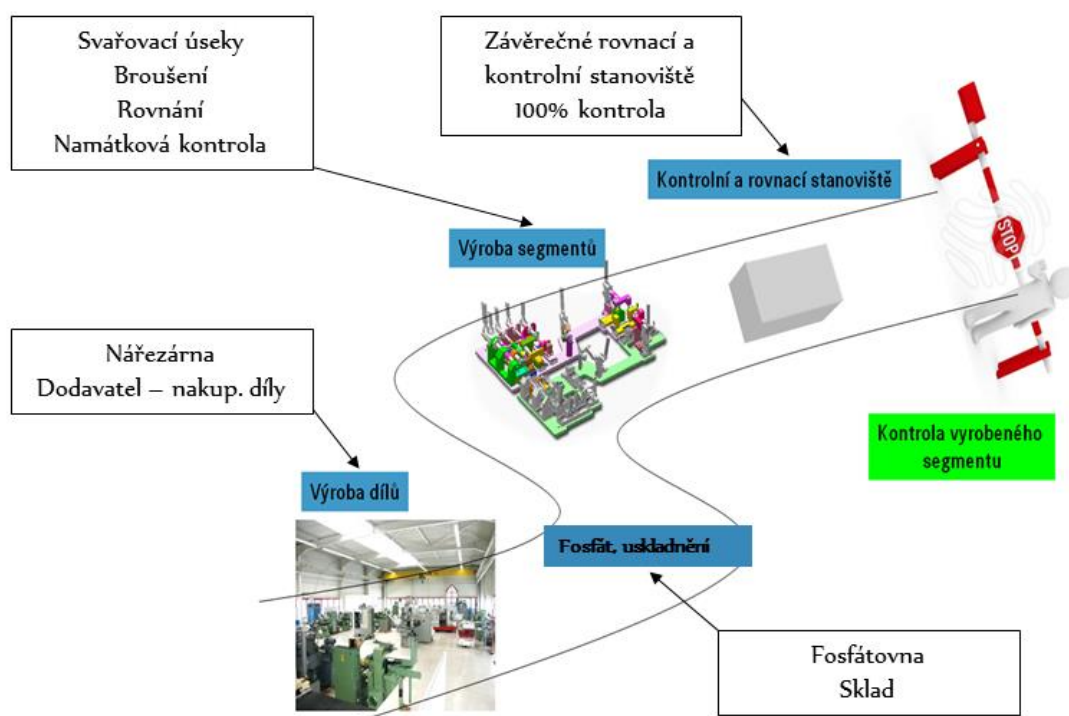
3 Současný stav procesu

Dle požadavku vedení firmy se bude od tohoto bodu diplomová práce věnovat výhradně výrobnímu procesu u segmentů REISE. Tento úsek výroby byl vybrán firmou jako pilotní projekt optimalizace výrobního procesu. Ovšem jak bude níže uvedeno, je zapotřebí se výrobě segmentů REISE věnovat v plném rozsahu už od výroby dílů na nářezárně, či dodání dílů od dodavatelů, až po samotnou expedici hotových segmentů REISE.

V tomto bodě práce bude nejdříve zanalyzován současný stav výrobního procesu. Následně budou vymezeny důležité procesy při výrobě svařovaných segmentů ve skupině REISE s přihlédnutím k analýze a charakteristice četnosti neshod v jednotlivých úsecích. Poté se určí slabá místa a následně budou stanoveny cíle a možné varianty návrhů opatření vedoucí ke splnění těchto cílů. Na závěr bude představeno nově optimalizované schéma kontrolního procesu.

3.1 Analýza současného stavu procesu

Zjednodušenou podobu dosavadního výrobního procesu při výrobě svařovaných segmentů znázorňuje následující schéma. Počátečním procesem při výrobě komponentů je výroba dílů (nářezárna, dodavatel). Po procesech fosfátování a skladování dochází k samotné výrobě segmentů na svařovacích úsecích. Následuje závěrečné rovnání a následná 100% kontrola zhotovených segmentů.



Obrázek 5 - Současný QS proces ve skupině REISE

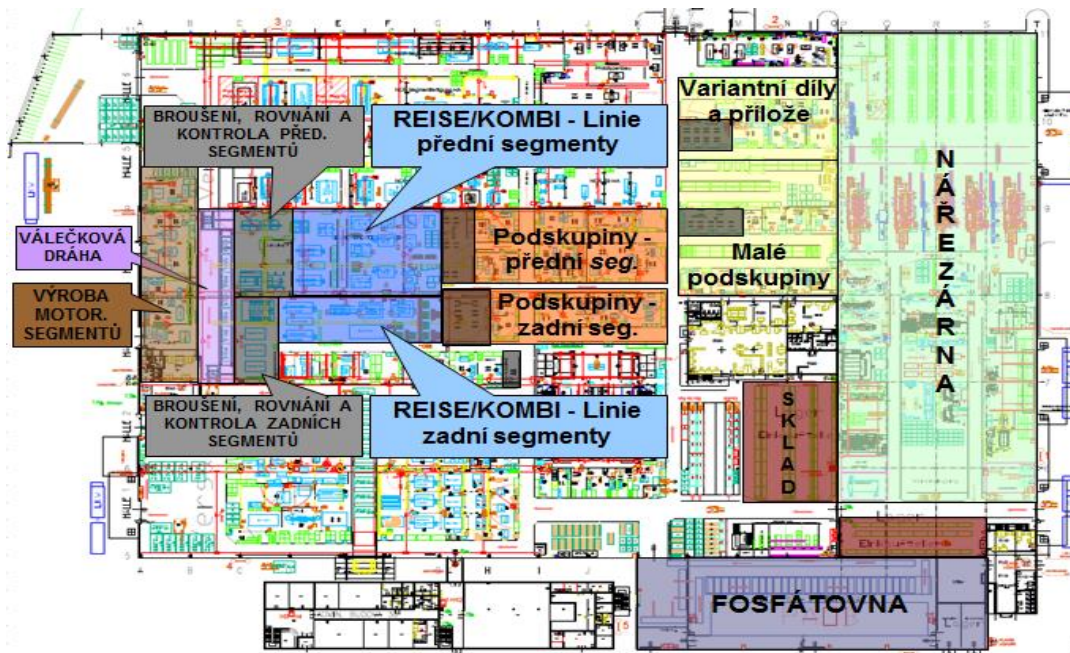
3.2 Vymezení důležitých procesů

Hlavní a podpůrné procesy při výrobě svařovaných segmentů ve skupině REISE lze vyjádřit několika způsoby. V prvním případě bude znázorněna posloupnost pracovišť při výrobním procesu v aktuálním Layoutu staré haly, který byl poskytnut firmou EBB. Posléze bude tentýž proces znázorněn prostřednictvím vývojového diagramu.

3.2.1 Layout výrobního procesu

Pro zobrazení výrobního procesu při výrobě autobusu typu REISE bude využit Layout staré haly. Při opomenutí předvýrobních oblastí (konstrukce, technologie, vývoj, logistika, nákup, atd.) lze vyjádřit posloupnost jednotlivých oblastí při vytvoření hotového výrobku.

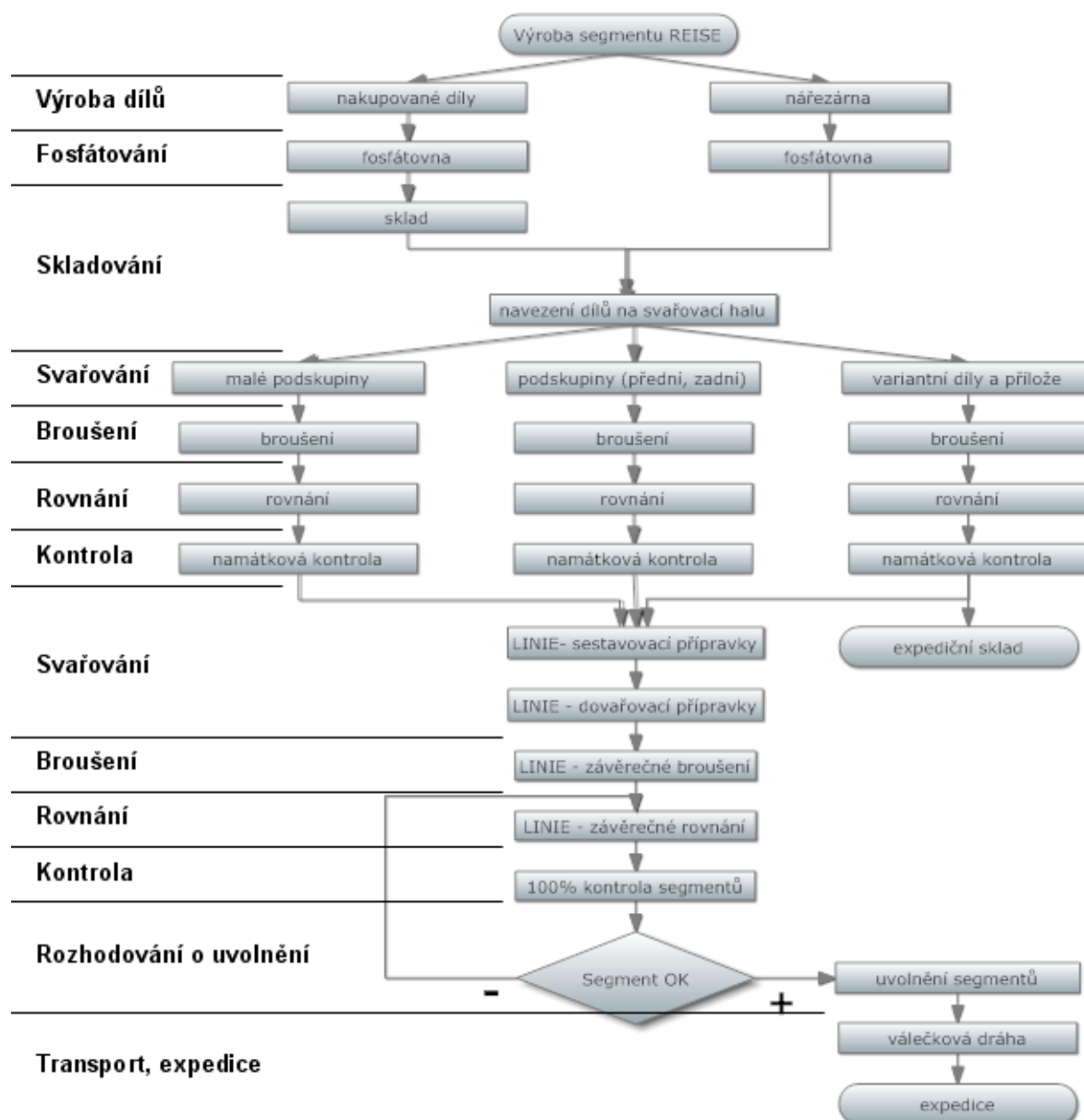
Část nářezů a dílů do autobusů typu REISE si vyrábí sama firma na nářezárně. Ostatní díly jsou nakupované od dodavatelů. Posléze putují všechny díly na fosfátovnu. Nafosfátované nakupované díly poté míří na sklad, kde jsou uskladněny a ze skladu dle kanban karet rozváženy do výroby na svařovnu (malé podskupiny, variantní díly a přílože, podskupiny přední a zadní segment). Díly vyráběné na nářezárně jsou dle potřeby přímo z fosfátovny odváženy do výroby. Díly, které jsou využity dále ve výrobě, se vyrábí v oddělení malé podskupiny, kde jsou zároveň broušeny a rovnány. Další samostatnou podskupinou jsou variantní díly a přílože. Zde vyráběné díly se prodávají především samostatně v sadě s vytvořenými segmenty. Rovněž zde jsou díly a přílože zvlášť broušeny a rovnány. Podskupiny už skupinu REISE rozdělují na výrobu předních a zadních segmentů. Zde se vyrábí díly již větších rozměrů a to především příčné nosníky zvané Querträgerey Langsträgerey zvané též boky se vyrábí na robotech. Ty jsou též broušeny, rovnány a dále kompletovány v hotový segment v sestavovacích přípravcích v oddělení zvaném „Linie“. Následně probíhá dovařování segmentů, jejich závěrečné broušení a rovnání. V případě dodržené přesnosti a kvality segmentů následuje jejich uvolnění. Segmenty putují na válečkovou dráhu, kde jsou v sadách kompletovány a odváženy na expedici.



Obrázek 6 - Layout výrobního procesu ve skupině REISE – segmenty

3.2.2 Vývojový diagram výrobního procesu

Vývojový diagram výrobního procesu znázorňuje posloupnost stanovišť a důležitých procesů při vytváření hotového segmentu typu REISE. Stejně jako u předchozího znázornění v Layoutu nejsou brána v potaz oddělení nevýrobní části jako konstrukce, technologie, vývoj, logistika, nákup, atd...



Obrázek 7 - Vývojový diagram posloupnosti procesů ve skupině REISE

3.3 Četnost neshod v jednotlivých úsecích výroby

Vliv četnosti neshod v jednotlivých úsecích výroby bude vyjádřen pomocí **Paretovy** a **ABC analýzy**. Následně bude popsána charakteristika četnosti neshod a princip kontroly v jednotlivých úsecích skupiny REISE segmenty. Také budou uvedena měřidla využívaná při kontrole výrobků u jednotlivých procesů.

3.3.1 Četnost neshod vyjádřená Paretovou analýzou

Jako první předpoklad pro úspěšné provedení Paretovy analýzy je definování místa analýzy a následný sběr dat. Data, ze kterých je analýza utvořena, vychází z počtu reklamací v jednotlivých úsecích v roce 2012. Reklamace v úsecích výroby, kde se zpracovávají díly pro oba typy autobusů REISE, STADTBUS (nářezárna, fosfátována, sklad, expedice a chyby na dodavatele) je zapotřebí rozřadit a počítat pouze s reklamacemi, které se týkají výhradně segmentů REISE. Dalším důležitým bodem je uspořádání dat. Získaná data se seřadí podle největšího výskytu (četnosti) v závislosti na přiřazené závažnosti. Zde je potřeba říci, že reklamace jsou dvojího druhu. Velmi závažné chyby jsou označeny písmenem A, méně závažné písmenem B. Vzhledem k větší závažnosti reklamací typu A byla k těmto neshodám přiřazena hodnota závažnosti 2. To znamená, že tyto reklamace byly násobeny hodnotou 2. Méně závažné neshody typu B byly násobeny hodnotou 1. Data se však vždy seřadí od největší hodnoty četnosti po nejmenší.

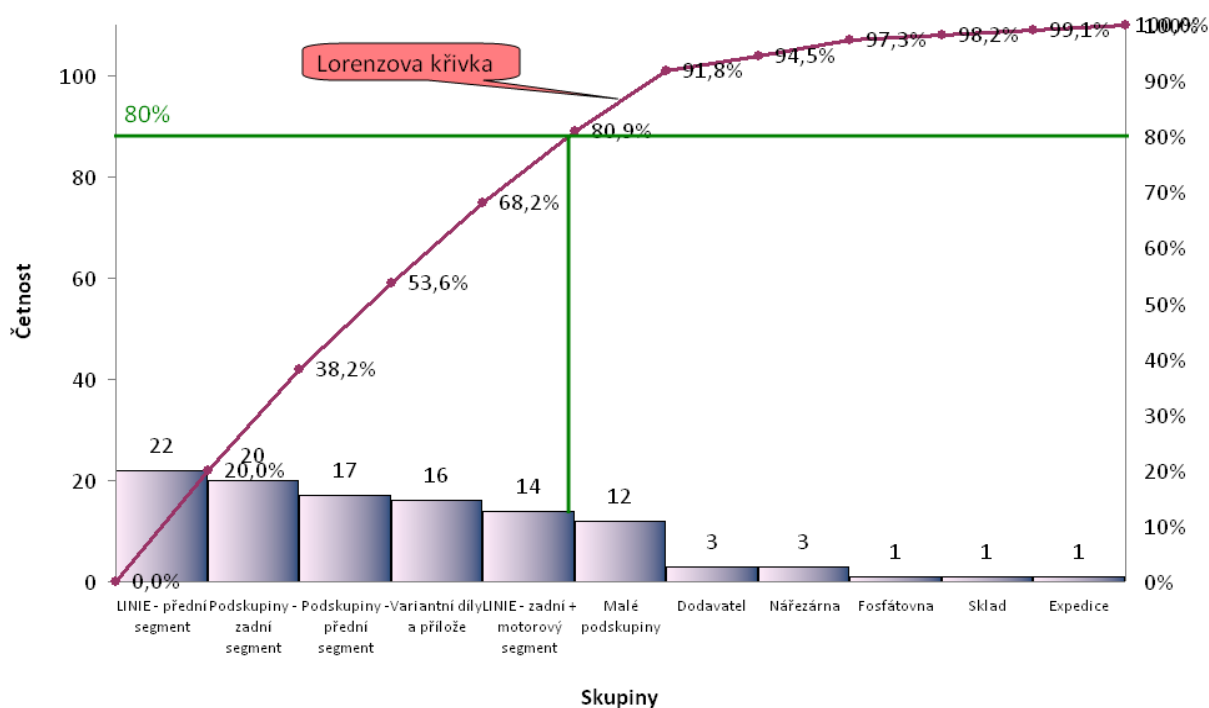
Následně přistoupíme k vytvoření samotného grafu Paretovy analýzy. Podstatou při vytvoření grafu je sestavení Lorenzovy kumulativní křivky. Tato křivka vznikne tak, že se kumulativně sečtou hodnoty u jednotlivých dat a vynesou se do grafu. Po sestavení Lorenzovy křivky následuje stanovení kritéria rozhodování. V našem případě využijí klasického Paretova principu (80/20).

Skupina	Počet reklamací - závažnost		Četnost reklamací
	A (2x)	B (1x)	
LINIE - přední segment	4	14	22
Podskupiny - zadní segment	4	12	20
Podskupiny - přední segment	4	9	17
Variantní díly a přílože	3	10	16
LINIE - zadní + motorový segment	3	8	14
Malé podskupiny	3	6	12
Dodavatel	1	1	3
Nářezárna	0	3	3
Fosfátovna	0	1	1
Sklad	0	1	1
Expedice	0	1	1
CELKEM	22	66	110

Tabulka 1 - Přehled počtu a závažnosti reklamací za rok 2012 ve skupině REISE

Skupina	Četnost reklamací	Četnost (%)	Kumulovaná četnost (%)
LINIE - přední segment	22	20,0	20,0
Podskupiny - zadní segment	20	18,2	38,2
Podskupiny - přední segment	17	15,5	53,6
Variantní díly a přílože	16	14,5	68,2
LINIE - zadní + motorový segment	14	12,7	80,9
Malé podskupiny	12	10,9	91,8
Dodavatel	3	2,7	94,5
Nářezárna	3	2,7	97,3
Fosfátovna	1	0,9	98,2
Sklad	1	0,9	99,1
Expedice	1	0,9	100,0
CELKEM	110	100,0	---

Tabulka 2 - Vypočtené hodnoty četností



Obrázek 8 - Graf Paretovy analýzy dle počtu neshod v jednotlivých skupinách za rok 2012

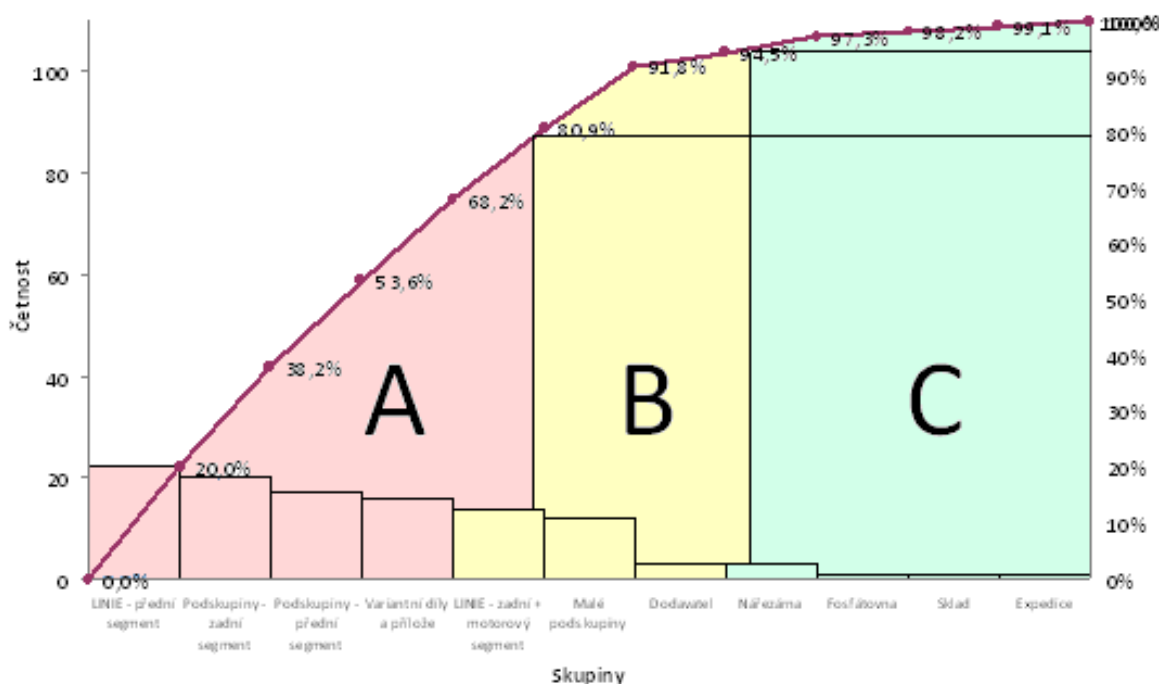
Z grafu je patrné, že pokud bychom se zaměřili na odstranění neshod ve skupinách LINIE – přední segment, PODSKUPINY – zadní segment, PODSKUPINY – přední segment, variantní díly a přílože a LINIE – zadní + motorový segment, odstraníme tím 80% zmetkovitosti celé výroby v roce 2012 na segmentech REISE.

3.3.2 Četnost neshod vyjádřená ABC analýzou

Četnost neshod jednotlivých úseků danou počtem reklamací za rok 2012 ve skupině REISE lze rovněž vyjádřit pomocí **ABC analýzy**. Prvním předpokladem pro vytvoření ABC analýzy je stanovení pevných hranic segmentace, kterých se celou dobu budeme držet. V tomto případě zvolím obvykle dané hranice, a to: 80% - *varianta A*; 80% až 95% - *varianta B*; 95% až 100% *varianta C*. Jako datovou základnu využiji převzatou tabulku z tvorby Paretovy analýzy.

Skupina	Četnost reklamací	Četnost (%)	Kumulovaná četnost (%)	ABC analýza
LINIE - přední segment	22	20,0	20,0	Varianta A
Podskupiny - zadní segment	20	18,2	38,2	Varianta A
Podskupiny - přední segment	17	15,5	53,6	Varianta A
Variantní díly a přílože	16	14,5	68,2	Varianta A
LINIE - zadní + motorový segment	14	12,7	80,9	Varianta B
Malé podskupiny	12	10,9	91,8	Varianta B
Dodavatel	3	2,7	94,5	Varianta B
Nářezárna	3	2,7	97,3	Varianta C
Fosfátovna	1	0,9	98,2	Varianta C
Sklad	1	0,9	99,1	Varianta C
Expedice	1	0,9	100,0	Varianta C
CELKEM	110	100,0	---	

Tabulka 3 - Sběr dat pro ABC analýzu



Obrázek 9 - ABC analýza četnosti neshod v roce 2012 ve skupině REISE

Z grafu ABC analýzy je patrné, že v kategorii A jsou zařazeny ty skupiny, které přináší zhruba 80% neshod ve skupině REISE za rok 2012. V kategorii B se pak ocitají ty skupiny, které přináší dalších zhruba 15% neshod v daném roce. Kategorie C poté obsahuje ty skupiny, jejichž chyby jsou zanedbatelné.

Obě vyhodnocení jednoznačně prokazují, že převážná většina neshod (80%) vzniká na svařovacích úsecích. Tato informace bude dále využita při navrhování opatření ke zlepšení výrobního procesu, kdy bude zapotřebí svařovacím úsekům věnovat zvýšenou pozornost.

3.3.3 Charakteristika četnosti neshod a kontroly v jednotlivých úsecích REISE

V této kapitole bude stručně vyjádřena míra neshod v jednotlivých úsecích skupiny REISE, budou uvedeny obvyklé příčiny chyb a rovněž bude objasněna zavedená kontrola v těchto úsecích vedoucí k minimalizaci neshod.

- *Expedice, Sklad, Fosfátovna, Nářezárna*

V těchto oblastech výroby dochází k velice ojedinělému výskytu chyb. V případě vzniklé chyby na expedici bývá příčinou především poškození palet či adaptéřů a tím zvyšující se možnost poškození komponentu při transportu. Na skladě se lze setkat s chybou pouze s přičiněním lidského faktoru. Typickým příkladem je záměna dílů při doplňování do svařovacích boxů. V oddělení nářezárny zamezí vzniku chyb moderní přesné obráběcí stroje. Tyto úseky výroby nevyžadují žádnou kontrolu ze strany oddělení kvality.

- *Dodavatel*

Neshod ze strany dodavatele je rovněž zanedbatelné množství. Omezení neshod zajišťuje vstupní kontrola. Kromě samozřejmé 100% kontroly ze strany dodavatele vstupní kontrola provádí namátkovou kontrolu každé dávky. To se provádí tak, že se z každé dávky vybere určitý počet vzorků, které kontrolor ze vstupní kontroly prověří. V případě dodržení daných rozměrů v měřených vzorcích dojde k uvolnění celé dávky do výroby.

Používaná měřidla: svinovací metr, posuvné měřidlo, úhelník, úhломěr, spárové měrky, kalibry, mikrometr

- *Malé podskupiny*

Zde jsou především v přípravných svařovány díly, které se následně zakomponují v dalších úsecích výroby ke zhotovení kompletního segmentu. Vyrobené svařence se uloží do meziskladu, odkud jsou dle potřeby rozváženy na příslušná místa po hale. Vlivem omezené kapacity oddělení kontroly nelze kontrolovat každý kus, z tohoto důvodu je zde kontrola pouze namátková. V případě, že se některá chyba vyskytne opakovaně, je její odstranění s pomocí technologa řešeno a je prováděna důsledná kontrola tohoto problému. Vyskytující

neshody zde jsou především chybějící svary, či rozměrová nepřesnost vlivem např. uvolnění dorazu v přípravku.

Používaná měřidla: svinovací metr, posuvné měřidlo, úhelník, úhломěr, kalibry, pomocná měřidla (kontrolní přípravky)

- *Variantní díly a přílože*

V přípravných se zde vytváří díly a přílože, které jsou určeny především k samostatnému prodeji a zasílají se zákazníkovi odděleně od palet s vyrobenými segmenty. Tyto díly jsou ukládány rovnou do skladu na expedici. Kontrola dílů a vyskytující se neshody jsou shodné s úsekem malé podskupiny.

Používaná měřidla: svinovací metr, posuvné měřidlo, úhelník, úhломěr, kalibry, pomocná měřidla (kontrolní přípravky)

- *Podskupiny – přední, zadní segment*

V oddělení podskupin jsou vyráběny příčné nosníky (tzv. Querträger) pro výrobu předních a zadních segmentů REISE. Kontrola je zde také pouze namátková. Vyskytující se neshody jsou dvojího charakteru. První příčinou je lidský faktor (chybějící svar, nenastřelený čep, atd.), druhým závažnějším problémem je nedodržení rozměrové přesnosti vlivem nepřesnosti v přípravku či špatného vyrovnání Querträgeru. V případě vyskytující se rozměrové chyby však kontrolor po spolupráci s technologem a přípravkářem zajistí odhalení příčiny chyby a její odstranění.

Používaná měřidla: svinovací metr, posuvné měřidlo, úhelník, úhломěr, kalibry, pomocná měřidla (kontrolní přípravky)

- *LINIE – přední, zadní + motorový segment*

V sestavovacích a dovažovacích přípravných dochází ke kompletaci segmentů a jejich následnému broušení a závěrečnému rovnání. Kontrola je zde 100%, ovšem při složitosti hotových komponentů nikdy nelze zaručit 100% kvalitu výrobku. Rovněž zde dochází k dvojímu charakteru chyb jako u oddělení „Podskupin“. Závěrečné rovnání komponentů má velký význam pro minimalizaci neshod.

Používaná měřidla: svinovací metr, posuvné měřidlo, úhelník, úhломěr, kalibry, pomocná měřidla (kontrolní přípravky)

3.4 Nalezení slabých míst, stanovení cílů optimalizace

Nalezení slabých míst ve výrobním procesu a následné vhodné stanovení cílů optimalizace je základním předpokladem pro dosažení úspěšného výsledku u prováděného projektu.

3.4.1 Nalezení slabých míst

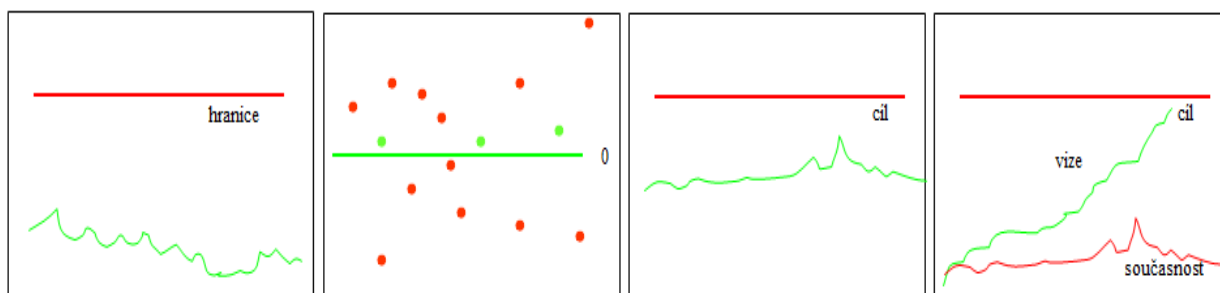
Před stanovením konkrétních cílů je zapotřebí důkladně znát současný stav výrobního procesu a nalézt jeho slabá místa. Současný stav procesu byl rozebrán v předchozích kapitolách, proto se nyní lze věnovat hledáním slabých míst. Pro tyto účely autor využil vizuálního shrnutí, které bylo poskytnuto vedením firmy v rámci uvažovaného projektu. Toto shrnutí je vyjádřeno ve formě čtyř grafů (obrázek 10).

První graf znázorňuje úroveň kvality a provedení svarů. Současný stav svarů je plně uspokojivý. V minulosti nebyl dlouhodobější problém s přiblížením se, či udržení se pod přípustnou hranicí správnosti svarů.

Následující graf vyjadřuje dodržení rozměrové přesnosti u segmentů. S tímto bodem je vedení firmy dlouhodobě nespokojeno. Toleranční pole rozměrů představuje příliš velký rozptyl. Tento problém bezprostředně souvisí s velkým množstvím rovnání na výstupu a následnou vysokou pracností, časovou a ekonomickou náročností a samozřejmě se zajištěním kvality výrobku. Je proto nutné rozptyl dlouhodobě zúžit a přiblížit k nulové hodnotě.

V dalším diagramu lze spatřit úroveň využívání kontrolních plánů s body se 100% kontrolou a využívání dynamizačního pravidla kontroly již stanovených bodů. S využíváním tohoto bodu panuje pouze částečná spokojenost.

Poslední graf vystihuje zapojení samotných pracovníků při budování optimalizace procesu a jeho zdokonalování za pomoci iniciativního řešení daných problémů, či podávání KVP zlepšujících návrhů. V této oblasti také nepanuje přílišná spokojenost, tato forma zlepšování a budování procesu je velice málo využívána.



Obrázek 10 - Aktuální (ne)spokojenost s danými body procesu [2]

Shrnutí slabých míst v procesu:

PRIORITA 1: Dodržení rozměrové přesnosti u segmentů

Využívání kontrolních plánů se 100% kontrolou

Využívání dynamizačního pravidla

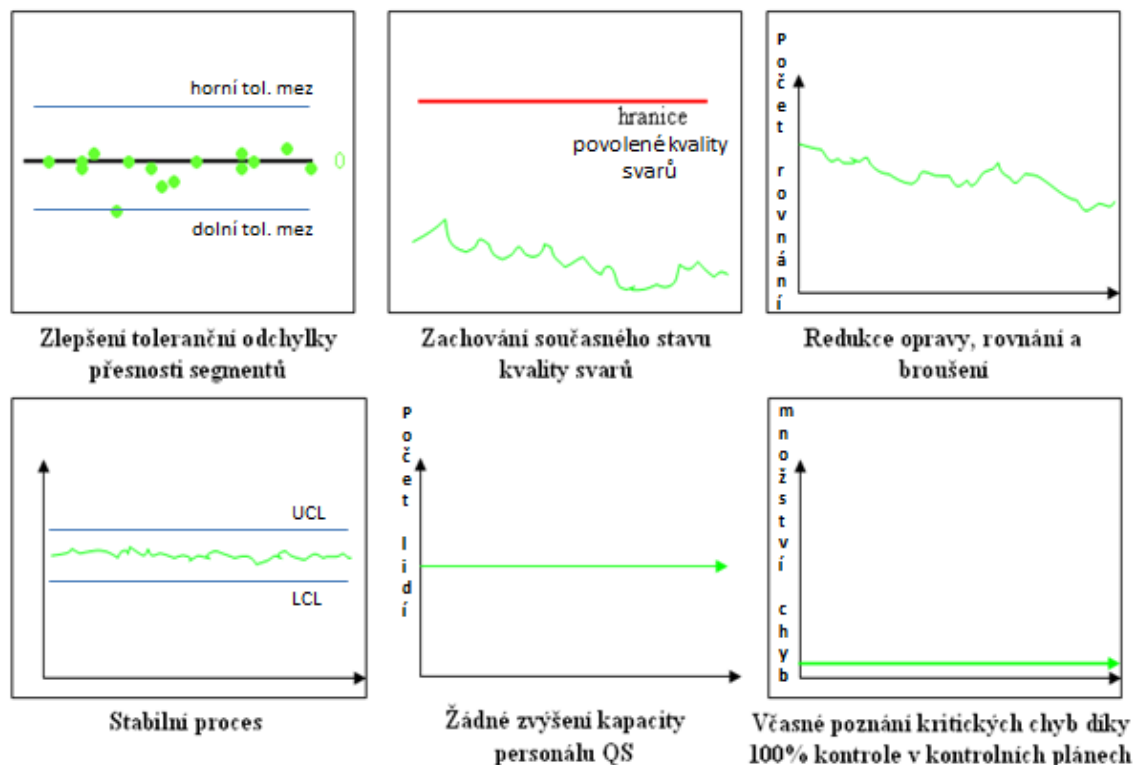
PRIORITA 2: Zapojení pracovníků při budování optimalizace procesu

PRIORITA 3: Zlepšování současné uspokojivé kvality a provedení svarů

3.4.2 Stanovení cílů optimalizace

Při znalosti současného stavu výrobního procesu a nalezení slabých míst lze stanovit konkrétní cíle optimalizace procesu. Tyto cíle odrážejí skutečnost s nynějšími neuspokojivými body procesu a lze je opět znázornit pomocí několika na sobě nezávislých grafů (obrázek 11). Vodorovné osy grafů vždy představují posloupnost v čase.

Mezi nejdůležitější požadované cíle tedy patří postupné zúžení tolerančního pole při dodržení rozměrové přesnosti segmentů, rovněž se předpokládá zachování současného stavu kvality svarů kontrolovaných dynamickou kontrolou. Dalším prioritním cílem je redukce oprav, rovnání a broušení především při závěrečném rovnání. To vše za předpokladu udržení stabilního procesu a bez navýšení kapacity personálu QS. Posledním cílem je včasné poznání kritických chyb díky 100% kontrole v nově optimalizovaných kontrolních plánech.



Obrázek 11 - Stanovené cíle optimalizace procesu

3.5 Variantní návrhy odstranění slabých míst

K dosažení stanovených cílů je od tohoto okamžiku zapotřebí splnit několik hledisek, které bezprostředně souvisí s kvalitou výrobku. Prvotním klíčem k úspěchu při realizaci optimalizace procesu, je vzájemná spolupráce výroby a kvality při plnění daných úkolů a při zajišťování nejvyšší kvality výrobku. Je zapotřebí se společně starat o minimalizaci množství chyb. Ovšem pokud přeci jen nastane problém, je potřeba jej řešit společně, rychle a důsledně.

Důležitým faktorem k eliminaci chyb je 100% kontrola kritických oblastí. Pro kontrolu důležitých rozměrů bude nově aplikována metoda kontroly 4 očí. Vzniklé vícepráce především na konci procesu budou výhradně zpracovány ve výrobě. Každá chyba musí být zdokumentována, to přinese lepší přehled o chybách. Při vzniku chyby výroba a kontrola důsledně vyvodí původce či příčinu chyby a odstraní její opakovatelnost. Proces musí být neustále optimalizován, aby bylo pečováno o dosažení nejlepších výsledků.

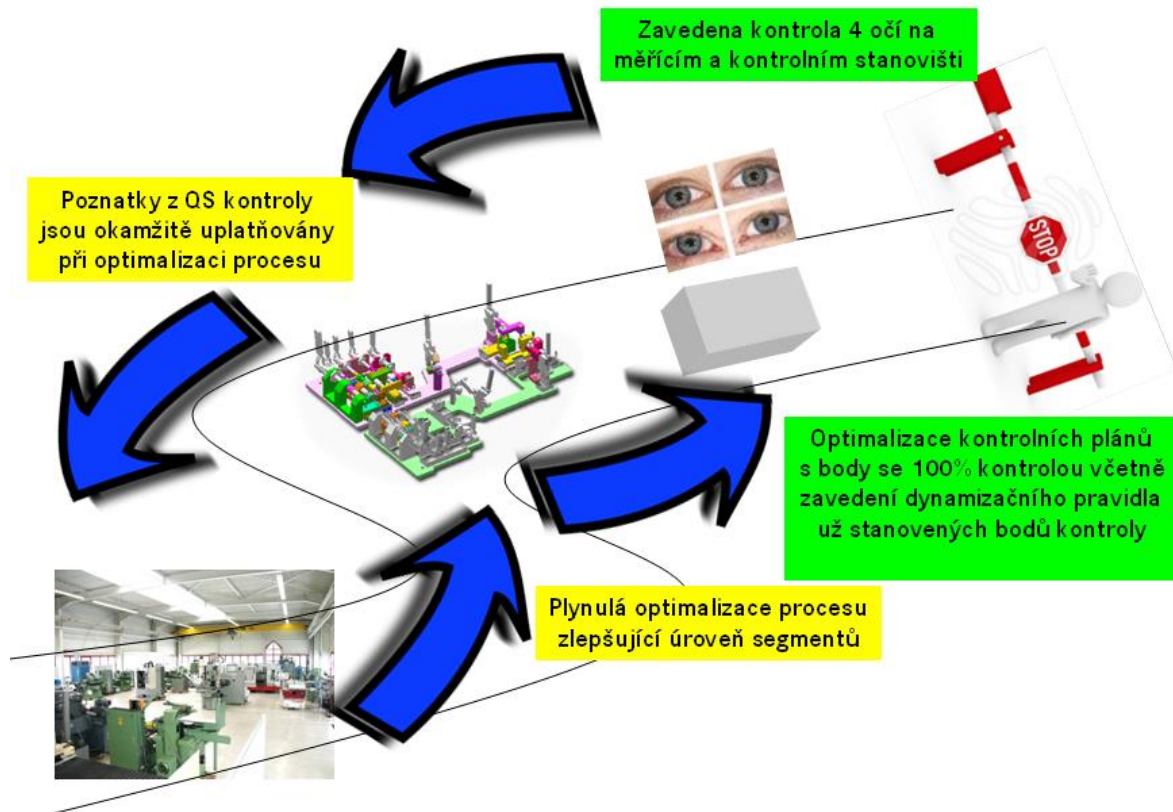
Pro shrnutí jsou na následujících řádcích uvedeny důležité varianty návrhu nápravných opatření pro odstranění slabých míst a zajištění optimalizace procesu při zhotovování předních, zadních a motorových segmentů typu REISE:

- **Zavedení principu kontroly 4 očí měřených rozměrů u segmentů**
- **Optimalizace kontrolních plánů se 100 % kontrolou pro všechny typy segmentů**
- **Zavedení dynamizačního pravidla už stanovených bodů kontroly**
- **Budování optimalizace procesu, plynulé zdokonalování se zapojením samotných pracovníků**
- **Centrální řízení kontrolních plánů z jednoho místa**

3.6 Schéma optimalizovaného procesu

Při předpokladu zavedení výše uvedených nápravných opatření bude mít nově vytvořený QS proces následující podobu (obrázek 12). Při závěrečném rovnání a následné kontrole vyrobených segmentů budou kontroloři a rovnači nově využívat následujících opatření vedoucích ke splnění stanovených cílů. Mezi uváděné opatření patří 100% kontrola bodů uvedených v nově optimalizovaných kontrolních plánech a následné využívání dynamizačního pravidla již stanovených bodů kontroly. Rovněž bude zaveden princip kontroly 4 očí na měřicím a kontrolním stanovišti. Bezproblémové zaznamenávání a dokumentaci případných odchylek při kontrole 4 očí umožní nově vytvořené kontrolní plány.

Zaznamenané výsledky a poznatky z QS kontroly po zavedení těchto opatření budou poté uplatňovány formou zpětné vazby při optimalizaci procesu. To umožní plynulou optimalizaci procesu a zlepšení úrovně a přesnosti vyráběných segmentů.



Obrázek 12 - Podoba nově vytvořeného QS procesu

4 Navrhnutá opatření ke zlepšení

4.1 Zavedení principu kontroly 4 očí měřených rozměrů u segmentů

Neustále se zvyšující objem výroby vyžaduje po pracovnících stále vyšší vyrobené množství. Zvýšená produkce má za následek snížení času na jednotlivé operace v průběhu výrobního procesu. Tento fakt má za následek snižování kvality u výrobku. Zákazník ovšem vyžaduje 100% kvalitu každého výrobku. Zajištění kvalitativního hlediska při výrobním procesu umožňuje zavedení principu kontroly 4 očí na měřícím a kontrolním stanovišti.

Zavedení principu kontroly 4 očí umožní redukovat a minimalizovat množství neshod na hotovém výrobku. Toto opatření vytváří prostor pro dvojí na sobě nezávislou kontrolu měřených bodů a zajistí vyšší odhalitelnost možného vzniku chyb. K zákazníkovi tedy putuje výrobek, u kterého byly kontrolní body a požadované rozměry prověřeny dvěma pracovníky (kontrolor, rovnač). Ke snadnému provedení a aplikaci principu 4 očí na výrobku byly rovněž uzpůsobeny nově vytvořené měřící protokoly.

4.2 Optimalizace kontrolních plánů se 100% kontrolou

Jeden ze základních předpokladů pro dosažení úspěšného výsledku při optimalizaci výrobního procesu je optimalizace kontrolních plánů. Tento krok umožní především 100% kontrolu a následné bezproblémové zaznamenávání naměřených hodnot. Dosavadní kontrolní plány byly neaktuální a obsahovaly velké množství chyb. Úprava kontrolních plánů se týká měřících protokolů (Messprotokol) a tzv. Checklistů (Prüfplánů).

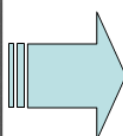
4.2.1 Optimalizace měřících protokolů

Doposud používané měřící protokoly (Messprotokol) plnohodnotně neuspokojovaly současné požadavky výrobního procesu. Důvodů nespokojenosti bylo mnoho. Především to pak byly vyskytující se rozměrové a toleranční chyby, chybějící obrázek segmentu s vyznačením měřeného rozměru a také protokoly obsahovaly pouze dvě pole pro vyznačení, zda rozměr je, či není v toleranci. Poslední dva problémy v protokolech sváděly některé pracovníky pouze k vyplnění políčka, že je daný rozměr v toleranci, aniž by ho měřili. Tento fakt se poté promítl při auditu, kdy pracovník ani nevěděl, kde daný rozměr měřit. Optimální nebylo ani to, že pro více téměř rozměrově shodných typů segmentů byl vytvořen pouze jeden měřící protokol.

Autorem navržené a následně vytvořené nové měřící protokoly byly základem k umožnění optimalizace výrobního procesu. Byly vytvořeny nové protokoly pro celý úsek

výroby typu REISE. Podařilo se tím tak vyřešit předem známé problémy, které staré protokoly obsahovaly. Nové protokoly jsou tedy aktuální, dle výkresů a norem si odpovídají rozměrové a toleranční hodnoty, byl dosazen obrázek segmentu s vyznačením měřeného rozměru a také protokoly již obsahují již obsahují pole pro zapsání přesného rozměru před rovnáním, po rovnání a po schválení pracovníka z kontroly. Rovněž bylo vyřešeno i to, že ke každému typu segmentu byl vytvořen jeden měřicí protokol. Tento fakt v budoucnu vyloučí možnost záměny, či špatného vyplnění měřicího protokolu.

EvoBus Měřicí protokol-komponenty		Model: <input type="checkbox"/> S 412, <input type="checkbox"/> S 415, <input type="checkbox"/> S 417, <input type="checkbox"/> S 419	
Bohemia s.r.o. Měřicí protokol-komponenty		BB-č.: <input type="checkbox"/> KSW <input type="checkbox"/>	
HOLYŠOV Rov. přípravek EB 491-0226			
Provedení svarů podle výkresu/svařování podle svařovacího plánu ČSN EN 25817 a ČSN EN 287-1, Svarčence označit dle aktuální návody/očistit nečistoty po svařování /kuličky/.			
Měřené místo- Z – Míry od nulového bodu	Tolerance	mimo toleranci	v toleranci
Příčný nosník -vztahující se rozměry -rovinností/přímot	2 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Všilka			
Příčný nosník 7 nahore vlevo a vpravo 262,5 mm		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Příčný nosník 8 nahore vlevo a vpravo 860 mm střed vlevo a vpravo 342,5 mm dole vlevo a vpravo 0 mm	± 2 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Model 417/19 Qt - NLA nahore vlevo a vpravo 860 mm		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rozměry X mezi příčnými nosníky			
Roviny x u QT7, QT8, QT NA dle kontrol. kostek	± 1 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Příčný nos. 7-8 nahore vlevo a vpravo 1490 mm	± 2 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Model 417/19 Qt 8-NLA nahore vlevo a vpravo 1600 mm	± 2 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rozměr - Y			
Příčný nosník 8 nahore	2427 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Model 417/19 Qt - NLA nahore	2427 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rozměr - Y kontrola šablonoou			
Příčný nosník 7		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Příčný nosník 8	-1mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Příčný nosník NLA model 417/419		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Šířka uličky u příčných nosníků			
QT 7 560 mm	+ 2 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
QT 8 560 mm		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Model 416/417 QT NLA 560 mm		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Střed uličky u QT7	1140 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Střed uličky u QT7	± 2 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Komponent svařoval: Dovařoval: Vyrovnal:			
Číslo svařčů dle aktuální návody:			
Zjištěné závady - chybějící díly: odstranili:			
Datum: Pracovník dokončení výroby:			
Odělník/Abstrahng	Vypracoval/Ersteller	Datum	Uvořil/ Freigegeben
Q81	Mrazovic	07.04.2011	Gamminger, Q8
			Sochař/Datci
			Nahrazen/Ersetzt
			Strana/Seite
			1 z 1



EvoBus Měřicí protokol - UL		BB: <input type="checkbox"/> KSW <input type="checkbox"/>	
Bohemia s.r.o. Měřicí protokol - UL			
HOLYŠOV A 633 610 92 05			
Výška a šířka uličky vzhledem k ose vosa kontrolovat paženou / Höhe u. breite des Mittelganges in Bezug zur Fahrzeugmitte mit Schablone prüfen.			
		LEVÁ STRANA	PRAVÁ STRANA
	Rozměr	Tol	Před rovnáním Vyroba I.O. QS I.O.
1	Z 486	+/- 2	
2	Z 0	+/- 2	
3	Z 342,5	+/- 2	
4	Z 860	+/- 2	
5	X 3030	+/- 2	
6	Z 860	+/- 2	
7	Z 0	+/- 2	
8	X 1800	+/- 2	
9	Y 560	+ 2	
10	Z 1060 (od desky)	+/- 2	
11	Y 1533,6 OS, QNA	+/- 2	
12	Y 1493,6	+1	
QT 7	Y šablona	-1	
QB Y	šablona	-1	
QNA Y	šablona	-1	
rovinnost OSZ, QNA		+/- 2	
rovinnost uličky Y		+ 2	
Komponent svařoval: Dovařoval: Vyrovnal:			
Číslo svařčů dle aktuální návody:			
Závady - chybějící díly: odstranili:			
Datum: Pracovník dokončení výroby: Kontroloval:			
Abstrahng/Ersteller	Datum	Uvořil/ Freigegeben	Ersteller
Q81	07.04.2011	Gamminger, Q8	Mrazovic
			Sochař/Datci
			Nahrazen/Ersetzt
			Strana/Seite
			1 z 1

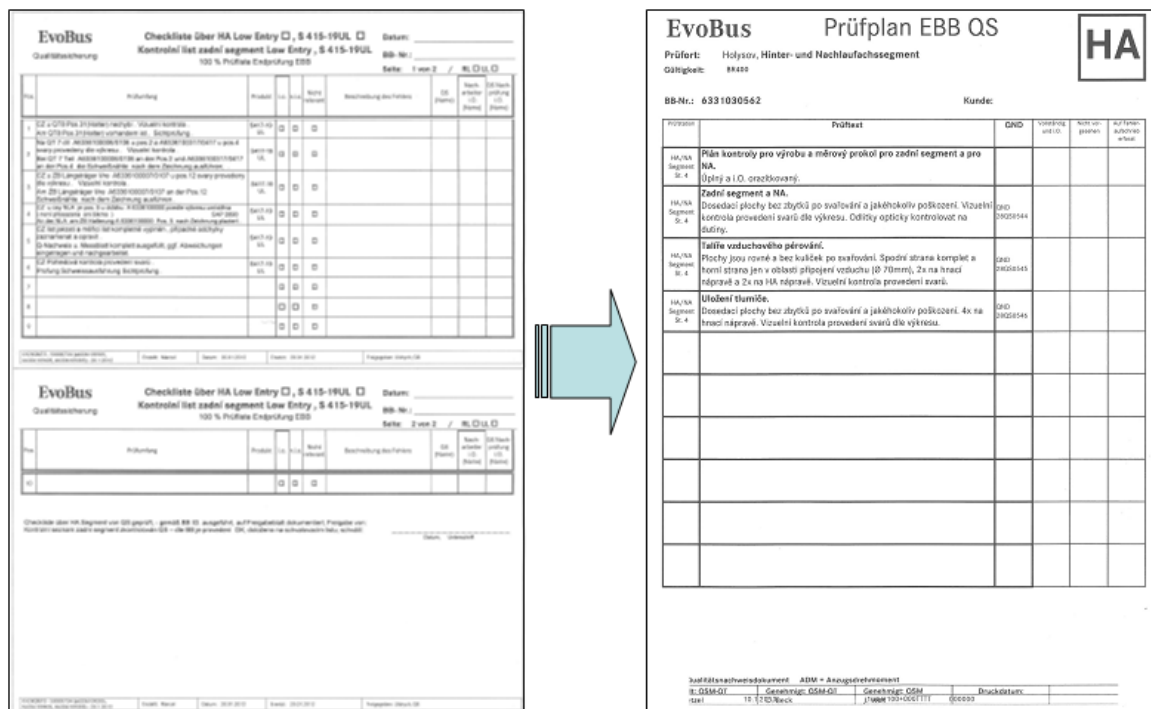
Obrázek 13 - Změna stávajících měřících protokolů – např. zadní segment UL 417, 419

4.2.2 Optimalizace Checklistů

Checklisty jsou protokoly přiřazené dle typu daného segmentu a obsahují důležité body, které jsou vizuálně kontrolovány. Při kontrole segmentu jsou vyplňovány v papírové formě a následně jsou odepisovány v počítači v systému SAP. Kontrola dle optimálně vytvořených Checklistů umožní redukovat nerozměrové chyby (správnost a čistota svarů, čistota dosedacích ploch, kvalita a provedení závitů...) na minimum.

Proto musela forma a úprava Checklistů doznat změn. Checklisty byly nahrazeny tzv. Prüfplány a poté byly aktualizovány, zjednodušeny a doplněny o nové kontrolované body. Též byla změněna jejich vizuální podoba z důvodu sjednocení s ostatními Checklisty v jiných úsecích výroby. Toto opatření dodalo Checklistům i lepší přehlednost. Z důvodu změny či

dopsání některých bodů byly aktualizovány rovněž jednotlivé body a forma odepisování v systému SAP.



Obrázek 14 - Nahrazení Checklistů Prüfplány – např. zadní segment UL 417, 419 [2]

4.3 Zavedení dynamizačního pravidla

Zavedení tohoto opatření se bezprostředně týká kontrolních bodů v nově optimalizovaných Checklistech, nyní Prüfplánech. Při prověření těchto kontrolních bodů je zavedena 100% kontrola, která ovšem bývá časově náročná. Zavedením dynamizačního pravidla lze tento problém částečně odstranit.

Princip tohoto opatření tkví v dlouhodobém sledování kontrolních bodů. V případě uspokojivého stavu těchto bodů lze aplikovat již uvedené dynamizační pravidlo na příslušné typy segmentů. Toto pravidlo po jeho zavedení spočívá v kontrole každého x-tého kusu určeného dle požadavku zákazníka. Při vzniku neshody je však zapotřebí daný problém prověřit (kontrola předchozích a následujících vyrobených kusů), zaměřit se na jeho odstranění a po určitou dobu věnovat tomuto kontrolnímu bodu při kontrole pozornost.

4.4 Optimalizace procesu, odhalování neshod a slabých míst v procesu

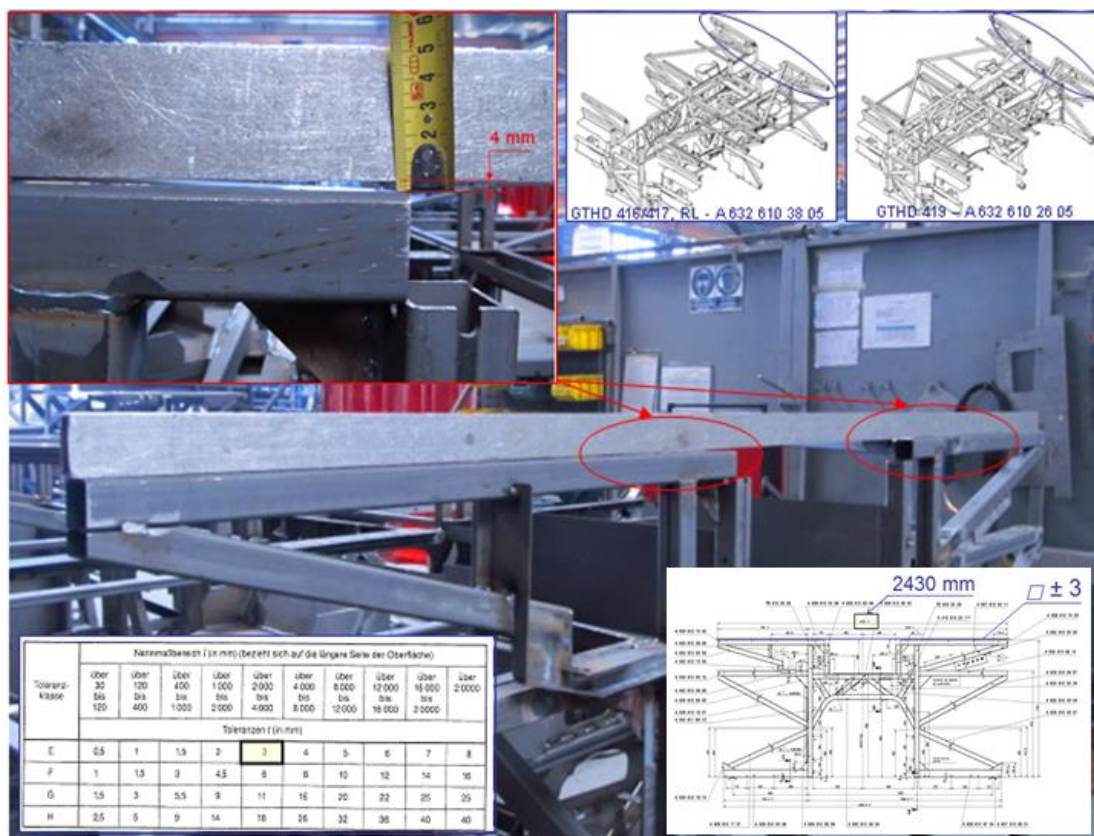
Výrobní proces u autobusů typu REISE se potýká i přes zavedený systém kvality se slabými místy. Odhalení a následná optimalizace těchto slabých míst je důležitým krokem vedoucím ke zlepšení rozměrové přesnosti segmentů před závěrečným rovnáním, to bude mít

za následek především snížení pracnosti a úsporu času při procesu rovnání. Vhodně optimalizovaný výrobní proces se tak zároveň kladně projeví snížením počtu neshod u hotového výrobku.

Odhalování neshod a slabých míst bylo zaměřeno především na nejvíce problémové oblasti ve svařovacích úsecích. Nápravná opatření, která budou následně uvedena, byla prováděna na neshody, které se doposud opakovaly a s kterými se výrobní proces respektive hotový výrobek dlouhodobě potýkal. Odstranění těchto neshod bylo v minulosti při závěrečném rovnání často neúspěšné nebo jejich odstranění stálo velké úsilí. Je potřeba říci, že optimalizace procesu a tím i tvorba vhodných nápravných opatření vyžaduje dlouhodobější práci a zkoušení, proces je zapotřebí neustále kontrolovat a některá provedená opatření se mohou projevit v dlouhodobějším časovém horizontu.

4.4.1 Nesplnění rovinnosti v horním patře Qt.NA u segmentů GTHD 416/417, 419, RL

U výrobku přetrvával problém při nesplnění rovinnosti v ose „Z“ v horní části Qt. NA u segmentů GTHD 416/417, 419, RL. Odchylka od požadovaného rozměru je obvykle $\pm 4 - 5$ mm. Tolerance rovinnosti dle všeobecné normy na výkresu EN ISO 13920 – AE je na měřený rozměr 2430mm ± 3 mm.

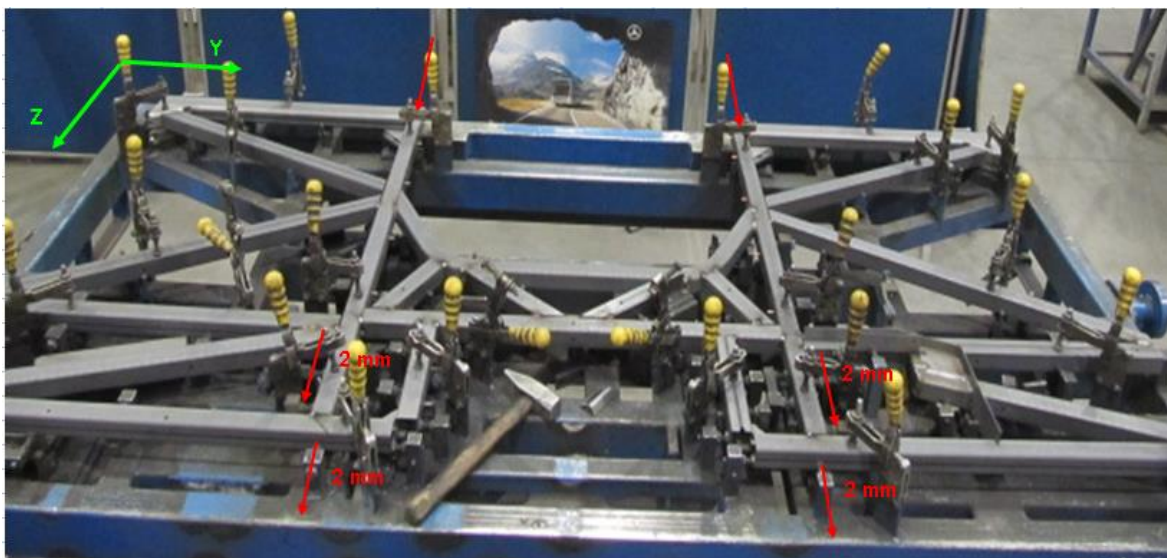


Obrázek 15 - Nedodržena rovinnost v ose "Z" (Qt. NA)

Při splnění rovinnosti je zapotřebí současně dodržet výšku horního patra Qt. NA. V tomto případě je výška horního patra 1130 mm.

K dosažení potřebného rozměru a dodržení rovinnosti horního patra byla podána žádost o úpravu přípravku. Horní patro ve střední části Qt. NA bylo posunuto na obou stranách ve směru osy „Z“ o 2 mm do plusu. Pro dodržení rozměru mezi horním a prostředním patrem Qt. NA bylo posunuto prostřední patro také o 2 mm ve směru osy „Z“ do plusu. Vlivem posunutí horního a prostředního patra vznikla mezera mezi sloupkem a horním patrem, proto byl také sloupek na obou stranách posunut o 2 mm do plusu ve směru osy „Z“.

Vhodnou úpravou přípravku se podařilo zlepšit odchylku o přibližně 2 mm. Tímto krokem jsme se dostali na hranici přípustné tolerance (2-3mm). Sice jsme se dostali na hranici tolerance, ale dlouhodobě toto řešení není optimální. Byly tedy hledány další možnosti, vedoucí k dosažení optimální rovinnosti Qt. NA.



Obrázek 16 - Úprava přípravku u Qt. NA

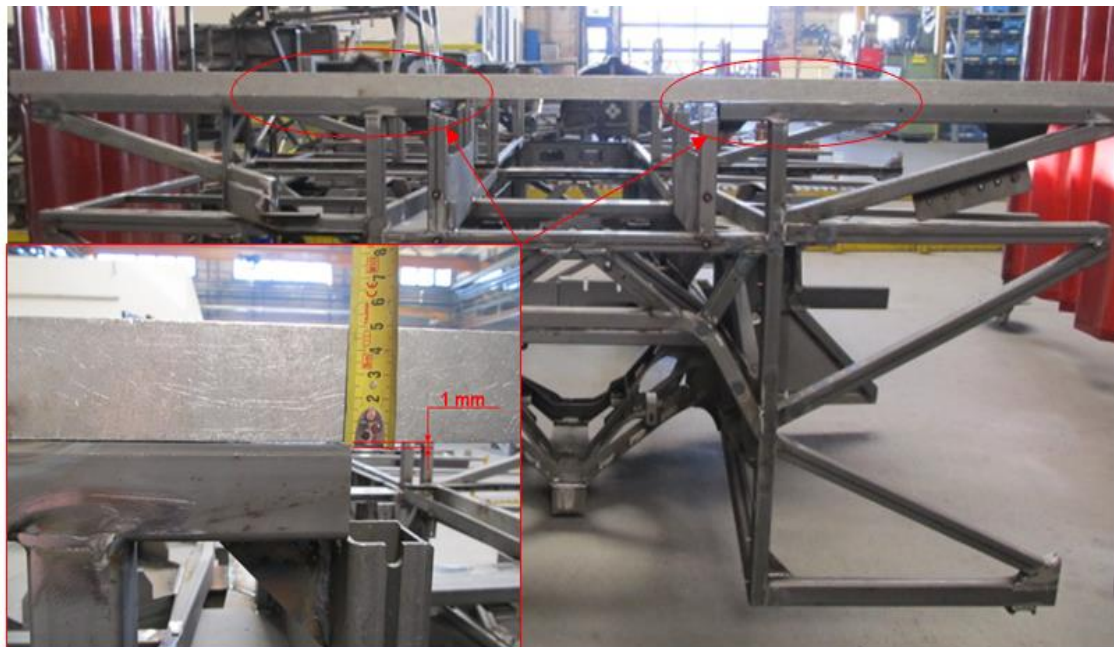
Po důkladném prozkoumání svařovacího postupu pro výrobu Qt. NA a při dohledu autora práce za přítomnosti technologa při samotném svařování uvedeného Qt. bylo zjištěno, že tento postup není dlouhodobě dodržován. Důvodem byla především častá fluktuace svářečů a také neochota či nesprávné zaškolení svářečů dodržovat postup při svařování. Tyto faktory vedou ke špatnému pnutí materiálu po vychladnutí a to má za následek nedodržení předepsaných rozměrů.

Za přítomnosti technologa proběhlo zaškolení a upozornění svářečů na chyby prováděné při svařovacím postupu Qt. NA.

Správný způsob svařování:

1. Díly založené do přípravku postehovat postupně od středu svařence. Postehovat jen díly plechové, neupnuté nebo nedostatečně upnuté.
2. Všechny svary svařovat postupně od středu svařence. Svařit veškeré přístupné svary ve svařovacím přípravku. Nejdříve svařit svary svislé, potom vodorovné. Děrové svary svařovat po obvodu.

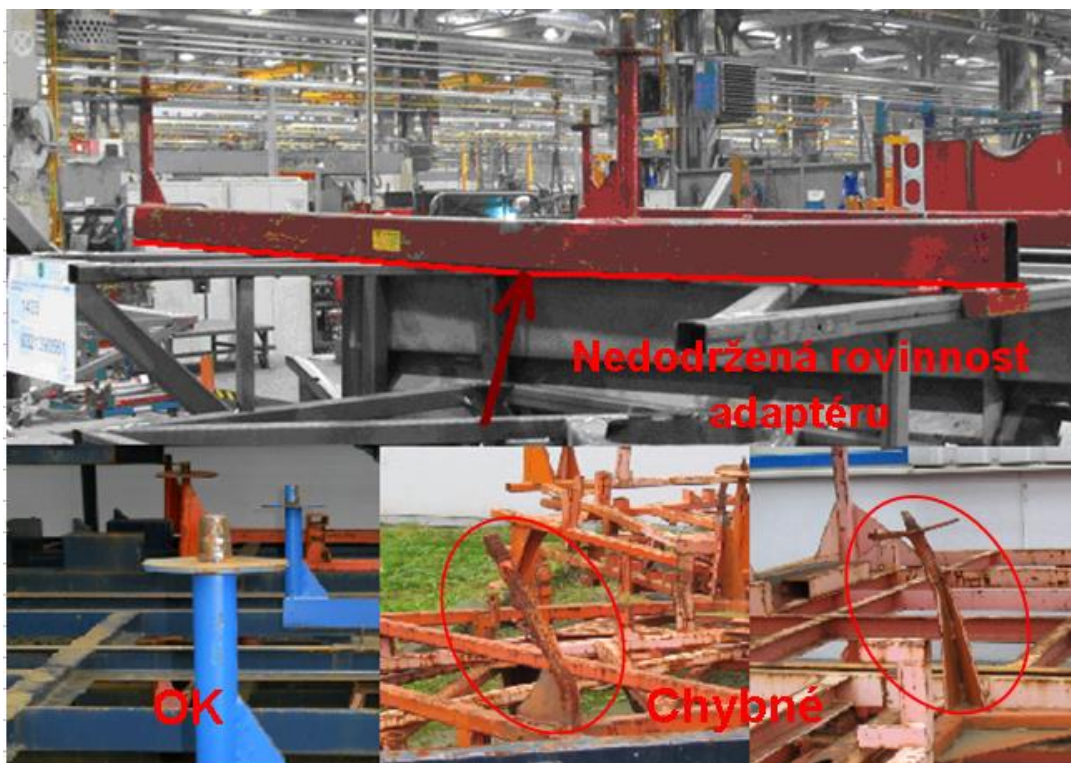
V ideálním případě je též doporučeno nechat Qt. NA ve svařovacím přípravku kompletně vychladnout. To ovšem pro časovou tíseň prakticky nelze splnit.



Obrázek 17 - Závěrečná optimalizace rovinnosti u Qt. NA

4.4.2 Poškozené palety a adaptéry

Stále častěji se vyskytujícím problémem bylo poškození palet a adaptérů. Adaptéry neležely v rovině, byly prohnuté. Maximální odchylka u rovinnosti adaptérů musí být $\pm 2\text{mm}$. Na paletě je problém s opěrkou na talíře. Musí být svisle přímá, aby zaručila svoji funkci. Tento problém se může projevit poškozením rovinnosti a rozměrů u segmentů při nakládce a při transportu.

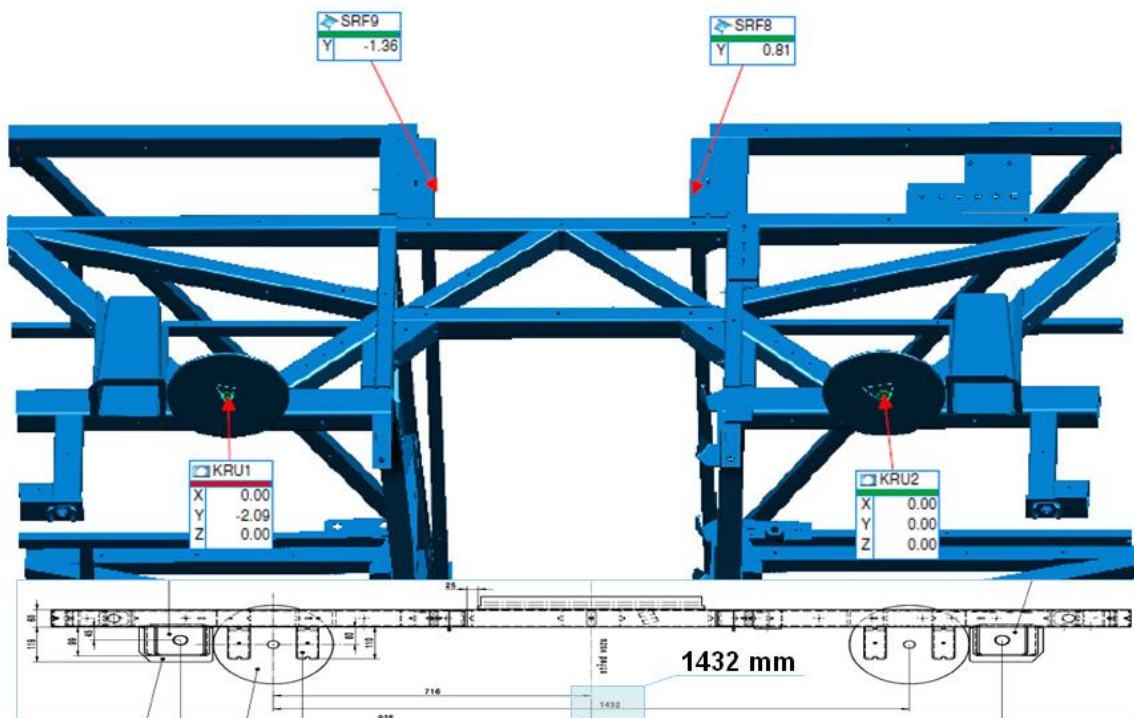


Obrázek 18 - Poškozené palety a adaptéry

Na tento problém byl upozorněn závod v Mannheimu, který palety a adaptéry eviduje. Poškozené palety a adaptéry byly za dohledu a posouzení konstruktéra dány stranou a odeslány do Mannheimu k opravě. V Mannheimu následně proběhla oprava a renovace opravitelných kusů, neopravitelné díly byly vyrobeny nové.

4.4.3 Talíře na Qt. 8 u zadních segmentů GTHD, HD mimo osu

Při výrobě segmentů se vyskytovala opakující neshoda na Qt.8 u zadních dvouosých segmentů GTHD 415, 416, 417 a HD 411 a 415. Problém byl odhalen v sestavovacím přípravku, kam je Qt. 8 upínán pomocí čepů na tzv. „talíře“ nacházející se na zmíněném Qt.8. Tyto „talíře“ ale nebylo možné na čepy usadit. Proto bylo poté postavení „talířů“ na Qt.8 proměřeno v měřícím centru (obrázek 19). Dle výsledků měřícího protokolu se následně potvrdilo, že nebyla dodržena požadovaná rozteč 1432 mm mezi „talíři“ (odchylka 2,09 mm) a zároveň byly „talíře“ umístěny mimo osu.



Obrázek 19 - Měřící protokol postavení "talířů" u Qt. 8

Řešení tohoto problému si vyžádalo revizi přípravku. Uložení „talíře“ do čepu na levé straně ve směru jízdy v přípravku pro zhotovení Qt. 8, bylo za přítomnosti opravářů přípravků posunuto o 2 mm směrem k ose již zmíněného Qt (obrázek 20). To se vzápětí promítlo dodržáním požadované rozteče 1432 mm a rovněž vzájemné postavení „talířů“ bylo již v ose vyráběného Qt. Splněním těchto požadavků byl vyřešen problém uložení Qt. 8 do sestavovacího přípravku. Optimální rozteč a souosost „talířů“ znázorňuje přiložený měřící protokol (obrázek 21).



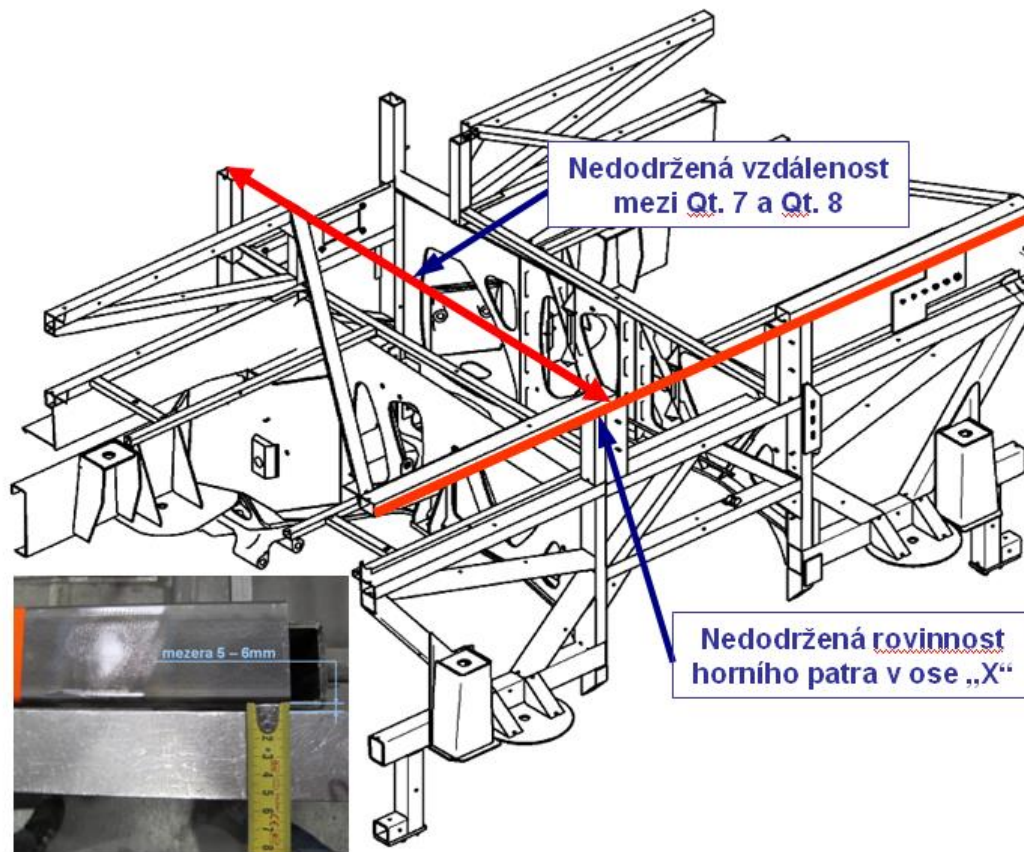
Obrázek 20 - Posunutí "talíře" v přípravku na Qt. 8



Obrázek 21 - Měřicí protokol umístění talířů na Qt. 8 po úpravě přípravku

4.4.4 Nedodržený rozměr a rovinnost v ose "X" u zadních segmentů GTHD a HD

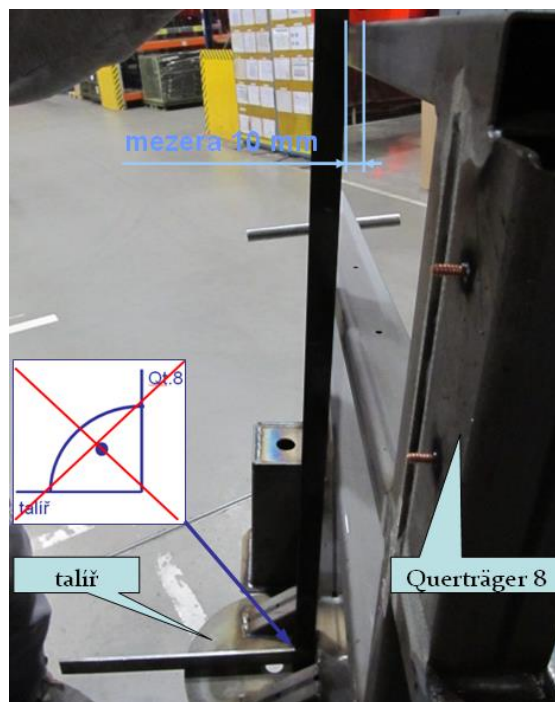
Po zajištění správné rozteče mezi „talíři“ se při závěrečném rovnání vyskytl nový problém týkající se dvouosých segmentů GTHD 415, 416, 417 a HD 411 a 415. Problém se projevil nedodržením vzdálenosti na levé straně v uličce mezi Qt. 7 a Qt. 8. Požadovaný rozměr 1675 mm nebyl dodržen, byl o 4 mm menší (1671 mm). Tento fakt měl negativní dopad na rovinnost horního patra Qt. 8 v ose „X“. Dovolená tolerance u rovinnosti dle všeobecné normy na výkrese EN ISO 13920 – AE na rozměr 2430 mm \pm 3mm byla opakovaně překročena. Hodnota odchyly byla 5 – 6 mm (obrázek 22).



Obrázek 22 - Nedodržení rozměr a rovinnost v ose "X" na segmentech GTHD, HD

Odhalování příčiny tohoto problému bylo provedeno v několika krocích. První prioritou bylo rozměrové proměření jednotlivých Querträgerů a Längsträgerů. Rozměrová přesnost jak Qt. 8, tak Qt. 7 vyšla v přípustné toleranci. U Längsträgerů byla odhalena odchylka v jejich požadované délce (přibližně o 1,5 mm kratší), ovšem i tato odchylka byla v přípustných hodnotách. Bylo tedy zapotřebí hledat další možné příčiny nepřesnosti zadních dvouosých segmentů GTHD a HD.

Vzhledem k tomu, že se segmenty upínají do sestavovacího a poté následně již i do rovního přípravku za otvor na talířích pomocí čepů, vznikla další myšlenka možné příčiny neshod u segmentů. Nedodržení rozměru a následně rovinnosti v ose „X“ na segmentech se totiž vyskytovalo především na levé straně, tam kde byla předtím upravovaná pozice talíře v přípravku. Proto bylo potřeba prověřit, zda se u posunutého uložení talíře v přípravku zachovaly stávající rozměry, nebo zda bylo postavení talíře nějakým způsobem narušeno. Kontrolou pomocí přiloženého úhelníku bylo zjištěno, že není splněna vzájemná kolmost talíře a samotného Qt. 8 (obrázek 23). Vlivem nedodržení požadovaného úhlu vzniká na horním patře Qt. mezera pohybující se kolem 10 mm. Pro potvrzení této domněnky byla kolmost talířů ku Qt. 8 proměřena v měřícím centru (obrázek 24).



Obrázek 23 - Kontrola kolmosti talíře a Qt. 8

KOLMO2				KOLMO1			
	Skut.hod.	Tol +	Odchyka		Skut.hod.	Tol +	Odchyka
L	2.08	1.00	2.08	L	1.15	1.00	1.15

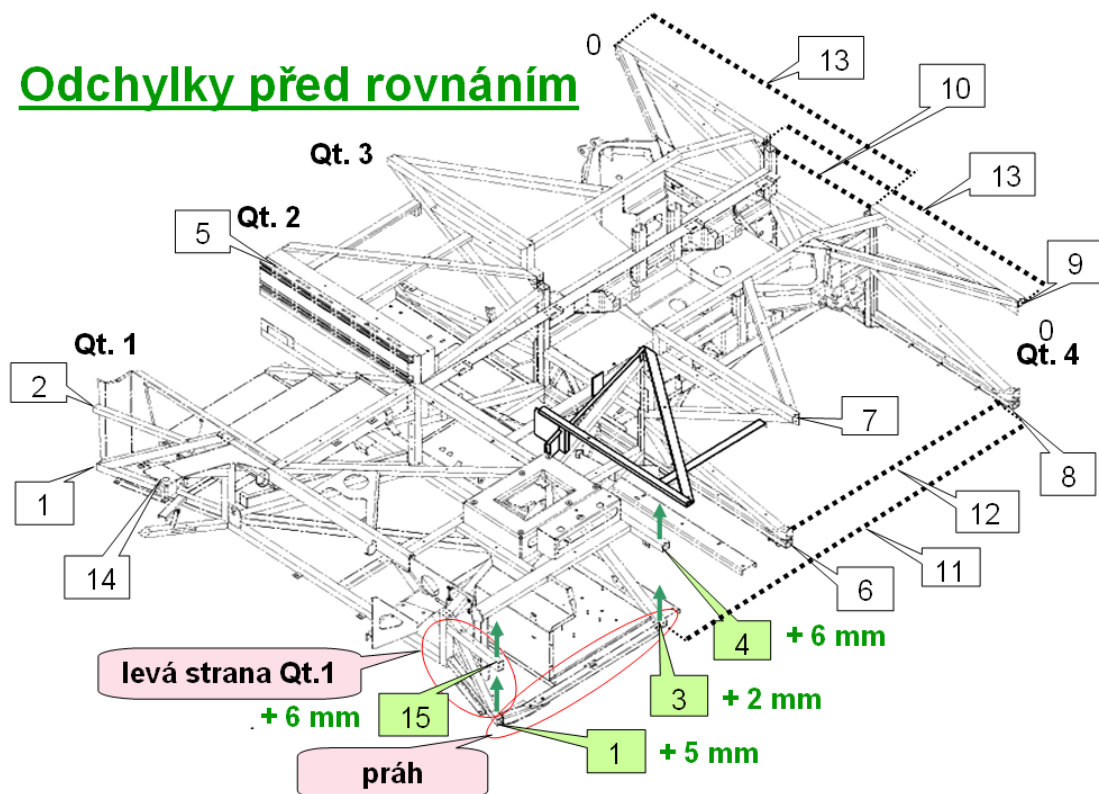
Obrázek 24 - Náměrový protokol - kolmost talíře a Qt. 8

Hodnoty z náměrového protokolu potvrdily naše stanovisko. Úhel mezi talířem a Qt. 8 na levé straně je vyšší než přípustná tolerance. Rovněž pravá strana vykazuje určité odchylky, ovšem tato odchylka je žádoucí vzhledem k následnému pnutí materiálu při svařování v sestavovacím přípravku. Nedodržená kolmost na levé straně má za příčinu špatné postavení celého Qt.8 v sestavovacím a následně i rovnacím přípravku.

Následně tedy proběhla další úprava na přípravku, kde jsou svařovány Qt. 8. Konkrétně bylo upraveno postavení čepu zajišťující polohu talíře na levé straně Qt.8. Úhel naklonění talíře na levé straně byl vzhledem k již uvedenému pozdějšímu pnutí materiálu zvolen dle vyzkoušeného optimálního úhlu na pravé straně.

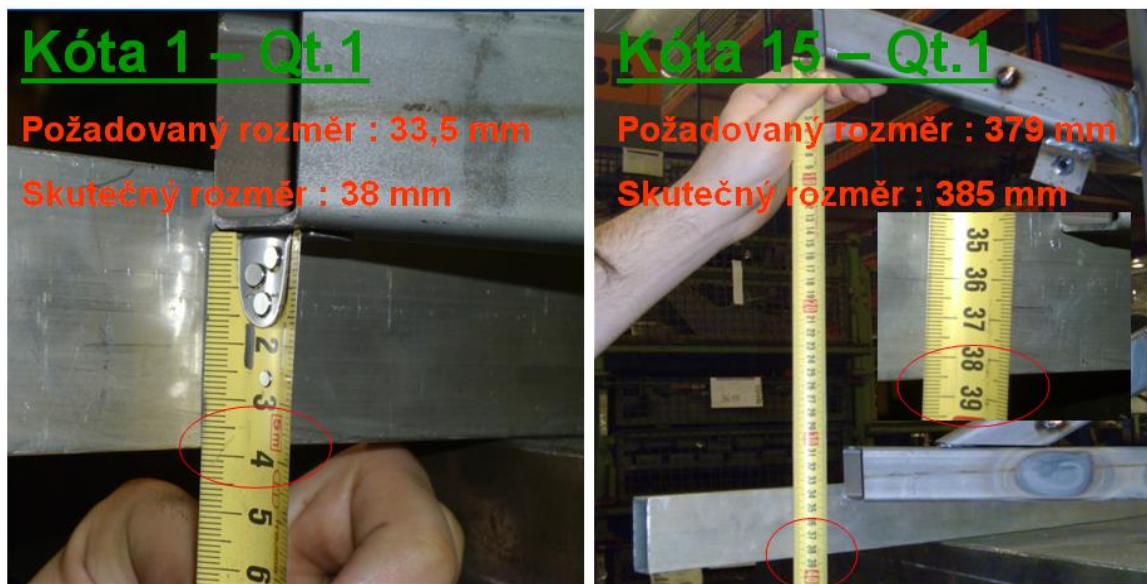
4.4.5 Práh a Qt. 1 u předních segmentů UL příliš vysoko

U předních segmentů UL 412; UL 415/416, 417 a UL 419 se vyskytovala opakující závada, která se týkala Querträgeru 1 a tzv. prahu. Tato neshoda se projevila již v nově využívaných měřicích protokolech a následně jsme též byli na tento problém upozorněni zákazníkem prostřednictvím průběžné videokonference v rámci prováděného projektu. Výška konců Qt.1 na levé straně v ose „Z“ a i prahu v ose „Z“ byla před rovnáním nad povolenou toleranci rozměrů (obrázek 25). Tato vysoká odchylka se projevila při závěrečném rovnání, kdy bylo obtížné a zejména časově náročné vyrovnat konce Qt.1 a práh na požadovaný rozměr. Tato část (Qt.1 až Qt.2) je u výše zmíněných typů segmentů UL totožná, proto se zmíněná neshoda objevovala ve velmi širokém rozsahu výroby předních segmentů.



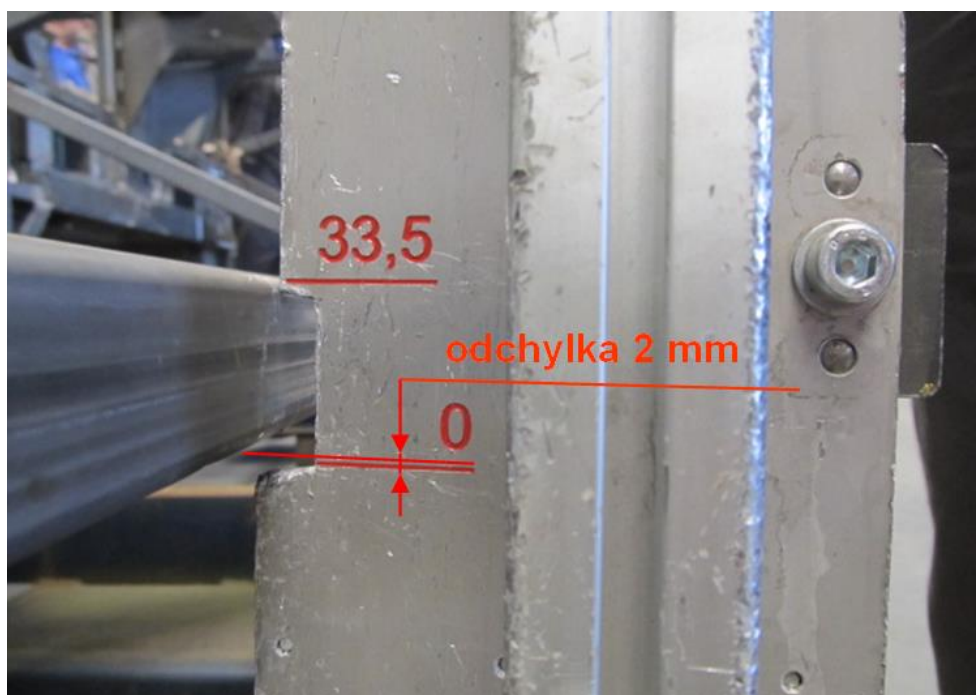
Obrázek 25 - Odchylky na předních segmentech UL před rovnáním

Následující obrázky ukazují detailněji naměřené hodnoty u problémových kót. Na Qt. 1 (obrázek 26) u kóty č. 1 je dle výkresu a měřicího protokolu vyžadována výška od nuly v ose „Z“ 33,5 mm. Změřená hodnota před rovnáním má ovšem hodnotu přibližně 38 mm. Rovněž rozměr kóty č. 15 v ose „Z“ neodpovídá požadovaným 379 mm. Po změření má hodnotu 385mm.



Obrázek 26 – Kóty č. 1 a č. 15 u Qt.1

Na dalším obrázku (obrázek 27) je znázorněno špatné umístění prahu (kóta 3), který je před rovnáním o 2mm výše než je požadovaná hodnota a to má rovněž za následek nesprávné rozměrové hodnoty horního patra Qt.2 (kóta 4) dokonce až o 6mm do plusu v ose „Z“.



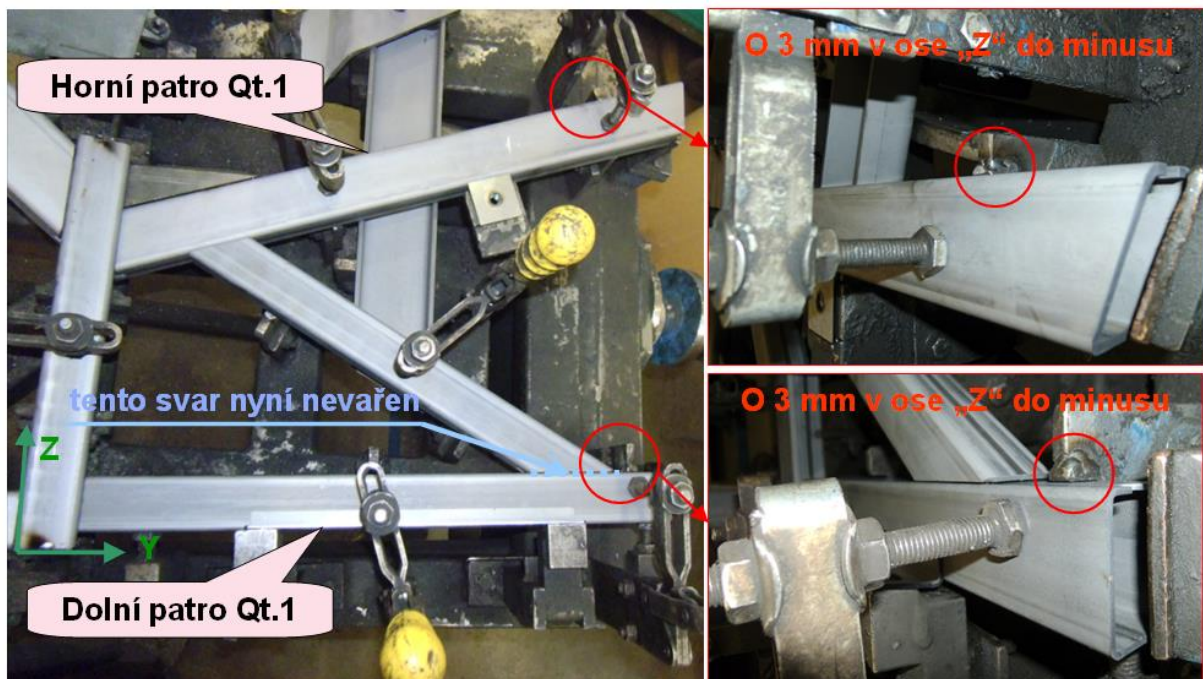
Obrázek 27 - Špatné umístění prahu

Cílem navrženého opatření je tedy dosáhnout co největšího přiblížení se požadovaným rozměrům u kót č. 1, 3, 4 a 15 a tím snížit dobu závěrečného rovnání. Úspěšné provedení tohoto cíle by mělo zajistit zlepšení rozměrové přesnosti, úsporu časů a pracnosti při rovnání.

Pro zlepšení rozměrů před rovnáním u levé strany Qt. 1 v ose „Z“ (kóty 1 a 15) bylo zapotřebí věnovat se dlouhodobému sledování a měření Qt.1 už od počátku jeho výroby v přípravku. Sledované hodnoty levé strany Qt. 1 vykazovaly přibližně stále stejné hodnoty, proto byla provedena úprava přípravku.

Úpravou přípravku byla snížena odchylka horního a dolního patra Qt. 1 o přibližně 3 mm. Tohoto stavu bylo dosaženo přivařením podložek o tloušťce 3mm na horní stranu levých konců Qt. 1 u stávajících dorazů. Tento krok je znázorněn v obrázku č. 28. Dosažené hodnoty znázorňuje obrázek 29.

Zároveň bylo domluveno se zákazníkem vynechání svaru ve spodní části Qt. 1, protože daný svar zapříčinil zvedání spodního ramene Qt. 1. Tento svár se dovaří až po komplectaci plechů a ostatních návazných dílů a umožní tak snazší montáž celé sestavy autobusu.



Obrázek 28 - Úprava levé strany přípravku Qt. 1 u segmentů UL



Obrázek 29 - Naměřené rozměry po úpravě přípravku na Qt.1

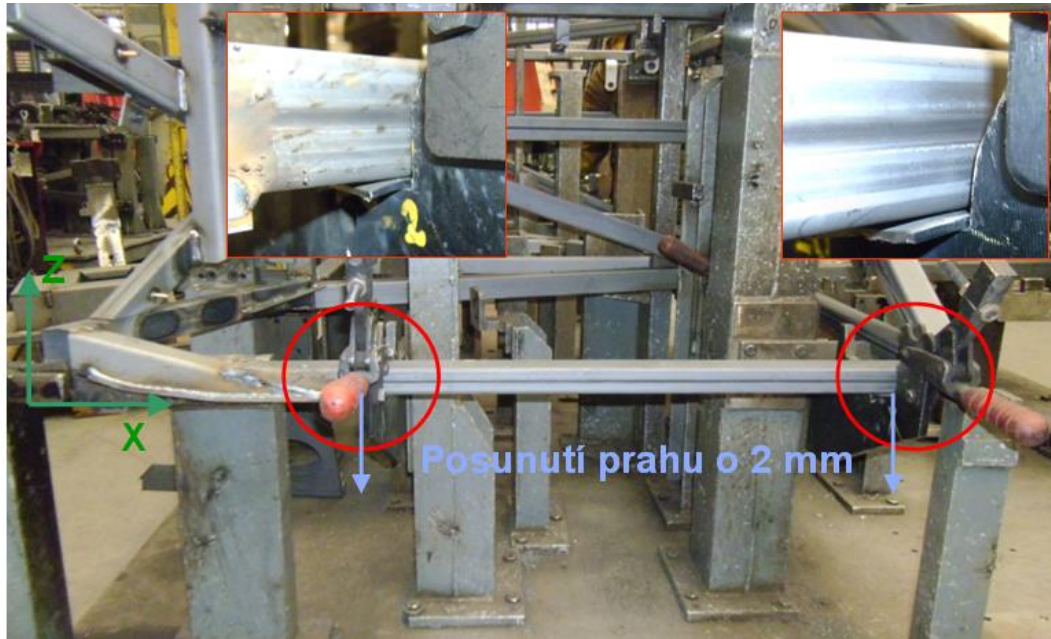
Nyní bylo zapotřebí řešit problém s ustavením prahu a Qt.2 na levé straně, jejichž uložení bylo stále v ose „Z“ do plusu a navíc současně nenavazovalo napojení prahu na opravené ustavení Qt.1. K řešení tohoto problému jsme se tedy vydali do sestavovacího přípravku pro výrobu předních segmentů UL.

Pro optimální napojení prahu na již upravený Qt. 1 a současně zachování rovnoběžnosti prahu byla lůžka v sestavovacím přípravku pro uložení prahu vyfrézována o 3 mm v ose „Z“ do mínusu. Ovšem toto řešení nebylo zcela optimální, protože vznikl jiný problém a to při napojení na tzv. plechování (schod), které nebylo v rovině s prahem (obrázek 30).



Obrázek 30 - Plechování není v rovině s prahem

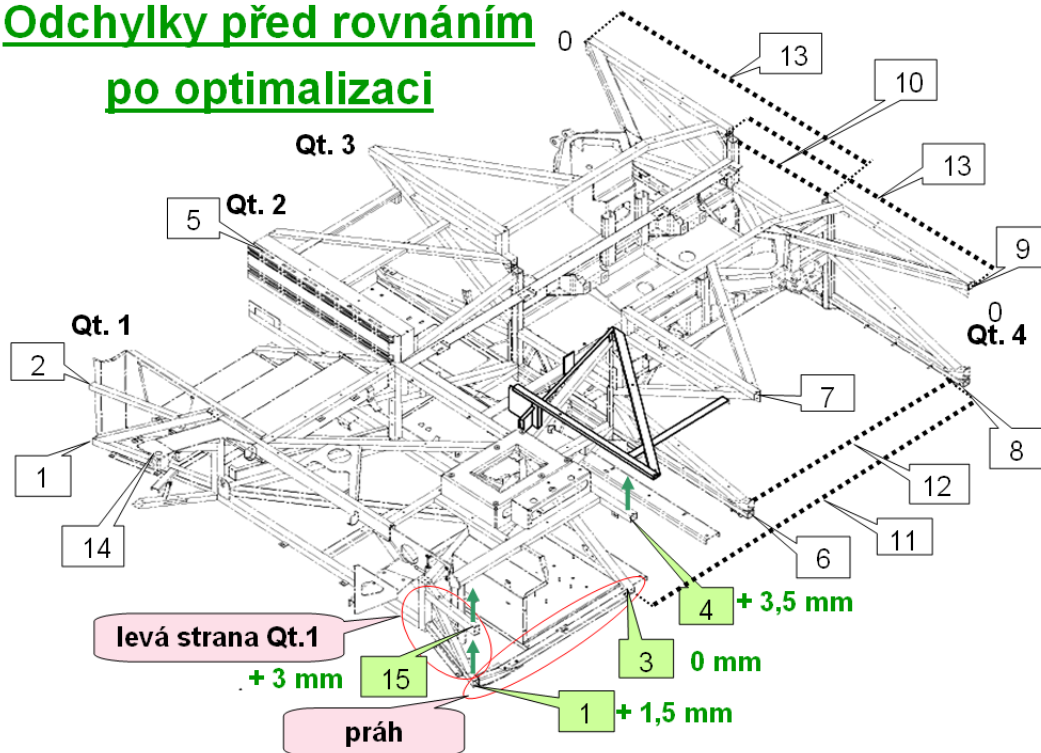
Vzhledem k tomu, že postavení plechování vůči „nule“ bylo optimální a postavení prahu bylo nyní mírně do mínusu (-1 až -2 mm), bylo potřeba najít kompromis. Ten spočíval v posunutí prahu (navařením milimetrového plechu na lůžka) v ose „Z“ o 1mm zpět do plusu. Celkové snížení prahu po všech úpravách bylo tedy o 2 mm v ose „Z“ do minusu. Odchylka v postavení prahu v ose „Z“ se poté ustálila na nule a rovněž postavení prahu vůči plechování bylo téměř v rovině. Zároveň byla dodržena rovnoběžnost prahu.



Obrázek 31 - Posunutí prahu v ose "Z"

Pomocí výše uvedených úprav přípravků byly minimalizovány rozměrové odchylky před závěrečným rovnáním při výrobě předních segmentů REISE. Následující obrázek (obrázek 32) znázorňuje odchylky před závěrečným rovnáním po optimalizaci. Je z něj patrné, že odchylka u kóty č. 1 byla vhodnou úpravou přípravku pro výrobu Qt. 1 snížena o 3,5mm a u kóty 15 o 3mm. Odchylka u kóty č. 3 udávající polohu prahu klesla na nulovou hodnotu. Při poklesu prahu se rovněž snížila odchylka u kóty č. 4 o přibližně 2,5mm.

Odchytky před rovnáním po optimalizaci



Obrázek 32 - Odchytky po optimalizaci procesu předních segmentů UL

4.5 Budování optimalizace procesu, plynulé zdokonalování se zapojením samotných pracovníků

Tento bod optimalizace výrobního procesu se týká zejména samotných pracovníků a jejich aktivního zapojení do průběhu procesu formou KVP návrhů. KVP je písemně koncipovaný návrh, který poukazuje na dosud neznámé nebo nepoužité řešení konkrétního podnikového problému. Návrhy se mohou nacházet v technickém, obchodním nebo organizačním úseku a týkají se produktů, strojů, zařízení, procesů, pracovních prostředků, které zjednodušují nebo zlepšují práci a tím vedou k úspoře. Návrh musí obsahovat konkrétní stávající stav, řešení a k tomu nutné změny a prostředky, jakož i z toho vycházející zisk.

Tato forma optimalizace však nelze přímo ovlivnit, lze ovšem zapojit pracovníky ke tvorbě zlepšujících opatření vhodným motivačním faktorem. Po schválení a úspěšné realizaci KVP dojde k ohodnocení každého návrhu. Návrhy bez vyčíslitelné finanční úspory jsou odměňovány finanční odměnou v rozmezí 500,- až 3000,- Kč. Odměna za návrhy s vypočitatelným užitím činí 15% roční úspory. Nejvyšší částka pro odměnění významného zlepšovacího návrhu činí potom 1000000,- Kč. Lze tedy říct, že tvorba KVP návrhů je výhodná pro obě strany. Firmě úspěšně realizovaný návrh zajistí zisk a pracovník bude též

náležitě odměněn. Z tohoto důvodu je zapotřebí motivovat neustále pracovníky k aktivnímu pojetí v rámci výrobního procesu.

4.6 Centrální řízení kontrolních plánů z jednoho místa

Před opuštěním holýšovského závodu projde každý vyrobený segment výstupní kontrolou. Při dodržení všech kvalitativních požadavků u segmentů následuje transport do německého Mannheimu, kde probíhá kompletace komponentů v hotový autobus. V Mannheimu je kvalita výrobku zajišťována průběžně během celého výrobního procesu. Po zkompletování všech segmentů v hotovou kostru autobusu se zde následně provádí celková výstupní kontrola kostry autobusů před procesem lakování. Tento proces kontroly je nazýván jako „Zelený bod“. Každá oblast kontroly vzhledem k mnoha typům autobusů tedy vyžaduje velké množství kontrolních plánů (Měřicí protokoly, Průfplány).

Aby byla zajištěna 100% kontrola všech procesních parametrů celé karoserie, je vydávání kontrolních plánů řízeno z jednoho odborného oddělení. Jako centrála byl zvolen závod v Mannheimu. Z tohoto oddělení obdrží výrobní závod Holýšov konkrétní kontrolní plány pro jednotlivé segmenty. Kontrolní plány jsou dále uvedeny v platnost, řízeny a archivovány oddělením kvality v Holýšově.

5 Vyhodnocení a účinnost opatření

5.1 Vyhodnocení způsobilosti procesu

Pro vyhodnocení způsobilosti procesu bude využito regulačních diagramů.

Podstata: Regulační diagramy slouží ke stálému grafickému zaznamenávání dat z procesu v časovém sledu a znázornění klíčových ukazatelů jakosti tak, aby na jejich základě bylo možno daný proces regulovat.

Statistická regulace představuje zpětnovazební systém. Základním cílem je nastolit a udržet výrobní proces na přípustné a stabilní úrovni zajišťující shodu výrobku se specifikací a splnění požadavků zákazníka.

Statistická regulace je založena na strategii prevence, která:

- předchází vzniku neshodných výrobků
- svoji pozornost soustřeďuje tam, kde jakost kolísá a lze ji ještě v procesu ovlivnit

Regulační diagramy se používají pro účely:

- vyhodnocení stability procesu (diagnostický proces)
- určení, kdy proces vyžaduje úpravy a kdy má být ponechán tak, jak je (reg. proces)
- potvrzení zlepšení procesu

Regulační diagram je graf hodnot dané charakteristiky, v němž vodorovná osa je časovou osou, na které se vyznačují intervaly jednotlivých výběrů hodnot regulované veličiny. Ve směru svislé osy se v bodech příslušejícím jednotlivým výběrům zakreslují příslušné hodnoty výběrové charakteristiky. Graf je charakterizován **centrální přímkou (CL – central line)**, umístěnou v referenční hodnotě znázorňované charakteristiky. Referenční hodnotou je obvykle průměrná hodnota uvažovaných údajů. Diagram má dvě statisticky stanovené regulační meze:

UCL (upper control limit) – horní regulační mez

LCL (lower control limit) – dolní regulační mez

Druhy regulačních diagramů:

- **regulační diagram měřením**
- **regulační diagram srovnáváním**

[3]

Při vyhodnocení použiji regulační diagramy srovnáním pro podíl neshodných jednotek v podskupině (p).

Tento regulační diagram se používá zejména v případech, kdy rozsah podskupiny není konstantní. Do regulačního diagramu se vynášejí hodnoty podílů neshodných jednotek v podskupinách. Zjištěné a vypočtené hodnoty udává tabulka 4. [3]

R rok	M měsíc	N vyr. množství segm.	np počet neshod	p np/N
2012	Leden	172	10	0,0581
	Únor	186	8	0,0430
	Březen	247	14	0,0567
	Duben	142	8	0,0563
	Květen	132	9	0,0682
	Červen	94	9	0,0957
	Červenec	128	8	0,0625
	Srpen	112	4	0,0357
	Září	118	5	0,0424
	Říjen	126	8	0,0635
	Listopad	137	5	0,0365
Prosinec	49	0	0,0000	
2013	Leden	109	4	0,0367
	Únor	138	5	0,0362
	Březen	186	5	0,0269
	Duben	175	6	0,0343
Σ		2251	108	0,7528

Tabulka 4 - Zjištěné a vypočtené hodnoty pro regulační diagram typu p

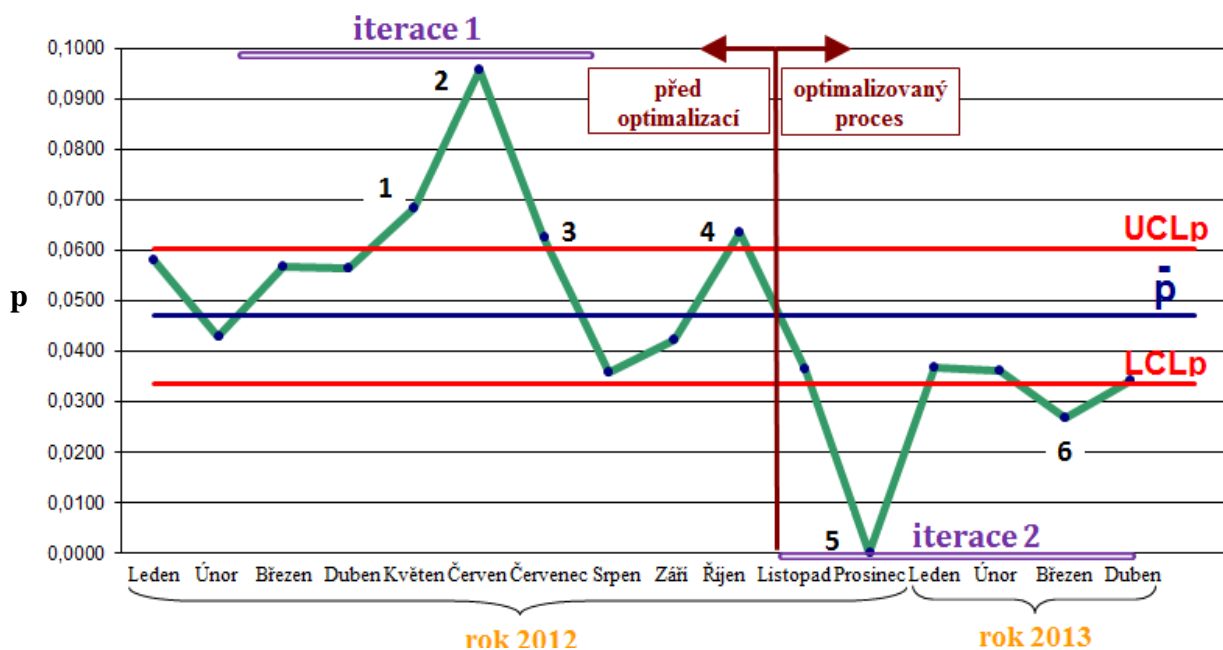
$$\bar{p} = \sum p / M \max = 0,7528 / 16 = \underline{\underline{0,0470}}$$

$$\underline{UCLp} = \bar{p} + 3 * \sqrt{\frac{\bar{p} * (1 - \bar{p})}{N}} = 0,0470 + 3 * \sqrt{\frac{0,0470 * (1 - 0,0470)}{2251}} = \underline{\underline{0,0604}}$$

$$\underline{LCLp} = \bar{p} - 3 * \sqrt{\frac{\bar{p} * (1 - \bar{p})}{N}} = 0,0470 - 3 * \sqrt{\frac{0,0470 * (1 - 0,0470)}{2251}} = \underline{\underline{0,0336}}$$

Z vypočtených hodnot byl sestrojen graf znázorňující způsobilost procesu. Svislá čára vytyčená v grafu na pomezí měsíců Říjen a Listopad 2012 vyznačuje období, ve kterém započala optimalizace výrobního procesu ve skupině REISE. Úsek nalevo od uvedené čáry znázorňuje výrobní proces skupiny REISE před optimalizací procesu od počátku roku 2012. Úsek napravo již znázorňuje proces průběžně optimalizovaný až po měsíc duben v roce 2013. Graf regulačního diagramu je znázorněn na *obrázku 33*.

Regulační diagram (typ p): segmenty REISE



Obrázek 33 - Graf regulačního diagramu (p)

Vyhodnocení regulačního diagramu:

Vyhodnocení diagramu je třeba posuzovat ze dvou hledisek. Prvním hodnotícím kritériem je *analýza bodů ležících mimo regulační meze*. Tyto body jsou v grafu číselně označeny. Druhým posuzovaným kritériem je tzv. *iterace*. Iterace znázorňuje oblast po sobě následujících nahromaděných bodů nad nebo pod centrální přímkou. Tento stav často signalizuje statisticky nezvládnutý stav procesu. Iterace jsou rovněž vyznačeny v grafu.

Analýza bodů ležících mimo regulační meze

Přítomnost jednoho či více bodů mimo regulační meze obvykle signalizuje nestabilitu výrobního procesu v daném časovém okamžiku. V tomto případě je ovšem výskyt bodů pod dolní regulační mezi žádoucí, protože znázorňuje nízkou zmetkovitost v závislosti na počtu vyrobených segmentů. Je potřeba se tedy věnovat především bodům vyskytujících se nad horní mezi regulačního diagramu.

Při pohledu na graf lze říci, že zmetkovitost v závislosti na počtu vyráběných segmentů po započetí optimalizace procesu výrazně poklesla. Body 1, 2, 3, 4 se nacházejí nad horní regulační mezí (vyšší podíl neshodných jednotek). Tento výskyt je důsledkem zhoršení výkonu procesu v tomto časovém bodě. Je však patrné, že tyto body se vyskytují již před optimalizováním výrobního procesu.

Body 5 a 6 vyskytující se již v průběhu optimalizace se nacházejí pod dolní regulační mezí. Tento stav jak již bylo řečeno, je v tomto případě žádoucí, představuje totiž nižší podíl neshodných jednotek. Výkon procesu se tedy v tomto časovém okamžiku zlepšil. V prosinci lze spatřit extrém, kdy regulační křivka klesla až na hodnotu 0. Tento fakt lze jednoduše vysvětlit: v tomto měsíci bylo vyráběno pouze 49 segmentů, což snížilo pravděpodobnost možnosti vzniku neshod. Důsledkem je nulový podíl neshodných jednotek, což je vlastně v tomto případě optimální stav.

Iterace

Iterace nad centrální přímkou označená v grafu jako číslo 1 naznačuje, že v tomto časovém okamžiku (březen 2012 až červenec 2012) se výkon procesu zhoršil. Je však patrné, že se tato iterace vyskytuje již před optimalizací procesu. Iterace pod centrální přímkou označená v grafu jako číslo 2 je v tomto případě žádoucí. Vyskytuje se během celého průběhu optimalizace a naznačuje zlepšení výkonu procesu. Cílem následujících měsíců je tedy trvalé začlenění iterace 2 do procesu.

Vyhodnocení způsobilosti procesu:

Pro p-diagram (a všechny ostatní diagramy srovnáním) se způsobilost procesu liší od způsobilosti procesu založené na kvantitativních údajích v tom smyslu, že každý bod na diagramu srovnáním přímo ukazuje procento nebo intenzitu neshodných výrobků vůči požadavkům zákazníka, zatímco body na diagramech měřením ukazují, co proces poskytuje bez ohledu na technické specifikace. Tedy pro diagramy srovnáním je způsobilost definována jednoduše jako průměrný podíl nebo intenzita neshodných výrobků. Pro p-diagram je způsobilost procesu vyjádřena průměrem \bar{p} neshodných jednotek v procesu. [4]

Tedy pro vypočtenou hodnotu $\bar{p} = 0,0470$ je způsobilost stávajícího procesu 4,7% intenzity reklamovaných závad (95,3% je v pořádku). Při zavedené 100% kontrole na výstupu je hodnota průměrné intenzity závad 4,7% zbytečně vysoká, ovšem lze předpokládat, že intenzita závad při udržení, či zlepšení současných hodnot podílu neshodných jednotek v optimalizované oblasti v budoucnu výrazně poklesne.

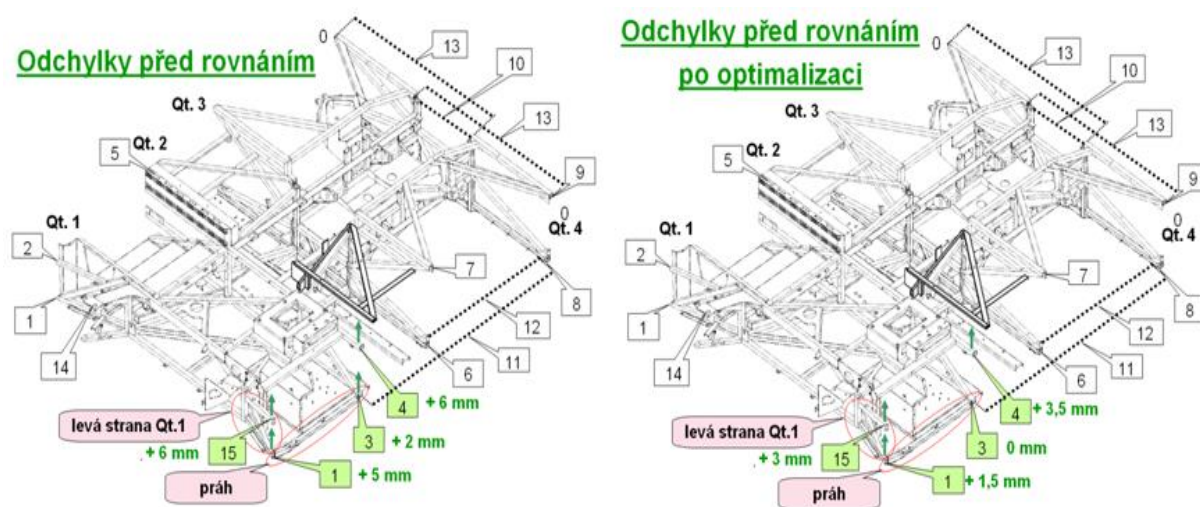
5.2 Technicko - ekonomické vyhodnocení projektu

Cílem technicko - ekonomického vyhodnocení projektu je stanovení úspor, které byly dosaženy při optimalizaci procesu. Vyhodnocení bude zaměřeno na jeden z hlavních bodů projektu a to snížení času při procesu vyrovnání svařovaných segmentů. Vzhledem k stále probíhající optimalizaci některých typů segmentů a především pak také jejich velké rozmanitosti (přední, zadní a motorové segmenty vždy členění dle typů autobusů) nelze v rámci diplomové práce komplexní technicko – ekonomické vyhodnocení segmentů REISE uskutečnit. Z těchto důvodů bude technicko - ekonomické vyhodnocení provedeno pouze pro nejčastěji vyráběné přední segmenty typu UL.

5.2.1 Technické vyhodnocení

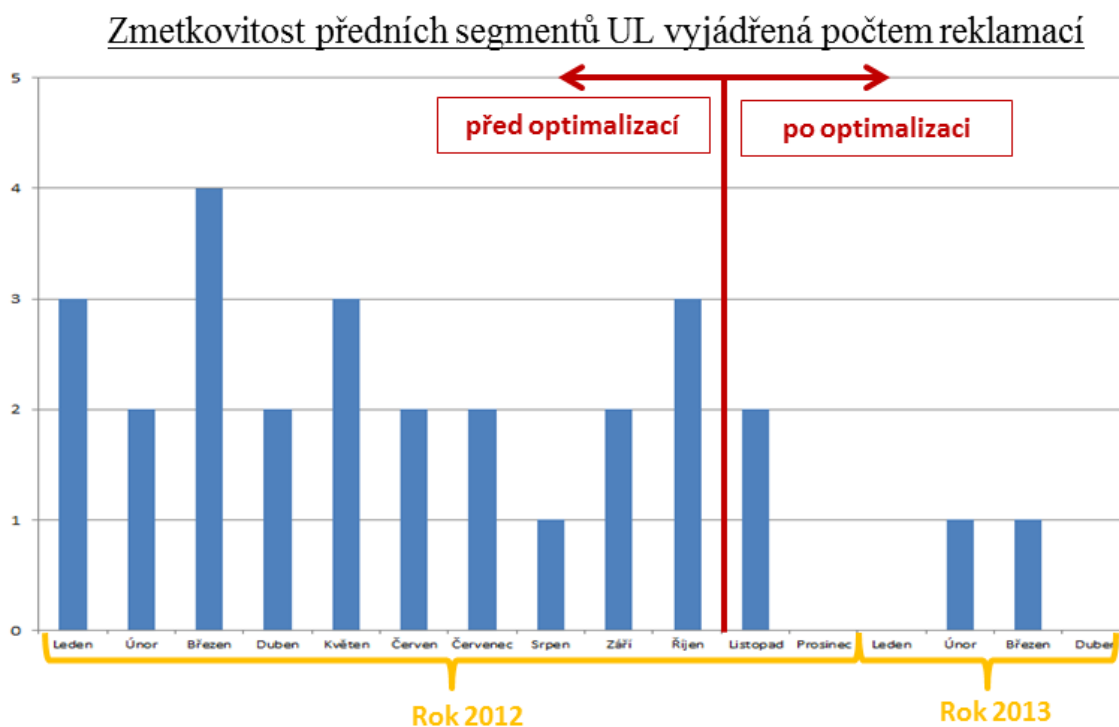
Vyhodnocení bude vyjádřeno pro přední segment UL 415/416, 417 (znázorněn na obr. 34), ovšem stejných hodnot bude dosaženo i u předních segmentů UL 412 a UL 419. Tyto segmenty jsou v optimalizované oblasti rozměrově i tvarově shodné, liší se pouze celkovou délkou segmentu, která zde ovšem není podstatná, tudíž lze předpokládat, že výrobní časy jsou rovněž totožné.

Minimalizace odchylek rozměrů před vyrovnáním u předních segmentů UL byla řešena v kapitole: 4.4.5. *Práh a Qt.1 u předních segmentů UL příliš vysoko*. Za pomoci úprav levé strany přípravku pro výrobu Qt.1, svařovacího postupu u spodního patra Qt.1 a revize části sestavovacího přípravku pro uložení prahu se podařilo snížit odchylky před vyrovnáním segmentu. Dosažené hodnoty průměrných odchylek před a po optimalizaci procesu jsou znázorněny na obrázku 34.



Obrázek 34 - Přední segment UL - odchylky před rovnáním

Snížením odchylek byl vytvořen předpoklad pro optimální vyrovnání segmentů. Tento fakt se následně pozitivně projevil ve zvýšení přesnosti segmentů, což mělo za následek snížení zmetkovitosti. Zmetkovitost u předních segmentů UL je znázorněna v obrázku 35. Snížením zmetkovitosti tak odpadají náklady na vícepráce při případné opravě segmentů.



Obrázek 35 - Zmetkovitost u předních segmentů UL

5.2.1 Ekonomické vyhodnocení

Pro stanovení ekonomických úspor, je zapotřebí výše uvedené snížení hodnot odchylek definovaných v rozměrové podobě (mm) vyjádřit ve formě času. Řešení poskytuje metoda časové studie práce – **REFA**. Tato metoda spočívá v provedení pěti náměrů, při kterých jsou postupně zjišťovány a zaznamenávány časová data pro jednotlivé operace. Po změření jednotlivých základních a ztrátových časů se minimální a maximální čas z proměřených náměrů odstraní a ze zbylých tří náměrů se vypočte průměrný základní čas. Tento čas je poté vynásoben tzv. směnovým přídatkem. Dosažený čas má poté vypovídající hodnotu pro určení výrobního času u jednotlivých operací.

Pro zjištění výrobních časů u segmentu před optimalizací (v tomto případě zejména čas vyrovnání segmentu) je využito provedení metody REFA pro daný segment typu UL z roku 2010. Náměrový protokol znázorňuje pouze hodnoty pro tři náměry (max. a min. čas je již odstraněn).

SAP		REFA								SAP / REFA			
Č. op.	Text operace	te (min)	1		2		3		Průměr (min)	te (min)	Poznámka	Rozdíl (min)	Rozdíl (%)
			tg (min)	Ztráty (min)	tg (min)	Ztráty (min)	tg (min)	Ztráty (min)					
10	Svařit, jeřábem přesunout do dovařovací	69,00	71,33	3,93	73,32	3,93	72,92	33,85	72,52	78,33		9,33	13,52%
20	Dovařit	100,00	98,51	58,04	102,67	31,39	97,02	32,86	99,40	107,35		7,35	7,35%
30	Jeřábem přesunout na pracovníště broušení, ustavit na přepravní vozík, brousit. Provádí se v op.40 - neměřeno	10,00	11,10	0,00	10,96	0,00	10,82	9,15	10,96	11,84		1,84	18,36%
40	Vyrovnat	50,00	44,85	37,80	43,41	24,34	43,68	34,38	43,98	47,50		-2,50	-5,01%
50	Dokončit	31,50	32,05	3,48	31,73	1,72	30,83	12,28	31,53	34,06		2,56	8,11%
60	Kontrolovat	10,00	9,26	16,41	9,83	7,88	8,70	2,37	9,26	10,01		0,01	0,06%
70	Transport	13,70	12,70	0,00	12,53	3,02	12,90	1,03	12,71	13,73		0,03	0,18%
80			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-		-	-
90			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-		-	-
100			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-		-	-
Suma		284,20	279,79	119,66	284,44	72,27	276,85	125,92	302,79			18,59	6,54%
Datum měření			12.05.2010		12.05.2010		10.06.2010		Ztráty @ 105,95				
Poznámky:													

Obrázek 36 - Protokol REFA pro segment UL před optimalizací [2]

Výrobní čas **te (min)** pro vyrovnání předního segmentu UL byl před optimalizováním procesu výroby segmentu roven **50 min**. Interní hodinová sazba **IHS (Kč/hod)** pro vyrovnání segmentu je dle SAPU stanovená na **574 Kč/hod**. Z těchto hodnot lze vypočítat náklady na vyrovnání jednoho segmentu UL před optimalizací procesu.

$te = 50 \text{ min}$ (výrobní čas pro vyrovnání segmentu)

$IHS = 574 \text{ Kč/hod}$ (interní hodinová sazba vyrovnání segmentu)

$N = ?$ (náklady na vyrovnání jednoho segmentu UL)

$$N = (te * IHS) / 60 \text{ min} = 50 * 574 / 60 = \underline{\underline{478 \text{ Kč}}}$$

Náklady na vyrovnání jednoho segmentu UL před optimalizací procesu činily 478 Kč.

Pro zjištění výrobního času operace vyrovnání segmentu po optimalizaci svařovaných segmentů UL byl proveden nový náměrový protokol REFA. Tentokrát byly z časových důvodů provedeny pouze náměry požadované operace vyrovnání segmentu. Dosažené hodnoty znázorňuje obrázek 37.

SAP		REFA							SAP / REFA				
Č. op.	Text operace	te (min)	1 tg (min)	1 Ztráty (min)	2 tg (min)	2 Ztráty (min)	3 tg (min)	3 Ztráty (min)	Průměr tg (min)	te (min)	Poznámka	Rozdíl (min)	Rozdíl (%)
10	Svařit, jeřábem přesunout do dovařovaku	69,00	71,33	3,93	73,32	3,93	72,92	33,85	72,52	78,33		9,33	13,52%
20	Dovařit	100,00	98,51	56,94	102,67	31,39	97,02	32,88	99,40	107,35		7,35	7,35%
30	Jeřábem přesunout na pracoviště broušení, ustavit na přepravní vozík, brousit. Provádí se v no. 40 - optimalizace	10,00	11,10	0,00	10,96	0,00	10,82	9,15	10,96	11,84		1,84	18,36%
40	Vyrovnat	45,00	40,91	22,07	40,26	18,57	39,04	37,05	40,07	43,28		-1,72	-3,83%
50	Dokončit	31,50	32,05	3,48	31,73	1,72	30,83	12,28	31,53	34,06		2,56	8,11%
60	Kontrolovat	10,00	9,26	16,41	9,83	7,88	8,70	2,37	9,26	10,01		0,01	0,06%
70	Transport	13,70	12,70	0,00	12,53	3,02	12,90	1,03	12,71	13,73		0,03	0,18%
80			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-		-	-
90			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-		-	-
100			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-		-	-
Suma		279,20	275,86	102,82	281,29	66,51	272,22	128,59		298,57		19,37	6,94%
Datum měření			05.03.2013		08.03.2013		15.03.2013		Ztráty	99,31			
Poznámky:													

Obrázek 37 - Protokol REFA pro segment UL po optimalizaci [2]

Výrobní čas **te (min)** pro vyrovnání předního segmentu UL je po optimalizování procesu výroby segmentu roven **45 min**. Z již předchozí znalosti interní hodinové sazby lze vypočítat náklady na vyrovnání jednoho segmentu UL po optimalizaci procesu.

$te = 45 \text{ min}$ (výrobní čas pro vyrovnání segmentu)

$IHS = 574 \text{ Kč/hod}$ (interní hodinová sazba vyrovnání segmentu)

$N = ?$ (náklady na vyrovnání jednoho segmentu UL)

$$N = (te * IHS) / 60 \text{ min} = 45 * 574 / 60 = \underline{430 \text{ Kč}}$$

Náklady na vyrovnání jednoho segmentu UL po optimalizaci procesu činí 430 Kč.

Z vypočtených hodnot již lze stanovit ekonomickou úsporu při vyrovnání jednoho předního segmentu typu UL. Dosažené úspory znázorňuje tabulka 5.

Vyrovnání 1 předního segmentu UL	Výrobní čas / 1 segment te (min)	Náklady na výrobu / 1 segment N (Kč)
Stav před optimalizací procesu	50	478
Stav po optimalizaci procesu	45	430
Dosažená úspora pro vyrovnání 1 segmentu	5 min	48 Kč

Tabulka 5 - Přehled dosažených úspor při vyrovnání jednoho segmentu UL

Z dosažených úspor pro vyrovnání jednoho předního segmentu UL lze vypočítat roční úsporu při vyrovnání segmentu. Pro stanovení hodnoty roční dávky je uvažován počet vyrobených segmentů typu UL za předchozí rok 2012 (tj. 270 ks). Dosažené roční úspory znázorňuje tabulka 6.

Vyrovnání roční dávky (270 ks) předního segmentu UL	Výrobní čas te (min)	Náklady na výrobu N (Kč)
Dosažená úspora pro vyrovnání 1 segmentu	5	48
Roční dosažená úspora (vyrovnání 270 segmentů)	1350 min	12 960 Kč

Tabulka 6 - Přehled dosažených úspor za rok

Je zapotřebí si uvědomit, že vypočtené hodnoty v tabulkách jsou pouze dosažené úspory vlivem optimalizace procesu při závěrečném rovnání. Od těchto hodnot tedy nejsou odečteny náklady na samotné provedení optimalizace procesu. Výpočet těchto nákladů ovšem přesahuje rámec této práce, čili zde nebude vyjádřena ani doba návratnosti optimalizovaných opatření.

Lze zde však jednoznačně konstatovat, že dosažená úspora času pro vyrovnání jednoho segmentu (5 min) se projeví snížením pracnosti výrobku a tím i snížením výrobních nákladů vyráběných segmentů.

6 Závěr

Zadaným tématem diplomové práce bylo „*Optimalizace a vyhodnocení výrobního procesu svařovaných segmentů ve společnosti EvoBus Bohemia s.r.o.*“. Rozsah zadaného úkolu vyžadoval zaměřit se pouze na segmenty u autobusů typu REISE. Diplomová práce obsahuje teoretickou (informativní) část a praktickou část, v níž byly řešeny stanovené cíle. V závěru autor diplomové práce vyjádřil účinnost navržených opatření pomocí vyhodnocení způsobilosti procesu a technicko ekonomického vyhodnocení.

Teoretická část je věnována převážně firmě EvoBus Bohemia. Postupně byla představena firma, její historie, budoucnost a také přístup podniku k životnímu prostředí. Posléze byl charakterizován výrobní program, byly představeny typy vyráběných autobusů, popsány některé důležité prvky optimalizačních systémů a plánování ve firmě. Rovněž nebyly opomenuty důležité normy využívané podnikem. V závěru této kapitoly je popsán audit procesu a také jsou vyjádřeny příčiny vzniku neshod ve výrobě pomocí Ishikawa diagramu.

Praktická část se dělí do tří částí charakterizujících jednotlivé cíle práce. V první části byl zanalyzován současný stav výrobního procesu požadovaného úseku REISE segmenty. Důležité procesy (úseky) a posloupnost operací ve výrobním procesu byly znázorněny v layoutu haly a následně i pomocí vývojového diagramu. Poté autor provedl analýzu četnosti neshod v jednotlivých úsecích výroby za rok 2012 pomocí Paretovy a ABC analýzy. Výsledky analýzy jednoznačně prokázaly, že nejvyšší vliv na celkovou četnost neshod mají svařovací úseky výrobního procesu. Posléze byly definovány slabá místa stávajícího procesu. Nespokojenost byla s dodržením rozměrové přesnosti u segmentů, s využíváním kontrolních plánů se 100% kontrolou, využívání dynamizačního pravidla již kontrolovaných bodů a též aktivním zapojením pracovníků v rámci procesu. Z těchto údajů byly autorem stanoveny cíle pro optimalizaci procesu a následně navrženy možné varianty k odstranění slabých míst. Dle těchto návrhů bylo poté znázorněno schéma optimalizovaného kontrolního procesu.

Následující část se týká návrhu a především samotné realizace opatření vedoucích k dosažení stanovených cílů (kvality výrobku, minimalizace rovnání, ekonomická úspora). Prvním opatřením bylo zavedení principu kontroly 4 očí měřených rozměrů na měřicím a kontrolním stanovišti. Zavedení tohoto principu umožňuje redukovat a minimalizovat množství neshod na hotovém výrobku pomocí dvojí na sobě nezávislé kontroly. Dalším opatřením byla nezbytná optimalizace kontrolních plánů (měřicí protokoly, Checklisty). Především optimalizace měřicích protokolů byla velice nutná. Autor práce navrhl a vytvořil nové měřicí protokoly, které umožňují 100% kontrolu pomocí metody 4 očí a splňují potřebné

požadavky pro optimální vylepšení procesu. Původní Checklisty byly aktualizovány a nahrazeny tzv. Prüflisty. Nově vytvořených Prüflistů se týkalo zavedené dynamizační pravidlo, s jehož pomocí došlo k odbourání 100% kontroly měřených bodů, tímto krokem byla snížena časová náročnost prováděné kontroly. Pro zajištění 100% kontroly všech procesních parametrů celé karoserie jsou nově vytvořené kontrolní plány akceptovány a řízeny z centrály v německém Mannheimu. V holýšovském závodě jsou následně využívány, oddělením kontroly řízeny a archivovány. Minimalizaci rovnání a zvýšení rozměrové přesnosti umožnilo odhalení neshod a slabých míst vznikající u segmentů v průběhu výrobního procesu na svařovacích úsecích. Odhalené neshody autor povětšinou řešil ve spolupráci s kolegy z kontroly jakosti z daných úseků, případně s technology či konstruktéry.

Na závěr autor diplomové práce vyjádřil účinnost navržených opatření vyhodnocením způsobilosti procesu pomocí regulačního diagramu srovnáním typu p. Lze ji vyjádřit hodnotou průměrné intenzity reklamovaných závad (4,7%). Hodnota 4,7% je poměrně vysoká, ovšem je třeba brát v potaz, že vyhodnocení bylo vytvořeno z větší části z dat před optimalizací, kdy podíl neshodných jednotek byl výrazně vyšší. Lze tedy předpokládat, že v dalším období i vzhledem ke snížení podílu neshodných jednotek v průběhu optimalizace, hodnota intenzity reklamovaných závad výrazně poklesne. Technicko ekonomické vyhodnocení autor provedl pouze pro přední segment UL. Z technického pohledu optimalizace uvedených segmentů přinesla zvýšení přesnosti a tím i snížení zmetkovitosti segmentů. Úsporu tak lze hledat v ušetření nákladů za vícepráce při opravě zmetků. V ekonomickém vyhodnocení autor vypočetl dosažené časové a nákladové úspory při samotném procesu vyrovnání segmentu. Dosažená úspora času pro vyrovnání jednoho segmentu (5 min) má za následek snížení pracnosti výrobku a tím i pokles výrobních nákladů vyráběných segmentů.

I přes stále probíhající optimalizování procesu lze učinit závěr, že stanovené cíle diplomové práce byly splněny. Navržená opatření byla managementem firmy akceptována a zařazena do výrobního procesu. Je nyní žádoucí, aby podnik navázal a pokračoval v zavedeném směru při udržení současného stavu četnosti neshod. Autor diplomové práce se domnívá, že by bylo vhodné, provést v příštích měsících či letech opět vyhodnocení způsobilosti procesu a pomocí dosažených údajů vyjádřit směr vývoje podílu neshod v následujícím časovém období.

Citace a použitá literatura

1. KNIŽNÍ PUBLIKACE

- [1] T. MARCEL *Bakalářská práce – vyhodnocování výsledku sériového měření při výrobku.* Plzeň: ZČU, 2010.
- [2] EVOBUS BOHEMIA S.R.O. *Podnikové materiály.* EvoBus Holýšov, 2013.
- [3] F. ZVONEČEK, H. ZÍDKOVÁ *Jakost – styl života pro třetí tisíciletí.* Plzeň: ZČU, 2003.
- [4] ČSJ *QS - 9000 Statistická regulace procesu (SPC).* Praha: ČSJ, 1999.

2. PUBLIKACE NA INTERNETU

- [5] EVOBUS BOHEMIA S.R.O. aj. *Oficiální stránky firmy.*
<http://www.evobus.cz/inter-evobus-cz/0-683-402565-420-402617-1-0-0-0-1-7110-402565-0-0-0-0-0-0-0.html>. Holýšov: EVOBUS HOLÝŠOV, 2013.
- [6] INFO - KVALITA aj. *Oborový internetový portál.*
http://www.info-kvalita.cz/iso_14001_informace/. Praha: INFO - KVALITA, 2013.
- [7] TZÚ aj. *Oficiální stránky.*
http://www.tzu.cz/get_dokument.php?ID=72. Praha: TZÚ, 2013.
- [8] ZČU PLZEŇ.
<http://www.fst.zcu.cz/pro-studenty/jak-na-to-FST/diplomova-bakalarska-prace-FST/vypracovani-prace-FST.html>. Plzeň: ZČU.

Přehled použitých obrázků

Obrázek 1 - EvoBus Bohemia s.r.o.	10
Obrázek 2 - Schéma výrobní haly	14
Obrázek 3 - Počet vyrobených segmentů v jednotlivých letech	19
Obrázek 4 - Ishikawa diagram - příčiny vzniku neshod.....	23
Obrázek 5 - Současný QS proces ve skupině REISE.....	24
Obrázek 6 - Layout výrobního procesu ve skupině REISE – segmenty	26
Obrázek 7 - Vývojový diagram posloupnosti procesů ve skupině REISE.....	27
Obrázek 8 - Graf Paretovy analýzy dle počtu neshod v jednotlivých skupinách za rok 2012. 29	
Obrázek 9 - ABC analýza četnosti neshod v roce 2012 ve skupině REISE.....	30
Obrázek 10 - Aktuální (ne)splnění s danými body procesu	33
Obrázek 11 - Stanovené cíle optimalizace procesu.....	34
Obrázek 12 - Podoba nově vytvořeného QS procesu.....	36
Obrázek 13 - Změna stávajících měřících protokolů – např. zadní segment UL 417, 419.....	38
Obrázek 14 - Nahrazení Checklistů Průfplány – např. zadní segment UL 417, 419	39
Obrázek 15 - Nedodržená rovinnost v ose "Z" (Qt. NA).....	40
Obrázek 16 - Úprava přípravku u Qt. NA.....	41
Obrázek 17 - Závěrečná optimalizace rovinnosti u Qt. NA.....	42
Obrázek 18 - Poškozené palety a adaptéry.....	43
Obrázek 19 - Měřící protokol postavení "talířů" u Qt. 8.....	44
Obrázek 20 - Posunutí "talíře" v přípravku na Qt. 8	45
Obrázek 21 - Měřící protokol umístění talíře na Qt. 8 po úpravě přípravku	45
Obrázek 22 - Nedodržený rozměr a rovinnost v ose "X" na segmentech GTHD, HD	46
Obrázek 23 - Kontrola kolmosti talíře a Qt. 8.....	47
Obrázek 24 - Náměrový protokol - kolmost talíře a Qt. 8	47
Obrázek 25 - Odchyly na předních segmentech UL před rovnáním	48
Obrázek 26 – Kóty č. 1 a č. 15 u Qt.1	49
Obrázek 27 - Špatné umístění prahu	49
Obrázek 28 - Úprava levé strany přípravku Qt. 1 u segmentů UL.....	50
Obrázek 29 - Naměřené rozměry po úpravě přípravku na Qt.1	51
Obrázek 30 - Plechování není v rovině s prahem.....	51
Obrázek 31 - Posunutí prahu v ose "Z"	52
Obrázek 32 - Odchyly po optimalizaci procesu předních segmentů UL	53

Obrázek 33 - Graf regulačního diagramu (p)	57
Obrázek 34 - Přední segment UL - odchylky před rovnáním	59
Obrázek 35 - Zmetkovitost u předních segmentů UL	60
Obrázek 36 - Protokol REFA pro segment UL před optimalizací	61
Obrázek 37 - Protokol REFA pro segment UL po optimalizaci	62

Přehled použitých tabulek

Tabulka 1 - Přehled počtu a závažnosti reklamací za rok 2012 ve skupině REISE.....	28
Tabulka 2 - Vypočtené hodnoty četností.....	29
Tabulka 3 - Sběr dat pro ABC analýzu	30
Tabulka 4 - Zjištěné a vypočtené hodnoty pro regulační diagram typu p.....	56
Tabulka 5 - Přehled dosažených úspor při vyrovnání jednoho segmentu UL	63
Tabulka 6 - Přehled dosažených úspor za rok.....	63