

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití kapacit měrového střediska

Autor: **Bc. Petr MORAVEC**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Milan EDL, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce Doc. Ing. Milanu Edlovi, Ph.D. za poskytnuté rady a vedení při tvorbě této práce.

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Autorská práva

Podle zákona o právu autorském. č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č.111/1998 Sb. Je využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně – technických poznatků, nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Moravec	Jméno Petr	
STUDIJNÍ OBOR	N2301 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Jméno Milan	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Využití kapacit měrového střediska		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	93	TEXTOVÁ ČÁST	-	GRAFICKÁ ČÁST	-
---------------	----	---------------------	---	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Cílem této diplomové práce je zjistit kapacitní vytížení strojů ve firmě. Práce se zabývá představením vyráběných komponent, analýzou současného stavu a výpočtem kapacit. V další fázi je provedena počítačová simulace a návrh optimalizačních variant.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Kapacita, simulace, kontrola, common rail, SPC

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Moravec	Name Petr
FIELD OF STUDY	N2301 Industrial Engineering and Management	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Name Milan
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Capacity using of measuring center	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	93	TEXT PART	-	GRAPHICAL PART	-
----------------	----	------------------	---	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	The purpose of this diploma thesis was to calculate the capacity using of machinery at the company. This thesis deals with the introduction of produced components, analysis of the current status and capacity calculation. The goal of the next stage is to create simulation of the process and to design optimization options.
TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	
KEY WORDS	Capacity, simulation, control, common rail, SPC

Obsah

Úvod	12
1 Úvod do kapacity strojního zařízení	13
1.1 Charakteristika výrobních kapacit	13
1.2 Extenzivní, intenzivní a celkové využití kapacit	13
2 Představení společnosti	15
2.1 Základní informace	15
2.2 Výrobní program	16
3 Představení tlakového zásobníku	17
3.1 Obecně o systému Common Rail	17
3.2 Funkce tlakového zásobníku	17
3.3 Popis tlakového zásobníku	19
3.3.1 Obráběný tlakový zásobník LWR	20
3.3.2 Kovaný tlakový zásobník HFR	20
3.4 Tlakový regulační ventil	21
4 Popis měřicí laboratoře	22
4.1 Fyzikální podmínky v měřicí laboratoři	22
4.2 Představení měřících strojů v laboratoři	23
5 Analýza současného stavu	25
5.1 Stanovení oblasti analýzy	25
5.2 Statistická regulace SPC	26
5.3 Analýza procesu dodávání HFR do laboratoře	28
5.3.1 Mapa procesu dodávání HFR na měrové středisko	30
5.4 Analýza procesu dodávání LWR do laboratoře	32
5.5 Operace prováděné na měrovém středisku	35
5.5.1 Kontrola LWR tlakových zásobníků	35
5.5.2 Kontrola HFR tlakových zásobníků	36
5.5.3 Kontrola DRV	38
5.5.4 Mimo sériové měření	38
5.5.5 Kalibrace strojů	39
6 Výpočet kapacitního vytížení na měrovém středisku	40
6.1 Teorie z výpočtů kapacity strojního parku	40
6.2 Výpočet základních časových fondů	42
6.2.1 Výpočet počtu směn	42

6.2.2	Výpočet délky jedné směny	43
6.3	Spotřeba času při měření	44
6.4	Spotřeba času při manipulaci.....	45
6.5	Popis výpočtu v MS Excel.....	48
6.5.1	Zadání plánovaného objemu produkce	48
6.5.2	Popis záložky pro výpočet kapacitního vytížení	49
6.5.3	Zpětná kontrola výpočtu.....	53
6.6	Výpočet využití kapacit současného stavu	53
6.7	Výpočet vytížení strojů v roce 2014.....	54
7	Návrhy na optimalizační řešení	57
7.1	Představení softwaru Tecnomatix	57
7.1.1	Tecnomatix jako celek	57
7.1.2	Tecnomatix Plant simulation.....	59
7.2	Tvorba simulačního modelu současného stavu	60
7.3	Varianta A – Rozšíření kapacit pořízením nového přístroje	67
7.3.1	Popis varianty	67
7.3.2	Výsledky navrhované varianty	68
7.3.3	Ekonomické vyhodnocení varianty A	70
7.4	Varianta B – Snížení manipulačního času využitím metody milk run	71
7.4.1	Analýza varianty B.....	71
7.4.2	Výsledky varianty B.....	76
7.4.3	Ekonomické vyhodnocení varianty B	80
7.5	Varianta C – Změna principu dodávání HFR do laboratoře.....	80
7.5.1	Analýza varianty C.....	80
7.5.2	Výsledky varianty C.....	81
7.5.3	Ekonomické vyhodnocení varianty C	83
8	Výběr vhodné varianty.....	84
	Závěr.....	87
	Použitá literatura	88

Seznam obrázků

Obrázek 2-1 Mapa dceřiných společností po celém světě [1].....	15
Obrázek 2-2 Výroba automobilové techniky [1].....	16
Obrázek 2-3 Tlakový zásobník [2].....	16
Obrázek 3-1 Dieselový motor Common Rail [2].....	17
Obrázek 3-2 Popis systému Common Rail [3].....	18
Obrázek3-3 Prvky tlakového zásobníku [3].....	19
Obrázek 3-4 Komponenty a přípojky LWR [1].....	20
Obrázek 3-5 Komponenty a přípojky HFR [3].....	21
Obrázek 4-1 Přístroje na doplňkové měření.....	24
Obrázek 4-2 Zeiss Prismo 7.....	24
Obrázek 5-1 Oblast analýzy.....	26
Obrázek 5-2 Hluboké vrtání.....	28
Obrázek 5-3 Plochy vzniklé při axiálním obrábění.....	29
Obrázek 5-4 Radiální obrábění kovaného railu.....	29
Obrázek 5-5 Mapa procesu výroby a dodávek HFR na měrové středisko.....	31
Obrázek 5-6 Hluboké vrtání LWR.....	32
Obrázek 5-7 Radiální a axiální obrábění LWR.....	33
Obrázek 5-8 Mapa procesu výroby LWR.....	34
Obrázek 5-9 Kontrola kruhovitosti kužele a průměru 4,2H8.....	35
Obrázek 5-10 Obráběcí CNC centrum Chiron [13].....	38
Obrázek 6-1 Hlavička protokolu Calypso.....	44
Obrázek 6-2 Postup měření na měrovém středisku.....	46
Obrázek 6-3 Zadání objemu plánované produkce.....	48
Obrázek 6-4 Výpočet počtu měřených kusů a délek programů.....	49
Obrázek 6-5 Popis výpočtu využití kapacit.....	50
Obrázek 6-6 Nastavení koeficientů extenzivního využití.....	51
Obrázek 6-7 Změna počtu naplánovaných kusů dle zvoleného koeficientu.....	52
Obrázek 6-8 Ukázka výsledného využití kapacit.....	52
Obrázek 7-1 Struktura Tecnomatix [12].....	58
Obrázek 7-2 Systém uložení dat [12].....	59
Obrázek 7-3Nastavení vstupu pomocí Delivery Table.....	60
Obrázek 7-4 Nastavení měřítka simulačního modelu.....	61
Obrázek 7-5 Nastavení následujícího pracoviště pomocí carry part away.....	61

Obrázek 7-6 Nastavení kapacity pracovníka a bufferu na typ Stack	62
Obrázek 7-7 Nastavení plánu přestávek	62
Obrázek 7-8 Ukázka simulačního modelu měrového střediska	63
Obrázek 7-9 Snímek z průběhu směny při současném stavu	66
Obrázek 7-10 Snímek ze simulace varianty A	68
Obrázek 7-11 Prostory pro zkontrolované kusy	76
Obrázek 7-12 Plynulý tok materiálu laboratoří	78
Obrázek 7-13 Otvory měřené při jedné kontrole	81
Obrázek 7-14 Snímek průběhu směny varianty C	82

Seznam tabulek

Tabulka 4-1 Teplotní klasifikace laboratoří [4]	22
Tabulka 4-2 Klasifikace laboratoří podle vlhkosti [4]	23
Tabulka 5-1 Počet dodávaných kusů HFR pro uvolnění.....	37
Tabulka 6-1 Přehled směn.....	42
Tabulka 6-2 Přehled státních svátků ČR	43
Tabulka 6-3 Přehled plánovaných a skutečně dodaných ks	53
Tabulka 7-1 Počet změřených kusů ve sledovaném období	63
Tabulka 7-2 Extenzivní a aktuální využití kapacit ve sledovaném období.....	64
Tabulka 7-3 Výsledky simulace současného stavu	65
Tabulka 7-4 Výsledky simulace současného stavu pro měsíc duben.....	67
Tabulka 7-5 Výsledky simulace varianty A	69
Tabulka 7-6 Porovnání původního stavu s variantou A	70
Tabulka 7-7 Vstupní a provozní náklady varianty A	71
Tabulka 7-8 Výpočet skutečného a teoretického vytížení měrového střediska	73
Tabulka 7-9 Statistika varianty B	77
Tabulka 7-10 Přehled zkrácení průběžného času navracení do výroby	78
Tabulka 7-11 Časové úspory varianty B	79
Tabulka 7-12 Využití operátora zodpovědného za dodávku kusů	79
Tabulka 7-13 Vstupní a provozní náklady varianty B	80
Tabulka 7-14 Výsledky simulace varianty C	81
Tabulka 7-15 Porovnání časů navracení do výroby současného stavu a varianty C.....	82
Tabulka 7-16 Vyčíslení přínosů varianty C	83
Tabulka 7-17 Vstupní a provozní náklady varianty C	83
Tabulka 8-1 Parametry jednotlivých variant.....	84
Tabulka 8-2 Tabulka prostého hodnocení	84
Tabulka 8-3 Tabulka párového porovnání a určení vah.....	85
Tabulka 8-4 Výsledná tabulka hodnocení	85

Přehled použitých zkratk

CR	Common Rail
DRV	Druck Rail Ventil
DS	Diesel System
HFR	Hot Forged Rail
LWR	Laser Welded Rail
PD	Pumpe Düse
PLM	Product Lifecycle Management
SPC	Statistical Process Control

Úvod

Dnešní doba rozsáhlé konkurence je charakterizována neustálým zvyšováním požadavků na jakost. Aby byl podnik v současnosti schopen dlouhodobě přežít a produkovat zisky, musí se neustále snažit minimalizovat plýtvání ve formě nadměrné produkce, nadměrných zásob, zmetkovitosti a podobně. Pro podniky je dnes tedy téměř nutností produkovat kvalitní výrobky podle přání zákazníků za přijatelnou cenu.

V současnosti firmy nemají problém s know how, tedy jak vyrábět, úspěšný podnik ovšem musí vyrábět efektivněji, než jeho konkurence. To znamená, že cena produktu, za kterou se prodává, již neurčuje sám podnik, jak tomu bylo dříve, cenu nyní určuje trh. Aby podnik mohl vyrábět pro trh za přijatelnou cenu, musí snižovat výrobní náklady. S tím souvisí využití strojního parku, které by mělo být co nejvyšší, ale také minimalizace vyrobených vadných výrobků, což je hlavní téma této práce.

Tato diplomová práce si klade za cíl navrhnout a provést kapacitní výpočty vytížení strojů v pracoviště, které má za úkol kontrolovat kvalitu vyrobených produktů. Jelikož se v následujícím roce 2014 předpokládá nárůst objemu výroby a změna výrobních postupů, je dalším úkolem, dle prognóz vytvořit plán na rok 2014 a na závěr vyhodnotit, zda bude výroba kapacitně pokryta, nebo zda bude třeba udělat určitá opatření. Jedná se o společnost, která se zabývá výrobou komponentů do diesellových motorů.

V první části bude nejprve představena společnost. Dále zde bude podrobně popsán kontrolovaný produkt a jeho funkční parametry. Budou zde popsány stroje, na kterých se měření provádí a dále práce obsahuje zmapování procesů výroby, dodávání produktů do laboratoře a samotného procesu měření.

Ve druhé části je prováděno samotné měření. To se stává ze získávání dat o délce měření jednotlivých typů výrobků, měření fixních časů a získávání dat o plánu prodeje. Na základě těchto zjištěných dat budou pomocí softwaru Microsoft Office Excel vytvořeny početní tabulky, které po zadání požadavků výroby vypočtou vytížení strojů. Jelikož vedení této společnosti předpokládá nárůst produkce, bude vytvořen také kapacitní výhled na rok 2014.

V poslední fázi této práce autor doporučí opatření, která zajistí pokrytí plánovaného nárůstu výroby. Pro tuto fázi bude vytvořen simulační model v softwaru Tecnomatix – Plant Simulation. Tento simulační software nám na základě zadaných dat a určité pravděpodobnosti vypočte výsledky navrhovaných variant.

Autor by dále rád podotkl, že veškerá technologická data, a data o počtu měření, jsou pro účel této diplomové práce zkreslena, aby nedošlo k vyzrazení obchodního tajemství a poškození společnosti.

1 Úvod do kapacity strojního zařízení

Cílem této diplomové práce je v první fázi určit kapacitní vytížení strojů, které mají za úkol kontrolovat kvalitu obrobeneých produktů. Tato kapitola pojednává o tom, co je kapacita stroje, na jaké typy kapacit lze v praxi narazit a jakým způsobem je ovlivnit.

1.1 Charakteristika výrobních kapacit

Kapacitu lze charakterizovat jako maximální objem produkce, kterou může výrobní jednotka realizovat za určitý čas.

Jako základní prvek hierarchického uspořádání výrobních jednotek se považuje pracoviště. Seskupením pracovišť se poté jedná o dílnu, provoz, závod až podnik jako celek.

Strojní kapacita je ovlivňována celou řadou faktorů. Mezi ty nejčastější patří např.

- využívané technologie
- zpracovávaný materiál
- výrobní program
- kvalifikace pracovníků
- organizace a řízení práce

1.2 Extenzivní, intenzivní a celkové využití kapacit

Kapacitní vytížení dané jednotky lze vyhodnotit pomocí několika koeficientů. V této diplomové práci se bude jednat především o časové, neboli extenzivní využití kapacit. Koeficient extenzivního využití kapacit je dán poměrem skutečně odpracovaných hodin a využitelným časovým fondem.

$$k_e = \frac{T_s}{T_p} * 100[\%]$$

kde k_e ... koeficient extenzivního využití kapacit [%]

T_s ... skutečně odpracovaný čas [hod]

T_p ... využitelný časový fond [hod]

Další možné hodnocení je také na základě plánovaného a skutečného výkonu. V tomto případě se jedná tzv. intenzivní využití kapacit.

$$k_i = \frac{V_s}{V_p} * 100[\%]$$

kde k_i ... koeficient intenzivního využití kapacit [%]

V_s ... Skutečný výkon v naturálních jednotkách za hodinu

V_p ... plánovaný výkon v naturálních jednotkách za hodinu

Sloučením těchto dvou ukazatelů se získá koeficient celkového využití kapacit. Jedná se o syntetický ukazatel, neboť v sobě zahrnuje veškeré faktory ovlivňující kapacitu jednotky. Tento koeficient lze vypočítat součinem dvou předchozích, tedy časového a výkonového. Druhou cestou je poměr skutečného objemu zpracovaných výrobků a jeho maximální kapacity.

$$k_c = \frac{Q_s}{Q_p} * 100[\%] = k_e * k_i$$

kde k_c ... koeficient celkového využití kapacit [%]

Q_s skutečný objem [ks]

Q_p ... výrobní kapacita [ks]

Jak již bylo uvedeno, tato práce se zabývá výpočtem časového využití kapacit. Jako kapacitní jednotka je zde měřící laboratoř, ve které se v současné době nachází 7 automatických 3D měřících přístrojů, na kterých jsou kontrolovány obrobené kusy. Dostatek kapacit je zde nutný především k zajištění plynulého toku materiálu celou výrobou a také případně včasné zakročení při zjištění neshody. Po získání těchto hodnot bude následovat návrh optimalizačních řešení, jejichž úkolem bude zkrátit průběžné časy a dosáhnout co nejvyššího časového využití strojů.

Zvýšení časového využití strojů lze dosáhnout několika cestami. V častých případech se jedná o zvyšování směnnosti v rámci maximálně možného časového fondu. Druhou možností je prodej nevyužívaných strojů, v případě nedostatku kapacit naopak rozšíření strojního parku. Dalším způsobem, který je rovněž součástí praktické části, je zlepšení organizace práce. Pomocí toho kroku se eliminují různé ztrátové časy způsobené nadbytečnou manipulací, prostoje způsobené více strojní obsluhou, nebo úzkým místem ve výrobě apod. [15]

Kapacitu lze také počítat v naturálních jednotkách. Tato kapacita je pak dána součinem využitelného časového fondu a výkonu. Říká, kolik kusů je daná jednotka schopna vyrobit za určité období.

$$Q_q = T_p * V_p$$

kde Q_q ... výrobní kapacita v naturálních jednotkách

T_p využitelný časový fond [hod]

V_p ... výkon v naturálních jednotkách za hodinu

Tento vzorec se využívá pro stejnorodou produkci, a proto nebude s tímto typem kapacity v práci počítáno.

2 Představení společnosti

V první části této diplomové práce je určitě vhodné představit subjekt, ve kterém tento projekt vzniká. Jedná se o nadnárodní společnost, která se zabývá především automobilní technikou, ale také průmyslovou technikou, energetikou a výrobou spotřebního zboží.

2.1 Základní informace

Tato firma byla původně založena, jako dílna pro jemnou mechaniku a elektrotechniku. Hlavní sídlo této firmy se nachází v německém městě Gerlingen, nedaleko Stuttgartu. V současnosti tato skupina zahrnuje přes 280 dceřiných společností, z toho více než 230 těchto společností má své sídlo mimo Německo. Tuto firmu, která v současnosti zaměstnává přibližně 300 000 zaměstnanců, bychom mohli najít ve více než 50 zemích na různých kontinentech této planety. Obrat za minulý rok přesáhl hodnotu 52,5 miliard Euro. Společnost si za svou dlouholetou existenci získal renomé společnosti vyrábějící produkty nejvyšší kvality. Cena produktů sice mírně převyšuje konkurenci, ale výrobky mají maximální výkon a životnost. Toho firma dosáhla především díky výzkumu nových technologií, ve kterých zaměstnává více než 42 000 zaměstnanců.

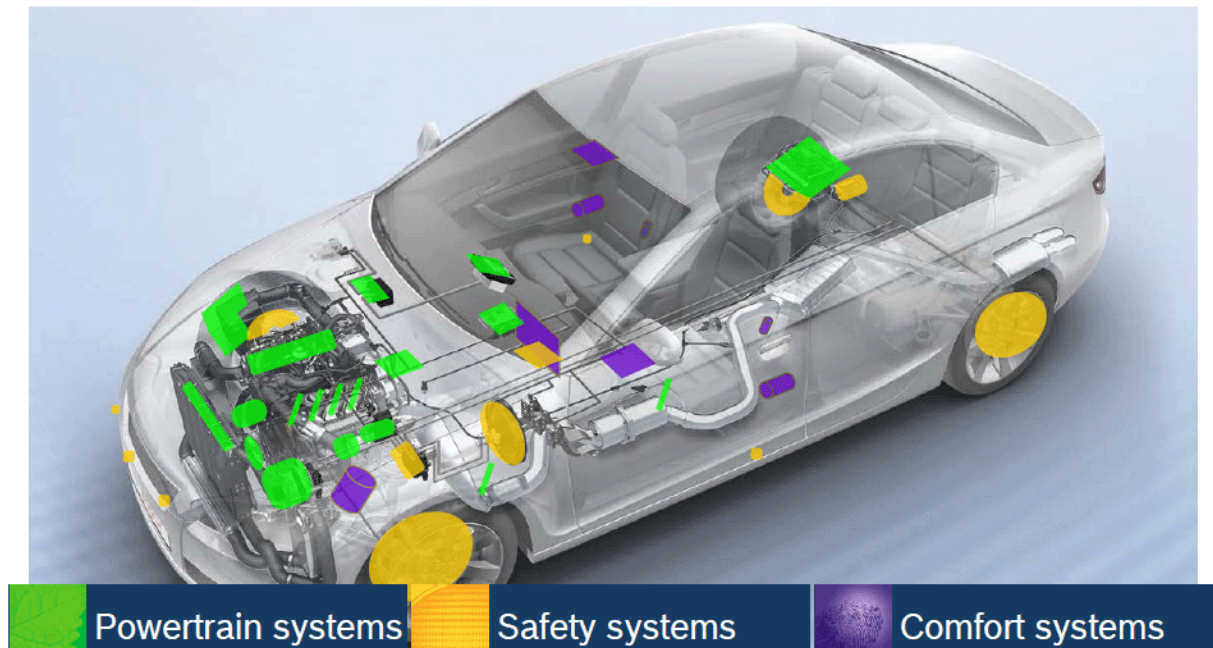


Obrázek 2-1 Mapa dceřiných společností po celém světě [1]

Skupina dodává díly pro domácí spotřebiče a elektrické nářadí, dále se věnuje průmyslové technologii balení, výsadou této společnosti je ovšem výroba dílů a zařízení pro automobilový průmysl a to jak pro dieselové, tak benzinové motory.

Průmyslová technika, energetika a technika budov a spotřební zboží tvoří dohromady přibližně 41% z celkového obrátu. Svou velikostí si tak získal dominantní roli na trhu v oblasti domácích spotřebičů, jako jsou lednice, pračky, ruční mixéry apod. Stal se rovněž významným výrobcem tepelných čerpadel, solární techniky a bezpečnostních technologií.

Jak již bylo řečeno, hlavní dominantou firmy je automobilová technika. Jak lze vidět na obrázku 2, společnost vyrábí komponenty týkající se jak systému pohonu, tak prvkům týkající se pohodlí a bezpečnosti. Automobilová technika zajišťuje zbylých 51% z celkového obrátu. Stává se tak lídrem na trhu pro dieselová vozidla.



Obrázek 2-2 Výroba automobilové techniky [1]

2.2 Výrobní program

Závod, ve kterém tato diplomová práce vzniká, se zabývá výrobou komponent do diesellových motorů. Hlavní výrobní program tohoto závodu tedy tvoří:

- Diesellová vstřikovací čerpadla typu Common Rail – CP3, CP1H a CP4
- Tlakové zásobníky (raily)
- Regulační ventily tlaku (DRV)
- Opravy vstřikovacích systémů

Tato diplomová práce se zabývá kontrolou tlakových zásobníků. Tento produkt bude podrobněji popsán v následující části. Pro představu, jak takový produkt vypadá, slouží následující obrázek. Jedná se o jakousi trubku, ve které jsou vyvrtány axiální a radiální otvory. Hlavní funkcí tohoto tlakového zásobníku je zásobovat vstřikovače systému Common Rail naftou pod správným tlakem.



Obrázek 2-3 Tlakový zásobník [2]

3 Představení tlakového zásobníku

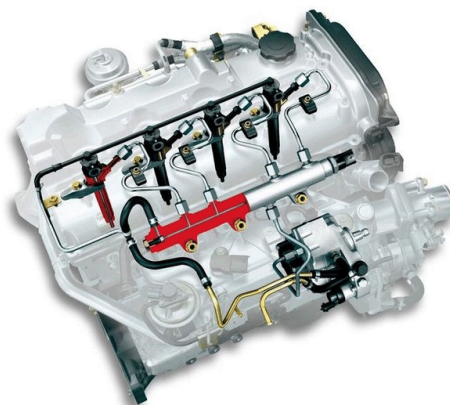
Tato kapitola se zabývá představením produktů, které ve firmě vznikají a jsou předmětem další části této diplomové práce. Jedná se o tlakové zásobníky, neboli raily. Aby čtenář lépe pochopil, co tlakový zásobník je a jaký má vlastně význam, píše autor v následující podkapitole o teorii systému common rail. V následující části je pak podrobně popsán tlakový zásobník včetně veškerých důležitých parametrů.

3.1 Obecně o systému Common Rail

Každým rokem se zvyšuje popularita vznětových motorů. Údajně již každé třetí prodané vozidlo je vybaveno diesellovým pohonem. Důvody jsou jasné. U diesellových motorů totiž dosahujeme přibližně o 30% nižší spotřeby paliva oproti benzínovému motoru s obdobným výkonem. Druhým aspektem je životní prostředí, neboť vozidla se systémem CR vyfukují nižší množství kysličníku uhelnatého. Třetí výhodou těchto motorů je vyšší hnací síla při nižších otáčkách.

Na systém Common Rail sázejí v současnosti téměř všechny automobilky. K tomuto systému se přešlo od klasického provedení čerpadlo – tryska. Dokonce i koncern VW již opustil od svých, vůbec ne špatných motorů TDI PD.

Systém Common Rail se stal zkrátka v posledních letech celosvětově nejrozšířenějším systémem přímého vysokotlakého vstříkávání nafty u diesellových motorů. Výhoda CR se skrývá v tom, že palivo je do válce vstříknuto pod velmi vysokým tlakem a vytváří tak lepší směs pro hoření. Lepším hořením se tak dosahuje vyšší účinnosti motoru, což se projevuje nižší spotřebou paliva, objemem výfuku škodlivých látek a naopak zvýšením výkonu a točivého momentu. [2]



Obrázek 3-1 Diesellový motor Common Rail [2]

3.2 Funkce tlakového zásobníku

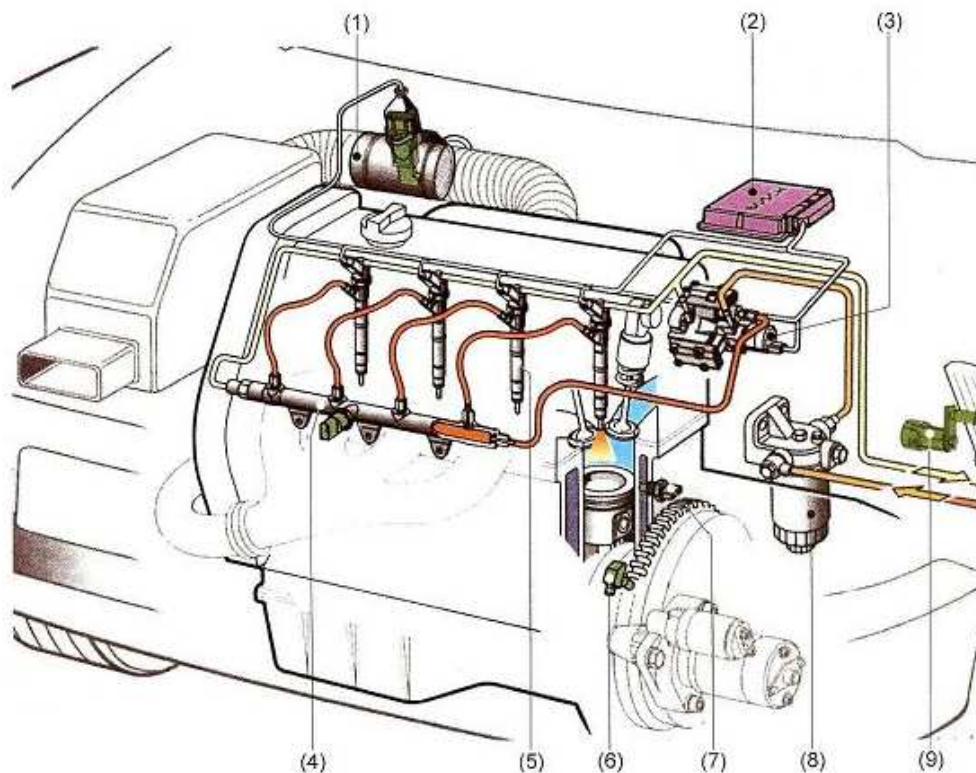
Anglické sousloví Common Rail znamená v překladu společné potrubí. A právě v tomto společném potrubí, raily, je uloženo kouzlo celého systému. Tento rail totiž plní funkci tlakového zásobníku, ve kterém je připravena stlačená nafta, kterou jsou poté zásobeny injektory.

Soustava CR sestává ze dvou částí a to vysokotlaké a nízkotlaké. Cyklus začíná v nízkotlaké části, kdy čerpadlem je nasávána z nádrže nafta. Množství nasátého paliva je řízeno elektromagnetickým taktovacím ventilem. Další ventil, který je regulační, udržuje konstantní hodnotu tlaku na 400 000 Pascalech. Palivo pod tímto tlakem proudí do vysokotlakého čerpadla a přebytečné palivo se vrací zpět do nádrže. Tímto krokem je cyklus v nízkotlaké části ukončen.

Cyklus ve vysokotlaké části začíná stlačením nafty čerpadlem na velmi vysoký tlak. Hodnoty tohoto tlaku se liší v závislosti na provedení vstřikovacího systému. Současné systémy pracují s tlaky kolem 2 000 barů a vyšších. Takto stlačené palivo proudí do již zmíněného vysokotlakého zásobníku, který nese název rail. Stručně popsáno se jedná o trubku, která je opatřena regulačním ventilem, jehož úkolem je udržovat tlak nafty na konstantní požadované úrovni. Z railu je poté palivo rozváděno k injektorům, které se pouze otevírají a tím uvolňují potřebnou dávku paliva. Přebytné palivo se opět vrací zpět. Tyto injektory jsou řízeny řídicí jednotkou pomocí elektrických signálů. Především tato zařízení rozhodují o kvalitě spalování a tím také o vlastním chodu motoru, množství vyprodukovaných emisí a v neposlední řadě také o síle motoru.

Vstřikovačem je opatřen každý válec motoru a z výše popsaného lze říci, že se jedná o podobný systém, jako je přímé vstřikování paliva u benzinových motorů. Moderní motory CR jsou dále vybaveny turbodmychadlem s proměnlivou geometrií lopatek.

Výhodou systému CR je především částečné dávkování naftou. Neboť vpuštění celé dávky do spalovacího motoru nám u přímého vstřikování způsobuje tvrdý chod motoru, neboť k explozi dojde najednou. [3]



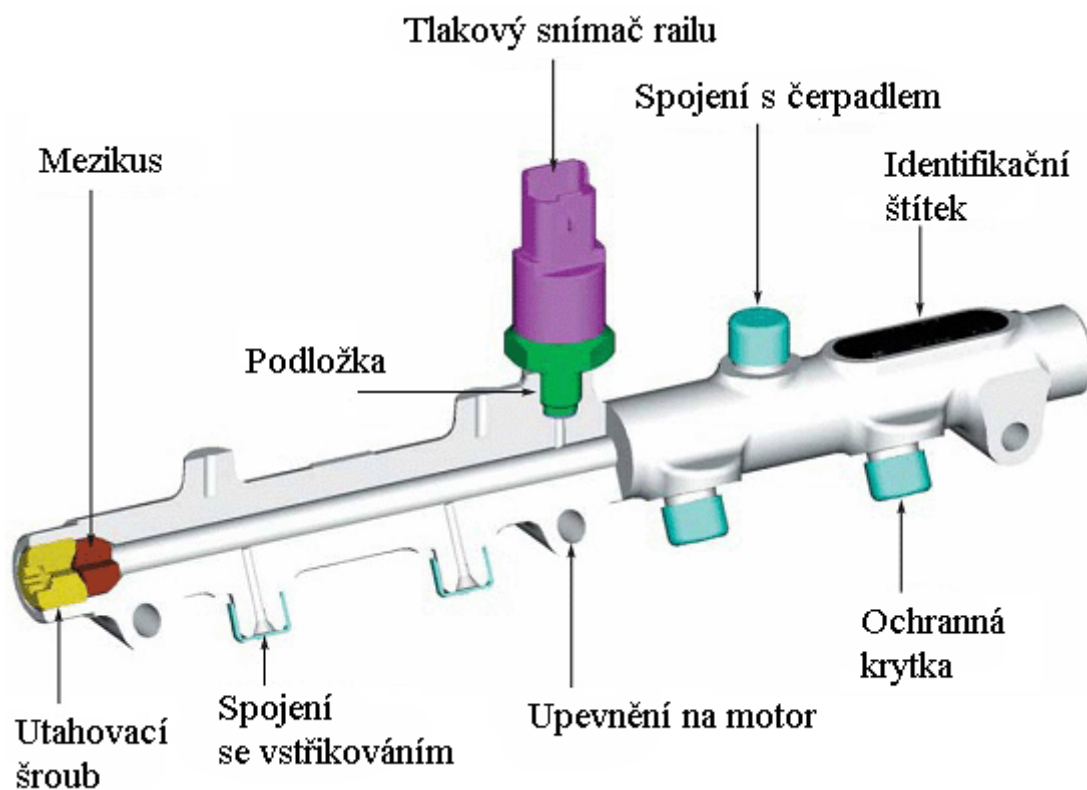
1 - měřič hmotnosti nasávaného vzduchu 2 - řídicí jednotka 3 - vysokotlaké čerpadlo 4 - vysokotlaký zásobník
5 - vstřikovač 6 - snímač otáček klikového hřídele 7 - snímač teploty chladicí kapaliny 8 - filtr paliva
9 - snímač polohy plynového pedálu

Obrázek 3-2 Popis systému Common Rail [3]

3.3 Popis tlakového zásobníku

Tlakový zásobník, neboli rail, na první pohled připomíná jakousi trubku s několika radiálními výstupy a dvěma axiálními otvory. Jak již bylo řečeno výše, hlavní funkcí této „trubky“ je zásobit injektory Common Rail systému motorovou naftou. Jedná se tedy o zásobník, kam proudí palivo z čerpadla pod tlakem a z kterého je rozváděno k jednotlivým vstřikovacím jednotkám. Nyní bude podrobněji představena konstrukce tohoto dílce.

Konstrukce zásobníku je dílem kompromisu dvou protichůdných požadavků. Jeho tvar, který je většinou válcový, ale může být také sférický, záleží především na konstrukci motoru a jeho umístění. Konstrukce railu dále musí umožnit montáž snímače tlaku v railu a také montáž regulačního ventilu. Tento regulační ventil má za úkol upravovat tlak na požadovanou hodnotu, zatímco ventil omezovací pouze omezuje tlak na maximální povolenou hodnotu. Na railu dále lze vidět přívodní otvor, který slouží pro přívod stlačeného paliva a vedení, kterým je nafta dopravována k injektorům. Pro lepší představivost slouží následující obrázek.



Obrázek3-3 Prvky tlakového zásobníku [3]

Na obrázku lze vidět, že radiální otvory na horní straně railu slouží pro připojení tlakového snímače a čerpadla. Naopak, v tomto případě čtyři radiální otvory na druhé straně, slouží jako vývody z tlakového zásobníku ke vstřikovačům. Konstrukce tlakových zásobníků se liší také počtem těchto vývodů, neboť každý vývod zásobuje právě jeden válec. Konstrukce pro tříválcové motory bude tedy rozdílná oproti motoru se čtyřmi válci a podobně. Axiální, neboli otvory v ose tlakového zásobníku slouží pro montáž vysokotlakého senzoru, respektive regulačního ventilu.

Tlakové zásobníky se podle způsobu výroby dělí do dvou skupin. Způsob výroby těchto dvou skupin bude krátce představen v následující podkapitole.

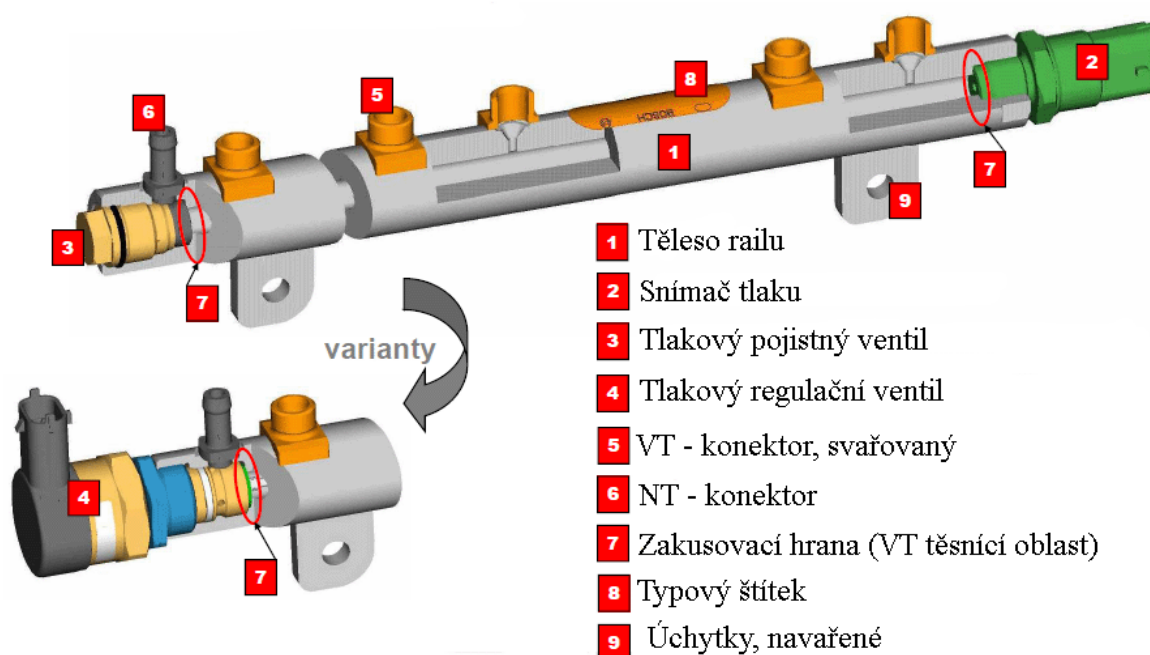
3.3.1 Obráběný tlakový zásobník LWR

První způsob výroby tlakových zásobníků je metodou obrábění a následného navařování komponent na tělo railu. Tlakový zásobník, sestává z tělesa railu, vysokotlakých přípojek, nízkotlaké přípojky a lamel pro upevnění motoru. Tyto prvky jsou k sobě navařeny pomocí laserového svařování. Z tohoto důvodu nesou takto vyrobené tlakové zásobníky zkratku LWR, z anglického spojení Laser Welded Rail. Tato metoda se používá od roku 2005.

Pro svařování se využívá CO₂ laseru, YAG laseru a odporového sváření. Hlavní předností těchto dvou metod oproti klasickým metodám je vyšší kvalita sváru, podstatně nižší tepelně ovlivněná zóna, vysoká produktivita, snadná možnost automatizace a také povrchový vzhled.

Na závěr se provádí jako ochrana proti korozi pasivace tlustou zinkovou vrstvou.

Výsledný produkt, včetně komponent a přípojek tlakového zásobníku lze vidět na následujícím obrázku.

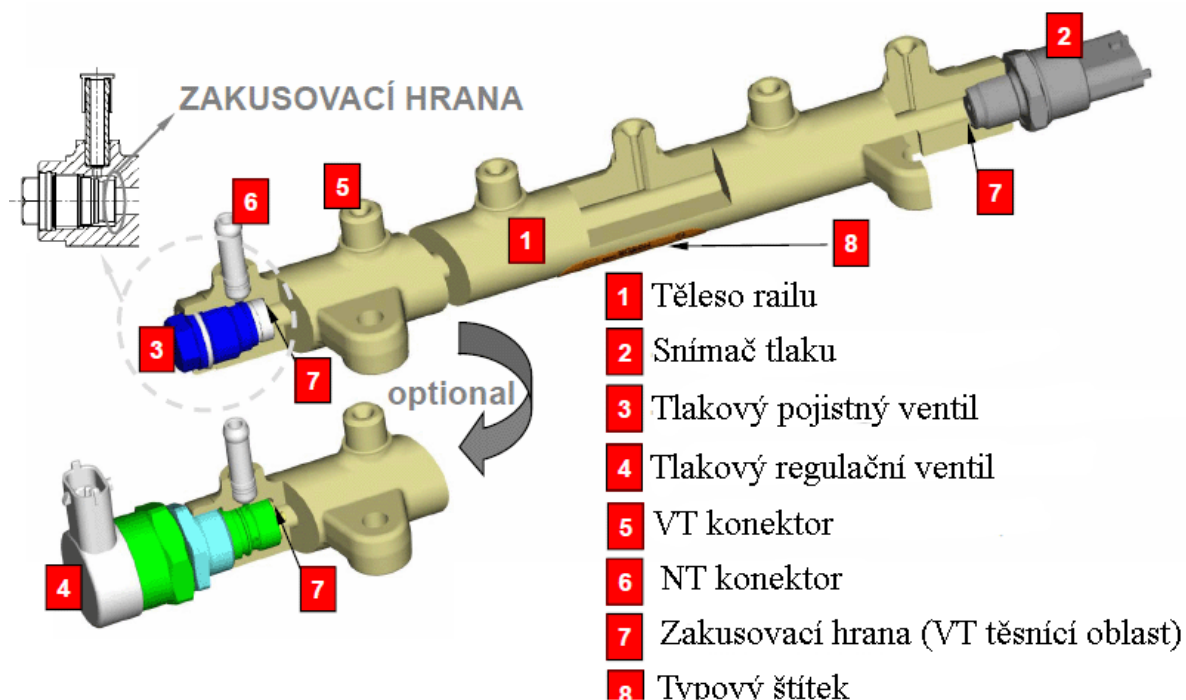


Obrázek 3-4 Komponenty a přípojky LWR [1]

3.3.2 Kovaný tlakový zásobník HFR

Druhý způsob výroby tlakových zásobníků je obrábění výkovku. Při tomto způsobu nedochází k žádnému navařování, neboť rail je vykován ze základního kruhovitěho polotovaru. Proto také nese tento tlakový zásobník označení HFR, tentokrát z anglického Hot Forged Rail. Obráběny jsou pouze radiální a axiální otvory. Nechybí opět pozinkování, jako ochrana proti korozi, jak tomu bylo také v případě tlakového zásobníku LWR.

Ukázka kovaného railu HFR, včetně připojovaných komponent je opět k vidění na následujícím obrázku.



Obrázek 3-5 Komponenty a přípojky HFR [3]

3.4 Tlakový regulační ventil

Tento produkt nese zkratku DRV. Jedná se o tlakový regulační ventil, který je další součástí již výše popsaného systému Common Rail. Tento ventil reguluje tlak paliva mezi čerpadlem a motorem. Vyrábí se ve třech základních typech. Jak takový regulační ventil vypadá, lze vidět na obrázku 2-5. V sestavě je označen číslem 4.

4 Popis měřicí laboratoře

Jak již bylo řečeno, tato firma se zabývá výrobou a montáží komponent do diesellových motorů typu Common Rail, u kterých je obzvláště důležité dodržovat přesnost jednotlivých rozměrů. Aby byla zajištěna požadovaná jakost výrobků v průběhu produkce, každá výrobní oblast má svou měřicí laboratoř. Měrové středisko, které je hlavním tématem této diplomové práce se zabývá především kontrolou vysokotlakých zásobníků ve fázi obrábění a v menší míře také tlakových regulačních ventilů a ostatních mimo sériových měření, které budou podrobně popsány v následujících kapitolách. Cílem této kapitoly je popsat laboratoř, tedy kde se nachází a jaké jsou zde podmínky, v další části této kapitoly autor popisuje měřicí stroje, na které bude v praktické části počítáno jejich kapacitní využití, které je hlavním tématem této diplomové práce.

4.1 Fyzikální podmínky v měřicí laboratoři

Měřicí laboratoře se dělí dle směrnice VDI/VDE 2627, jejíž hlavním úkolem je členění laboratoří do jednotlivých tříd. Tato směrnice obsahuje celkem 5 tříd, přičemž pro třídu jedna platí nejvyšší nároky. Základní atributy, které rozhodují o třídě, do které bude laboratoř zařazena, je především okolní prostředí, tedy teplota, vlhkost, prašnost, vibrace. Dalším i atributy jsou například čistota, měřicí předpisy atd. Tabulku klasifikací lze vidět níže.

Měrové středisko se nachází blízko výroby a spadá tedy do jakostní třídy číslo 4. Z tohoto důvodu je v laboratoři sledována teplota, která se musí pohybovat v intervalu 23 °C \pm 2°. Sledování teploty probíhá v časových intervalech 60 minut. Měrové středisko tedy odpovídá podmínkám směrnice VDI/VDE 2627, jejíž hodnoty pro jednotlivé třídy lze vidět v tabulce pod tímto odstavcem. [4]

Aby tyto podmínky byly splněny, nachází se měřicí laboratoř v uzavřené klimatizované místnosti s přetlakem vzduchu. Přetlak slouží jako ochrana proti zanášení nečistot do laboratoře při otevření dveří. Pracovníci zde musí být proškoleni a pracují podle návodu k měření.

Teplotní třída	1.	2.	3.	4.	5.
Název třídy	Precizní laboratoř	Přesná laboratoř	Standardní laboratoř	Laboratoř blízko výroby	Výrobní laboratoř
Základní teplota	Srovnávací teplota				
Změny $\Delta T/\Delta t$					
15 min	0,2	0,4	-	-	-
60 min	0,2	0,4	1,0	2,0	2,0
4 hod	0,2	0,6	1,5	3,0	3,0
12 hod	0,2	0,8	-	-	-
24 hod	0,4	0,8	2,0	3,0	6,0
7 dnů	0,4	1,0	2,0	4,0	8,0

Tabulka 4-1 Teplotní klasifikace laboratoří [4]

V tabulce 2 lze vidět klasifikaci laboratoří podle relativní vlhkosti vzduchu. Tato veličina sice není pro laboratoř relevantní, nicméně také bývá tato veličina sledována a vyhodnocována.

Třída vlhkosti	1.	2.	3.	4.
Název třídy	Precizní laboratoř	Přesná laboratoř	Standardní laboratoř	Laboratoř blízko výroby
Přípustné časové změny a místní rozdíly relativní vlhkosti [%]	10	20	30	otevřeno

Tabulka 4-2 Klasifikace laboratoří podle vlhkosti [4]

4.2 Představení měřících strojů v laboratoři

Tato podkapitola se zabývá představením měřících zařízení na měrovém středisku. Cílem této diplomové práce je výpočet kapacit pro sériovou výrobu, která se měří na strojích zvaných Zeiss Prismo. Z tohoto důvodu budou ostatní zařízení, jako je kruhoměr, koncept, profil projektor, Scan Max a Taylor Hobson představena stručně a více se bude autor zabývat již zmíněným Zeiss Prismo, které se využívá pro sériovou kontrolu tlakových zásobníků, regulačních ventilů a ostatního měření, které bude podrobně popsáno v následujících kapitolách.

Kruhoměr MAHR Formtester 2D

Jak již napovídá název, jedná se o zařízení, které měří rotující objekty ve dvou osách. Obsluha při měření skenuje jednotlivé body měřeného tělesa a zařízení poté vyhodnotí výsledek. Používá se především k měření úchylek tvaru.

Concept

Rovněž toto zařízení měří ve dvou osách. Úkolem tohoto zařízení je především kontrolovat správný tvar dodaných výrobků a také drsnosti povrchu. Jedná se o zcela automatický stroj, operátor pouze nastavuje správné upnutí výrobku do stroje. Na měrovém středisku je celkem k dispozici 5 conceptů, na kterých se měří drsnost výrobků.

Profil projektor

Toto zařízení se využívá ke komparačnímu měření, kdy lze zjistit jednotlivé radiusy, používá se ale také k měření délky. Tento přístroj může obsluhovat jen velmi dobře proškolená a zkušená osoba, neboť se jedná o zcela manuální přístroj.

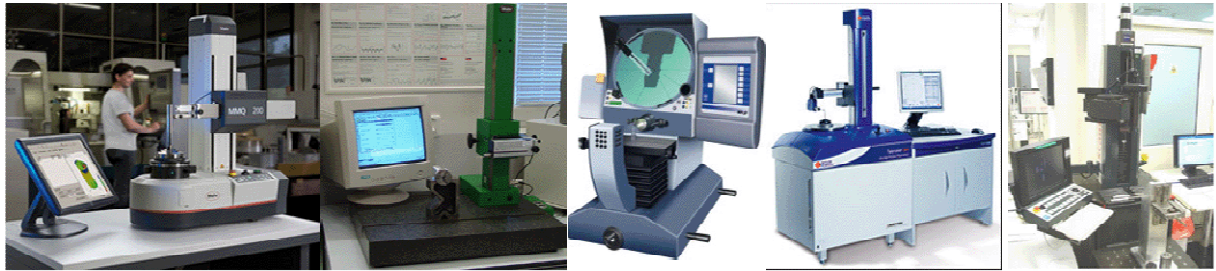
Taylor Hobson

Jedná se o automatické zařízení, které umožňuje měření kruhovitosti a obrysu na jediné platformě. Tento stroj provádí horizontální, vertikální a rotační měření a tím reprodukuje přesný tvar obrobku. Na měrovém středisku je jeden kus tohoto přístroje. [5]

Scan Max

Další zařízení na měření je Scan Max. Principiálně toto zařízení funguje podobně, jako již zmíněný kruhoměr. Jde o přístroj, který je poloautomatický a umožňuje měření rozměrů, ale také tvaru. Operátor tedy ručně pohybuje měřicí kuličkou po měřené části výrobku, čímž tento přístroj skenuje jeho tvar. Po získání dostatečného množství bodů stroj poté vyhodnotí měřenou oblast.

Na následujícím obrázku lze vidět ilustrační obrázky jednotlivých přístrojů, postupně zleva kruhoměr, Concept, profil projektor, Taylor Hobson a Scan Max.



Obrázek 4-1 Přístroje na doplňkové měření

Zeiss Prismo

Sériová výroba vysokotlakých zásobníků, regulačních ventilů a také některá mimo sériová výroba a zakázky, se provádí na 3D měřícím přístroji Zeiss Prismo. Pro každý typ výrobku a typ měření je v paměti tohoto stroje uložen předem napsaný program. Práci obsluhy je tedy pouze správně upnout obrobek do přístroje a na konci programu zkontrolovat protokol o hlášení, zda výrobek je vadný, či nikoli.

Přístroj funguje na základě softwaru UMESS, případně ho lze přestavit na systém Calypso. Princip měření je obdobný jako u předchozích přístrojů. Nástroj skenuje tvar měřeného tělesa, čímž získá jednotlivé body, které tvar tělesa charakterizují. Výsledné hodnoty program vyhodnotí a porovnává je se zadanými přípustnými hodnotami, které jsou do programu ručně zadány. Na závěr přístroj vytiskne dokument o měření. V tomto dokumentu jsou podrobně popsány jednotlivé prvky, které byly měřeny, jaké jsou jejich hodnoty a zda vyhovují tolerančnímu poli.

V současnosti se nachází na měrovém středisku sedm takových to přístrojů. Jejich ohromnou výhodou je možnost měření větších obrobků, neboť rozsah měření tohoto přístroje je až 900 mm v ose X, 1200 mm v ose Y a 650 mm v ose Z.



Obrázek 4-2 Zeiss Prismo 7

5 Analýza současného stavu

Tato kapitola se zabývá popisem procesů, které souvisí s dodáním a měřením produktů na měrovém středisku. Aby čtenář lépe pochopil princip dodávání produktů do laboratoře, bude se tato kapitola nejprve zabývat oblastí analýzy současného stavu. V následujícím kroku bude provedena analýza procesu výroby vysokotlakých zásobníků, neboť tento proces velmi úzce souvisí s dodáváním těles do laboratoře. Poslední část této kapitoly se zabývá již veškerými procesy, které jsou na měrovém středisku prováděny. V každém procesu budou popsány veškeré činnosti, které s tímto procesem souvisí, aby čtenář měl představu o tom, co se na měrovém středisku provádí.

5.1 Stanovení oblasti analýzy

Na začátek analýzy současného stavu je vhodné určit, ve které z oblastí jako celku se měrové středisko nachází. V každém výrobním podniku se při analýze toku materiálu lze setkat s oblastmi s procesy s přidanou hodnotou, anebo s procesy s nepřidanou hodnotou, jako je přeprava, kontrola, skladování apod. Jinak tomu není ani u společnosti Bosch Diesel.

Samotný začátek procesu začíná již u zákazníka, který si objedná zboží. Na základě této objednávky oddělení logistiky zajistí nákup a převoz polotovarů od dodavatele. Polotovary jsou uloženy do skladu, kde jsou ovšem z důvodu filosofie výroby just in time uloženy velmi krátkou dobu. Ze skladu se tento materiál dostává do výroby. Právě výroba je oblast, ve které bude potřeba provést důkladnou analýzu. V této fázi dochází k postupnému obrábění vysokotlakých zásobníků a jejich kontrole na měrovém středisku. V další fázi je prováděno navařování radiálních přípojek, lisování konektorů apod. Po výrobě a kontrole produktů dochází k jejich montáži a expedici zákazníkovi. Expedice k zákazníkovi je provedena většinou ještě ve stejný den, maximálně v den následující. Pro lepší pochopení je tok materiálu znázorněn na následujícím obrázku, kde je barevně oddělena oblast, ve které bude provedena důkladná analýza. Jedná se o oblast výroby, jejíž součástí je také kontrola na měrovém středisku.

Oblast analýzy výroby je v této kapitole rozdělena celkem do čtyř částí. Jelikož se jedná o rozdílné postupy výroby u kovaných, tedy HFR a svařovaných LWR tlakových zásobníků, je třeba pro pochopení principu dodávání kusů na měrové středisko provést pro každou skupinu zvláštní analýzu. Poslední část analýzy se již bude zabývat činnostmi prováděnými na měrovém středisku.

Jelikož se jedná o sériovou výrobu, vyžívá se pro určování stability procesu metoda SPC. Nejprve bude tedy představena tato metoda, tedy proč se používá, jaký je její hlavní úkol a princip.



Obrázek 5-1 Oblast analýzy

5.2 Statistická regulace SPC

„Statistická regulace procesu (SPC) představuje preventivní přístup k managementu jakosti, neboť na základě včasného odhalování odchylek průběhu procesu od předem stanovené úrovně umožňuje zásahy do procesu s cílem udržovat ho dlouhodobě na požadované a stabilní úrovni (tzn., že je také stabilně dosahováno požadované úrovně jakosti), respektive ho zlepšovat.“ [6]

Význam této metody vyplývá z faktu, že kolísání procesu, které je charakterizováno výskytem odchylek od požadované hodnoty, je naprosto běžný a obvyklý u každého procesu. Příčiny kolísání odchylek v procesu mohou být dvojitého charakteru.

Jedná se o takzvané náhodné příčiny. Jde o nekonečné množství příčin, které mají na proces pouze malý účinek. Způsobují pouze krátkodobé rozdíly mezi jednotlivými kusy výstupu a vedou k normálnímu kolísání. Jedná se např. o momentální psychický stav pracovníka, kolísání teploty chladicí kapaliny při obrábění, nebo chvění stroje.

Druhou skupinu vlivů tvoří vlivy vymezené. Ty představují reálnou změnu faktoru procesu, která je identifikovatelná a způsobuje kolísání procesu, které není jeho normální součástí. Tyto příčiny jsou označovány jako identifikovatelné z toho důvodu, že je možné je odstranit. Těmito příčinami může být například nedostatečná kvalifikace obsluhy, špatná homogenita materiálu, nedodržení včasnosti a správnosti seřízení údržby strojů, nedodržování správně stanoveného technologického postupu, používání nevhodně měřicího zařízení atd.

V případě, že tyto odchylky nebudou pod kontrolou, způsobují nesoulad mezi výsledkem procesu a požadavků zákazníka. Zákazník v tomto případě může být jak externí, tak interní. Výroba zmetků ovšem v každém případě přináší růst nákladů, respektive ztrát. Metoda SPC je vhodná pro procesy, které mají hromadný, nebo sériový charakter, případně pro procesy, které jsou z nějakého hlediska obzvláště významné. [7]

Tuto metodu lze charakterizovat jako průběžnou kontrolu procesu, založenou na matematicko-statistickém vyhodnocení jakosti produktů. Poskytuje tak informaci pro včasné operativní zásahy do procesu.

Základním nástrojem SPC (Statistical Process Control) je regulační diagram. Jedná se o fickou pomůcku, která zobrazuje dynamicky variabilitu procesu a umožňuje oddělit náhodné příčiny od příčin vymezených. Jelikož se v tomto případě jedná o měřitelné znaky jakosti, pracuje se s tzv. regulačním diagramem měřením. Na osu x se vynášejí pořadová čísla skupin, na osu y pak hodnoty výběrových charakteristik sledovaného znaku jakosti. Tento diagram obsahuje také střední hodnotu, neboli střední přímkou, horní a dolní regulační mez.

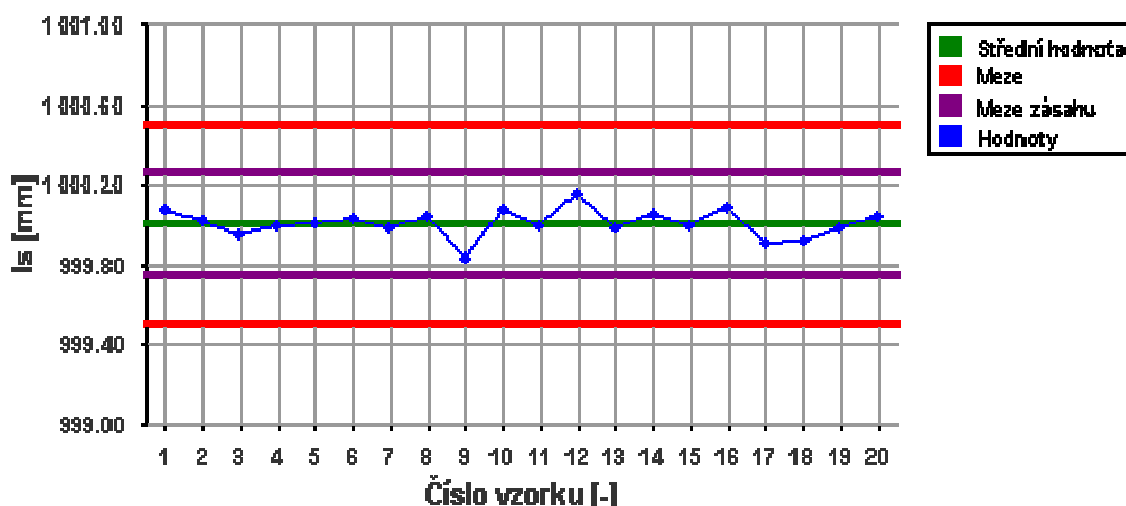
Tyto regulační meze vymezují pásmo, ve kterém leží hodnoty výběrových charakteristik jednotlivých podskupin. Základním předpokladem je, že na zkoumaný proces působí v daný čas pouze náhodné příčiny. [8]

„Princip využívání regulačních diagramů je následující:

- V pravidelných časových intervalech provádíme náhodně odběr určitého předem stanoveného pevného počtu produktů (tvoří tzv. logickou podskupinu o rozsahu n);
- U odebraných produktů (stejněho druhu, vyrobených za stejných podmínek) se měří, či zjišťuje stejný znak jakosti (např. určitý rozměr, počet neshod na jednom odlitku, délka součástí, atd.);
- Z naměřených či jinak zjištěných hodnot znaku jakosti se vypočítá pro každou podskupinu jedna nebo více výběrových charakteristik;
- Hodnoty vypočítaných výběrových charakteristik se chronologicky zakreslí do regulačního diagramu (v případě nového regulačního diagramu se nejdříve vypočítají centrální přímký a regulační meze);
- Proveďte se analýza regulačního diagramu.“[6]

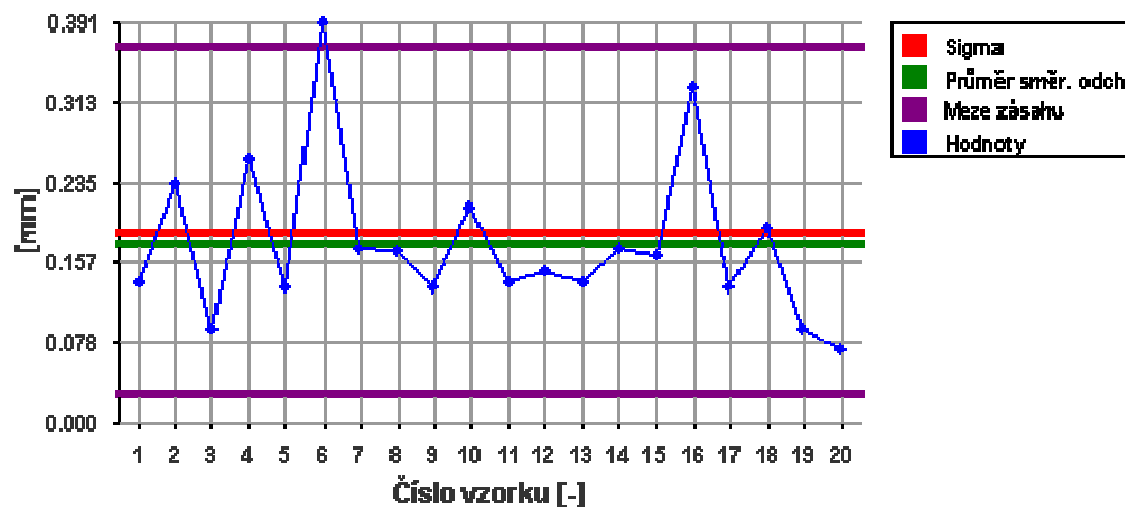
Analýzou regulačního diagramu zjišťujeme, zda je sledovaný proces stabilní, či nikoli. Stav, že proces není staticky stabilní, poznáme tak, že alespoň jeden bod leží mimo regulační meze. V případě, že takové body v diagramu existují, provádí se analýza procesu, vyhledá a odstraní se příčina, která nestabilitu způsobila.

V případě, že zajistíme takovýto proces, který je tedy stabilní a pod kontrolou, je velmi pravděpodobné, že každé měření bude mít hodnotu uvnitř regulačních mezí. Pro lepší představení slouží graf pod touto kapitolou. Na grafu lze vidět takzvaný „proces pod kontrolou“, kdy dolní odchylka se nachází na hodnotě 999,8 a horní na hodnotě 1000,2 mm. Veškeré testované vzorky leží v tomto rozmezí. Proto se jedná o proces pod kontrolou.



Graf 4-5-1 Příklad procesu pod kontrolou [9]

V případě, že alespoň jeden ze zkoumaných vzorků leží pod dolní mezí, nebo naopak nad horní mezí, jedná se o proces mimo kontrolu. Proces mimo kontrolu nastává také v případě, že veškeré body leží uvnitř regulačních mezí, ale objevují se nenáhodná seskupení bodů. Tím může být například 10 po sobě jdoucích bodů, které neustále stoupají apod. Příklad procesu mimo kontrolu ukazuje následující graf, kdy hodnota vzorku číslo 6 přesáhla horní mez a jedná se tedy o proces, který není pod kontrolou.



Graf 4-5-2 Příklad procesu mimo kontrolu [9]

Na závěr lze tedy říci, že SPC je standardní metoda pro vizualizaci a regulaci procesů na základě výsledků namátkových zkoušek. Jejím cílem je zjistit, zda jsou dosaženy plánované výsledky a dodrženy příslušné požadavky procesu.

5.3 Analýza procesu dodávání HFR do laboratoře

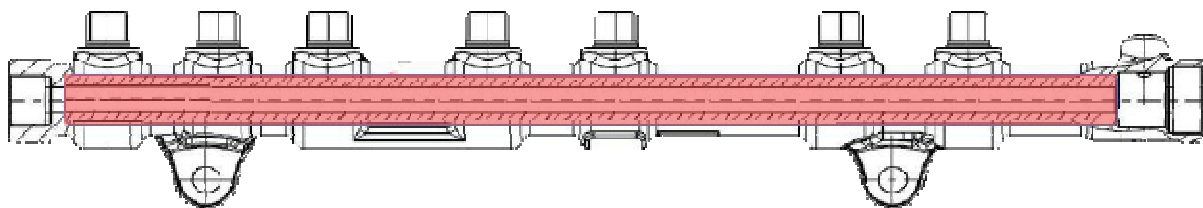
Tato část si klade za cíl vysvětlit princip dodávání kovaných tlakových zásobníků HFR na měrové středisko. Je zde podrobně popsán celý proces výroby a dodávek. Na závěr této podkapitoly lze vidět pro úplnost mapu níže popsaného procesu.

Uvolnění výkovku na dílnu

Celý proces začíná vyskladněním požadovaného polotovaru na dílnu. To probíhá na základě naplánované výroby, která se řídí požadavky logistického oddělení.

Hluboké vrtání

Hluboké vrtání je první metodou konvenčního obrábění použité při výrobě tlakových zásobníků. K hlubokému vrtání se využívá dělový vrták. Proces probíhá na vrtacích strojích firmy TBT. Tento stroj umožňuje obrábění více kusů současně a zároveň je vybaven automatickým přísuvem výkovků, které obsluha narovná na podávací pás. Při této operaci je vrtán axiální otvor vedoucí skrze celý tlakový zásobník. Vyznačenou obráběnou oblast lze vidět na následujícím obrázku. Jedná se o červeně zvýrazněný otvor vedený skrze celý tlakový zásobník.



Obrázek 5-2 Hluboké vrtání

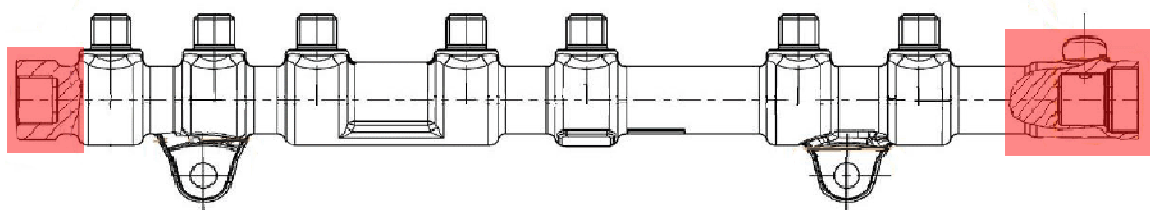
Po provedení hlubokého vrtání jsou vybrány za každou směnu vzorky podle předepsaných zkušebních návodů, které jsou odeslány na důkladné zkontrolování otvoru do laboratoře.

Ostatní obrobené výkovky jsou dle vnitřních norem kontrolovány obsluhou u stroje. To znamená, že u každého kusu se provádí kontrola vzhledu veškerých ploch, které byly obrobeny. Dále má obsluha stroje za úkol kontrolovat veškeré závitů, průměry, výšky a hloubky. Pro kontrolu vnějších závitů jsou využívány závitové kroužky, pro vnitřní pak závitové kalibry. Vnitřní a vnější průměry se měří válcovými, respektive třmenovými kalibry a výšky digitálními úchylkoměry.

Obrábění axiálních ploch

Operací, která následuje po hlubokém vrtání a překontrolování je obrábění axiálu. Tento proces probíhá na více obráběcích centrech. Jedná se o centra, která jsou vybavena revolverovým zásobníkem. Na výrobu se využívají axiální přípravky, do kterých lze upnout více obrobků najednou. Výkovky jsou na všech pozicích přípravků obráběny postupně stejnými nástroji. Jeden přípravek slouží pro obrábění čtyř tlakových zásobníků.

Při této fázi se obrábí axiální plochy, které v montážní části slouží ke spojení tlakového zásobníku s regulačním ventilem DRV ze strany jedné a snímače tlaku RDS ze strany druhé. Otvory, které vznikly při axiálním obrábění, jsou opět vyznačeny v obrázku.



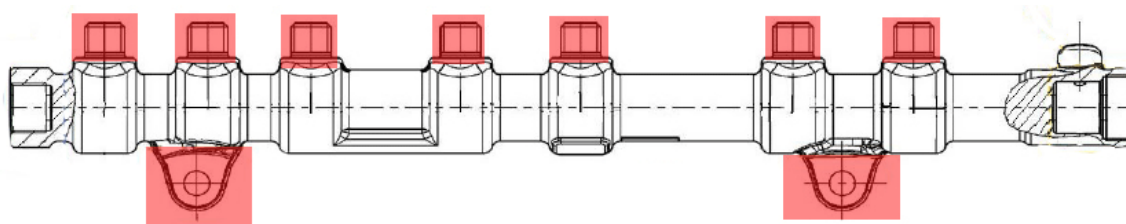
Obrázek 5-3 Plochy vzniklé při axiálním obrábění

Po obrobení axiálu opět následuje proces měření a kontroly. Opět probíhá kontrola rozměrů, kterou provádí obsluha stroje, ale jsou obdobně, jako tomu bylo při hlubokém vrtání, odeslány vzorky na měrové středisko. Tyto vzorky jsou odebírány z důvodu již popisovaného SPC.

Obrábění radiálních ploch

Poslední částí procesu, ve které dochází k úběru materiálu, je obrábění radiálních ploch. Jedná se především o řezání závitů na vývodech, které slouží pro zásobení injektorů systému Common Rail motorovou naftou. Dále jsou také obrobeny montážní úchyty tlakových zásobníků.

Pro obrábění se využívají, stejně jako u axiálního obrábění, obráběcí centra. Obdobný je také princip obrábění. Jediný rozdíl se nachází v poloze obrobku tělesa. V případě axiálního obrábění se nacházel v horizontální poloze, ovšem při radiálním řezání se jedná o vertikální polohu. Vzhledem k počtu obráběných děr je tato operace z celého obrábění nejdelší. Plochy vzniklé při radiálním obrábění jsou opět k vidění na níže uvedeném obrázku.



Obrázek 5-4 Radiální obrábění kovaného railu

Také po tomto procesu následuje kontrola obrobeneých ploch. Opět platí obdobná pravidla pro měření obsluhou u stroje, pro dodání vzorků do laboratoře a kontrolu SPC jako v předchozích příkladech.

Uvolnění

Programy pro uvolnění měří v jednom cyklu veškeré výše popsané rozměry a trvá proto nejdéle, v některých případech také kolem 20 minut. Tyto programy se také používají při náběhu nového typu, nebo série výroby, při přestavbě strojů, nebo v případě, že obráběcí centrum bylo delší dobu, než 8 hodin mimo provoz. V těchto případech probíhá 100% měření do doby, než je dosaženo správné střední polohy. Pro program uvolnění tedy přichází na měrové středisko nejvíce požadavků.

Lisování, montáž, ochrana proti korozi

Jako ochrana proti korozi se nanáší na tělesa tlakových zásobníků vrstva zinku. V případě, že veškeré předem popsané operace proběhly úspěšně, dostává se tedy tlakový zásobník k tomuto procesu.

Další etapou je lisování NT konektorů, respektive VT konektorů a na závěr se těleso dostává na středisko montáže, kde jsou montovány na těleso railu tlakové regulační ventily a RDS.

5.3.1 Mapa procesu dodávání HFR na měrové středisko

Pro úplnost a lepší představení je na následující straně vypracována mapa výše popsaného procesu. Proces je definován jako transformace vstupu na výstup, který má pro uživatele přidanou hodnotu. Každý proces má své vstupy, výstupy, majitele apod. Struktura procesu je následující:

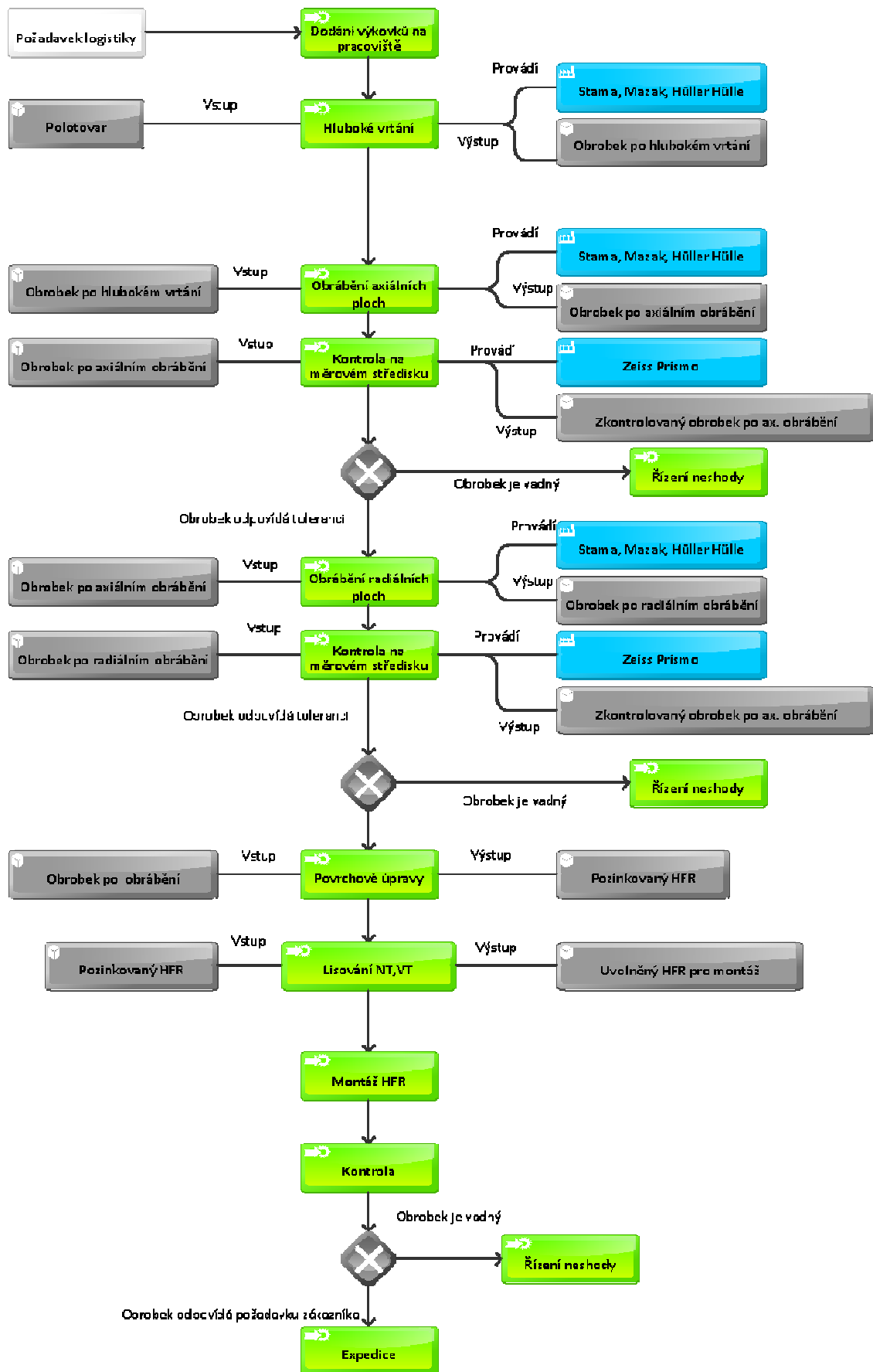
- Proces
- Subproces Činnost
- Operace
- Krok

Subproces je ucelený sled funkcí, které jsou vykonávány v rámci jednoho nebo několika útvarů a mají na výstupu 1 měřitelný produkt.

Dalším jmenovaným prvkem je činnost, ucelený sled operací, které jsou vykonávány v rámci jednoho útvaru a mají na výstupu jeden měřitelný produkt.

Operace a krok jsou poté logicky souvislé pracovní úkony, složené z kroků, které vykonává jeden odborný pracovník.

Mapa procesu je vytvořena do úrovně subprocesů, kde v každé této fázi je označen vstup, výstup a zdroj, který tento subproces vykonává.



Obrázek 5-5 Mapa procesu výroby a dodávek HFR na měrové středisko

5.4 Analýza procesu dodávání LWR do laboratoře

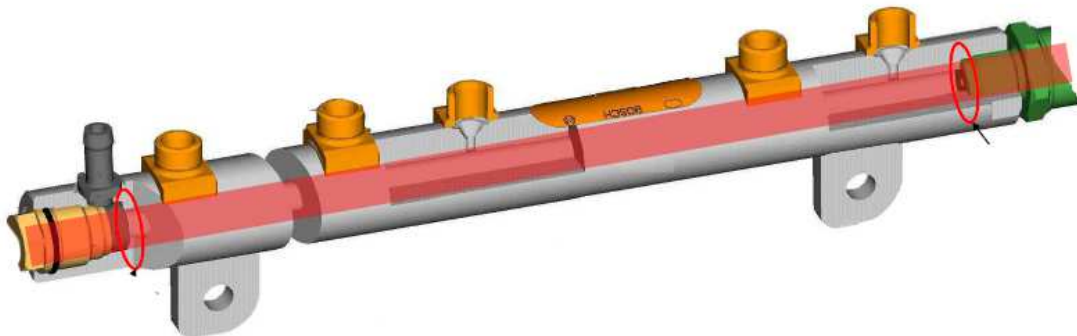
V minulé kapitole byl podrobně a srozumitelně popsán proces výroby a princip dodávání tlakových zásobníků HFR na měrové středisko. Tato kapitola se zabývá rovněž procesem výroby a dodávání tlakových zásobníků do laboratoře, ovšem nyní je pozornost upřena na laserem svařované raily, které laboratoř zaměstnávají nejvyšším podílem. Opět jsou zde podrobně popsány jednotlivé kroky a na závěr pro úplné pochopení nechybí ani mapa procesu.

Dodání polotovaru na pracoviště

Proces spouští stejně, jako u kovaných railů, požadavek logistiky. V tomto případě ovšem nejsou ze skladu vyváženy výkovky, ale tyčové polotovary kruhového průřezu.

Hluboké vrtání

Proces obrábění začíná opět hlubokým vrtáním. Tento proces je velmi podobný hlubokému vrtání kovaných tlakových zásobníků. Hluboké vrtání LWR probíhá rovněž na vrtacím stroji firmy TBT a jako nástroj je použit dělový vrták. Tento stroj umožňuje obrábění více kusů současně. Cílem hlubokého vrtání je vytvořit do tyčového polotovaru axiální otvor, který vede skrze celý tlakový zásobník. Vyvrtaný otvor je opět znázorněn na níže uvedeném obrázku.



Obrázek 5-6 Hluboké vrtání LWR

Obrábění radiálních a axiálních ploch

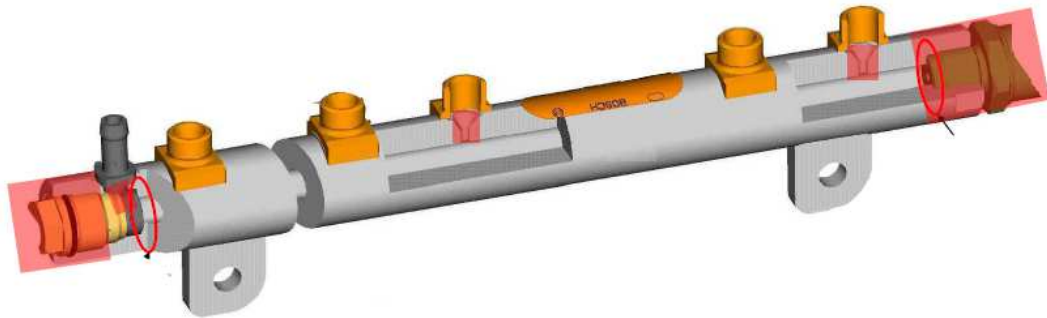
Velký rozdíl v porovnání s výrobou kovaných tlakových zásobníků nastává právě ve druhé fázi obrábění. Na rozdíl od kovaných railů, se u LWR obrábí radiální a axiální otvory na jednom stroji, při jednom upnutí. To nám zajišťuje stavba strojů, kdy se jedná o dvou vřetenovou souřadnicovou vrtačku s přesností vrtání H7 ovládanou systémem Siemens

Tímto obráběním vznikají axiální otvory, které slouží pro připojení regulačního ventilu DRV a snímače tlaku RDS. V radiální části obrábění jsou do materiálu řezány otvory, na které se později navažují vysokotlaké, respektive nízkotlaké konektory, které umožňují dopravu paliva ke vstřikovačům diesellového systému Common Rail.

Montážní úchyty se u LWR tlakových zásobníků nevytváří obráběním, neboť jsou k tělu railu přivařovány až ve fázi před montáží.

Po provedení hlubokého vrtání, radiálního a axiálního obrábění jsou vybrány vzorky podle předepsaných vnitřních předpisů, které jsou zcela odlišné od kovaných tlakových zásobníků. Tyto vzorky jsou odeslány na důkladné zkontrolování předem určených otvorů do laboratoře. Ostatní obrobené produkty jsou dle vnitřních norem kontrolovány obsluhou u stroje.

Obráběné otvory lze opět vidět na níže uvedeném obrázku. Reálný vzhled LWR railu po obrábění je možné vidět na další ilustrativní fotografii.



Obrázek 5-7 Radiální a axiální obrábění LWR

Povrchové úpravy, svařování, lisování a montáž LWR

Proces obrábění je tedy na rozdíl od HFR u LWR rozdělen pouze do dvou procesů. Nejprve se provádí hluboké vrtání, následuje radiální a axiální obrábění na jedno upnutí.

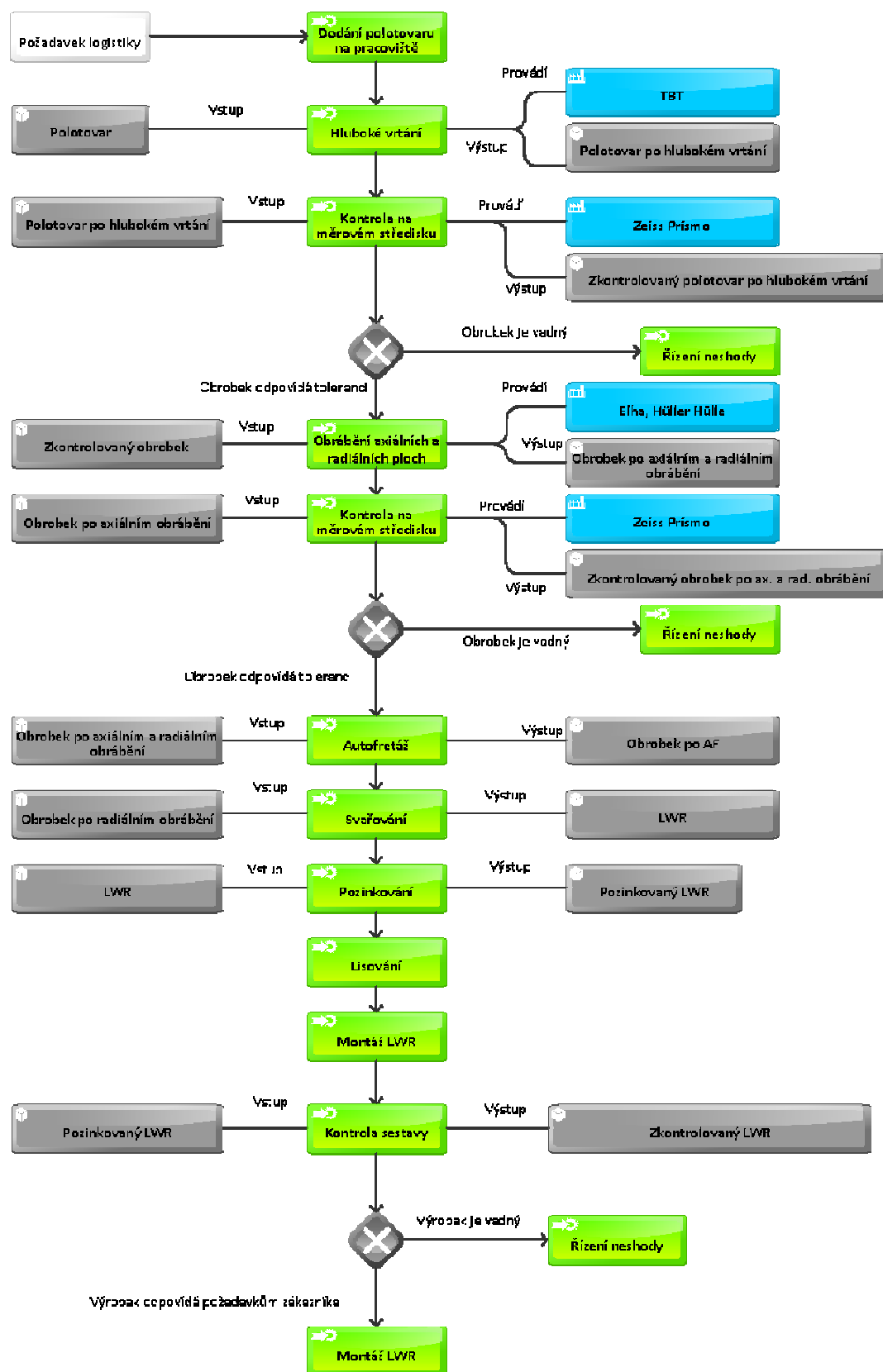
V další fázi nastává navařování úchytů a vysokotlakých a nízkotlakých konektorů na otvory vyrobené při radiálním obrábění. Ke svařování se využívá laserového paprsku, který se soustředí do jedné oblasti a tím taví materiál. Proto se tyto tlakové zásobníky nazývají LWR, neboť jde o zkratku slovního spojení laser welded rail, která z angličtiny znamená laserem svařované potrubí.

Dalším krokem je autofretáž. Cílem tohoto procesu je zajistit vyšší životnost součástí, neboť tlakový zásobník je v provozu opakovaně zatěžován přetlakem. Součást se vystaví vnitřnímu přetlaku, jehož velikost se volí takovým způsobem, aby se materiál co nejvíce v namáhaných oblastech, tj. na vnitřní straně součástí a přilehlých vrubech plasticky deformoval. Autofretáží vyvolaná tlaková napětí snižují velikost cyklického tahového namáhání a tím prodlužují dobu potřebnou k vytvoření trhliny.

Po autofretáži následuje opět povrchová úprava, lisování NT a VT konektorů a v poslední fázi samotná montáž sestavy.

Mapa procesu dodávání LWR na měrové středisko

Pro lepší pochopení procesu je na následující straně opět k dispozici mapa procesu. V porovnání s výrobou HFR se jedná o jednodušší proces, neboť radiální a axiální obrábění je prováděno v jednom procesu. Laserem svařované tlakové zásobníky i tak ovšem zatěžují měrové středisko nejvíce, neboť jejich výroba je mnohem masivnější, než výroba HFR railů.



Obrázek 5-8 Mapa procesu výroby LWR

5.5 Operace prováděné na měrovém středisku

Jak již bylo řečeno a popsáno v předchozích dvou kapitolách, o nejvyšší vytížení měřicí laboratoře se stará právě kontrola svařovaných, respektive kovaných tlakových zásobníků, neboť tato výroba je nejvíce rozšířena. Cílem této diplomové práce je mimo jiné také zachytit ostatní procesy, které jsou na měrovém středisku prováděny a určit jejich kapacitní vytížení laboratoře. Jedná se opravdu o širokou škálu procesů. Po kontrole svařovaných a tlakových zásobníků se jedná také v menším poměru o kontrolu tlakových regulačních ventilů DRV, dále se jedná o kontrolu výrobků určené pro 100% měření, obrobků vzniklých metodou obrábění Chiron, nebo jiné mimo sériové měření. Všechny tyto jmenované procesy jsou podrobněji popsány v této kapitole.

5.5.1 Kontrola LWR tlakových zásobníků

V předchozí části této kapitoly byl podrobně popsán proces výroby a dodávek svařovaných tlakových zásobníků na měrové středisko. Z popisu je zřejmé, že obrobky se dostávají do laboratoře po axiálním a radiálním obrábění. Proto také na tyto plochy se nejvíce soustředí kontrola. U svařovaných zásobníků se pro kontrolu radiálních ploch využívají programy na jejich průměr a kruhovitost kužele. U axiálních se poté kontroluje těsnost a házení těchto ploch. Další programy, které se na kontrolu tlakových zásobníků využívají, jsou takzvané programy pro uvolnění. U tlakových zásobníků se tedy kontrolují následující parametry.

Kontrola průměru radiálních otvorů

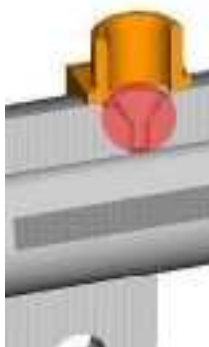
Jako první bude popsán princip kontroly průměru radiálního otvoru. Na tyto otvory jsou v konečné fázi navařovány konektory, kterými je dopravována nafta ke vstřikovačům systému Common Rail. Je zřejmé, že přesnost tohoto otvoru je velice důležitá pro správné fungování tlakového zásobníku.

Počet dodávaných kusů na měrové středisko je dán dle stanoveného SPC a záleží na objemu dávky.

Počet dodávaných tlakových zásobníků je tedy u každého typu jiný, neboť dávka vyrobená za jednu směnu je rovněž odlišná. Tento fakt je způsoben odchylkou ve výrobních časech, které jsou u každého typu různé.

Kontrola kruhovitosti kužele

Dalším prvkem, který se měří na radiálním otvoru, sloužícím k dopravě nafty ke vstřikovačům, je kruhovitost kužele u tohoto otvoru. Počet dodaných kusů na měrové středisko je opět stanoven dle SPC. Počet dodaných tlakových zásobníků jednoho typu jsou 2 kusy z dávky na každý program měření.



Obrázek 5-9 Kontrola kruhovitosti kužele a průměru 4,2H8

Kontrola čelního házení a axiálních ploch

Při tomto procesu se provádí kontrola axiálních, tedy otvorů v hlavní ose symetrie tělesa. Kontrolují se jak rozměry, tak tvar těchto prvků. Jedná se o otvory, které slouží pro připojení regulačního ventilu DRV a snímače tlaku RDS. Programy jsou zaměřeny na rozměry a házení těchto ploch.

Počet vybraných a dodaných railů ke kontrole těchto ploch je opět dán metodou SPC. Pro každý typ na jednotlivý program se dodává vždy po 2 kusech na začátku a konci dávky.

Uvolnění

Poslední typ měření, který se na svařovaných tlakových zásobnících provádí, je takzvané uvolňování. Toto měření se provádí vždy při přehazování na jiný typ railu. V tomto případě se provádí měření všech vývodů a hodnoty se zaznamenávají do tabulky 100% měření. Na začátku výroby jiného typu tlakových zásobníků, se nejprve vyrobí 2 kusy, které jsou poslány na měrové středisko. Teprve v případě, že oba kusy plně odpovídají stanoveným odchylkám, výroba dané série může pokračovat. Uvolnění se dále provádí při delší odstávce stroje, po výměně nástroje, či opravě strojů.

Jelikož se provádí měření veškerých vývodů z tlakového zásobníku, jsou programy na uvolnění časově nejnáročnější. Na uvolnění se obvykle posílají 2 z každé započaté dávky.

V případě uvolnění se jedná o poslední typ kontroly na laserem svařovaných tlakových zásobnících. Po uvolnění jsou výrobky odeslány na další zpracování, kde se do těles lisují konektory NT a VT, navařují radiální konektory a následuje finální montáž.

5.5.2 Kontrola HFR tlakových zásobníků

Následující podkapitola se bude zabývat kontrolou kovaných tlakových zásobníků na Prissmech. Jak již bylo řečeno, společně se svařovanými raily se tyto výrobky zaslouhují o nejvyšší vytížení Prisssem na měrovém středisku. Konkrétně se jedná o kontrolu po axiálním, respektive radiálním obrábění a obdobně, jako u tlakových zásobníků LWR, o uvolnění.

Kontrola Axiálních ploch HFR

Po hlubokém vrtání a axiálním obrábění jsou vybrané kusy odeslány na měrové středisko. Zde se kontrolují rozměry vzniklé tímto obráběním. Jedná se tedy o otvory v hlavní ose tělesa, které slouží, jak už bylo několikrát řečeno, pro připojení tlakového regulačního ventilu a snímače tlaku. Kontrolují se jak průměry jednotlivých otvorů, tak závit na obou stranách axiálu.

Počet a četnost odebrání kusů do laboratoře se vztahuje vždy k jednomu přípravku. V tomto případě se jedná o produkční měření, na měrové středisko jsou dodávány vždy 2 kusy z jedné dávky na začátku a na jejím konci.

Nutno podotknout, že jsou HFR tlakové zásobníky rozděleny dle objemu na malé a velké série. Počet dodaných kusů se tedy rovná součtu kusů z malé a velké série.

Kontrola radiálních ploch HFR

Druhou operací procesu kontroly kovaných railů, je proměřování otvorů po radiálním obrábění. Jedná se o otvory, kterými je nafta ze zásobníků dopravována ke vstřikům systému Common Rail. Kontrolují se jak vnitřní rozměry a tvary, tak také rozměry a chod vnějšího závitu. Některé typy tlakových zásobníků mají v těchto otvorech vyřezány vnější závity, jiné vnitřní.

Kontrola radiálních otvorů se rovněž provádí pro obrobky z velké a malé série zvlášť. Jedná

se o produkční měření. Obdobně jako při kontrole axiálu, se do měřicí laboratoře odesílají 2 kusy vždy na začátku a konci dávky.

Měření SPC u HFR

Cílem měření SPC, je z náhodně vybraných kusů proměřit veškeré důležité rozměry na tělese z hlediska funkce. Nejedná se ovšem o uvolnění, neboť jsou měřeny pouze funkční rozměry.

Personál na měrovém středisku tyto díly rozpozná díky uložení v modrém blistru a přiložené SPC záznamové karty. Pro ostatní produkční měření jsou používány blistry černé barvy.

Vybírají vždy 2 kusy, které jsou dodávány na měrové středisko vždy na začátku a na konci dávky.

Uvolnění HFR

Obdobně jako u svařovaných tlakových zásobníků, také u kovaných railů se provádí při přehazování na jiný typ takzvané uvolňovací programy. Jedná se rovněž o kompletní měření kusů, které se dále provádí při výměně nástroje, odstávce stroje podobně. Na měrové středisko se posílají z výroby k důkladnému překontrolování 4 kusy v případě výroby na 1 pozici, nebo 8 kusů v případě výroby na obou pozicích od každého typu. Rovněž platí pravidlo jako u LWR, kdy výroba série může být naplno spuštěna až v případě, že dojde k uvolnění prvních vyrobených kusů.

První směna výroby série	1 pozice	4 kusy /směna
	2 pozice	8 kusů / směna

Tabulka 5-1 Počet dodávaných kusů HFR pro uvolnění

Jelikož se jedná o proměření veškerých prvků na tělese, bývají tyto programy časově nejvíce náročné.

Chiron

Označení Chiron představuje zcela speciální technologii obrábění. Název nese tato technologie po stroji, na kterém je proces uskutečňován.

Chiron je vertikální obráběcí CNC centrum, které díky své modulární konstrukci a mnoho možností konfigurace umožňuje obrábění tlakových zásobníků z polotovaru na finální obrobek během jediného upnutí. Příklad takového obráběcího centra lze vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 5-10 Obráběcí CNC centrum Chiron [13]

V současnosti se v tomto závodě obrábí touto technologií pouze pár typů tlakových zásobníků. Na takto vyrobené raily jsou připraveny speciální měřicí programy, které měří veškeré charakteristiky výrobku. Do měřicí laboratoře přichází z každé směny 2 kusy od každého typu tlakového zásobníku.

5.5.3 Kontrola DRV

Další činností, která se provádí na měrovém středisku, je kontrola tlakových regulačních ventilů DRV, které se skládají z tělesa a kotvy. Další proces, který je spojen s měrovým střediskem a DRV, je takzvaný ISEC. V tomto procesu se jedná o měření z hlediska výzkumů na tlakových regulačních ventilech.

5.5.4 Mimo sériové měření

Tento proces zahrnuje měření výrobků, které nejsou vyráběny v sérii, ale jedná se pouze o kusovou výrobu na zakázku. Do mimo sériového měření jsou dále započítávány produkty, které jsou měřeny z důvodů reklamace od zákazníka, a podobně. Tyto možné varianty jsou nyní popsány.

Nájezd nového typu

Tyto procesy se uskutečňují v případě, že je započata výroba nového typu tlakového zásobníku. V tomto případě je nutné, aby byly na Prismech vytvořeny zcela nové měřicí programy pro jednotlivé prvky měření, ať už je to radiál, axiál, uvolnění atd.

Tento proces sice nezatěžuje měrové středisko z velké části, ovšem pro co nejvíce přesný výpočet kapacit a vytížení měrového střediska je nutné také s těmito situacemi počítat.

Vzorky z montáže

Další operací, která se v prostorách měřicí laboratoře provádí, je měření vzorků z montáže.

Na oddělení montáže jsou kompletovány tlakový zásobník, tlakový ventil a regulační ventil v jednu sestavu. Vybrané sestavy jsou poté odeslány ke kontrole do laboratoře. Na dodávání počtu kusů není k dispozici žádný parametr, data budou tedy počítána na základě dlouhodo-

běžšího sledování. Obdobně tomu bude také u sledování počtu výměn nástroje.

Speciální 100% měření

Jedná se o proces, kdy jsou kompletně kontrolovány veškeré vyrobené kusy, podle specifického požadavku zákazníka. Pro toto měření je plně využito jedno Prismo, na kterém se měří současně 4 kusy stejného typu tlakového zásobníku.

Kusy po výměně nástroje

S výměnou nástroje na obráběcích centrech rovněž souvisí kontrola prvních vyrobených kusů. Rovněž tyto procesy nelze zcela jednoznačně určit, proto budou brána data z předešlých období, kdy jsou určeny frekvence výměny nástrojů, po přibližně 2 000 obrobených kusech.

5.5.5 Kalibrace strojů

Poslední krok, který chybí ve výčtu činností na měrovém středisku je kalibrace strojů. Ta se provádí pravidelně, u každého stroje jedenkrát do roka. V případě kalibrace měřicího stroje, je Prismo odstaveno na celých 5 dní. Další seřizování se provádí jednou týdně a jeho trvání zabírá přibližně 90 minut.

Jak lze vidět z následujícího výčtu, na měrovém středisku probíhá celá řada procesů a činností. Některé procesy jsou předvídatelné poměrně lehce, jiné ovšem velmi obtížně, neboť jsou velice náhodilé. Z tohoto důvodu je třeba do výpočtu kapacit vnášet několik předběžných odhadů, které budou dlouhodoběji sledovány. Bude ovšem nutné počítat s určitou odchylkou výpočtu od reality.

6 Výpočet kapacitního vytížení na měrovém středisku

V předchozí části byly představeny jednotlivé procesy prováděné na měrovém středisku a princip dodávání kusů do této laboratoře. Následující kapitola se již zabývá výpočtem vytížení měrového střediska pro jednotlivé měsíce.

Nejprve jsou zde vypočteny základní časové fondy strojů, neboť tyto fondy jsou pro výpočet vytížení laboratoře klíčové. Následuje získávání neméně důležitých údajů, kterými jsou časové hodnoty pro měření jednotlivých typů tlakových zásobníků a jejich charakteristik, ale také časy pro manipulaci. V další části jsou dle prognóz zjišťovány počty vyráběných kusů pro jednotlivá období a na závěr je proveden samotný výpočet a vyhodnocení. Na úvod je ovšem potřeba uvést teorii z výpočtů kapacit.

6.1 Teorie z výpočtů kapacity strojního parku

Velmi důležitou, lze říci snad i nejdůležitější částí při plánování produkce výroby jsou kapacitní propočty jednotlivých strojních zařízení. Jejich cílem je určit potřebu zdrojů, v tomto případě počet strojů, které zajistí splnění požadovaných výrobních úkolů. Vypočtené požadované úkoly jsou poté porovnávány s dostupnými kapacitami. V praxi, kdy 100% využití prakticky nelze dosáhnout, mohou nastat dva typy nesouladu mezi potřebou a disponibilní kapacitou.

V prvním případě se může jednat o nadměrné kapacity. V tomto případě aktuální strojní park poskytuje možnost vyšší produkce, než je produkce potřebná. Výhoda tohoto stavu spočívá ve faktu, že podnik je schopen plně pokrýt veškerou svou výrobu a může tedy dodávat produkty svým zákazníkům v požadovaném množství a stanoveném termínu. S neúplným využitím ovšem podnikům naskakují náklady spojené s nízkým využitím strojů, klesá rentabilita a především se zvyšuje neefektivnost výroby.

Druhý případ, který v podniku nastává, je naopak nedostatek kapacit. V případě, že strojní vybavení firmy, není schopno vyrobit požadované množství v požadovaném čase, dochází k neplnění výrobního plánu. To může mít za následek prodlužování termínů dodávek, které s sebou obvykle přináší předem smluvené penále od odběratele a v horším případě dochází také k nejistotě od zákazníka, která často vede k jeho ztrátě.

Úkolem průmyslového inženýra je tedy sladit požadavky od obchodního oddělení, které uzavírá se zákazníkem smlouvy s možnostmi strojního vybavení společnosti. V ideálním světě je prakticky nemožné dosáhnout 100% využití kapacit. Průmyslový inženýr se tedy snaží o co nejvyšší využití strojů, které ovšem nesmí překročit 100%, neboť by nastal případ nedostatku kapacit.

V průmyslových podnicích se nejčastěji setkáváme se třemi různými dimenzemi kapacit. Jedná se o teoretickou kapacitu, efektivní, anebo aktuální kapacitu.

První jmenovanou, tedy teoretickou kapacitu lze označit také jako maximální. Tato kapacita představuje maximální výkon, který lze dosáhnout v ideálních podmínkách. Znamená to tedy, že nepředpokládá žádné poruchy stroje, čekání na materiál a podobné prostoje.

Naopak druhá v pořadí, efektivní kapacita ukazuje reálně možný výkon pro daný výrobní mix, zohledňuje plánovanou údržbu stroje a ostatní přestávky. Z předchozí věty vyplývá, že efektivní kapacita není v žádném případě vyšší, než kapacita teoretická.

Poslední v pořadí je kapacita aktuální. Tento výpočet již obsahuje ztráty způsobené chybami strojů, zmetkovitostí, organizačními problémy. Pro její stanovení je potřeba dlouhodo-

bé pozorování procesu a ze všech třech kapacit nabývá nejnižší hodnoty. Pokud máme tyto aspekty již odpozorované, je aktuální kapacitu optimální používat při kapacitních výpočtech. [10]

V případě této diplomové práce je pro zjištění kapacit potřebné počítat s časovým fondem stroje. Jedním z takových fondů je efektivní časový fond stroje. Jedná se o využitelný časový fond jednoho stroje na plánované období, které bývá většinou směna, den, týden, měsíc, anebo rok. Udává se v časových jednotkách, nejčastěji hodinách, ovšem může se počítat také v minutách, případně v sekundách. Jedná se tedy o extenzivní využití kapacit. V této diplomové práci budou v praktické části pro vyšší přesnost veškeré časové hodnoty udávány v sekundách. Tento fond lze spočítat jako součin počtu pracovních hodin při x – směnném provozu s počtem pracovních dní stroje. Počet pracovních dní je poté dán rozdílem počtu pracovních dní za dané období s počtem dní plánovaných oprav a počtem dní neplánovaných oprav. Matematický zápis efektivního časového fondu představuje následující rovnice.

$$E_{fs} = (D_p - D_{po} - D_{no}) * H * x \left[\frac{\text{hod}}{\text{rok}} \right]$$

kde: E_{fs} ... Efektivní časový fond stroje
 D_p ... počet pracovních dní za dané období
 D_{po} ... počet dní plánovaných oprav
 D_{no} ... počet dní neplánovaných oprav
 H ... délka jedné směny
 x ... počet směn za jeden pracovní den

Porovnáním skutečného vytížení strojů s efektivním časovým fondem lze dostat procentuální vytížení stroje.

Dalším ukazatelem, který se využívá při kapacitních výpočtech, je kapacitní vytížení stroje. Tento ukazatel vyjadřuje poměr mezi skutečným a časovým vytížením jednotlivých strojů a efektivním časovým fondem stroje. Matematický zápis ukazuje následující vztah.

$$K_v = \sum \frac{t}{E_{fs}} [\%]$$

kde: K_v ... kapacitní vytížení stroje
 t ... čas operace
 E_{fs} ... efektivní fond stroje

Tyto výpočty nám vyjadřují procentuální vytížení pracoviště. Lze z tohoto ukazatele zjistit, zda má stroj rezervy pro případné zvýšení produkce, či zda je plně vytížen. Tyto výpočty se používají především při plánovaném zvýšení objemu výroby, a proto jejich základ bude také použit v praktické části této diplomové práce. Na základě těchto výpočtů tedy zjistíme, zda má podnik dostatečnou kapacitu a zvládne požadovaný objem výroby, nebo zda bude potřeba kapacity posílit, například nákupem nových strojů, nebo optimalizací procesu. Neustále zlepšování podnikových procesů je také jednou z nejdůležitějších aktivit, které musí společnost pro své přežití provádět. [10]

6.2 Výpočet základních časových fondů

Tato podkapitola se zabývá výpočtem časových fondů strojů, které jsou klíčové při určování vytížení jejich kapacit. Pro jejich určení je nutné určit počet směn za jeden měsíc a délku jedné směny.

6.2.1 Výpočet počtu směn

Počet směn závisí na režimu, který je ve firmě nastaven. Většina výrobních podniků dnes vyrábí ve 3 směnném provozu, kdy se neustále opakují ranní, odpolední a noční směny od pondělí do pátku. Také v této firmě se vyrábí ve 3 směnném provozu. I tak se ovšem směnnost poněkud liší, neboť se zde vyrábí 20 směn v týdnu. Jinými slovy řečeno, pouze jednu směnu týdně výroba stojí. V případě poklesu poptávky po produktech se výroba zužuje do jiných směnových režimů, které budou nyní představeny.

Model A

Jedná se o třísměnný provoz, kdy každý den se skládá ze tří osmihodinových směn. Vyjimku tvoří pouze neděle, kdy odpadá noční směna. Na jeden týden tak tedy připadá dvacet osmihodinových směn.

Model B

Ve firmě je rovněž navrhnut směnový model 15 ti směn za týden. Rovněž se jedná o třísměnný provoz. Rozdíl tohoto modelu od předchozího spočívá v počtu směn za jeden týden, neboť výroba je pro tento model zastavena na celý pátek, sobotu a v neděli odpadá ranní a odpolední směna. Výroba je tedy zahajována v neděli ve 22 hodin. Za týden je tedy odpracováno 15 směn.

Model C

Tento model obsahuje 19 směn v jednom týdnu. Zbývající dvě směny, ve kterých je výroba zastavena, je v pátek od 22 hodin, do soboty 14 hodin. Při tomto směnovém modelu se tedy nepracuje v pátek při noční směně a v sobotu ráno.

Pro lepší znázornění poslouží následující tabulka, kde každý den je rozdělen do 3 částí, které představují ranní, odpolední a noční směnu. Zelené políčko pak znamená, že výroba v daný čas je spuštěna, naopak červené políčko znamená, že výroba je zastavena a na měrové středisko nejsou dodávány žádné kusy.

	Pondělí			Úterý			Středa			Čtvrtek			Pátek			Sobota			Neděle		
	R	O	N	R	O	N	R	O	N	R	O	N	R	O	N	R	O	N	R	O	N
A	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
B	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabulka 6-1 Přehled směn

Jak lze vidět z výše uvedené tabulky, jednotlivé směnové modely se překrývají. Aby mohlo docházet ke kontrole tlakových zásobníků a neprodleného uvolňování, pracuje se na měrovém středisku v nepřetržitém provozu.

Počet směn na měrovém středisku je proto dán součinem počtu pracovních dní v daném měsíci, vynásobený počtem směn za jednu směnu. Matematicky se tato věta vyjádří následovně.

$$Počet\ směn = 3 * Dp$$

Jako dny pracovního volna jsou v tomto případě brány státní svátky, na které není plánovaná žádná výroba. Ve státní svátek by se vyrábělo pouze v případě, že by byl ohrožen termín splnění zakázky. Pro výpočet kapacit ovšem nebudeme tento případ uvažovat. Konkrétně se jedná o následující dny.

1.1.2013	Nový rok, den obnovy samostatného českého státu
1.4.2013	Velikonoční pondělí
1.5.2013	Svátek práce
8.5.2013	Den vítězství
5.7.2013	Den slovanských věrozvěstů Cyrila a Metoděje
6.7.2013	Den upálení mistra Jana Husa
28.9.2013	Den české státnosti
28.10.2013	Den vzniku samostatného československého státu
17.11.2013	Den boje za svobodu a demokracii
24.12.2013	Štědrý den
25.12.2013	1. svátek vánoční
26.12.2013	2. svátek vánoční

Tabulka 6-2 Přehled státních svátků ČR

Podle výše uvedeného vzorce jsou vypočteny počty směn v jednotlivých pracovních měsících. Veškeré výpočty jsou z důvodu složitosti a objemu dat provedeny v softwaru MS Excel. Soubor je přílohou této diplomové práce.

6.2.2 Výpočet délky jedné směny

V předchozí kapitole byly zjištěny počty směn pro jednotlivé měsíce. Tato část se zabývá výpočtem časového fondu jedné této směny.

Každá směna, bez ohledu na to, zda se jedná o ranní, noční, či odpolední trvá 8 hodin. Z tohoto časového fondu je ovšem potřeba odečíst půlhodinovou přestávku, která je dána zákoníkem práce, ale také další předvídatelné jevy, jako jsou pauzy na občerstvení, toalety a podobně. Na tyto předvídatelné prostoje je uvažováno 10 minut za jednu směnu. Pro co nejpřesnější výpočet bude délka jedné směny vyjádřena v sekundách.

$$Tc = Tc1 - Tc2 - Tc3$$

$$Tc = 8 * 3600 - 0,5 * 3600 - 600$$

$$Tc = 26\ 400\ s$$

Kde: t_c ... *efektivní čas směny*

t_{c1} ... *délka směny*

t_{c2} ... *čas směnových obecně nutných přestávek*

t_{c3} ... *čas směnový podmíněčně nutných přestávek*

Pro další nepředvídatelné jevy, jako je výpadek energie, oprava stroje a podobně bude ve výpočtech kapacit vypočtená délka směny násobena **koeficientem $k = 0,92$** , který tyto ztráty zahrnuje.

Časový fond strojů je ovšem dále dán součinem délky směny a počtu strojů, pro které je kapacita zjišťována, v tomto případě Prisem, kterých je na měrovém středisku 7. Celkový časový fond směny tedy bude

$$T_{cef} = T_c * x$$

$$\text{Časový fond směny} = 26\,400 * 7$$

$$\text{Časový fond směny} = 184\,800 \text{ s}$$

Kde: x ... počet strojů

6.3 Spotřeba času při měření

Tato část se zabývá dolováním dat z databáze měrového střediska. Jelikož protokol o každém měření je uložen na centrální disk, lze pomocí databáze protokoly o veškerých změřených produktech získat. Tato část je velice pracná, neboť pro každý vyráběný typ je potřeba nalézt protokoly pro axiální házení, radiální průměry, kruhovitost kužele, či uvolnění u LWR a pro radiální kontrolu, axiální kontrolu či uvolnění pro kované zásobníky. Je jasné, že každý výrobek má jiné parametry a délky měření těchto kusů se velmi liší. Z důvodu co nejpřesnějšího výpočtu kapacit je tedy nutné hledat protokoly pro každé měření zvlášť. Délku měření daného tlakového zásobníku lze vyčíst v hlavičce protokolu, jak ukazuje následující obrázek. Poté již stačí tuto hodnotu přepočítat opět na sekundy.

MERICI PROTOKOL Calypso		
Číslo výkresu	Vez	Průběh
HFR 0 604	1	UVOLNENI
Jméno	Pozice	Datum
3241	2	19 Dezember 2012
Obrabeci stroj	Díl číslo	Čas
841	212190112002	12:59:36
		Doba měření
		00:13:50,0
Poznámka:		

Name	ID	Actual	Nominal	pos Tol	neg Tol	Diff	<-- -->
VYROVNANI_X	X	0.0000	0.0000			0.0000	
VYROVNANI_Y	Y	0.0000	0.0000			0.0000	
VYROVNANI_Z	Z	0.0000	0.0000			0.0000	
VYROVNANI PROSTOR 1	W1	0.0000	0.0000			0.0000	

Obrázek 6-1 Hlavička protokolu Calypso

Na výše uvedeném obrázku lze vidět příklad hlavičky protokolu. Jedná se o protokol vytvořený měřícím systémem Calypso, který je uložen v databázi měrového střediska. Hlavička protokolu postačí pro získání veškerých informací, podstatných pro výpočet kapacity.

V levém horním rohu, lze v kolonce číslo výkresu zjistit o jaký typ railu se jedná, kolonka průběh v pravém horním rohu nám dává informaci, že se jedná o program na uvolnění tohoto produktu a nakonec políčko doba měření, v pravém dolním rohu nám říká, jak dlouho

program měření trvá. Toto je hodnota, kterou využijeme pro spotřebu času při měření. V tomto případě, hodnotu 13 minut a 50 sekund jednoduše lze přepočítat na 830 sekund.

Takto byly zjištěny časy pro všechny typy měření. Tabulky se získanými daty o jednotlivých časech měření jsou opět v příloze této diplomové práce.

Jelikož tato diplomová práce si klade za cíl počítat kapacitní vytížení laboratoře měsíčně, byla jako optimální řešení zvolena cesta vážených průměrů. To znamená, že pro každý typ měření zvlášť, tedy axiál malé a velké série, radiálu malé a velké série, uvolnění, atd. se vypočte z měřených kusů v daném měsíci průměrný čas měření jednoho kusu obrobku. Tím bude zajištěno zjednodušení výpočtu, ale nebudou skresleny výsledky v období jednoho měsíce. Průměrná délka měření jednoho kusu se tak například pro uvolnění na LWR zásobnicích vypočte následovně.

$$\phi CT = \frac{\sum_{i=1}^x (LWR_U * T_M) + \sum_{i=1}^x (LWR_U) * T_{ZM}}{\sum_{i=1}^x LWR_U}$$

kde: ϕCT ... průměrný čas na změření jednoho kusu

LWR_U ... počet LWR určených na uvolnění

T_M ... Měřící taktzeit x - tého kusu

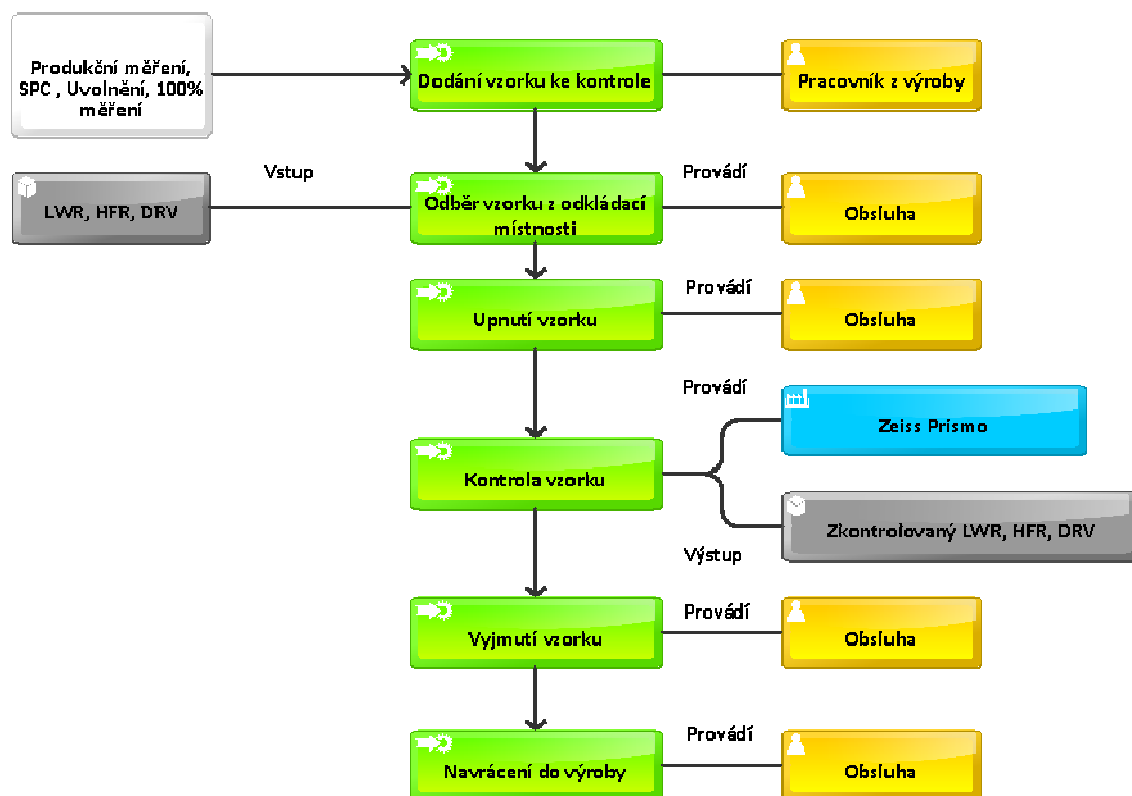
T_{ZM} ... Čas na manipulaci jednoho kusu

Naprostotožným způsobem jsou vypočteny průměrné časy pro všechny typy měření pro každé měření zvlášť a to z důvodu, aby nedocházelo ke zkreslení hodnot. Čas na manipulaci jednoho kusu je popsán a naměřen v následující kapitole, ostatní hodnoty jsou brány z dat přímo od firmy.

Výpočty jsou provedeny v softwaru Microsoft Office Excel 2007 a tento výpočet je příložen na CD, které je přílohou této diplomové práce.

6.4 Spotřeba času při manipulaci

Na níže uvedeném obrázku lze vidět mapu procesu měření, ve které jsou zachyceny veškeré aktivity, které se při měření dějí. Jak lze vidět, tento proces se neskládá pouze z měření, jehož spotřeba času byla určena v předchozí kapitole, ale také z manipulace s jednotlivými kusy, kam spadá odběr vzorků k měření, správné upnutí vzorku a navrácení zkontrolovaných kusů zpět do výroby. Popis jednotlivých kroků a měření spotřeby času těchto kroků je proveden níže.



Obrázek 6-2 Postup měření na měrovém středisku

Dodání vzorku ke kontrole

Obrobek určen pro měření na Prismech není dodáván z bezpečnostních důvodů přímo k měřidlu. Vzorky určené k měření jsou ukládány do odkládací místnosti, která se nachází mezi dílnou a měřicí laboratoří. Tím se zabraňuje častému vstupu na měrové středisko a tím také kolísání optimální teploty, na kterou je laboratoř klimatizována. Odkládací místnost je rovněž klimatizována a řízené otevírání vstupních a výstupních dveří. Tyto řízené dveře umožňují otevření vždy pouze jedné dveří, buď tedy dveřím do laboratoře, nebo na dílnu. Tím je zajištěno, že nedochází k výměně vzduchu mezi dílnou a měrovým střediskem. Tato odkládací místnost je dále vybavena regály, které jsou rozděleny pro vzorky z produkčního měření, uvolňování, SPC a podobně.

Díly jsou do odkládací místnosti nošeny obsluhou z výroby. Tato první část procesu tedy nemá časově na kapacity měrového střediska žádný vliv.

Odběr vzorku z odkládací místnosti

Odběr vzorků již provádí pracovníci měrového střediska. Není zde stanoven žádný tok materiálu, oděry provádí každý pracovník sám nezávisle na ostatních spolupracovnících.

Odkládací místnost je vzdálena přibližně 10 metrů od měřících přístrojů a cestou je nutno počkat na otevření automatických dveří. Doba trvání tohoto času byla proto mnohokrát změřena a ze zjištěných hodnot byl vypočítán průměrný čas, který zabírá 45 sekund.

Správné upnutí vzorku

Upnutí vzorku se provádí dle předepsaných předpisů, které je nutno plnit. Upnutí se skládá z následujících činností:

- Zkontrolovat čistotu a odjehlení měřeného dílu
- Načíst kód měřeného vzorku
- Otevřít a spustit měřicí program
- Dle popisu v programu upnout díl do upínacího přípravku
- Vybrat měřené parametry (Axiál, Radiál, Uvolnění, atd.)
- Spustit měření

Obdobně, jak tomu bylo v předchozím kroku, bylo provedeno několik měření a na základě těchto hodnot byl určen průměrný čas na upnutí tlakového zásobníku do obrobku. V tomto případě byla zjištěna hodnota přibližně 27s.

Kontrola a vyjmutí vzorku

Spotřeba času na kontrolu tlakového zásobníku je rozdílná dle typu railu a závisí pouze na délce programu Calypso, respektive Umess. Časy pro jednotlivá měření byla zjišťována v předchozí kapitole a jsou k nahlédnutí v příloze této diplomové práce.

Po skončení programu následuje operace vyjmutí vzorku. Zde pracovník nejprve vytiskne a následně překontroluje protokol o měření, zda nedošlo k žádné chybě a poté vyjme tlakový zásobník z přípravku. Tento vzorek vloží do přepravní bedýnky na skate. Měření ukázalo, že vyjmutí vzorku z přípravku je nejkratší dobou z celé manipulace a trvá v průměru přibližně 21s.

Navrácení vzorku do výroby

Po umístění vzorku na skate obsluha měřícího přístroje označí bedýnku. V případě, že došlo k neshodě, operátor označí kus červenou průvodkou a předá výsledky ke stroji, aby mohlo začít řešení a náprava problému.

V případě, že změřený kus je v pořádku, operátor odváží skate se zkontrolovanými kusy zpět do výrobní haly přímo k určenému pracovišti.

Ačkoli se převáží více kusů na ráz, je spotřeba času na odvezení tlakových zásobníků nejvíce časově náročná, neboť operátor musí s vozíkem urazit dráhu přes celou dílnu, dále projít automatickými otevíracími dveřmi, dovézt skejt na určené místo a vrátit se zpět. Bylo provedeno opět několik měření u více pracovníků. Měřeními bylo dosaženo závěru, že při plánování kapacit se bude počítat se ztrátovým časem 55 sekund na jeden kus.

Určení celkového ztrátového času při manipulaci

Celkový ztrátový čas se vypočte součtem všech výše provedených měření, tedy podle vzorce uvedeného níže.

$$T_{ZM} = T_{OM} + T_U + T_V + T_N$$

kde: T_{ZM} ... čas ztrátový při manipulaci [s]

T_{OM} ... čas na přepravu z odkládacího místa [s]

T_U ... čas na upnutí tlakového zásobníku do přípravku[s]

T_V ... čas na vyjmutí tlakového zásobníku z přípravku[s]

T_N ... čas na navrácení vzorku do výroby[s]

Po dosažení do výše uvedeného vzorce tedy dostaneme

$$T_{ZM} = 45 + 27 + 21 + 55$$

$$T_{ZM} = 148 \text{ s}$$

Měřením bylo tedy dosaženo závěru, že jako fixní čas na manipulaci jednoho kusu bude počítáno 150 sekund.

6.5 Popis výpočtu v MS Excel

Na základě výše popsaných procesů, odvozených vzorců a odměření ztrátových časů bylo vypočteno vytížení Prismem na měrovém středisku.

Reálné hodnoty vytížení strojů se obvykle pohybují mezi 60% až 80%. Jelikož tento výpočet zahrnuje ovšem také časy na kalibrace, výměny nástrojů a další prostoje, budou výsledky právě o tyto hodnoty vyšší, respektive jedná se o efektivní využití kapacit, nikoli aktuální. Dále by autor také rád podotknul, že údaje o počtu vyráběných kusů jsou zkráceny, aby nedocházelo vynášení know – how z firmy o objemu produkce.

Jelikož výpočet zahrnuje mnoho dat, byl proveden v softwaru MS Excel. Soubor je přílohou této práce. Popisem principu výpočtu vytížení strojů se zabývá následující podkapitola.

6.5.1 Zadání plánovaného objemu produkce

V prvním kroku se musí nahrát do souboru aktuální data o předpokládaném objemu výroby. Data se nahrávají v záložce Požadavky, jak ukazuje následující obrázek.

HFR MS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total 2014
Zerspannung GSxKS flexi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zerspannung GSxKS flexi	200	200	200	200	0	0	222	30	222	30	0	0	1334
Zerspannung GSxKS flexi	240	200	300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	740
Zerspannung GSxKS flexi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zerspannung GSxKS flexi	4000	3200	1200	2600	5000	5184	3656	2125	2029	2125	2033	1836	34988
Zerspannung GSxKS flexi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zerspannung GSxKS flexi	1300	1400	1500	1000	1300	720	720	960	960	960	960	960	12740
Zerspannung GSxKS flexi	6000	15400	26000	21600	4000	10966	8848	8064	6749	6830	6749	6586	127792
Zerspannung-KS	20	0	20	0	20	21	7	1	2	2	1	2	96
Zerspannung-KS	0	0	0	0	950	0	2	1	2	1	2	1	959
Zerspannung-KS	0	0	0	0	0	0	35	0	0	42	0	0	77
Zerspannung-KS	170	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320
Zerspannung-KS	100	100	200	120	150	180	124	60	120	1	5	1	1161
Zerspannung-KS	300	200	200	200	0	206	0	204	3	408	0	204	1925
Zerspannung-KS	300	400	400	400	300	264	0	264	132	396	132	264	3152

Obrázek 6-3 Zadání objemu plánované produkce

Karta „Požadavky“ je propojena s ostatními listy, které jsou skryté. Požadavek na počet vyráběných kusů je přetažen do konkrétního listu. Na dalším obrázku je jako příklad zobrazen jinak skrytý list o výpočtu LWR railů, určených ke kontrole na program uvolnění. Z počtu zadaných kusů se dle vzorce od výroby vypočte předpokládaný objem kusů daného typu, který bude během daného měsíce poslán ke kontrole na měrové středisko. Pro tento výpočet se vychází z objemu produkce a velikosti jedné výrobní dávky.

Tabulka dále obsahuje sloupec s hodnotami, které udávají délku programu pro jednotlivý typ. Délka programu je uvedena v sekundách.

Čas programu je pochopitelně pro každý tlakový zásobník různý, proto je na spodním řádku proveden součet všech kusů na měření a vypočtena průměrná hodnota na změření jednoho kusu. Tato hodnota je navýšena o 150 vteřin, neboť je třeba uvažovat čas na upnutí a vyjmutí tlakového zásobníku z prisky, načtení kusu, volbu programu, či odnesení kusu před měrové středisko. Hodnotu o počtu měřených kusů a o průměrné době měření si Excel opět přetáhne do dalšího listu, ve kterém je prováděn výpočet kapacitního využití.

TTNr Zerspanung	Dodane kusy I	Cas mereni I	Merene kusy rok	SPC	Taktzeit výrobní	Teoretická velikost dávky
	93	84351	93	907	80	300
	11	10010	32	910	80	320
	0	0	781	911	80	320
	0	0	417	912	80	320
			0	910	80	320
			0	910	80	320
Suma	483	406 265	5 897			
Soucet LWR [s⁻¹]	483	406 265	5 897			
Cas mereni + vymena		478715,0	5830712			
Soucet LWR [min⁻¹]		6 771	82 436			
Cas mereni + vymena		7978,6	97178,53333			
Vazeny TZ [s⁻¹]		991,13				
Manipulace kusu + ukládání dat do DB v sec. (Fixni)		150				

Obrázek 6-4 Výpočet počtu měřených kusů a délek programů

6.5.2 Popis záložky pro výpočet kapacitního vytížení

Samotný výpočet extenzivního využití priskem se provádí na záložce Einplanung.

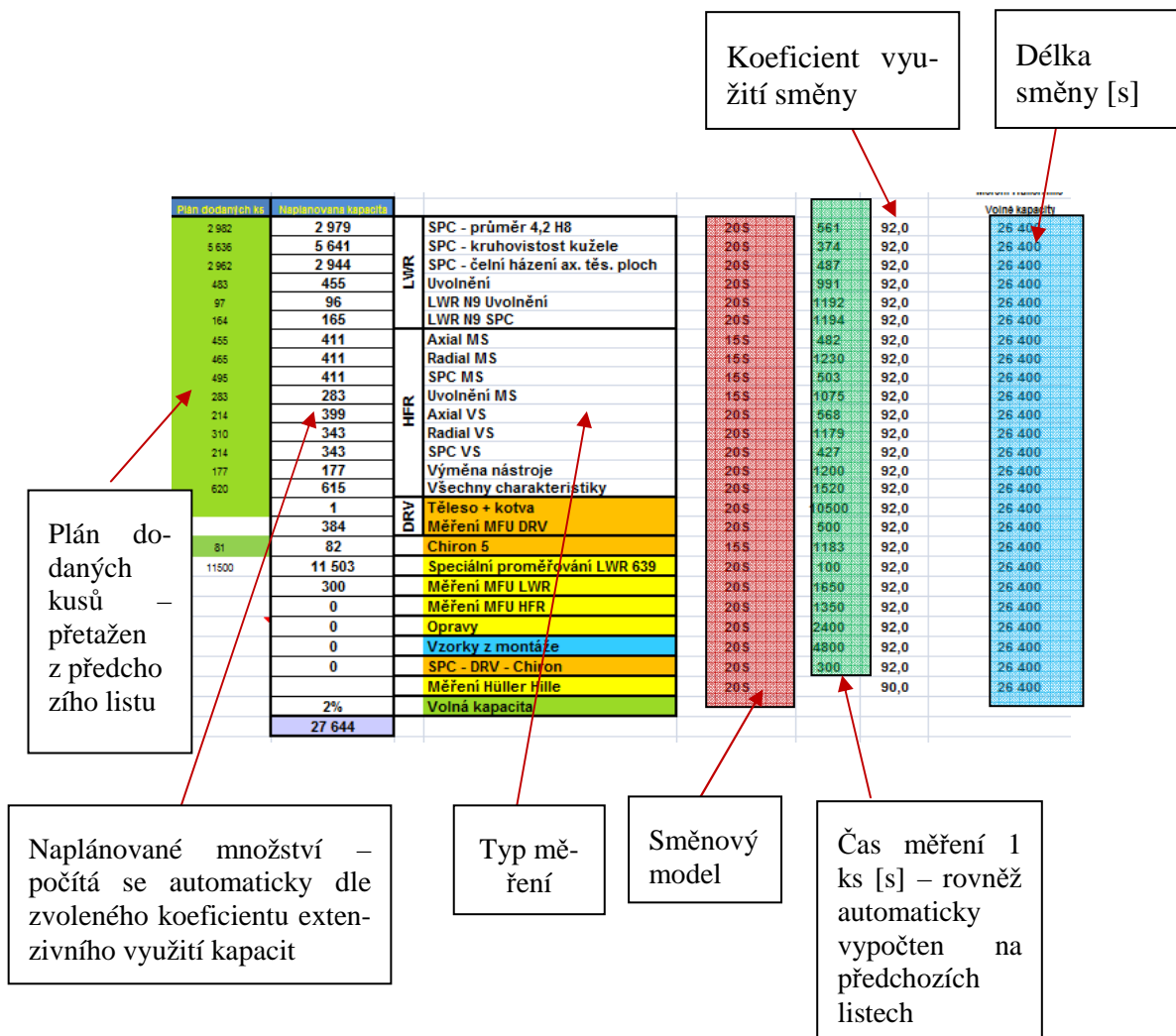
Tato záložka ukazuje kompletní přehled o plánu jednotlivých typů měření, základních časových fondů a plán o počtu měření na jednotlivé směny. Úplně vlevo, v zeleném políčku, jde o plánovaný počet kusů pro daný typ měření v měsíci. Tyto hodnoty jsou přetaženy ze skrytých záložek, které byly popisovány výše.

Následuje sloupec naplánovaná kapacita. Tato hodnota se počítá automaticky na základě zvoleného extenzivního koeficientu využití. Při volbě koeficientu je tedy třeba snažit se o

dosažení co nejbližší hodnoty.

V dalším sloupci je přehled jednotlivých měření, která se na měrovém středisku provádí. Od sériového měření LWR, HFR, LWR639 po různé mimo sériové měření.

Následuje typ směnového model a průměrný čas měření, který je rovněž získán výpočtem a převodem ze skrytých listů. Hodnota 26 400 je délka jedné směny vyjádřená v sekundách a hodnota 92,0 je koeficient využití této směny, neboť je třeba brát určité časové ztráty (např. WC apod.) Levou stranu popisuje opět následující obrázek.



Obrázek 6-5 Popis výpočtu využití kapacit

Pravá část stránky obsahuje již samotný plán o počtu měřených kusů. Pokud půjdeme ze shora, je zde datum. Každý den je pak rozdělen na 3 směny (ráno, odpoledne, noc). V dalším řádku je číslo, které udává počet strojů, které jsou v laboratoři.

Následují koeficienty časového (extenzivního) využití stroje pro daný typ měření. Tyto koeficienty jsou jediná políčka, která se zadávají ručně. Zadává se koeficient vždy k prvnímu dni v měsíci. Pro ostatní dny excel automaticky počítá s touto hodnotou. Jedná se tedy o rovnoměrné plánování.

Následuje řádek volné kapacity, který je dán právě rozdílem počtu prisma a součtu jednotlivých koeficientů vytížení. Pokud je jeho hodnota záporná, jedná se logicky o nedostatek kapacit. Na základě těchto hodnot se pak počítá procentuální využití kapacit. Koeficient vlastně říká, jakou část prisma nám bere konkrétní měření. Např. pokud je hodnota koeficientu na uvolnění LWR rovna jedné, znamená to, že tento typ měření zabere jedno prismo na celou směnu.

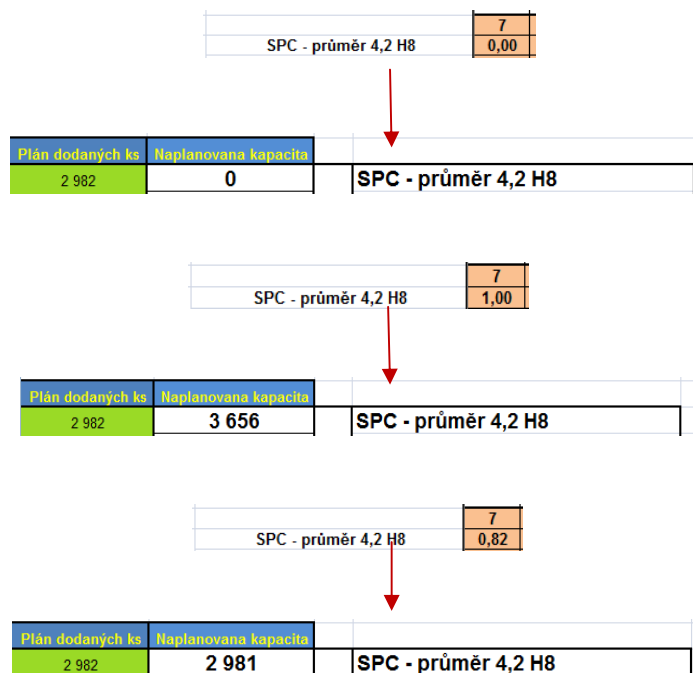
Na dalších řádcích pak lze vidět plán o počtu kusů měřených pro jednotlivý typ měření a konkrétní směnu.

		2.1			
		N	R	O	
		7	7	7	
LWR	SPC - průměr 4,2 H8	1,00	1,00	1,00	1
	SPC - kruhovistost kužele	1,03	1,03	1,03	1
	SPC - čelní házení ax. těs. ploch	0,70	0,70	0,70	0
	Uvolnění	0,22	0,22	0,22	0
	LWR N9 Uvolnění	0,06	0,06	0,06	0
	LWR N9 SPC	0,10	0,10	0,10	0
HFR	Axial MS		0,1986	0,1986	
	Radial MS		0,5065	0,5065	
	SPC MS		0,2069	0,2069	
	Uvolnění MS		0,3099	0,3099	
	Axial VS	0,0936	0,0936	0,0936	0,1
	Radial VS	0,1942	0,1457	0,1942	0,2
	SPC VS	0,0704	0,0528	0,0704	0,1
	Výměna nástroje	0,10	0,10	0,10	0
	Všechny charakteristiky	0,438	0,438	0,5632	0,5
		Těleso + kotva	0,01	0,01	0,01
DRV	Měření MFU DRV	0,1235	0,0412	0	
	Chiron 5	0,05	0,05	0,05	0
	Speciální proměňování LWR 639	0,56	0,56	0,56	0
	Měření MFU LWR	0	0	0	
	Měření MFU HFR	0	0	0	
	Kalibrace				
	Nájezd nových typů				
	Vzorky z montáže	0	0	0	
	SPC - DRV - Chiron	0	0	0	
	Měření HüllerHille	1,26	1,26	1,26	1
	Volné kapacity	1,04	-0,07	-0,22	Suma 1
92,0	26 400	43	43	43	130
92,0	26 400	67	67	67	201
92,0	26 400	35	35	35	105
92,0	26 400	5	5	5	16

Obrázek 6-6 Nastavení koeficientů extenzivního využití

Konkrétní nastavení objemu měřených kusů se provádí pomocí výše popsaného koeficientu. Přepsáním jeho hodnoty se mění počet měřených kusů v jednotlivých směnách. Cílem je nastavit takovou hodnotu, aby se buňka obsahující naplánované množství co nejvíce blížila plánu.

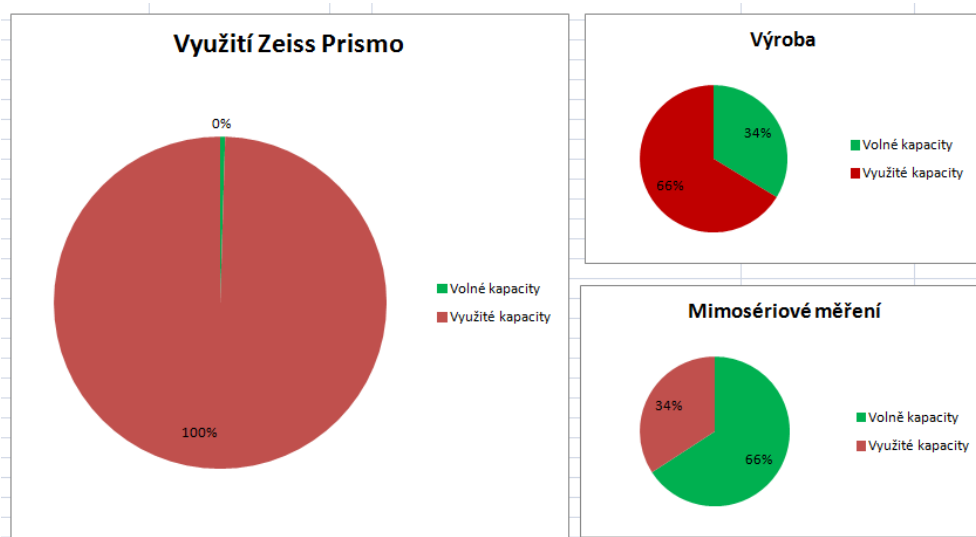
Příklad lze vidět na následujícím obrázku. Při nastavení koeficientu pro kontrolu průměru 4,2, který je roven 0, lze vidět, že rovněž naplánovaná kapacita je 0 kusů. Při nastavení hodnotě 1 je počet kusů naplánované kapacity 3656. Je proto nutné hledat číslo nižší, než 1. Při nastavení hodnoty 0,82 se dostáváme na požadované číslo.



Obrázek 6-7 Změna počtu naplánovaných kusů dle zvoleného koeficientu

Tento koeficient je potřeba nastavit pro každý typ měření. Nastavení se provádí vždy u prvního dne v měsíci u noční směny. Pro ostatní směny v měsíci se nastaví automaticky.

Grafy u každého měsíce pak ukazují celkové využití kapacit přisem. Toto využití je dále rozděleno na využití kapacity sériového měření a mimo sériového měření. Hodnoty pro mimo sériové měření se zadávají pouze do karty „Einplanung“, vždy dle aktuálního stavu.



Obrázek 6-8 Ukázka výsledného využití kapacit

Aktualizace kapacitního vytížení měrového střediska se tedy provádí ve dvou krocích.

- Zkopírování dat z tabulek prognóz do listu „Požadavky“
- Nastavení hodnot koeficientu (čísla ihned pod datem) na takovou hodnotu, aby naplánované množství souhlasilo s plánem dodaných kusů, který je automaticky vypočten v zelené buňce.

Pro mimo sériové měření se data nevyplňují do karty Požadavky, ale pouze do karty Einplanung, vždy podle konkrétních požadavků.

6.5.3 Zpětná kontrola výpočtu

Výpočet byl proveden také zpětně, z důvodu možnosti překontrolování přesnosti výpočtu. Jelikož je znám počet měřených kusů v předešlém období, lze tyto kusy porovnat s plánem ve výpočetní tabulce. Tím se získá přehled o přesnosti výpočtu.

Pro porovnání byly vybrány procesy, které se nejčastěji provádí, nebo které zabírají nejvíce času. Bylo provedeno sledování v období od začátku srpna do konce října. Získané hodnoty uvádí následující tabulka.

SPREN	Skutečnost	Plán	Odchylka	Procentuálně
SPC	4163	4394	231	6%
Uvolnění	745	843	98	13%
Celkem	9581	10454	873	9%
ZÁŘÍ	Skutečnost	Plán	Odchylka	Procentuálně
SPC	5706	5302	404	7%
Uvolnění	909	979	70	8%
Celkem	13255	12815	440	3%

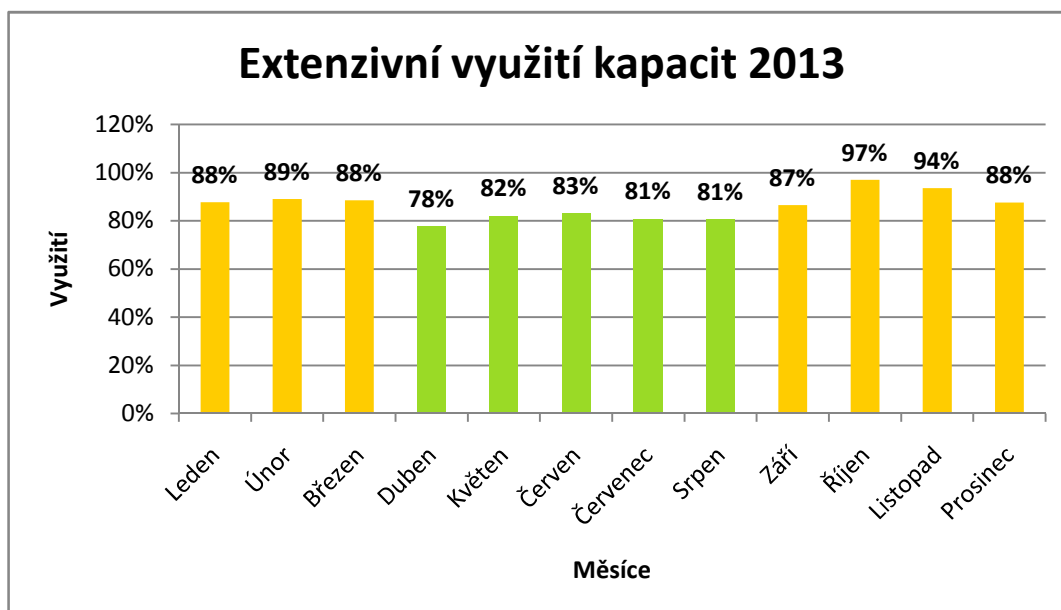
ŘÍJEN	Skutečnost	Plán	Odchylka	Procentuálně
SPC	5867	6104	237	4%
Uvolnění	1112	1074	38	3%
Celkem	14482	14483	1	0%

Tabulka 6-3 Přehled plánovaných a skutečně dodaných ks

Z výše uvedené tabulky lze vyčíst, že systém výpočtu se kontinuálně ladil a neustále více přibližoval k realitě. Z původních hodnot, které byly naměřeny v srpnu, se odchylka pohybovala kolem 13%. Tato odchylka neustále klesala a v současnosti se zastavila na hodnotě přibližně 5%. V tabulce dále můžeme vidět, že celkový počet dodaných kusů v říjnu a jejich plán jsou totožné. Tento fakt je ovšem velmi náhodný, neboť také prognózy o výrobě se každým dnem upravují. V každém případě bylo dosaženo odchylky cca 5%, což je hodnota, která vypovídá o tom, že o výsledky, které budou získány, vypovídají o realitě a nechá se na jejich základě rozhodovat.

6.6 Výpočet využití kapacit současného stavu

Byl tedy proveden výpočet pro jednotlivá období a byly zjištěny tyto hodnoty pro vytížení strojů na měrovém středisku.



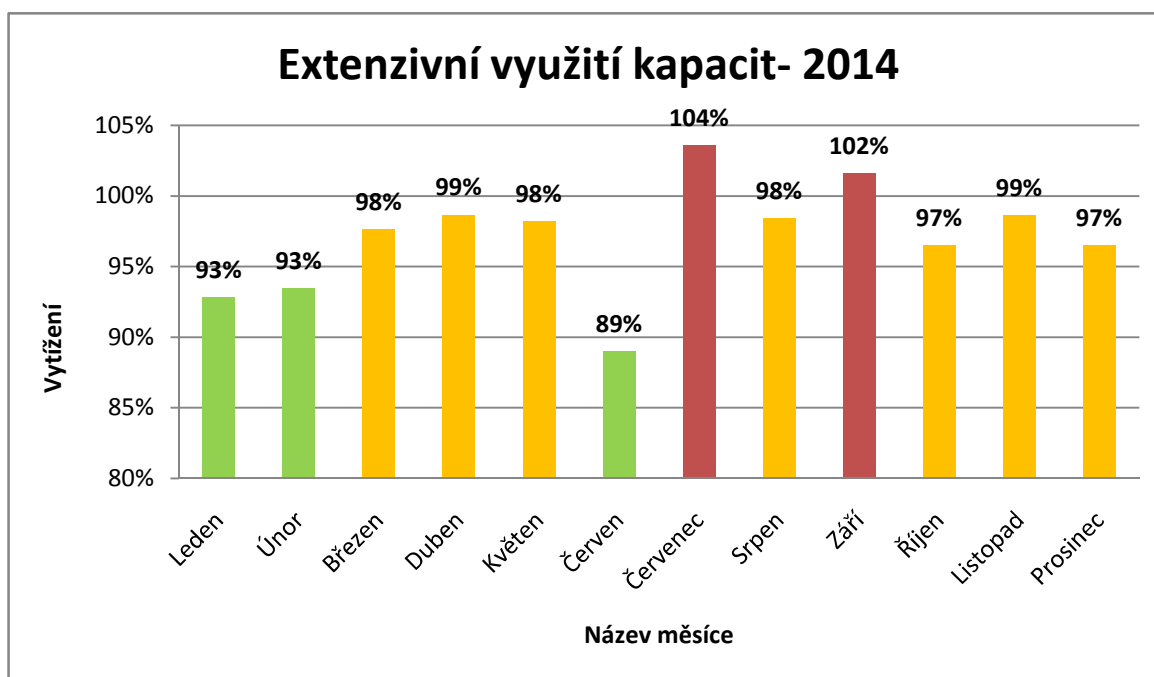
Graf 6-1 Extenzivní využití kapacit v roce 2013

V grafu lze vidět, že vytížení strojů se pohybuje mezi hodnotami 78% až 97%. To je dáno výchylkou ve výrobě v jednotlivých obdobích. Mezi slabší měsíce lze zařadit měsíce duben, květen, červen a srpen, kdy využití strojů kolísá kolem hodnoty 80%. Naopak v říjnu a listopadu je zaznamenán růst produkce a využití strojů se pohybovalo dokonce na hranici kolem 95%.

6.7 Výpočet vytížení strojů v roce 2014

Cílem této práce je především určit vytížení strojů v roce 2014. Jelikož je předpokládán nárůst objemu výroby, bude proveden obdobný výpočet, ve kterém ovšem budou obsažena data pro výrobní plán v roce 2014. Na základě získaných údajů budou vytvořeny návrhy pro případná opatření.

Výpočet provedený v MS Excel je opět přílohou této práce a byly zjištěny hodnoty vyplývající z následujícího grafu.

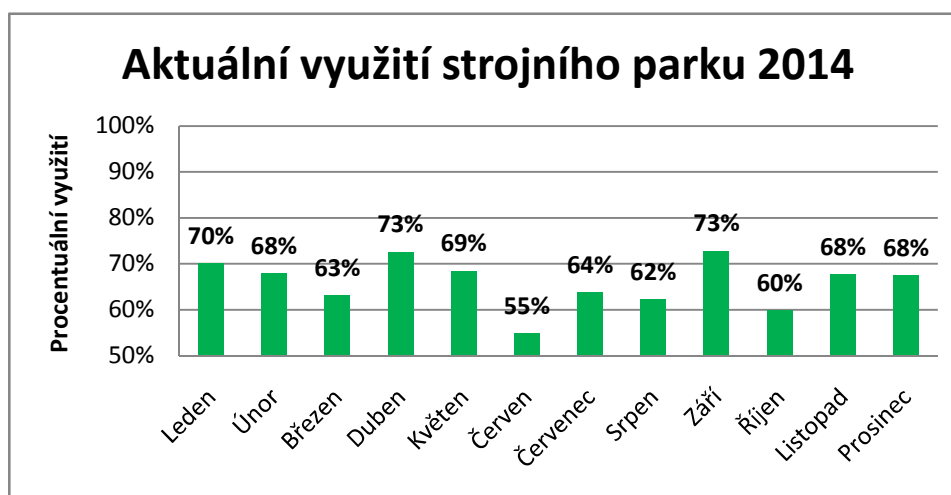


Graf 6-2 Extenzivní využití kapacit 2014

Z grafu vyplývá, že předpokládaný nárůst výroby se logicky promítnul také do vytížení kapacit.

Závěrem této kapitoly lze konstatovat, že při předpokládaném nárůstu objemu produkce a při současném způsobu měření by měrové středisko v některém období nestíhalo měřit zakázky z výroby. Konkrétně se jedná o měsíce červenec a září, ovšem také měsíce, jako je březen, duben, květen, říjen, listopad a prosinec, kde se kapacitní využití pohybuje těsně pod hranicí 100%, nám nezaručí zkontrolování veškerých zakázek, neboť je třeba počítat jednak s odchylkou výpočtu a také se mohou měnit v průběhu roku plány objemu výroby.

Pokud se ovšem podíváme na následující graf, který nám udává aktuální vytížení strojů pro daný objem produkce, vidíme, že čas, kdy stroj opravdu pracuje, zabírá znatelně nižší procento využití strojů.



Graf 6-3 Aktuální využití strojního parku 2014

Cílem této diplomové práce je případně navrhnout řešení, která by vedla k navýšení kapacit měrového střediska tak, aby se v této laboratoři stíhali proměřit veškeré dodané kusy a nedocházelo z důvodu nedostatku kapacit laboratoře k pozastavení výroby, neboť výrobu daného typu tlakového zásobníku lze zahájit až po uvolnění prvních kusů dávky z měrového střediska.

Možností, jak tohoto jevu docílit se nabízí více. Jednou možností je rozšíření strojního parku, druhou potom snaha o vytvoření štíhlého pracoviště. Mezi hlavní cíle štíhlého pracoviště totiž patří právě zvýšení výkonnosti, ale také zlepšení kvality a stability procesu.

[14] Analýzou příčin nedostatku kapacit a návrhy na optimalizaci procesů se bude zabývat následující kapitola.

7 Návrhy na optimalizační řešení

Tato kapitola se zabývá řešením nedostatku kapacit měrového střediska, které byly zjištěny v předchozí části. Nabízí se hned několik možností, jak navýšit objem kusů projitých laboratoří. V praxi se kapacity navyšují buď rozšířením strojního parku, zvýšením počtu směn, zvýšením produktivity, zvyšováním kvalifikace pracovníků, snižováním pracnosti apod.

Jelikož je ve firmě aplikován model 20 směn za týden, varianta, kdy by se navrhl vyšší počet směn, již nepřipadá v úvahu. Autor tedy bude navrhovat 3 varianty, které budou na závěr této práce porovnány, a bude navržena optimální varianta na řešení problému.

V první variantě se autor zaměří na rozšíření výrobního parku, druhá a třetí varianta se bude zabývat snižováním pracnosti u jednotlivých kusů.

Jelikož se jedná o složité, do určité míry náhodné a těžko představitelné procesy, pro jejichž si představení nelze vytvořit žádné empirické vztahy, bude současný stav a navrhované varianty simulovány v softwaru Tecnomatix Plant Simulation.

Modelování určitým způsobem zjednodušuje obraz skutečnosti. Podstatné ovšem je, aby model zahrnoval právě ty druhy informací, které jsou pro nás důležité a potřebné. Jelikož je pro simulační model nutné udělat jeho verifikaci, neboli ověření shody počítačového modelu a reálného systému při shodných vstupních podmínkách, bude provedena rovněž simulace a vyhodnocení současného stavu. Současný stav tedy bude simulován pouze z důvodu ověření podobnosti simulačního modelu s modelovanou realitou. [11]

Úvod této kapitoly tedy bude věnován představení tohoto softwaru, vytvoření simulačního modelu současného stavu a porovnání výsledku simulace s vypočtenými hodnotami.

7.1 Představení softwaru Tecnomatix

V této podkapitole bude představen software, ve kterém budou vytvářeny simulační modely měrového střediska. Nejprve bude tento software představen obecně jako celek, následovat bude popis balíčku Plant Simulation.

7.1.1 Tecnomatix jako celek

Jedná se o produkt firmy Siemens PLM Software. Tato produktová řada zahrnuje softwarové nástroje pro různé oblasti výroby, které jsou vzájemně propojeny. Tecnomatix tak umožňuje podnikům v praxi využívat digitální továrnu, tedy projektovat a plánovat výrobu, ale také optimalizovat procesy v digitálním prostředí.

Pomocí přesného digitálního modelování a prostorové vizualizace mohou pracovníci ve vývoji navrhnout budoucí výrobní procesy. Tento fakt umožňuje, že nejdůležitější rozhodnutí při navrhování procesu jsou schválena včas a také na základě širšího porozumění. To má za následek omezení chyb, které by se mohly objevit později, tedy při náběhu do výroby.

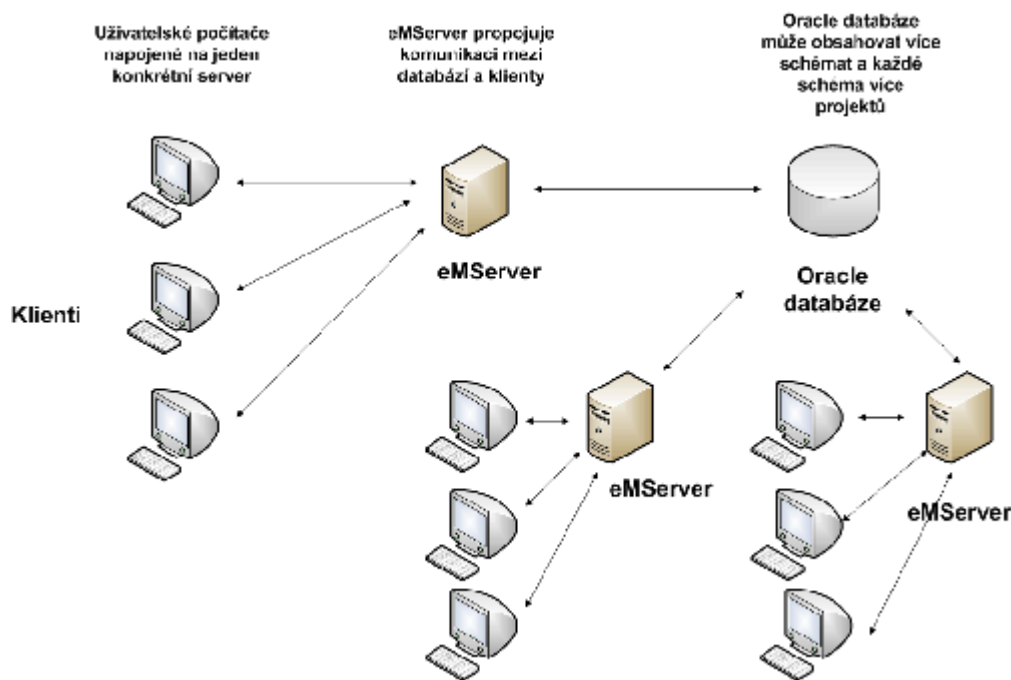
Pomocí digitalizace lze rychleji a pečlivěji připravit procesy, zatímco simulace a optimalizace ve fázi vývoje zajišťuje, že bude vyroben kvalitní produkt na první pokus, aniž bychom museli v reálném světě aplikovat dodatečné, finančně a časově náročné změny.

Do nástrojů v sadě Tecnomatix patří např. Jack, který je zaměřen na simulaci a řování lidských operací. Tím umožňuje zlepšit ergonomii návrhů procesů, ale také višit. Mezi další nástroje se řadí Process Designer, který usnadňuje vývoj a ověřování robních postupů, Process Simulate sloužící k ověřování výrobních postupů navržených

v Process Designeru, Plant Simulation pro namodelování kompletní výroby, Robcad, FactoryCAD a další.

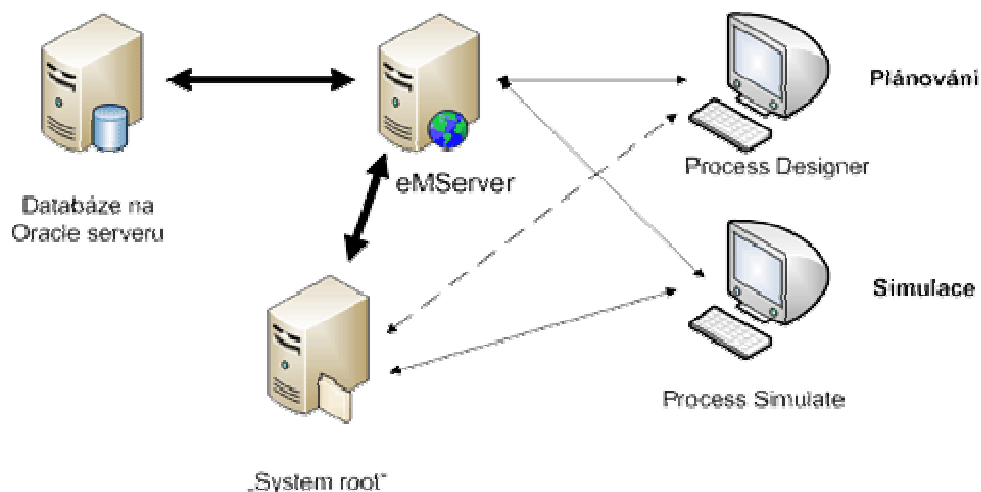
Tyto všechny zmíněné části spolu komunikují přes společnou databázi, ve které jsou uložena data, která jsou sdílená. Existují zde hlavní plánovací komponenty. S jejich pomocí dochází k unifikaci zadávaných dat a umožňují tedy převoditelnost dat do ostatních aplikací.

Nástroj digitální továrny Tecnomatix s sebou přináší mnoho výhod. Zlepšují produktivitu plánování u procesů plánování výroby. Také zvyšují produktivitu výroby a to v mnoha oblastech, včetně optimalizace automatiky a robotiky, manuální konfigurace pracoviště, optimální umístění vybavení a materiálový tok. [12]



Obrázek 7-1 Struktura Tecnomatix [12]

Data jsou uložena na 2 místech a to buď v databázi na Oracle serveru, kde je rezervováno místo pro ukládání EMS dat (to jsou položky ve stromových strukturách Process Designeru), nebo na tzv. System root – sdílený adresář, který obsahuje všechny externí objekty napojené na položky v projektu, např. 3D modely, výkresy, obrázky, dokumenty docx, xlsx, atd. Tento adresář je obvykle umístěn na centrálním serveru, kde je přístupný pro všechny uživatele (Process Designer, Process Simulate, ...) a je sdílen pomocí funkce



Obrázek 7-2 Systém uložení dat [12]

7.1.2 Tecnomatix Plant simulation

Plant Simulation je nástroj pro simulaci diskrétních událostí, který vám pomáhá vytvářet digitální modely logistických systémů (např. výroby), abyste mohli zkoumat charakteristiky systému a optimalizovat jeho výkonnost. Tyto digitální modely vám umožňují provádět pokusy a scénáře „co kdyby“ bez narušení stávajících výrobních systémů nebo, v případě použití v procesu plánování, dlouho před instalací skutečných výrobních systémů. Rozsáhlé analytické nástroje, jako je analýza překážek, statistiky a grafy, vám umožňují vyhodnotit různé výrobní scénáře. Výsledky vám poskytují informace potřebné k činění rychlých a spolehlivých a chytřejších rozhodnutí v raných fázích plánování výroby.

S řešením Plant Simulation můžete modelovat a simulovat výrobní systémy a jejich procesy. Vedle toho můžete optimalizovat tok materiálu, využívat zdroje a logistiku pro všechny úrovně plánování od jednotlivých výrobních linek přes lokální továrny až po globální výrobní závody.

Klíčové funkce a přínosy:

Možnosti

- Objektově orientované modely s hierarchickou strukturou
- Otevřená architektura s rozhraními více standardů
- Správa knihoven a objektů
- Optimalizace pomocí genetických algoritmů
- Automatická analýza výsledků simulace
- Tvůrce sestav HTML

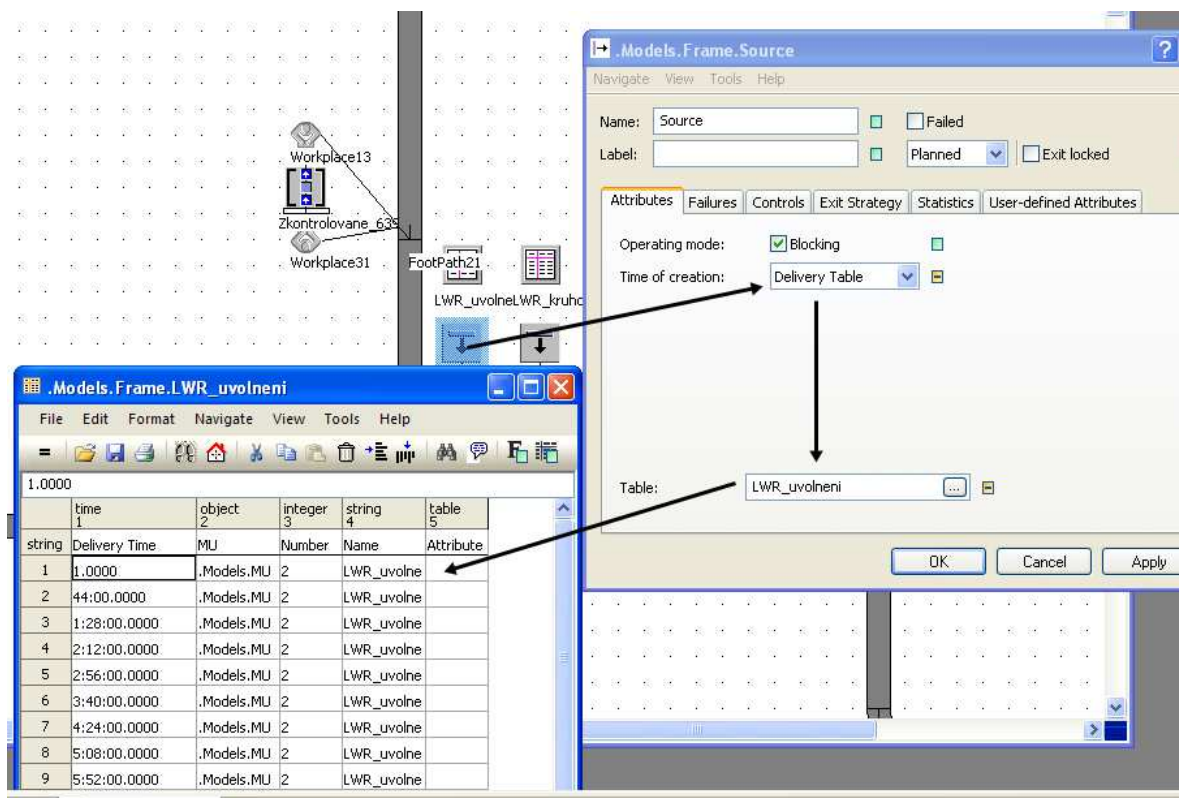
Přínosy

- Až šestiprocentní úspory při počáteční investici
- Zvýšení produktivity stávajícího systému až o 20 procent
- Snížení nákladů na nový systém až o 20 procent [13]

7.2 Tvorba simulačního modelu současného stavu

V této podkapitole bude vytvořen simulační model současného stavu. Aby byla potvrzena správnost výsledků a tím také správnost vytvoření simulačního modelu, budou hodnoty získané simulací porovnány s vypočtenými hodnotami. Výhodou simulačního modelu je dále získání přehledu o době trvání návratu výrobku do výroby, pohybu pracovníků, ale především využití jednotlivých prísém.

Tvorba modelu začíná objektem source. Objekty source se v tomto případě budou nacházet ve vstupní části měrového střediska, kam jsou ve skutečnosti dodávány od operátorů výroby kusy ke kontrole. Ty jsou dány jednotlivými entitami. Pro každý typ měření je vytvořen jeden vstup, ve kterém se budou generovat výrobky v předem zadaných intervalech v tabulce. Simulace se provádí k ranní směně ze dne 10. 1. 2014, proto budou zadána konkrétní data. Abychom zajistili vstupy v daných časech po 2 kusech na ráz, zvolíme v nastavení atributů „source“ v Time of creation možnost Delivery Table. Tabulku poté naplníme konkrétními daty, která známe z pozorování současného stavu. Takto vytvoříme vstupy pro jednotlivé typy měření. Nastavení zdroje přibližuje následující obrázek.

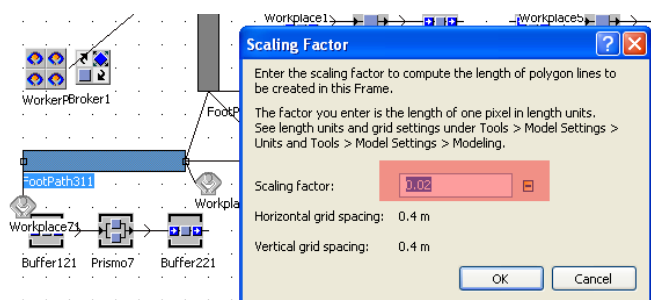


Obrázek 7-3 Nastavení vstupu pomocí Delivery Table

V další fázi je nutné nadefinovat jednotlivá pracoviště. Každé pracoviště se skládá z modulu SingleProcess, který reprezentuje samotný stroj a také vstupem a výstupem, pomocí objektu buffer. Pouze v případě jedné prismsy je nastaven objekt Parallel Process, neboť tento stroj je vybaven speciálním přípravkem a měří se zde na ráz 4 kusy stejného typu tlakového zásobníku. Proto je zde nastavena hodnota 4. Simulační model se bude vždy testovat na dobu 1 směny.

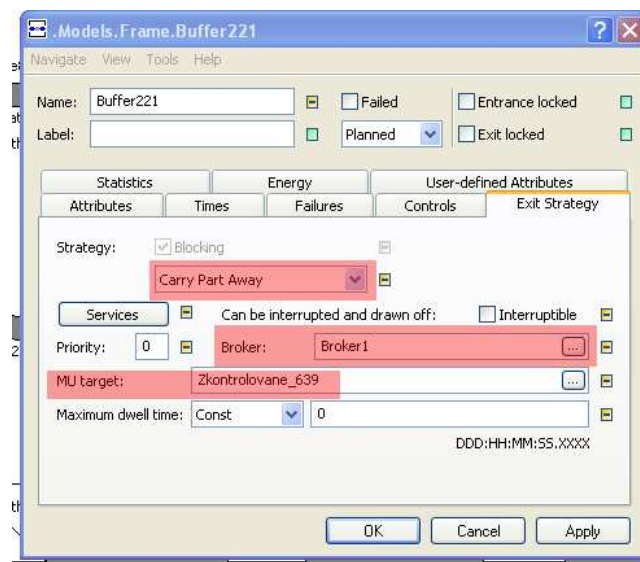
Dále je třeba vytvořit cesty mezi jednotlivými pracovišti a dílnou. Toho je docíleno pomocí objektu Foot Path. Při tvorbě cesty mezi pracovišti je nutné nastavit správné měřítko, aby

bylo dosaženo objektivnosti výsledků. V tomto případě byl použit scaling factor 0,02, jak lze vidět na následujícím obrázku. Toto měřítko značí, že vzdálenost dvou bodů jak v horizontálním, tak vertikálním směru má hodnotu 0,4m. Takto jsou vytvořeny veškeré cesty a také stanoviště pro navrácení produktů do výroby.



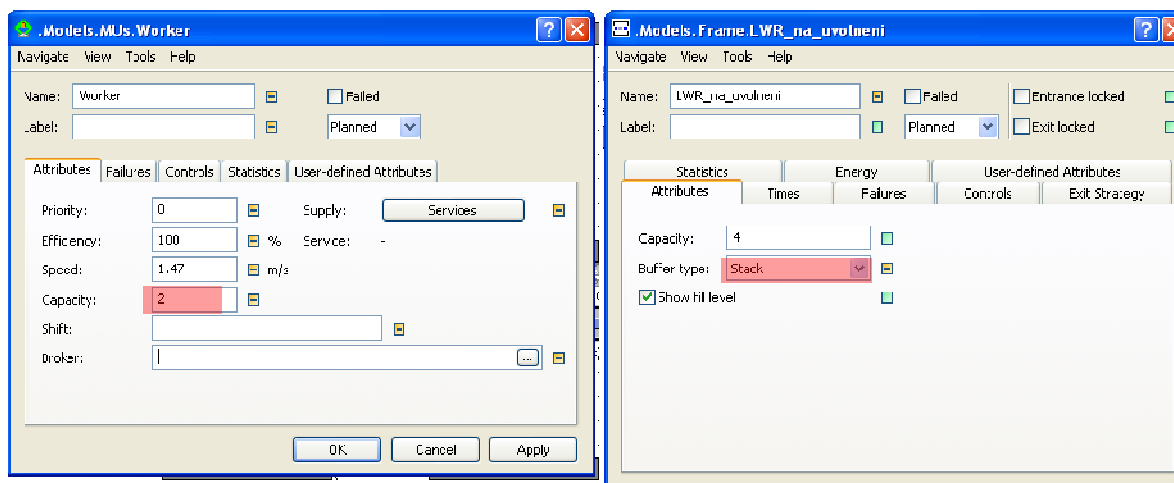
Obrázek 7-4 Nastavení měřítka simulačního modelu

Nyní je třeba vytvořit samotné pracovníky. Pracovníka lze vytvořit pomocí objektu worker. Nejprve je ovšem nutno vložit objekt Broker, neboli mistra pracovníka a objekt workerpool, odkud pracovník vychází. Dále je ke každému stroji, respektive ke vstupu a výstupu potřeba vytvořit objekt workplace, který značí místo, kde bude pracovník vkládat tlakové zásobníky do prisky, případně je z ní odebírat. Workplace musí být propojen s Foot Path pomocí connectoru, neboť toto propojení zajistí, že pracovník může sejít z cesty na workplace. Rovněž worker pool musí být propojen s cestou. Na konkrétní stanici se pak vždy nastaví cílové místo, kam má pracovník výrobek přenést. Toho se docílí v záložce exit strategy, kde jako strategie se zaškrtně možnost carry part away a cílové místo se vyplní do okna MU target. Takto se postupuje u všech stanovišť. Příklad lze opět vidět na následujícím obrázku, kde ze stanoviště má za úkol pracovník mistra „Broker“ donést kus na stanoviště se změřenými kusy svařovaných tlakových zásobníků.



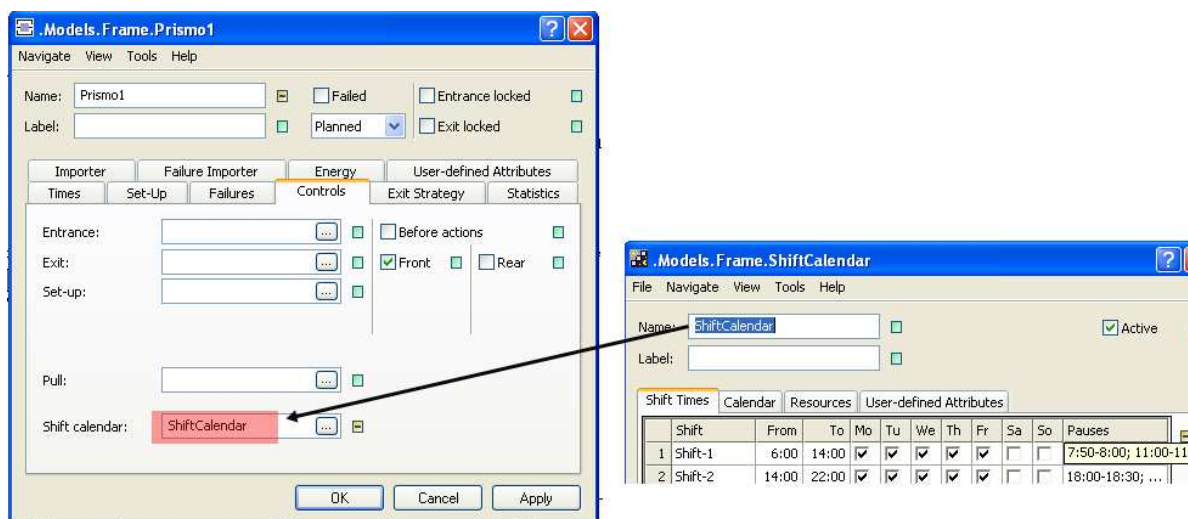
Obrázek 7-5 Nastavení následujícího pracoviště pomocí carry part away

Jelikož do laboratoře chodí blistry se dvěma kusy stejného typu, je třeba nastavit kapacitu operátora právě na 2 ks v objektu worker. Aby bylo dále zajištěno, že pracovník vždy vezme oba 2 kusy, zaškrtně se v objektu buffer možnost stack, česky řečeno zásobník. Tím se zajistí, že pracovník nevezme pouze první kus ze vstupu, ale oba 2 kusy, které přišly jako zakázka od výroby.



Obrázek 7-6 Nastavení kapacity pracovníka a bufferu na typ Stack

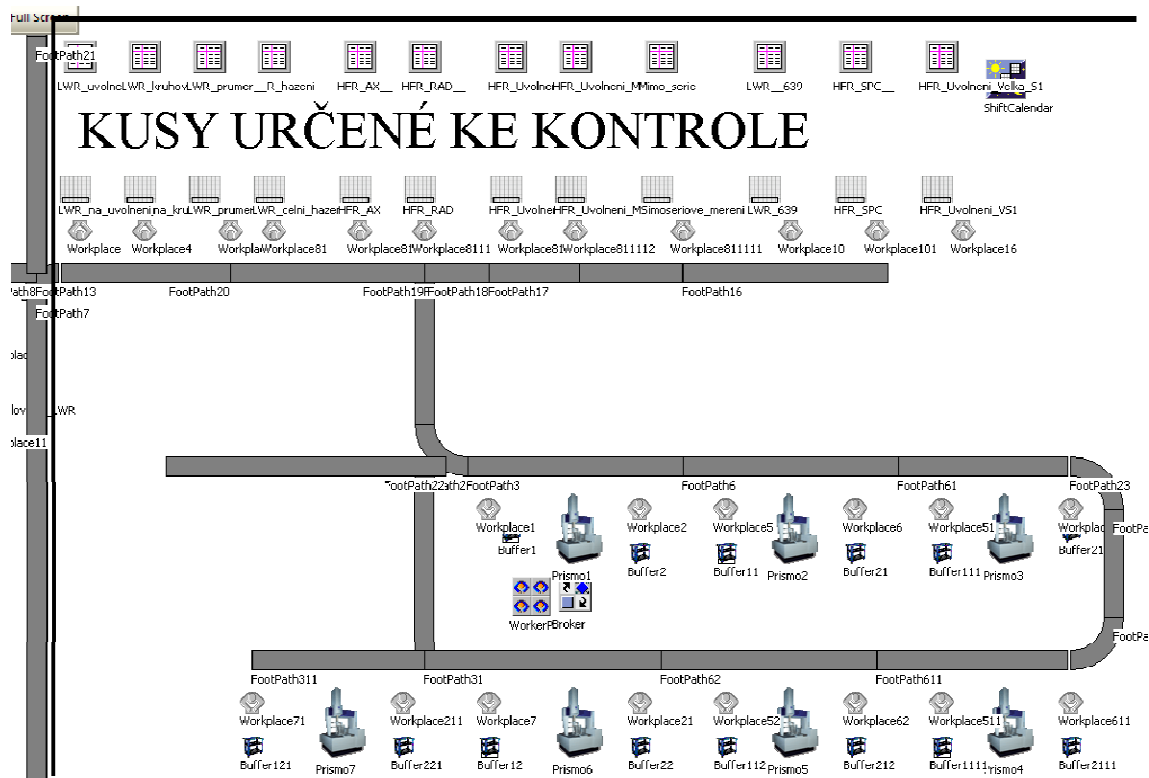
V dalším kroku je potřeba nastavit průběh směny, jinými slovy řečeno, plán přestávek. To lze vytvořit pomocí objektu shift calendar, kde se nadefinují jednotlivé přestávky a směny. U každého stroje se poté přiřadí tento kalendář v záložce controls. V tomto případě se jedná o ranní směnu, kdy přestávky jsou v období od 7:50 do 8:00 hodin a na oběd od 11:00 do 11:20 hodin.



Obrázek 7-7 Nastavení plánu přestávek

Na závěr je potřeba nastavit časy jednotlivých procesů, v tomto případě časy měření. Jelikož měření každého typu je méně, či více rozdílné, využil autor možnosti triangulárního řešení, kde se z množiny časů vybere čas minimální, maximální a nejčastěji vyskytovaný, tedy průměrný čas.

Tímto je navrhnout simulační model současného stavu. Layout celé výrobní dílny je k nahlédnutí v příloze této diplomové práce, samotný layout měrového střediska lze vidět na níže uvedeném obrázku.



Obrázek 7-8 Ukázka simulačního modelu měrového střediska

Nyní bude provedena simulace a vyhodnocení využití měřících přístrojů v laboratoři.

Jelikož Plant Simulation počítá hodnoty, kdy stroj pracoval a nezohledňuje manipulační časy, budou také z výpočtu v MS Excell tyto časy odečteny, aby byly získány výsledky za shodných podmínek. Dne 10. 1. 2014 byla provedena měření tlakových zásobníků.

TYP MĚŘENÍ	KS
LWR Průměr 4,2 H8	34
LWR SPC - kruhovistost kužele	63
LWR Čelní házení ax. těs. ploch	33
LWR Uvolnění	20
HFR Axial_MS	10
HFR Axial_VS	10
HFR SPC	12
HFR Radial	14
Výměna nástroje	0
HFR Uvolnění	44
Speciální proměřování LWR 639	128
Měření MFU LWR	3
Měření MFU HFR	3
Nájezd nových typů	0
Vzorky z montáže	1
DRV	2

Tabulka 7-1 Počet změřených kusů ve sledovaném období

Pro tento počet kusů na jednu směnu je vypočteno vytížení priseum za sledované období. V následujícím kroku jsou odečteny časy ne jednotlivé manipulace, čímž vzniknou hodnoty aktuálního využití strojních kapacit, po které stroj opravdu pracuje. Tedy hodnoty, které by měly být podobné výsledku průběhu simulace. Ruční výpočet uvádí opět tabulka.

Datum	Efektivní časový fond - Efs [s]	Zákl. čas práce - Tz [s]	Efektivní využití - km [%]	Celkový čas měření - Tm [s]	Aktuální využití - ks [%]
10.1.2014	184800	182900	99%	126200	68%

Tabulka 7-2 Extenzivní a aktuální využití kapacit ve sledovaném období

Z tabulky 7-2 vyplývá, že skutečné využití priseum se nachází na hodnotě 99%, ovšem čas, kdy stroj opravdu pracuje, se nachází na hodnotě pouze 68%. Z tohoto výpočtu je tedy zřejmé, že 31% směny, tedy přibližně 2 hodiny a 16 minut je za tuto směnu ztrátový čas, kdy má každé prismo prostoje. Tímto problémem se bude autor zabývat v další fázi této diplomové práce, kdy bude varianta zaměřena právě na redukci tohoto ztrátového času. Dále byl za shodného počtu kusů spuštěn simulační model a byly porovnány získané hodnoty z výpočtu a simulace.

Simulací byly získány následující údaje. Z níže uvedených výsledků lze snadno vyčíst, že veškeré požadavky byly překontrolovány a průměrné využití kapacit se pohybovalo na hranici 70%. Z výsledků lze tedy konstatovat, že simulační model se od výpočtového liší o 2% a model tedy odpovídá realitě. Plant Simulation dále zaznamenává průměrnou dobu trvání od dodání kusů na měrové středisko až po čas navrácení zpět do výroby. Lze vyčíst, že především u kovaných zásobníků se tento interval pohybuje kolem 50 minut, ačkoli doba samotného měření trvá přibližně 15 minut. To je způsobeno velkými prostoji, kdy operátor odnáší kusy zpět k výrobním strojům a ostatní kusy čekají na své měření. Rovněž tímto problémem se bude autor zabývat později.

Simulation time: 8:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts

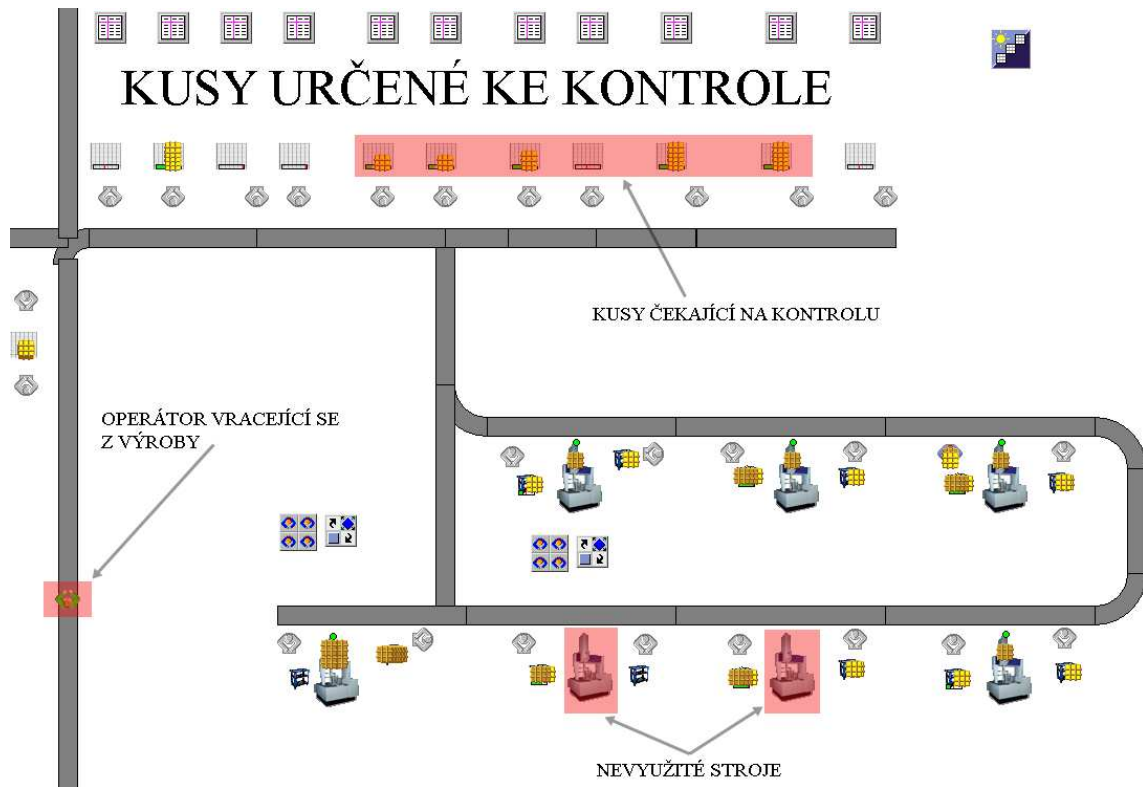
Object	Name	Mean Life Time	Throughput
Zkontrolowane_kusy	DRV	6:46.2960	2
Zkontrolowane_kusy	HFR_Uvolneni_MS	24:27.5809	22
Zkontrolowane_kusy	LWR_hazeni	42:02.1516	30
Zkontrolowane_kusy	LWR_kruhovitost	8:29.2179	63
Zkontrolowane_kusy	LWR_prumer	45:42.2708	34
Zkontrolowane_kusy	LWR_uvolneni	22:55.2157	20
Zkontrolowane_kusy	MFU_HFR	10:21.1994	3
Zkontrolowane_kusy	MFU_LWR	8:17.4322	3
Zkontrolowane_kusy	Vzorky_montaz	4:34.8531	1
HFR_Uvolnene	HFR_Uvolneni_VS	25:40.1109	22
ZkontrolowaneHFR_RadialAXSPC	HFR_AX	50:23.0680	20
ZkontrolowaneHFR_RadialAXSPC	HFR_Radial	48:09.1279	14
ZkontrolowaneHFR_RadialAXSPC	HFR_SPC	51:06.0920	12
Zkontrolowane_639	LWR_639	8:46.3457	128

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Object	Number of Entries	Number of Exits
Prismo1	56.72%	0.00%	37.03%	0.00%	Prismo1	20	20
Prismo2	56.26%	0.00%	37.49%	0.00%	Prismo2	72	72
Prismo3	89.94%	0.00%	3.81%	0.00%	Prismo3	64	64
Prismo6	70.03%	0.00%	23.72%	0.00%	Prismo6	22	22
Prismo5	87.51%	0.00%	6.24%	0.00%	Prismo5	46	46
Prismo4	67.43%	0.00%	26.32%	0.00%	Prismo4	22	22
Prismo7	64.44%	0.00%	29.31%	0.00%	Prismo7	128	128

Tabulka 7-3 Výsledky simulace současného stavu

Aby byl získán přehled o stavu, kdy kapacity nedostačují, byla do současného modelu zadána data, která odpovídají požadavkům v měsíci dubnu, neboť tento měsíc se při předchozím výpočtu ukázal jako jeden z kritických.

Simulace ukázala níže uvedené výsledky. Na měrové středisko bylo odesláno o 15 kusů více, než v simulaci prováděné ke dni 10. 1. 2014 a využití strojů vzrostlo na hodnotu 73%. Ačkoli skutečné kapacity stále s rezervou vyhovují požadavkům, nebylo v době jedné směny vyhověno všem požadavkům na měření. Prodloužili se intervaly navrácení tlakových zásobníků, neboť vznikala fronta požadavků na kontrolu. Jako úzké místo se ukázalo především měření kovaných tlakových zásobníků, neboť obsluha nestíhala vracet zkontrolované kusy do výroby a zároveň obsluhovat své tři měřicí stroje, jak ukazuje snímek, který byl zachycen v průběhu směny. Lze zde vidět operátora vracejícího se z výroby a zároveň 2 Prismo, které nemají využití, ačkoli požadavky ke kontrole se na



Obrázek 7-9 Snímek z průběhu směny při současném stavu

Kusy se tak nacházeli na měrovém středisku, aniž by s nimi obsluha operovala. Zejména požadavky na kontrolu SPC a produkčního měření na axiální a radiální plochy navýšily interval návratu do výroby přibližně o 5 minut na každý kus, jak ukazují výsledky simulace uvedené níže. Tento problém se tedy nabízí jako podnět k řešení nedostatku kapacit v následujícím postupu této práce, neboť také tento čas je důležité co nejvíce zkrátit. Důvodem je, aby byla v případě zjištění vadného výrobku byla zastavena výrobní dávka co nejdříve.

Simulation time: 8:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts

Object	Name	Mean Life Time	Throughput
HFR_Uvolnene	HFR_Uvolneni_VS	37:40.3340	21
HFR_RadialAX	HFR_AX	56:25.1893	18
HFR_RadialAX	HFR_Radial	51:18.6687	13
HFR_RadialAX	HFR_SPC	56:40.3418	12
LWR_navrat_do_vyroby	DRV	39:39.8891	2
LWR_navrat_do_vyroby	HFR_Uvolneni_MS	38:11.0650	21
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_hazeni	56:27.2421	30
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_kruhovitost	34:35.9441	63
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_prumer	55:53.2763	34
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_uvolneni	47:07.4838	20
LWR_navrat_do_vyroby	MFU_HFR	18:56.9454	3
LWR_navrat_do_vyroby	MFU_LWR	25:02.1462	4
LWR_navrat_do_vyroby	Nove_typy	45:40.4827	3
LWR_navrat_do_vyroby	Vymena_nastroje	49:03.7729	3
LWR_navrat_do_vyroby	Vzorky_montaz	1:11:52.0937	1
LWR_639_navrat_do_vyroby	LWR_639	28:09.1472	104

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Object	Number of Entries	Number of Exits
Prismo1	56.72%	0.00%	37.03%	0.00%	Prismo1	20	20
Prismo2	62.28%	0.00%	31.47%	0.00%	Prismo2	80	79
Prismo3	89.94%	0.00%	3.81%	0.00%	Prismo3	64	64
Prismo6	75.41%	0.00%	18.34%	0.00%	Prismo6	24	23
Prismo5	90.75%	0.00%	3.00%	0.00%	Prismo5	48	47
Prismo4	74.15%	0.00%	19.60%	0.00%	Prismo4	25	24
Prismo7	51.11%	0.00%	42.64%	0.00%	Prismo7	128	128

Tabulka 7-4 Výsledky simulace současného stavu pro měsíc duben

Na základě získaných údajů budou v další fázi této diplomové práce navrženy 3 varianty, jejichž cílem bude zajistit vyhovění požadavkům výroby a zkrácení intervalu mezi dodávkou vybraných kusů ke kontrole a jejich návratem zpět do výroby. První varianta se bude zabývat rozšířením strojního parku, čímž budou navýšeny současné kapacity, druhá a třetí varianta se budou zabývat optimalizací současného stavu a tím navýšení disponibilních kapacit.

7.3 Varianta A – Rozšíření kapacit pořízením nového přístroje

Jedním ze způsobů, jak lze dosáhnout navýšení současných kapacit je rozšíření strojního parku. Touto možností se zabývá tato varianta.

7.3.1 Popis varianty

V této variantě je navrhováno rozšíření současného strojního parku o další tři souřadnicové měřicí centrum od výrobce Carl Zeiss. Jelikož předchozí simulace ukázala, že úzkým

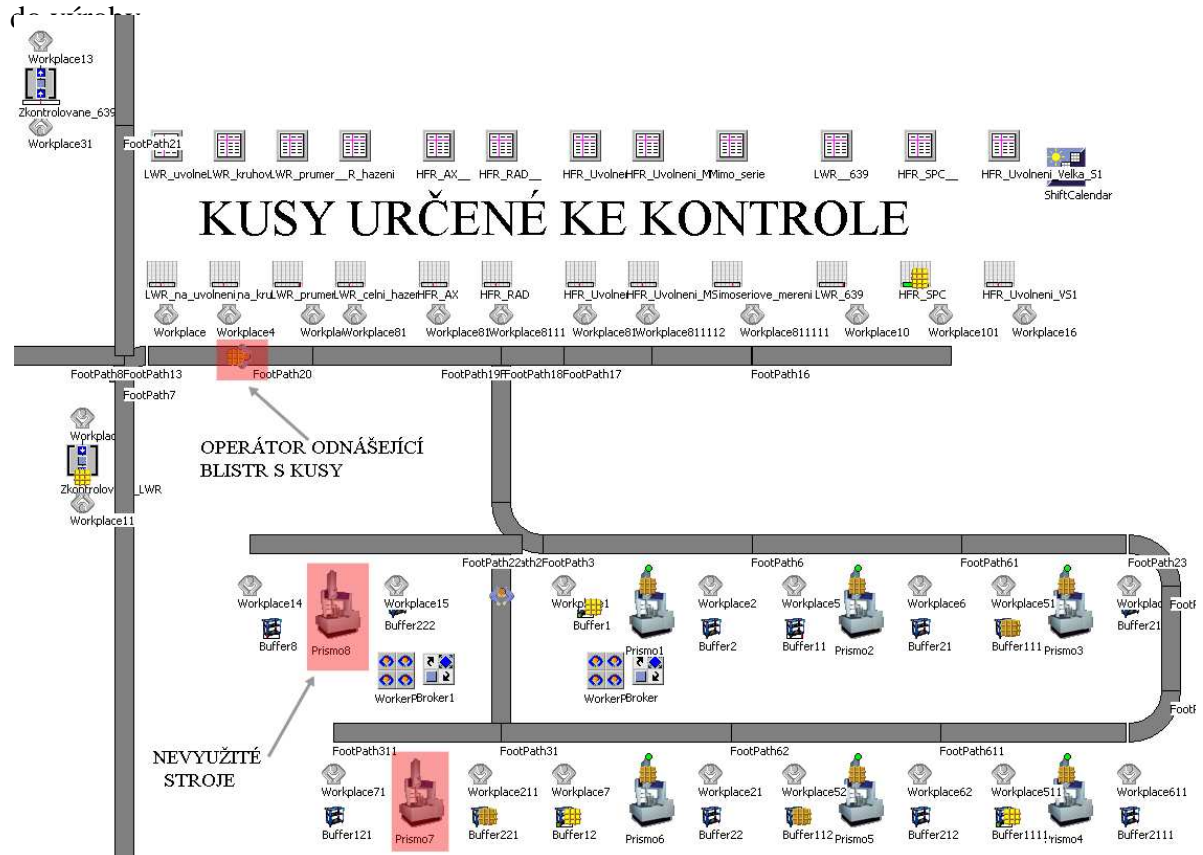
místem se stává především kontrola tlakových zásobníků HFR, zejména programy pro měření SPC, axiální a radiální plochy. Proto bude tento přístroj sloužit především pro kontrolu tohoto měření. Dále je také z předchozího řešení patrné, že nárůst objemu výroby HFR si vyžádal logicky navýšení vybraných kusů na program uvolnění. Rovněž část těchto zakázek se bude kontrolovat na nově vzniklém pracovišti.

Ačkoli prostor v měřicí laboratoři je velmi omezený, stále by se zde našel prostor pro pořízení osmého přístroje. Toto měřicí centrum by bylo případně situováno v blízkosti vstupní části měrového střediska, mezi zařízení Prismo 1 a Prismo 8.

7.3.2 Výsledky navrhované varianty

Po vhodné úpravě simulačního modelu byla provedena simulace, která zahrnuje shodný počet zakázek na měření, jako verze v předchozí podkapitole. Konkrétní data jsou uvedena v níže uvedené tabulce. Lze říci, že toto opatření s sebou nepřineslo žádné dramatické zlepšení.

Jednak bylo zjištěno velmi nízké využití nového zařízení, které se pohybuje kolem 40%, ale také nedošlo k podstatnému zkrácení času navrácení tlakového zásobníku do výroby. Z průběhu simulace vyplývá, že tento jev nastává z důvodu více strojové obsluhy, kdy operátor zodpovědný za kontrolu kovaných tlakových zásobníků, vzhledem k dlouhým dopravním časům těchto produktů, nestíhá obsluhovat 4 stroje. Předchozí větu opět potvrzuje snímek ze simulace, kdy lze vidět, že ačkoli na vstupu měrového střediska jsou zakázky ke zkontrolování HFR na SPC, Prismo 7 a Prismo 8 jsou momentálně nevyužité.



Obrázek 7-10 Snímek ze simulace varianty A

Tato simulace tedy ukázala, že problém se neskrývá v nedostatku strojního parku, ovšem ve ztrátách způsobenou nadbytečnou manipulací. Tedy v rozdílu mezi efektivním a aktuálním využitím kapacit.

Simulation time: 8:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted

Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
HFR_Uvolnene	HFR_Uvolnene	57:40.1728	5	1	25.55%	1.75%	72.71%	25.55%	
HFR_Uvolnene	HFR_Uvolneni_VS	39:50.7588	22	3	42.56%	2.63%	54.80%	39.14%	
HFR_RadialAX	HFR_AX	58:06.4714	20	3	17.76%	9.62%	72.61%	16.04%	
HFR_RadialAX	HFR_Radial	54:08.0745	15	2	17.84%	12.29%	69.87%	16.61%	
HFR_RadialAX	HFR_SPC	56:51.4527	12	2	15.88%	8.41%	75.72%	15.88%	
LWR_navrat_do_vyroby	DRV	39:31.1260	2	0	9.72%	6.48%	83.80%	9.72%	
LWR_navrat_do_vyroby	HFR_Uvolneni_MS	38:56.6886	23	3	41.26%	2.91%	55.82%	37.92%	
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_hazeni	56:27.0124	30	4	12.03%	16.37%	71.61%	12.03%	
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_kruhovitost	34:39.5095	63	8	14.84%	3.34%	81.82%	10.77%	
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_prumer	55:57.8670	34	4	13.56%	9.49%	76.95%	11.99%	
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_uvolneni	47:12.8099	20	3	32.01%	2.25%	65.74%	28.83%	
LWR_navrat_do_vyroby	MFU_HFR	19:06.4031	3	0	19.70%	5.75%	74.55%	19.70%	
LWR_navrat_do_vyroby	MFU_LWR	25:12.1469	4	1	16.03%	4.36%	79.61%	16.03%	
LWR_navrat_do_vyroby	Nove_typy	45:53.8160	3	0	7.92%	18.31%	73.77%	7.92%	
LWR_navrat_do_vyroby	Vymena_nastroje	49:28.0452	3	0	16.27%	18.82%	64.91%	7.55%	
LWR_navrat_do_vyroby	Vzorky_montaz	1:12:00.3612	1	0	5.28%	1.53%	93.20%	5.28%	
LWR_639_navrat_do_vyroby	LWR_639	27:58.4854	114	14	28.91%	3.51%	67.58%	27.41%	

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
Prismo1	56.72%	0.00%	37.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%	
Prismo2	62.28%	0.00%	31.47%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%	
Prismo3	89.94%	0.00%	3.81%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%	
Prismo6	43.52%	0.00%	50.23%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%	
Prismo5	90.75%	0.00%	3.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%	
Prismo4	74.17%	0.00%	19.58%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%	
Prismo7	52.71%	0.00%	41.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%	
Prismo8	46.04%	0.00%	47.71%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%	

Tabulka 7-5 Výsledky simulace varianty A

Pro potvrzení výše uvedeného textu slouží následující tabulka, která ukazuje rozdíl v průměrných časech navrácení kusů do výroby původního stavu a stavu nového, tedy s osmi přístroji. Lze vidět, že u jednotlivých typů měření se časy měnily pouze v řádu několika sekund a průměrná doba navrácení kusů do výroby se pohybuje kolem 36 minut.

<i>Typ měření</i>	<i>Průměrný čas navrácení do výroby</i>		<i>Rozdíl</i>	<i>kusy</i>
	<i>Původní stav</i>	<i>Varianta A</i>		
HFR Uvolnění VS	0:37:40	0:39:50	0:02:10	22
HFR Uvolnění MS	0:38:11	0:38:56	0:00:45	25
HFR Axiál	0:56:25	0:58:06	0:01:41	21
HFR Radiál	0:51:18	0:56:14	0:04:56	15
HFR SPC	0:56:40	0:56:51	0:00:11	12
DRV	0:39:39	0:39:31	0:00:08	2
LWR házení	0:56:27	0:51:01	0:05:26	30
LWR kruhovitost	0:34:35	0:34:39	0:00:04	63
LWR průměr	0:55:53	0:55:57	0:00:04	34
LWR uvolnění	0:47:07	0:47:12	0:00:05	20
MFU HFR	0:18:56	0:19:06	0:00:10	3
MFU LWR	0:25:02	0:25:12	0:00:10	4
Nové typy	0:45:40	0:45:53	0:00:13	3
Výměna nástroje	0:49:03	0:49:28	0:00:25	4
LWR 639	0:28:09	0:27:58	0:00:11	132

Tabulka 7-6 Porovnání původního stavu s variantou A

7.3.3 Ekonomické vyhodnocení varianty A

Tato podkapitola se zabývá výpočtem nákladů na výše popsanou variantu.

Do těchto výdajů je nutno započítat zaplacení projektového manažera, který musí jednak navrhnout rozmístění strojů na středisku a získat další potřebné podklady.

Další vstupní položkou nákladů, která je nejvyšší, jsou samozřejmě výlohy na pořízení nového zařízení a také režie na instalaci stroje. Sem patří především dovoz, montáž, základy, přívod elektřiny apod.

Pro závěrečné zhodnocení je nutné určit mimo vstupních nákladů, také náklady provozní. Tyto výdaje představují vše, co bezprostředně souvisí s provozem stroje. Patří sem náklady na místo, spotřebované teplo, provozní úklid, apod. Veškeré hodnoty uvádí následující tabulka.

Vstupní náklady	Kč
Mzdové náklady na projektového manažera	25 000,00 Kč
Cena stroje	4 800 000,00 Kč
Náklady na dopravu	37 150,00 Kč
Náklady na ustavení stroje	110 000,00 Kč
Celkem náklady na pořízení	4 972 150,00 Kč
Provozní náklady	Kč
Provozní hodinové náklady	180 Kč/hod
Provozní měsíční náklady	110 700,00 Kč

Tabulka 7-7 Vstupní a provozní náklady varianty A

Z výše uvedených údajů vyplývá, že tato varianta má velice vysoké vstupní náklady, které neodpovídají dosaženému výsledku. Kompletní vyhodnocení všech variant a výběr té nejvíce vhodné bude proveden na závěr této diplomové práce. Už teď lze ovšem konstatovat, že toto řešení nemá téměř žádné naděje na realizaci.

7.4 Varianta B – Snížení manipulačního času využitím metody milk run

V předchozí variantě této diplomové práce bylo zjištěno, že nedostatek kapacit, je způsoben především velkými ztrátami při manipulaci s kusy. Proto si tato varianta klade za cíl ušetřit co nejvíce manipulačního času obsluze měřících strojů.

7.4.1 Analýza varianty B

V předchozí části byly pro výpočet vytížení měrového střediska zahrnuty veškeré kalibrace strojů, opravy, prostoje při manipulaci s kusy apod. Jednalo se tak o efektivní využití stroje. Abychom tedy získali aktuální vytížení jednotlivých přisem, tedy čas, kdy stroj opravdu měří, byl proveden následující výpočet.

Z celkového času byly odečteny hodnoty pro manipulaci s kusy, čímž vznikne skutečný pracovní čas stroje. Výpočet byl proveden podle následujících vztahů.

$$E_{fs} = P_s * H * N_s * k * -T_{po}$$

Kde: E_{fs} ... Efektivní časový fond strojů
 P_s ... počet směn v konkrétním měsíci
 H ... délka jedné směny [s]
 N_s ... počet strojů
 k ... koeficient využití časového fondu směny [0,92]
 T_{po} ... čas plánovaných oprav [s]

$$T_Z = \sum_{i=1}^Y Y_i * T_{Mi} + Y_i * T_{ZMi}$$

Kde: T_z ... základní čas práce [s]
 Y ... počet měřených kusů za dané období [ks]
 T_{Mi} ... čas měření i - tého kusu [s]
 T_{ZM} ... ztrátový čas při manipulaci [s]

$$k_M = (T_Z/E_{fs}) * 100 [\%]$$

Kde: k_M ... koeficient vytížení měrového střediska

$$T_M = \sum_{i=1}^Y T_{Mi}$$

Kde: T_M ... celkový čas měření

$$k_s = T_M/E_{fs}$$

Kde: k_s ... koeficient vytížení strojů

$$Q_R = E_{FS} - T_Z(M)$$

Kde: Q_R ... kapacitní rezerva

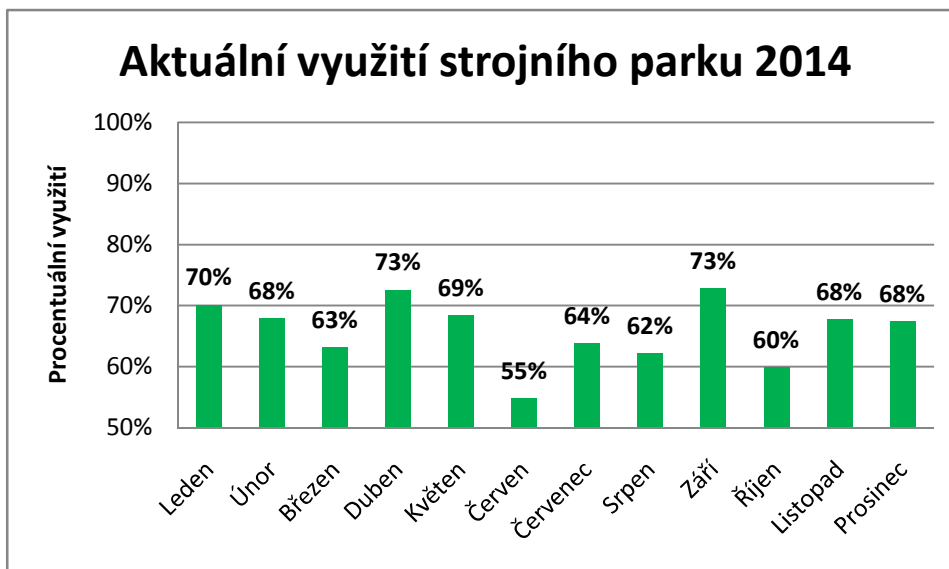
Podle výše uvedených vztahů bylo vypočteno skutečné využití strojů a také kapacitní rezervy, případně kapacitní nedostatky. Výpočet uvádí následující tabulka, kdy v prvním sloupci lze vidět měsíc, pro který se výpočet provádí, následovaný počtem směn v daném měsíci. Třetí sloupec uvádí plán oprav v daném měsíci pro všech 7 prsem, dále suma všech činností v konkrétním měsíci a využití strojů. Obdobně jsou vypočteny následující hodnoty, ve kterých se ovšem jedná o aktuální hodnoty a proto zde nejsou započítány časy potřebné pro manipulaci.

Měsíc	Počet směrn - Ps	Čas plánovaných oprav - Tpo [hod]	Efektivní časový fond - Efs [hod]	Zákl. čas práce - Tz [hod]	Efektivní využití - km [%]	Skutečná kapacitní rezerva - Qr [hod]	Celkový čas měření - Tm [hod]	Aktuální využití - ks [%]	Teoretická kapacitní rezerva - Qrteor [hod]
Leden	88	52,50	4155,93	3791,97	91%	363,96	2914,93	70%	1241,00
Únor	79	42,00	3730,90	3425,57	92%	305,32	2535,23	68%	1195,67
Březen	84	140,50	3967,00	3723,55	94%	243,45	2507,60	63%	1459,41
Duben	83	118,50	3919,78	4071,22	104%	-151,44	2846,22	73%	1073,56
Květen	86	108,00	4061,46	3926,45	97%	135,01	2782,12	69%	1279,34
Červen	86	140,50	4061,45	3422,65	84%	638,80	2226,45	55%	1835,01
Červenec	74	130,00	3494,74	3420,78	98%	73,96	2229,53	64%	1265,21
Srpen	78	52,50	3683,67	3437,13	93%	246,54	2290,96	62%	1392,71
Září	84	96,50	3967,01	4038,78	102%	-71,76	2890,78	73%	1076,24
Říjen	86	328,00	4061,40	3532,02	87%	529,39	2435,10	60%	1626,30
Listopad	82	63,00	3872,57	3763,47	97%	109,10	2622,22	68%	1250,35
Prosinec	80	52,50	3778,12	3658,44	97%	119,67	2550,44	68%	1227,67

Tabulka 7-8 Výpočet skutečného a teoretického vytížení měrového střediska

Jak uvádí tabulka, výpočet, ve kterém počítáme také jednotlivé časy, potřebné na manipulaci s výrobky odpovídá grafu č. 4. Pokud je ovšem počítáno pouze s časy, po které stroje opravdu pracují, z tabulky 7 lze snadno vyčíst, že aktuální využití strojů Zeiss Prismo je v závislosti na objemu produkci a typu měřených kusů nižší, než skutečné využití střediska. Skutečné vytížení strojního parku v jednotlivých měsících ukazuje následující graf.

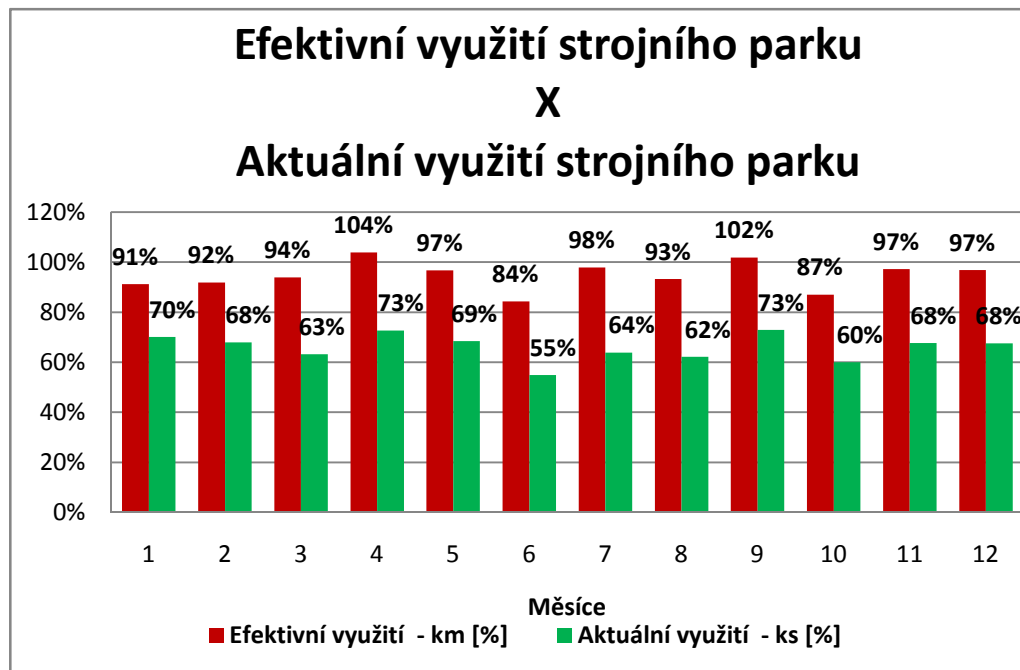
Z grafu 6 lze vidět, že se v kritických měsících, jako je září, červenec a duben nestíhají měřit veškeré požadavky. Ovšem aktuální využití strojů, tedy čas, kdy stroj proměřuje jednotlivé tlakové zásobníky, se pohybuje na hodnotách kolem 70%. Z toho tedy vyplývá, že zbývající časy jsou časy ztrátové, při kterých stroj nečinně stojí.



Graf 7-1 Teoretické využití strojního parku 2014

Tyto prostoje jsou způsobeny především nevhodnou manipulací s kusy, kdy především u tlakových zásobníků typu HFR je operátor z laboratoře zodpovědný za zpětnou dodávku proměřených kusů zpět do výroby. Jelikož čas navrácení do výroby musí být co nejkratší, aby mohla výroba dále pokračovat, dopravuje operátor vždy uvolněný typ zpět do výroby. Jinými slovy řečeno, do blistru vloží 2 zkontrolované kusy jednoho typu a pomocí ručního vozíku je dopraví zpět k výrobním linkám. Tato operace zabírá mnoho času, a jelikož se jedná o více strojní obsluhu, je velmi pravděpodobné, že se operátor nestíhá v čas vracet ke všem prismatickým a dochází tak k prostojím.

Manipulační čas samozřejmě nelze zcela eliminovat, lze ho ovšem podstatně zkrátit. Pokud se podíváme na následující graf, vidíme využití kapacit včetně plánovaných časů na manipulaci a využití kapacit, kdy stroj opravdu pouze vykonává svou činnost. Vidíme, že nevhodnou manipulací se ztrácí v závislosti na objemu produkce 20% až 30% kapacit.



Graf 7-2 Efektivní využití kapacit a aktuální využití kapacit 2014

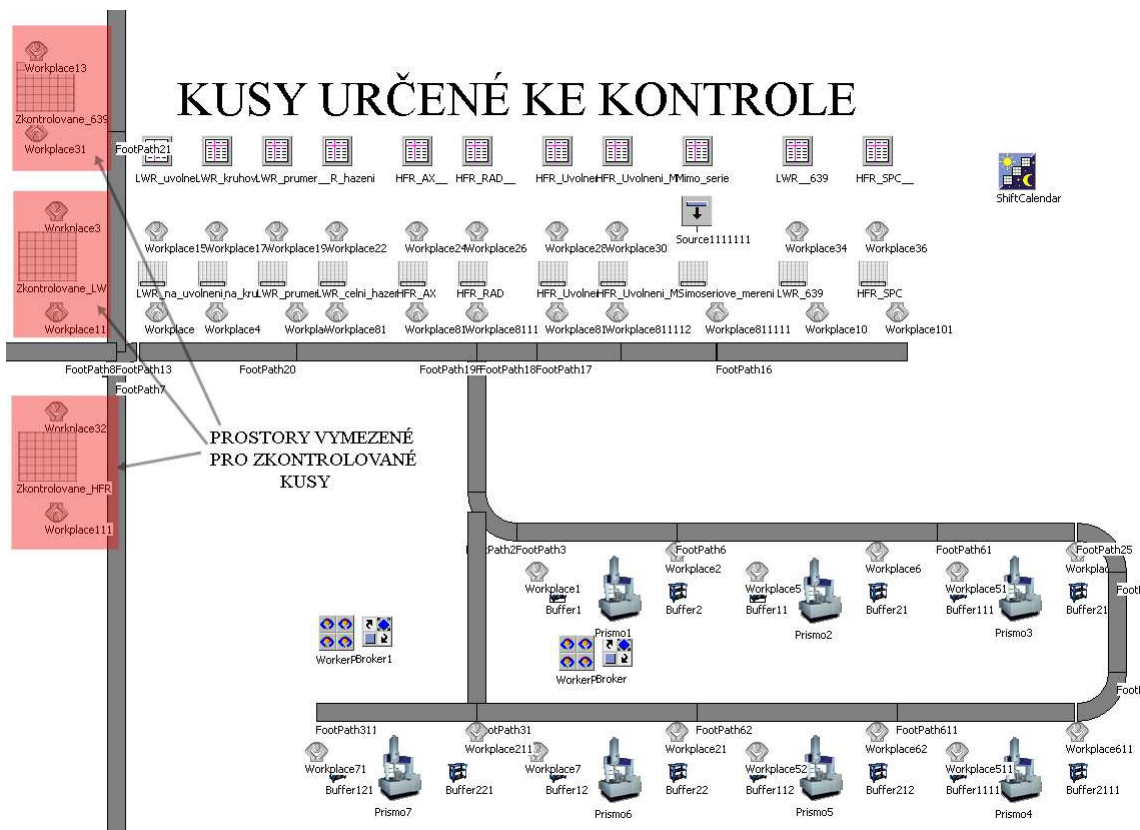
Cesta, jak zajistit snížení času potřebného na manipulaci se nabízí v zavedení systému, který je obdobný metodě milkrun.

Metoda milk run znamená rozvoz materiálu, kdy jsou přesně určeny harmonogramy dodávek a logistická trasa. Myšlenka této metody je převzata z dřívějších dob, kdy mlékárenská auta měla za úkol svážet mléko od jednotlivých farmářů. Tato vozidla měla pevně stanovenou trasu a časový harmonogram, kdy a kde materiál naložit a vyložit. Ve fabrice je tento princip aplikován na rozvoz materiálu mezi skladem a jednotlivými pracovišti. Současně odebírá již prázdné manipulační prostředky a odváží je zpět do skladu. Jako manipulační zařízení se nejčastěji využívají vláčky, které se skládají z tažného modulu, který má za sebou připojené transportní jednotky s potřebným materiálem. Tím se zaručí neustálé využití tohoto vláčku.

V tomto případě se nejedná o klasický milk run, kdy by mezi dílnou a měřicí laboratoří vozil tlakové zásobníky vláček, na této myšlence je ovšem tato varianta postavena. Návrh by v praxi vypadal tak, že místo vláčku by jezdil po dílně člověk s vozíkem a od jednotlivých strojů sbíral blistry s kusy, které byly vybrány ke kontrole. Tyto kusy doveze před měřicí laboratoř, kde nabere naopak blistry označené zeleným štítkem, který značí, že kusy jsou zkontrolované, jsou v pořádku a uvolněny pro další zpracování. Tyto blistry by odvezl zpět ke konkrétním výrobním zařízením. Zavedením této pozice by byl vyřešen problém dodávání kusů na měrové středisko, který mají v současnosti za úkol operátoři od jednotlivých strojů. Dále by také zkrátil manipulační časy operátorů měrového střediska, kteří by nemuseli odnášet zkontrolované kusy někdy i přes celou dílnu. Tito pracovníci by tak měli více času na obsluhu měřících center, čímž by se měla zajistit vyšší plynulost toku materiálu přes měrové středisko a tím by se měla také zkrátit doba návratu railu zpět do výroby.

Náklady na realizaci této varianty by byly podstatně nižší, než u varianty A. Jediné náklady, které by vznikly, je mzda pracovníka zodpovědného za rozvoz tlakových zásobníků a dále samozřejmě nutnost zaplatit projektového manažera. Další bariérou by bylo vytvoření jízdního řádu a vytvoření volné plochy před měřicí laboratoří na dodávku a odebírání kontrolova-

ných kusů. V současnosti je ovšem před měřicí laboratoří určitý prostor již vytvořen, proto by ani s tímto krokem nemusel být problém.



Obrázek 7-11 Prostory pro zkontrolované kusy

7.4.2 Výsledky varianty B

Otázkou je, zda by tento milk run stíhal zásobovat měrové středisko jak kovanými, tak svařovanými tlakovými zásobníky, případně zda by jeho využití nebylo příliš nízké. Zda by toto řešení bylo opravdu realizovatelné a zda by přineslo požadované výsledky lze těžko konstatovat. Na tyto otázky proto opět odpověděla simulace prováděná v softwaru Tecnomatix Plant Simulation. Výsledky lze vidět v následující tabulce.

Simulation time: 3:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted

Object	Name	Mean Life Time	Throughput
IIFR_vracene_do_vyroby	IIFR_AX	00:36.5651	21
HFR_vracene_do_vyroby	HFR_Radial	34:24.8809	15
HFR_vracene_do_vyroby	HFR_SPC	39:40.4828	12
HFR_vracene_do_vyroby	HFR_Uvolnene	1:04:23.5534	3
HFR_vracene_do_vyroby	HFR_Uvolneni_VS	27:29.9353	27
LWR_navrat_do_vyroby	DRV	13:42.6173	2
LWR_navrat_do_vyroby	HFR_Uvolneni_MS	29:44.4205	25
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_hazeri	51:01.5930	30
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_kruhovitost	15:13.2067	63
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_prumer	47:37.6883	34
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_uvolneni	29:23.7837	20
LWR_navrat_do_vyroby	MFU_HFR	15:45.7189	3
LWR_navrat_do_vyroby	MFI_LWR	9:44.5933	4
LWR_navrat_do_vyroby	Nove_typy	14:22.7365	3
LWR_navrat_do_vyroby	Vyreni_nestruje	25:17.1163	4
LWR_navrat_do_vyroby	Vzorky_montaz	12:17.7959	1
LWR_639_navrat_do_vyroby	LWR_639	19:24.7340	132

Object	Portion Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
Prismo1	56.72%	20 4:32:14.0387	13:36.7019	1:45.0633
Prismo2	62.51%	80 5:00:03.4240	3:45.0428	19.1401
Prismo3	89.94%	64 7:11:42.0996	6:44.7203	1:02.1772
Prismo6	09.77%	26 5:34:54.2790	12:52.0569	1:40.9000
Prismo5	01.07%	48 6:29:09.2910	8:06.4436	59.1526
Prismo4	65.35%	27 5:13:39.4073	11:37.0151	1:58.1110
Prismo7	52.71%	30 4:13:00.0000	8:26.0000	3:05.1858

	Working	Setting-up	Repairing	Transporting	En-route to job	Waiting for Importers	Waiting for MUs Failed
Milkrun	0.00%	0.00%	0.00%	19.63%	12.59%	67.58%	0.00% 0.00%

	Traveled Distance
Milkrun	9079.25m

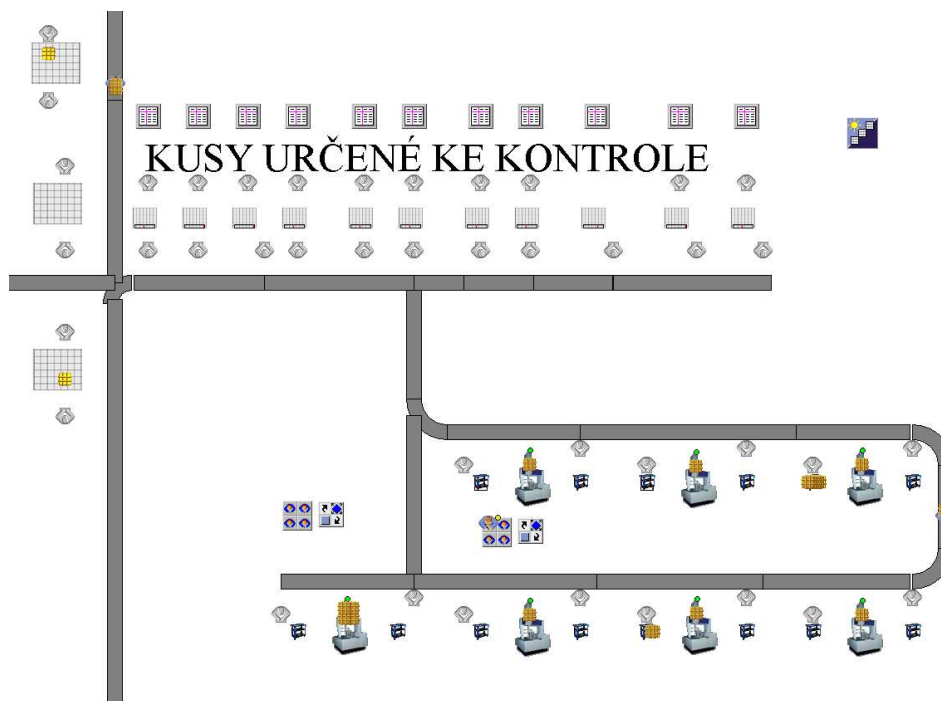
Tabulka 7-9 Statistika varianty B

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že veškeré kusy byly překontrolovány a navraceny zpět do výroby. Pokud se porovnají průměrné časy navracení zpět do výroby s původním stavem, jak ukazuje následující tabulka, lze vidět, že veškeré typy měření zkrátily svůj čas trvání. To způsobilo plynulý průchod měrovým střediskem, proto se u žádné Prismo netvořily fronty a nevznikalo tak žádné úzké místo.

Typ měření	Průměrný čas navrácení do výroby		Rozdíl	kusy
	Původní stav	Varianta B		
HFR Uvolnění VS	0:37:40	0:27:29	0:10:11	22
HFR Uvolnění MS	0:38:11	0:29:44	0:08:27	25
HFR Axiál	0:56:25	0:33:36	0:22:49	21
HFR Radiál	0:51:18	0:34:24	0:16:54	15
HFR SPC	0:56:40	0:39:40	0:17:00	12
DRV	0:39:39	0:13:42	0:25:57	2
LWR házení	0:56:27	0:51:01	0:05:26	30
LWR kruhovitost	0:34:35	0:15:13	0:19:22	63
LWR průměr	0:55:53	0:47:37	0:08:16	34
LWR uvolnění	0:47:07	0:29:23	0:17:44	20
MFU HFR	0:18:56	0:15:45	0:03:11	3
MFU LWR	0:25:02	0:09:44	0:15:18	4
Nové typy	0:45:40	0:14:22	0:31:18	3
Výměna nástroje	0:49:03	0:25:17	0:23:46	4
LWR 639	0:28:09	0:19:24	0:08:45	132

Tabulka 7-10 Přehled zkrácení průběžného času navrácení do výroby

Jak ukazuje předešlá tabulka, zavedením této metody, kdy obsluha měřícího zařízení nenosí kusy až na dílnu, ale pouze na určené místo před měrové středisko, dochází ke zkrácení času potřebného na zpracování zakázky. To je způsobeno tím, že na vstupu požadavků na měrové středisko nevznikají dlouhé fronty, neboť obsluha nemusí s kusy urážet velké vzdálenosti. Kusy se tak dostanou rychleji ke kontrole a tím pádem také dříve zpět do výroby.



Obrázek 7-12 Plynulý tok materiálu laboratoří

Zejména kované tlakové zásobníky, které jsou slabinou současné situace, se zkrátily v některých případech o více než 20 minut. Pokud bychom počítali průměrnou hodnotu, pak se zkrátí doba návratu každého kusu přibližně o 10 minut.

Pokud v původní variantě nedošlo ke kontrole všech kusů a v nově navrhované naopak byly veškeré zakázky zkontrolovány, muselo logicky dojít k navýšení využití kapacit. Mezi další nesporné výhody softwaru Tecnomatix Plant Simulation patří také sledování času, kdy stroj pracuje, čeká na zakázku apod. Doby prostoje pro jednotlivé stroje ukazuje následující tabulka.

Stroj	Čekací čas		
	Původní	Varianta B	Rozdíl
Prismo 1	43,3%	37,0%	6,2%
Prismo 2	37,7%	31,2%	6,5%
Prismo 3	10,6%	3,8%	6,8%
Prismo 4	25,9%	28,4%	-2,6%
Prismo 5	9,3%	12,7%	-3,4%
Prismo 6	24,6%	24,0%	0,6%
Prismo 7	48,9%	41,0%	7,9%
Průměr	28,6%	25,5%	22,0%
Rozdíl		3,1%	
Úspora na 1 Prismo			
			13:49
Úspora za směnu			
			1:36:36
Úspora [%]			
			3,1%

Tabulka 7-11 Časové úspory varianty B

Z této tabulky vyplývá, že průměrná doba prostoje na všech Prismach je o 3,1% kratší, než při současném řešení. To je čas, který lze nyní využít ke kontrole ostatních tlakových zásobníků. Řečeno čísly, pro pracovníky na měrovém středisku došlo ke zkrácení manipulačních časů o 1 hodinu a 36 minut, což dělá úsporu 13 minut a 49 sekund na jedno pracoviště za směnu. Tato časová úspora již stačí ke kontrole všech požadavků, navíc tok materiálu měrovým střediskem je více plynulý a tím dochází ke zkrácení průběžné doby.

Při pohledu na statistiku člověka, který má za úkol shromážďovat kusy na měrové středisko a zároveň dopravit zkontrolované kusy z laboratoře zpět na dílnu, vidíme, že využití jeho pracovní doby se pohybuje kolem hodnoty 43% a 35% tvoří pohyb bez kusů. Tyto časy by šli určitě alespoň částečně zkrátit vytvořením vhodného jízdního řádu. Konkrétní zavádění metody Milk Run ovšem není tématem této diplomové práce.

	Working	Setting-up	Repairing	Transporting	En-route to job	Waiting for Importers	Waiting for MUs	Failed
Milkrun	0.00%	0.00%	0.00%	42.85%	35.36%	7.45%	14.34%	0.00%

Tabulka 7-12 Využití operátora zodpovědného za dodávku kusů

7.4.3 Ekonomické vyhodnocení varianty B

V tomto ekonomickém zhodnocení jsou uvažovány náklady na manažera projektu, kdy se předpokládá doba přípravy projektu jeden měsíc. Náklady potřebné na reorganizaci předmětů v oblasti před měřicí laboratoří nejsou uvažovány, neboť v současné době je zde k dispozici dostatek prostoru pro přivážené, respektive odvážené kusy. Nutno ovšem uvažovat výlohy na výběrové řízení a školení nových pracovníků, které v tabulce vystupují jako ostatní náklady.

Mezi provozní režii je nutné započítat mzdu pracovníka, který má za úkol dodávat a odebírat zkontrolované kusy. Na tuto pozici by zřejmě byl přijímán zcela nový člověk, ve třísměnném provozu se jedná o 3 nové pracovní pozice.

Vstupní náklady	Kč
Mzdové náklady na projektového manažera	43 200,00 Kč
Ostatní náklady	8 500,00 Kč
Celkem náklady na pořízení	51 700,00 Kč
Provozní náklady	Kč
Hodinová mzda pracovníka	169 Kč/hod
Provozní měsíční náklady	103 935,00 Kč

Tabulka 7-13 Vstupní a provozní náklady varianty B

7.5 Varianta C – Změna principu dodávání HFR do laboratoře

Následující varianta reaguje na změnu procesu ve výrobě. Jelikož docházelo neustále k navyšování produkce kovaných tlakových zásobníků, došlo na začátku roku 2014 k obměně strojního parku.

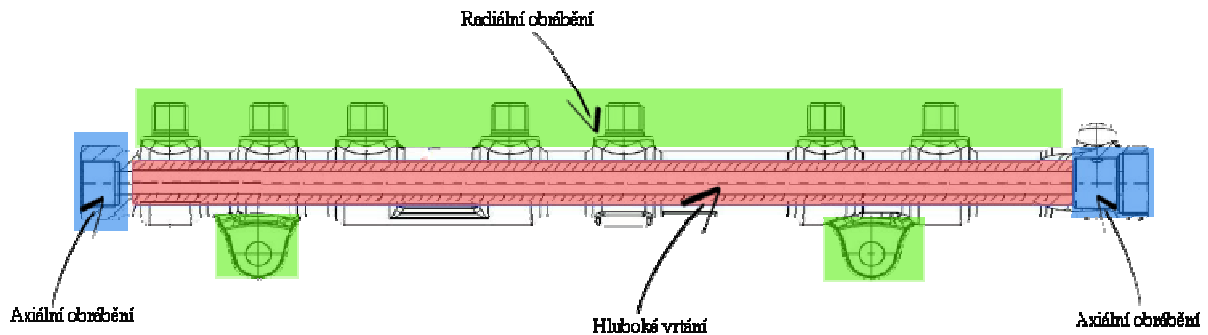
7.5.1 Analýza varianty C

Původní stav, kdy se na výkovku nejprve provádělo hluboké vrtání a až následně vrtání radiálních otvorů, probíhá nyní výroba na nových zařízeních. Toto zařízení pracuje jako výrobní hnízdo, tedy na jednom stroji, při jednom upnutí, je tlakový zásobník kompletně obroben.

Z tohoto důvodu autor navrhuje reagovat na tuto změnu ve výrobě také změnou v principu vybírání a měření jednotlivých kusů. Jelikož kusy dodávané do laboratoře, jsou již obrobené v radiálním, respektive axiálním směru, je zbytečné kontrolovat pouze osové, nebo radiální otvory. Autor navrhuje změnu, ve které prosazuje myšlenku, že obrobek, který je již dopraven do laboratoře, by měl být zkontrolován kompletně. Pokud už operátor vynaloží čas a úsilí na dopravu zásobníku, mělo by být jeho měření co nejefektivnější.

V praxi by to vypadalo následovně. Programy měřicí axiální, respektive radiální otvory by byly vyřazeny z měření, a místo těchto dvou kusů by se do laboratoře dodával pouze jeden kus, na kterém by se provedlo měření všech charakteristik, tedy radiálních i axiálních otvorů, jak ukazuje následující obrázek. Nedošlo by tím tedy ke snížení počtu zkontrolovaných rozměrů, ušetřil by se ovšem manipulační čas a také by tato změna měla vést k plynulejšímu toku materiálu laboratoří. Tím, že by se na měrové středisko dodávalo méně kusů s delšími měřicími časy. Samozřejmě by se také operátorovi Prísem ušetřilo hned několik cest za směnu, kdy musí kusy navracet zpět do obrobny. Proto by neměly u měřících strojů vznikat dlouhé

prostoje. Další výhodou je menší provoz na dílně, čímž se samozřejmě zvyšuje bezpečnost pracovníků.



Obrázek 7-13 Otvory měřené při jedné kontrole

Další nespornou výhodou této varianty jsou téměř nulové náklady na zavedení, jelikož programy na kontrolování veškerých důležitých charakteristik, jsou pro každý typ uloženy v databázi. Změnu lze provést prakticky ze dne na den, nepřináší žádnou složitou reorganizaci.

7.5.2 Výsledky varianty C

Na otázku, jaké skutečné výsledky by tato varianta měla mít, odpovídá opět simulace provedená v Tecnomatix Plant Simulation.

Simulation time: 8:00:00.0000

Cumulated Statistics of the Parts

Object	Name	Mean Life Time	Throughput
HFR_Uvolnene	HFR_Uvolnene	46:11.3544	5
HFR_Uvolnene	HFR_Uvolneni_MS	35:05.6873	11
HFR_Uvolnene	HFR_Uvolneni_VS	24:51.0549	33
LWR_navrat_do_vyroby	DRV	8:01.6906	2
LWR_navrat_do_vyroby	HFR_Uvolneni_MS	27:02.9700	24
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_hazeni	47:12.2480	30
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_kruhovitost	10:09.7346	63
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_prumer	44:04.6554	34
LWR_navrat_do_vyroby	LWR_uvolneni	24:20.3598	20
LWR_navrat_do_vyroby	MFU_HFR	11:41.9211	3
LWR_navrat_do_vyroby	MFU_LWR	9:13.9315	4
LWR_navrat_do_vyroby	Nove_typy	10:28.1495	3
LWR_navrat_do_vyroby	Vymena_nastroje	21:46.3580	4
LWR_navrat_do_vyroby	Vzorky_montaz	6:15.5220	1
LWR_639_navrat_do_vyroby	LWR_639	13:12.3901	132

Material Flow Properties

Object	Number of Entries	Number of Exits
Prismo1	20	20
Prismo2	80	80
Prismo3	64	64
Prismo6	25	24
Prismo5	26	25
Prismo4	25	24
Prismo7	132	132

Working Time

Object	Portion Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
Prismo1	56.72%	20 4:32:14.0387	13:36.7019	1:45.0633
Prismo2	62.51%	80 5:00:03.4240	3:45.0428	19.1401
Prismo3	89.94%	64 7:11:42.0996	6:44.7203	1:02.1772
Prismo6	79.14%	25 6:19:52.2203	15:11.6888	1:34.1912
Prismo5	79.32%	26 6:20:43.9167	14:38.6122	2:17.4562
Prismo4	75.53%	25 6:02:32.0007	14:30.0800	1:56.8559
Prismo7	52.71%	30 4:13:00.0000	8:26.0000	3:05.1858

Waiting Time

Object	Portion Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
Prismo1	37.03%	11 2:57:45.9613	16:09.6328	14:07.2460
Prismo2	31.24%	26 2:29:56.5760	5:46.0222	5:11.7708
Prismo3	3.81%	2 18:17.9004	9:08.9502	9:29.0144
Prismo6	14.61%	9 1:10:07.7797	7:47.5311	2:48.4769
Prismo5	14.43%	9 1:09:16.0833	7:41.7870	4:05.9781
Prismo4	18.22%	11 1:27:27.9993	7:57.0908	3:42.0114
Prismo7	41.04%	31 3:17:00.0000	6:21.2903	4:45.1776

Tabulka 7-14 Výsledky simulace varianty C

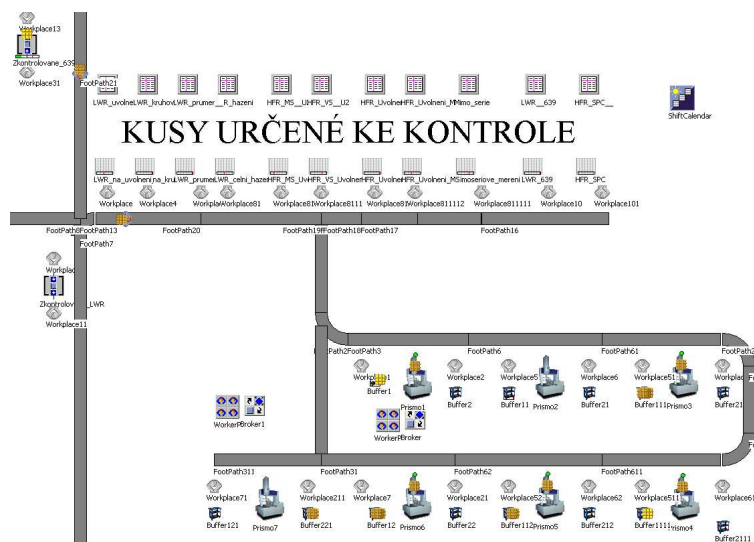
Z výše uvedených výsledků simulace této varianty vyplývá, že veškeré požadavky byly překontrolovány a navráceny. Pokud porovnáme časy navrácení do výroby, došlo opět k razantnímu zkrácení, jak ukazuje níže uvedená tabulka. Zkrácení tohoto času je také vítězné v po-

rovnání s variantou B. V tabulce lze vidět, že u některého typu měření se tyto časy zkrátily o více než 20 minut.

	<i>Průměrný čas navrácení do výroby</i>		
<i>Typ měření</i>	<i>Původní stav</i>	<i>Varianta C</i>	<i>Rozdíl</i>
HFR Uvolnění VS	0:37:40	0:24:51	0:12:49
HFR Uvolnění MS	0:38:11	0:35:05	0:03:06
DRV	0:39:39	0:08:02	0:31:37
LWR házení	0:56:27	0:47:12	0:09:15
LWR kruhovitost	0:34:35	0:10:09	0:24:26
LWR průměr	0:55:53	0:44:04	0:11:49
LWR uvolnění	0:47:07	0:24:20	0:22:47
MFU HFR	0:18:56	0:11:41	0:07:15
MFU LWR	0:25:02	0:09:13	0:15:49
Nové typy	0:45:40	0:10:28	0:35:12
Výměna nástroje	0:49:03	0:21:46	0:27:17
LWR 639	0:28:09	0:13:12	0:14:57

Tabulka 7-15 Porovnání časů navrácení do výroby současného stavu a varianty C

Snížené časy navrácení kusů do výroby se projeví na plynulém toku materiálu laboratoří, jak lze vidět ze snímku z průběhu simulačního modelu. Na obrázku lze vidět, že na vstupu s požadavky na kontrolu nejsou ve frontě žádné kusy a využití jednotlivých strojů je vyvážené.



Obrázek 7-14 Snímek průběhu směny varianty C

Tabulka 21 dále udává čekací časy, neboli prostoje, které jednotlivé Prismy v průběhu směny mají. Pokud obdobně jako ve variantě B, bude provedeno porovnání se současným stavem, vyplývá, že došlo opět ke zkrácení prostoje časů. Jak udává výpočet v tabulce 21, časy prostoje se zkrátily průměrně o 25 minut na jedno pracoviště, což dělá při 7 měřicích centrech dohromady úsporu 2 hodiny a 55 minut za směnu. V poměru s efektivním časovým fondem směny tedy vyplývá, že se touto cestou ušetřilo 5,7% kapacit, které jsou využity ke kontrole tlakových zásobníků.

Stroj	Čekací čas		
	Původní	Varianta B	Rozdíl
Prismo 1	43,3%	37,0%	6,2%
Prismo 2	37,7%	31,2%	6,5%
Prismo 3	10,6%	3,8%	6,8%
Prismo 4	25,9%	18,2%	7,6%
Prismo 5	9,3%	14,4%	-5,2%
Prismo 6	24,6%	14,6%	10,0%
Prismo 7	48,9%	41,0%	7,9%
Průměr	28,6%	22,9%	39,8%
Rozdíl		5,7%	
Úspora na 1 Prismo			
			0:25:05
Úspora za směnu			
			2:55:34
Úspora [%]			
			5,7%

Tabulka 7-16 Vyčíslení přínosů varianty C

Tato varianta tedy přinesla nejvyšší úspory a také její bariéry pro zavedení, ať už finanční či časové, jsou velmi nízké. Nevýhodou této varianty by byl případ, kdyby v budoucnu docházelo k neustálému navyšování typů vyráběných tlakových zásobníků. V tomto případě by muselo vedení společnosti sáhnout k rozšíření parku, nebo alespoň personálu.

7.5.3 Ekonomické vyhodnocení varianty C

Jak již bylo řečeno výše, tato varianta vznikla jako reakce na změnu technologie výroby kovových tlakových zásobníků. Výhodou této varianty je, že nemá žádné vstupní, ani provozní náklady, neboť stav veškerých procesů zůstává zachován, pouze je změněn princip měření jednotlivých kusů. Tato varianta je tedy elegantní v tom, že přináší vysoké časové a kapacitní úspory, na druhou stranu ovšem nevyžaduje žádné vysoké náklady ani složité změny.

Vznikají zde pouze náklady spojené se školením pracovníků na nově vzniklou změnu.

Vstupní náklady	Kč
Mzdové náklady na projektového manažera	10 000,00 Kč
Náklady na školení personálu	5 500,00 Kč
Celkem náklady na pořízení	15 500,00 Kč
Provozní náklady	Kč
Provozní měsíční náklady	- Kč

Tabulka 7-17 Vstupní a provozní náklady varianty C

8 Výběr vhodné varianty

Pro výběr vhodné varianty bude provedena rozhodovací analýza, ve které autor nejprve vytvoří tabulku prostého hodnocení. Zde vždy nejvíce výhodná alternativa dostane ohodnocení 100. Ostatní pak budou ohodnoceny podle porovnání zbylých kritérií. Poté bude vytvořena tabulka párového srovnání, určeny jednotlivé váhy a na závěr získání výsledku.

Jako nejdůležitější parametry pro hodnocení jednotlivých variant byly vybrány samozřejmě vstupní a provozní náklady. Dále se zohledňuje čas potřebný na zavedení této varianty. Tento parametr je velmi důležitý, neboť se jedná o nedostatky kapacit v roce 2014, tedy je nutné, aby zavedení bylo pokud možno co nejkratší.

Jelikož je potřeba vracet kusy do výroby co nejdříve, hledí se také na dobu navrácení kusů do výroby. Dále toto vyhodnocení zohledňuje dosažené rozšíření kapacit a jeho aplikovatelnost do budoucna pro případ, že by neustále narůstalo množství kusů, které je potřeba kontrolovat.

Konkrétní hodnoty pro jednotlivé varianty uvádí následující tabulka.

Varian- ta	Vstupní ná- klady [Kč]	Provozní náklady [Kč/měsíc]	Čas potřeb- ný na zavede- ní [mě- síce]	Rozší- ření kapacit [%]	Počet odebra- ných vzorků [ks/směna]	Doba navrá- cení ks do výro- by [min]	Využití do bu- doucna
A	4 972 150 Kč	110 700 Kč	3	14,20%	390	36	Vysoké
B	51 700 Kč	103 935 Kč	1	3,10%	390	27	Vysoké
C	15 500 Kč	- Kč	0,25	5,70%	372	26,75	Nízké

Tabulka 8-1 Parametry jednotlivých variant

V první fázi rozhodovací analýzy bude tedy vytvořena tabulka prostého hodnocení, kde jsou přiřazena jednotlivá čísla dle úrovně jednotlivých variant. Optimální varianta vždy dosahuje hodnoty 100, zbylé podle porovnání zbylých kritérií.

Parametr / Varianta	A	B	C
Vstupní náklady	5	90	100
Provozní náklady	50	50	100
Čas potřebný na zavedení	20	80	100
Rozšíření kapacit	100	30	40
Počet odebraných vzorků	100	100	80
Doba navrácení do výroby	65	95	100
Použití do budoucna	80	100	70

Tabulka 8-2 Tabulka prostého hodnocení

Nyní je třeba určit váhy jednotlivých kritérií. Nejprve se tedy vytvoří tabulka párového srovnání. Postupně se mezi sebou porovnají všechna kritéria tak, že důležitější kritérium vždy dostane hodnotu „x“, zatímco méně důležité kritérium dostane hodnotu „1/x“. Po vzájemném

porovnání všech kritérií se provede u každého řádku geometrický průměr a z těchto hodnot určí jednotlivé váhy.

		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7		Váhy
Vstupní náklady	K1	1,00	0,33	5,00	0,33	5,00	3,00	3,00	1,58	0,17405
Provozní náklady	K2	3,00	1,00	7,00	0,33	7,00	5,00	3,00	2,57	0,28213
Doba zavedení	K3	0,20	0,14	1,00	3,00	9,00	0,33	3,00	0,96	0,10589
Rozšíření kapacit	K4	3,00	3,00	0,33	1,00	9,00	5,00	5,00	2,54	0,27871
Počet odebraných kusů	K5	0,20	0,14	0,11	0,11	1,00	0,33	3,00	0,32	0,03530
Doba navrácení kusů	K6	0,33	0,20	3,00	0,20	3,00	1,00	0,33	0,63	0,06939
Použití do budoucna	K7	0,33	0,33	0,33	0,20	0,33	3,00	1,00	0,50	0,05453

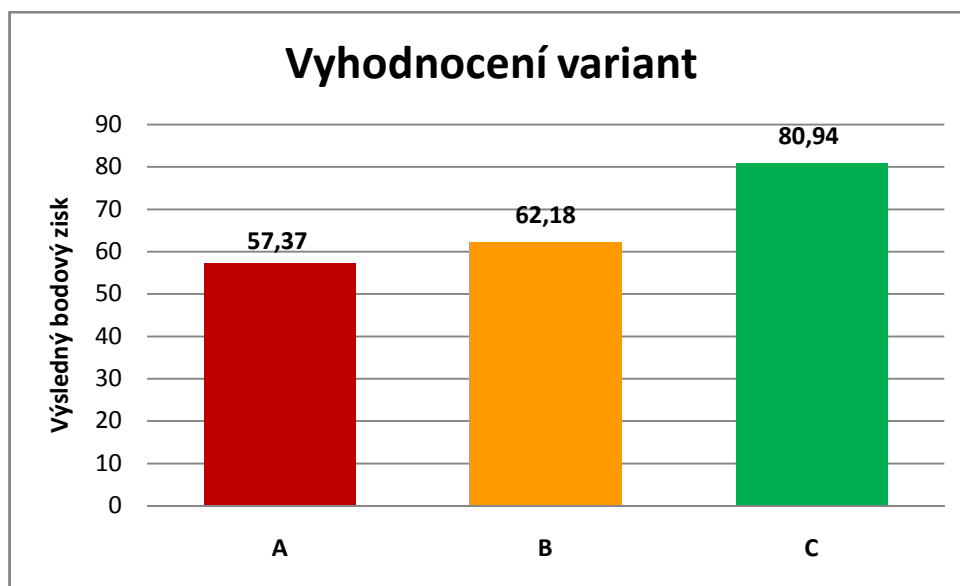
Tabulka 8-3 Tabulka párového porovnání a určení vah

V následujícím kroku jsou hodnoty vah v tabulce 25 vynásobeny příslušnými hodnotami v tabulce prostého hodnocení 24. Následným součtem všech parametrů pro jednotlivé varianty získáme finální hodnoty. Varianta s nejvyšší hodnotou je potom optimální.

Parametr / Varianta	A	B	C
Vstupní náklady	0,870259	15,66467	17,40519
Provozní náklady	14,10628	14,10628	28,21257
Doba zavedení	2,117885	8,47154	10,58943
Rozšíření kapacit	27,87143	8,361429	11,14857
Počet odebraných kusů	3,529808	3,529808	2,823847
Doba navrácení kusů	4,510043	6,591601	6,938527
Použití do budoucna	4,362441	5,453052	3,817136
Σ	57,36815	62,17838	80,93526

Tabulka 8-4 Výsledná tabulka hodnocení

Z tabulky, respektive grafu níže vyplývá, že při hodnocení navržených variant pomocí vah jednotlivých parametrů, dosáhla nejvyššího ohodnocení varianta C, která je tedy volena jako doporučení pro opatření proti současnému nedostatku kapacit. Na druhém místě se umístila varianta B, která spočívala v rozšíření personálu o zásobovače. Především náklady na tohoto pracovníka se ukázali jako rozhodující mezi variantou A, respektive B. Na třetím místě skončila s mírným odstupem varianta, ve které autor navrhoval rozšíření strojního parku o měřicí přístroj. Tato varianta by sice byla velmi perspektivní do budoucna a jednalo by se o velké rozšíření kapacit. Bohužel vysoké vstupní náklady, dlouhá doba pro zavedení a v současné době nízké využití stroje zapříčinilo nejnižší skóre ze všech hodnocených alternativ.



Graf 8-1 Vyhodnocení variant

Závěr

V první části této diplomové práce byla přiblížena společnost, ve které se měřicí laboratoř nachází. V další fázi zde byly popsány produkty, které jsou výrobním předmětem této firmy. Jednalo se o komplexní přestavení dieselových systémů Common Rail, popis principu, jednotlivých částí až po podrobný popis tlakových zásobníků.

Druhá část se zabývala analýzou současného stavu. V práci je popsán princip dodávání kusů do měřicí laboratoře, jednotlivé procesy prováděné na kontrole a nechybí zde ani výpočet základních časových fondů. Na základě těchto údajů bylo vypočteno využití strojů na měrovém středisku. Závěrem této části bylo konstatování, že kapacity měrového střediska nevyhovují požadavkům.

Proto se autor v další fázi zaměřil na řešení tohoto problému. Jelikož se jednalo o více strojní obsluhu, byl pro návrh variant zvolen simulační software Tecnomatix Plant Simulation. Nejprve byla provedena verifikace vytvořeného modelu. Následoval návrh tří různých variant a výběr optimálního řešení. Toto řešení jednak zvyšuje využití strojů, ale také napomáhá k plynulejšímu toku materiálu a k vyšší bezpečnosti pracovníků na pracovišti.

Práce splňuje veškeré předem dané požadavky a byla rovněž splněna navržená struktura. Během realizace nenastaly žádné vážnější problémy.

Je mým přáním, aby má diplomová práce přispěla k častějšímu využívání softwaru digitální fabriky v praxi. Tyto programy jsou sice v dnešní době velmi populární, ale především z finančních důvodů nejsou do takové míry využívány. Věřím, že v budoucnu se tato metoda rozšíří, neboť digitální fabrika s sebou přináší testování více možností procesů a jednak může firmám ušetřit nemalé finanční náklady.

Použitá literatura

- [1] ROBERT BOSCH. Bosch Diesel s.r.o. [online]. [cit. 2013-8-25]. Dostupné z: www.bosch.com
- [2] DITTRICH, Lukáš. Common Rail: systému čerpadlo - tryska odzvonilo. [online]. [cit. 2013-07-31]. Dostupné z: <http://www.zavolantem.cz/clanky/common-rail-systemu-cerpadlo-tryska-odzvonilo>
- [3] JANCO, Marcel. Autorubik. Autorubik [online]. 2012 [cit. 2013-08-25]. Dostupné z: <http://www.autorubik.sk/technika/palivova-sustava-a-emisie/tlakovy-zasobnik-rail-regulator-tlaku-snimac-tlaku-a-teploty-klukoveho-a-vackoveho-hriadela/>
- [4] VDI/VDE 2627, NormMaster 4.1, T – Systems Enterprise Services GmbH
- [5] TAYLOR HOBSON. Taylor Hobson - Stories [online]. 2013 [cit. 2013-08-25]. Dostupné z: <http://www.taylor-hobson.com/news/The-New-Talyrond-500-Series.html>
- [6] NENADÁL, Jaroslav, Darja NOSKIEVIČOVÁ, Růžena PETŘÍKOVÁ, Jiří PLURA a Josef TOŠENOVSKÝ. *Moderní management jakosti: Principy, postupy a metody*. 2011. vyd. Praha: Management Press, s.r.o., 2011. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [7] MICHÁLEK, Jiří : *Statistická regulace procesů (SPC) : příručka /2. vyd..* Praha : 2006. ISBN 80-02-01810-9
- [8] HŮLOVÁ, Marie a Eva JAROŠOVÁ. *Statistické metody v managementu kvality, environmentu a bezpečnosti*. 2011. vyd. Vysoká škola ekonomická v Praze: OECONOMICA, 2011. ISBN 978-80-245-1748-3.
- [9] SPC-Regulační diagramy. [online]. [cit. 2013-18-25]. Dostupné z: <http://www.elektlabs.cz/demomasa/spc/doc/>
- [10] Trachta, O: *Možné metody posouzení efektivity výrobních prostor průmyslového závodu*, ZČU - KPV, 2003
- [11] KOVÁČ, Milan a Jozef KOVÁČ. *Inovačné projektovanie výrobných procesov a systémov*. Bratislava. Edíci a vedeckej a odbornej literatury. ISBN 978-80-553-0805-0
- [12] MORAVEC, Petr. *Tvorba studijních opor pro Tecnomatix Process Designer*. Plzeň, 2012. Dostupné z http://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/4150/bp_moravec%20.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. ZČU v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
- [13] Tecnomatix: Řízení procesu výroby. SIEMENS PLM. [online]. 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/tecnomatix/manufacturing_process_management/index.shtml
- [14] KOŠTURIÁK, Ján,: *Projektovanie výrobných systémov pre 21. Storočie*, Žilina : 2000. ISBN 80-7100-553-3.
- [15] KLEINOVÁ, Jana. *Ekonomické hodnocení výrobních procesů*. Plzeň: ZČU v Plzni, 2005. ISBN 80-7043-364-7.

Seznam příloh

Příloha č. 1: Tabulka měřících časů pro jednotlivé typy tlakových zásobníků LWR

Příloha č. 2: Tabulka měřících časů pro jednotlivé typy tlakových zásobníků HFR MS

Příloha č. 3: Tabulka měřících časů pro jednotlivé typy tlakových zásobníků HFR VS

Obsah přiloženého CD

Elektronická podoba práce: DP-Moravec.pdf

Kapacitni_vypocty_2013.xlsx

Kapacitni_vypocty_2014.xlsx

Simulace_soucasny_stav.spp

Simulace_VariantaA.spp

Simulace_VariantaB.spp

Simulace_VariantaC.spp

Příloha č. 1: Tabulka měřících časů pro jednotlivé typy tlakových zásobníků LWR

Typ zásobníku	ø 4,2 H8	Kruhovitost	Házení	Uvolněn	Typ zásobník	ø 4,2 H8	Kruhovitost	Házení	Uvolnění
LWR 001	337	219	341	918	LWR 042	359	245	303	930
LWR 002	431	225	339	920	LWR 043	415	205	399	660
LWR 003	430	251	328	920	LWR 044	352	227	395	439
LWR 004	436	217	361	920	LWR 045	430	225	406	796
LWR 005	356	252	353	696	LWR 046	370	229	415	817
LWR 006	345	214	324	814	LWR 047	385	252	363	930
LWR 007	421	211	370	814	LWR 048	387	257	301	577
LWR 008	363	257	410	739	LWR 049	389	239	409	847
LWR 009	436	226	386	910	LWR 050	386	214	317	1140
LWR 010	365	200	394	780	LWR 051	347	252	365	930
LWR 011	401	203	326	854	LWR 052	391	207	303	723
LWR 012	365	217	384	930	LWR 053	390	233	387	976
LWR 013	351	213	388	775	LWR 054	351	194	327	1086
LWR 014	351	215	381	708	LWR 055	351	192	311	930
LWR 015	357	221	375	930	LWR 056	430	238	398	883
LWR 016	406	228	383	930	LWR 057	437	220	359	883
LWR 017	397	237	373	930	LWR 058	353	230	310	940
LWR 018	396	200	323	863	LWR 059	438	206	425	932
LWR 019	408	254	361	904	LWR 060	370	205	390	911
LWR 020	366	222	343	697	LWR 061	358	190	389	930
LWR 021	407	256	362	824	LWR 062	355	227	361	911
LWR 022	377	260	385	856	LWR 063	366	258	320	930
LWR 023	390	236	377	967	LWR 064	363	195	312	787
LWR 024	374	206	422	930	LWR 065	340	237	404	858
LWR 025	440	227	413	930	LWR 066	350	223	319	1130
LWR 026	361	219	299	977	LWR 067	333	259	347	874
LWR 027	423	211	357	982	LWR 068	332	213	300	1117
LWR 028	349	193	367	744	LWR 069	381	216	402	695
LWR 029	373	250	362	786	LWR 070	377	204	402	657
LWR 030	412	236	383	738	LWR 071	385	237	410	762
LWR 031	342	239	399	845	LWR 072	391	217	355	1024
LWR 032	356	223	417	930	LWR 073	342	228	364	742
LWR 033	351	252	426	882	LWR 074	413	200	390	611
LWR 034	373	234	420	916	LWR 075	395	244	354	844
LWR 035	340	257	339	776	LWR 076	368	252	315	549
LWR 036	357	258	363	965	LWR 077	420	257	393	1071
LWR 037	359	210	398	850	LWR 078	416	236	309	910
LWR 038	384	217	310	735	LWR 079	359	223	336	1037
LWR 039	380	251	355	930	LWR 080	387	203	423	910
LWR 040	340	245	375	930	LWR 081	412	231	367	910
LWR 041	440	201	393	907	LWR 082	371	246	356	910

Pozn. Časy jsou uvedeny v sekundách

Příloha č.2: Tabulka měřících časů pro jednotlivé typy tlakových zásobníků HFR MS

Typ zásobníku	Axial	Radial	SPC	Uvolnění	Typ zásobníku	Axial	Radial	SPC	Uvolnění
HFR MS 001	301	1105	421	983	HFR MS 048	295	952	286	908
HFR MS 002	306	800	459	1051	HFR MS 049	293	1078	230	741
HFR MS 003	284	877	414	1070	HFR MS 050	292	1019	303	858
HFR MS 004	280	888	361	1080	HFR MS 051	300	785	353	792
HFR MS 005	332	1290	354	1030	HFR MS 052	292	987	418	800
HFR MS 006	304	851	258	863	HFR MS 053	310	861	233	1041
HFR MS 007	342	925	260	751	HFR MS 054	287	1161	223	904
HFR MS 008	281	1065	225	867	HFR MS 055	298	942	265	709
HFR MS 009	355	825	244	836	HFR MS 056	324	996	377	672
HFR MS 010	296	1068	394	911	HFR MS 057	315	1260	315	970
HFR MS 011	301	956	373	1069	HFR MS 058	345	812	286	870
HFR MS 012	284	1209	243	826	HFR MS 059	274	851	423	961
HFR MS 013	313	1268	342	1016	HFR MS 060	284	1177	375	783
HFR MS 014	280	915	373	728	HFR MS 061	320	1194	263	717
HFR MS 015	345	893	338	1022	HFR MS 062	327	782	433	953
HFR MS 016	311	1113	331	847	HFR MS 063	348	854	401	671
HFR MS 017	354	1139	418	789	HFR MS 064	286	1200	446	995
HFR MS 018	327	1022	321	808	HFR MS 065	289	1187	277	933
HFR MS 019	312	961	363	944	HFR MS 066	272	1221	337	1027
HFR MS 020	293	1094	424	1042	HFR MS 067	320	1133	300	882
HFR MS 021	304	825	231	971	HFR MS 068	334	769	293	844
HFR MS 022	350	896	302	675	HFR MS 069	273	771	285	930
HFR MS 023	292	982	399	1052	HFR MS 070	341	1084	326	802
HFR MS 024	321	951	286	894	HFR MS 071	326	994	308	800
HFR MS 025	308	1278	395	1054	HFR MS 072	320	1240	378	922
HFR MS 026	298	1177	286	819	HFR MS 073	287	916	280	792
HFR MS 027	353	1273	262	848	HFR MS 074	306	879	299	859
HFR MS 028	308	857	250	987	HFR MS 075	275	1164	436	1066
HFR MS 029	326	1139	242	889	HFR MS 076	331	1235	286	672
HFR MS 030	306	818	247	1099	HFR MS 077	305	1209	321	845
HFR MS 031	317	869	364	994	HFR MS 078	322	1020	377	939
HFR MS 032	312	1089	371	903	HFR MS 079	292	1147	225	688
HFR MS 033	334	904	429	1014	HFR MS 080	298	965	382	933
HFR MS 034	307	794	259	961	HFR MS 081	318	1034	290	709
HFR MS 035	344	1111	358	983	HFR MS 082	307	1026	330	1032
HFR MS 036	354	1244	295	868	HFR MS 083	331	783	344	906
HFR MS 037	287	883	453	950	HFR MS 084	348	820	409	803
HFR MS 038	289	1035	280	891	HFR MS 085	306	1240	260	1019
HFR MS 039	299	863	401	1094	HFR MS 086	273	1257	380	743
HFR MS 040	284	1145	217	1076	HFR MS 087	289	885	274	854
HFR MS 041	337	763	376	1030	HFR MS 088	286	953	275	1037
HFR MS 042	341	864	257	889	HFR MS 089	272	1186	452	1034
HFR MS 043	284	1111	439	662	HFR MS 090	322	1041	434	738
HFR MS 044	277	956	455	1029	HFR MS 091	282	1183	360	670
HFR MS 045	297	1202	252	770	HFR MS 092	296	1179	309	836
HFR MS 046	280	1237	411	902	HFR MS 093	280	827	456	1025
HFR MS 047	332	1287	396	907	HFR MS 094	316	1149	301	859

Pozn. Časy jsou uvedeny v sekundách

Příloha č. 3: : Tabulka měřících časů pro jednotlivé typy tlakových zásobníků HFR VS

Typ zásobníku	Axiál	Radiál	SPC	Uvolnění	Typ zásobníku	Axiál	Radiál	SPC	Uvolnění
HFR VS 001	362	961	347	815	HFR VS 034	464	1015	308	861
HFR VS 002	362	960	299	864	HFR VS 035	414	961	319	852
HFR VS 003	448	1027	332	914	HFR VS 036	329	1092	341	796
HFR VS 004	420	1100	334	874	HFR VS 037	420	975	319	767
HFR VS 005	362	1079	313	952	HFR VS 038	411	1060	305	884
HFR VS 006	430	965	341	877	HFR VS 039	395	1030	319	887
HFR VS 007	381	1083	297	797	HFR VS 040	380	965	333	854
HFR VS 008	488	1002	346	859	HFR VS 041	415	1085	309	919
HFR VS 009	350	1037	325	954	HFR VS 042	420	966	306	791
HFR VS 010	418	984	347	942	HFR VS 043	381	978	347	823
HFR VS 011	365	1005	328	952	HFR VS 044	432	1078	332	932
HFR VS 012	442	984	299	890	HFR VS 045	397	1024	315	875
HFR VS 013	448	974	298	788	HFR VS 046	432	1000	292	925
HFR VS 014	420	968	315	849	HFR VS 047	358	1047	306	950
HFR VS 015	466	1049	330	803	HFR VS 048	398	1041	311	757
HFR VS 016	362	1001	332	946	HFR VS 049	351	1122	313	756
HFR VS 017	391	1044	308	891	HFR VS 050	364	1091	292	921
HFR VS 018	317	1051	346	895	HFR VS 051	365	1058	309	902
HFR VS 019	381	1047	342	920	HFR VS 052	420	1004	327	795
HFR VS 020	359	1079	311	903	HFR VS 053	420	1085	348	813
HFR VS 021	415	1063	313	817	HFR VS 054	417	1004	297	831
HFR VS 022	464	1032	312	797	HFR VS 055	404	1020	322	865
HFR VS 023	365	974	298	914	HFR VS 056	396	1025	335	809
HFR VS 024	435	1008	308	753	HFR VS 057	408	1119	299	943
HFR VS 025	414	1053	346	757	HFR VS 058	386	1001	291	937
HFR VS 026	328	1104	315	952	HFR VS 059	405	1065	345	825
HFR VS 027	484	1028	339	846	HFR VS 060	403	979	338	757
HFR VS 028	364	1019	316	758	HFR VS 061	413	1083	344	805
HFR VS 029	317	1074	345	942	HFR VS 062	382	1102	302	838
HFR VS 030	390	1122	311	864	HFR VS 063	407	964	322	850
HFR VS 031	359	982	337	907	HFR VS 064	384	1093	309	856
HFR VS 032	415	1059	294	853	HFR VS 065	387	1049	328	904
HFR VS 033	420	1094	293	897	HFR VS 066	387	1036	340	834

Pozn. Časy jsou uvedeny v sekundách

