



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



Aplikace DMAIC metody v koncernu Bombardier Transportation

Diplomová práce

Studijní program:

N0723A270003 Průmyslové inženýrství

Autor práce:

Bc. Matouš Vápeník

Vedoucí práce:

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií





Zadání diplomové práce

Aplikace DMAIC metody v koncernu Bombardier Transportation

Jméno a příjmení: **Bc. Matouš Vápeník**
Osobní číslo: T19000037
Studijní program: N0723A270003 Průmyslové inženýrství
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: **2019/2020**

Zásady pro vypracování:

- 1) Provedte stručnou rešerši ohledně postupů při zlepšování procesů, zaměřte se na metodu DMAIC.
- 2) Vyberte vhodnou část ve firmě Bombardier, kde lze metodu DMAIC realizovat. Provedte analýzu a navrhněte opatření vedoucí ke zlepšení.
- 3) Provedte teoreticky ekonomický přínos opatření, pokud to půjde, zaveďte opatření do praxe a vyhodnotte je.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

50 – 60 normostran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

- 1) SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada Publishing, 2011, ISBN 978-80-247-3938-0.
- 2) LIKER, Jeffrey K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2007, 390 s. Knihovna světového managementu ISBN 978-80-7261-173-7.
- 3) DOSKOČIL, Radek. 2014. Metody, techniky a nástroje řízení projektu. Brno: Akademické nakladatelství CERM. 2014, ISBN 978-80-7204-863-2.

Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce: 22. března 2020
Předpokládaný termín odevzdání: 28. května 2021

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 4. května 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

22. března 2021

Bc. Matouš Vápeník

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D za užitečné rady, trpělivost, čas a ochotu. Dále velký dík patří celému pracovnímu týmu, který mi byl nápomocen při realizaci změn v podniku, a především mým kolegům, kteří mi byli nápomocni. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině, přítelkyni a přátelům, kteří mě v průběhu diplomové práce a při studiu plně podporovali a motivovali.

Anotace

Cílem diplomové práce je uspořit procesní čas, tedy výrobní hodiny v procesu vybrané společnosti. V teoretické části je popsána štíhlá výroba (LEAN) a nejčastěji aplikované nástroje štíhlé výroby. Dále je v práci vysvětleno propojení štíhlé výroby se strategií řízení Six Sigma a využití metodiky DMAIC. V praktické části je pak metodika DMAIC aplikována na vybraná pracoviště projektu, která jsou úzkým hrdlem celého výrobního procesu z důvodu přesahu výrobních normo hodin. Na těchto pracovištích proběhly optimalizační změny formou DMAIC redukující výrobní hodiny. Po zavedených změnách a ustálení procesu byla vyčíslena časová i finanční úspora dílčích pracovišť.

Klíčová slova

Lean, Six Sigma, nástroje Lean, metodika DMAIC, svařování, úspora výrobních hodin

Annotation

The aim of the diploma thesis is to save process time, it means production hours in the process of a selected company. The theoretical part describes lean manufacturing (LEAN) and the most commonly applied lean manufacturing tools. The thesis explains the connection of lean manufacturing with the Six Sigma management strategy and the using of DMAIC methodology. In the practical part, the DMAIC methodology is applied to selected workplaces of the project, which are the bottleneck of the entire production process due a lot of production hours. At these workplaces, optimization changes took place in the form of DMAIC reducing production hours. After the introduced changes and stabilization of the process, the time and financial savings of partial workplaces were calculated in cash.

Key words

Lean, Six Sigma, Lean tools, DMAIC methodology, welding, saving production hours

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam použitých zkratek.....	11
Úvod	12
1 LEAN.....	12
1.1 Historie a úvod LEAN ve výrobním procesu.....	12
1.2 Nástroje LEAN.....	14
1.2.1 FIFO.....	14
1.2.2 VSM.....	14
1.2.3 KANBAN.....	16
1.2.4 Ishikawa diagram.....	16
1.2.5 Yamazumi diagram.....	17
1.2.6 Ganttův diagram.....	18
1.2.7 Kaizen.....	18
1.2.8 Paretův diagram.....	19
1.2.9 Regulační diagramy.....	20
1.2.10 Špagetový diagram.....	20
1.2.11 Timestudy.....	21
2 Lean management.....	22
2.1 Druhy plýtvání ve výrobě.....	22
2.2 Metoda 5S.....	24
3 Lean Six Sigma.....	25
3.1 Six Sigma.....	25
3.2 Zlepšovací procesy.....	26
3.3 DMAIC.....	27
3.3.1 Fáze DEFINE-definování.....	27
3.3.2 Fáze MEASURE-měření.....	28
3.3.3 Fáze ANALYSE-analyzování.....	29
3.3.4 Fáze IMPROVE-zlepšování.....	31
3.3.5 Fáze CONTROLL-řízení a kontrolování.....	32
4 Seznámení se společností Bombardier Transportation Czech Republic a.s.	34
4.1 Aktuální projekty v České Lípě.....	35
4.2 Představení projektu RER.....	36
4.3 Pracoviště BOLSTER.....	39

4.3.1	Define	40
4.3.2	Measure.....	41
4.3.3	Analyse.....	45
4.3.4	Improve	49
4.3.5	Controll	52
4.4	Pracoviště ČELO.....	53
4.4.1	Define	54
4.4.2	Measure.....	54
4.4.3	Analyse	57
4.4.4	Improved	63
4.4.5	Controll	67
	Závěr	68
	Zdroje.....	70

Seznam obrázků

Obr. 1: VSM mapa [3]	15
Obr. 2: Ishikawa diagram [8]	17
Obr. 3: Ganttův diagram	18
Obr. 4: Špagetový diagram na pracovišti [16]	21
Obr. 5: Základní cyklus DMAIC metody [1]	27
Obr. 6: Dílčí kroky "Measure" [6]	29
Obr. 7: Dílčí kroky "Analyse" [1]	31
Obr. 8: Impact effort matice	32
Obr. 9: Situační plán BTCZ	35
Obr. 10: Vlaková souprava projektu RER	36
Obr. 11: Svařený vagon projektu RER	37
Obr. 12: Zjednodušený model procesní mapy haly I	38
Obr. 13: Pracoviště BOLSTER	39
Obr. 14: Layout pracoviště BOLSTER	39
Obr. 15: Vývoj výrobních hodin párů bolsteru	40
Obr. 16: Způsobilost procesu na pracovišti BOLSTER	41
Obr. 17: Diagram přidané (VA), nepřidané (NVA) a nezbytně nutně nepřidané hodnoty	45
Obr. 18: Paretův diagram pracoviště BOLSTER	46
Obr. 19: Návrh otočného ramínka	48
Obr. 20: Vizualizace a zvuková signalizace haly	49
Obr. 21: Otočné ramínko pro lepší ergonomii	50
Obr. 22: Porovnání průběhu zavádění změn na pracovišti BOLSTER	51
Obr. 23: Paretův diagram pracoviště BOLSTER	51
Obr. 24: Regulační diagram procesu pracoviště BOLSTER	52
Obr. 25: Rozpracovaný výrobek na pracovišti ČELO a hotová vizualizace produktu	53
Obr. 26: Vývoj výrobních hodin na pracovišti ČELO	54
Obr. 27: Ukázka časové analýzy	55
Obr. 28: Diagram přidané (VA), nepřidané (NVA) a nezbytně nutně nepřidané hodnoty	58
Obr. 29: Paretův diagram pracoviště ČELO před optimalizacemi	59

Obr. 30: Špagetový diagram pracoviště ČELO_elektrická síť	60
Obr. 31: Špagetový diagram pracoviště ČELO_materiál	60
Obr. 32: Špagetový diagram pracoviště ČELO_jeřáb a hlášení	61
Obr. 33: Nesystematické umístění vysokotlaké hadice se stlačeným vzduchem	62
Obr. 34: Diagram příčin a následků.....	63
Obr. 35: Matice impact effort	64
Obr. 36: Změněný layout v nové hale.....	65
Obr. 37: Vizualizace nového pracoviště ČELO.....	65
Obr. 38: Paretův diagram pracoviště ČELO	66
Obr. 39: Regulační diagram proces pracoviště ČELO	67

Seznam použitých zkratk

FIFO	-first in, first out
VSM	-value stream map
DMAIC	-metodika „define, measure, analyse, improve, controll“
DPMO	-defects per milion opportunnities
SIPOC	-analýza „supplier-input-process-output-costumer“
GDPR	-general Data Protection Regulation
cm	-centimetr
V	-volt
ks	-kus
SAP	-systems - Applications – Products
€	-Euro
OPP	-ochranné pracovní pomůcky
č.1	-číslo

Úvod

Téma diplomové práce bylo vybráno z důvodu pracovní příležitosti v oddělení neustálého zlepšování ve společnosti Bombardier. Obsahem pracovní náplně je kontrolování a stabilizace procesu, a proto jsem využil nabytých znalostí a přizpůsobil tomu téma mé práce. Cílem diplomové práce je uspořit procesní čas, tedy výrobní hodiny v procesu. Tomu předchází vytipování problémových pracovišť firmy z hlediska plýtvání času, nedodržení stanovených normo hodin na dané skupiny dílů a pracoviště následně optimalizovat za účelem finanční a časové úspory. Zároveň co nejefektivněji realizovat navrhované změny vedoucí k optimalizaci, případně změny teoreticky zpracovat pro možné další řešení.

V úvodu práce jsem zmínil o myšlení Lean, nástrojích, které Lean používá. Dále jsem popsal přístup Lean managementu, Six Sigma a kombinaci těchto dvou směrů Lean Six Sigma. Detailně jsem teoreticky rozpracoval metodiku DMAIC a následně jsem ji uplatnil v praktické části. V té jsem vytypoval dvě pracoviště, na kterých byla metodika DMAIC aplikována.

V závěru práce jsem shrnul získané poznatky, vyhodnotil analyzovaná data a spočítal celkové úspory, které jsem pomocí metodiky DMAIC uspořil v rámci závodu.

1 LEAN

1.1 Historie a úvod LEAN ve výrobním procesu

Kořeny Lean sahají do období Henryho Forda, který chtěl vyrobit co nejvíce automobilů za co nejkratší dobu. Seřídil výrobní úkony do jediné výrobní linky. Průvodními znaky této metodiky byl nedostatek financí a uspořit je šlo pouze v samotném procesu. Zároveň je třeba hromadná výrobu nahradit hromadným přizpůsobováním, jelikož rozmanitost zákazníků je velká. V této myšlence pokračovala firma Toyota, kde se následně Lean vyvíjel. Jejich moto bylo „Dohoňme Ameriku během tří let“. Díky 2. světové válce tak úspora peněz byla jedním z nejdůležitějších faktů v průmyslu a bylo třeba se na to zaměřit. Proto vznikla štíhlá výroba, Lean. Lean je soubor metod a principů, který se zaměřuje na identifikaci a eliminaci činností, které nepřinášejí hodnotu při tvorbě výrobků či služeb. Z této definice vyplývá, že vše ostatní jsou odpadní produkty či vznikající plýtvání. Tato metoda byla vyvinuta se zřetelem na zlepšování podnikových procesů

v průmyslové výrobě, uplatnění postupem času našla i v oblasti služeb či administrativy. Uvažování stylem Lean je jednoduché, přímočaré, logické, uspořádané a strukturované. Přístup Lean vychází z těchto principů:

- Identifikace činností, které se podílejí na postupném vytváření hodnoty. Výrobní proces je sled událostí, které se na tvorbě hodnoty odrážejí, od návrhu výrobku až k finálnímu předání zákazníkovi, od objednávky k dodávce, od materiálu potřebného k výrobě až po finální výrobek.
- Určení hodnoty z pohledu zákazníka procesu. Hodnota je jako výrobek nebo služba, která pokrývá určitou potřebu zákazníka, která mu je poskytnuta v čase a ceně, která odpovídá jeho představám.
- Uvedení procesů do chodu. Procesy ruší představy o často užívaném rozdělení podniků do samostatných oddělení. Procesy procházejí organizací bez respektování pravidel struktury podniku a umožňují každému účastníkovi, aby přispěl k tvorbě hodnoty.
- Snaha o dosažení dokonalosti je úsilí o snížení nákladů, časů a chyb, a to vše současně při vytváření výrobku či poskytování služby zákazníkovi.
- Řízení se potřebami zákazníka. Procesy jsou iniciovány potřebou dodávky konkrétního výrobku či služby. Vyrábí se tedy to, co zákazník chce a kdy to řekne. Tento přístup nahradil tradiční skladovou zásobu a prodeje tedy toho, co zrovna je skladem a k dispozici na trhu. [1]

Lean používá analytické nástroje a metody. Pokud má Lean přinést firmě úspěch, musí každý zaměstnanec pochopit toto myšlení. Lze jej použít v procesech, kde je důležitá výkonnost a snížení operačních nákladů, které se projeví ve snížení zásob či uspoření vynaloženého výkonu potřebného na výrobu produktu či služby. Lean je potřeba také tam, kde je potřeba procesy napřímít tak, aby čas mezi jednotlivými operacemi byl co nejkratší. Metodologie totiž představuje několik částí:

- Filozofický přístup, který je managementem prosazován v dlouhodobých strategických úkolech
- Zaměření se na proces jako na nositele kvality vytvářeného produktu nebo služby. Předpokladem této myšlenky je správně navržený proces, ve kterém budou výrobky dosahovat potřebné vlastnosti. Dále musí být proces vyvážený a plynulý

tak, aby nedocházelo k vyčerpání skladových zásob na různých pracovištích jinak.

- Vytipovat jednotlivce, kteří dodržují vyšší kvalitu vůči ostatním a podporovat je v osobním rozvoji tak, aby proces sami pozitivně ovlivňovali. [1]

1.2 Nástroje LEAN

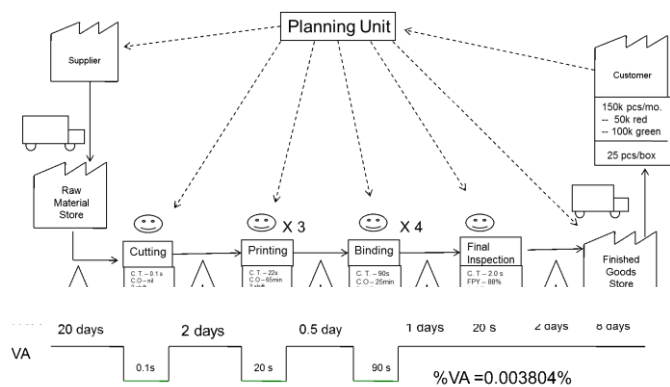
Pro využití Lean a štíhlé výroby se používají pomocné nástroje. Mezi první z nástrojů patří muda. Muda japonsky znamená plýtvání spotřebovávání. Je to spotřeba času z procesu, který nepřidává žádnou hodnotu zákazníkovi. Muri je význam pro přetěžování zaměstnanců či techniky. Naopak mura je nevyrovnanost procesu. Tato situace nastane snadno, pokud pracovníci nestíhají svoji práci či naopak vznikají prostoje. Dalším nástrojem je **5S (metoda viz kapitola 3.2)**. Pomocí tohoto nástroje se dodržuje pořádek a organizovanost na pracovišti.

1.2.1 FIFO

Metoda **FIFO**, aneb first in-first out, znamená uskladňování a manipulaci se skladovaným materiálem či informačním tokem tak, jak je metoda pojmenována. Pro řízení logistických toků slouží i Just in Time (JIT). Jedná se o přesné dodání určitého množství materiálu do předem zadaného místa v procesu v čas a v zadané kvalitě.

1.2.2 VSM

Value stream map (VSM) je mapa hodnotových toků, která zachycuje tok hodnot reálného procesu na pracovišti. Součástí jsou přesně stanovené procesní časy, manipulační délka, aktuální stav rozpracovaného výrobku, množství ve skladě před operací a po operaci, kapacita strojů. Cílem této mapy je graficky znázornit a vysvětlit vztahy a návaznosti jednotlivých pracovišť. Do mapy lze znázornit vyjádřenou efektivitu procesu či plýtvání v dílčích částech a mezikrocích výrobního toku. [2]



Obr. 1: VSM mapa [3]

VSM umožňuje komplexní pohled na veškeré procesní toky naráz. Pomáhá analyzovat plýtvání a určuje vztahy mezi materiálovými a informačními toky. Výsledek VSM je graficky viditelný a umožňuje tvorbu následně akčního plánu. [4]

Před tvorbou VSM je vhodné vybrat reprezentativní výrobní proces pro svoji náročnost a návaznost. Do mapy se vyznačí současný stav procesu a následně stav budoucí, který bude realizován. Mapa se tvoří od požadavků zákazníka směrem k dodavateli, tedy zprava doleva. Do VSM se zaznamenává čas cyklu (C/T), čas přetypování (C/O), počet operátorů a směn, procesní čas (P/T), stav zásob před vstupem a po výstupu z pracoviště a normo čas výrobku. Value Added Index Time (VA- index), index přidané hodnoty procesu, je podílem času přidané hodnoty ku celkové době trvání daného kusu.

$$VA\ index = (\text{čas výroby s přidanou hodnotou} / \text{celkový čas vzniklý výrobou produktu}) * 100 \quad (1)$$

Při tvorbě VSM je vhodné navrhnout teoretickou podobu nového procesního toku. Zavedením systému KANBAN či využití metody FIFO lze zavést systém tahu a kontroly nad skladovými zásobami a tím omezit vznikající plýtvání. Díky přehlednosti na mapě lze sledovat budoucí stav skladových zásob, počet operátorů na pracovišti, počet směn nebo počet vzniklých kusů na jednom pracovišti. To vše vede v ideálním případě ke zvýšení hodnoty VA-indexu. Ve finále je třeba veškeré navrhované změny nového procesního toku uskutečnit. Dále je nutné stanovit konečný termín realizace, určit přesně dílčí úkoly mezi pracovníky. [5]

1.2.3 KANBAN

Jak velké skladové zásoby firma má mít je součástí řízení firmy. Nejužívanější metodou či nástrojem pro řízení skladových zásob je KANBAN. KANBAN je v japonštině karta či štítek. Využívá se při synchronizace výrobních procesů a toků. Nejdelší průběžnou dobu výroby má ve výrobě zásoba rozpracované výroby a výrobních produktů. Proto je nejjednodušším způsobem v praxi vytvořit souvislý plynulý tok materiálu ve výrobě. Zamezí se tím řadě plýtvání. Ve většině podniků však plynulý tok materiálu nelze zajistit. Některá pracoviště v procesu jsou multifunkční a provádí se na nich více operací. Dochází tak k přetypování linky. Dalším problémem může být vzdálenost dodání od dodavatele, kdy je třeba vytvořit expediční plán. Neposledním důvodem vzniku KANBAN systému je dlouhý výrobní takt linky, který přímo nenavazuje na ostatní procesy v plynulém materiálovém toku.

Každá KANBAN karta má nastavenou minimální a maximální hladinu kusů pro každý produkt v regálu. Rychlý pohled na kartu ze strany skladníka okamžitě zjistí aktuální stav dostupného materiálu na lince. Karta by měla být založena v předposlední zásobní jednotce materiálu tak, aby před spotřebováním posledního dílce byly zásoby již doplněny i s příslušnou další KANBAN kartou.

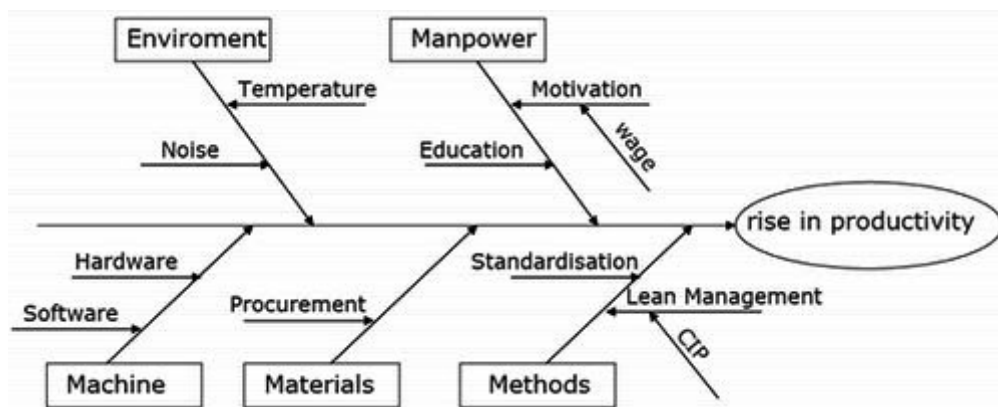
Předpoklady zavedení KANBAN systému:

- vyškolený, ale hlavně motivovaný personál
- vysoký stupeň opakování výroby, bez velkých výkyvů v poptávce
- vzájemně harmonizované kapacity
- rychlé postupy přetypování zařízení
- připravenost personálu v případě zvýšeného poptávky dělat přesčasy (částečná pružnost kapacit)
- rychlé odstranění poruch by měli zvládnout dobře vyškolení operátoři zařízení
- výkonná kontrola kvality přímo na pracovišti
- připravenost managementu na všech úrovních delegovat pravomoci
- správně navržený layout dílny, s tendencí k linkovému uspořádání (plynulé toky) [6]

1.2.4 Ishikawa diagram

Ishikawa diagram, rybí kost neboli diagram příčin a následků představil japonský inovátor kvality Kaoru Ishikawa. Diagram slouží k určení pravděpodobné příčiny

problému v zadaném procesu. Při meetingu či workshopu jsou shledány všechny potenciální zdroje problému a při sestavování diagramu tvoří hlavní problém hlavu „ryby“ a kosti vedoucí od páteře znamenají zmiňované potenciální zdroje problému či oblasti, ve kterých se mohou tyto problémy nacházet. Vedlejší kosti navazující na velké hlavní kosti znamenají konkrétní příčiny v daných oblastech. Diagram může být víceúrovňový a patří k jednomu ze sedmi základních nástrojů zlepšování kvality. Vyhodnocení diagramu může být komplikované. Vhodným řešením je každému členovi týmu z meetingu či workshopu přidělit imaginární body, které přidělí dle subjektivního hodnocení daným oblastem. Oblast problému s nejvíce imaginárními body se stane stěžejním cílem pro úspěšné vyřešení diagramu. [7]



Obr. 2: Ishikawa diagram [8]

1.2.5 Yamazumi diagram

Sloupcový Yamazumi graf je nástrojem pro optimalizaci procesů. Jeho snadné užití díky vizuálnímu zobrazení žadateli rychle dokáže rozpoznat problémy procesu a neustále lze proces zlepšovat. Do diagramu lze zadávat aktuální cykly, časy jednotlivých kroků či konkrétní operace procesu. Optimalizace linky se následně provádí zkoumáním jednotlivých částí v grafu s ohledem na přidanou hodnotu. Cílem zhodnocení Yamazumi grafu je docílit vyváženého procesu s přidanou hodnotou, který je zákazníkem žádaný. [9]

Při analýze procesů je třeba předem znát jejich výstup, tedy hodnotu, za kterou je zákazník ochoten zaplatit. Obecně Lean klade důraz na posouzení jednotlivých

přidružených činností do procesu podle toho, jak k tvorbě požadované hodnoty přispívají. Proto rozlišujeme hodnotu přidanou a nepřidanou.

- Přidaná hodnota VA

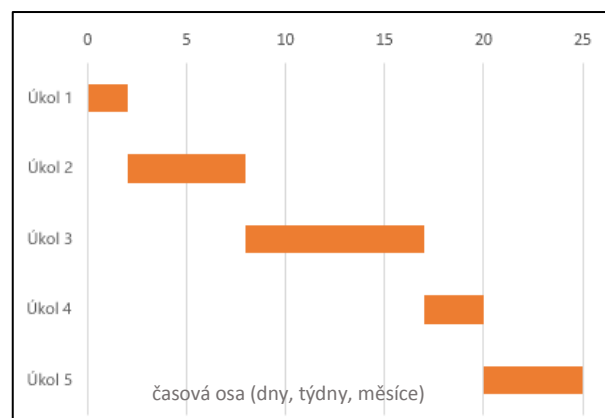
Činnosti přidané hodnoty přímo přispívají procesu. Jsou to takové činnosti, za jejichž výkon zákazník zaplatí vyšší cenu, než kdyby nebyly provedeny

- Nepřidaná hodnota NVA

Při procesu probíhají operace, které přímo výrobku či službě hodnotu nepřidávají, ale musí se uskutečnit na požadavek managementu či jiným důvodům. Pro zákazníka tedy nemají význam a jejich provedení se v ceně přímo nepromítne. [1]

1.2.6 Ganttův diagram

Pro znázornění naplánované posloupnosti činností v čase je vhodné využít Ganttův diagram. Diagram zobrazuje horizontálně (ve sloupcích) časové období, pro které daný projekt či plánování platí. Podle délky plánování se časové období rozčlení do daných časových intervalů roky, měsíce atd. Vertikálně (v řádcích) se zobrazují dílčí úkoly či aktivity. Délka trvání aktivit či úkolů je vztažena k časovému období ve sloupcích. Výhodou je tedy jeho vizuální přehlednost o aktuálním stavu projektu. Nejčastěji se využívá pro vedení projektu či koordinaci projektů v rámci podniku či programu (viz Obr.3). [10]



Obr. 3: Ganttův diagram

1.2.7 Kaizen

Vrcholový management podniku má na starost dva hlavní cíle výroby, a to udržovat a zdokonalovat proces. Udržovat stávající standardy a neustále zdokonalovat proces by

mělo být cílem každého pracovníka dané firmy. [11] To vede k zvyšování kvality, co nejrychlejší produkci při co nejnižších nákladech. Jedním z možných řešení pro neustálé zlepšování je zavedení inženýringu či naslouchat návrhům od pracovníků přímo z procesu. Komunikační tok informací by měl začínat od operátora výroby přes jeho přímého vedoucího až ke střednímu a vrcholovému managementu, případně obráceně. Kaizen přístup vyžaduje od vrcholového managementu velké úsilí, čas a kapitál. Jednorázové finanční injekce nenahradí stále se zlepšující a inovativní přístup jednotlivých složek firmy tak jako právě Kaizen. Inovace většinou zlepšují technologii/pracoviště, ale Kaizen je spíše investice zaměřena na pracovníky a jejich poznatky nedostatků z procesu. [11]

Vzhledem k neustálým změnám na trhu, a tedy i prostředí „okolo“ podniku, je i samotný podnik nucen se neustále přizpůsobovat, zlepšovat a měnit procesy. Jednotlivé procesy můžeme rozdělit do tří základních skupin:

1. radikální = změny prostřednictvím reinženýringu.
2. kontinuální = zlepšování znalostí a kvality pracovníků
3. evoluční = vybudování nových systémů v procesech, které lze dle požadavků a faktorů z venkovního prostředí lehce pozměnit.

Hlavním záměrem Kaizenu patří tedy vytvoření myslícího a stále se inovujícího podniku, do kterého je zapojeno co největší množství pracovníků ve všech procesech firmy. Metoda Kaizen patří k postupnému zlepšování. Ti jsou díky adekvátní finanční motivaci přistupovat k modernizacím a návrhům pozitivně a zvyšují tím výkonnost procesů a firma tím eliminuje plýtvání. [12] Toto systematické zkoumání procesu tvorby optimalizací a zlepšování pomocí Kaizenu je často označováno jako štíhlá výroba-lean production. Mezi prvními průkopníky patří automobilový závod Toyota, která je známá svým systematickým přístupem ke snižování plýtvání a eliminaci ztrát. [13]

1.2.8 Paretův diagram

Jedním z nástrojů pro definování a identifikování priorit je Paretův diagram. Název tohoto nástroje řízení kvality je odvozen od italského ekonoma Vilfreda Pareta, který definoval nepravidelnost bohatství rozloženého mezi lidmi. [14]

Diagram znázorňuje 80 % určitého pozorovaného jevu, který je ovlivněn 20 % příčin.

Zmiňovaných 20 % je nazýváno životně důležitou menšinou, která dokáže ovlivnit zbytek příčin. Výsledkem je pozorovaná veličina v grafu první v pořadí, na kterou se jako analytik máme soustředit, místo všech pozorovaných veličin zároveň. Tedy první 2-3 příčiny ovlivní zbylý proces nejvíce. Graficky znázorňuje kombinaci čárového (křivka) a sloupcového diagramu, který znázorňuje pozorovaná data různých četnostních tabulek či jevů. Křivka v grafu je tzv. Lorentzova kumulativní křivka a zobrazuje tedy kumulativní četnost jevů vyjádřených v procentech. [15]

1.2.9 Regulační diagramy

Společně s Paretovým diagramem, diagramem příčin a následků či histogramem je regulační diagram jeden ze sedmi základních nástrojů zlepšování kvality. Používají se také pro stabilizaci výrobního procesu a poukazují na charakter procesu. Díky regulačním diagramům se může sledovat pozorovanou veličinu v čase.

Při správném použití a nastavení lze regulačními diagramy upozornit na nežádoucí změny v procesu výroby. Management či vedení společnosti může tak včas reagovat a předejít finančním ztrátám. Mezi nežádoucí situace patří odklonění se od předepsané hodnoty (normy, standardy) či vzrůst variability procesu. Pro data s kvalitativními znaky (shodný/neshodný, OK/NOK) se využívá regulační diagram pro kvalitativní znaky srovnáváním. Jestliže mají data spojitý charakter (časové období, výška, průměr), používá se regulační diagram pro kvantitativní data. V praxi mezi nejznámější patří Shewartovy regulační diagramy.

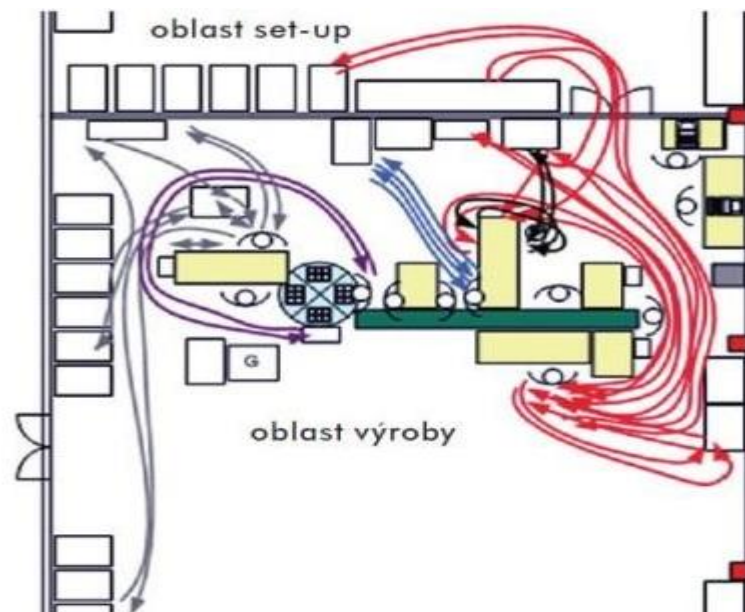
Pro sestavení Shewartova diagramu je třeba stanovit regulační meze (UCL, LCL) procesu. Tyto meze určují interval, ve kterém se s velkou pravděpodobností nacházejí charakteristiky hledaného znaku, pokud je proces v normálu a je kontrolovatelný. K určení nenáhodných seskupení signalizující přítomnost zvláštních příčin je třeba zakreslit centrální přímkou (CL). Předpokladem pro použití Shewartova diagramu je normalita dat.

1.2.10 Špagetový diagram

Tento typ diagramu graficky znázorňuje pohyb jednotlivých procesů ve výrobě. Jedná se o situační plán akcí, které probíhají v čase. Příkladem je pohyb materiálu či operátora na pracovišti. Špagetový diagram patří mezi základní nástroje při procesu optimalizace

pracovišť. Okamžitě je z něj totiž patrné, jakými místy materiál či operátor procházel a zda tato trasa nebyla zbytečná a označena za plýtvání. Při vhodném použití lze díky němu řešit změnu layoutu pracoviště či výrobní haly.

Špagetový diagram lze nakreslit ručně na papír či využít grafických softwarů. Vytvoří se postupným zakreslováním jednotlivých drah pohybů do plánu analyzovaného místa. Dráhy pohybu můžou být pro přehlednost číslovány či u každé dráhy uvést vzdálenost. V kombinaci s časovým snímkem studie se jedná o velmi silný nástroj pro utváření přehledu pohybu operátora na daném pracovišti.



Obr. 4: Špagetový diagram na pracovišti [16]

1.2.11 Timestudy

Timestudy, neboli časová analýza, je strukturovaný proces přímého pozorování operátorů a měření lidské práce pomocí času. Řídí se základním systematickým postupem:

- Analýza práce na malé, snadno měřitelné prvky či kroky operace
- Měření těchto prvků či kroků
- Třídění těchto prvků tak, aby vznikl kompletní produkt/služba

Pozorovatel nejprve provede předběžné šetření procesu tak, aby určil vhodné dílčí operace. Operace musí být opakovatelné a trvat určitý časový úsek, který je úměrný vykonávané práci. Následně pozorovatel provede náměr pracoviště pomocí stopek nebo

jiného pomocného nástroje (software, atd.). Počet opakujících se dílčích operací závisí na variabilitě práce a požadované úrovni přesnosti.

Časová studie (timestudy) je flexibilní technika vhodná pro širokou škálu prací za nejrůznějších podmínek. Navíc díky možnosti elektronického sběru dat patří mezi nejefektivnější nástroje analýzy procesu.[17]

2 Lean management

Lean management se především zaměřuje na maximální uspokojení každého zákazníka jednotlivě a na optimalizaci podnikových procesů všemi odvětvími. Toto myšlení je úzce spjata se štíhlou výrobou, plýtváním a Lean jako takovým.

2.1 Druhy plýtvání ve výrobě

Nutnost optimalizace pracoviště je vždy vyvolána plýtváním. Proto je znalost problematiky plýtvání důležitá a zásadní pro zlepšení toku materiálu či při zlepšování procesů ve výrobě. Plýtváním se myslí veškerá činnost v podniku, která stojí finance, a přesto má nepřidanou hodnotu podniku. Je tedy zároveň nevýdělečná. Plýtvání pak tvoří část koncové ceny zákazníkovi, který samozřejmě platit za nedokonalost platit nechce a podnik pak ztrácí zakázky a snižuje se i efektivita celého závodu. Jakékoliv zlepšení vede ke snížení plýtvání nejen z finančního hlediska, ale i v bezpečnosti, v oblasti ergonomie na pracovišti či zlepšení layoutu pracovního prostředí. [18] Existuje několik druhů plýtvání, na které se lze soustředit zvláště:

- **Čekání**

Čekání je druh plýtvání bez přidané hodnoty. Většinou se čeká jak na materiál, tak na operátora či stroj. Čekat se může však i na informace nebo na dodání opravovaného výrobního stroje, který by jinak tvořil hodnotu produkovaným výrobním produktem, za který platí zákazník.

- **Nadprodukce**

Špatnou logistikou či plánováním výroby a kooperací se skladovaným materiálem může vzniknout nadbytek vyrobených výrobků. Následkem jsou zvýšené náklady právě na skladovací jednotky a logistiku. Často je nadbytek krátkodobá záležitost a odstavení

návěsy tahačů tvoří improvizované sklady. Pro snadné zamezení tvorby nadprodukce je vhodné využít metodu Just in Time, která pracuje s plánováním výroby, dodacími dobami atd.

- **Zásoby**

Zbytečně mnoho rozpracovaných projektů, úkolů či dílčích témat k řešení stojí podnik pomalejší reakční rychlost a pozornost v prioritách aktuálního řešení. Dílčí pozice k přiřazeným dílčím úkolům se musí zaplatit, a to opět navyšuje výslednou cenu hotového produktu u zákazníka, který upřednostní jiného dodavatele z důvodu nižších nákladů a tím pádem výsledné ceny.

- **Zbytečná přeprava**

Jako čekání tak i zbytečně zdlouhavé přepravy materiálu potřebného pro vytváření hodnot je jedním z druhů procesu, který má nepřidanou hodnotu a tyto zbytečné časy se následně projeví v efektivitě výroby. Hlavním řešením bývá změna layoutu v rámci pracoviště nebo haly.

- **Nevyužitý lidský potenciál**

Každý operátor by měl myslet na to, jak si přidělenou pracovní náplň co nejvíce ulehčil při zachování kvality. Úkolem nadřízených pozic těmto operátorům by měla být motivace jejich nápady realizovat a příslušně je i finančně ocenit. To se většinou děje skrz formulář Kaizen, který je určen přímo pro „zlepšováky“ a po splnění určitých podmínek se odvíjí výše finančního ohodnocení. Proto ignorace lidského potenciálu je považováno za plýtvání.

- **Poruchy, chyby**

Pod tuto skupinu spadají všechny opravy výrobků či výroba chybných výrobků bez šance opravy. Patří sem i omyly a veškeré předělávání uvnitř firmy, jako jsou nesplněné sliby/aktivity, chyby v softwaru, reklamace atd. I když se chyby včas odhalí, stále už proběhl časový interval patřící právě do plýtvání.

- **Nesprávné výrobní postupy**

Vhodně zvolená technologie výroby či špatně zvolené či přizpůsobené pracoviště dané operaci způsobuje další plýtvání času a financí ve výrobě. Patří sem i zbytečná výroba výrobků s vyšší kvalitou, než zákazník požaduje. Sice je tato vlastnost chvályhodná, ale nemá žádnou přidanou hodnotu ani prestiž, pokud není zákazníkem vyžadována na dané úrovni.

- **Zbytečná komplexita**

Jednoho člověka zaúkolovat několika věcmi a udělat z něj univerzální článek výroby není nejvhodnější. Sice zastane převážnou většinu zadaných úkolů, ale nebudou stoprocentní. Tím se plýtvá jak jeho časem, tak následným časem pro opravu či nápravu na jeho řádně nedodělané úkoly. Dalším špatným příkladem je příliš mnoho lidí v kopii emailu či zbytečné meetingy, které nikomu neprospějí. [19]

2.2 Metoda 5S

Metoda 5S patří mezi hlavní metody, které napomáhají zlepšovat pracoviště. Úkolem metody je eliminovat plýtvání či ho minimalizovat a zlepšit bezpečnost na pracovišti. To vede ke zvýšení produktivity, zlepšení efektivity a lepší vytiženosti stroje. Myšlenkou této metody je organizace pracovního prostoru a jeho následná standardizace. Přeměna a potenciální organizace pracoviště probíhá právě v pěti krocích dle počátečních písmen této japonské metody.

- **Seiri-SEPAROVAT**

V první fázi veškeré věci a položky z pracovního místa roztrídíme do dvou skupin dle využití. První skupina tvoří věci potřebné k vykonání dané pracovní činnosti, a tedy je nezbytně nutnou součástí pro přidanou hodnotu procesu. Druhá skupina jsou věci nepoužívané pro danou pracovní činnost. Tuto skupinu je třeba odstranit.

- **Seiton-SETŘÍDIT**

První vytříděnou skupinu věcí a položek z předchozí fáze se snažíme umístit na pracoviště. Nejvytěžovanější věci jsou umístěni operátorovi co nejbliže, všechny věci mají jasně stanovené umístění v layoutu. Obvykle bývají určená místa pro rozměrnější věci vyznačena barevně na podlaze. Layout pak následně slouží jako standard pro podobná pracoviště.

- **Seiketsu-STANDARDIZOVAT**
Pro zamezení vyskytování se opakujících chyb a nepořádku se vzor pracoviště standardizuje.
- **Seiso-UDRŽOVAT**
Udržovací fáze spočívá v úklidu a čištění pracoviště. Jsou definována místa pro čištění a úklid, stejně tak osoba zodpovědná za úklid. Definovány jsou i prostředky, kterými je pracoviště vyčištěno.
- **Shitsuku-STÁLE ZLEPŠOVAT**
Poslední krok 5S metody je neustálé zlepšování prostředí a pracoviště. Zapojit by se do procesu zlepšování měli všichni pracovníci. Pro návrhy zlepšení slouží ve firmách určitý formulář či Kaizen, v němž zaměstnanec navrhuje změnu vedoucí ke zlepšení. Většinou je odměnou finanční ohodnocení pro navrhovatele. [20]

3 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma je řízený a systematický přístup podporující neustále zlepšování, který cílí na zákazníka a další významné zainteresované osoby. Kombinuje dva důležité trendy, a to zlepšování metodou Six Sigma a zrychlováním principem Lean. [21]

Podniky a společnosti Lean Six Sigma využívají ke zlepšení svých procesů výroby, snížení chybovosti a zmetkovitost, odchylek od cílového množství produktů a uspokojení jak zákazníků, tak i pracovníků na pracovišti.[1]

Variabilitu výstupu procesu určuje sigma σ a zároveň ukazuje chyby v daném procesu výroby. Čím vyšší hodnota sigma, tím vyšší návratnost zisku proces zaručuje. Proto existuje šest úrovní σ .

3.1 Six Sigma

Six Sigma je strategie řízení procesu vyvinutá firmou Motorola. Jejich šest úrovní σ aneb Six Sigma vyjadřuje návratnost a výtěžnost procesu. Strategie má za cíl identifikovat

a odstranit příčiny defektů a chyb v procesech výroby a obchodu. Nejpoužívanějším nástrojem této strategie je metodika DMAIC.[1]

- One Sigma = 690 000 DPMO ⇒ efektivita 31%
- Two Sigma = 308 000 DPMO ⇒ efektivita 69,2%
- Three Sigma = 66 800 DPMO ⇒ efektivita 93,32%
- Four Sigma = 6 210 DPMO ⇒ efektivita 99,379%
- Five Sigma = 230 DPMO ⇒ efektivita 99,977%
- Six Sigma = 3,4 DPMO ⇒ efektivita 99,9997%

Aplikovat Lean Six Sigma myšlení lze pouze, jsou-li respektovány tyto zákony:

1. Zákon trhu = trh se řídí preferencí zákazníka
2. Zákon pružnosti = potřeba rychlé reakce procesu změny
3. Zákon soustředění pozornosti = využití nástroje Paretův diagram
4. Zákon rychlosti = vychází ze změn rozpracovanosti v procesu (WIP)
5. Zákon komplexnosti a nákladů = čím je proces výroby složitější, tím vyšší jsou náklady a rozpracovanost v procesu (WIP) [22]

3.2 Zlepšovací procesy

Ve zlepšovateckých projektech se ve většině případů opakuje několik osvědčených postupů, v nichž jednotlivé kroky poznávání a aplikace získaných dovedností jsou strukturovány do určitých opakujících se cyklů. Většina metod funguje na principu „výběr-návrh-poučení“ či „výběr-návrh-přízpusobením“. Mezi nejznámější metody či modely patří:

- PDCA/PDSA

PDCA, neboli metoda „plánuj-dělej-kontroluj a jednej“, působí jak ve zlepšovateckém, tak projektovém managementu. Tato metoda je dnes známá spíše jako Deming-Shewhartův model se strukturou „udělej-zkontroluj-zasáhni“ se změnou kroku kontroly za „studium“ aneb „plan-do-study-act“.

- DMAIC

Základní cyklus spojený s oblastí Six sigma či s většinou projektů Lean Six Sigma. Základem je „define-measure-analyse-improve-controll“ (DMAIC, podrobnosti viz

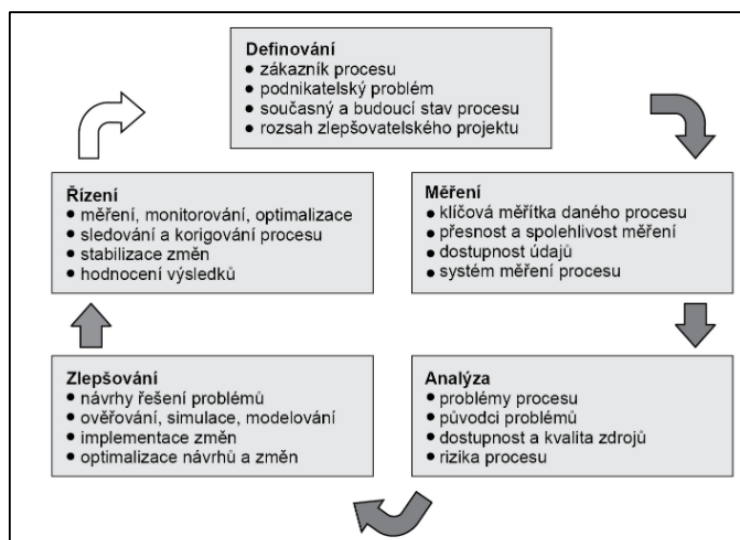
kapitola 4.3). Obdobou je metoda DMADV, která je využívána spíše v nově zavedených Six Sigma procesech a písmeno „D“ nahrazuje původní fázi „improve“.

- SCORE

Score, tedy „select-clarify-organize-run-evaluate“, je užívané pro Kaizen akce nebo probleskové zlepšování procesů v oblasti výkonnosti procesu. Akce Kaizen mají formu soustředění skupin lidí do krátkodobě vytvořených týmů pracujících na cyklu odpovídající DMAIC. [1]

3.3 DMAIC

Nejčastěji využívaným zlepšovacím procesem je DMAIC metoda. Svými zkratkami „definuj-měř-analyzuj-zlepši a kontroluj“ vystihuje svoji strukturu. Jednotlivé etapy DMAIC mají specifické cíle, na které jsou jednotlivé etapy zaměřeny.



Obr. 5: Základní cyklus DMAIC metody [1]

3.3.1 Fáze DEFINE-definování

Fáze DEFINE slouží k nalezení a pojmenování cílů projektu v souvislosti s pokrytím potřeb zákazníků procesu. Nejvyšší úroveň cílů podniku bývá většinou loajalita zákazníků, zvětšování podílu produktu na trhu či brzká návratnost investic. Hlavním cílem je jasné vymezení problému, který se bude následně analyzovat a řešit. Je tedy důležité problém přesně a podrobně popsat a ohraničit. K popisu současného stavu procesu se používá mnoho analytických a odhadovacích činností, které odhadují potenciální přínosy procesu a možná rizika v průběhu DMAIC. Mezi časté analytické

činnosti patří diagramy, procesní modely (SIPOC) nebo mapy toků hodnototvorných a nehodnototvorných činností. Součástí této fáze je rovněž získání základního vzorku měření a identifikace výchozího stavu v procesu, tedy baseline. [1]

Ve fázi DEFINE je nutné stanovit cíl, shromáždit potřebné aktuální informace o procesu, vybrat vhodný pracovní tým a přiřadit členům dané úkoly odpovídající jejich kvalifikacím. Na závěr pak vytvořit časový plán akcí. [23] Po provedení všech zmiňovaných akcí lze dosáhnout mnoha výhod. Například se rozvine společenské chápání podnikatelských priorit při řešeném projektu mezi členy týmu a dosažení společných stanovených cílů. Dále je důležité být neustále v kontaktu se zákazníkem, jelikož je nutné získat mnoho přesvědčivých důkazů, že projekt skýtá příležitosti pro zlepšení. Nutné je i stanovit realistický rozsah projektu v souvislosti s poskytnutými zdroji. Velké projekty potřebují větší zdroje a připouštějí oddálení termínu dokončení. Důležité je předem stanovit měření úspěšně dokončení projektu. Špatně stanovená metoda nemusí korespondovat s plánovaným cílem, a tím dochází k zanesení chyby. [22] SIPOC metoda je forma procesní mapy pohledem z vyšší úrovně. Využívá se při častých reklamacích ze strany zákazníka kvůli kvalitě výrobku, vysokým nákladům či dlouhé době k realizaci. Dodavatelem se v této metodě rozumí všichni, kteří poskytují cokoliv pro využití v samotném procesu, například materiál pro výrobu, záznamové formuláře nebo formulace. Vstupem je to, co dodavatel přidá do procesu výroby, například materiál či zmiňované informace. Výstupem je to, co vznikne v procesu, například výrobek, poskytnutá služba nebo informace sloužící směrem k zákazníkům či zaměstnancům. Posledním článkem SIPOC jsou zákazníci, buď interní v podniku nebo externí, kteří nejsou zaměstnanci podniku.

V neposlední řadě možný nástrojů v DEFINE fázi je benchmarking. Řešení problému nemusí nutně přinést pouze vnitřní zdroje podniku. Inspirace bývá čerpána i u konkurenčních podniků, které řeší obdobné problémy jinými metodami a úspěšněji. Učením se od konkurence přináší výhodu se učit novým věcem a přijít i na inovativní řešení problémů, které pak přinese podniku značnou konkurenční výhodu nad podnikem, od kterého se daný podnik učil. [24]

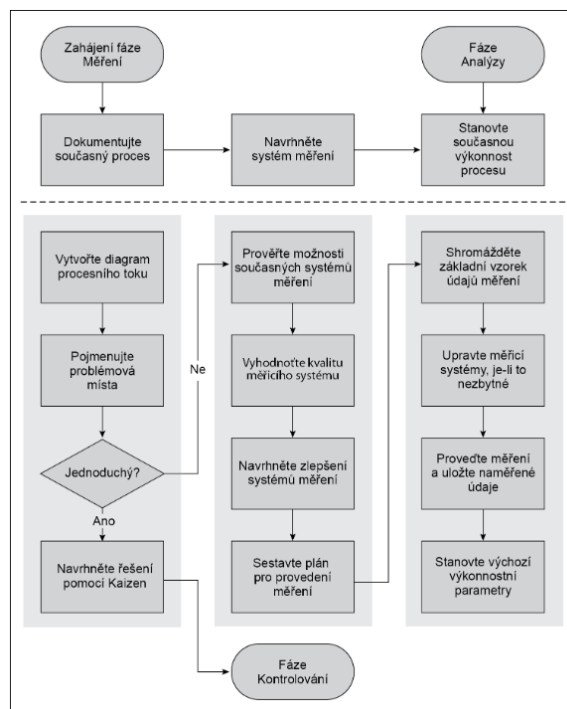
3.3.2 Fáze MEASURE-měření

Úkolem fáze „měření“ je získání údajů o chování současného procesu. Obsahuje komplexní měření a soustavu měřítek, která umožní sledovat vývoj zlepšovateľského

projektu a to, zda úsilí ve fázi „definování“ směřuje úspěšně k cíli. Tato fáze je komplikovaná a zdoluhavá. Je třeba zjistit, jaké faktory se podílejí na vzniku problému v procesu a co se skrývá za nízkou výkonností či kvalitou.

Pro zlepšení musíme vědět přesně, co zlepšit chceme a v jakém směru. Přímo na fázi měření navazuje fáze analýzy, která se opírá právě o naměřená fakta v této fázi. Informace o výkonnosti procesu před zahájením vylepšování je důležitým aspektem pro Lean Six Sigma. Měření procesu je nezbytné pro vytvoření podmínek k seberealizaci, pro sledování účinnosti nově zavedených změn a pro kontrolu a optimalizaci procesu.

Mezi měřicí nástroje patří například mapa hodnoty času, Paretovy diagramy či Yamazumi diagramy. Těmito nástroji lze odhalit nešetné nakládání s časem, materiálem nebo jiným zdrojem, který má potenciál pro zlepšení. Nejčastěji měřenou veličinou je čas výrobku strávený v určité fázi procesu. Důležité je však zachovat i neutrálnost měření tak, aby se nezanášela chyba měření kvůli subjektivnímu měření či frustraci členů v týmu.



Obr. 6: Dílčí kroky "Measure" [6]

3.3.3 Fáze ANALYSE-analyzování

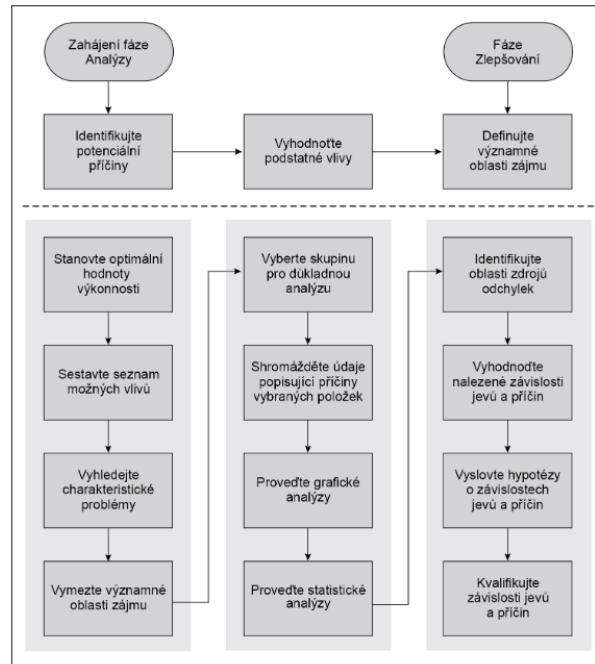
Jedná se o třetí fázi DMAIC metody, která hledá a analyzuje logické návaznosti v dosud nasbíraných a naměřených datech v předchozí fázi. Pomocí grafických, matematických

a statistických nástrojů zjišťuje příčiny, které způsobují rozdíl mezi současným stavem procesu a cílovým stavem, který byl definovat ve fázi „Define“. Typickým záměrem této fáze je odhalení trendů v časových řadách a odchylek v chování identifikujících problémová místa. Analýza současného stavu dokáže určit, zda se jedná o náhodnou událost, nebo o opakovaně se vyskytující problém v procesu.

Při sestavování popisných informací o výchozím stavu se využívají podobné metody jako ve fázi měření, jako Paretův diagram či Yamazumi diagram. Ty se používají zejména při hledání potenciálních důvodů prodlevy, zdrojů závad či spotřeby práce na opravy.

Toto využití diagramů je pro méně zkušené členy realizačního týmu snadnější, než grafy rozptylů a trendů. Pro hlubší využití statistických nástrojů lze testovat hypotézy, které byly ve fázi „měření a analyzování“ stanoveny. Příkladem může být analýza problémového místa s nadměrně dlouhým časem trvání. Uvede-li se hypotéza, že zácvik operátorů pomůže operaci zkrátit, naměříme čas skupiny v zácviku a bez zácviku. Výsledky se porovnájí a je-li skupina po zácviku na podobném procesním čase, jako skupina operátorů bez zácviku, hypotéza se zamítá a vyloučí se toto podezření v souvislosti se zaučením. Existuje i hledání závislostí mezi kořenovými příčinami a výsledným vznikajícím plýtváním, například pomocí regrese či Pearsonova koeficientu R. [24]

Pro hledání skutečných kořenových příčin je vhodné zvolit metodu 5 Why. Nejčastěji je využíván v automobilovém průmyslu. Slouží k určení pravděpodobné příčině. Postupem alespoň pěti položených „why“ se zjistí proč se problém vyskytl. Postup se zdá být zdoluhavý, avšak odstraněním ne-základních příčin nelze problém vyřešit beze zbytku a mohlo by docházet ke stále opakujícímu problému. [25] 5 WHY je například v Toyota Production Systém využívánější více než Six Sigma. V praxi se označuje jako „praktické řešení problému“.



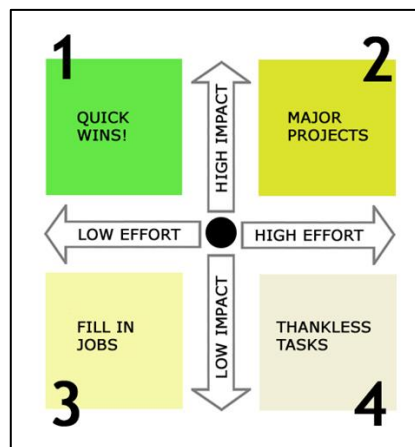
Obr. 7: Dílčí kroky "Analyse" [1]

3.3.4 Fáze IMPROVE-zlepšování

Po odhalení problému ve fázi „analyzování“ a ověření, zda vybočující měření nejsou pouhou náhodou, se přistupuje k hledání řešení a implementaci nových změn, tedy odstranění kořenových příčin. Fáze se zaměřuje na navrhování variant řešení problémových míst procesu a na výběru těch nejvhodnějších, které pomohou naplnit cíl zlepšení procesu. Součástí změn je jak kreativní práce navrhování nových postupů, stanovování technologických změn, tak vlastní implementace zvolených návrhů na změnu v procesu. V této projektové fázi lze generovat náměty, používání nástrojů určených pro jejich ověřování či aplikovat projektový management. Vše záleží na schopnostech sestaveného týmu. Navrhované náměty vycházejí zhruba z pěti až osmi klíčových příčin problémové jevu (Y) a jsme schopni popsat míru vlivu všech příčin (x) funkcí $Y=f(x)$. Je potřeba na základě znalosti problému umět nalézt způsob, jak problém eliminovat či snížit jeho rozsah. Pokud se problém týká kvality a zmetkovitosti, je vhodnější využít nástroje Six Sigma. [1] Pro úpravu času v procesním toku používáme spíše Lean.

Nejvyužívanějším nástrojem Lean v této fázi bývá metoda „5S“. Po shromáždění potenciálních řešení problému je třeba vybrat to řešení, které má největší šanci na úspěch. Pro vybrání vhodných řešení z hlediska nákladnosti a vynaloženého času může pomoci

impact effort matice, nebo také play off matice. Jednotlivá řešení lze posoudit dle schopnosti eliminovat analyzovaný problém, a zároveň z pohledu jednoduchosti uskutečnění. Jednotlivě vybrané varianty lze podložit detailnějšími zkouškami a analýzou tak, aby byly tou nejlépe uskutečnitelnou možností na zlepšení procesu. V reálné situaci totiž má jeden reálný problém několik možných řešení. Nesmí nastat situace, že se vyberou zlepšení, která stojí vysoké úsilí a prostředky na realizaci, avšak za pár týdnů bude proces v původním stavu.



Obr. 8: Impact effort matice

Na obrázku č.8 pole „Quick wins“ jsou uvedené věci či návrhy, jež lze uvést do procesu téměř hned, nestojí velké náklady a mají největší přínos. Do kolony „Major Projects“ patří spíše velké projektové věci, jako je změna softwaru, změna oddělení či technické dokumentace. Zkrátka to, co obnáší vysoké úsilí ale zároveň i velký dopad na změnu v procesu. Kvadrant „Fill in jobs“ jsou spíše výplňkové práce, které nehrají až tak velkou roli jak v náročnosti, tak v dopadu. Nicméně, při jejich realizaci dokáží realizované změny ušetřit i cenné minuty. Plýtvací čas, aneb „thankless tasks“, obsahuje změny, které podle selského rozumu nebudou nikdy realizovány. Změny stojí totiž velké úsilí s téměř nulovým dopadem na pozitivní změnu procesu. [26]

3.3.5 Fáze CONTROLL-řízení a kontrolování

Závěrečná část DMAIC seřazuje a zjišťuje výsledky, kontroluje zavedené změny a sleduje, zda se neobjevily nežádoucí dopady z nových změn a zda došlo k pozitivním výsledkům v procesu. Nastává okamžik, kdy zlepšený proces musí být stabilizován definovanými podnikovými řády a procedurami, které se odrazí v novém rozpočtu,

nových interních nařízeních či v manažerských nástrojích. Výsledné změny musí být nejen realizovány, ale musí být zajištěna jejich kontinuita a udržitelnost. Vlastník procesu musí být projektovým týmem upozorněn na klíčové změny, které byly provedeny. Zároveň by měly být stanoveny osoby, které budou proces nadále dlouhodobě kontrolovat. [1]

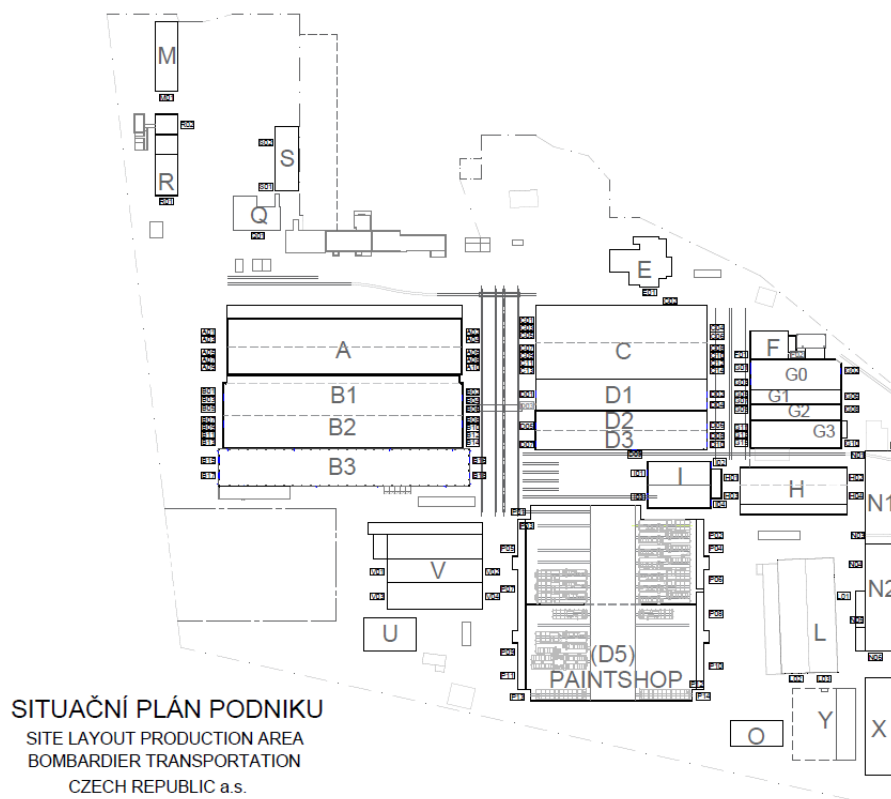
Nejčastějším nástrojem jsou regulační diagramy. Meze regulačního diagramu si stanovuje každý podnik sám dle požadavků zákazníka. Pokud se hodnoty vychýlí mimo tyto meze, je nutné příčinu prověřit. [22]

4 Seznámení se společností Bombardier Transportation Czech Republic a.s.

Společnost Bombardier je kanadský průmyslový koncern sídlící v Montrealu vyrábějící převážně letadla a kolejová vozidla. Byla založena 29. ledna 1942 Josephem Armandem Bombardierem. V letech 1942 až 1973 se zabývala vývojem osobních a nákladních sněžných skútrů. Prvním sněžné pásové vozidlo vyrobila společnost již v roce 1937. V letech 1974-85 byla uvedena na trh divize hromadné dopravy a v letech 1986-93 na trh letecký po odkoupení společnosti Canadair, která od roku 2017 patří koncernu Airbus Industrie. Sídlo Aerospace divize sídlí v Québecu v Kanadě. V letech 1993 až 2003 se portfolio letecké dopravy rozšířilo o letadla *CRJ*, *Global Express* a *Challenger 300*. O 2 roky později se uvedla na trh letadla jako *CRJ1000*, *CRJ Series* a *Q400 NextGen* a jako nová kolejová vozidla prorazila na trh vozy s označením *ZEFIRO*, *ECO4* a *PRIMOVE*.

V roce 2015 se sekce „aviation-letecká doprava“ oddělila jako samostatná divize a uvedla na trh nové typy letadel jako *AC Series*, *Global 7500/8000*, *Global 5500/6500* či *CRJ550*. Kolejová divize vyvinula nový model *AVENTRA*. V produktovém portfoliu „Bombardier aviation“ pracuje více než 24 350 zaměstnanců po celém světě a každé 3 sekundy vzlétne letadlo značky Bombardier. Portfolio „Bombardier transportation“ zaměstnává přes 40 650 zaměstnanců v 27 zemích a denně přepraví po celém světě okolo 500 milionů pasažérů. Začátkem roku 2020 však francouzský výrobce vlakových souprav Alstom odkoupil vlakovou divizi Bombardieru.

Výrobní závod v České Lípě byl založen v roce 1918 pod názvem N.p. Vagónka, která fungovala až do roku 1998 pod tímto názvem. V tom samém roce byla odkoupena firmou Bombardier. Celková rozloha činí přibližně 23 000 m², z čehož zastřešené plochy je 6 200 m². V České Lípě je zaměstnáno průměrně 1400 lidí, z čehož 80 % tvoří dělníci a 20 % white collar z 19 národností celého světa. Dvě třetiny zaměstnanců tvoří kmenoví zaměstnanci, agenturní zaměstnanci pak jednu třetinu. Bombardier Česká Lípa patří k největším firmám jak v okrese, tak i v kraji. Dokazuje to obrat z roku 2018, který činí 83,6 milionů Eur.



Obr. 9: Situační plán BTCZ

4.1 Aktuální projekty v České Lípě

V České Lípě bylo celkem 9 projektů, z čehož 2 projekty skončily v roce 2019. Project 1 je aktuální od roku 2007 do 2020 s nasmlouvaným počtem 2082 sad podskupin s možností rozšíření o 480 sad pro zákazníka. Sada je tvořena většinou podlahou, bočními stěnami, kabinou a střechou vozidla. Tento projekt má cílového zákazníka SNCF ve Francii, jako většina projektů. Dalším rozjednaným projektem je projekt M7. Projekt začal v roce 2016 s přislíbenou produkcí 355 sad do konce trvání projektu roku 2021. Dodatečně dodané množství zákazníkovi může činit až 710 sad. Výstupem projektu M7 jsou podskupiny, nikoliv kompletní vlakový vůz, pro francouzského zákazníka SHCB. M7 je zároveň projekt s produkcí nejvíce rozměrného vlaku s ohledem na délku a hmotnost. Jako jediný je tento vůz dvoupatrový a využívá nejmodernější technologie odpružení podvozku pro maximalizaci komfortu cestujících. Použitý materiál je zušlechťená ocel v kombinaci hliníku na mezipatro vozu. Kadence tohoto projektu je až 1 vůz (podskupiny vozu) za den. Významným projektem produkující kompletní vozové skříně je Talent SAAR a Talent FBY se smluvním závazkem od roku 2018 do roku 2020 se závazkem pro výrobu celkem 109 vozových skříní včetně finálního lakování.

Koncovým zákazníkem jsou německé společnosti SWEG a VLEXX. Kolejovým vozidlem jsou i tramvaje a s nimi společný projekt LRV se čtyřletým kontraktem od roku 2019. Hotové soupravy i s finálním lakem se dováží do Rakouska, kde slouží jako městská hromadná doprava.

4.2 Představení projektu RER

Vlakové soupravy projektu RER se ze surového materiálu (materiál dovezen přímo z oceláren) připravují v závodě v České Lípě. Kompletace vozu do finální podoby zajišťují závody ve Francii, do nichž se z České Lípy přepravují kompletní sady svařených podskupiny (flatpacků) kamionovou dopravou.



Obr. 10: Vlaková souprava projektu RER

Vyrobený flatpack je sestaven z centrální zakřivené střechy vozu (central roof), rovné střechy (flat roof), centrální boční stěny v páru (sidewall), párovou malou boční stěnou v několika typech (small sidewall), čelními futry (endwall) a podlahou samotného vlaku (underframe). V rámci projektu RER probíhá na dílčích pracovištích svařování, rovnání i výroba potřebných dílců pro kompletaci v primárních provozech. Potřebné dílce pro následnou kompletaci svařováním jsou ošetřeny speciálním ochranným filmem hnědé barvy, který umožňuje dílce skladovat na potřebnou dobu bez degradování materiálu (viz Obr. 11).



Obr. 11: Svařený vagon projektu RER

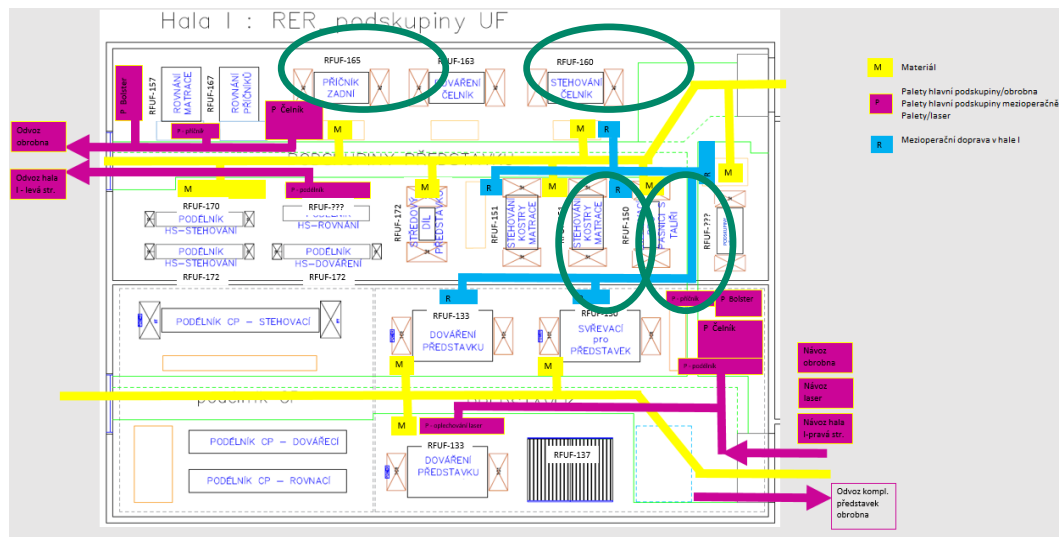
Průměrně se kompletní flatpack připravený k odeslání do Francie vyrobí za 3 478 výrobních hodin. Cíl je však nastaven managementem na 2 136 výrobních hodin. Z tohoto důvodu byl vybrán právě tento projekt pro řešení diplomové práce pomocí DMAIC metody.

Dalším důvodem pro výběr právě tohoto projektu bylo provedení pravidelného namátkového interního auditu 5S. Tento audit proběhl na hale I, která patří kompletně celá pod projekt RER. Dle dosažení relativně nízkých bodů z tohoto auditu bylo třeba v souvislosti na bázi dlouhodobého sledování výrobních hodin v tomto projektu provést optimalizaci několika pracovišť.

Pracoviště projektu RER se nachází hned v několika halách podniku. Nejvíce pracovišť se nachází ve zmiňované hale I, dále pak část pracovišť je umístěna na hale D a na hale R. Poslední pár pracovišť sousedí s projektem M7 na hale B3. Pracoviště jsou převážně menších rozměrů určených dle velikosti vyráběné podskupiny, odhadem 20-30 m². Větší pracoviště kompletují pak střechy a podlahy vozů.

Kromě pracoviště ČELO, které se v průběhu DMAIC metody přestěhovalo z haly R na halu V, jsou veškerá analyzovaná pracoviště na hale I. Ve zjednodušené procesní mapě jsou zvýrazněna pracoviště, které byly vytypovány pro aplikaci metodiky DMAIC. Metodika DMAIC byla pojata oddělením Performance podniku. Na veškeré změny bylo nahlíženo z technologického hlediska, z hlediska jakosti, z hlediska Lean Six Sigma i ergonomie na pracovišti tak, aby výsledné změny vedly ke snížení výrobních hodin a zvýšení tak celkové produktivity projektu RER.

Z tohoto důvodu byl sestaven pracovní tým, který obsahoval člena z oddělení Speciální svařovací procesy, technologický dozor, člena z oddělení Performance a zástupce z oddělení Návrh výrobních linek. Tito členové tvořili pomyslné pilíře společně v kooperaci s externími firmami, které zajišťovaly výrobu a dodávku potřebných materiálů.



Obr. 12: Zjednodušený model procesní mapy haly I

Čtyři z pěti pracovišť se nachází na hale I. Jednotlivá pracoviště společně kontinuálně nesouvisejí. Na každém pracovišti je umístěn KANBAN systém či skladové místo pro primární materiál potřebný k následnému svaření dané podskupiny. Zhotovená podskupina na každém pracovišti se přepravuje multikárou rovnou na expedici, či je přesunuta na rovnací pracoviště. Rovnací pracoviště slouží k vyrovnání podskupiny z důvodu deformace při svařování či nahřívání železa. Železo mění vlivem teploty svoji vnitřní strukturu a disponuje velkou roztažností při nedodržení technologických postupů.

Z těchto pěti pracovišť, kde byl zjištěn problém s překročení výrobního času, byly vyprány pro moji diplomovou práci právě dvě z nich. Na hale I pracoviště BOLSTER a na hale R pracoviště ČELO. Vybrány byly jako nejužší hrdlo celého procesu, tedy jako nejvíce problémová pracoviště. Směnnost na pracovištích by měla probíhat po dvou osmihodinových směnách, tedy na ranní a odpolední směně. Vzhledem k epidemiologické situaci se tato směnnost hůře dodržuje buď z důvodu onemocnění či

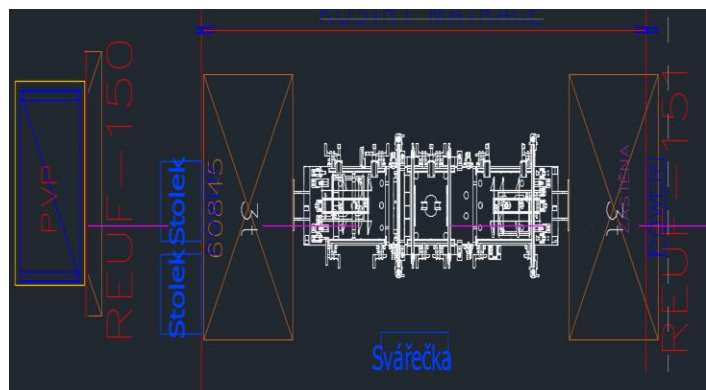
permanentní fluktuace v podniku. V průběhu DMAIC byla pouze směna ranní na obou pracovištích.

4.3 Pracoviště BOLSTER

Prvním navrhovaným pracovištěm na optimalizaci je pracoviště s interním označením BOLSTER. Na tomto pracovišti vzniká „bolster“, neboli matrace či také podpěra vagonu. Probíhá zde kompletace samotné matrace a pásnice (nosná výztuha). Obě tyto části slouží k podpoře konstrukce při namáhání v tlaku. Proto jsou na toto pracoviště vyvíjeny vyšší nároky na kvalitu výrobku.



Obr. 13: Pracoviště BOLSTER



Obr. 14: Layout pracoviště BOLSTER

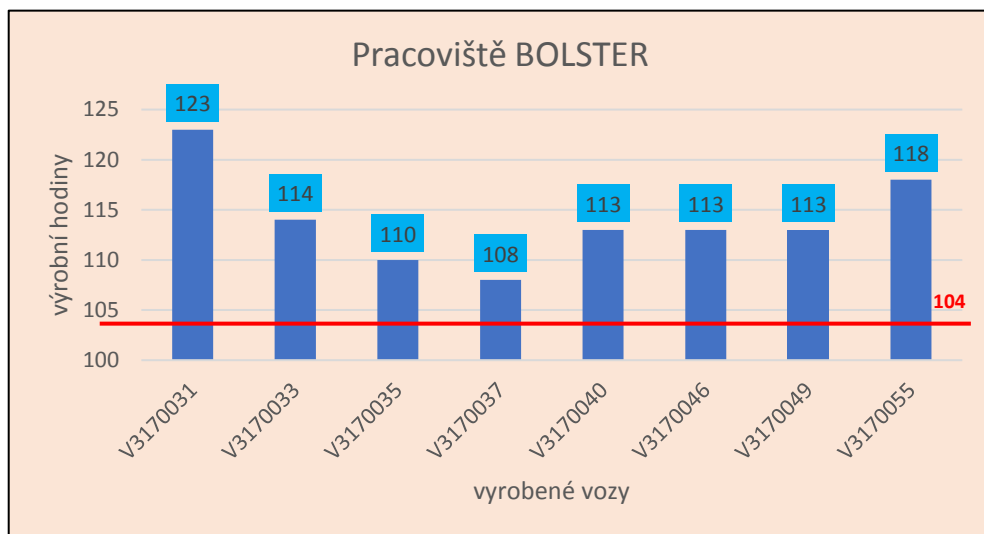
Pracoviště je svojí plochou veliké zhruba 10 m², patří tedy ke středně velikým. Snazší obsluhu bolsteru umožňuje otočný svařovací stůl otáčející se ve své ose a posuvný vertikálně. Svářečka je umístěna na jedné polovině, svařování ze všech stran pomáhá dlouhý svařovací kabel. Odkládací stolek pro vyplňování dokumentace procesu či výměnu brusného materiálu je umístěn na jedné straně pracoviště vzdálen odhadem 3 metry od výchozího svařovacího místa. Materiálové zásoby pro operátora jsou umístěny až za odkládacím stolem zhruba 5 metrů od výchozího místa. Svářeč svařuje na obou polovinách pracoviště.

Pro aplikovanou DMAIC byla doba určená nejvyšším managementem na dobu 1+3 měsíce, tedy 1 měsíc provést definování, měření, analýzu a zavedení nových změn s tím, že další 3 měsíce bude probíhat kontrolní fáze. Toto pracoviště startovalo dne 3. února 2020 s deadline termínem 3. dubna 2020.

4.3.1 Define

Toto pracoviště bylo vybráno na optimalizaci z důvodu časové náročnosti výrobních hodin. Patří společně s dalšími pracovišti mezi pracoviště s největším potenciálem pro změnu. Jak již bylo zmíněno, jeden flatpack se vyrábí průměrně 3 478 hodin a cílem je 2 136 hodin. Proto se dle sledování výrobních hodin vybralo toto pracoviště.

Dle obrázku č.15 je patrné, že posledních 8 vozů přesahuje průměrně o 20 %. Bolster je svařován vždy jako pár pro jeden konkrétní vůz a sledování proběhlo dle SAP postupně dle vyrobených vozů/flatpacků. Dle normy stanové pro 1 ks bolsteru je třeba 52 výrobních hodin, tedy 104 hodin pro jeden pár. Výrobní vozy byly sledovány od konce roku 2019, kdy proběhly poslední nepatrné změny v technické dokumentaci a začátkem měsíce února roku 2020 měla začít optimalizace pracoviště. Proto bylo sledováno pouze 8 po sobě jdoucích vozů. Na ose x jsou vyznačeny čísla vyrobených flatpack vozů, svislá osa y zobrazuje výrobní hodiny zkonsumované dílčími vozy.

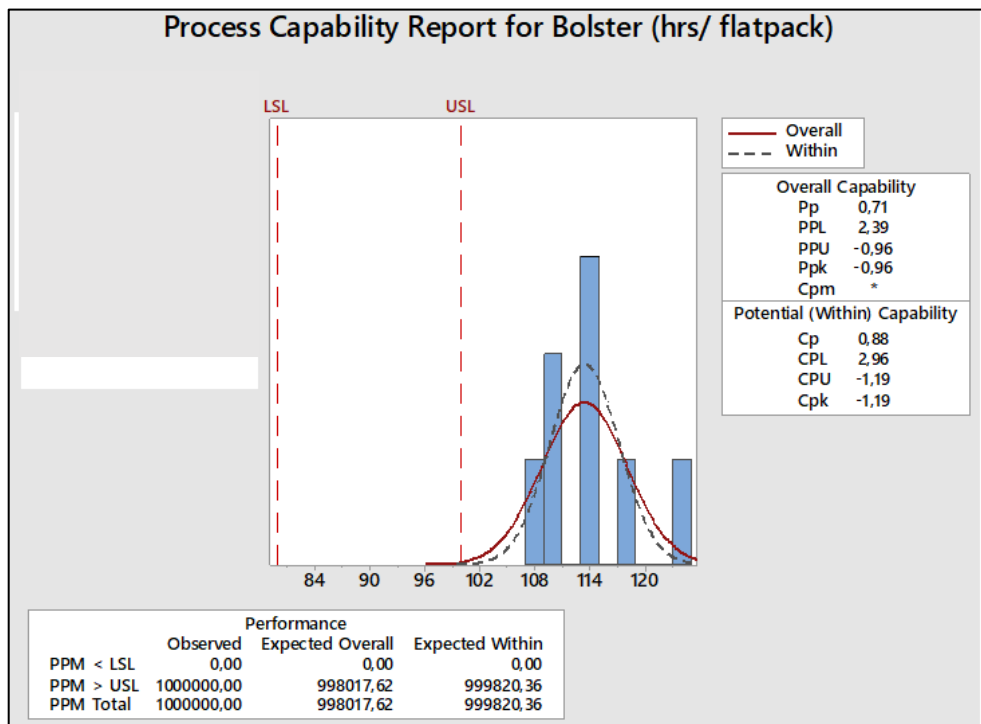


Obr. 15: Vývoj výrobních hodin párů bolsteru

Dle obrázku č.15 se vůz s označením V3170037 přiblížil dané normě s počtem 108 výrobních hodin na pár bolsteru. Je tedy výjimkou, která potvrzuje možnou uskutečnitelnost a dodržení stanovené normy. Společně s realizačním týmem po uskutečnění workshopu bylo stanoveno snížení procesu o 10-15 % z posledních sledovaných osmi vozů, které tvoří baseline zaokrouhleně 104 výrobních hodin, tedy zhruba 90 hodin/pár bolsteru. Průměrný čas posledních 8 vozů je 114 hodin.

4.3.2 Measure

Z důvodu seznámení se s pracovištěm z hlediska výrobních hodin potřebných na vyrobení páru bolsteru bylo třeba analyzovat chování procesu. Pro zanalyzování posledních 8 vyrobených párů bolsteru byly stanoveny toleranční hranice stanovené zákazníkem. Mezi spodní a horní toleranční hranicí by se měl proces za ideálních podmínek nacházet, tedy mezi 80 a 100 výrobními hodinami na vyrobený pár. Tyto hodnoty jsou zobrazeny na ose x. Osa y znázorňuje četnost vyrobených párů.



Obr. 16: Způsobilost procesu na pracovišti BOLSTER

Průměrná hodnota výrobních hodin je stanovena osmi posledními vyrobenými páry hodnotou 114. Process Capability byl vytvořen za předpokladu normálních dat. Potvrzení normality stanovila hodnota testové statistiky P-Value 0,230. Za předpokladu hodnoty větší než 5 % jsou data považována za normální ($0,230 > 0,05$).

Fáze měření proběhla co nejefektivněji, aby se proces zachytil kompletní a mohlo se jedno měření prohlásit za dostatečné z důvodu časové a finanční náročnosti. Pro ideální statistické vyhodnocení by bylo vhodné provést alespoň 2-5 měření.

Před samotným zahájením měření bylo třeba se obeznámit s technickou dokumentací daného pracoviště. Technolog optimalizačního týmu osvětlil a definoval přesné postupy

svařování, popsal jednotlivé pojmy a nezbytně nutné operace s nepřidanou hodnotou procesu, bez kterých proces nemůže plynule proběhnout.

Měření na pracovišti bylo provedeno fyzickým náměrem pozorovatele (timestudy) společně s využitím průmyslové kamery, která zachytila přesčasové hodiny a celý kontinuální záznam je evidován jako průkazný materiál o procesu. Z tohoto důvodu bylo třeba získat písemný souhlas o ochraně osobních údajů, tedy GDPR. Všichni operátoři byli o souhlas požádáni, byli seznámeni se záměrem a využití náměru daného pracoviště a dobrovolně souhlasili.

Naměření začalo vždy 5 minut před zahájením směny tak, aby operátor byl včas s náměrem obeznámen a proces nebyl v průběhu měření narušován. Měření spočívalo v kontinuálním zaznamenávání všech kroků a činností operátora včetně dodržování předepsaných přestávek do tabulky v Excelu s případnými poznámkami, které byly následně probrány po směně s operátorem či vedoucím směny. Následně jsem provedl analýzu obrazu a tu jsem rozdělil na operace zvýrazněné tučně v textu.

Po důkladném proškolení o způsobu provedení náměru byly po předběžném průzkumu pracoviště stanoveny zmiňované opakující se operace operátora. První stanovenou operací byla **přestávka**. Jakákoliv osmihodinová směna má ze zákona stanovou 55minutovou přestávku, tedy 30 minut na oběd a zbylých 2 x 10 minut slouží jako protihluková bezpečnostní přestávka. V každé směně je přesně definovaný čas, kdy lze přestávku trávit mimo pracoviště v místech tomu určených. Mimo přestávku je možné v průběhu směny dodržovat pitný režim, který je z logiky věci pojmenován jako operace **pítí**.

V operaci **příprava pracoviště** je zahrnuta veškerá činnost operátora potřebná k hladkému průběhu výroby daného úkolu pro danou směnu. Mezi dílčí, ne však obecně opakující se činnostmi, patří přihlášení se do systému výroby, roztažení prodlužovacích kabelů, zapnutí veškerých elektrozařízení a příprava pracovních pomůcek/nářadí. **Svařování** patří k nejdůležitějším operacím, neboť touto operací vzniká výsledný produkt. Samotná operace začíná zapálením svařovacího oblouku, kdy svářeč kontinuálně svařuje a končí, když je oblouk přerušen s následně navazující operací. Bodování, jednoduše řečeno-přerušované svařování, kdy operátor nesváří kontinuálně, je považováno též za operaci svařování. Se svařováním souvisí i operace **příprava pro svařování**. V této operaci je zahrnuta veškerá příprava týkající se svařování, například

zapnutí/vypnutí svářečky. Dále sem patří veškerá obsluha svářečky, výměna svařovacího drátu, plynové bomby či neodkladný servis svářečky. Také do této operace bylo zahrnuto oblékání ochranných pomůcek potřebných ke svařování (rukavice, kukla, filtr). Po svařování následuje zpravidla **příprava pro broušení**. Po svařování vznikne struska, kterou je třeba povrchově opracovat-obrousit. Operátor si musí veškeré brusné nářadí připravit, připravit spotřební materiál, jako je smirkový brusný či řezný kotouč, brusné diamantové hlavy nebo různé frézy. Tímto nářadím operátor brousí vzniklý svár, nebo také brusný ochranný nátěr kovu právě před svařováním. Proto byla zvolena i operace **broušení**. Brousí se i ochranný nátěr, kterým je opatřený každý dílec, se kterým se bude v procesu pracovat. Surově zpracované železo podléhá korozi, ta je důvodem nanášení ochranného filmu hnědočervené barvy. Při svaření dílčích podskupin je i vzniklý svár třeba ochránit vůči korozi právě **nátěrem PPA** (název operace). Po broušení je vždy třeba opotřeбенé brusivo odstranit z pracovní plochy či výrobních dílců. Odstranění kovových třísek je prováděno stlačeným vzduchem vedeným ve vysokotlakých hadicích, kterými operátor manipuluje na pracovišti. Po odstranění kovových třísek z pracovního stolu následuje operace **úklid pracoviště** (název operace). Čas vymezený pro tuto činnost je interně stanoven na 10 minut před ukončením dané směny. Činnost **dokumentace** provádí operátor vždy po dokončení dílčí rozpracované části dílce, nebo také při vyplňování kontrolních činností týkajících se svářečky a její pravidelné údržby. Operátor vyplňuje do předem připravených dokumentů potřebné informace o časové náročnosti svařování, informace o bezproblémovém průběhu či vyplňuje ostatní doplňující informace o procesu. Do této operace patří i čtení výkresové dokumentace s přesně popsaným postupem výroby.

V technické dokumentaci je oddělením technologií a oddělením konstrukce definováno, kdy je třeba provést odbornou kontrolu technologem. Pro tuto operaci **kontrola a čekání na kontrolu** je v interním výrobním systému zavedena samostatná operace, která striktně odděluje čas potřebný pro výrobu od časem stráveným předepsanou kontrolou. Na tomto pracovišti je kontrolou myšleno především kontrolování teploty ohřátého materiálu. Operace **ohřev** spočívá v manuálním nahřívání materiálu acetylenem v tlakové nádobě. Cílová teplota ohřátého materiálu je uvedena v technickém výkresu. Ohřev je na tomto pracovišti potřeba víc než na jiných. Bolster je konstrukčně složitějším výrobkem, který potřebuje pro dokonalé usazení a rozměření mnoho teplotních roztažností. Při zakládání či dokončení svařeného dílce je třeba mostový jeřábem hotový produkt předat na další

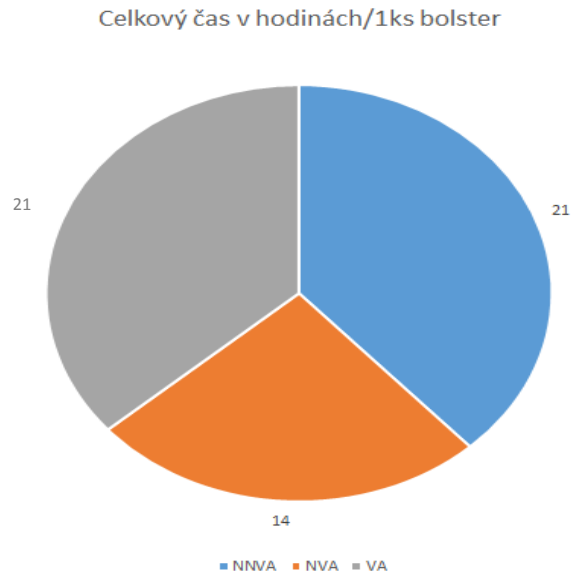
pracoviště či jej předat expedici. K této činnosti slouží operace **jeřáb**, kdy operátor musí dodržet přísnější bezpečnostní nařízení pro obsluhu jeřábu a přinést dálkový ovladač jeřábu. Následuje samotná manipulace jeřábu i s dílcem.

V operaci **upínky** operátor **zakládá do přípravku** na pracovním stole materiál k výrobě. Upínací svorky zajišťují a aretují materiál na pracovním stole. Při zakládání materiálu je třeba materiál donést ze zásobovacího vozíku či regálu a řádně umístit do upínacích svorek. Tyto dvě operace na sebe těsně navazují. Po založení materiálu do přípravku a upnutí na pracovním stole je třeba **rozměřování** (operace) vzdáleností mezi styčnými body, které stanovuje výkres. Rozměřování provádí operátor manuálně svinovacím metrem či pomocí dorazů na pracovním stole.

Při nenaskladnění materiálu, poruše svářečky či jiných okolnostech nastává operace **bez aktivity**. Do této aktivity spadá logicky i neaktivní činnost operátora či jeho nekázeň. Zpětně je třeba dohledat příčinu nastání této operace skrz teamleadera směny či supervizora projektu. Druhou nežádoucí aktivitou, která nepřináší procesu žádnou hodnotu je operace **mimo pracoviště**. Myšleno je tím veškerá chůze, pohyb a aktivita konaná mimo vytyčené pracoviště. Tato situace může nastat, pokud je operátor nucen nedostatečnou ergonomií pracoviště opustit a donést potřebný nástroj či materiál. Při zachování kontinuity procesu probíhá i operace **komunikace** mezi jednotlivými výměnami směn či mezi operátorem a teamleaderem. Nežádoucí situací je i nepotřebná komunikace dvou a více operátorů z odlišných pracovišť, která brzdí proces.

4.3.3 Analýze

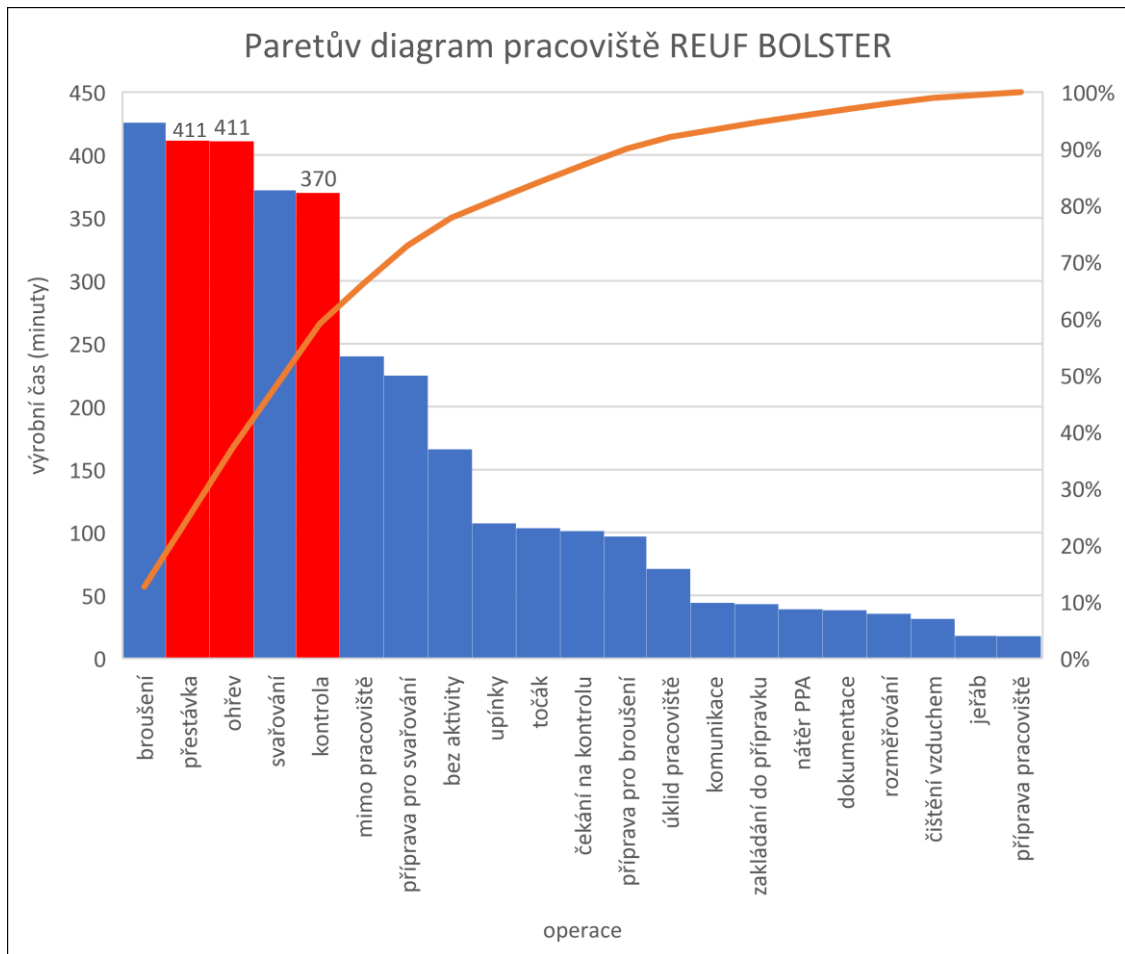
Po naměření pracoviště BOLSTER, které trvalo nepřetržitě sedm pracovních dnů z důvodu jednosměnného provozu, bylo třeba vyhodnotit naměřená data.



Obr. 17: Diagram přidané (VA), nepřidané (NVA) a nezbytně nutně nepřidané hodnoty (NNVA)

Zhotovit 1 kus bolsteru trvalo operátorovi při náměru 3 370 minut procesního času, zaokrouhleně tedy 56 hodin. Z tohoto času tvoří přidanou hodnotu pouze 21 výrobních hodin. Již tato hodnota napovídá výskytu problému v procesu. Pro bližší zjištění problému bylo třeba rozklíčovat proces dle předem stanovených operací.

Dalších 14 hodin procesu z celku byla čistě nepřidaná hodnota, to v přepočtu znamená 25 % času byl operátor neproduktivní a pro firmu ztrátový. Zbýlých 21 hodin je čas strávený nezbytně nutnými operacemi, bez kterých by proces nemohl proběhnout, avšak nepřidávají hodnotu výrobku. Pomocí Paretova diagramu byly graficky znázorněny dílčí operace a zjištěna „životně důležitá menšina“, či následné operace, které mají v pořadí největší podíl na ztrátovém čase.



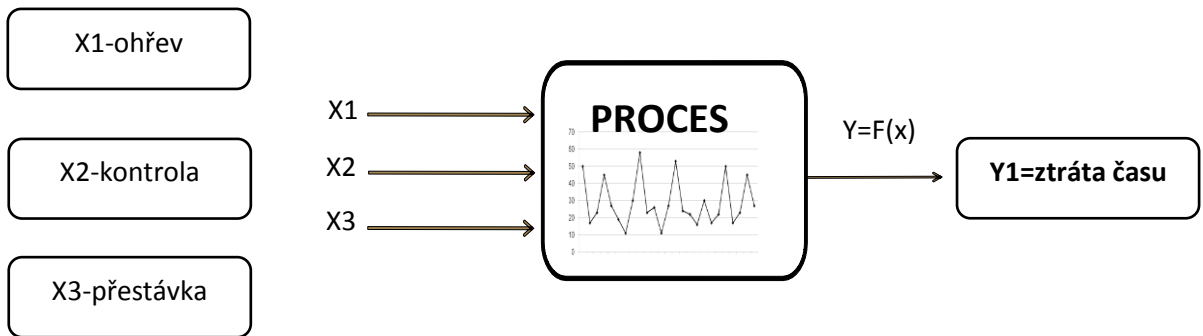
Obr. 18: Paretův diagram pracoviště BOLSTER

Po provedení časové analýzy bylo zjištěno, že nejčastější operací na tomto pracovišti bylo broušení. Broušení je definováno jako operace s nezbytně nutnou nepřidanou hodnotou. V prvních pěti operacích bylo pouze svařování jako operaci s VA. Technolog následně sdělil informaci, že broušení je bohužel nezbytně nutnou operací celého procesu, na které se výrobní čas zkrátit z technologického hlediska nemůže.

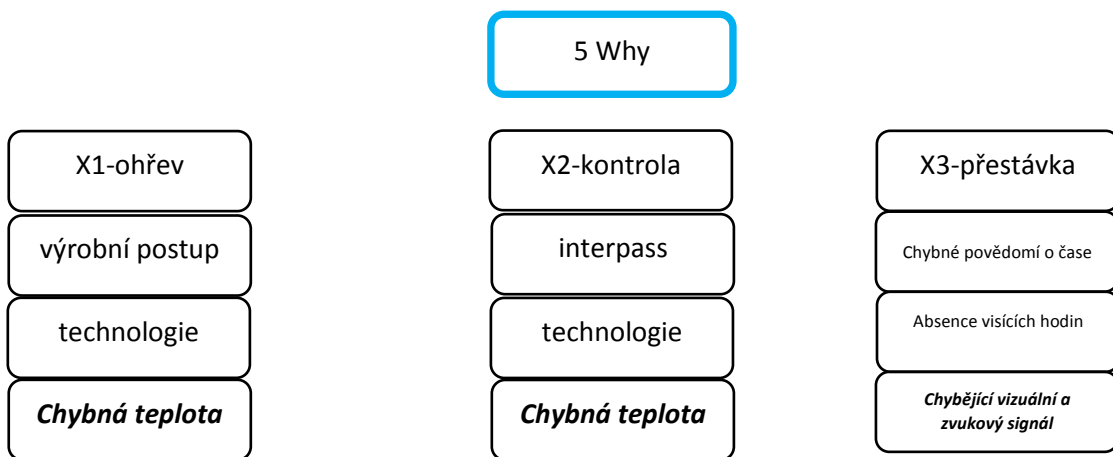
Během sedmi dnů, tedy během sedmi ranních směn by hodnota při řádném dodržování neměla přesáhnout hodnotu 385 minut, tedy předepsaných 55 minut za směnu. Naměřilo se však 425 minut. Při detailním zaměření se na dodržování přestávek byl zjištěn fakt, že operátoři začínali přestávku předčasně a pracovní proces začínají se zpožděním. Z přestávky na 10 minut se pak stala 15minutová. Druhým faktorem nepřesného dodržování byla situace, kdy operátor neměl povědomí o reálném čase a přestávku vykonává kdykoliv dle vlastního uvážení.

Operace „ohřev“ byl třetí nejčastější operací operátora. Operátor často nahříval materiál, následně čekal na vychladnutí tak, aby mohl pokračovat v procesu svařování. S tím

souvisí i operace kontrola, kdy operátor kontroluje teplotu ohřátého místa. Svařovací dozor společně s technologem nabídli pomocnou ruku ohledně změny výrobního postupu, a tedy snížením časové náročnosti těchto operací.



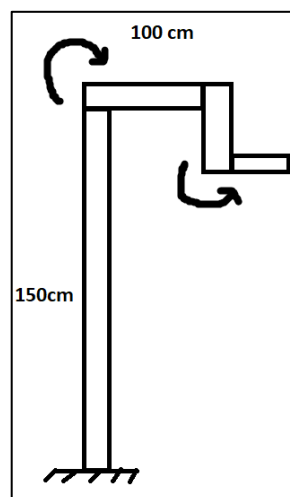
Největšími kritickými místy byly parametry X1-X3. Ty vstupovaly do procesu funkce, při jejímž vyřešení nalezneme požadovanou veličinu Y1, tedy hlavní cíl optimalizace pracoviště, a to úsporu výrobního času. Zároveň bylo třeba analyzovat kořenové příčiny těchto kritických míst. Pro vyhodnocení se využila metoda 5Why.



Po uplatnění metody 5 Why byly objeveny kořenové příčiny. Kořenová příčina operace „ohřev“ a „kontrola“ je ve finále totožná. Tedy, X1 a X2 příčinou byla chybně nastavená teplota předehřevu materiálu, respektive, teplota byla nastavena zbytečně vysoko. To způsobilo časově náročnou operaci ohřevu a následně kontrolu teploty, než klesne přesně na teplotu potřebnou pro svařování.

Příliš vysoká konzumace výrobního času stráveného na přestávce bylo díky 5Why metodě stanovena kořenová příčina, která definovala chybějící zvukový a vizuální signál pro zahájení a ukončení přestávky. Operátor tedy neměl přehled o čase. Poslední zaznamenanou změnou bylo kvůli otočnému pracovnímu stolu hrubé zacházení s ručním nářadím. Operátor podhazoval veškeré nářadí pod stůl tak, aby k němu měl z opačné strany následně lepší přístup. Týkalo se to především elektrického nářadí, které je limitováno svým přívodním kabelem, který se namotává na pracovní stůl a při špatné manipulaci se stolem by hrozilo nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

Operátorovi jsem navrhl otočné ramínko, které by bylo vyrobeno na míru jeho požadavkům. Základem je jednoduchá konstrukce ukotvená do podlahy. Otočné je otočné ve 2 kloubových spojích z důvodu větší flexibility. Na konci ramínka je navržena podávací „paže“, na jejímž konci je svařena odkladná plocha menších rozměrů. Ta má sloužit operátorovi k odložení brusky, flexi či jiného ručního nářadí. Otočením ramínkem na požadovanou stranu pracoviště přes pracovní stůl umožní následně komfortní sejmутí nářadí z odkladné plochy. Zároveň může ramínko na svém konci disponovat zásuvkou na 230 V tak, aby se eliminovalo riziko vzniku nehody kvůli prodlužovacímu kabelu. Takového tvaru bylo docíleno kvůli pracovnímu stolu, který je polohován i vertikálně. Při horní úvratí pracovního stolu může stále operátor užívat odkládací plochu ramínka na opačné straně pracovního stolu, aniž by došlo ke kolizi.



Obr. 19: Návrh otočného ramínka

Základní tvar a rozměry jsem načrtl (viz Obr. 19), prodiskutoval s bezpečnostním technikem, zda bude přípravek splňovat všechna bezpečnostní předpisy a následně zaslal na konstrukci. Tam byl vytvořen výkres a zadána poptávka pro konstrukční externí firmu.

4.3.4 Improve

Ve fázi implementace bylo třeba vyřešit stanovené kořenové příčiny. Vyřešení X3, tedy chybějící zvukový a vizuální signál pro započetí a ukončení přestávky pro operátora/y bylo domluveno s externí firmou operující uvnitř podniku. V prvním kroku bylo třeba určit vhodné řešení. Týmu bylo nabídnuto firmou možnost instalace digitálních nástěnných hodin určující i datum společně s instalovanou sirénou (viz Obr. 19). Hodiny byly umístěny vhodně centrálně na stěnu příslušné haly tak, aby povědomí o čase bylo srozumitelné pro všechny operátory.



Obr. 20: Vizuální a zvuková signalizace haly

Nastavení hodin odpovídá reálnému času. Ve správně nastavený čas korelující s přicházející přestávkou zazní i výstražná siréna.

Druhou implementací byla diskuse s pověřenými osobami z technologického a svařovacího oddělení ohledně příliš vysoké teploty interpassu. Po provedení potřebných výpočtů ověřující stabilitu, pevnost a svařitelnost výrobku byla provedena změna teploty, při které může následovat svařování. Původní teplota byla stanovena na teplotu 40-45 °C, nyní se teplota zvýšila na 85-95 °C. Na tuto teplotu musí kov zchladnout z cca 150 °C. Tato změna byla zavedena do výrobního postupu pro daný dílec bolsteru.

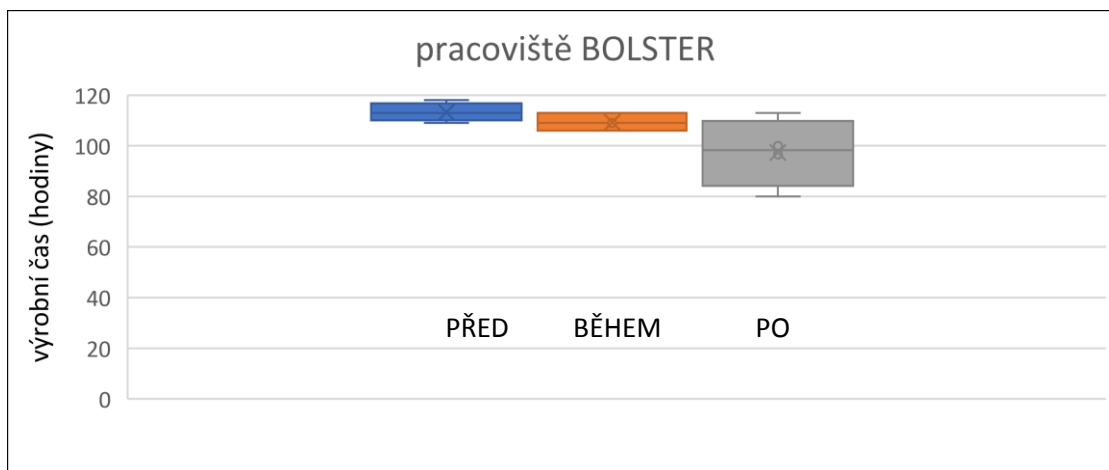
Na pracoviště bylo i umístěno otočné ramínko (viz Obr. 21) pro lepší ergonomii operátora na pracovišti. Instalováno bylo k počátku pracovnímu stolu.



Obr. 21: Otočné ramínko pro lepší ergonomii

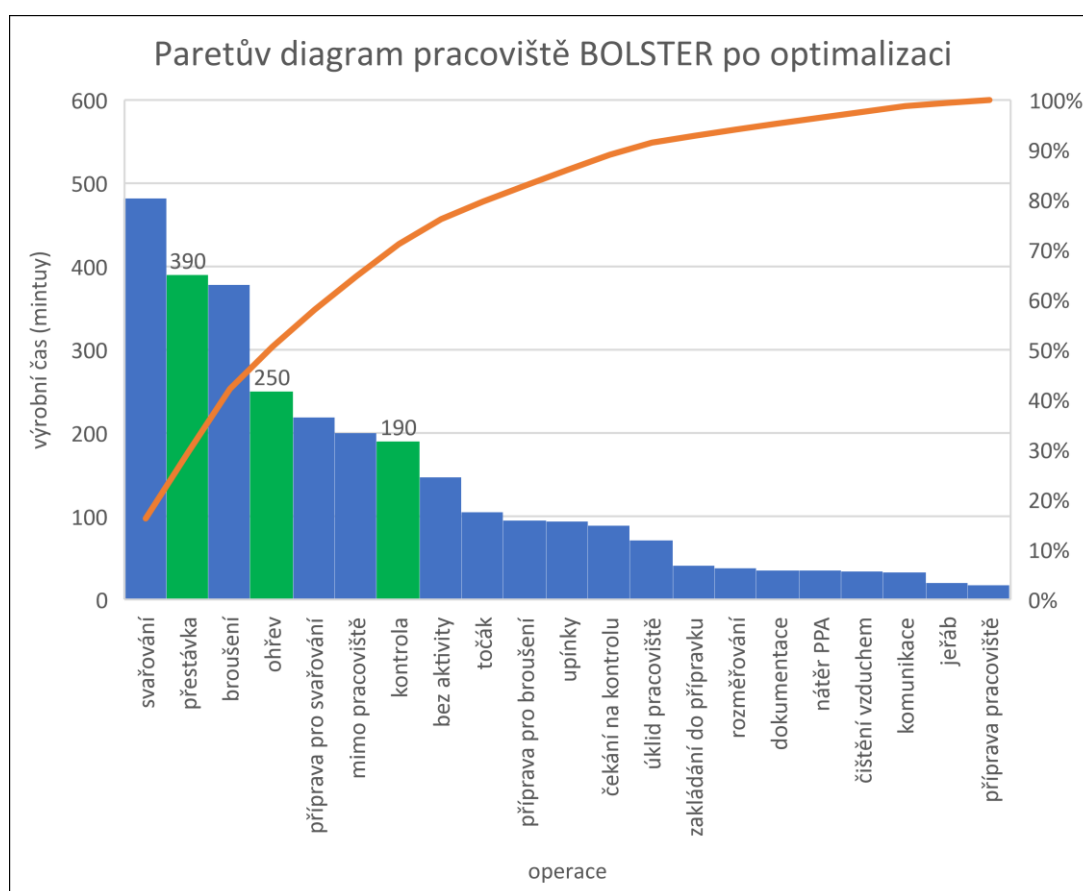
Konstrukce otočného ramínka měří 150 cm a umožňuje operátorovi otočit jím přes pracovní stůl. Zároveň není vysoké natolik, aby operátor nedosáhl na odkládací plochu na jejím konci. Na obrázku č.21 je vidět užití ramínka. Ramínko je kompletně zasíťované 2 kusy zásuvkami 230 V a odkládací plochou pro brusku a ruční frézku. Využitím ramínka a jeho možné rotace bylo zamezeno dalšímu opotřebování nářadí, které bylo způsobováno operátorovým zacházením a podhazováním nářadím pod pracovní stůl.

V průběhu zavádění dílčích změn se výrobní hodiny procesu začaly pomalu snižovat. Implementace neproběhla naráz, tudíž změna nastala lineárně (viz Obr. 22).



Obr. 22: Porovnání průběhu zavádění změn na pracovišti BOLSTER

Na grafu lze vidět, jak proces fungoval v průběhu změn. Před počátkem optimalizace byl průměrně hotový pár bolsteru zhotoven za 114 hodin. Během implementování změn se průměrná doba vyrobení snížila na hodnotu 109 výrobních hodin. Po dokončení změn a ustálení procesu se sice zvětšila variabilita, avšak průměrná hodnota se přiblížila s hodnotou 97,75 výrobních hodin k cíleným 90 hodinám. Zvýšení variability způsobilo zaučení nového operátora. Pro zavedená opatření byla provedena opět časová analýza.



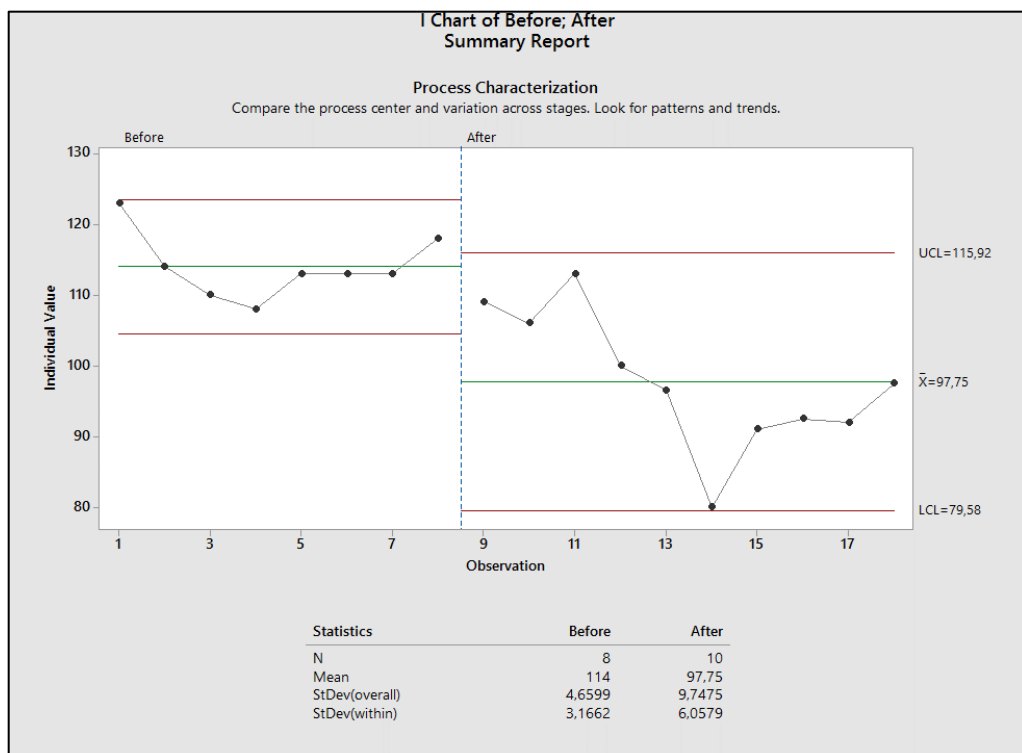
Obr. 23: Paretův diagram pracoviště BOLSTER

Pro detailní analýzu se využilo opět použití Paretova diagramu stejnou metodologií časové analýzy, jako ve fázi „analyzování“. Po detailní časové analýze 1 ks bolsteru bylo zjištěno, že operace s přidanou hodnotou, tedy svařování, se stalo nejvíce vykonávanou operací po zavedených změnách. Zároveň se snížila hodnoty ohřevu z původní hodnoty okolo 400 minut na hodnotu 250 výrobních minut. Přestávku operátor řádně dodržuje v rámci praktických možností vzhledem k výrobě.

Díky zavedeným změnám můžeme tvrdit, že na základě provedené časové studie bylo provedení změn úspěšné a operátor snížil výrobní čas z původních 56 hodin/kus na 49,4 hodin/kus.

4.3.5 Controll

Kontrolní fáze proběhla na základě sledování dat z interního systému SAP v následujících 10 kusech. Pro sledování vývoje procesu byl zvolen opět složený regulační diagram. Diagram zaznamenává průběh procesu před analýzou a po analýze. Fáze postupné implementace změn zde byla vynechána z důvodu přehlednosti výsledné variability procesu.

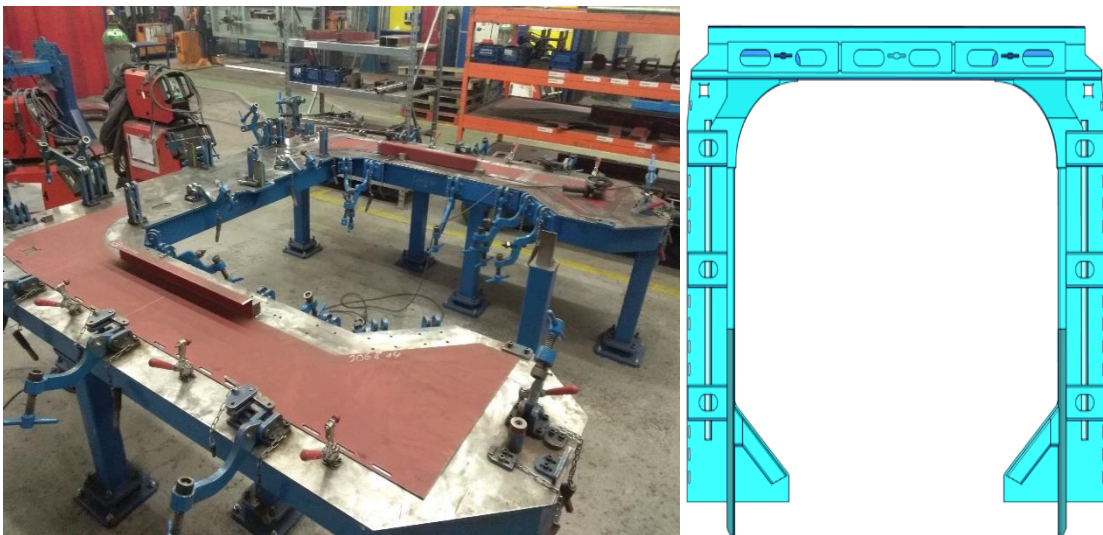


Obr. 24: Regulační diagram procesu pracoviště BOLSTER

Z grafu lze vyčíst aktuální průměrnou hodnotu vyrobeného páru bolsteru. Hodna činí 97,75 výrobních hodin. Oproti původní hodnotě 114 je rozdíl 16,25 hodin na vyrobený pár. Procentuální úspora je asi 16 % z celkového času. Úspora byla počítána až do konce vyrobených kusů projektu. Do konce projektu bylo v této fázi potřeba vyrobit 256 flatpacků. Celková úspora je tedy součinem počtů vyrobených kusů a uspořenému času na vyrobený pár, tedy hodnota 4 160 výrobních hodin. Při hodinové závodní ceně 35-50 € /hodinu je tato úspora hodin znázorněna střední hodnotou 167 600 €. Pro úplné a správné vyjádření úspor by se měla odečíst i hodnota realizace optimalizací. Změna technologického výkresu (X3) byla součástí pracovní náplně technologického a svařovacího oddělení. Instalace změny X1 a X2 byla ohodnocena i s instalací na cirka 8 500 Kč. V porovnání s výše uvedenou úsporou je tato částka nákladu zanedbatelná.

4.4 Pracoviště ČELO

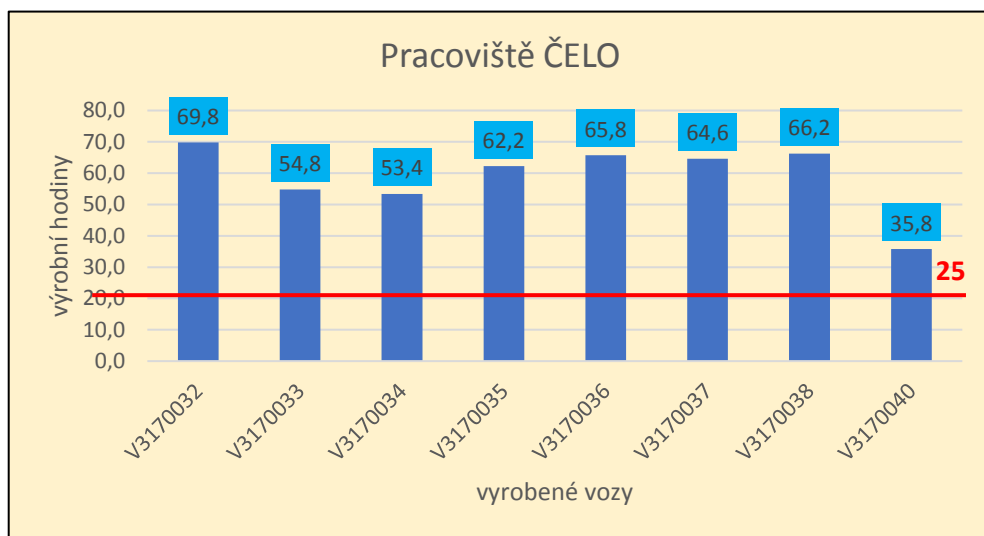
Dalším vybraným pracovištěm je pracoviště ČELO. Na něm jsou svařovány kompletně tzv čela. Endwall, neboli čelo, je vstupním otvorem do samotného vagonu. Tento dílec patří opět ke konstrukčně složitějším dílcům. Zároveň se zde svařuje nerezová trubka s primární ocelí, což přináší technologická úskalí, a proto je zde standardní postup pomalejší. Výsledné svařené čelo je následně převezeno na rovnací pracoviště, kde vlivem teplot je nutno rovnat do konstrukčních tolerancí. To však optimalizaci nepodléhá.



Obr. 25: Rozpracovaný výrobek na pracovišti ČELO a hotová vizualizace produktu

4.4.1 Define

Toto pracoviště bylo vybráno opět z důvodu neplnění stanoveného času potřebného pro jeho vyrobení. Norma udává čas 25 normohodin pro vyrobení 1 kusu čela. Průměrná hodnota 8 posledních vyrobených kusů (viz Obr. 26) činí hodnotu 59,1. Tato doba převyšuje průměrně více jak dvojnásobek hodnoty předepsané normou. Nejdéle trvajícím kusem byla hodnota 69,8, nejlepší hodnotou blíží se normě pak 35,8 hodin. Tyto hodnoty lze vyčíst z níže uvedeného grafu, kdy na ose x jsou zaznamenány výrobní vozy, tedy čela spadající pod vyrobený flatpack a na ose y je vynesena doba potřebná k vyrobení 1 kusu čela.



Obr. 26: Vývoj výrobních hodin na pracovišti ČELO

Výroba čel je umístěna v hale R, která je situována nejdále od centra dění. Veškeré technologické přejímky, kontroly a logistické návozy materiálu jsou tak problémem, který zasahuje do výrobních hodin. Cílem realizačního týmu bylo docílit snížení výrobních hodin na normu 25 hodin, případně alespoň 10-15 % z průměru posledních osmi vyrobených čel, tedy z hodnoty 59,1.

4.4.2 Measure

Fáze měření proběhla co nejefektivněji, aby se proces zachytil kompletní a mohlo se jedno měření prohlásit za dostatečné z důvodu časové náročnosti. Aby se výsledky mohly považovat za statisticky vyhodnotitelné, bylo by třeba provést minimálně 5 měření. Pro odhalení největších bottlenecků či největších úskalí stačilo měření jedno.

Před samotným zahájením měření bylo třeba se obeznámit s technickou dokumentací daného pracoviště. Využit tedy technologa v optimalizačním týmu, který definoval přesné postupy svařování, popsal jednotlivé postupy a nezbytně nutné operace s nepřidanou hodnotou procesu, bez kterých proces nemůže plynule proběhnout. Čelo nepatří kvůli svým rozměrům k časově náročným skupinám flatpacku, nicméně, jsou v postupu definovány sváry, které žádají větší pozornost ze strany technologa při kontrole. Obzvláště sváry, kterými je uchycena nerezová trubka k ocelovému tělu čela. Nejen kvůli nim je u tohoto dílce nutný větší počet kontrolních přejímek.

Měření na pracovišti bylo provedeno fyzickým náměrem pozorovatele (časová analýza). Všichni operátoři byli seznámeni se záměrem a využití náměru daného pracoviště.

Náměr začínal vždy 5 minut před zahájením směny tak, aby operátor byl včas s náměrem obeznámen a proces nebyl narušován v průběhu. Proces byl kontinuálním zaznamenáváním všech kroků a činností operátora. Hodnoty byly zaznamenány do tabulky excel s případnými poznámkami, které byly následně probrány po směně s operátorem (viz Obr. 27)

Počet li	DATE	čas od	čas do	určení	Suma n	aktivita	poznám
1	29.10.2020	6:03:00	6:17:21		14,35	příprava pracoviště	
1	29.10.2020	6:17:21	6:18:21		1,00	příprava pro svařování	
1	29.10.2020	6:18:21	6:19:44		1,38	mimo pracoviště	
1	29.10.2020	6:19:44	6:20:49		1,08	příprava pro broušení	
1	29.10.2020	6:20:49	6:23:16		2,45	příprava pro svařování	
1	29.10.2020	6:23:16	6:33:10		9,90	svařování	trubka
1	29.10.2020	6:33:10	6:35:30		2,33	broušení	
1	29.10.2020	6:35:30	6:37:10		1,67	kontrola	sebekontrola
1	29.10.2020	6:37:10	6:38:00		0,83	příprava pro svařování	
1	29.10.2020	6:38:00	6:42:37		4,62	svařování	
1	29.10.2020	6:42:37	6:43:13		0,60	upínky	
1	29.10.2020	6:43:13	6:48:11		4,97	svařování	trubka
1	29.10.2020	6:48:11	6:50:09		1,97	broušení	
1	29.10.2020	6:50:09	6:53:11		3,03	zakládání do přípravku	
1	29.10.2020	6:53:11	6:54:04		0,88	rozměřování	
1	29.10.2020	6:54:04	6:58:11		4,12	příprava pro svařování	bomba
1	29.10.2020	6:58:11	7:03:49		5,63	svařování	"okýnka" nahoře v čele
1	29.10.2020	7:03:49	7:04:21		0,53	příprava pro broušení	

Obr. 27: Ukázka časové analýzy

První stanovenou operací byla **přestávka**. I na tomto pracovišti je stanovena celkem 55minutová, tedy 30 minut jako obědová pauza a zbylých 2 x 10 minut jako proti-hluková bezpečnostní přestávka. V každé směně je přesně definovaný čas, kdy lze přestávku trávit mimo pracoviště v místech tomu určených. Druhou operací je stanovena operace **pití**.

Pracoviště je řešeno komplexněji než pracoviště předchozí, přístup k odkládacím prostorům je rychlejší. Operátorovi umožňuje komfortnější a rychlejší možnost odpočinku a doplnění pitného režimu.

V operaci **příprava pracoviště** je zahrnuta veškerá činnost operátora potřebná k hladkému průběhu vyrobení daného úkolu. Mezi dílčí, ne však obecně opakující činnostmi, patří přihlášení se do systému výroby, roztažení prodlužovacích kabelů, zapnutí veškerých elektrozařízení a příprava pracovních pomůcek/nářadí. Už před započítáním analýzy bylo roztahování prodlužovacích kabelů avizováno operátorem jako stěžejní problém procesu. **Svařování** je definováno stejně jako v předešlém pracovišti. Se svařováním souvisí i operace **příprava pro svařování**. V této operaci je zahrnuta veškerá příprava týkající se svařování, například zapnutí/vypnutí svářečky. Dále sem patří veškerá obsluha svářečky, výměna svařovacího drátu, plynové bomby či neodkladný servis svářečky. Dle výkresu je zde nutná výměna svářecího plynu kvůli svařování nerezové trubky. Dá se proto očekávat, že tato operace **příprava pro svařování** bude procentuálně více zastoupena. Také do této operace bylo zahrnuto oblékání ochranných pomůcek potřebných ke svařování (rukavice, kukla, filtr). Po svařování následuje opět **příprava pro broušení**. Po svařování si musí veškeré brusné nástroje operátor připravit, připravit spotřební materiál, jako je smirkový brusný či řezný kotouč, brusné diamantové hlavy nebo různé frézy. Tímto nářadím operátor brousí vzniklý svár, nebo také brusný ochranný nátěr kovu právě před svařováním. Proto i zde je operace **broušení**. Při svaření dílčích podskupin je i vzniklý svár třeba ochránit vůči korozi právě **nátěrem PPA**. Po broušení je vždy třeba opotřebené brusivo odstranit z pracovní plochy či výrobních dílců. Odstranění kovových třísek je prováděno stlačeným vzduchem vedeným ve vysokotlakých hadicích, kterými operátor manipuluje na pracovišti. Vysokotlaká hadice patřila k prvním návrhům ze strany operátora, kterou by rád instaloval jinam a využíval jiný typ. Po odstranění kovových třísek z pracovního stolu následuje operace **úklid pracoviště**. Čas vymezený pro tuto činnost je interně stanoven na 10 minut před ukončením dané směny. Činnost **dokumentace** provádí operátor vždy po dokončení dílčí rozpracované části dílce, nebo také při vyplňování kontrolních činností týkajících se svářečky a její pravidelné údržby.

V technické dokumentaci je oddělením technologií a oddělením konstrukce definováno, kdy je třeba provést odbornou kontrolu technologem. Pro tuto operaci **kontrola a čekání na kontrolu** je v interním výrobním systému zavedena samostatná operace, která striktně

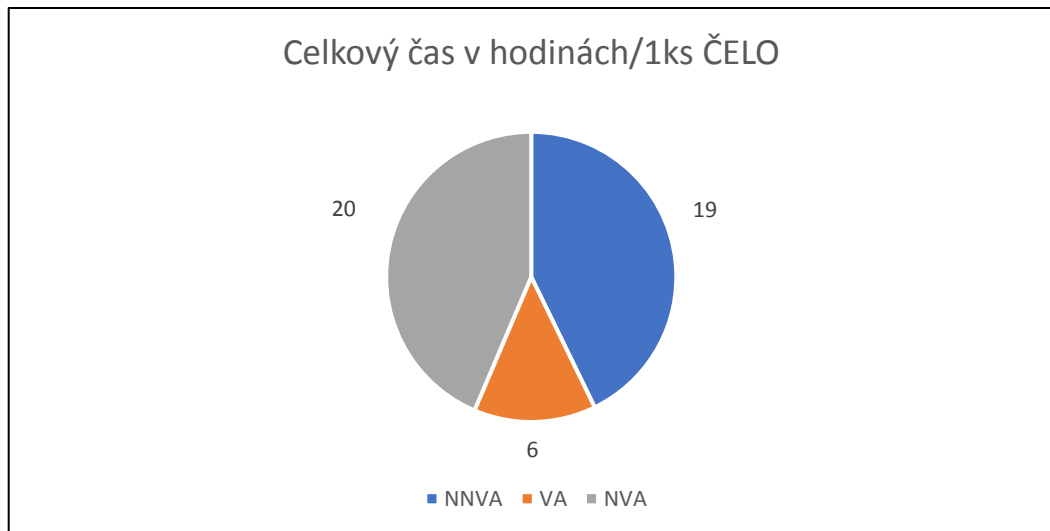
odděluje čas potřebný pro výrobu od časem stráveným předepsanou kontrolou. Toto pracoviště je situováno odlehle od centra technologického oddělení. Je tedy předpokladem, že tyto operace budou několikanásobně vyšší než v předešlém pracovišti. Při zakládání či dokončení svařeného dílce je třeba mostovým jeřábem hotový produkt předat na další, tedy rovnací pracoviště. K této činnosti slouží operace **jeřáb**, kdy operátor musí dodržet bezpečnostní nařízení pro obsluhu jeřábu a přinést dálkový ovladač jeřábu. Následuje samotná manipulace jeřábu i s dílcem.

V operaci **upínky** operátor **zakládá do přípravku** na pracovním stole materiál k výrobě. Při zakládání materiálu je třeba materiál donést ze zásobovacího vozíku či regálu a řádně umístit do upínacích svorek. Tyto dvě operace na sebe těsně navazují. Po založení materiálu do přípravku a upnutí na pracovním stole je třeba **rozměrování** vzdáleností mezi styčnými body, které stanovuje výkres. Rozměrování provádí operátor manuálně svinovacím metrem či pomocí dorazů na pracovním stole. Pracovní stůl je zde tvarově identický jako výsledný produkt. Tvar je písmene „U“ a uprostřed stolu je aretační bod pro lepší a snadnější rozměření.

Při nenaskladnění materiálu, poruše svářečky či jiných okolnostech nastává operace **bez aktivity**. Do této aktivity spadá logicky i neaktivní činnost operátora či jeho nekázeň. Druhou nežádoucí aktivitou, která nepřináší procesu žádnou hodnotu je operace **mimo pracoviště**. Myšlena je tím veškerá chůze, pohyb a aktivita mimo stanovené pracoviště. Tato situace může nastat, pokud je operátor nucen nedostatečnou ergonomií pracoviště opustit a donést potřebný nástroj či materiál. Proto bude na tomto pracovišti proveden špagetový graf, který by osvětlil pohyb operátora. Nedílnou součástí procesu je i **komunikace** mezi teamleadrem a operátorem. Nežádoucí situací je i nepotřebná komunikace dvou a více operátorů z odlišných pracovišť, která zpomaluje proces.

4.4.3 Analýze

Postup náměru byl prakticky proveden jako v předchozím pracovišti. Směnnost čel je ranní a odpolední, při náměru však směna byla pouze jedna směna. Zapříčinila to absence několika operátorů z důvodu epidemiologické situace. Proto byl náměr proveden fyzicky bez přítomnosti průmyslové kamery.



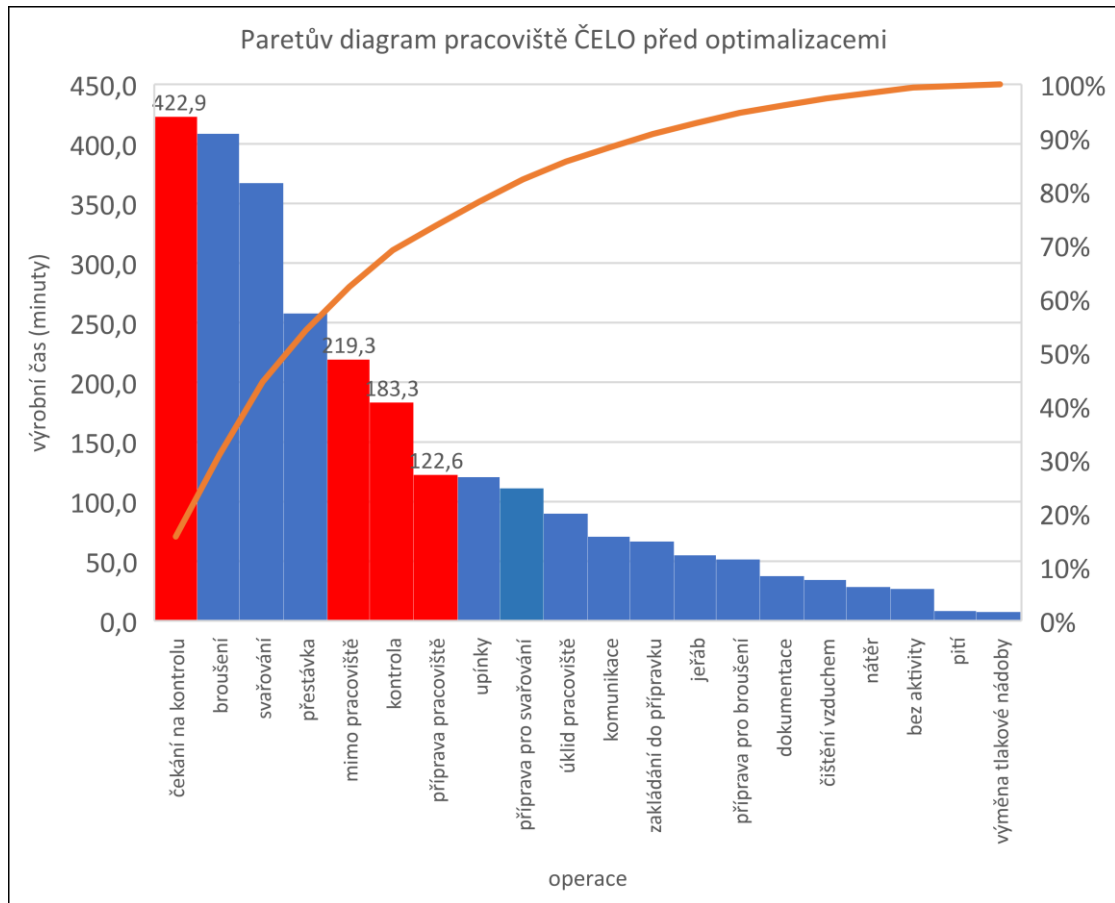
Obr. 28: Diagram přidané (VA), nepřidané (NVA) a nezbytně nutně nepřidané hodnoty

Zhotovit 1 kus čela trvalo operátorovi při náměru asi 45 výrobních hodin, tedy 2691 minut. Z tohoto času tvoří přidanou hodnotu pouze 6 výrobních hodin (viz Obr. 28). Přidanou hodnotou je myšleno pouze svařování. Pro bližší zjištění problému bylo třeba rozklíčovat proces dle předem stanovených operací.

Dalších 20 hodin procesu z celku určuje nepřidanou hodnotu, to v přepočtu znamená 44 % času byl operátor neproduktivní a pro firmu ztrátový. Zbýlých 19 hodin je čas strávený nezbytně nutnými operacemi, bez kterých by proces nemohl proběhnout, avšak nepřidávají hodnotu výrobku. Pomocí Paretova diagramu (viz Obr. 28) byly graficky znázorněny dříve stanovené operace.

Po provedení analýzy procesního času při svaření 1 ks čela byla zjištěna operace **čekání na kontrolu** jako nejčastější operací operátora. Z celkového času tato operace tvoří 15 %. Realizačním týmem byl svolán meeting s vedoucím oddělení controllingu. Týmu byla

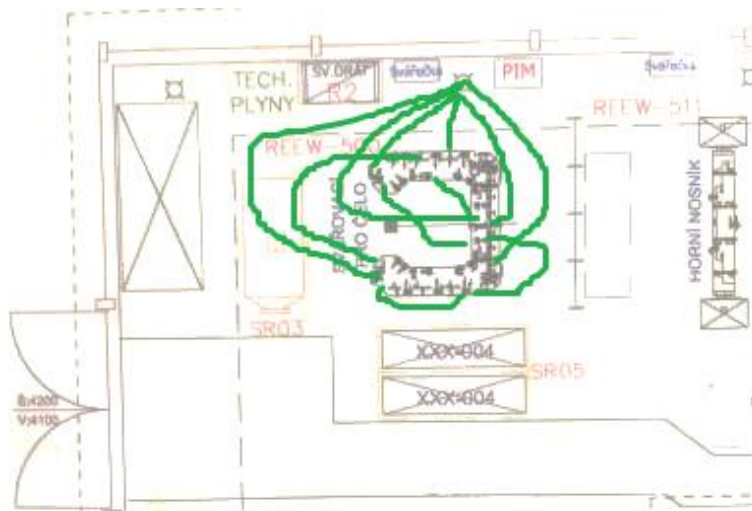
sdělena informace, že technolog konající technologickou přejímku určených operací provádí přejímky dle priorit a dostupnosti ostatních projektů. Z tohoto tvrzení tedy



Obr. 29: Paretův diagram pracoviště ČELO před optimalizacemi

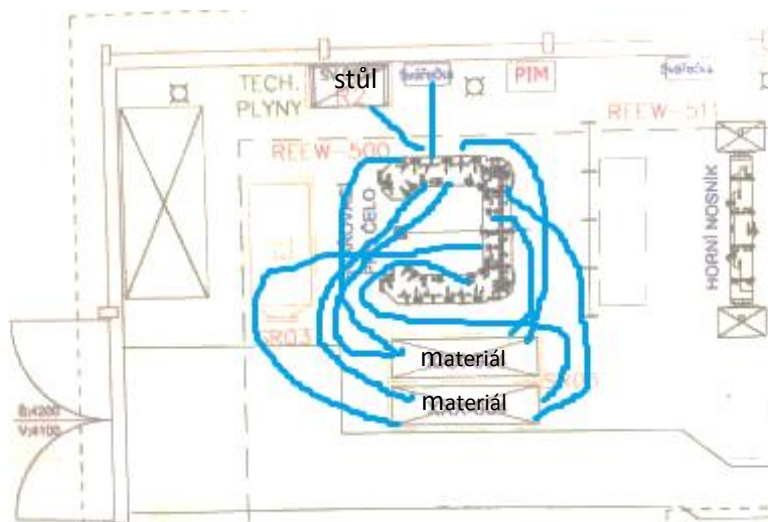
vyplývá, že decentralizace tohoto pracoviště nijak neprospívá štíhlé výrobě. I přes majoritní podíl operace **svařování** tvořící přidanou hodnotu procesu je proces brzděn přejímkou a čekáním na přejímku/kontrolu. Hlavním cíl byl stanoven na eliminaci tohoto prostoje. Po svolání odpovědných osob za tuto činnost byl jednomyslně přijat návrh o přemístění pracoviště ČELO. K realizaci se čekalo pouze na vyjádření nejvyššího vedení a uvolnění financí.

Druhou graficky znázorněnou operací s nepřidanou hodnotou je operace **mimo pracoviště**. Během analýzy byl současně proveden špagetový diagram (viz Obr. 29). Ten nám zpětně umožnil analyzovat pohyb operátora po pracovišti a mimo něj. Vzhledem k tomu, že byla provedena časová analýza, hlavní jednotkou diagramu není vzdálenost, tedy počet kroků, nýbrž čas. Přepočítání mezi krokem operátora a časem byl stanoven v poměru 1 krok= 1 vteřina.



Obr. 30: Špagetový diagram pracoviště ČELO_elektrická síť

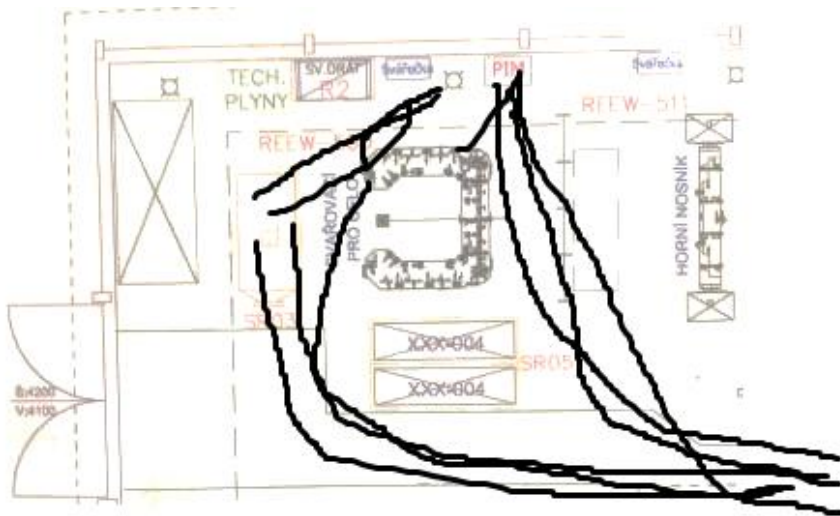
Zelená barva představovala trasu operátora směřující k elektrické síti. Operátor při operaci **příprava pracoviště** zapojoval elektrickou přípojku potřebnou k obsluze ručního elektrického nářadí. Při každém pohybu například s úhlovou bruskou byl nucen operátor přepojovat prodlužovací kabel z důvodu špatné ergonomie pracoviště a zároveň z důvodu špatné manipulace kabelu ležícího přes pracoviště. Vzhledem k tomu, že pracovní stůl využívá různé upínky, fixační svorky a jiné rozměrově atypické nástroje je zaseknutí kabelu zdržujícím elementem. Z celkového času **přípravy pracoviště** 122,6 minut tvoří tyto pod operace 70,5 minut.



Obr. 31: Špagetový diagram pracoviště ČELO_materiál

Endwall je svařen z několika primárních dílců, které bývají uloženy v zásobovacích vozících. Zásobovací vozíky byly umístěny na pracovišti na jedné straně, tudíž operátor

musel přes celé pracoviště přejít k vyzvednutí dílce, či byl nucen obejít nešikovně pracovní stůl. Některé dílce operátor přinesl z vozíku na pracovní stůl, kdy dílec zkusil založit do čela a následně s dílcem odešel k odkládacímu stolu, kde dílec zbrousil do potřebných rozměrů. Ze špagetového diagramu týkající se pohybu pro materiál je patrná asymetrie chození pro materiál. Pokud se operátor nacházel blíže ke stolu či svářečce, jeho trasa pro materiál a zpět trvala i 90 vteřin pro 1 dílec. Z celkové operace **mimo pracoviště** takto uspořádaný layout primárních dílců v zásobovacích vozech tvoří zdržení 20,3 minut na 1 endwall.



Obr. 32: Špagetový diagram pracoviště ČELO_jeřáb a hlášení

Chůzí mimo pracoviště operátor strávil zbylý čas z celkových 219,3 minut, tedy 199 minut. Operátor z důvodu manipulace s čelem používal mostový jeřáb instalovaný na hale. Veškeré příslušenství k dálkovému ovládnání a OPP k jeřábu jsou uloženy až ve středu haly mimo zobrazený layout. Operátor byl tak nucen pro jeho obsluhu ujít cirká 100 metrů z pracoviště a zpět na něj, kde začala samotná manipulace s dílcem a jeřábem. Několikrát se během této cesty stalo, že operátor přišel i po více jak 15 minutách zpět na pracoviště. Tento fakt může být důvodem, že hala I je jako jediná bez častější kontroly teamleadrem, tedy je bez častější supervize.

Zároveň cirká 50 metrů od pracoviště stejným směrem se nachází interní hlásicí systém dílčích operací každého operátora. Tento systém je napojen na SAP. Úkolem každého operátora v závodě je dílčí operace stanovené výkresovou dokumentací hlásit právě do tohoto systému. Pomocí něj management a ostatní oddělení, jako je technologie, logistika, zná zpětnou vazbu procesu.

Po provedení náměru byl operátor dotazován, kde dle jeho názoru jsou největší úskali procesu, případně, jaké změny by uvítal pro svoji efektivnější práci. Sám operátorův názor je mnohdy důležitější než časová studie z důvodu znalosti procesu. První navrhovanou změnou operátora byla absence vzduchového bubnu pro přívod stlačeného vzduchu. S touto hadicí navinutou v bubnu operátor manipuluje poměrně často. Čištění špon a brusného odpadu netrvá v celém procesu více jak 30 min, o to častěji však operátor s hadicí manipuluje vícekrát a kratší dobu. Jeho návrh je opodstatněn fotografií z pracoviště, na které lze vidět komplikované zacházení s hadicí. Pracoviště bylo opatřeno pouze permanentně rozvinutou hadicí se stlačeným vzduchem, která se při manipulaci omotávala kolem upínky na pracovním stole a tato manipulace značně stěžovala ergonomii na pracovišti.

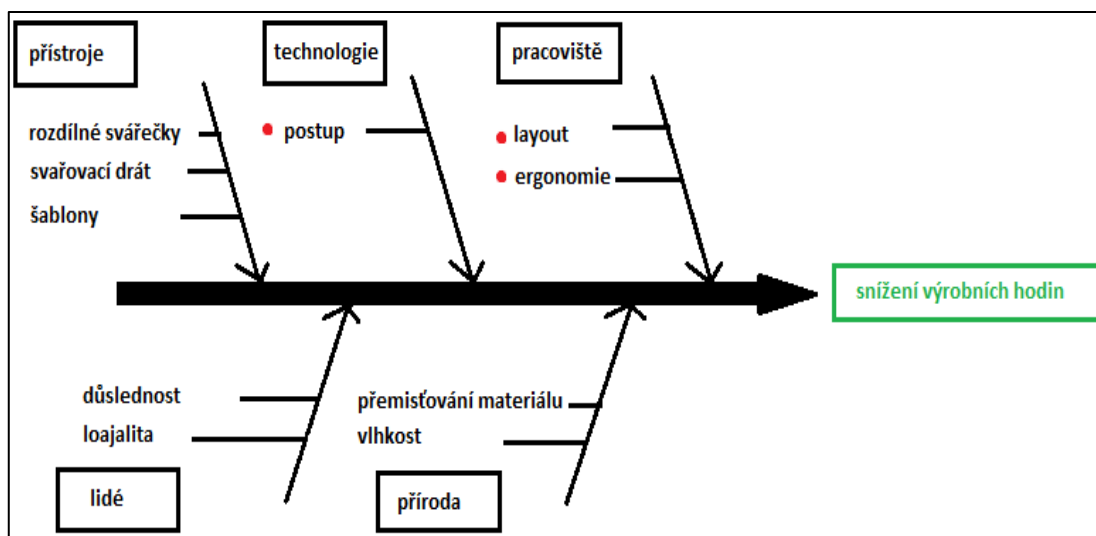


Obr. 33: Nesystematické umístění vysokotlaké hadice se stlačeným vzduchem

Na vysokotlakou hadici operátor připojoval i některá ruční pneumatická nářadí. Výsledkem nesvinovací hadice byl chaos na pracovišti.

Dalším návrhem od operátora byla instalace elektro zásuvek 230 V do pracovního stolu. Požadavek byl odůvodněn a potvrzen provedeným špagetovým diagramem, konkrétně pohybem operátora po pracovišti k elektrické síti. Požadavek byl na libovolný, avšak minimální počet zásuvek 2 kusů instalované skrz energo most do pracovního stolu. Zásuvky přímo na pracovním stole by usnadnily operátorovi manipulaci již s tak dlouhým prodlužovacím kabelem, který se stejně jako vysokotlaká hadice omotával za upínky na pracovním stole.

K závěrečnému shrnutí těchto analyzovaných dílčích problémů či návrhů byl vytvořen diagram příčin a následků, který přehledně zvažuje všechna možná konkrétní rizika. Pokud tato rizika vyřešíme, dovedou nás změny k cílené úspoře výrobních hodin.



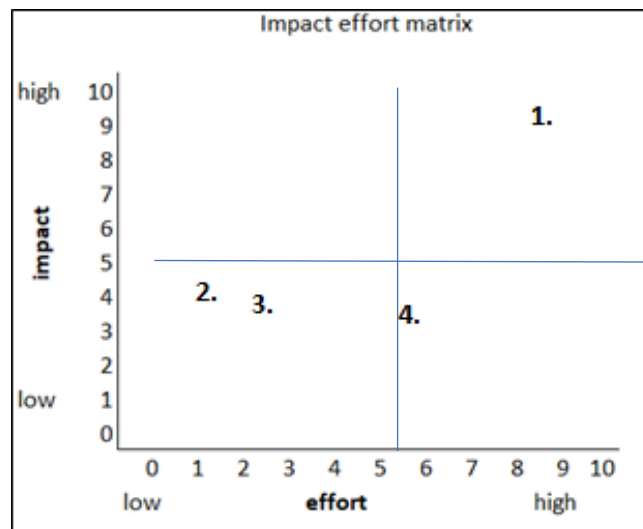
Obr. 34: Diagram příčin a následků

V diagramu příčin a následků byl brán zřetel i na teoretické problémy, které se v časové analýze nepromítly. Na teoretické hladině jsou různé typy svářeček využívány u odlišného typu svařování i u typu svařovaného materiálu. Proto v kategorii přístroje byl zmíněn i svařovací drát, který například u tohoto pracoviště je třeba měnit společně s inertním plynem. To nastává ve fázi, kdy operátor svařuje nerezové trubky k ocelovému čelu. Potenciálním řešením úspory může do budoucna nastat, zda existuje všestranný svařovací drát, jaké jsou jeho výhody či nevýhody a zda je vhodný k tomuto typu svařovaného materiálu. V sekci technologie bylo myšleno příliš dlouhých technologických přejímek, které musí proškolená osoba provést. S tím souvisí i čekání na tuto proškolenou osobu. Dlouhé čekací prostoje však souvisely s umístěním haly R mimo komfortní dosah technologa, který tyto přejímky konal. To se promítlo i pro potenciální změnu layoutu a současně ergonomie pracoviště.

4.4.4 Improved

Ve fázi zlepšování bylo třeba na základě analyzovaných kořenových příčin postupně implementovat nové změny v procesu. Na základě Impact effort matice byla dílčím změnám stanovena priorita v souvislosti na ztrátovou funkci, kterou jsou finanční náklady pro tyto změny.

Změnou č.1 se stanovilo celkové přemístění pracoviště do haly V. Tato změna byla částečně plánovaná již před časovou analýzou, čekalo se pouze na data, kterými by se tato akce odůvodnila. Přesun tohoto pracoviště proběhl o víkendu, kdy tedy touto akcí nebyla přerušena výroba. Změna je časově, finančně i logisticky náročná, proto byla v matici umístěna jako akce s největšími náklady na realizaci, zároveň však i s největším přínosem pro proces s ohledem na celkovou úsporu procesního času.



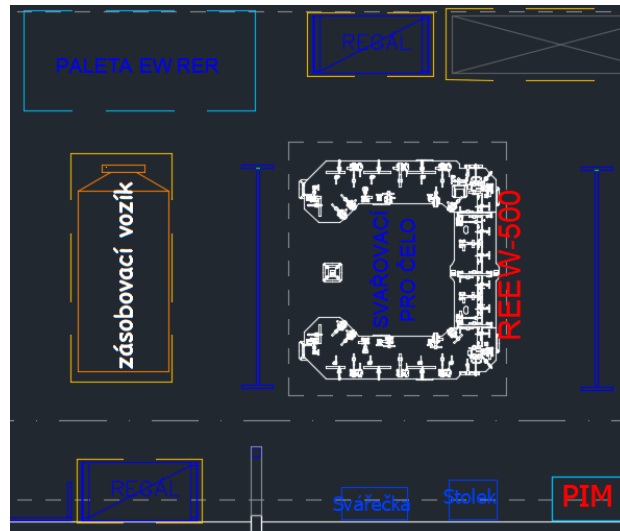
Obr. 35: Matice impact effort

Při této příležitosti přesunu celého pracoviště proběhla další dílčí změna č.2 a to zasítování pracovního stolu čtyřmi zásuvkami 230 V, které jsou rozmístěny symetricky. Nepatrná investice, která by dle analýzy mohla uspořit, jak již bylo zmíněno, cca 70,5 minut v operaci příprava pracoviště. Proto tato činnost byla zařazena do 3.kvadrantu v matici.

V souvislosti s ergonomií se nově přesunutému pracovišti vybavilo hadicovým navijákem s tlakovou hadicí jako změna č.3. Tato změna by měla eliminovat neustále zaseknutou volně položenou vysokotlakou hadici na pracovním stole a měla by umožnit operátorovi lepší manipulaci při čištění či využívání pneumatického nářadí. V matici impact effort tuto akci nalezneme ve stejném kvadrantu, jako změnu č.2.

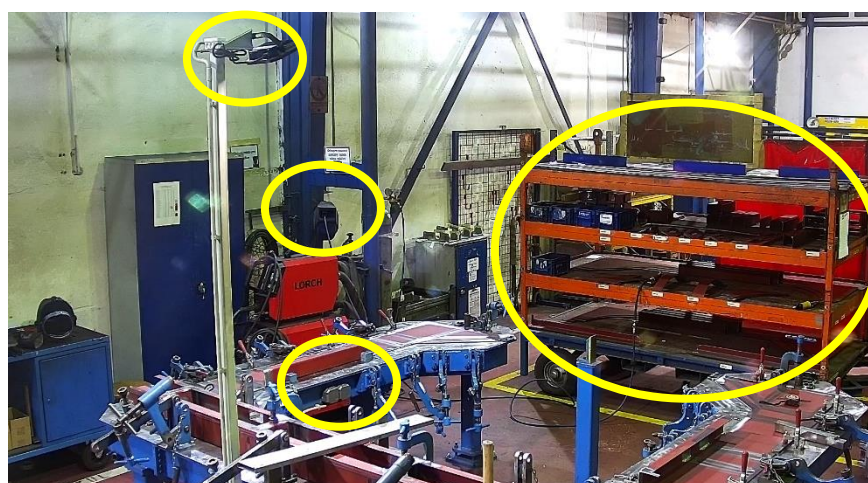
Poslední realizovanou změnou č.4 bylo umístění zásobovacích vozíků na pracovišti. Dle obrázku č.31 je zřejmé, že operátor musel obcházet pracovní stůl proto, aby si došel pro další dílec. Nový layout tento nedostatek eliminoval a zásobovací vozík byl umístěn do osy pracovního stolu tak, aby byl přístup umožněn ze všech stran symetricky (viz Obr. 36). Tato změna byla dle mého názoru téměř nejnáročnější z důvodu organizace. Umístění zásobovacího vozíku bylo důležité i pro oddělení logistiky a manipulaci s návozem.

Proto veškerá komunikace o novém umístění vozíku byl zdoluhavá a nepřinesla ani takovou časovou úsporu, pouze lepší ergonomii pro operátora. Proto se tato operace nachází ve 4.kvadrantu v Obr. 35.



Obr. 36: Změněný layout v nové hale

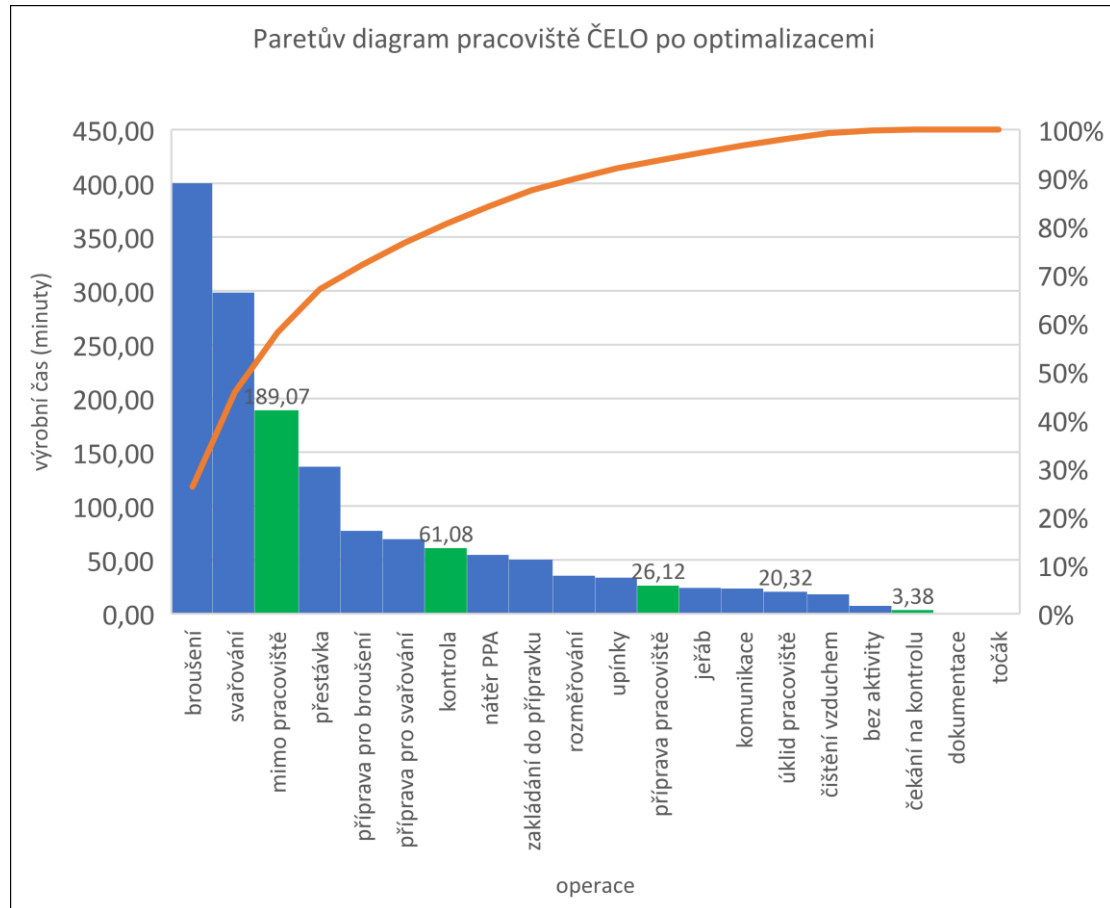
Veškeré provedené změny jsou zaznamenány na obrázku č.36. Na pracovním stole jsou k povšimnutí na viditelné straně 2 kusy 230 V zásuvek. Pracoviště bylo vybaveno nadstandardně doplňkovým osvětlením, které pomáhá operátorovi při sváření v hůře dostupných koutech. Dále je zvýrazněn zásobovací vozík a jeho odlišné umístění. V poslední řadě je ke stěně upevněn vzduchový samonavíjecí buben, který umožňuje operátorovi flexibilnější a bezpečnější pohyb po pracovišti při použití ručního pneumatického náradí či čištění pracoviště stlačeným vzduchem. Veškerými těmito



Obr. 37: Vizualizace nového pracoviště ČELO

změnami bylo docíleno lepší ergonomie na pracovišti, efektivnějšího přístupu operátora k procesu jako takovému a úspoře výrobních hodin viz ve fázi kontroly.

Po těchto zavedených optimalizacích byla provedena nová časová analýza pracoviště se stejným operátorem při náměru 1 ks čela (viz Obr. 38).



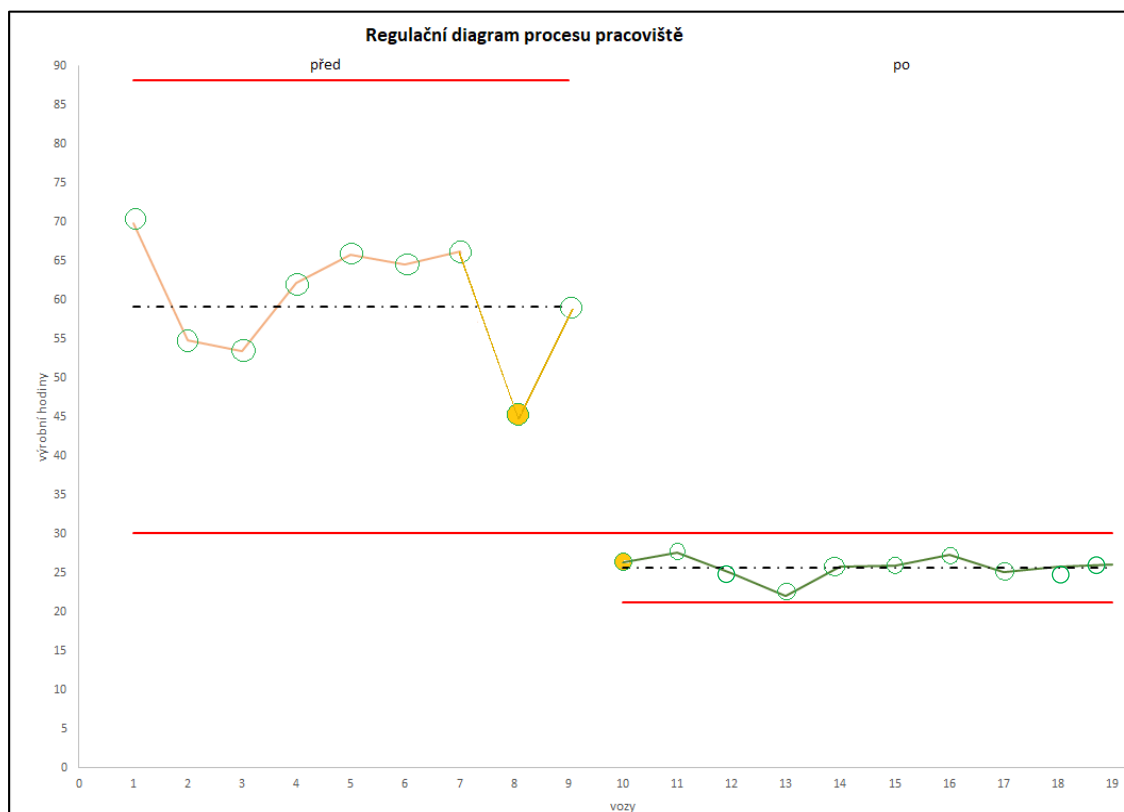
Obr. 38: Paretův diagram pracoviště ČELO

Nejčastější operací před optimalizováním pracoviště bylo čekání na kontrolu. Celkový čas se u této operace snížil ze 422,9 minut na 3,38 minut. Operátor odpovědný za provádění technických přejímek má pracoviště více na dosah, proto došlo k výrazném poklesu nepřímého času touto operací. Chůzí mimo pracoviště operátor strávil 219,3 minut, nyní čas poklesl na 189,07 minut. Kontrola odpovědnou osobou také netrvá tak dlouho, jelikož svařeč má nyní ideální podmínky pro zkvalitnění svařování výrobku. Nejen díky lepšímu osvětlení, ale i lepší spořádanosti pracoviště se tak plně může soustředit na svařování a ani kontrola netrvá tolik času bez jakéhokoliv ústupku na přísnost kontroly či na úkor kvality. Redukovaný čas poklesl kontrolou ze 183,3 minut na 61,08 minut. Celkově bylo zanalyzované čelo svařeno za 1 528 procesních minut,

tedy zaokrouhleně 25,5 hodin. Výrobní čas se tak maximálně přiblížil normě, která stanovuje čas 25 normohodin.

4.4.5 Controll

Kontrolní fáze proběhla na základě dat získaných ze systému SAP. Časové období 10 vyrobených následujících čel trvala cirka 3,5 měsíce. V těchto sledovaných 10 kusech je zaneseno i čelo s číslem 10, na kterém byla provedena časová studie po zavedených změnách.



Obr. 39: Regulační diagram proces pracoviště ČELO

Výše uvedený graf znázorňuje chování procesu před optimalizací a od 10. vozu pak i po zavedených optimalizacích. Centrální line tvořila průměrnou hodnotu 59 výrobních hodin. Následně byla provedena časová analýza po zavedených změnách na 10. dílci. Od tohoto vozu se proces stal stabilním, snížila se jeho variabilita. Oproti původním mezním hodnotám 30 a 88 hodin se nyní proces pohybuje v mezí od 21,5 do 29,9 hodin. Průměrná hodnota posledních 10 vozů se pak snížila na hodnotu 25,7 hodin. Norma je stanovena na 25 výrobních hodin. Rozdíl mezi průměrnou hodnotou před zavedením změn a po zavedení činí 33,3 hodin. Procentuální vyčíslení úspory činí 56,4 %. Úspora se optimálně

vyčísľuje vždy od počátku šetření až do posledního vyrobeného dílce daného projektu. Do konce projektu schází 221 čel. Při hodinové závodní ceně 35-45 € /hodinu je tato úspora hodin znázorněna střední hodnotou 294 372 € jako součin uspořené času na 1 kus, hodinovou sazbou a počtem chybějících kusů potřebných k splnění projektového plánu.

Náklady spojené s optimalizací činí 20 000 Kč za samonavíjecí buben vysokotlaké hadice, 5 000 Kč za přídavné osvětlení pracoviště a 7 500 Kč za zasíťování pracovního stolu elektřinou. Samotné přestěhování pracoviště trvalo 1 víkendový den a bylo odhadnuto na 10 000 Kč. Celkem činí hmotné náklady 42 500 Kč.

Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo uspořit procesní čas, tedy výrobní hodiny v procesu. Tomu předcházelo vytipování problémových pracovišť firmy z hlediska plýtvání času, nedodržení stanovených normo hodin na dané skupiny dílů a pracoviště následně optimalizovat za účelem finanční a časové úspory. Veškeré kroky byly vedeny podle metodiky DMAIC. Prvním krokem bylo v rámci celého projektu vytypovat pracoviště s největším přesahem výrobních hodin. Pomocí systému SAP byla z úzkého výběru pěti pracovišť vybrána pro diplomovou práci pouze dvě z nich.

Na pracovišti BOLSTER bylo provedeno několik optimalizací širokého spektra. Mezi první optimalizaci vycházející z nepřesného dodržování předepsaných přestávek vyplynula pomocí 5Why nutnost instalování digitálního a zvukového zařízení. Z technologického hlediska bylo možné snížit teplotu potřebnou k ohřátí svařovaného materiálu. To umožnilo operátorovi urychlit čas čekáním při chladnutí. Rozdíl teplot potřebných z ohřátí na svařování se tak snížil téměř o polovinu. Poslední změnou týkající se ergonomie na pracovišti a opotřebování ručního elektrického nářadí operátora bylo mnou navržené otočné ramínko. Otočné ramínko je zasíťované 230 V a osazeno odkládací plochou právě pro toto nářadí. Zároveň má 2 stupně volnosti pro dokonalé a bezpečné užití operátorem. Tyto optimalizace přinesly úsporu 16 % výrobního času na 1 vyrobený kus, do konce projektu to znamená úsporu 4 160 výrobních hodin. Při hodinové sazbě podniku se tyto změny mohou vyčísřit na částku okolo 170 000 € s úsporou do konce projektu.

Druhé pracoviště ČELO bylo optimalizováno především z hlediska ergonomie. Hlavní příčinou nedodržování výrobních časů byly dlouhé prostoje na technologické přejímky. To bylo způsobeno především lokací tohoto pracoviště, které se nacházelo odlehle od veškerého technologického i logistického dění. Druhou příčinou přesahu výrobních časů byla příprava pracoviště. Příprava trvala operátorovi déle z důvodu ergonomie pracoviště. Veškerá manipulace s kabeláží, přívodními kabely či hadicí se stlačeným vzduchem byla komplikována upínkami na pracovním stole a absencí bližšího zdroje elektrické sítě. Veškeré tyto nedostatky byly vyřešeny přemístěním pracoviště ČELO do jiné, bližší výrobní haly. Ergonomie na pracovišti byla docílena zasíťováním pracovního stolu zásuvkami s přívodem 230 V a doplněním pracoviště o samonavíjecí buben s vysokotlakou hadicí. Dále byl změněn layout pracoviště zásobovacího vozíku s materiálem tak, aby byl centrován do osy pracoviště. To zlepšilo přístup operátora k potřebnému materiálu. Výsledná úspora 1 kusu vyrobeného čela tak činila průměrně 56,4 %. Úspora do konce projektu byla vyčíslena na částku okolo 300 000 €.

Pomocí metodiky DMAIC jsem na dvou vybraných pracovištích v rámci jednoho projektu ušetřil provedenými změnami téměř 470 000 € za předpokladu ustáleného a nijak se neměničícího procesu. Proces se však neustále mění a pokud by výrobní hodiny opět přesáhly normu, bylo by třeba znovu analyzovat kořenové příčiny a celý proces optimalizací opakovat. Proto je důležité, aby se po ustálených změnách proces kontroloval a udržoval v mezích.

Do budoucna bych tedy doporučil přetrvávající supervisi těchto dvou pracovišť a zároveň by měla proběhnout optimalizace i dalších pracovištích, která se potýkají s nedodržováním výrobních hodin. Jakákoliv nepatrná změna vedoucí k dílčí úspoře se pak v procesu promítne na dalších vyrobených dílcích poměrně citelnou částkou.

Zdroje

- [1] SVOZILOVÁ, A.: *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada Publishing a.s., 2011. ISBN 978-80-247-7296-7.
- [2] What is the value stream mapping (VSM)? [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <https://asq.org/quality-resources/lean/value-stream-mapping>
- [3] 10 Easy Steps to Complete a Value Stream Map [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <https://sixsigmadsi.com/10-steps-to-complete-a-value-stream-map/>
- [4] CHAPLE, A, NARKHEDE B. Value stream mapping in a discrete manufacturing: A case study. *International Journal of Supply Chain Management*. 2017. ISSN 2050-7399.
- [5] Value Stream Mapping [online]. Academy of Productivity and Innovations: 2018. [vid. 2020-11-22]. Dostupné z https://www.e-api.cz/wcd/docs/vzdelavani/cespi-xvii/blokix/cespivsmteorie_2018-03-09_tisk.pdf
- [6] ONDRA, P.: *Co je to Kanban* [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/co-je-to-kanban/>
- [7] Diagram příčin a následků Kanban [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=26>
- [8] Cause and effect diagram (or fish bone diagram or Ishikawa diagram) [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <http://www.whatishumanresource.com/cause-and-effect-diagram-or-fish-bone-diagram-or-ishikawa-diagram>
- [9] Yamazumi chart – Yamazumi board [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <https://www.sixsigmablackbelt.de/yamazumi-chart-yamazumi-board/>
- [10] Ganttův diagram (Gantt Chart) [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <https://managementmania.com/cs/ganttuv-diagram>.
- [11] IMAI, M.: *KAIZEN Metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Computer Press, a. s., 2008. ISBN 978-80-251-1621-0.
- [12] BOLEDOVIČ, Ľ. Zlepšovanie procesov, Vedúci projektov, združenie Fraunhoferovej spoločnosti a Žilinskej univerzity [online]. [vid. 2020-22-06]. Dostupné z <http://www.ipaslovakia.sk/slovak/ipamagazin/zlepproc/zlepproc.asp>.

- [13] HŘEBÍČEK, J., Fiala A. a kol.: *MANAGEMENT JAKOSTI s podporou norem ISO 9001:2008*. Verlag Dashöfer Praha, 2000, 3/3. ISBN 80-86229-19-X.
- [14] TŮMOVÁ, O., PIRICH D.: *Nástroje řízení jakosti a základy technické diagnostiky*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2003. ISBN 80-704-3247-0.
- [15] Lean 6 Sigma. Paretův diagram [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <https://lean6sigma.cz/paretuv-diagram/>
- [16] PAVELKA, M. Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <https://www.mmspektrum.com/clanek/naucte-se-videt-a-odstranovat-plytvani.html>
- [17] HEAP, J. Institute of Management Services [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <https://www.ims-productivity.com/page.cfm/content/Time-Study/>
- [18] BENEDIKT, J. 8 druhů plýtvání ve firmách dle Lean managementu [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <https://www.jiribenedikt.com/8-druhu-plytvani/>.
- [19] LIKER, Jeffrey K.: *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Vyd.1. Praha: Management Press, 2007, 390 s. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [20] Lean Fab. 5S [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <https://www.lean-fabrika.cz/terminologie/5s-metoda#.X2iU01QzaUk>
- [21] MORGAN, J.: *Lean Six Sigma For Dummies*. New York: John Wiley & Sons Inc. 2015. ISBN10: 1119067359.
- [22] GEORGE, M., ROWLANDS, D., KASTLE, B.: *Co je Lean Six Sigma?* Brno: SC&C Partner, spol. s r.o., 2005. ISBN 80-239-5172-6.
- [23] Svět produktivity. 2012. Čekání [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-cekani.html>
- [24] KUŠEK, Karel. *Aplikace Lean Six Sigma ve vybrané společnosti*. Diplomová práce. Liberec. 2016.
- [25] 5x proč – 5 why [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=138>
- [26] Playoff matrix [online]. [vid. 2020-22-11]. Dostupné z <http://www.dusanjilek.cz/blog/payoff-matrix>