

# **Projekt zefektivnění procesu apretace hliníkových odlitků ve vybrané společnosti**

Bc. Petr Makový

---

Diplomová práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta managementu a ekonomiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta managementu a ekonomiky  
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Petr Makový  
Osobní číslo: M210233  
Studijní program: N0488P050002 Průmyslové inženýrství  
Forma studia: Kombinovaná  
Téma práce: Projekt zefektivnění procesu apretace hliníkových odlitků ve vybrané společnosti

## Zásady pro vypracování

### Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

#### I. Teoretická část

- Proveďte průzkum literárních pramenů z oblasti řízení procesů a formulujte teoretická východiska pro zpracování praktické části diplomové práce.

#### II. Praktická část

- Analyzujte současný stav procesu apretace hliníkových odlitků ve vybrané společnosti.
- Navrhněte projekt zefektivnění procesu apretace hliníkových odlitků v dané společnosti.
- Zhodnoťte navrhované řešení.

### Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

JACOBS, F. Robert, William L. BERRY, D. Clay WHYBARK a Thomas E. VOLLMANN. *Manufacturing planning and control for supply chain management: the CPIM reference*. Second edition. New York: McGraw-Hill Education, 2018, 617 s. ISBN 978-12-601-0838-5.  
MORAN, Sean. *Process plant layout*. Second edition. Amsterdam: Elsevier, 2017, 734 s. ISBN 978-01-280-3355-5.  
PANNEERSELVAM, Ramasamy. *Production and operations management*. Third edition. Delhi: PHI Learning Private Limited, 2018, 700 s. ISBN 978-81-203-4555-3.  
PARMENTER, David. *Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs*. Fourth edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley, 2020, 330 s. ISBN 978-1-119-62077-8.  
YOO, Min-Jung a Rémy GLARDON. *Manufacturing operations management*. New Jersey: World Scientific, 2018, 259 s. ISBN 978-17-863-4533-2.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Eva Juříčková, Ph.D.**  
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2023**  
Termín odevzdání diplomové práce: **21. dubna 2023**

L.S.

---

**prof. Ing. David Tuček, Ph.D.**  
děkan

---

**prof. Ing. David Tuček, Ph.D.**  
garant studijního programu

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 20. 4. 2023

Jméno a příjmení: Petr Makový

## **ABSTRAKT**

Projekt se zaměřuje na optimalizaci procesu apretace ve výrobě hliníkových odlitků v malosériové výrobě. V teoretické části práce jsou popsány metody a techniky průmyslového inženýrství, včetně implementace, řízení a zlepšování výrobního procesu a systémů. V praktické části práce byly na základě provedených měření a analýz identifikovány oblasti pro optimalizaci procesu a navrženy konkrétní kroky k jeho zlepšení. V rámci analýzy nákladů a přínosů projektu byly vyčísleny konkrétní časové a finanční přínosy zavedených opatření. Na závěr praktické části byla provedena analýza rizik.

Klíčová slova: proces, optimalizace, zakázková výroba, DMAIC

## **ABSTRACT**

The project focuses on the optimization of the fettling process in the production of aluminium castings in small series production. The theoretical part of the work describes industrial engineering methods and techniques, including implementation, control and improvement of the production process and systems. In the practical part of the thesis, based on the measurements and analyses performed, areas for process optimization were identified and specific steps for process improvement were proposed. As part of the cost-benefit summary of the project, the specific time and financial benefits of the implemented measures were quantified. At the end of the practical part, a risk analysis was carried out.

Keywords: process, optimization, job-shop production, DMAIC

Děkuji Ing. Evě Juríčkové, Ph.D. za rady a připomínky k diplomové práci.

Děkuji mé ženě Veronice za podporu během studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÚVOD</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE</b> .....                       | <b>11</b> |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....                                    | <b>12</b> |
| <b>1 PROCES</b> .....   | <b>13</b> |
| 1.1    DEFINICE PROCESU .....                                     | 13        |
| 1.1.1    Produkt a zákazník procesu.....                          | 13        |
| 1.1.2    Hranice procesu.....                                     | 13        |
| 1.1.3    Účastníci procesu .....                                  | 14        |
| 1.1.4    Členění procesů .....                                    | 15        |
| 1.2    IMPLEMENTACE PROCESU .....                                 | 15        |
| 1.3    ŘÍZENÍ PROCESU .....                                       | 17        |
| 1.4    ZLEPŠOVÁNÍ PROCESU .....                                   | 17        |
| <b>2 VÝROBA A VÝROBNÍ SYSTÉM</b> .....                            | <b>19</b> |
| 2.1    DEFINICE VÝROBY .....                                      | 19        |
| 2.2    TYPOLOGIE VÝROBY .....                                     | 21        |
| 2.2.1    Typologie dle míry plynulosti .....                      | 22        |
| 2.2.2    Typologie dle charakteru technologie .....               | 23        |
| 2.2.3    Typologie dle výroby .....                               | 23        |
| 2.2.4    Typologie dle formy organizace výrobního procesu .....   | 23        |
| <b>3 VYBRANÉ METODY A TECHNIKY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ</b> ..... | <b>27</b> |
| 3.1    SPAGHETTI DIAGRAM .....                                    | 27        |
| 3.2    PROCESNÍ MAPA .....  | 27        |
| 3.3    TOC .....  | 28        |
| 3.3.1    Základní metriky TOC .....                               | 28        |
| 3.3.2    5 základních kroků TOC .....                             | 29        |
| 3.4    PLÁNOVÁNÍ VÝROBY .....                                     | 29        |
| 3.5    KPI A CSF .....  | 31        |
| 3.6    LAYOUT .....   | 32        |
| 3.7    MUDA, MURA, MURI .....                                     | 33        |
| 3.8    DMAIC.....   | 35        |
| 3.8.1    Define (Definuj) .....                                   | 36        |
| 3.8.2    Measure (Měř).....                                       | 38        |
| 3.8.3    Analyze (Analyzuj) .....                                 | 39        |
| 3.8.4    Improve (Zlepši).....                                    | 41        |
| 3.8.5    Control (Kontroluj) .....                                | 41        |
| <b>4 ERP</b> .....  | <b>43</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>                             | <b>45</b> |
| <b>5 PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ SPOLEČNOSTI.....</b>             | <b>46</b> |
| 5.1 ZÁKLADNÍ INFORMACE O SPOLEČNOSTI.....                 | 46        |
| 5.2 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA .....                           | 46        |
| 5.3 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE A ODDĚLENÍ SPOLEČNOSTI.....       | 47        |
| 5.3.1 Modelárna .....                                     | 47        |
| 5.3.2 Slévárna.....                                       | 47        |
| 5.3.3 Apretace .....                                      | 47        |
| 5.3.4 Obrobna a montáž .....                              | 48        |
| 5.3.5 Kvalita .....                                       | 48        |
| 5.3.6 Interní logistika .....                             | 48        |
| 5.3.7 Externí logistika .....                             | 49        |
| <b>6 PROCES APRETACE VE SPOLEČNOSTI.....</b>              | <b>50</b> |
| 6.1 PRACOVISTĚ V ODDĚLENÍ APRETACE.....                   | 51        |
| 6.1.1 Pracoviště řezání .....                             | 55        |
| 6.1.2 Pracoviště tryskání .....                           | 56        |
| 6.1.3 Pracoviště broušení .....                           | 58        |
| 6.1.4 Pracoviště dokončovacího broušení.....              | 59        |
| 6.1.5 Pracoviště rovnání .....                            | 60        |
| 6.1.6 Pracoviště lakování .....                           | 60        |
| 6.1.7 Pracoviště navazujícího zušlechťování .....         | 61        |
| 6.1.8 Svařovna.....                                       | 61        |
| 6.2 ANALÝZA DAT ZPOŽDĚNÍ NAPŘÍČ VÝROBNÍM PROCESEM .....   | 61        |
| 6.2.1 Procesní mapa procesu apretace.....                 | 62        |
| <b>7 PROJEKT ZEFEKTIVNĚNÍ PROCESU APRETACE .....</b>      | <b>65</b> |
| 7.1 FÁZE DEFINE.....                                      | 66        |
| 7.1.1 Harmonogram projektu .....                          | 66        |
| 7.1.2 Cíl projektu.....                                   | 66        |
| 7.1.3 Použité metody.....                                 | 67        |
| 7.2 FÁZE MEASURE.....                                     | 67        |
| 7.2.1 Časové náměry .....                                 | 67        |
| 7.2.2 Průběžná doba výroby .....                          | 68        |
| 7.2.3 Spaghetti diagram.....                              | 69        |
| 7.2.4 Procesní mapa konkrétní výrobní dávky.....          | 72        |
| 7.3 FÁZE ANALYZE .....                                    | 74        |
| 7.3.1 Analýzy průběžné doby výroby .....                  | 74        |
| 7.3.2 Analýza úzkých míst .....                           | 74        |
| 7.3.3 Analýza podílu jednotlivých pracovišť na PDV* ..... | 75        |
| 7.3.4 Analýzy časových náměrů .....                       | 75        |
| 7.3.5 Analýza formou Ishikawa diagramu .....              | 76        |
| 7.3.6 Metoda 5x proč – rozsah broušených ploch.....       | 78        |
| 7.3.7 Metoda 5x proč – rovinnost .....                    | 78        |
| 7.3.8 Shrnutí fáze Analýze .....                          | 79        |



|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 7.4      | FÁZE IMPROVE .....   | 79         |
| 7.4.1    | Opatření č. 1 – revize ploch k apretaci a jejich jednoznačná identifikace v návodkách..... | 79         |
| 7.4.2    | Opatření č. 2 – revize geometrických tolerancí .....                                       | 81         |
| 7.4.3    | Přehled dosažených zlepšení.....   | 84         |
| 7.5      | FÁZE CONTROL .....   | 85         |
| 7.5.1    | Technologie.....   | 85         |
| 7.5.2    | Kalendáře .....  | 86         |
| 7.5.3    | Vykazování .....   | 86         |
| 7.5.4    | Náklady projektu.....  | 87         |
| 7.5.5    | Přínosy projektu .....   | 88         |
| 7.5.6    | Shrnutí nákladů a přínosů projektu .....   | 90         |
| 7.5.7    | Analýza rizik RIPRAN .....   | 90         |
| <b>8</b> | <b>SHRUTÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI .....</b>  | <b>92</b>  |
|          | <b>ZÁVĚR .....</b>   | <b>94</b>  |
|          | <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>  | <b>95</b>  |
|          | <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ, POJMŮ A ZKRATEK.....</b>                                      | <b>98</b>  |
|          | <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>  | <b>99</b>  |
|          | <b>SEZNAM TABULEK.....</b>   | <b>100</b> |
|          | <b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>  | <b>101</b> |
|          | <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>  | <b>102</b> |

## ÚVOD

V této práci je představen projekt zefektivnění procesu apretace hliníkových odlitků ve vybrané, exportně orientované, dlouhodobě ziskové společnosti. Růst poptávky po výrobcích a službách této společnosti na straně jedné a nedostatek (kvalifikovaných) pracovníků na straně druhé jsou dlouhodobým problémem, kterému tato společnost čelí. Vzhledem k zaměření výroby (zakázková, malosériová výroba) není vždy řešením automatizace, resp. robotizace procesu, proto je nutné hledat zefektivnění ve všech krocích celého procesu.

Metoda DMAIC byla vybrána pro zpracování projektu, jelikož umožňuje strukturovaný přístup k řízení a samotnému zpracování projektu, jehož cílem je zefektivnit proces apretace vybraného vzorku o 10 %. Po teoretickém úvodu do procesu, jeho implementace, řízení a zlepšování, jsou představeny vybrané metody a techniky průmyslového inženýrství, které jsou následně použity v praktické části ke sběru a analýze dat. Na základě těchto dat jsou představeny, experimenty ověřeny a následně implementovány 2 konkrétní opatření, jejichž cílem je dosažení požadovaného zefektivnění procesu. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v rámci analýzy nákladů a přínosů projektu, na jejichž základě lze rozhodnout o úspěšnosti dosažení cíle projektu.

V analýze rizik jsou představena konkrétní rizika i návazná nápravná opatření pro úspěšné řízení a dokončení projektu.

## CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Tato práce se zaměřuje na zefektivnění procesu apretace ve vybrané společnosti a využívá metodu DMAIC. Tato metoda umožňuje definovat cíle, měřit a sbírat potřebné hodnoty, analyzovat tyto údaje, navrhnout opatření vedoucí k nápravě a dále proces řídit a kontrolovat.

Cílem této práce je prostřednictvím použitých metod průmyslového inženýrství nalézt taková řešení, která umožní zefektivnění vybraného procesu o 10 %. Konkrétně to znamená snížení délky průběžné doby výroby (označované v této práci jako PDV\*) o 10 % pro vybraný soubor 10 dílců. Harmonogram projektu je stanoven od 2. 1. 2023 do 20. 4. 2023 a zahrnuje všechny fáze dle metody DMAIC včetně implementace opatření vedoucích k zefektivnění procesu.

V první části projektu se metody zaměřují na pozorování, získávání a sběr dat (zejména formou snímku pracovního dne a zaznamenávání časů jednotlivých pracovních operací), následované analýzou získaných informací. Pro analýzu současného stavu bylo využito především mapování procesního toku a spaghetti diagramu, který pomohl odhalit jeden z výrazných zdrojů plýtvání – nadměrné broušení. Pro analýzu dat byl použit zejména Pareto diagram. S využitím metod průmyslové moderace (brainstorming a zejména metoda 5x proč) byl odhalen druhý z hlavních zdrojů plýtvání – 2kolové tepelné zpracování.

Na základě provedených experimentů, zejména během navazujícího procesu třískového obrábění, byla za využití základních statistických metod určena 2 opatření k zefektivnění procesu apretace – odstranění nadbytečného broušení vybraných povrchů a odstranění 2kolového tepelného zpracování u vybraných položek.

Ve fázi Control jsou představena taková opatření, která si kladou za cíl dodržování revidovaných postupů za účelem dlouhodobého udržení časů na požadované úrovni. Byly navrženy a implementovány nástroje pro kontrolu procesu a sledování výkonu.

Závěrem projektu je zpracována analýza rizik za využití metody RIPRAN a nákladová analýza, jejímž úkolem je posoudit návratnost vynaložených prostředků a vyčíslit dosaženou úsporu (jak v časových, tak finančních jednotkách).

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PROCES

Podle Kumara (2018), je proces způsobem provádění činností tak, aby vedly k dosažení cíle. Jak dále uvádí Kumar, (2018), je pohledem ERP systému podnik souborem procesů, které se týkají prodeje, nákupu, výroby či účetnictví. Dívat se na podnik jako na řadu procesů, jež spolu souvisí, přináší jednoznačnou výhodu v integraci, spolupráci a lepší výměně informací mezi různými oblastmi. Parametry jako objem skladových zásob, výše přijatých objednávek, výše vydaných objednávek, objem zakázek nebo stav plateb mohou být sledovány v reálném čase. Podnik díky pohledu na sebe sama jako na soubor procesů může lépe řídit cyklus prodeje od fakturace po příjem platby. Lepší plánování pomůže zkrátit výrobní i dodací časy. Na základě dat lze zlepšit předpovědi budoucích prodejů, a tomu podřizovat výši zásob.

### 1.1 Definice procesu

Proces výroby, měření, kontroly kvality, proces nákupu, auditu, proces prodeje. Procesů je (nejen ve výrobním podniku) celá řada. „Proces je série logicky souvisejících činností nebo úkolů, jejichž prostřednictvím – jsou-li postupně vykonány – má být vytvořen předem definovaný soubor výsledků.“ (Svozilová, 2011, s. 32)

#### 1.1.1 Produkt a zákazník procesu

„Produkt procesu je hmotným nebo nehmotným výstupem, který je tvořen za účelem toho, aby sloužil pokrytí potřeb nebo přání zákazníka procesu.“ (Svozilová, 2011, s. 42) Jak dále uvádí Svozilová (2011), produktem procesu je jakýkoliv hmotný výrobek či mj. služba a to tehdy, pokud představuje určitou hodnotu, zajišťuje nějakou funkci nebo přináší prospěch někomu, kdo má požadavek, který tento produkt (mezi nějž řadíme i službu) pokrývá.

V případě, že je produkt poskytován vně podniku, který zkoumáme, pak ty, jimž produkt poskytujeme, nazýváme externím zákazníkem, či zákazníkem. Předpokládá se, že podnik, jež poskytuje produkt, obdrží za tento produkt určitou směnnou hodnotu, obvykle peníze.

Proces může mít také vnitřního (interního) zákazníka, což je ten, který uvnitř zkoumaného podniku navazuje na proces, který zkoumáme.

#### 1.1.2 Hranice procesu

Svozilová (2011) dále uvádí, že s ohledem na komplikovanost řady procesů, které často procházejí napříč organizací, je nutné definovat hranice procesu. Bez jasného ohraničení

procesu, které napomáhá oddělit proces od okolního prostředí, by bylo velmi náročné pracovat na popisu, analýze, návrhu či implementaci procesu či jeho změny.

To, že jsou stanoveny hranice procesu však neznamená, že vnější okolí procesu bude zcela opomenuto. Rozděluje však proces na něj samotný (to čím je nutné se primárně zabývat) a na jeho okolí (bez sdělení, že by mělo být opomenuto).

### 1.1.3 Účastníci procesu

Účastníky procesu Svozilová (2011) definuje podle jejich specifických rolí, podle vztahu k procesu, podle znalostí a rozsahu odpovědnosti těchto kategorií:

- Zákazník – ten, kdo pocítuje potřebu, přání nebo má požadavek, který lze zajistit určitým hmotným výrobkem, nehmotným výtvozem, službou nebo kombinací všech těchto uvedených položek, která je produkována určitým procesem a má vlastnosti, jež představují určitou hodnotu, zajišťují určité funkcionality nebo mu přinášejí jiný prospěch, za který je ochoten směnit jinou hodnotu, zpravidla vyjádřenou ve finančních prostředcích.
- Dodavatel – ten, kdo zajišťuje vstupy, ať již hmotné, nebo nehmotné, které proces potřebuje k tomu, aby zajistil to, co od něj žádají jeho zákazníci.
- Sponzor – ten, kdo má zájem na tom, aby proces fungoval bez problémů a aby efektivně plnil požadavky, které jsou na něj kladeny. Jeho zainteresovanost na zvyšující se efektivitě procesu ho předurčuje k tomu, aby aktivně stál za zlepšovateľskými iniciativami ve svěřené procesní oblasti. Sponzor projektu má nezastupitelnou roli při ustavení zlepšovateľského projektu, ale rovněž při jeho taktickém řízení tím, že poskytuje podporu projektu, částečně zprostředkovává jeho styk s okolím a pomáhá mu, a to zejména tehdy, kdy je potřeba odstranit překážky.
- Podnik – typicky je podnik vlastníkem zdrojů, které jsou v procesu spotřebovávány, reprezentantem vlastníků podniku vůči zákazníkovi a jako takový má eminentní zájem na tom, aby se zvyšovala nejen kapacita procesu (a tím se zvyšovala profitabilita příslušné části produkce), ale také na tom, aby se vlastnosti vytvářených výrobků nebo služeb a jejich kvalita přizpůsobovaly přáním a potřebám zákazníků rychleji, než jak to dokáže konkurence, a tím se zvyšoval tržní podíl podniku.

- Manažer – ten, kdo se přímo účastní řízení procesu a zpravidla je k jeho výsledkům, ať již v oblasti výkonnosti nebo kvality, vázán osobní odpovědností. Manažer procesu může být současně sponzorem zlepšovateľského projektu.
- Šampión – ten, kdo se procesu dlouhodobě účastní, a to jak na pozici manažera, tak na pozici operátora, a svým chováním a vystupováním podporuje užívání a zlepšování procesu napříč organizací. Šampión zná do hloubky jak potřeby procesu, tak všechny vnitřní závislosti jednotlivých procesních elementů. Jeho znalost procesu ho předurčuje k tomu, aby přispíval ke zvyšování kvality a produktivity procesu tím, že předává své znalosti a zkušenosti dalším osobám, a to ať již formou tréninku nebo školení, nebo jako vstupy do zlepšovateľských iniciativ.
- Operátor – ten, kdo se procesu dlouhodobě účastní, a to jak na pozici manažera, tak na pozici operátora, a svým chováním a vystupováním podporuje užívání a zlepšování procesu napříč organizací. Šampión zná do hloubky jak potřeby procesu, tak všechny vnitřní závislosti jednotlivých procesních elementů. Jeho znalost procesu ho předurčuje k tomu, aby přispíval ke zvyšování kvality a produktivity procesu tím, že předává své znalosti a zkušenosti dalším osobám, a to ať již formou tréninku nebo školení, nebo jako vstupy do zlepšovateľských iniciativ.

#### 1.1.4 Členění procesů

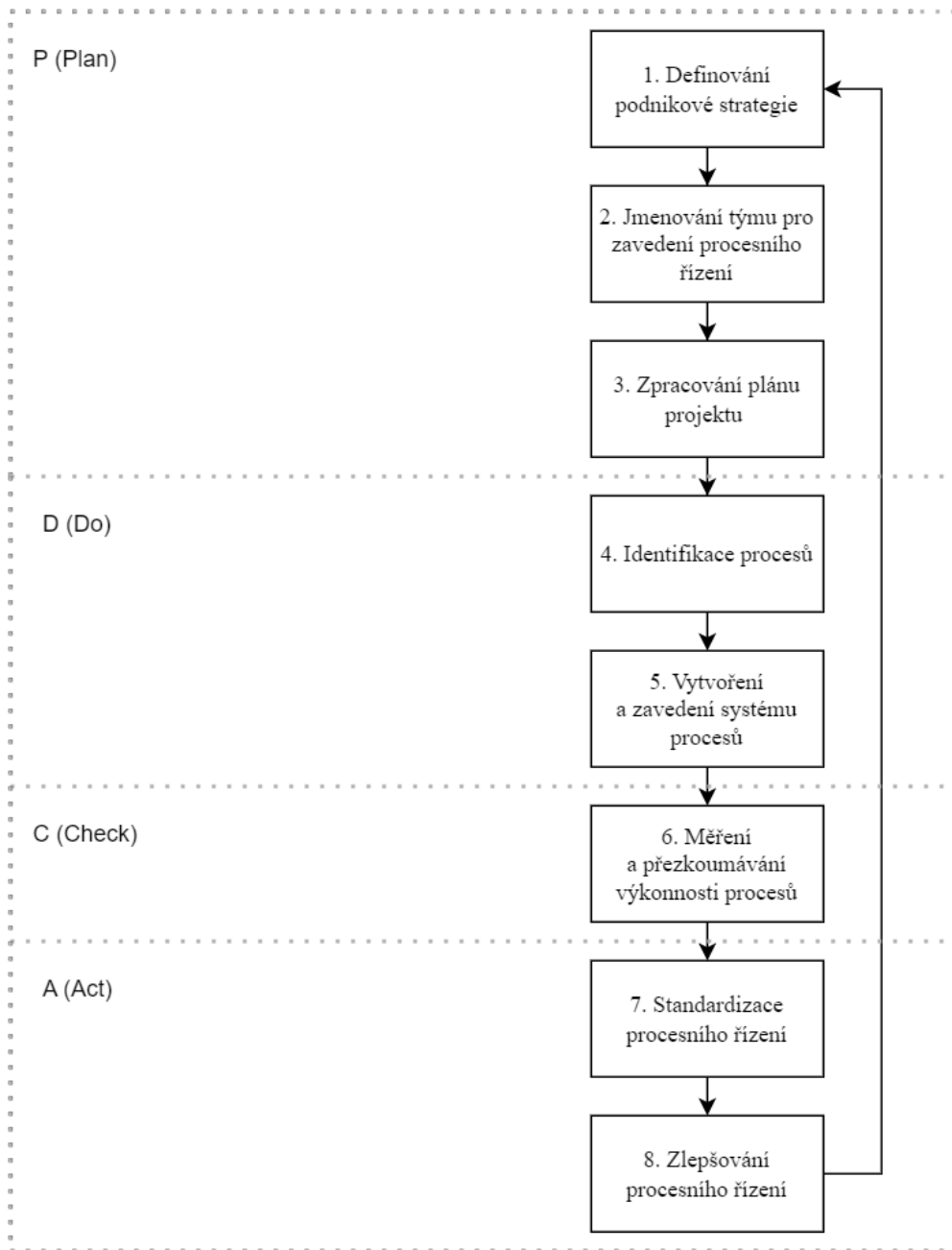
Jak uvádí Cienciala (2011), základní členění procesů je následující:

- procesy řídicí;
- procesy hlavní;
- procesy podpůrné.

Mezi řídicí procesy patří např. plánování zdrojů, mezi procesy hlavní např. výroba a do podpůrných procesů lze zařadit např. řízení lidských zdrojů.

## 1.2 Implementace procesu

Cienciala (2011) uvádí Demingův P-D-C-A cyklus jako možný přístup, kdy v jeho čtyřech základních fázích vymezuje osm základních etap projektu, které jsou viditelné na obrázku č. 1 níže.



Obrázek 1 Základní etapy implementace procesního řízení v organizaci (Cienciala, 2011), vlastní zpracování

Jak uvádí Jeston (2018), po implementaci procesu se očekává, že zaměstnanci budou nový proces znát, ovládat a budou motivováni podle něj postupovat. Nový nebo vylepšený proces funguje podle požadavků a potřeb zainteresovaných osob tak, jak byl nadefinován a přináší benefity, které měl.



### 1.3 Řízení procesu

Proces je nutné řídit a jak uvádí Svozilová (2011), řízení procesu obvykle zahrnuje tyto aktivity:

- definice procesů;
- ustavení rolí v rámci procesu;
- ustavení odpovědností za výsledky a mezivýsledky procesu;
- korigování a řízení procesních toků;
- hodnocení výkonnosti procesů;
- identifikace příležitostí k lokálnímu zlepšování procesů;
- implementace změn procesů.

### 1.4 Zlepšování procesu

Jak uvádí Řepa a Česká společnost pro systémovou integraci (2012), procesní řízení spočívá v neustálém sledování podnikových procesů, a v případě, že je to nutné či vhodné, v jejich zlepšování či reengineeringu, a to vše s cílem stálého zajišťování strategických cílů.

Jak uvádí Svozilová (2011), zlepšování procesů se na rozdíl od jejich řízení, zaměřuje především na zkoumání jejich chování, odhalování příčin problémů spojených s jejich plynulým chodem, jejich produktivitou ne kvalitou jejich výstupů. Pokud má být proces zlepšován, je nutné předmětný proces znát – a to buďto pohledem procesní dokumentace, nebo v souhrnu znalostí účastníků. Druhou možností je znalost procesu založit na souhrnu znalostí účastníků a obejít se tak bez příslušné procesní dokumentace. Tato možnost je použitelná v případě, že se jedná o jednoduchý proces, do něhož není zapojeno příliš mnoho účastníků.

Jak uvádí Řepa a Česká společnost pro systémovou integraci (2012), výrazným představitelem nových přístupů, tj. *druhé generace* procesních změn, představuje Markus Gappmaier a jeho metodika PPP, jež prosazuje *celostní* přístup k procesům, nesoustředí se pouze na technologii a radikálnost procesů, ale spíše na spoluúčasť zaměstnanců i zákazníků).

Zlepšování (a jeho zapracování do systému procesů) je dle Svozilové (2011) nutné už proto, že nový proces většinou napoprvé není navržen správně, často však ani napodruhé či

napotřetí. Je tak nutné se v cyklickém opakování a soustavně k procesu vracet a zlepšovat jej. I kdyby byl proces nastaven správně, a to třeba i od samotného začátku, často je to okolí, které se mění. A i na tyto změny musí proces, resp. jeho nastavení reagovat.

## 2 VÝROBA A VÝROBNÍ SYSTÉM

Jak uvádí Panneerselvam hned na začátku své knihy (2018), společnost obvykle sestává ze čtyřech hlavních subsystémů – marketingu, výroby, financí a personálního. Úkolem marketingu je propagovat produkty mezi zákazníky tak, aby měla společnost dostatek objednávek. Výroba, ať ve smyslu výroby fyzického výrobku či poskytnutí služby, má za úkol zorganizovat výrobní zdroje tak, aby došlo k výrobě zboží (poskytnutí služby). Aby byl výrobek vyroben podle požadované specifikace, výroba organizuje všechny zdroje (vstupní suroviny, vybavení, lidskou sílu a provozní kapitál) podle plánu výroby. Funkce financí je autorizovat a kontrolovat, aby všechny ostatní subsystému využívali finanční prostředky efektivně. Základní funkcí personalistiky je podpora ostatních v plánování a poskytování pracovníků všem ostatním podsystémům společnosti a sobě stanovením správných náborových a tréninkových programů.

### 2.1 Definice výroby

Jak uvádí Panneerselvam (2018), co se týče výroby, která bude v následujícím textu popsána podrobněji, je to ta část společnosti, která přeměňuje řadu vstupů v požadovaný výstup (zboží či služba) při dodržení požadované úrovně kvality. Řízení výroby je pak kontrolovaný proces, který kombinuje a přeměňuje řadu zdrojů ve výrobním podsystému společnosti ve výrobek (či službu) s přidanou hodnotou za respektování politik společnosti.

Jak dále uvádí Panneerselvam (2018), systém je soubor vzájemně propojených entit. V případě výroby do tohoto systému vstupují materiály, pracovní síla, vybavení a kapitál – viz obrázek č. 2 níže. Při výrobě zboží jsou vstupy obvykle kapitál, stroje, vybavení (nástroje, nářadí, přípravky), a pracovní síla, která obsluhuje a udržuje stroje a vybavení. Obrázek č. 2 níže vysvětluje aspekty výrobní funkce společnosti. Společnost obdrží řadu vstupů (nalevo), a zpracuje je ve zboží (či službu) za použití svého výrobního vybavení, technik a procedur, kterými disponuje. Během procesu tohoto zpracování nastávají určité odchylky v kvalitě, velikosti, tvaru a množství, které jsou vyrobeny. Je zásadní, tyto odchylky hlásit zpět na “vstup” tak, aby byla provedena potřebná nápravná opatření. Jako příklad nápravných opatření lze uvést tato:

- přísná kontrola vstupního materiálu;
- úprava nastavení strojů;
- výměna nářadí;

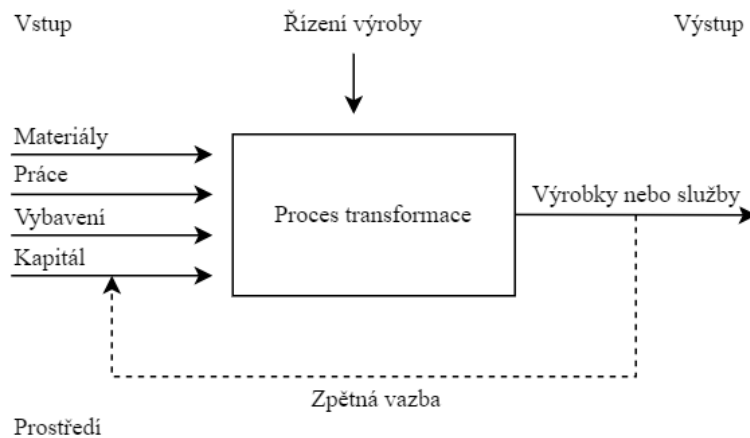
- správné umístění pracovní síly podle odpovídajících schopností;
- změny výrobního plánu ve formě navýšení či naopak snížení vyráběného množství;
- rigidní nastavení kontroly kvality během procesu samotné výroby tak, aby bylo zabráněno nutnosti oprav.

Na základě této zpětné vazby se systém pokusí znovu o výrobu daného zboží či služby s upravenými parametry tak, aby dostal požadovaným specifikacím. Mechanismus zpětné vazby je neustále probíhající záležitost, jejímž účelem je monitorování stavu systému.

Systém pracuje v určitém prostředí, ze kterého rovněž potřebuje získávat zpětnou vazbu a upravovat podle ní parametry. Prostor se obvykle dělí na vnitřní a vnější. Jako příkladem vnitřně získané zpětné vazby je ta od vrcholového vedení společnosti, jež může být považována za interní prostředí, jež formuluje instrukce a očekávání.

Vnější prostředí vůči společnosti naopak představuje právní, politické, sociální či ekonomické podmínky, jimž společnost čelí a v nichž vykonává svou činnost.

Výše uvedené informace ilustruje obrázek č. 2 níže.



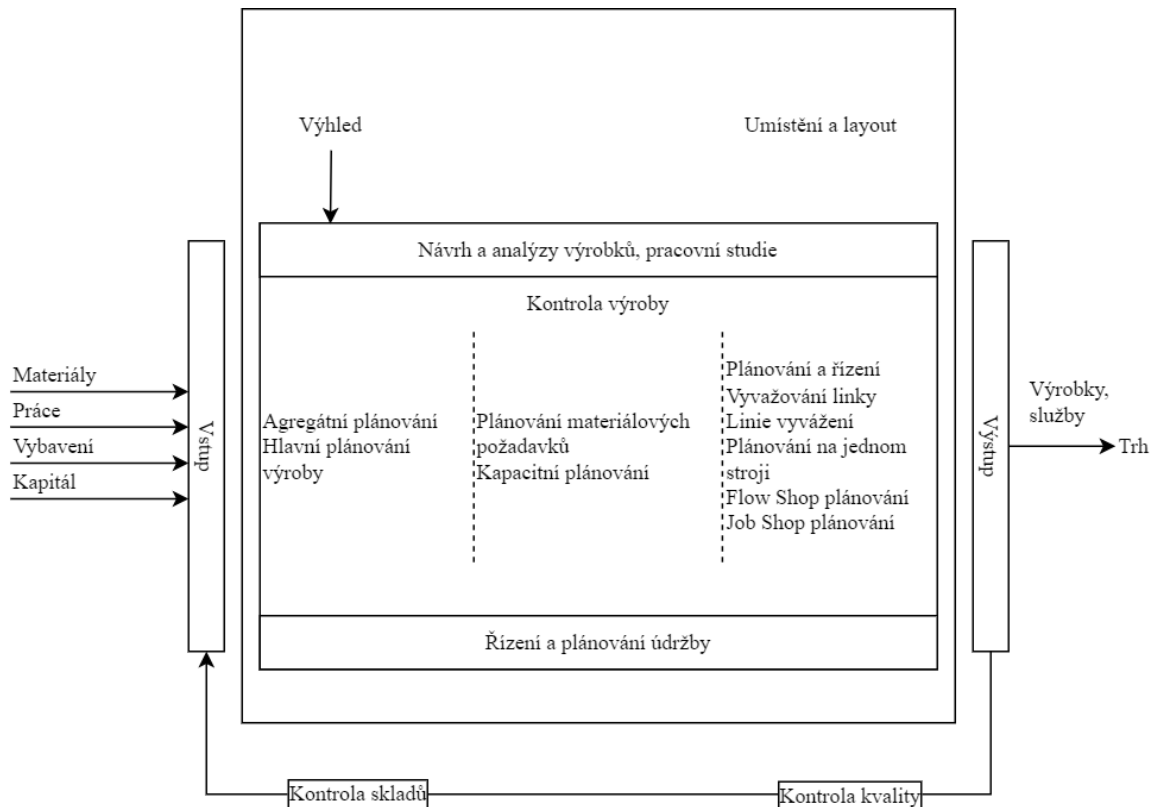
Obrázek 2 Proces transformace (Panneerselvam, 2018), vlastní zpracování.

Podle Pannerselvama (2018) zahrnují techniky a procedury v řízení výrobního systému zahrnují tyto prvky:

1. plánování;
2. umístění a layout;
3. návrh a analýzy výrobků, pracovní studie;
4. kontrola výroby;

5. řízení a plánování údržby;
6. kontrola.

Tyto techniky a procedury musí fungovat v logickém celku a posloupnosti, kterou ilustruje diagram na obrázku č. 3 níže.



Obrázek 3 Výroba (Panneerselvam, 2018), vlastní zpracování.

Jak uvádí Panneerselvam (2018), je nutné kontrolovat shodu výrobku či služby poskytnuté systémem oproti požadavkům kvality. Je nutné, aby opět putovala zpětná vazba na začátek tak, aby byly provedeny případné korekce a nápravná opatření. Úroveň nutných korekcí a nápravných opatření ovlivňuje použitý materiál, požadovaná kvalita, stav vybavení a schopnosti a motivace zaměstnanců.

## 2.2 Typologie výroby

Existuje několik různých pohledů na samotné členění a typologii výroby. Zásadním rozlišením je, zdali firma vyrábí na základě konkrétních požadavků (technických či technologických, termínových, kvalitativních a množstevních) zákazníků nebo vyrábí bez znalosti konkrétního zákazníka. Jurová (2016) tyto jednotlivé organizační formy označuje jako výrobu zakázkovou, respektive výrobu na sklad.

### 2.2.1 Typologie dle míry plynulosti

Jak uvádí Jurová (2016), podle míry plynulosti technologického procesu rozlišujeme tyto 2 typy výroby:

- výroba plynulá (kontinuální);
- výroba přerušovaná (diskontinuální, diskrétní).

Typickým představitelem plynulé výroby je chemická či hutní výroba, kde nelze snadno technologický proces přerušit, např. ve dnech pracovního klidu. Dvě základní překážky přerušování provozu jsou technické a ekonomické faktory. Zastavení a rozběh je např. u hutní výroby nejen v krátkém čase technicky nemožný, ale také velice nákladný. Jak dále uvádí Jurová (2016), technologický proces u plynulé výroby je typický průběhem v aparaturách, jež jsou propojeny potrubními, skladovacími a meziskladovacími zařízeními. Technologické a manipulační procesy jsou zde bezprostředně spojeny a výrobky se vyrábějí hromadně. Tento druh výroby nabízí ideální podmínky pro automatizaci, která v tomto typu výroby často probíhala již v minulosti.

Přerušovanou výrobu typicky reprezentuje strojírenství, stavebnictví, elektrotechnický průmysl. Technologický proces je obvykle přerušován z důvodu potřeby uskutečnění řady netechnologických procesů (doprava materiálu, upnutí obrobku, vyjmutí obrobku po ukončení operace, výměna nástroje). Narozdíl od výroby plynulé je relativně rychlé a levné výrobu přerušovanou zastavit a znovu spustit. Technologické operace představují v tomto typu výroby jen nepatrnou část průběžné doby výroby. Operace jsou často různorodé, složité a zahrnují velké množství paralelně vyráběných výrobků – i to je důvodem, proč se automatizace v tomto druhu výroby implementuje obtížně, byť je v poslední době umožněna díky vývoji na poli elektrotechnického průmyslu.

Podle Yoo a Glardona (2018) lze výrobu, jež není plynulá (kontinuální), tj. je přerušovaná, rozdělit do 3 hlavních kategorií:

- hromadná výroba (mass production);
- dávková výroba (batch production);
- zakázková výroba (job-shop production).

### 2.2.2 Typologie dle charakteru technologie

Jak uvádí Jurová (2016), charakter technologie určuje, v čem spočívá samotný výrobní proces. Rozlišujeme tak:

- výrobu mechanickou, jež je založena na změně tvaru a jakosti materiálu, nikoliv na změně vlastností jeho látkové podstaty;
- výrobu chemickou – ta, jež vyvolává změny vlastností látkové podstaty surovin a materiálů;
- výrobu biologickou a biochemickou, jež využívá přírodních procesů a dochází při ní ke změně látkové podstaty surovin a materiálů.

### 2.2.3 Typologie dle výroby

Podle Jurové (2016) je dalším možným rozdělením podle typu výroby, kde je typ výroby určen množstvím a počtem druhů vyráběných výrobků, tímto pohledem pak rozlišujeme:

- výrobu kusovou, kterou charakterizuje velký počet různých druhů výrobků v malých množstvích;
- výrobu sériovou, která je typická výrobou stejného druhu produktů v sériích, podle velikosti se pak dělí na:
  - malosériovou výrobu;
  - středněsériovou výrobu;
  - velkosériovou výrobu;
- výrobu hromadnou, pro kterou je obvyklé vyrábění velkého množství jednoho nebo malého počtu druhů produktů.

### 2.2.4 Typologie dle formy organizace výrobního procesu

Jak uvádí Jurová (2016), významnou roli pro toto rozčlenění hraje vybavení a uspořádání výrobního procesu, respektive řízení materiálových toků. Podle organizace výrobního procesu jsou výroby rozděleny takto:

- proudová výroba, charakteristická výrobními linkami, které vyrábí jeden, nebo několik málo produktů;

- skupinová výroba, která je typická výrobou více druhů produktů v menších množstvích, limitována skutečností, že pohledem ekonomiky výroby je nemožné vyrábět produkt na lince;
- fázová výroba, která obvykle vyrábí řadu rozdílných produktů v malém množství.

### **Proudová výroba (*line production*)**

Jak uvádí Jurová (2016) proudová výroba je typická výrobou jednoho nebo několika vysoce příbuzných produktů za předpokladu, že se jednotlivé výrobní fáze nerozpojují vstupem mezioperačních zásob. Zásadními prvky úspěšného průběhu proudové výroby je rozsáhlá dělba práce, krátké průběžné doby, vyloučení mezioperačních zásob. Proudové výrobě je nutné podřídit layout tak, aby byl přizpůsoben vyráběnému produktu, výroba je rozvrhována jako celek, nikoliv pro jednotlivá pracoviště. Není neobvyklé, že výroba na lince je automatizována natolik, že obsluha pouze dohlíží a kontroluje průběh procesu. Pro proudovou výrobu je důležitým parametrem čas cyklu, který je ideálně nastavený tak, aby mohly být všechny operace, respektive jejich kombinace, být vykonávány ve stejný čas. Hluběji se touto tematikou zabývá problematika vyvažování linky, která řeší:

- stanovení pořadí operací pro požadovanou technologii;
- určení taktu linky;
- vyvážení jednotlivých pracovišť.

Proudová výroba je vhodná zejména pro výrobu takových dílů, které trh nakupuje velké množství co do počtu kusů, ovšem malé množství co do počtu druhů.

### **Skupinová výroba**

Jak dále uvádí Jurová (2016), skupinová výroba je typická tam, kde se vyrábí několik produktů s ustálenou spotřebou, z nichž každý prochází podnikem po pevné trase a je vyráběn opakovaně na stejných zařízeních. Na rozdíl od výše uvedené proudové výroby, do skupinové výroby často vstupují mezioperační zásoby, což má mimo jiné dopad na růst průběžné doby výroby. Layout musí být nutně přizpůsoben většímu počtu produktů, přičemž rozmístění výrobních zařízení se řídí podle skupiny produktů. Na rozdíl od proudové výroby, u které je zásadní navrhnout, postavit a následně vyladit linku tak, aby byly operace maximálně sladěné (jak co do pořadí, tak co do trvání), u skupinové výroby je nutné tuto optimalizaci – rozvrhování, provést vždy před každým výrobním obdobím.



Ladění

a jeho složitost závisí na řadě parametrů, z nich se jedná např. o:

- celkový počet produktů určených k výrobě;
- počet výrobních fází;
- počet produktů zpracovávaných současně;
- pružnost pracovníků a výrobních zařízení;
- míra, v jaké vstupují mezioperační zásoby do výrobního procesu.

Sestavení rozvrhu výroby, jež určuje kolik, z čeho, kdy a kde se musí vyrábět je zásadní pro řízení tohoto typu výroby. Typická technika k výpočtu potřeb je MRP (Material Requirement Planing).

### **Fázová výroba (*job shop*)**

Jak dále píše Jurová (2016), posledním typem dle členění podle formy organizace výrobního procesu, je fázová výroba. Ta slouží k výrobě mnoha různých produktů (standardizovaných i pro konkrétního zákazníka), které procházejí podnikem po trasách odlišných pro každý produkt. Délky zpracovacích časů se mohou významně lišit napříč produkty, to vše doprovází vysoká rozpracovanost a vysoká doba průběžné výroby. Řízení fázové výroby spočívá v systému zakázka – stroj, kdy je nutné k přijatým zakázkám přiřazovat stroje a určovat pořadí zakázek tak, aby bylo splněno kritérium optimality. V praxi se jako kritérium optimality často volí minimalizace doby čekání (např. materiálového prvku), což minimalizuje průběžnou dobu, a tak i rozpracovanou výrobu. Jde vždy o dynamickou situaci zakázkové výroby, to znamená, že úkoly, které se budou provádět, nejsou předem známy. Zásadním problémem tohoto typu výroby je fakt, že pracovní příkazy nelze z hlediska průběžné doby předem propočítat, a tak i přesně plánovat, přicházejí totiž rozptýleny v čase. Metody řešení pro problémy zakázkové výroby se jako velmi účinné ukázalo pravidlo SPT (*Shortest Processing Time* – nejkratší zpracovací čas). Všeobecně lze konstatovat, že výkon zakázkové výroby je z hlediska ovládní průběžné doby silně závislý na koeficientu vytížení, protože doba čekání je určována v převážné míře právě tímto koeficientem. Koeficient vytížení nesmí překročit kritickou hranici, která leží kolem 90 %.

K výše zmíněné průběžné době výroby je vhodné uvést rozdíl mezi průběžnou dobou výroby a průběžnou dobou výrobku. Tomek a Vávrová (2014) uvádí, že průběžná doba výrobku představuje celý cyklus od prvního impulsu k vývoji výrobku (např. přijatá zakázka či

objednávka), jeho technickou přípravu výroby (TPV), ověření ve výrobním procesu, vlastní výrobní cyklus až po ukončení expedice, popř. i včetně dalších odbytových činností. Součástí průběžné doby výrobku je průběžná doba výroby vlastního výrobního cyklu, tj. doby od provedení první operace až po předání na sklad hotových výrobků.

### 3 VYBRANÉ METODY A TECHNIKY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ

Průmyslové inženýrství je oblast, která se zabývá návrhem, optimalizací a řízením výrobních procesů a systémů s cílem zlepšit efektivitu a výkonnost průmyslových operací. Řízení výroby, logistika, zásobování, řízení kvality a další klíčové procesy jsou ty, které ovlivňují výkonost a ziskovost podniku. V textu níže budou zmíněny vybrané metody průmyslového inženýrství, které pomáhají firmám dosáhnout co nejvyšší efektivitu a ziskovosti v jejich výrobních závodech. Všechny zmíněné metody mají společný cíl: snížit náklady, zvýšit kvalitu a zlepšit výkonnost, což v konečném důsledku zvyšuje konkurenceschopnost firmy na trhu.

#### 3.1 Spaghetti diagram

Jak uvádí Svozilová (2011), spaghetti diagram je vhodný zejména tam, kde je potřeba v čase a prostoru zjednodušeně zobrazit např. pohyb personálu a materiálu po pracovišti. Pro jeho sestavení je nutné postupovat v těchto krocích:

- získat prostorový plán ve kterém probíhá sledovaný proces;
- sestavit diagram – kroky, ve kterých se proces uskutečňuje, identifikovat hlavní toky, větvení a smyčky;
- označit všechny kroky v místě, kde jsou realizovány a spojit je šipkami ve směru postupu;
- s účastníky procesu diskutovat o správnosti procesu, prověřit případnou neměnnost umístění např. technologické infrastruktury;
- doplnit do diagramu hodnoty měření vzdáleností, časů přesunů a délky zdržení u případných překážek;
- namodelovat optimalizované procesní toky tak, aby byly v diagramu vyčištěny nadbytečné přesuny, případně prověřit, zda činnosti v uzlech, ve kterých se křížuje příliš mnoho spojnic, lze rozložit a kombinovat s výkony v jiných lokalitách.

#### 3.2 Procesní mapa

Podle Svozilové (2011) jsou obecné procesní mapy volně koncipované diagramy, jež slouží k prvotní analýze při stanovení rozsahu projektu, používají se též jako vhodný komunikační

nástroj napříč fázemi modelování a dokumentace procesů. V procesní mapě nejde o obsažení hlubokých detailů procesu, ale právě proto jsou použitelné při analýze složitých procesních systémů jako nástroj napomáhající v orientaci v komplexu detailních diagramů, mezi vazbami jednotlivých subprocessů nebo základních procesních toků, větví a smyček. Pro zpracování procesní mapy doporučuje Svozilová (2011) tento postup:

- vybrat typ diagramu, který bude vhodný pro sledovaný proces;
- stanovit hranice a hlavní toky procesu;
- na základě pozorování a diskuse s účastníky procesu pojmenovat důležité kroky. Pro současné procesy zahrnout všechna významná větvení a smyčky. Naopak u návrhů procesů budoucích je nutné soustředit se jen na hlavní procesní toky;
- prověřit úplnost diagramu, odstranit duplicity;
- prověřit s účastníky procesu správnost diagramu;
- pojmenovat a označit jednotlivé kroky procesu.

### 3.3 TOC

Theory of Constraints (TOC) neboli Teorie omezení je přístup k řízení a optimalizaci procesů, který se zaměřuje na identifikaci a řešení klíčových omezení v průběhu výrobních procesů. Jde stále o významný nástroj pro zlepšování výkonnosti a produktivity v průmyslových odvětvích a v obchodním prostředí. Tato metoda klade důraz na identifikaci a odstranění omezení, jež brzdí výkonnost procesů, a následné dosažení zlepšení v produktivitě a výsledné výkonnosti procesu.

#### 3.3.1 Základní metriky TOC

Goldratt (2004) definuje tři základní metriky, které je nutné sledovat a na jejichž základě je potřeba se rozhodovat:

- průtok (*throughput*) – je to rychlost, s jakou systém (podnik) generuje peníze ve formě prodejů. Nedokončená i dokončená výroba, jež není prodána, do výše tohoto ukazatele nevstupuje;
- zásoby (*inventory*) – všechny finanční prostředky v systému, které byly investovány do zboží, které chce podnik prodat;

- operační náklady (*operational expenses*) – všechny náklady, které systém spotřebuje na to, aby zásoby proměnil v průtok (tj. prodané zboží).

Jak uvádí Goldratt (2004), tři základní metriky se pojí se třemi základními otázkami:

- Prodal podnik více kusů zboží (navýšil tržby, tj. průtok)?
- Propustil podnik někoho (snížil operační náklady)?
- Snížil podnik objem zásob?

Pokud je odpověď na všechny 3 dotazy ano, pak je docíleno ideálního stavu, který směřuje k hlavnímu cíli – zvýšení zisku podniku.

### 3.3.2 5 základních kroků TOC

Jak uvádí Goldratt (2004), metoda TOC spočívá v 5 krocích:

1. identifikace úzkého místa systému;
2. rozhodnutí o tom, jak úzké místo systému využít;
3. podřízení všeho ostatního předešlému rozhodnutí;
4. odstranění omezení;
5. návrat do prvního kroku.

### 3.4 Plánování výroby

Jak uvádí Panneerselvam (2018), předpokládaná kapacita, tzv. *design capacity* je konstruována na základě dlouhodobého výhledu na dalších 5 až 10 let. V případě slévárny tak může jít např. o plán odlévat ročně až 400 tun hliníkových odlitků. Naproti tomu existuje tzv. *system capacity*, která vychází z mixu aktuálních možností (pracovní síla, stroje) a může být nižší než tzv. *design capacity*. Skutečný výstup, který výrobní závod vyrábí může být opět ještě nižší, než tzv. *system capacity*. A to proto, že výstup je ovlivněn řadou faktorů (nižší než předpokládanou poptávkou po vyráběném zboží, poruchami strojů, chybějící pracovní silou vycházející z absencí zaměstnanců či nízkou produktivitou). Je důležité kapacitu (např. závodu), správně nastavit na začátku, protože časté navyšování kapacitních možností závodu vede k vysokým nákladům. Když je kapacita daná, je nutné začít plánovat, k čemuž slouží několik (různých) konceptů, např. MRP (*Material Requirement Planning*), MRP II (*Manufacturing Resource Planning*), CIM (*Computer Integrated Manufacturing*),

BOA (*Belastungsorientierte Auftragsfreigabe*), DBR (*Drum-Buffer-Rope*), KANBAN či MSO (modelování – simulace – optimalizace).

Jak uvádí Robotko, Kuzmin a Rudyk (2015), výroba a požadavky zákazníků na ni se stala natolik komplikovanou, že prakticky každý výrobní podnik potřebuje nějaký výrobní informační systém.

Podle Yoo a Glardona (2018) plánování výroby zajišťuje tyto oblasti:

- dostupnost adekvátní kapacity (pro dodávky, výrobu atd.);
- dostupnost materiálu (surovin, jednotlivých komponent či subdodávek);
- zákaznický servis na takové úrovni, kterou stanovuje firemní strategie při udržení co nejnižších nákladů;
- řízení lidských zdrojů.

Proces plánování je založen na hierarchii, jež z dlouhodobé agregované úrovně postupuje až na úroveň krátkodobých akcí. Dlouhodobé plánování se obvykle zabývá pouze celými produktovými řadami nebo obratem určité oblasti, zatímco krátkodobé plánování se týká konkrétních položek.

Yoo a Glardon (2018) definují 3 úrovně plánování:

### **Level 1**

Na této úrovni jde o agregovaný plán výroby, který balancuje plán prodeje při respektování dostupných výrobních prostředků, vychází z *předpokládané* poptávky po zboží a službách. Do plánu vstupují výrobní řady, nikoliv samotné položky (to by byl pro tuto úroveň až příliš detailní pohled na věc). Výstupem je agregátní plán výroby (*Aggregate Plan – AP*). AP následně slouží jako vstup pro hlavní výrobní plán (*Master Production Schedule – MPS*), jež je založen na očekávané poptávce a dostupných zdrojích, ale zabývá se již jednotlivými položkami.

### **Level 2**

Na této úrovni je jako vstup použit MPS, který procesem MRP (*Material Requirement Planning*, blíže vysvětleno v další kapitole) definuje poptávku po jednotlivých komponentech dle kusovníku. V tento okamžik je nutné znovu porovnat poptávané zboží a jeho množství oproti dostupným zdrojům.

### **Level 3**

Na této úrovni jde již o konkrétní akce rozvrhované tak, jak je stanovil výrobní plán na úrovni 2.

### 3.5 KPI a CSF

KPI (z anglického *Key Performace Indicator*) a CSF (z anglického *Critical Success Factor*) jsou 2 nezávislé, přesto však společně existující metriky, parametry. Podle Parmentera (2020), vztah mezi klíčovými faktory úspěchu a KPI je zásadní. Pokud jsou klíčové faktory úspěchu nastaveny správně, je snadné stanovit KPI. Pokud je jako CSF stanoveno např. dodání v požadovaný termín (ať už pro interního či externího zákazníka), pak se KPI stanovuje snadno např. jako počet opožděných dodávek za určité časové období. Jak uvádí Parmenter (2020), CSF by měly být sepsány, prioritizovány tak, aby byly nalezeny ty nejdůležitější – operační CFS, komunikovány, tak aby jim zaměstnanci rozuměli a byli zainteresováni v jejich plnění, neměly by být zaměňovány s externími výstupy a nemělo by jich být příliš mnoho (5 až 8 je ideální počet). CSF by neměly být nastavovány pro každou divizi či oddělení zvlášť, naopak by měly být nastaveny jednotně pro celou společnost. Jak tvrdí Parmenter (2020), kritický faktor úspěchu je dodat v požadovaném počtu včas klíčovými zákazníkům. Tento faktor, který zaměstnancům sděluje, že velké objednávky pro klíčové zákazníky, často složité a náročné, by měly být vyřízeny jako první. Ve skutečnosti je v řadě firem na objednávky pohlíženo jako na celek a spousta zaměstnanců preferuje vyřídit menší objednávky jako první, čímž jsou ohroženy služby pro největší a nejziskovější zákazníky.

Jak uvádí Parmenter (2020), je podstatné porozumět vztahu mezi kritickými faktory úspěchu a strategií společnosti. Klíčové faktory úspěchu té dané společnosti jsou ovlivněny řadou prvků a okolností. Je přirozené mít trvale stanoveny jeden či dva klíčové faktory úspěchu (typu dodávat v požadovaném množství včas našim klíčovými zákazníkům), zatímco další klíčové faktory úspěchu jsou stanovovány ad-hoc pouze po dobu vyřešení nenadálé krize (která může mít jakýkoliv charakter – propad tržeb, převis požadované kapacity nad tou, která je k dispozici atd.).

Jak uvádí Lindberg a kol. (2015), v mnoha odvětvích stále chybí vhodné pokyny, jak měřit a zlepšovat svou výkonnost. Parmenter (2020), definuje 7 charakteristik samotných KPIs, které mají být:

1. nefinanční;

2. časové – měřeny v režimu 24/7, 1x denně nebo 1 týdně;
3. zaměřené na ředitele společnosti a vrcholové vedení společnosti;
4. jednoduché – zaměstnanci rozumí, co se měří a jaké je vyžadováno nápravné opatření;
5. týmové – lze svolat tým, který převezme odpovědnost a může přijmout opatření ke zlepšení daného parametru, oblasti či problému;
6. zásadní – musí mít zásadní dopad na kritické faktory úspěchu organizace;
7. pozitivní – byly testovány tak, aby bylo zajištěno, že mají pozitivní dopad na výkonnost, přičemž případné nezamýšlené důsledky jsou nevýznamné.

### 3.6 Layout

Jak uvádí Moran (2017), dobrá *layout praxe* je zásadní součástí pro dlouhodobý obchodní úspěch celého projektu. A to proto, že layout hraje zásadní roli v bezpečnosti výrobního závodu, stejně tak jako jej činí efektivním při jeho výstavbě, provozu a údržbě, to vše při efektivním využití dostupné plochy pozemku. Je podstatné si uvědomit, že dobře promyšlený layout sice nevyváží špatný design procesu, avšak špatný layout může snadno vést k neúspěšnému nebo nebezpečnému výrobnímu provozu.

Podle Morana (2017), ten, kdo připravuje layout výrobních prostor, ten musí splnit řadu kritérií:

- Provoz ve výrobním závodě musí být efektivní, spolehlivý a bezpečný.
- Přístup k zařízením za účelem údržby musí být bezpečný a pohodlný, zařízení musí být zcela nebo částečně odebratelné z daného prostoru či musí být umožněna oprava na místě.
- Úroveň nebezpečí a obtěžování okolí musí být pro veřejnost a životní prostředí na akceptovatelné úrovni.
- Zabezpečení proti kriminalitě, vandalismu a terorismu musí být na adekvátní úrovni.
- Konstrukce závodu musí být bezpečná a efektivní.
- Využití prostoru musí být efektivní, ekonomické a ergonomické.
- Stavba musí odpovídat místním předpisům a architektonickým nárokům.



- Stavba i provoz musí splňovat požadavky kladené s ohledem na ochranu životního prostředí.
- Stavba i provoz musí odpovídat všem relevantním předpisům, vyhláškám, standardům a normám.

Na začátku projektu je nutné definovat základní parametry a oblasti layoutu, které jsou následně převedeny do prvotního designu layoutu. Podle Morana (2017) se jedná zejména o tyto:

- materiálové a energetické toky a bilance;
- požadované vybavení;
- kapacita závodu, rozměry definované jako nutné pro samotný proces, materiály stavby;
- provozní podmínky závodu jako teplota, tlak a kompozice;
- kapacita a materiály produktovodů a pásů spojujících jednotlivé linky;
- řízení a přístrojové vybavení, včetně případných požadavků na automatizaci;
- rozpočet včetně definice jeho tolerance.

Parmenter (2020) uvádí, že ve firmě s méně než 100 zaměstnanci panují specifické podmínky pro řízení projektu, jakým je stanovení KPI. Část činností je tak možné, respektive nutné, sloučit.

### 3.7 Muda, mura, muri

Jde o koncepci 3 nepřátel štíhlé výroby, která vychází z japonských slov – *muda* (plýtvání), *mura* (nerovnoměrnost) a *muri* (přetíženost).

Jak uvádí Patermann (2022), do kategorie Muda patří:

1. Nadvýroba. Výroba většího objemu nebo sortimentu výrobků, než které zákazníci požadují. Jak uvádí Váchal, Vochozka a kol. (2013), jde o výrobu realizovanou v předstihu před plánem nebo před objednávkami zákazníků, vyžaduje tedy dodatečné výrobní a skladové plochy, větší objem rozpracovaných výrobků a pojí se s ní nadměrné zásoby na všech stupních výroby.

2. Vady. Výroba zmetků nebo chyby v pracovních činnostech. Jak uvádí Váchal, Vochozka a kol. (2013), Pro tyto ztráty jsou nejzásadnější takové zmetky, které jsou odhaleny až na konci procesu, přestože na jeho začátku byly buďto opravitelné, nebo alespoň vyřaditelné z dalšího zpracování, bez kumulující se přidané hodnoty.
3. Transport. Jde zejména o takové dopravní operace, kdy je materiál převážen z místa na místo proto, že není stanoveno kde a jak má být skladován.
4. Čekání. Nečinný operátor nebo stroj, čekání rozpracovaných dílů na další zpracování.
5. Zbytečný pohyb. Hledání dílů nebo přípravků, chůze operátora, přesuny dílu operátorem.
6. Nadbytečné zpracování. Provádění činností mimo standard nebo specifikaci. Jak uvádí Doležal a kol. (2023), plýtváním je také nadbytečné zpracování ve formě zbytečně vysoká kvality (tzv. *goldplating*) – vytváření něčeho, co si nikdo neobjednal.
7. Nadbytečné zásoby. Skladování materiálu a informací, které nejsou v daný čas požadovány a zabírají tak místo. Jak blíže specifikuje Váchal, Vochozka a kol. (2013), jde o takové zásoby, jejichž držení nepřidává žádnou hodnotu pro zákazníka, ale vyžadují náklady na skladování a vážou nadměrné finanční prostředky. Vznikají na začátku procesu ve formě nadměrných zásob vstupních prvků výroby, v průběhu ve formě rozpracované výroby nebo naopak na konci výrobního procesu ve formě hotových výrobků, které nemají zákazníka. Správné nastavení zásob je věcí strategického řízení zásob, které lze definovat (Martinovičová, Konečný a Vavřina, 2019) jako dlouhodobé usměrňování jejich rozsahu, struktury, a rozmístění, a to při zachování minimálních nákladů a optimalizaci na nich vázaného kapitálu.

Jak uvádí Váchal, Vochozka a kol. (2013), při analýze výroby je možné odhalit jak zjevné, tak i skryté druhy plýtvání. Zjevné plýtvání je obvykle snadno viditelné, a tedy i odhalitelné, ale skryté plýtvání, např. ve formě nadbytečných pojistných zásob, je často zjištělné obtížněji.

Výše zmíněné (nadbytečné) zásoby jsou spojeny s (nadbytečnými) náklady, které lze podle procesů rozdělit takto (Petřík, 2009):

- náklady na pořízení zásob a zaskladnění;

- náklady na skladování a manipulaci;
- náklady na vyskladnění.

Jak dále uvádí Patermann (2022), do kategorie Mura patří:

1. **Nerovnoměrný plán výroby.** Výrobní mix se v krátkém čase mění a změny zákaznických požadavků nelze vykryvat zásobou hotových výrobků.
2. **Nerovnoměrné rozmístění operátorů či výrobních mistrů.** Předimenzované, nebo naopak poddimenzované výrobní týmy, což vede k nevytížení nebo naopak přetížení některých týmů.
3. **Nerovnoměrné rozvržení pracovních směn.** Ukončení pracovního týdne na různých pracovištích v odlišných dnech (obvykle způsobeno nerovnoměrným plánem výroby).
4. **Nerovnoměrně rozdělená pracnost dílu mezi operátory.** Typicky nastává na výrobní lince s více operátory, z nichž každý má časově odlišný plán pracovního cyklu. V určité části cyklu pak budou operátoři čekat na operátora s nejdelším pracovním cyklem.
5. Jak dále uvádí Patermann (2022), do kategorie Muri patří:
  1. **Přetížení pracoviště.** Více práce, než je možné při efektivní kapacitě pracoviště vytvořit.
  2. **Zvedání těžkých břemen.**
  3. **Složité pracovní postupy.** Např. takové, které jsou v rozporu s ergonomickými zásadami.
  4. **Znečištěné pracoviště.**
  5. **Stres.**
  6. **Hluk.**

### 3.8 DMAIC

Jak uvádí Shankar (2009), existuje řada přístupů k neustálému zlepšování. PDCA, štíhlá výroba založená na TPS (Toyota Production System) nebo DMAC. DMAIC je metoda, která uchopí nadefinovaný problém, vybere nástroje k jeho řešení, najde řešení a původní problém odstraní nebo minimalizuje.

„Metodika Six Sigma Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC) je široce používána napříč průmyslovými odvětvími jako nejlepší systematický a na datech založený přístup k řešení problémů při zlepšování kvality. Statistický návrh experimentu (DOE) se používá ve fázi "zlepšování" pro získání optimálního nastavení procesu pro významné proměnné přispívající ke zlepšení kvality. DOE je však offline činnost vyžadující čas a další zdroje pro provádění experimentů a analýz. Dále existuje mnoho malých a středních podniků, které si nemohou dovolit provádět DOE. Za těchto praktických omezení je žádoucí aplikovat DMAIC s využitím online dat z procesu v každodenních výrobních situacích nebo s malými změnami nastavení procesu bez ohrožení výroby.“ (Ghosh a Maiti, 2014, s. 1)

Podle Harmona (2014) je na první čtyři fáze projektu DMAIC potřeba počítat 8 až 14 týdnů s tím, že následující, 5. fáze kontroly / řízení není přímo časově ohraničená, ale probíhá neustále.

Jak uvádí Alexandre de Albuquerque Marques a Matthé (2017), pro úspěšné zakončení projektu je zásadní, aby byl projekt podporován vrcholovým vedením a aby do něj byli aktivně zapojeni všichni členové týmu. Naopak, jak uvádí Antony a Gupta, (2019), proti úspěšnému dokončení projektu působí mj. nedostatečně schopný tým, nedostatečný trénink či učení se, špatný výběr metod a nástrojů k realizaci zlepšení, nedostatečná kontrola a odpor ke změně.

### 3.8.1 Define (Definuj)

Jak uvádí Svozilová (2011), prvním krokem je definování zlepšovatelských příležitostí. Jako takový se zaměřuje na nalezení a pojmenování cílů zlepšovatelského projektu, a to v přímé souvislosti s pokrytím potřeb zákazníků procesu (jak již bylo definováno výše – zákazníci procesu mohou být jak interní, tak externí). Obvykle bývá nejvyšší strategická úroveň cílů podniku tvořena cíli typu loajalita zákazníků, zvětšování podílu na trhu, návratnost investic, či zvýšená spokojenost zaměstnanců. Pokud má dojít ke změně, jež je spojená se změnou dlouhodobých strategických cílů, obvykle tato situace dopadne na chod celého podniku. Oproti dlouhodobým strategickým cílům, na střední operativní úrovni změny procesů obvykle souvisí s výkonností procesů ve vazbě na tržní poptávku nebo střednědobými úkoly a plány podniku. Tyto změny mohou zasáhnout několik různých procesů, jež prochází skrz různými organizačními jednotkami. Na nejnižší úrovni cílů jde o cíle jednotlivých zlepšovatelských iniciativ zaměřených například na snížení počtu závad na určený objem produkce nebo zvýšení produktivity určitého procesu. To, co nazýváme zlepšovatelskou

iniciativou založenou na metodologii (Lean) Six Sigma, musí vycházet z jednoznačně definovaných cílů.

Cílem fáze Definice je určit cíle a rozsah projektu zlepšování, aby bylo možné identifikovat proces, který vyžaduje největší potřebu zlepšení. V úvahu je třeba vzít také stanovení realistických časových odhadů projektu. Činnosti prováděné v této fázi jsou (Ghosh a Maiti, 2014):

1. definování problému identifikací hlasu zákazníka a kritických bodů kvality;
2. stanovení cílů, rozsahu a omezení;
3. identifikace a zmapování procesů vyžadujících zlepšení.

Hlavním účelem této fáze je jasné vymezení problému, který bude řešen. Z tohoto pohledu je velmi důležité, aby zadání bylo jasně a dostatečně podrobně popsáno, mělo přiměřený rozsah pro řešení v rámci jednoho projektu, mělo srozumitelně popsáno řešenou problematiku, její ohraničení a předpoklady použitých metod. Kromě běžných plánovacích činností obsahuje také poměrně náročné definování zadání vlastní zlepšovateľské iniciativy a potřebného zajištění podpory sponzora a nadřizovaného managementu. V průběhu zpracování zadání se používá celá řada modelovacích činností určených k popisu současného stavu procesu a analytických a odhadovacích činností, jejichž účelem je vyhodnotit potenciální přínosy projektu a možná rizika. Diagramy a procesní modely, které v této fázi vznikají, jsou dokumentací toho, jak proces v současnosti funguje. Úplnost popisu současného stavu procesu je doplněna výchozí základnou údajů měření – kvantitativními údaji popisujícími výkonnost procesu nebo kvalitu jeho výstupů. Mapy toků hodnototvorných a nehodnototvorných činností slouží zejména k tomu, abychom lépe pochopili vnitřní souvislosti procesu a mohli je vysvětlit dalším účastníkům, a to jak uvnitř projektového týmu, tak i navenek. kvalitu jeho výstupů. Mapy toků hodnototvorných a nehodnototvorných činností slouží zejména k tomu, abychom lépe pochopili vnitřní souvislosti procesu a mohli je vysvětlit dalším účastníkům, a to jak uvnitř projektového týmu, tak i navenek. kvalitu jeho výstupů.

Jak uvádí Harmon (2014), mezi typické úkoly této fáze patří:

1. definice projektu;
2. identifikace zákazníka procesu / projektu;
3. dokumentace procesu;

4. nastavení cílů.

### 3.8.2 Measure (Měř)

Účelem fáze měření je úplně pochopit současnou výkonnost a shromáždit dostatečné množství výchozích údajů, aby bylo možné po provedení zlepšení ověřit dopad implementovaných opatření. Kromě toho se tato fáze zabývá výběrem výstupní odezvy, podle které lze mapovat potenciální příčiny a vstupní parametry. Tato fáze zahrnuje následující tři kroky (Ghosh a Maiti, 2014):

1. Měření výkonnosti současného procesu: např. jaké jsou náklady na nekvalitu současného procesu.
2. Výběr požadovaného výstupu: na začátku je nutné provést *data mining* následovaný nástroji vizualizace (flow charty, vývojové diagramy, histogramy, vizualizovaná Pareto analýza nebo např. Ishikawa diagramy). Pomocí těchto nástrojů je pak jednodušší definovat požadovaný výstup.
3. Mapování vztahu příčina – následek: definice a identifikace potenciálních vstupních parametrů, jež ovlivní následek. Pro analýzu těchto vztahů je vhodné použít např. Ishikawa diagram.

Jak dále píše Svozilová (2011), úkolem kroku měření je získání údajů o chování současného procesu s ohledem na zadání zlepšovateľského projektu. Obsahuje návrh komplexního kontrolního systému měření a soustavu měříttek, která umožní sledovat vývoj zlepšovateľského projektu a to, zda úsilí směřuje k cílům, které byly v předchozím kroku ustanoveny. Definice problému je pouze prvním krokem zlepšovateľského projektu. Po něm nastupuje část, která je často velmi komplikovaná a zdlouhavá – je potřeba zjistit, jaké faktory se podílejí na vzniku problému v procesu, co se skrývá za nedostatečnou výkonností nebo nízkou kvalitou (výše zmíněné mapování vztahu příčina – následek). Aby bylo možné zlepšovat procesy prostřednictvím cyklu DMAIC, je nutné vědět, co je zlepšováno a jakým směrem to má být zlepšeno. Klíčovým výstupem fáze Měření jsou jasně definovaná měřítka výkonnosti a porozumění tomu, jak proces v současnosti funguje. Fáze má přímou návaznost na fázi následující – k tomu, abychom své pozdější závěry a rozhodnutí mohli opřít o fakta, je nutné vybudovat znalosti, které vycházejí z hodnot získaných měřeními a sběrem potřebných údajů. Informace o výkonnosti procesu před zahájením jednotlivých kol zlepšovateľských iniciativ a po jejich provedení je velmi důležitým aspektem Lean Six Sigma. Měření procesů je nezbytné pro vytvoření podmínek k učení se a sledování účinnosti

implementovaných procesních změn, stejně jako vytvoření nástrojů pro pozdější kontrolu a optimalizaci procesu.

Jak uvádí Harmon (2014), mezi typické úkoly této fáze patří:

1. identifikace opatření;
2. definice opatření;
3. vývoj a testování metod sběru dat;
4. definice základních opatření.

Jak uvádí Shankar (2009), je to právě fáze Measure, která nám řekne, kde je samotný problém procesu.

### 3.8.3 Analyze (Analyzuj)

V této fázi přichází na řadu *data mining* proto, aby bylo možné analyzovat dostupná data z existujícího procesu a získávat z nich specifické vzorce, aby bylo možné identifikovat základní příčiny ovlivňující proces. Fáze analýzy založená na *data mining* je založena na následujících 4 krocích (Ghosh a Maiti, 2014):

1. sběr a před-zpracování dat;
2. analýza na základě rozhodovacích stromů;
3. porovnání výsledků vybraných nástrojů;
4. definice parametrů s největším dopadem.

Jak dále uvádí Svozilová (2011), úkolem fáze analýzy je vyhodnotit údaje, které byly shromážděny v předchozím kroku a pomocí grafických, matematických a statistických nástrojů zjistit příčiny, jež způsobují rozdíl mezi současnou výkonností procesu a cílovým stavem, který byl ustanoven v prvním kroku „Definuj“. Analýza vychází ze současného stavu procesu dokumentovaného souborem údajů měření a jejím typickým záměrem je odhalení trendů v časových řadách a odchylek v chování procesu identifikujících problémová místa procesu. Zásadní pomoc analýzy spočívá v určení, jestli se jedná o náhodnou událost, nebo o opakovaně se vyskytující problém. Při hledání a sestavování popisných informací o výchozím stavu procesu je obvykle zapotřebí využívat celé řady analytických metod, a to jak běžných procesně-dokumentačních, tak dalších grafických a statistických nástrojů. Pro výchozí úvahy o procesech lze použít diagramy. Po shromáždění podezřelých jevů lze svolat skupinu odborníků a seznam podrobit brainstormingu nebo

jiným druhům řízených diskusí a skupinových metod. Kromě použití Ishikawa diagramu, či analýzy FMEA lze při hlubším zkoumání použít analýzy 5W. Cílené zlepšení efektivity procesu využívá typicky nástroje z přístupu Lean, tj.:

- analýza hodnototvorných činností;
- hledání zdrojů plýtvání;
- zkoumání potřeb pro skladování;
- časování a souhry činností;
- produktivní využívání zdrojů
- vyvažování pracovních špiček;
- zjednodušování přesunů v rámci procesu;
- bleskové výměny a přestrojování;
- vyhledávání úzkých hrdel procesu;
- zkoumání možností pro vyladování potřeb průběžné údržby.

Zdrojem údajů pro výše uvedené činnosti mohou být jak konkrétní fyzická měření, skladové záznamy, hlášení o objemech předávaných mezi jednotlivými úseky procesu, tak i údaje získané pozorováním, shromážděné ve formě tabulek, formulářů a sčítacích lístků. Hodnotící a analytické nástroje musí být vhodně zvoleny podle charakteru dat, která máme k dispozici. Jsou-li pro ověření hypotéz využívány statistické metody, pak je nutné respektovat takový počet měření, aby bylo možné prohlásit, že hypotéza byla s jistotou ověřena. Jsou-li počítány průměry nebo procentuální podíly z padesáti nebo třeba i tisíce naměřených hodnot, pak má výsledek lepší vypovídací schopnost, než když je nutné spokojit se s méně než deseti údaji.

Jak uvádí Harmon (2014), mezi typické úkoly této fáze patří:

1. analýza dat;
2. zkoumání možných příčin a testování hypotéz;
3. identifikace příčin.



### 3.8.4 Improve (Zlepši)

Jak uvádí Ghosh a Maiti (2014), fáze zlepšování se zaměřuje na generování nápadů na odstranění zjištěných příčin tak, aby bylo možné přijmout nápravná opatření ke zlepšení procesu. V této fázi je nutné přijmout nezbytné úpravy procesu, a to na základě výsledků analýzy, aby se ověřila účinnost samotné analýzy. Pokud ověřovací experiment nepřinese očekávané zlepšení procesu, lze naplánovat minimální navržený experiment s využitím výsledků rozhodovacího stromu s několika identifikovanými vstupními proměnnými a jejich vypočtenými prahovými hodnotami. Analýzy na základě *data mining* snižuje obtíže spojené s velkým počtem predikčních proměnných pro provádění experimentu ve složitém výrobním procesu.

Jak uvádí Svozilová (2011), po odhalení problému a ověření, že se nejedná o náhodnou událost, lze přikročit k hledání řešení, které pomůže problémová místa odstranit. Fáze zlepšování spočívá v navrhování variant řešení pro problémová místa procesu a výběru těch nejvhodnějších, které pomohou naplnit cíl zlepšovateľského procesu. Součástí tohoto zlepšování je navrhování nových postupů, stanovování technologických změn nebo reorganizace práce, stejně jako implementace zvolených změnových návrhů. Z pohledu zápisu do matematické funkce lze popisovaný problém zapsat jako funkci  $Y = f(x)$ , kde (Y) jsou klíčové příčiny problémového jevu a (x) je míra vlivu všech příčin.

Jak uvádí Harmon (2014), mezi typické úkoly této fáze patří:

1. výběr řešení;
2. pilotní testovací řešení;
3. implementace řešení v plném rozsahu.

### 3.8.5 Control (Kontroluj)

Podle Ghoshe a Maitiho (2014) a Smętkowske a Mrugalske (2018) je po realizaci kroků zlepšování z předchozí fáze nutno stanovit dlouhodobý plán kontroly a řízení tak, aby se zlepšený proces nevrátil do dřívějších fází, ale probíhal podle implementovaných zlepšení. Je potřeba provést srovnání s předchozím stavem, resp. předchozí výkonnosti procesu a také zaznamenat a vyhodnotit finanční dopady.

Podle Harmona (2014), je zásadním úkolem této fáze dokumentovat a monitorovat dosažených, resp. dosahovaných výsledků procesu. Podle Kumara, Singha a Bhamua

(2021), musí být výše uvedené monitorování podrobené pravidelným kontrolám, tj. nejde pouze o jednorázové (a následně samovolně používané) nastavení kontrolních mechanismů. Podle Svozilové (2011) spočívá dlouhodobé nastavení a stabilizace zlepšeného procesu v podnikových řádech, procedurách, které se odrazí v nových rozpočtech, motivačních systémech, operačních nařízeních, tréninkových metodách a dalších manažerských nástrojích. Součástí této fáze může být implementace (zlepšeného procesu do) systému řízení kvality, jako je například ISO 9000. Protože je vždy jednodušší navrhnout proces nebo jeho část tak, aby k závadě nemohlo dojít ani tehdy, kdy lidé pracují ve stresu, než do systému zařadit dodatečnou kontrolu, která nakonec zjistí jenom to, že to, co se udělalo špatně, se musí přepracovat, je nutné na toto dbát při vymýšlení i implementaci procesů. Jako příklady zabránění výskytu chyby lze ve výrobním podniku použít rozmístování předmětů tak, aby nedošlo k jejich záměně, užívání kontrolních tabulek a seznamů při předávání, signalizační osvětlení nebo fyzické zábrany před vstupem do prostor s řízeným režimem, preventivní školení o bezpečnostních nebo produkčních pravidlech, vždy doprovázené aktualizací diagramů procesních toků nebo aktualizací již dříve zpracovaných analýz problémových vlivů a jejich důsledků. Další často používanou metodou je standardizace procesů formou dokumentace pracovních procedur – jednoduchých popisů pravidel pro výkon jednotlivých částí procesu, která umožní komukoliv seznámení s tím, jaké náležitosti je potřeba dodržovat, za jakých podmínek lze rozhodnout o dalším postupu a jakým směrem je potřeba se na základě konkrétního rozhodnutí ubírat. Standardní procedury by měly být souhrnem pravidel a postupů s přiměřenou mírou detailu tak, aby případně nepůsobily negativně a odrazovaly od používání. Musí tedy být souhrnem informací potřebným k sestavení tréninkových plánů a dokumentů, které pomohou účastníkům procesu v porozumění očekávání těch, jež jsou za jeho výsledky odpovědni. Významnou částí této fáze projektového cyklu je aktualizace plánu řízení procesu, který říká nejen to, co, jak a kdy se bude měřit a kontrolovat, ale také kdo je za provedení kontrol a případnou aplikaci korekčních opatření odpovědný, jakým způsobem se budou výsledky kontrol hodnotit, předávat a případně dále používat k optimalizaci výkonnosti procesu.

## 4 ERP

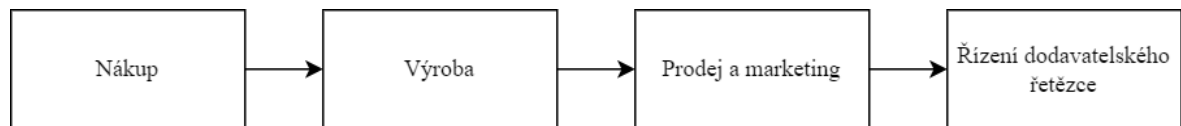
Jak uvádí Jacobs a kol. (2018) ERP, z anglického Enterprise Resource Planning, česky přeložitelné např. jako plánování zdrojů podniku, je systém, jež pokrývá různé *záležitosti* v rámci podniku či v rámci více podniků. Z pohledu manažerů jde o software, jež poskytuje podpůrná data pro rozhodování o plánování a kontrolování podniku. Z pohledu IT jde o systém, který programově integruje finance, výrobu, dodavatele, prodej, marketing, lidské zdroje a ostatní podnikové funkce. Tato integrace je provedena skrz databázový systém, sdílený napříč všemi funkcemi a aplikacemi pro zpracování dat v podniku.

Podle Jacobse a kol. (2018) existují 4 aspekty, které určují kvalitu ERP software:

- Multifunkční rozsah – software by měl mít schopnost monitorovat finanční výsledky v peněžním vyjádření, nákupní aktivity v jednotkách materiálu, prodeje podle prodaného zboží a služeb a výrobu v jednotkách vstupů či pracovníků.
- Integrace – software integruje veškeré činnosti, vstupy a výstupy. Prodej dílce není jen o vystavení faktury, ale paralelně také o vydání balícího listu, dodacího listu, odepsání ze skladu zásob a navazujících účetních operacích. Integrace spočívá také v tom, že jeden úkon je propsán do dalších pater systému a není jej třeba duplikovat.
- Modulárnost – software by měl být modulární co se struktury týče.
- Integrované MPC – software by měl usnadňovat aktivity MPC, z anglického Manufacturing – Planing – Control, česky výroba – plánování – kontrola. Tyto aktivity musí zahrnovat prognózy, plánování, systémy pro *shop-floor* a monitoring skladových zásob.

Jak uvádí Jacobs a kol. (2018), pro správnou funkci MPC je nutné správné fungování plánování a controllingu všech aspektů výroby, řízení skladových zásob, plánování strojů a lidských zdrojů a koordinace dodavatelů a klíčových zákazníků.

Jacobs a kol. (2018), uvádí potřebu používat ERP systém k dosažení integrovaného, holistického přístupu k řízení podniku. Obrázek č. 4 níže ukazuje na potřebu propojení oblastí nákupu, výroby, prodeje a marketingu a řízení dodavatelského řetězce za účelem co nejlepšího fungování MPC.



Obrázek 4 Propojení různých firemních oblastí za účelem co nejlepšího fungování MPC (Jacobs a kol., 2018), vlastní zpracování

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ SPOLEČNOSTI

Vybraná společnost, český podnikatelský subjekt založený v roce 1991, se specializuje na výrobu hliníkových odlitků. Na základě zákazníkem dodané výkresové dokumentace (jež obsahuje pouze požadovaný výstupní produkt) vyrábí společnost modelové zařízení, které následně slouží k výrobě pískových forem. Po odlití a vychlazení forem dochází k jejich rozbití (a recyklaci jejich hlavního materiálu – písku) a apretaci hliníkového odlitku. Po apretaci, která je dlouhodobě úzkým místem společnosti, pokračují odlitky k dalšímu zušlechťení a obrábění.

V teoretické části uvedená typologie výroby je samozřejmě aplikovatelná na vybranou společnost. Výroba v této společnosti je přerušovaná (diskontinuální, diskrétní) a obvykle dávková. Společnost vždy vyrábí konkrétní zboží pro konkrétního zákazníka na základě objednávky, z tohoto pohledu jde tedy o typickou zakázkovou výrobu. Z pohledu množství jde obvykle o výrobu malosériovou a středněsériovou. Co do formy organizace výrobního procesu jde o výrobu s prvky skupinové a fázové výroby. Přesto, že jedním z prvních výrobních procesů je výroba hliníkových odlitků (jež jsou dále zpracovávány), nejde o výrobu plynulou, protože z pohledu technologie i ekonomiky podniku není zásadní překážkou proces (mezi jednotlivými tavbami) přerušit.

### 5.1 Základní informace o společnosti

Níže uvedená tabulka č. 1 zobrazuje základní informace o společnosti v roce 2022.

Tabulka 1 Základní ukazatele v roce 2022, vlastní zpracování

| Ukazatel               | Hodnota     | Jednotka |
|------------------------|-------------|----------|
| Obrat                  | 165 500 000 | Kč       |
| EBITDA                 | 45 700 000  | Kč       |
| Počet zaměstnanců      | 76          | osob     |
| Počet vyrobených dílců | 23 000      | ks       |

### 5.2 Organizační struktura

Společnost má tříúrovňovou organizační strukturu. Vedení tvoří jednatele – majitelé společnosti, následování úrovní ředitelů jednotlivých oddělení, pod něž spadají mistři a vedoucí úseků.

### 5.3 Výrobní technologie a oddělení společnosti

Společnost je rozdělena do 5 základních úseků – modelárna, slévárna, cídírna (apretace), obrobna, kvalita.

#### 5.3.1 Modelárna

Modelárna disponuje obvyklými technologiemi pro konvenční výrobu modelů (obrábění dřeva a syntetických hmot – soustružení, řezání, rovinné frézování, vrtání, vykružování, frézování čepů, drážek, tvarových profilů). Většinu slévárenských modelů však společnost zajišťuje kooperačně u výrobců slévárenských modelů a vlastní modelárna slouží zejména k pravidelné údržbě a opravám slévárenských modelů.

#### 5.3.2 Slévárna

Slévárna se skládá ze dvou pracovišť formování, jádrovny, licího pole a vytrásacího roštu, jež je propojen s recyklační linkou, která umožňuje recyklaci pískových forem (a tím až 90% znovuvyužití písku). Výroba forem tzv. bezrámovou technologií využívá furanovou, samotuhnoucí technologii pojiv. Přímou do slévárenského modelu je z mísiče (jež připravuje pískovou směs z písku a furanového pojiva a tvrdidla) sypána písková směs. Po 20 - 30minutovém tuhnutí směsi je forma připravena na vytažení z modelu. Dvě poloviny formy se skládají a lepí dohromady, aby byly následně přepraveny do prostoru licího pole.

Tavení probíhá ve čtyřech elektrických, odporových pecích, z nichž se materiál do forem odlévá přímo nebo z udržovacích kelímků.

Po odlití, ztuhnutí a vychladnutí kovu je písková forma rozbita na vytrásacím roštu, kde za pomoci vibrací a působení pneumatického kladiva je písková směs – díky předchozímu zahřátí během předchozího lití křehká – rozbita na drobnější kusy a odlitek je tak vytažen z formy. Odlitek je přepraven do oddělení apretace a písek je recyklován na mechanické recyklační lince tak, aby mohl být vrácen do oběhu pískového hospodářství.

#### 5.3.3 Apretace

Apretace, odbornou veřejností označovaná jako cídění, je proces tryskání odlitků abrazivem za účelem odstranění zbytků pískových forem a sjednocení povrchu, odstranění zářezů nálitků, struskováků a vtokových kúlů řezáním, jejich broušení a dokončovací apretační procesy. Oddělení apretace je blíže představeno v analytické části práce.

### 5.3.4 Obrobna a montáž

Třískové obrábění je ve společnosti využíváno zejména k obrábění vlastních hliníkových odlitků a dále k obrábění jiných kovů (obvykle šedé litiny a nerezových ocelí). Společnost je vybavena 20 obráběcími stroji, od konvenčních vrtaček, frézek, soustruhů, přes 3osá obráběcí centra, až po 5osá obráběcí centra.

V rámci montáže jsou ve společnosti obvykle osazovány vlastní obrobky montážními prvky, závitovými vložkami, těsněními a šrouby pro další montáž do finálních sestav.

### 5.3.5 Kvalita

Společnost kontroluje řadu parametrů při výrobě tak, aby dostala požadavkům zákazníků, resp. požadavkům stanovených výkresovou dokumentací, obecně platným standardům a normám. Na začátku procesu výroby jsou kontrolovány všechny vstupy, ať už na základě porovnání certifikátů a rozborů, jež dodávají dodavatelé společně se zbožím, či na základě vlastních rozborů a měření. Modely prochází vizuální kontrolou před každým formováním a rozměrovou kontrolou podle stanovených parametrů. Písek, jež je používán k formování, prochází pravidelnou kontrolou hodnoty velikosti středního zrna i hodnoty prachových částic, stejně jako procesem kontroly ztrát žháním, jež kvantifikuje objem spalitelných látek v recyklované pískové směsi. Během procesu tavení je kontrolována teplota taveniny a odebrány vždy minimálně dva vzorky – pro analýzu chemického složení a pro kontrolu naplynění taveniny na základě porovnání relativních hmotností dvou vzorků, jež nezávisle na sobě chladnou ve standardní atmosféře, resp. v prostředí vakua. Po apretaci následuje u vybraných výrobků kontrola rozměrů (jež je obvykle realizována klasickými měřicími nástroji či přípravky) a vizuální kontrola dílců (obvykle se jedná o kontrolu povrchů oproti schváleným vzorkům či standardům). U vybraných odlitků probíhá kontrola rentgenovým zářením, jež je používáno k odhalení případných vnitřních defektů odlitků. Během a po dokončení obrábění odlitků je prováděna kontrola rozměrů, drsnosti a vizuální kontrola dílců. Rozměrová kontrola probíhá jak standardními měřicími nástroji, tak v laboratoři vybavené CMM (Coordinated Measurement Machine – 3D měření).

### 5.3.6 Interní logistika

Interní logistiku řídí mistři jednotlivých výrobních úseků. Jako dopravní prostředky jsou využívány paletové vozíky, vysokozdvizné paletové vozíky a naftové vysokozdvizné paletové vozíky.



Zásoby, stejně jako dílce mezi operacemi, jsou průběžně skladovány v paletových regálech, jež jsou rozmístěny ve výrobních prostorech tak, aby byly minimalizovány přepravní časy.

### **5.3.7 Externí logistika**

Externí logistiku, konkrétně především přepravy zboží zákazníkům, řídí jednotliví pracovníci obchodního oddělení ve spolupráci s mistry výrobních úseků, ze kterých je zboží expedováno.

## 6 PROCES APRETACE VE SPOLEČNOSTI

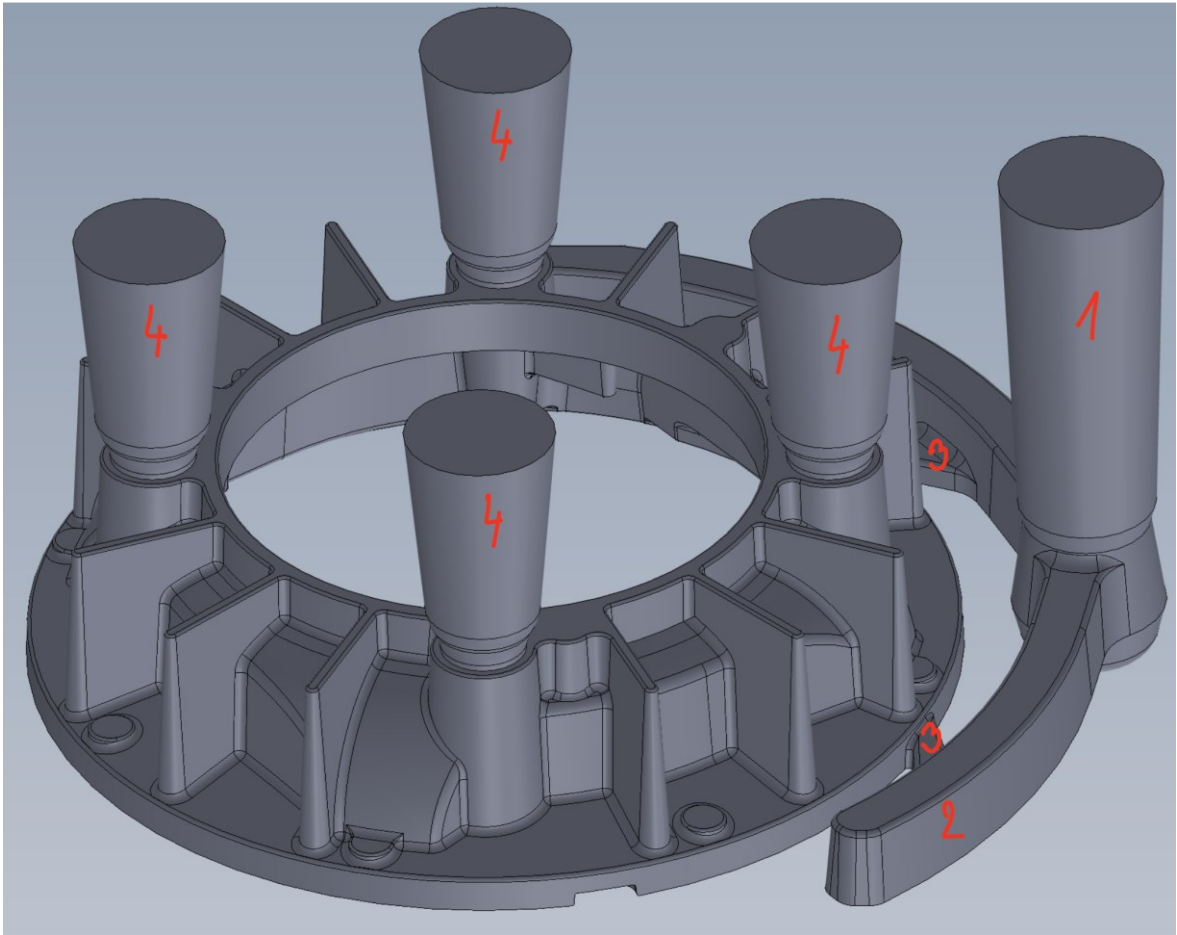
Základem výroby odlitků je trojice model – forma – tavenina. Model, přesněji slévárenské modelové zařízení, je soubor tvarů vyrobených ze syntetických materiálů, kovů, dřeva, či jejich kombinace, který slouží k výrobě pískové formy. Forma, přesněji písková slévárenská forma, je ve společnosti vyráběná použitím ostriva (křemičitý písek), pojiva a tvrdidla, jejich smícháním v poměru dle technologického postupu a nasypáním do modelu. Hliníková tavenina, jejíž základ ve společnosti tvoří nakoupený hutní materiál a tzv. interní vrat, se připravuje v elektrických odporových pecích. Připravená tavenina je hliník o teplotě okolo 740 °C (přesnou teplotu upravuje technologický postup), který prošel procesem rafinace a modifikace. Pro odebrání vzorků taveniny (pro chemický rozbor a analýzu stupně naplynění taveniny) je tavenina odlévána do připravených (tj. složených a slepených) pískových forem.

Po vychladnutí odlitého materiálu je písková forma rozbita na vytrásacím roštu, písek je recyklován (z 90 % nadále využit) a odlitek pokračuje do oddělení apretace, které je detailněji popsáno níže.

Po apretaci jsou odlitky třískově obráběny, osazovány závitovými vložkami či montážními prvky a testovány.

Jak je podrobně vysvětleno níže, proces apretace je úzkým místem celého výrobního procesu, a proto byl vybrán pro realizaci projektu zefektivnění.

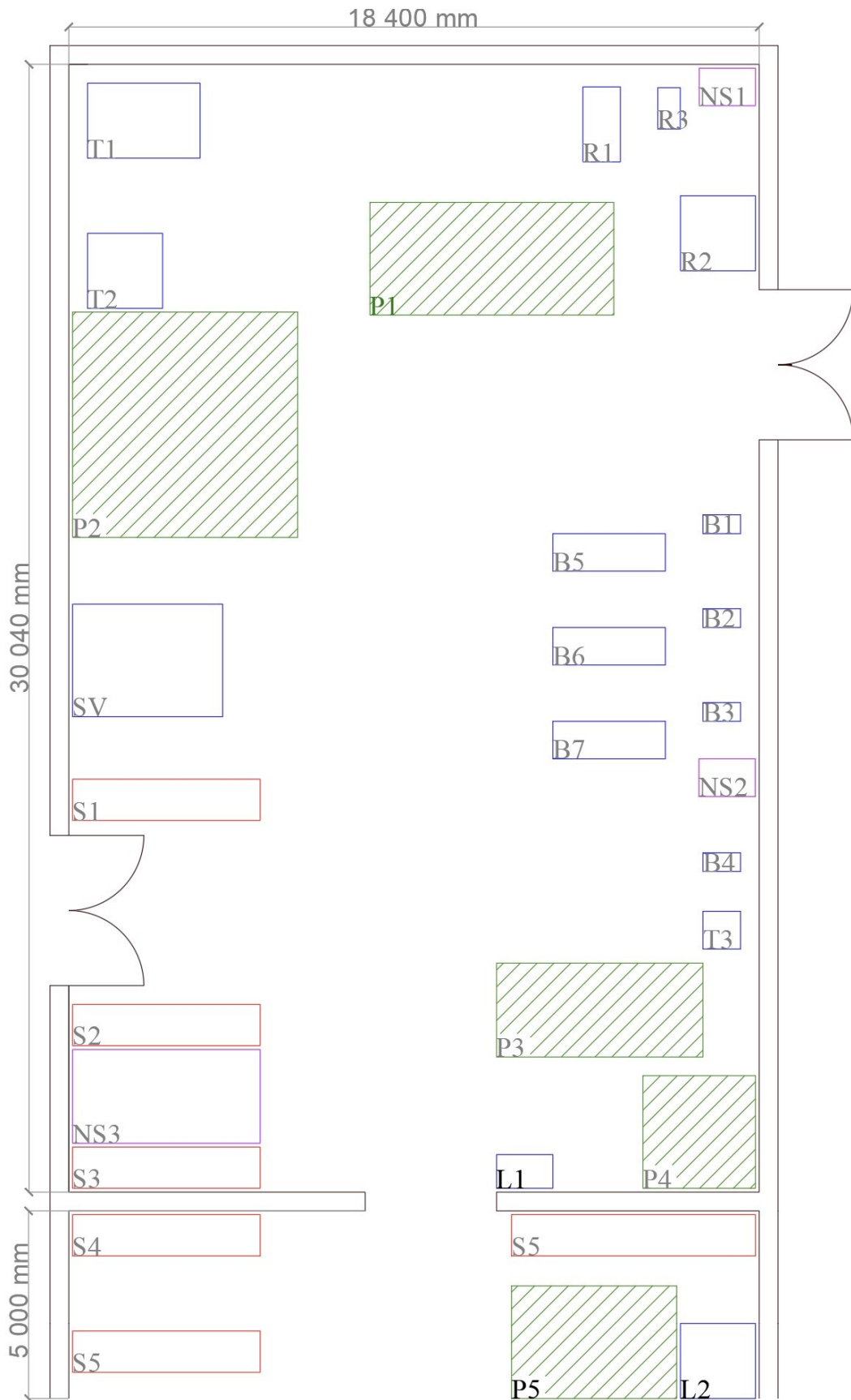
Na obrázku č. 5 je vyobrazen surový odlitek X5-55, jehož součástí je vtokový kůl (1), struskovák (2), zářezy (3) a nálitky (4). Na 3D modelu nejsou vyobrazeny noty (v dělicí rovině odlitku), které je nutné také ořezat, resp. odstranit oklepem. Všechny tyto části je nutné z dílce odřezat a stopy po řezu následně zabrousit. Zjednodušeně lze říci, že proces apretace spočívá mj. právě v odstranění těchto technologicky nutných prvků, čímž se ze surového odlitku stane odlitek hrubý.



Obrázek 5 Surový odlitek X5-55, interní materiály

## 6.1 Pracoviště v oddělení apretace

Středisko apretace je rozděleno do dílčích pracovišť, jejichž rozmístění je patrné z layoutu na obrázku č. 6 níže.



Obrázek 6 Layout oddělení apretace, vlastní zpracování

Níže uvedená tabulka č. 2 obsahuje seznam strojů a prostor vyobrazených v layoutu výše.

Tabulka 2 Seznam strojů a prostor v oddělení apretace, vlastní zpracování

| #  | Označení | Zařízení / prostor             | Model, označení | Výrobní zařízení | Pracoviště           |
|----|----------|--------------------------------|-----------------|------------------|----------------------|
| 1  | T1       | Tryskač závěsný                | OTECO           | Ano              | Tryskání             |
| 2  | T2       | Tryskací komora                | TKK<br>1000 C   | Ano              | Tryskání             |
| 3  | T3       | Pískovací kabina               | Rösler          | Ano              | Tryskání             |
| 4  | R1       | Pila pásová                    | PPN-801         | Ano              | Řezání               |
| 5  | R2       | Pila kotoučová<br>rozbrušovací | -               | Ano              | Řezání               |
| 6  | R3       | Pila okružní stolní            | -               | Ano              | Řezání               |
| 7  | B1       | Bruska pásová strojní<br>č. 1  | Pásovec<br>75   | Ano              | Broušení             |
| 8  | B2       | Bruska pásová strojní<br>č. 2  | Pásovec<br>75   | Ano              | Broušení             |
| 9  | B3       | Bruska pásová strojní<br>č. 3  | Pásovec<br>75   | Ano              | Broušení             |
| 10 | B4       | Bruska pásová strojní<br>č. 4  | KS 360          | Ano              | Broušení             |
| 11 | B5       | Bruska úhlová ruční<br>č. 1    | FUJI,<br>125 mm | Ano              | Dokončovací broušení |
| 12 | B6       | Bruska úhlová ruční<br>č. 2    | FUJI,<br>125 mm | Ano              | Dokončovací broušení |
| 13 | B7       | Bruska úhlová ruční<br>č. 3    | FUJI,<br>125 mm | Ano              | Dokončovací broušení |
| 14 | L1       | Lis ruční                      | LRH-3           | Ano              | Rovnění              |
| 15 | L2       | Lakovací box                   | -               | Ano              | Lakování             |

|    |          |  |                       |     |          |
|----|----------|--|-----------------------|-----|----------|
| 16 | SV       | Svařovna                                   | 2x<br>AlfaIn          | Ano | Svařovna |
| 17 | S1 až S5 | Skladovací regály                          | -                     | Ne  | -        |
| 18 | P1       | Plocha skladovací<br>pro řezání            | -                     | Ne  | -        |
| 19 | P2       | Plocha skladovací<br>pro tryskání a řezání | -                     | Ne  | -        |
| 20 | P3       | Plocha pro balení a<br>rozřazování         | -                     | Ne  | -        |
| 21 | P4       | Plocha pro odpočinek                       |                       |     |          |
| 22 | P5       | Plocha skladovací<br>pro lakování          | -                     | Ne  | -        |
| 23 | NS1      | Odsávání s filtrem č.<br>1                 | PRO-<br>FILTR<br>Brno | Ne  | -        |
| 24 | NS2      | Odsávání s filtrem č.<br>2                 | PRO-<br>FILTR<br>Brno | Ne  | -        |
| 25 | NS3      | Údržba                                     | -                     | Ne  | -        |
| 26 | -        | Zvedací zařízení č. 1                      | Liftket               | Ne  | -        |
| 27 | -        | Zvedací zařízení č. 2                      | Liftket               | Ne  | -        |
| 28 | -        | Vzduchotechnika                            | Remak                 | Ne  | -        |

V následujícím textu budou představena jednotlivá pracoviště, která vykonávají jednotlivé apretační procesy. Procesy apretace, které jsou předmětné pro následující projekt zefektivnění, budou podrobeny hlubší analýze, zejména co se týče náměrů časů a prováděných technologických operací.

### 6.1.1 Pracoviště řezání

Surový odlitek, který vzniká ztuhnutím roztaveného kovu odlitého do dutiny formy, po rozbití pískové formy jako první prochází pracovištěm tryskání (popsáno v textu níže), nebo pracovištěm řezání, na kterém jsou od dílce odděleny části vtokové soustavy, nálitky či jiné pomocné slévárenské, technologicky nutné, tvary.

Proces řezání probíhá na 3 typech strojů:

- pásová pila (viz obrázek č. 7 níže);
- okružní pila stolní (viz obrázek č. 8 níže);
- ruční úhlová bruska.

Předností pásové pily je nízká potřeba údržby a stabilní výkon. Nevýhodou je přehřívání pilového pásu při řezání většího objemu (tloušťky) materiálu.

Pro řezání nižších, tvarově méně komplexních výrobků je vhodná okružní pila stolní (viz obrázek č. 8 níže).

Ruční úhlová bruska osazená řezacím kotoučem je vhodná pro velké, tvarově komplexní výrobky, protože umožňuje přístup na těžko dostupné oblasti surových odlitků.



Obrázek 7 Pila pásová, vlastní fotografie



Obrázek 8 Pila okružní stolní, pila rozbrušovací ruční, vlastní fotografie

### 6.1.2 Pracoviště tryskání

Tryskání je prováděno na 3 typech strojů:

- závěsný poloautomatický tryskač;
- stolový ruční tryskač;
- ruční tryskací komora.



Závěsný poloautomatický i ruční stolový tryskač (viz obrázek č. 9 níže) používají jako tryskací médium nerezové broky, ruční tryskací komora korund. Tryskání korundem je využíváno zejména pro pohledové dílce, u nichž je podstatná nízká drsnost dále neobráběného povrchu, stejně jako jeho maximální homogenita.

Výhodou závěsného poloautomatického tryskače je jednoduchá obsluha spočívající v zavěšení dílců, zvolení přednastaveného programu a ovládání dveří tryskače. Přednastavený program spočívá v nastavení délky cyklu a síly tryskání nerezových broků. Mimo přípravné časy (zavěšení dílců, ovládání dveří, výběr programu, jež odpovídá technologickému postupu) a časy údržby (čištění strojem doplnění tryskacího média) pracuje stroj autonomně a jeho obsluha může vykonávat další činnosti, typicky očišťování odlitků před tryskáním. Tento typ zařízení není vhodný pro tryskání plošně velkých, avšak tenkostěnných odlitků, u kterých během tohoto procesu dochází ke geometrickým deformacím, neboť síla tryskání a délka setrvání v určité poloze je konstantní a nelze ji účinně měnit a řídit tak, jako při ručním tryskáním.

Stolový ruční tryskač je vhodný zejména pro tryskání plošně velkých, avšak tenkostěnných dílců, u kterých je poučená obsluha schopna řídit proces tryskání tak, aby nedošlo ke geometrickým deformacím odlitků. Rovněž je vhodný např. pro odstraňování laku v případě nutných oprav. Nevýhodou tohoto zařízení je délka tryskacího cyklu, jež je po celý čas prováděn manuálně.

Ruční tryskací komora je používána zejména pro menší dílce, jež vyžadují nadstandardní apretaci, nízkou drsnost povrchu a na pohled maximálně homogenní povrch. Tryskání je prováděno manuálně.



Obrázek 9 zleva doprava tryskací komora a tryskač závěsný, vlastní fotografie

### 6.1.3 Pracoviště broušení

Broušení odlitků, zejména odstraňování nežádoucích tvarů (zbytky vtoků, švy způsobené pískovými jádry, slévárenské noty) je prováděno na těchto typech strojů:

- pásová bruska;
- ruční úhlová pneumatická bruska;
- kotoučová bruska.

Stacionární pásová bruska (viz obrázek č. 10 níže), osazená pásy s nízkou zrnitostí, je vhodná pro vysoce efektivní broušení větších ploch, a to i v případě, kdy jde o plochy tvarové, nikoliv rovné.

Ruční úhlová pneumatická bruska je vhodná zejména pro tvarově složité dílce a vyžaduje zkušený personál, jež brusku obsluhuje.

Stacionární kotoučová bruska je vhodná pro rozměrově malé dílce, a to zejména na rovné plochy vyžadující broušení.



Obrázek 10 Brusky pásové strojní, vlastní fotografie

#### 6.1.4 Pracoviště dokončovacího broušení

Dokončovací broušení, prováděné výhradně ručními pneumatickými úhlovými bruskami je náročné na obsluhu – jak na její zkušenosti, tak na spotřebovaný čas. Bruskou, osazenou brousícím lamelovým nebo fibrovým kotoučem, je pracovníkem dokončována odlitková plocha, která se třískově neobrábí a mimo možné povrchové úpravy (např. lakování) projde již jen operací tryskání. Toto pracoviště je vyobrazeno na obrázku č. 11 níže.



Obrázek 11 Pracoviště dokončovacího broušení, vlastní fotografie

### 6.1.5 Pracoviště rovnání

Některé odlitky, typicky tenkostěnné dílce procházející tepelným zpracováním, vyžadují před dalším postupem tzv. rovnání – za působení tlaku hydraulického, ručně ovládaného lisu, je dílec srovnán do požadovaných rozměrů. Typicky jde o vady od geometrie dílce, v jednotkách milimetrů. Pokud jde o dílce z materiálu, jež je tepelně zpracováván, typicky je rovnání prováděno mezi fází T4 (rozpuštěcí žíhání + přirozené stárnutí) a T6 (rozpuštěcí žíhání a umělé stárnutí).

### 6.1.6 Pracoviště lakování

Interní pracoviště lakování je schopno nanášet 2kompozitní epoxidové a polyuretanové laky. Lakování je prováděno v podtlakové (odvětrávané) lakovací komoře, ve které je lak nanášen pracovníkem ručně pomocí aplikační pistole.

Lakování je určeno ke zlepšení povrchových vlastností dodávaných odlitků, zejména zvyšuje jejich odolnost proti působení okolních vlivů a také usnadňuje čištění lakovaných ploch od nečistot.

### 6.1.7 Pracoviště navazujícího zušlechťování

Jde o rozřazovací pracoviště, na kterém jsou dílce rozřazeny k těmto operacím:

- externí lakování;
- externí tepelné zpracování;
- externí vakuová impregnace.

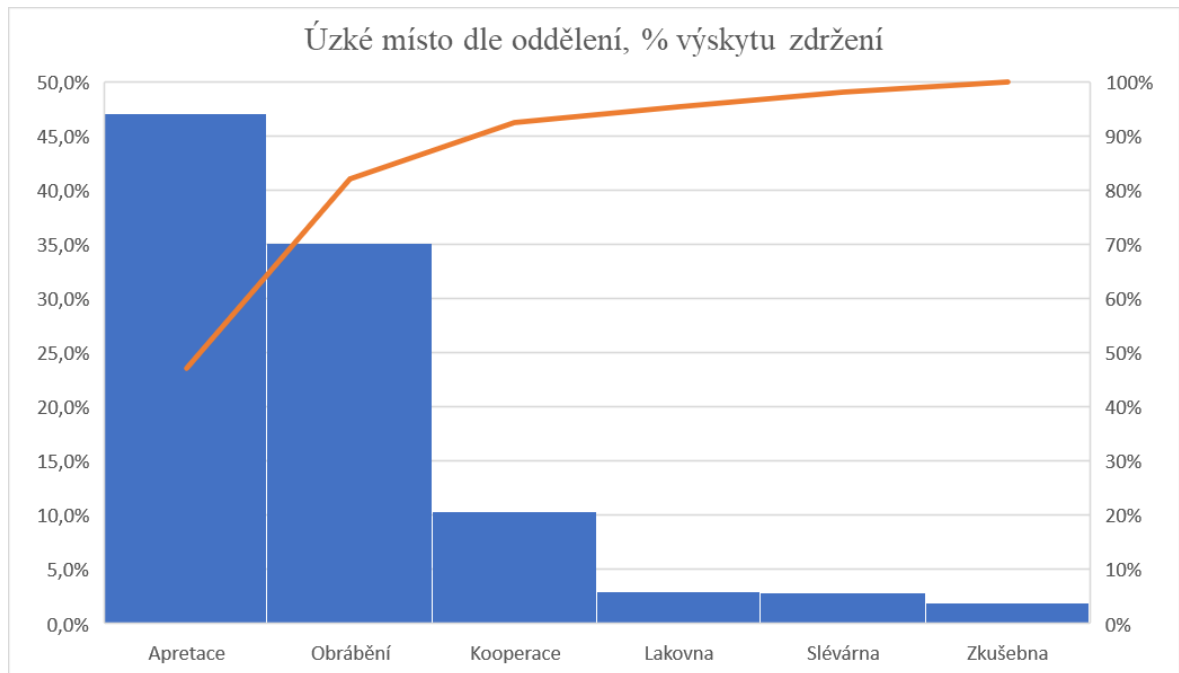
Výjimečně přímo z pracoviště navazujícího zušlechťování, obvykle však až po obrábění, putují dílce na povlakování fluorovými polymery, polyuretany, epoxidy, chemické zušlechťování formou anodické oxidace či stříbření nebo dokončovací tmelení.

### 6.1.8 Svařovna

Svařovna poskytuje opravy zavařováním (metodou TIG a MIG) pro opravitelné zmetky – neshodné dílce, které mají obvykle slévárenskou vadu, která vyžaduje opravu. Svařováním lze opravovat výhradně ty odlitky, jejich opravu tímto způsobem povolil zákazník.

## 6.2 Analýza dat zpoždění napříč výrobním procesem

Jako vstupní data posloužila zejména data z ERP systému zaměřená na odvádění výroby (mzdové lístky) a skladové pohyby (vč. časového určení) tak, aby byla jasná doba, kterou dílec průběžně tráví v určitých odděleních výroby, se zaměřením na jednotlivá oddělení přinesla výsledky zobrazené na nadcházejícím grafu. Z analýzy – jejímž výstupem je Pareto diagram na grafu č. 1 níže – je patrné, že oddělení apretace je úzkým místem společnosti, protože proces apretace je nejčastějším viníkem zpoždění, resp. navazující proces čeká nejčastěji právě na tuto část výroby.



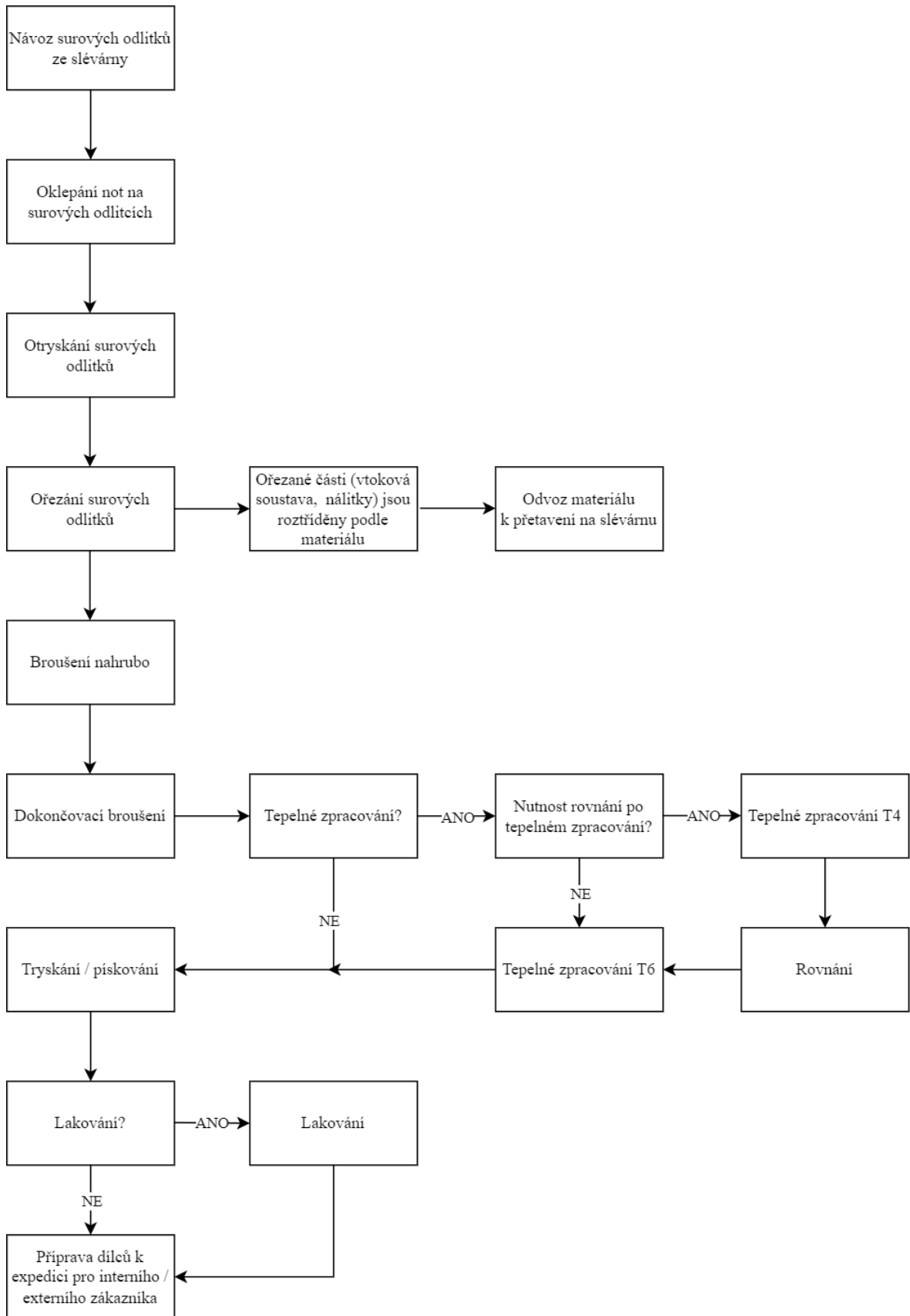
Graf 1 Úzké místo dle oddělení, % výskytu zdržení, vlastní zpracování

### 6.2.1 Procesní mapa procesu apretace

Pro zpracování procesní mapy byl vybrán konkrétní dílec (X8-49) a zmapován proces výroby tohoto dílce dle technologického postupu. Proces je shodný pro každý dílec z vybraného souboru 10 odlitků, procesní mapa (viz obrázek č. 12 níže), tedy reprezentuje procesní tok – alespoň dle technologického postupu – každého vzorku z vybrané skupiny dílců.

Proces apretace začíná přepravou surových odlitků do mezioperačního skaldu v oddělení apretace. Dílce jsou volně loženy na paletách, přepravovány cca 20 metrů od vytloukacího roštu do prostor, jež jsou vymezeny ke skladování. Z dílce jsou oklepány noty, je otryskán, a následně ořezán, tj. zbaven vtokové soustavy a nálitků na pásové pile. Části vtokové soustavy a nálitky jsou roztříděny dle konkrétního materiálu do kovových beden, jež jsou 2x denně převáženy na tavírnu, kde dochází k jejich recyklaci, resp. znovu-roztavení a využití k přípravě taveniny. Jedná se o tzv. interní vrat. Dílce, nyní již ve formě odlitků zbavených vtokové soustavy jsou přepraveny k otryskání na závěsném tryskači. Během tohoto procesu zavěsí pracovník 5-30 vybraných odlitků (podle jejich velikosti) na přípravek, ten převezde do samotného tryskače a spustí program, který je určen pro tryskání těchto dílců. Po dokončení programu (120 sekund) je tryskací komora otevřena, přípravek je vytažen ven a dílce jsou sundány z přípravku a uloženy na paletu. Jakmile je na paletě 50 ks, je paleta

přepravena k procesu broušení a následnému dokončovacím broušení. Dílce po dokončovacím broušení jsou skládány do gitter-boxu (1 gitter-box pojme 100 ks těchto dílců), který je následně přepraven do mezi-skladovacích prostor. Dílce jsou následně přepraveny k expedici, odkud jsou vydány dodavateli, jenž externě zajišťuje tepelné zpracování těchto odlitků. Po 72 hodinách od předání jsou dílce přijaty od dodavatele a převezeny zpět do prostor oddělení apretace, kde jsou opět otryskány za účelem vizuálního sjednocení povrchu. Následně jsou dílce naskládány na palety a přepraveny do oddělení obrábění, alternativně jsou převezeny na sklad a teprve ze skladu, jakmile je naplánováno obrábění, pokračují do oddělení obrábění.



Obrázek 12 Procesní mapa procesu apretace, vlastní zpracování



## 7 PROJEKT ZEFEKTIVNĚNÍ PROCESU APRETACE

„Kvalita služeb zákazníkům výrobní firmy závisí na dostupnosti hotových výrobků ve správný okamžik a plánování výrobních operací má zásadní vliv na úroveň zásob hotových výrobků.“ (Yoo a Glardon, 2018, s. 87)

Autor této práce se plně ztotožňuje s tvrzením výše, protože sebelepší servis a komunikace poskytovaný firmou nenahradí zákazníkovi chybějící zboží, a proto se může lehce celé hodnocení zákaznické spokojenosti zúžit na otázkou „dostáváme včas objednané zboží?“.

Pro zefektivnění procesu apretace bude vypracován projekt na vybraném vzorku 10 dílců dle metody DMAIC.

Pro zpracování projektu bude využita následující struktura:

- **Define.** V této fázi budou stanoveny cíle a rozsah projektu.
- **Measure.** V této fázi proběhne sběr dat a mapování procesního toku, spaghetti diagram pro analýzu současného stavu a časové náměry operací.
- **Analyze.** Analytická fáze bude sloužit k analýze naměřených hodnot za využití Pareto diagramů, grafů a dalších prostředků pro analýzu dat.
- **Improve.** V této fázi dojde k rozdělení návrhu na zefektivnění výroby do jednotlivých dílčích cílů. První z cílů se bude týkat odstranění procesu extra broušení, druhý se bude týkat eliminace procesu 2kolového tepelného zpracování. Oba tyto cíle bude spojovat základní cíl projektu – zkrácení průběžné doby výroby o 10 %.
- **Control.** Během fáze kontroly / řízení budou nastaveny nástroje k udržení implementovaných opatření. Konkrétně budou použity tyto nástroje:
  - o odvádění výroby do ERP systému
  - o aktualizace návodek k apretaci

Pro projekt byl managementem společnosti určen vybraný vzorek 10 odlitků. Tento vzorek reprezentuje celou produktovou řadu pro zákazníka, jenž dlouhodobě navyšuje objemy výroby ve vybrané společnosti. I přes navyšování kapacit není společnost aktuálně schopna dosahovat požadovaných dodacích termínů (12 týdnů od objednání), proto přistoupila k zadání tohoto projektu. Vybraný vzorek odlitků (jednotlivé položky budou zmíněny v rámci některých detailních analýz) reprezentuje položka X8-49 a tak – byť jsou celková

čísla a analýzy vždy prováděny na všech 10 vybraných položkách – jednotlivé postupy budou ilustrovány právě na této konkrétní vybrané položce. Náměry všech položek jsou dostupné v příloze této práce.

## 7.1 Fáze Define

V teoretické části věnující se metodologii DMAIC, ve fázi Define – Definuj, je zmíněna jedna z možností, a to zaměřit se v této fázi na cíle střední, resp. operativní úrovně. Předpokládá se jejich omezení na oddělení apretace (avšak s možným přesahem do předcházejícího i navazujícího procesu).

### 7.1.1 Harmonogram projektu

Na obrázku č. 13 níže je harmonogram projektu. Nejzazším termínem pro dokončení projektu je 20. 4. 2023.

| Kroky - popis                            | leden | únor 2023 | březen 2023 | duben 2023 |
|--|-------|-----------|-------------|------------|
| Fáze Define                              |       |           |             |            |
| Cíle projektu                            | ■     |           |             |            |
| Metody projektu                          | ■     |           |             |            |
| Fáze Measure                             |       |           |             |            |
| Časové náměry                            | ■     | ■         | ■           |            |
| Procesní mapy, diagramy                  |       | ■         | ■           |            |
| Fáze Analyze                             |       |           |             |            |
| Analýza časových náměrů                  |       |           | ■           |            |
| Analýza úzkých míst                      |       |           | ■           |            |
| Analýza PDV*                             |       |           | ■           |            |
| Ostatní analýzy                          |       |           |             |            |
| Fáze Improve                             |       |           |             |            |
| Implementace opatření                    |       |           | ■           | ■          |
| Fáze Control                             |       |           |             |            |
| Zavedení kontrolních mechanismů          |       |           |             | ■          |
| Fáze vyhodnocení přínosů                 |       |           |             |            |
| Vyčíslení a vyhodnocení přínosů projektu |       |           |             | ■          |

Obrázek 13 Harmonogram projektu, vlastní zpracování

### 7.1.2 Cíl projektu

Cíl byl managementem společnosti takto: Zefektivnění procesu apretace na vybraném vzorku odlitků ve vybrané společnosti o 10 %. Pro účely projektu se zefektivněním myslí snížení průběžné doby výroby zúžené na proces apretace a omezené na výrobní časy Ta a Tb. Průběžný čas výroby bude definován jako doba mezi přijetím surového odlitku do oddělení apretace a předáním hrubého odlitku zákazníkovi (obvykle je zákazníkem oddělení obrábění, tj. interní zákazník, výjimečně jde o zákazníka externího, odběratele hrubého

odlitku). Podmínkou zefektivnění je předpoklad jeho využití i pro další výrobky (tj. v žádném případě nelze pouze v plánování zvýhodnit vybranou skupinu odlitků, čímž by došlo ke snížení průběžné doby výroby, a považovat to za zefektivnění procesu – což je však zajištěno i zúžením optimalizace na časy  $T_a$  a  $T_b$ . Jako podmínkou splnění cíle je návratnost nákladů vynaložených k řízení a implementaci projektu nejpozději do 1 roku od implementace opatření.

Klíčovým ukazatelem pro vyhodnocení úspěšnosti projektu tedy bude průběžná doba výroby (vysvětleno dále v textu), resp. její snížení o 10 %.

### 7.1.3 Použité metody

V rámci projektu budou použity metody měření časů, mapování procesního toku (procesní mapa, spaghetti diagram), Pareto diagram, Ishikawa diagram a metoda 5x proč.

## 7.2 Fáze Measure

Jedná se o časově nejnáročnější fázi projektu, ve které budou získávána data z vybraných výrobních procesů za účelem analýzy v následující fázi.

### 7.2.1 Časové náměry

Ve fázi měření bylo provedeno celkem 7255 časových náměrů, které byly provedeny napříč celým procesem apretace, bez ohledu na vybrané položky, a to za účelem porovnání odhadovaných časů v ERP systému a skutečných časů, jichž dosahuje výroba. Časové náměry byly provedeny při jednotlivých výrobních operacích u 175 položek, které reprezentují 48 % všech výrobků v ERP systému, ovšem také 73 % opakované výroby (definováno jako výroba, jež byla za posledních 36 měsíců realizována více než 2x).

Pro ověření dostatečného počtu náměrů pro jednotlivé operace byl využit následující vzorec:

$$n = \left( \frac{z * s}{k * x} \right)^2$$

kde  $n$  = počet pozorování,  $z$  = hodnota podle konfidenčního intervalu (pro účely této práce byl stanoven na úrovni 1,96, tj. 95 %),  $s$  = směrodatná odchylka,  $k$  = přípustná chyba v procentech (5 %) a  $x$  = aritmetický průměr z měření.

### 7.2.2 Průběžná doba výroby

V rámci praktické části této práce bude pro průběžnou dobu výroby využita *upravená* definice z teoretické části, a to konkrétně jako doba od provedení první operace až po předání na sklad hotových výrobků, ovšem bude zahrnovat pouze časy technologické (veškeré výrobní operace), časy netechnologické (čas přípravy a zakončení pracoviště, přeprava, skladování, kontrola) a oproti definici nebude zahrnovat časy přerušení (obvykle způsobené organizací práce, stavem technického zařízení a technickoorganizačními nedostatky). Nezapočítávání časů přerušení vyplývá z cíle projektu. Takto upravená definice průběžné doby výroby bude v dalším textu označena jako průběžná doba výroby, případně zkratkou PDV\*.

S ohledem na skutečnost, že opracování probíhá po dávkách, bude počítána průběžná doba výroby celé dávky (byť zde se jedná o jisté zjednodušení, protože první operaci obrábění je někdy možné provést již na prvních kusech za kontinuálního doplňování dalších kusů do plného počtu výrobní dávky). Jako další zjednodušení bude průběžná doba výroby omezena pouze na proces apretace, tj. první operací bude naskladnění surového odlitku ze slévárny a poslední operací bude odvedení hotového – hrubého – odlitku na sklad. K tomuto zjednodušení lze přistoupit z toho důvodu, že oddělení apretace je interním zákazníkem slévárny a interním dodavatelem obrobny. Z pohledu oddělení apretace jde tedy skutečně o první, resp. poslední operaci výrobního procesu.

Průběžná doba výroby byla změřena u všech 10 typů odlitků, níže je uveden systém náměrů a výpočtů na konkrétním příkladu. Jednotlivé údaje pro všechny dílce jsou uvedeny v příloze této práce.

V tabulce č. 3 jsou časové náměry před implementací změn. Pro jednotlivé operace byl vždy zaznamenán jejich začátek a konec, a spočtena celková délka operace, která zahrnuje  $T_b$  a časy  $T_a$  vynásobené počty kusů.

Tabulka 3, Průběžná doba výroby (procesu apretace), dílec X8-49, vlastní zpracování

| Operace               | Typ operace | Od            | Do             | Délka operace*<br>( $T_b+T_a$ *počet kusů) |
|-----------------------|-------------|---------------|----------------|--|
| Naskladnění           | Nevýrobní   | 30.1.23 6:42  | 30.1.23 6:43   |  |
| Oklep not             | Výrobní     | 31.1.23 6:22  | 16.5.23 6:22   | 105,0 min                                  |
| Tryskání              | Výrobní     | 31.1.23 10:02 | 21.4.23 10:07  | 80,0 min                                   |
| Řezání                | Výrobní     | 2.2.23 6:05   | 13.3.24 6:05   | 405,0 min                                  |
| Broušení nahrubo      | Výrobní     | 6.2.23 10:05  | 19.12.23 2:05  | 315,0 min                                  |
| Dokončovací broušení  | Výrobní     | 7.2.23 10:45  | 18.11.25 18:45 | 1015,0 min                                 |
| Tepelné zpracování T4 | Výrobní     | 9.2.23 10:20  | 8.1.35 10:20   | 4350,0 min                                 |
| Rovnění               | Výrobní     | 13.2.23 14:30 | 8.4.24 15:00   | 420,0 min                                  |
| Tepelné zpracování T6 | Výrobní     | 15.2.23 10:23 | 15.1.35 10:23  | 4350,0 min                                 |
| Tryskání              | Výrobní     | 20.2.23 14:10 | 11.5.23 14:15  | 80,0 min                                   |

**PDV\*** 11120,0 min

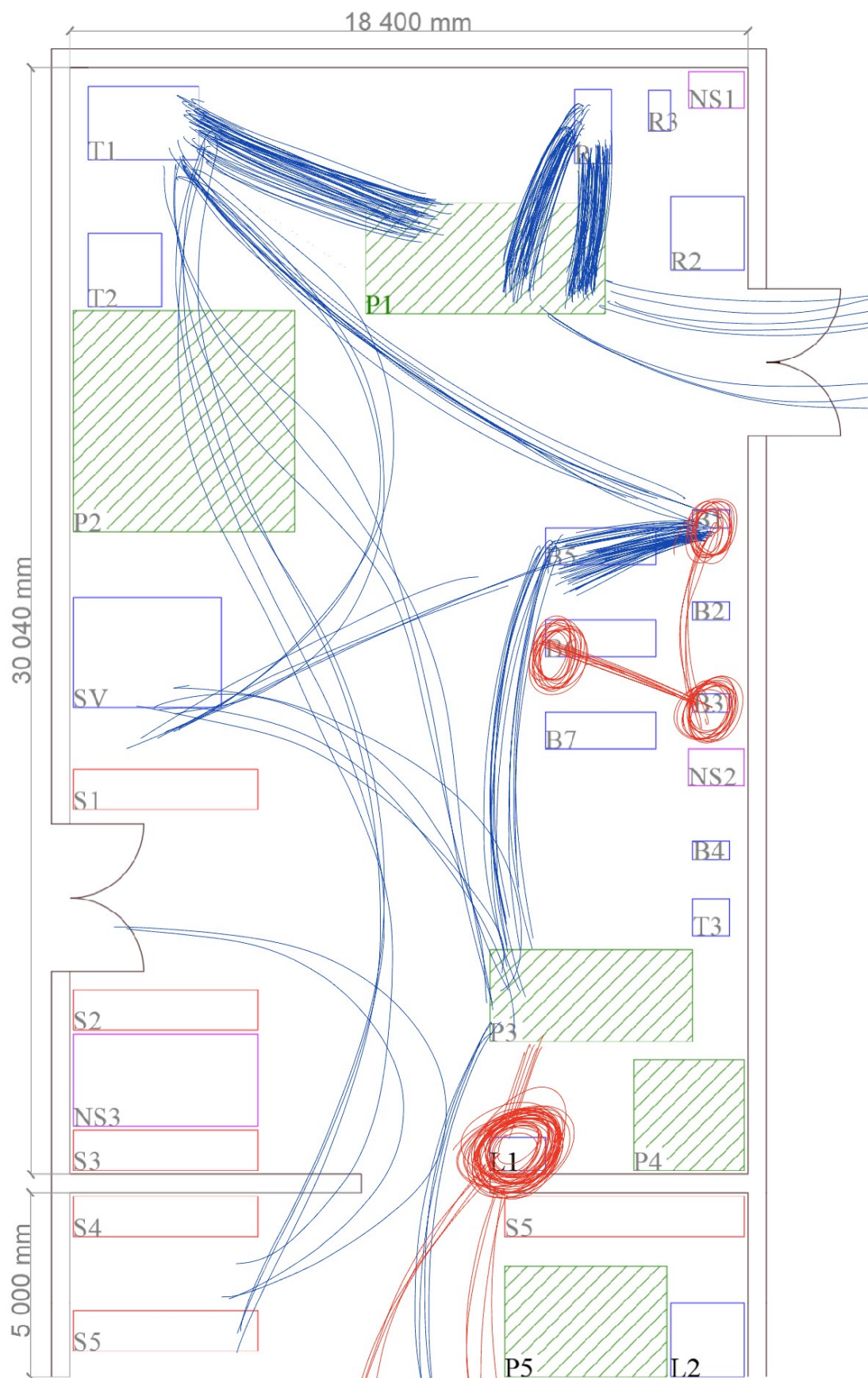
\*Délka operace nezahrnuje čekání na pokračování výroby v případě, že je ve výrobě pauza ve výši 1-2 směn (tj. výroba pracuje na 2, resp. 1 směnu) či dne pracovního volna

### 7.2.3 Spaghetti diagram

Pro vybraný produkt X8-49, byl zpracován spaghetti diagram (viz obrázek č. 14 níže) na základě pozorování zpracování 200kusové dávky. Oproti technologickému postupu byly však zmapovány 2 sub procesy, jež jsou vykonávány nad rámec, resp. časově mnohem náročněji, než je definováno v TGP. Pro účely této práce jsou nazvány jako „extra broušení“ a „extra rovnání“. Pro odhalení příčiny těchto odchylek oproti postupu byla provedena analýza 5x proč pro obě oblasti – broušení i tepelné zpracování.

Jak je patrné ze spaghetti diagramu níže, oproti standardizovanému procesu apretace dochází k nárůstům přesunů nejen v okolí brusek a nejen v okolí lisu, na kterém probíhá rovnání, ale dílce jsou rovněž navíc odváženy na tepelné zpracování 2x z toho důvodu, že na odlitcích není prováděn standardní proces T6 (rozpuštěcí žíhání a umělé stárnutí), ale tento proces je rozdělen do dvou procesů – T4 (rozpuštěcí žíhání + přirozené stárnutí) s následným dokončením do stavu T6 (provedením umělého stárnutí). Rozdělení procesu T6 do dvou zvláštních procesů je dáno rovnáním, jež je prováděno na vybraném vzorku. Odlitky není možné rovnat po provedení T6 (dílec by praskl), ale rozdělení na fáze T4 a následné

dokončení do fáze T6 umožňuje dílce rovnat mezi těmito fázemi. Z pohledu odběratele je vše zcela v pořádku, nicméně proces je časově náročnější a nákladově dražší.



Obrázek 14 Spaghetti diagram, skutečný proces, vlastní zpracování

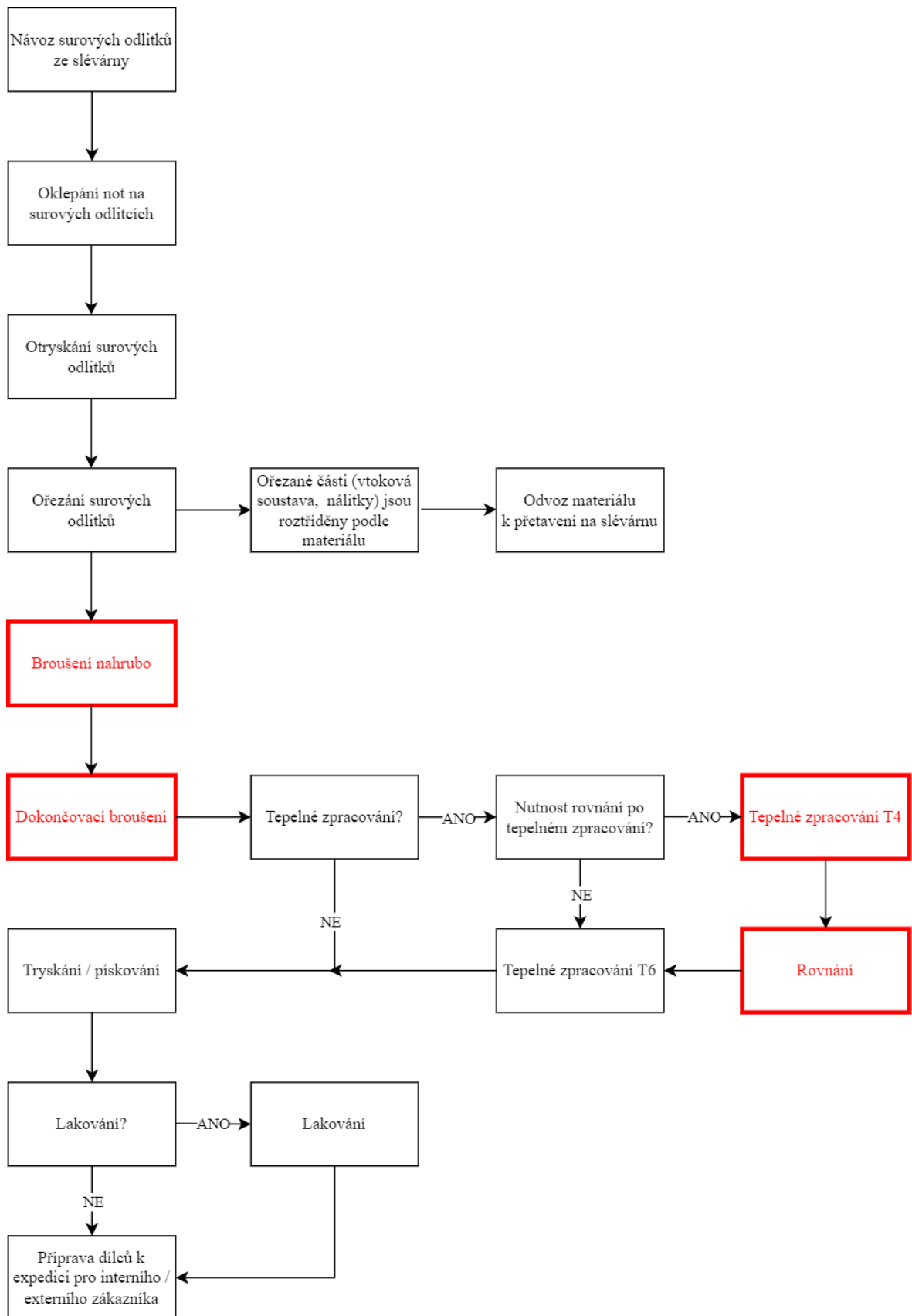
#### 7.2.4 Procesní mapa konkrétní výrobní dávky

Stejně jako byl výše proveden spaghetti diagram pro konkrétní výrobní dávku, byla zpracována procesní mapa pro položku X8-49 (viz obrázek č. 15 níže).

V níže uvedené procesní mapě jsou červeně označeny oblasti, kde se proces odchyluje od odhadovaných časů v technologickém postupu. Tyto oblasti budou nyní blíže popsány:

1. Broušení nahrubo – tento proces je vykonáván zcela v rozporu s časovými předpoklady technologického postupu (není stanoveno broušení po obvodu dílce).
2. Dokončovací broušení – tento proces probíhal v průměru o 119 vteřin déle, než předpokládá technologický postup.
3. Tepelné zpracování – platný technologický postup předpokládá 1kolové tepelné zpracování (čili zpracování do fáze T4 a následně do fáze T6), ve skutečnosti je však dílec zpracováván 2kolově tak, že mezi jednotlivými fázemi (ohledem logistiky procesu koly) dochází k rovnání.
4. Rovnání – jediná možnost rovnání odlitků je právě mezi procesy T4 a T6, jak bylo vysvětleno výše. Dílce jsou rovnány tak, aby geometrická deformace způsobená při tepelném zpracování byla minimální.





Obrázek 15 Procesní mapa konkrétní výrobní dávky, vlastní zpracování

### 7.3 Fáze Analýze

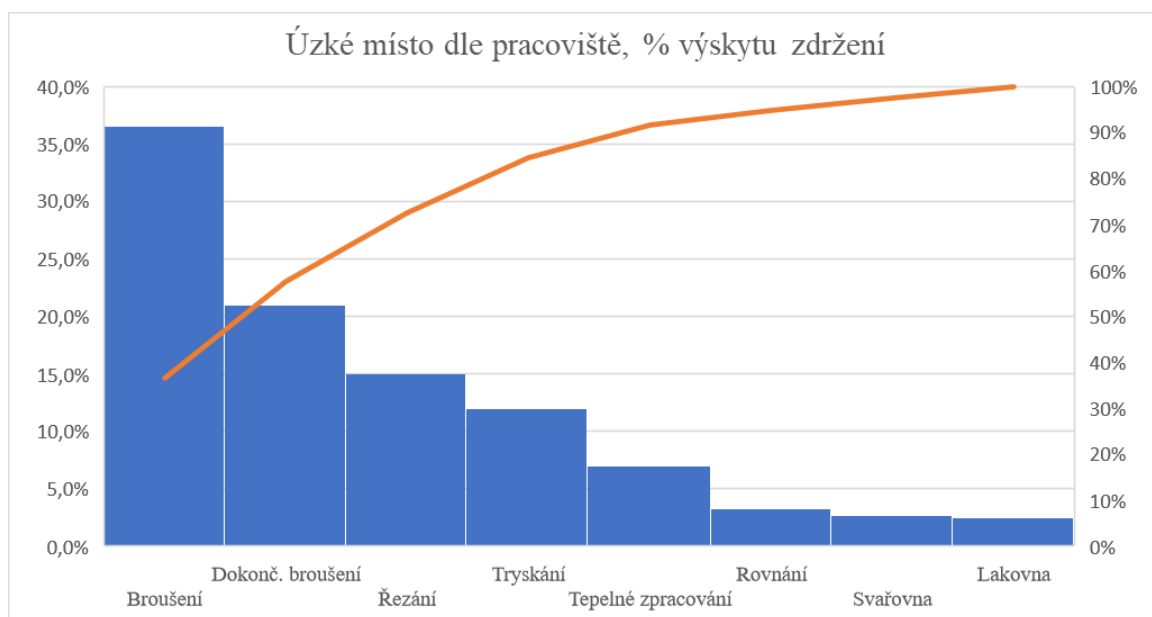
Analýzám byla podrobena data a zjištění sesbírána ve fázi měření.

#### 7.3.1 Analýzy průběžné doby výroby

Data sesbíraná ve fázi Measure pro všech 10 typů odlitek byla podrobena analýze (rozčlenění časů, výpočet celkových časů) a níže uvedené grafy ilustrují jednak podíl různých operací na celkových výrobních časech a jednak podíl jednotlivých operací na celkové průběžné době výroby.

#### 7.3.2 Analýza úzkých míst

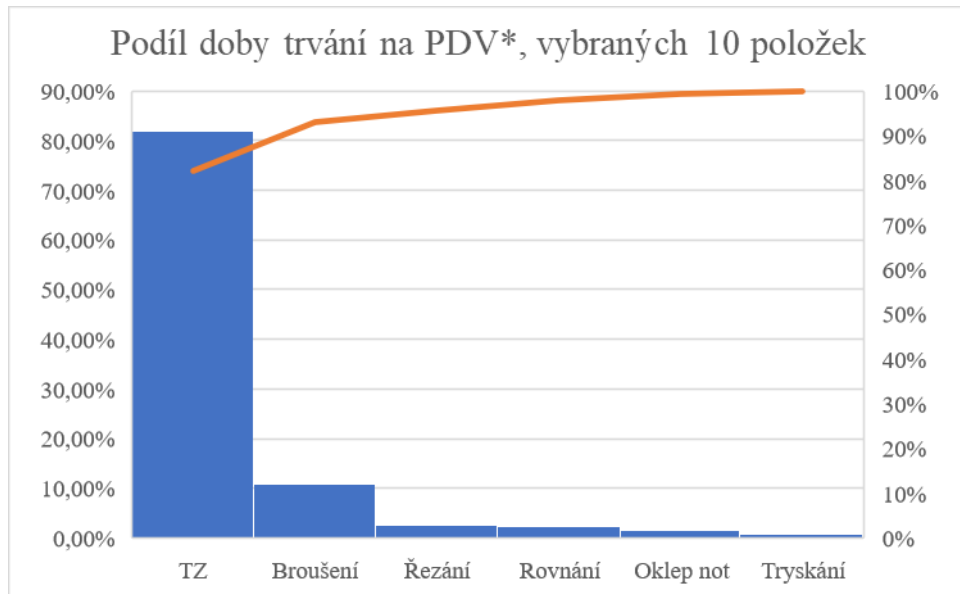
Pareto diagram na grafu č. 2 níže ilustruje úzká místa v oddělení apretace dle pracoviště a jejich podíl na celkových časech čekání na následující operaci.



Graf 2 Úzké místo dle pracoviště, % výskytu zdržení, vybraný vzorek 10 položek, vlastní zpracování

### 7.3.3 Analýza podílu jednotlivých pracovišť na PDV\*

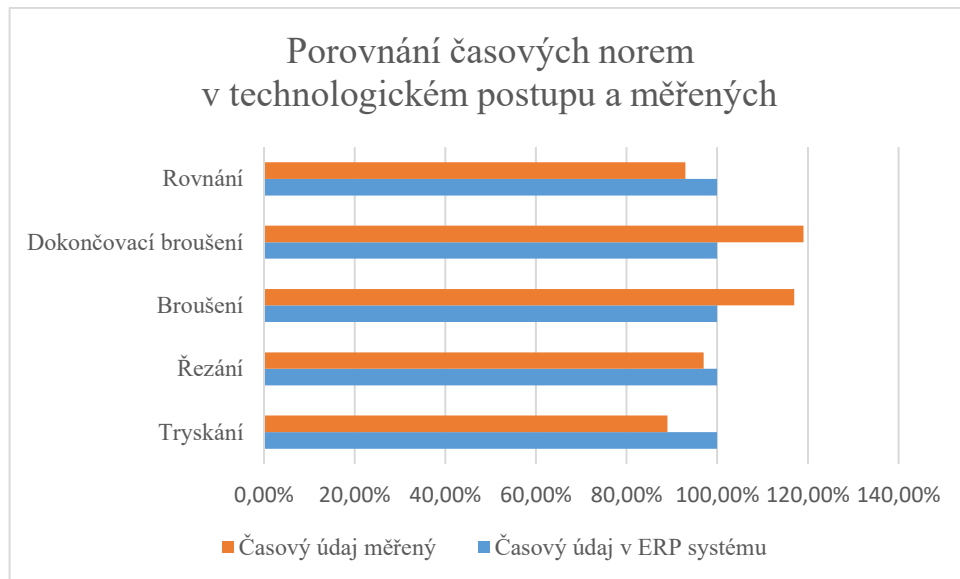
Graf č. 3 níže zobrazuje podíl doby trvání jednotlivých operací na PDV\*. T4 a T6 jsou zde zobrazeny jako TZ, Broušení hrubého a dokončovací broušení jsou v grafu níže zobrazeny jako operace broušení.



Graf 3 Analýza podílu doby trvání jednotlivých operací na PDV\*

### 7.3.4 Analýzy časových náměrů

V grafu č. 4 níže jsou data v ERP systému (doposud nepoužívaný odhad časové potřeby pro jednotlivé operace u jednotlivých dílců, který je definován na úrovni technologického postupu každé položky) brány jako 100% úroveň, oproti tomu jsou zobrazena naměřená data pro jednotlivé operace, bez ohledu na položku.

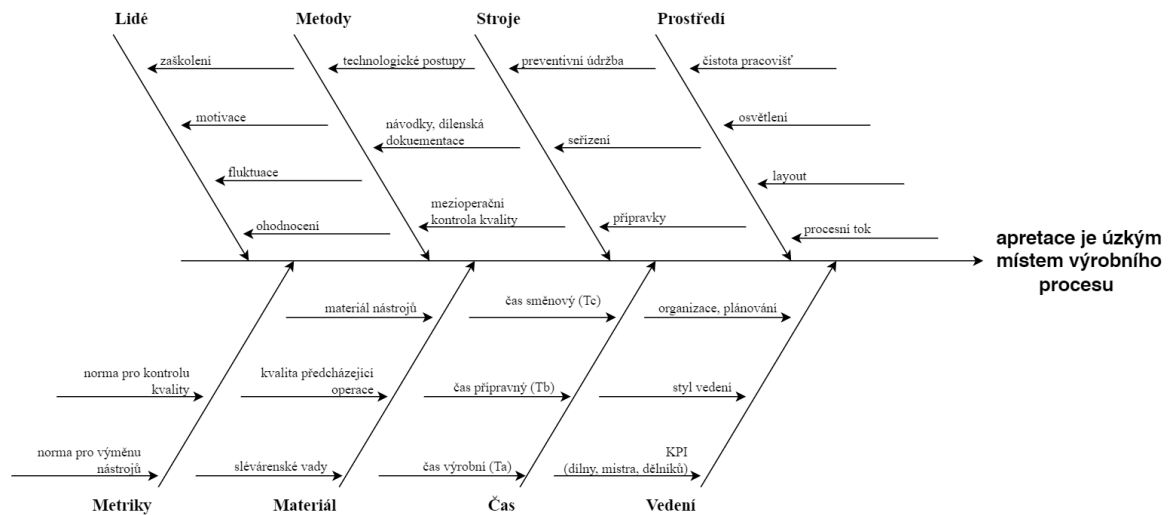


**Graf 4 Porovnání časových norem  
v technologickém postupu a měřených, vlastní zpracování**

Konkrétně, údaje ukazují procentuální shodu mezi časovým údajem plánovaným v ERP systému a časovým údajem, který byl skutečně naměřen v průběhu výrobních procesů. Procesy zahrnuté v této tabulce jsou tryskání, řezání, broušení, dokončovací broušení a rovnání. Výsledky ukazují, že procentuální shoda mezi plánovaným a skutečným časem se liší pro každý proces. Například u procesu tryskání byla naměřená doba zpracování 89,00 % plánované doby v ERP systému, zatímco u procesu dokončovacího broušení byla naměřená doba zpracování 119,00 % plánované doby v ERP systému. Jde o zásadní údaje jednak pro samotné plánování výroby a také pro optimalizaci procesů výroby.

### 7.3.5 Analýza formou Ishikawa diagramu

Na základě naměřených dat byl analyzován důvod, proč je apretace úzkým místem výrobního procesu, formou Ishikawa diagramu, který je níže na obrázku č. 16. Vybrané body jsou detailně popsány níže. Data byla získána z brainstormingu v týmu, jehož účastníky byli mistři výroby, slévárenský i strojírenský technolog, zástupkyně HR a vedoucí projektu.



Obrázek 16 Ishikawa diagram, vlastní zpracování

Pracovníci, kteří tvoří základ celého apretačního procesu byli během brainstormingu zmíněni zejména, co se týče zaškolení, motivace, fluktuace a ohodnocení. Zaškolení je řešeno formou přede daného postupu a jednoduchého plánu, jehož součástí je samozřejmě školení v oblasti bezpečnosti práce. Dále, podle vybrané profese a plánované vykonávané činnosti v oddělení apretace, je pracovník proškolen na soubor vybraných činností. Co se motivace týče, pracovníci jsou motivováni finančně i nefinančně, s přihlédnutím k výkonům. Fluktuace je problémem zejména u těch činností, které vyžadují delší dobu zaučení nebo při zpracování drahých odlitků, kde i drobné poškození může vést k nenávratnému zničení dílce a jeho označení za zmetek.

Z brainstormingu vyplynuly problematické metody zejména v oblasti technologických postupů, návodků, dílenské dokumentace a mezioperační kontroly kvality. Technologické postupy apretace, zejména co se praktického provedení týče (návodky), tvoří podle týmu podstatný důvod nadbytečného broušení odhaleného v rámci procesní analýzy.

Co se týče strojů, byly zmíněny zejména problematické oblasti preventivní údržby, seřizení a přípravků.

Ke strojům byly během brainstormingu diskutovány – a jako problematické zaznamenány – oblasti čistoty pracoviště, osvětlení, layoutu a procesní mapy, resp. procesního toku dílců pracovištěm.

Co se metrik týče, tým diskutoval zejména normy pro kontrolu kvality a normu pro výměnu nástrojů.

K materiálu byly jako problematické zmíněny zejména materiál nástroj, kvalita předcházející operace a slévárenské vady na apretovaných dílcích.

K oblasti času byl v týmu diskutován zejména vliv časů výrobních, přípravných a směnových.

Co se vedení týče, byl během brainstormingu jako potenciálně problematický označen styl vedení, nastavení KPI a organizace pracovišť, resp. plánování.

### 7.3.6 Metoda 5x proč – rozsah broušených ploch

Na základě metody 5x proč (její průběh je zmapován v tabulce č. 4 níže), vyplynula skutečnost, že některé plochy jsou zřejmě broušeny ve větším rozsahu, než požaduje jakýkoliv standard. Pokud dojde ve fázi Improve k potvrzení tohoto předpokladu, půjde o odhalené plýtvání, jehož odstraněním lze zefektivnit proces a ušetřit náklady.

Tabulka 4 Metoda 5x proč – nadměrné broušení, vlastní zpracování

| 5x proč | Otázka   | Odpověď  |
|---------|--|--|
| 1.      | Proč jsou dílce broušeny více, než je nutné?             | Protože to tak požaduje zákazník                                     |
| 2.      | Jakým předpisem to tak požaduje zákazník?                | Zákazník na to nemá předpis, je to v interní návodce                 |
| 3.      | Proč je tato plocha určena k broušení v interní návodce? | Protože povrch musí být beze stop po nálitcích                       |
| 4.      | Lze tohoto povrchu dosáhnout jinak?                      | Ano, tento povrch se beztak obrábí                                   |
| 5.      | Proč je tedy povrch broušen, když se obrábí?             | Protože tato plocha není označena jako "nebrousit" v interní návodce |

### 7.3.7 Metoda 5x proč – rovinnost

Na základě metody 5x proč (její průběh je zmapován v tabulce č. 5 níže), vyplynula skutečnost, že požadovaná rovinnost, která je hlavním důvodem pro 2kolové tepelné zpracování, není stanovena výkresem, návodkou či jakýmkoliv jiným předpisem. Je tedy nutné stanovit, jaká rovinnost je požadována a vyvarovat se dosahování lepší rovinnosti, než je nutné, za cenu vyšších nákladů (časových i finančních).

Tabulka 5 Metoda 5x proč – rovinnost, vlastní zpracování

| 5x proč | Otázka  | Odpověď   |
|---------|---|---|
| 1.      | Proč jsou dílce tepelně zpracovávány 2kolově?         | Protože je nutné je rovnat.                                       |
| 2.      | Proč je dílce nutné rovnat?                           | Protože je fáze T4 geometricky deformuje a není možné je obrobit. |
| 3.      | Jak velká je deformace?                               | Příliš velká pro bezproblémové obrobení.                          |
| 4.      | Co znamená příliš velká deformace, jaká je tolerance? | Tolerance není stanovena.   |
| 5.      | Proč není stanovena?                                  | Nikdo ji nestanovil.  |

### 7.3.8 Shrnutí fáze Analyze

Využití metody Pareto diagramu ukázalo úzké místo celého procesu apretace (broušení, následované dokončovacím broušením), tak umožnilo graficky zobrazit jednotlivé operace podle podílu doby trvání na PDV\* (nejdéle trvá operace TZ, následovaná operací broušení).

Analýza časových náměrů poukázala na rozdíl mezi (pro plánování dosud nepoužívanými) hodnotami časů v ERP systému (na úrovni jednotlivých TGP) a skutečně naměřenými hodnotami délky operací.

Analýza formou Ishikawa diagramu poukázala na možné příčiny neefektivní procesu apretace – za hlavní byly označeny nedostatečné TGP a návodky, následované přetížením celého oddělení, s čímž je spojeno neefektivní plánování operací.

Za nejpřínosnější metodu v rámci této fáze projektu lze označit metodu 5x proč, která pomohla stanovit 2 oblasti k hledání nápravy – nadměrné broušení některých ploch odlitků a 2kolové TZ, doplněné o rovnání dílců, které je prováděno bez dostatečného standardu.

## 7.4 Fáze Improve

Pro zefektivnění procesu apretace byla na základě naměřených a analyzovaných dat vybrány 2 oblasti, respektive 2 opatření, které byly následně implementovány. Jejich detailnější popis následuje níže.

### 7.4.1 Opatření č. 1 – revize ploch k apretaci a jejich jednoznačná identifikace v návodkách

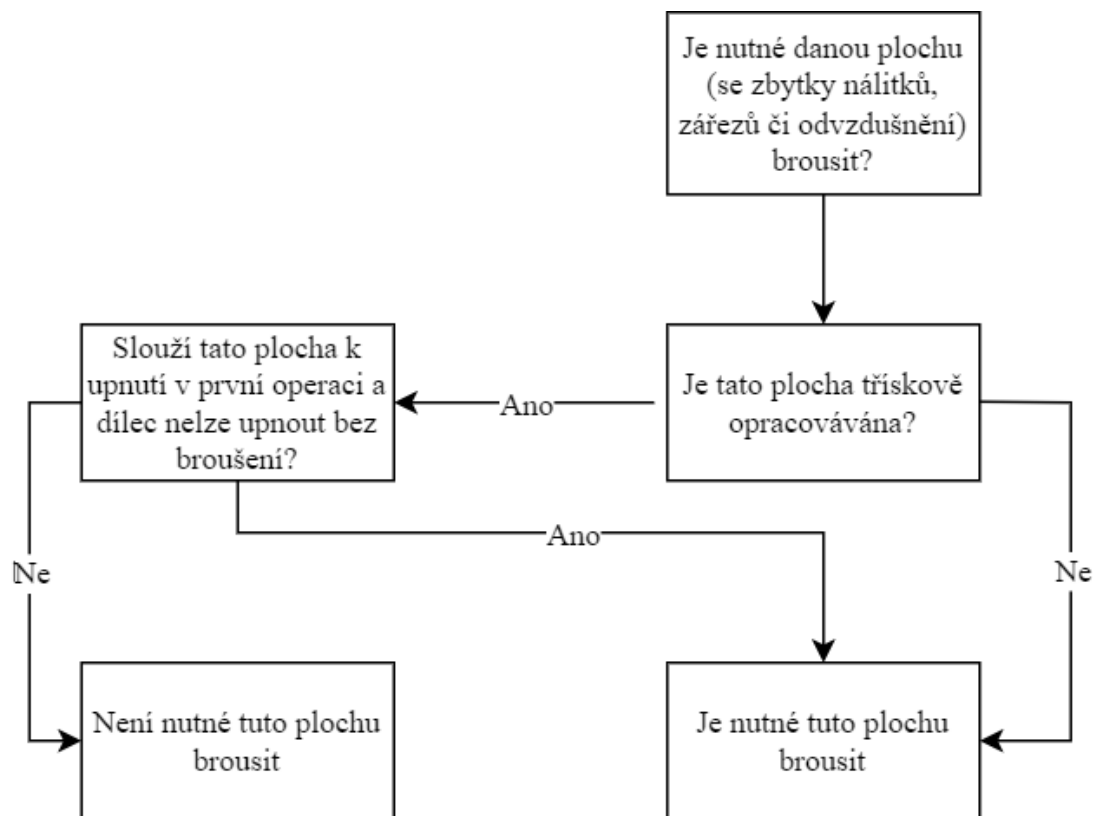
Na základě provedení metody 5x proč, jež byla následně ověřena experimenty jak v oddělení apretace, tak měřeními během procesu třískového obrábění, bylo zjištěno, že jsou apretovány

(konkrétně broušeny nahrubo a procesem dokončovacího broušení) plochy, u kterých tato činnost není nutná. Nevyplývá z požadavku zákazníka, z potřeby (navazujícího) technologického postupu, ani není nutná pro dodání výrobku v potřebné kvalitě.

U vzorku 10 vybraných položek, bylo vysvětlení pracovníků pro nadstandardní broušení dvojí:

1. „plochy tak byly broušeny vždy“;
2. „plochy je nutno takto brousit, protože bez obroušení nelze dílce upnout pro třískové obrábění“.

Podle jednoduché klíče, ve kterém je položen dotaz „je tato plocha následně třískově obráběna?“ lze rozhodnout, jestli je nutné plochu apretovat nebo nikoliv. Tento rozhodovací algoritmus (resp. vývojový diagram, který je na obrázku č. 17 níže) se týká pouze ploch, na kterých jsou stopy po nálitcích, zářezích či jiných technologicky nutných prvcích surového odlitku. Dalším parametrem je, jestli je nutno plochu brousit z toho důvodu, aby bylo možné dílce upnout do stroje. Pro zjednodušení práce technologa byl vytvořen jednoduchý vývojový diagram a návodky byly upraveny tak, aby jednoznačně zahrnovaly plochy určené k apretaci a plochy určené k ponechání bez apretace.



Obrázek 17 Je nutné danou plochu brousit?, vlastní zpracování

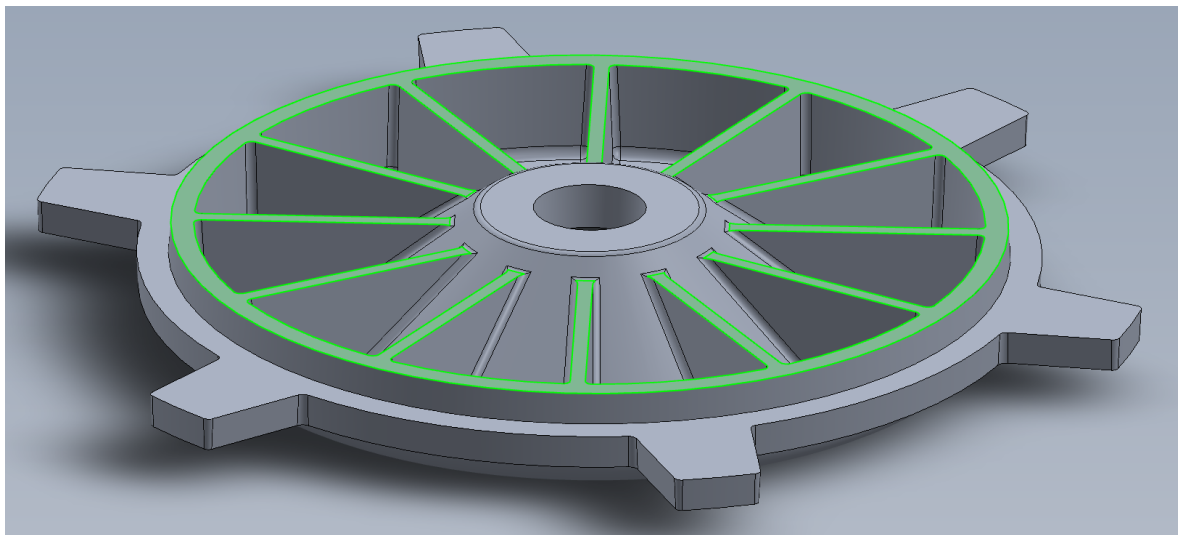


Pokud je plochu nutné brousit, je nutné stanovit minimální požadovaný rozsah broušení a ten nepřekračovat (v opačném případě dochází k plýtvání ve formě nadbytečného broušení, tzv. goldplatingu, který byl zmíněn v teoretické části práce).

#### 7.4.2 Opatření č. 2 – revize geometrických tolerancí

Jak vyplynulo z výše provedené metody 5x proč, zaměřené na rovinnost dílců, neexistuje předpis či informace, která by stanovovala toleranci rovinnosti (bez ohledu na obecné geometrické tolerance odlitku). Je tedy možné, že současný proces, při kterém jsou dílce tepelně zpracovávány 2kolově a rovnány, dosahuje lepších hodnot, než jsou nutné. Opět by tak docházelo k plýtvání. U každé ze 7 položek, které prochází 2kolovým TZ byly změřeny hodnoty rovinnosti, které reprezentuje příloha P I. Měření probíhalo na kalibrovaném měřícím stole (v případě nutnosti na přípravku) za použití Johansonových měrek, vždy mezi fázemi TZ T4 a T6. Největší deformaci během TZ totiž způsobuje práce fáze T4.

Na obrázku č. 18 níže je zeleně zvýrazněna plocha, na níž byla na dílci X8-49 měřena rovinnost. Ostatní dílce – tvarově obdobné, rotační součásti – byly měřeny stejným způsobem.



Obrázek 18 Dílec X8-49, interní materiály

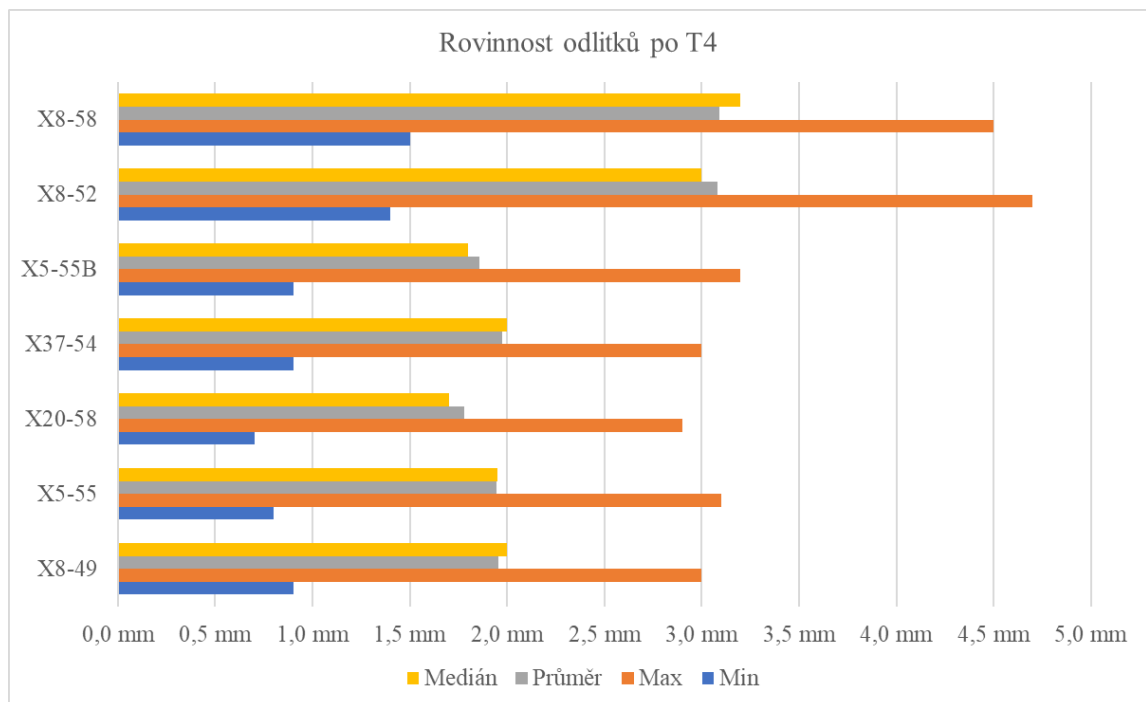
Níže uvedená tabulka č. 6, reprezentuje výsledky měření rovinnosti povrchu sedmi různých výrobků, identifikovaných jejich kódy v prvním sloupci "Dílec". V sloupci "Počet měřených ks" je uveden počet provedených měření pro každý výrobek (200 ks pro každou položky – byla tedy měřena celá dávka). Sloupce "Min", "Max", "Průměr" a "Medián" obsahují

naměřené hodnoty rovinnosti v milimetrech pro každý výrobek – minimální hodnotu, maximální hodnotu, průměr a medián.

Tabulka 6 Měření rovinnosti mezi T4 a T6, vlastní zpracování

| # | Dílec  | Počet měřených ks | Naměřená rovinnost |        |        |        |
|---|--------|-------------------|--------------------|--------|--------|--------|
|   |        |                   | Min                | Max    | Průměr | Medián |
| 1 | X8-49  | 200               | 0,9 mm             | 3,0 mm | 2,0 mm | 2,0 mm |
| 2 | X5-55  | 200               | 0,8 mm             | 3,1 mm | 1,9 mm | 2,0 mm |
| 3 | X20-58 | 200               | 0,7 mm             | 2,9 mm | 1,8 mm | 1,7 mm |
| 4 | X37-54 | 200               | 0,9 mm             | 3,0 mm | 2,0 mm | 2,0 mm |
| 5 | X5-55B | 200               | 0,9 mm             | 3,2 mm | 1,9 mm | 1,8 mm |
| 6 | X8-52  | 200               | 1,4 mm             | 4,7 mm | 3,1 mm | 3,0 mm |
| 7 | X8-58  | 200               | 1,5 mm             | 4,5 mm | 3,1 mm | 3,2 mm |

Graf č. 5 níže zobrazuje naměřená data v grafické podobě, jež lépe ilustruje, kde se pohybuje medián (který byl zvolen jako klíčový) naměřených hodnot.



Graf 5 Rovinnost odlitků po T4, vlastní zpracování

Při experimentech provedených během procesu třískového obrábění bylo ověřeno, že rovinnost do 2 mm (měřeno na volně loženém dílci na měřícím stole) je v pořádku a dílce budou shodné i po obrobení. Proto bylo u 5 dílců ze 7 rozhodnuto o vynechání 2kolového TZ a přechod na standardní, 1kolové TZ. Jde o dílce, u kterých je medián rovinnosti do 2,0 mm (X8-49, X5-55, X20-58, X37-54 a X5-55B). V případě dílců X8-52 a X8-58 je nutné 2kolové TZ ponechat a nadále mezi fázemi T4 a T6 dílce podrobit procesu rovnání.

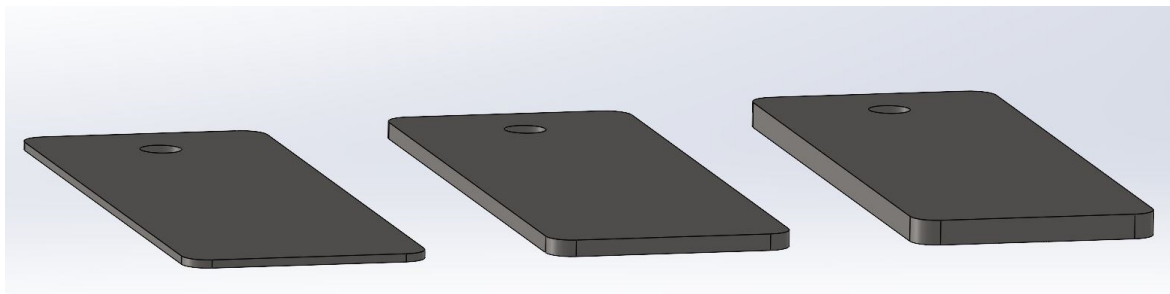
Pro snazší práci během kontroly byly navrženy (návrh je na obrázku č. 19 níže) a vyrobeny měrky, které pracovníkům slouží pro jednoduchou, časově nenáročnou, a tedy i levnou, kontrolu rovinnosti dílců. Obrázek níže zobrazuje návrh měrek z programu Solidworks. Měrky byly vyrobeny metodou řezání vodním paprskem z nerezového plechu o tloušťce 2, 3 a 3,5 mm.

Měření probíhá tak, že je dílec položen na obráběnou plochu (přímo na měřicí stůl nebo na přípravek – v případě, kdy dílec nelze vodorovně položit na stůl), pracovník dílec otočí o 360 stupňů a do případné mezery mezi stolem a dílcem vloží měrku o tl. 3 mm – pokud ji vložit nelze, dílec je OK. Pokud ji lze vložit s vůlí, ověří pracovník rovinnost vložením měrky o tl. 3 mm. Pokud 3,5mm měrku vložit nelze, je dílec uvolněn jako OK, pokud ji vložit lze (bez ohledu na to, s jakou vůlí), dílec je NOK a je nutné jej vrátit na TZ, provést

fázi T4, dílec vrátit na pracoviště rovnání, srovnat jej a následně jej odeslat na TZ k dokončení procesu – provedení fáze T6.

V rámci provedených experimentů na všech 5 pozicích (měřeno vždy na dávce 200 ks), u kterých bylo zavedeno popisované opatření, došlo k vyřazení celkem 11 ks dílců, což lze považovat za zanedbatelnou hodnotu NOK dílců.

Dlouhodobě bylo rozhodnuto o neprovádění operace rovnání – případná odchylka bude odhalena až během opracování a dílec bude následně opraven, v případě nemožnosti opravy bude označen jako NOK.



Obrázek 19 Měrky pro kontrolu deformace rovinnosti, interní materiály

### 7.4.3 Přehled dosažených zlepšení

Zavedení opatření přineslo časovou úsporu, která na vybraném vzorku 10 položek převyšuje požadovaný cíl ve výši 10% snížení průběžné doby výroby. Bližší popis dosažených přínosů je v podkapitole Náklady a přínosy projektu, která následuje za podkapitolou Fáze Control.

Časový přínos implementovaných opatření ilustruje tabulka č. 7 níže. PDV\* před i po se týká celé výrobní dávky, vždy 200 ks. Průměrné snížení PDV\* je vypočteno jako  $[1 - (\text{suma PDV* po} / \text{suma PDV* před}) * 100]$ .

Tabulka 7 procentuální snížení PDV\*, vlastní zpracování

| #  | Dílec   | PDV* před | PDV* po   | % snížení PDV* |
|----|---------|-----------|-----------|----------------|
| 1  | X8-49   | 11130 min | 6045 min  | 45,69 %        |
| 2  | X5-55   | 10735 min | 5965 min  | 44,43 %        |
| 3  | X20-58  | 36770 min | 18940 min | 48,49 %        |
| 4  | X37-54  | 19490 min | 10100 min | 48,18 %        |
| 5  | X5-55B  | 10935 min | 6165 min  | 43,62 %        |
| 6  | X8-52   | 10725 min | 9775 min  | 8,86 %         |
| 7  | X8-58   | 10935 min | 10035 min | 8,23 %         |
| 8  | X20-68  | 7485 min  | 6070 min  | 18,90 %        |
| 9  | X20-68B | 7485 min  | 6170 min  | 17,57 %        |
| 10 | X37-10  | 6665 min  | 5965 min  | 10,50 %        |

**Průměrné snížení PDV\* 35,61%**

## 7.5 Fáze Control

Pro zajištění výroby v dosažených časech po implementaci opatření bylo přistoupeno k aktualizaci všech TGP všech návodů v oddělení apretace. V TGP i návodkách byl aktualizován postup a byly stanoveny časové normy pro jednotlivé operace.

Z existujících možností, jak pojmout tuto fázi byla vybrána ta (minimálně pro prvotní nastavení) časově náročnější, ovšem plně odpovídající v teorii uvedenému doporučení, že tato fáze by neměla spočívat jen v jednorázovém nastavení kontrolního mechanismu, ale opakovaném vracení jak se k naměřeným datům, tak k mechanismu samotnému.

Oproti původním úvahám při zavádění ERP systému bylo přistoupeno k odvádění výroby i v oddělení apretace, a tedy sběru dat s maximálním zpožděním v délce jedné směny (v případě, kdy pracovníci odvádí výrobu až po ukončení směny tehdy, kdy celou směnu zpracovávali jen jeden typ výrobku v jedné konkrétní operaci).

V implementovaném ERP (QI) byly nastaveny následující oblasti.

### 7.5.1 Technologie

Pro oblast oddělení apretace byly nastaveny tzv. technologie (viz obrázek č. 20), které reprezentují typy pracovišť dostupných v oddělení apretace vč. rozlišení, zdali se jedná o ruční nebo strojní technologie. Limitem strojní technologie je počet strojů. Limitem ruční technologie je obsazení pracoviště pracovníky.

| Identifikátor technologie | Název technologie                  | Druh technologie |
|---------------------------|------------------------------------|------------------|
| APRETACE                  | Apretace ruční                     | Ruční            |
| BROUSENI                  | Broušení na pásové brusce (kšanda) | Ruční            |
| OKLEP                     | Oklepání not                       | Ruční            |
| OREZAVANI                 | Ořezávání na pásové pile           | Strojní          |
| OREZAVANIR                | Ořezávání ruční flexou             | Ruční            |
| PISKOVANI                 | Pískování ruční RÖESL              | Strojní          |
| ROVNANI                   | Rovnění pomocí lisu                | Ruční            |
| ROVNANI-R                 | Rovnění ruční                      | Ruční            |
| SVAR                      | Svařovna                           | Ruční            |
| TMELENI-CIDIRNA           | Tmelení prováděné na CIDÍRNĚ       | Ruční            |
| TRYSKANI                  | Tryskání závěsný tryskač OTECO     | Strojní          |
| TRYSKANI-R                | Tryskání ruční ŠKODA               | Ruční            |

Obrázek 20 Přehled technologií v oddělení apretace v ERP, interní ERP

### 7.5.2 Kalendáře

Pro správu týdenního fondu, resp. fondu pracovní doby vč. určení počtu směn a hodin na směnu, byly nastaveny jednotlivé kalendáře (viz obrázek č. 21 níže).

| Typ kalendáře | Název typu kalendáře                       | Druh kalendáře | Týdenní fond |
|---------------|--|----------------|--------------|
| VYR-1SMENA    | Výroba 1 směna - RANNÍ                     | V              | 37,5         |
| VYR-2SMENY    | Výroba 2 směny - RANNÍ + ODPOLEDNÍ         | V              | 75           |
| VYR-3PO-NE    | Výroba 3 směny - RANNÍ + ODPOLEDNÍ + NOČNÍ | V              | 112,5        |
| VYR-3NE-PA    | Výroba 3 směny - NOČNÍ + RANNÍ + ODPOLEDNÍ | V              | 112,5        |

Obrázek 21 Kalendáře v ERP, interní ERP

### 7.5.3 Vykazování

Pro vykazování položek v oddělení apretace lze z obrazovky dílenského řízení (viditelná na obrázku č. 22 níže) přejít přímo do výkazů cidírny (apretace).

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| Najdi VČ/ŠARŽI    | Výroba forem a jader |
| Nová tavba        | Evidence taveb       |
| Převod na cidírnu | Výkazy cidírna       |
| Výkazy OBROBNA    | Přílohy výr.dokum.   |

Obrázek 22 Obrazovka pro výkazy operací, interní ERP

Přehled výkazů ilustruje obrázek č. 23 níže.

| 1▼ Období  | Osobní číslo | Mzdový lístek   | Evidenční číslo zakázky | Výrobní příkaz  | Identifikace výrobku | Vykázáno | Kód sestavy      |
|------------|--------------|-----------------|-------------------------|-----------------|----------------------|----------|------------------|
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001807 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 33,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001808 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 33,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001809 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 33,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001810 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 33,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001811 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 33,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001813 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 33,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001814 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 27,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001818 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 27,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001820 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 68,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001815 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 27,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001816 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 27,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 14.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001817 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 27,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 13.04.2023 | 9671         | ML-2023-0001818 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 41,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 13.04.2023 | 9671         | ML-2023-0001817 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 41,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 13.04.2023 | 9671         | ML-2023-0001816 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 41,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 13.04.2023 | 9671         | ML-2023-0001815 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 41,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 13.04.2023 | 9671         | ML-2023-0001814 | VZ-CI-2023-000103       | VP-2023-0001390 | 8-49 CAS             | 41,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 12.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001810 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 65,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 12.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001811 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 65,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 12.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001809 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 65,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 12.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001808 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 65,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 12.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001807 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 65,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 12.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001813 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 65,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 03.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001807 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 26,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 03.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001808 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 26,000   | 8-720 (8-49) CAS |
| 03.04.2023 | 9843         | ML-2023-0001809 | VZ-CI-2023-000102       | VP-2023-0001389 | 8-49 CAS             | 26,000   | 8-720 (8-49) CAS |

Obrázek 23 Snímek obrazovky přehledu výkazů, interní ERP

Na obrázku č. 24 níže lze vidět vykazování časů konkrétní operace pro konkrétní položku.

| Pořadí            | Název operace         |                     |                        |               |        |        |  |
|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------|--------|--------|--|
| 50                | Apretace ruční        |                     |                        |               |        |        |  |
| Technologie       | APRETACE              | Apretace ruční      | Čas přípravy . . . .   | 0,0000        | min    |        |  |
| Středisko, dílna  | CID                   | Cidírna             | Čas kusový . . . .     | 5,0000        | min    |        |  |
| Tarifní třída     | Sazba                 | Čas tarifu          | Koeficient obsluhy     | Ta man        | Ta pgm | Ta son |  |
| APRETACE          | 700,0000              | hod                 |                        |               |        |        |  |
| Množství          | Čas přípravy celkem   | Čas kusový celkem   | Čas celkem             | Cena celkem   |        |        |  |
| 262,000           | 0,0000                | 1 310,0000          | 1 310,0000             | 15 283,33     |        |        |  |
| Množství vykázané | Vykázaný čas přípravy | Vykázaný čas kusový | Vykázaná spotřeba času | Vykázaná cena |        |        |  |
| 262,000           | 0,0000                | 1 310,0000          | 1 310,0000             | 15 277,22     |        |        |  |

Obrázek 24 Snímek obrazovky pro vykazování časů konkrétní operace, interní ERP

#### 7.5.4 Náklady projektu

Tabulka č. 8 níže popisuje veškeré náklady projektu, jež spočívají zejména ve mzdových nákladech na jednotlivé fáze projektu. Investiční náklady byly pouze ve výši 17500 Kč, patří do nich návrh a výroba měrek, návrh a výroby přípravků pro měření rovinnosti (jak experimentální, tak následné sériové).

Celkové náklady na projekt jsou ve výši 422 500 Kč.

Tabulka 8 Náklady projektu, vlastní zpracování

|  | Počet hodin | Sazba       | Celkové náklady   |
|--|-------------|-------------|-------------------|
| Vedení projektu                          | 40          | 2000 Kč/hod | 80 000 Kč         |
| <b>Fáze Define</b>                       |             |             |                   |
| Cíle, metody                             | 10          | 2000 Kč/hod | 20 000 Kč         |
| <b>Fáze Measure</b>                      |             |             |                   |
| Časové náměry                            | 20          | 750 Kč/hod  | 15 000 Kč         |
| Procesní mapy, diagramy                  | 25          | 2000 Kč/hod | 50 000 Kč         |
| <b>Fáze Analyze</b>                      |             |             |                   |
| Analýza časových náměrů                  | 25          | 2000 Kč/hod | 50 000 Kč         |
| Analýza úzkých míst                      | 10          | 2000 Kč/hod | 20 000 Kč         |
| Analýza PDV*                             | 5           | 2000 Kč/hod | 10 000 Kč         |
| Ostatní analýzy                          | 15          | 2000 Kč/hod | 30 000 Kč         |
| <b>Fáze Improve</b>                      |             |             |                   |
| Implementace opatření                    | 40          | 1500 Kč/hod | 60 000 Kč         |
| Experimenty, měření v oddělení obrábění  | 20          | 1500 Kč/hod | 30 000 Kč         |
| Přípravky, měřky                         | -           | -           | 17 500 Kč         |
| <b>Fáze Control</b>                      |             |             |                   |
| Zavedení kontrolních mechanismů          | 20          | 1500 Kč/hod | 30 000 Kč         |
| <b>Fáze vyhodnocení přínosů</b>          |             |             |                   |
| Vyčíslení a vyhodnocení přínosů projektu | 5           | 2000 Kč/hod | 10 000 Kč         |
| <b>Σ</b>                                 |             |             | <b>422 500 Kč</b> |

### 7.5.5 Přínosy projektu

V této podkapitole jsou popásány jednotlivé přínosy projektu. Celkové snížení PDV\* nelze po vynásobení hodinovou sazbou označit za dosaženou finanční úsporu, proto je nutné zvláštní vyjádření úspory výrobních časů.

Tabulka č. 9 níže ukazuje úspory v čase a nákladech pro 10 vybraných dílců, vždy pro dávku 200 ks. Pro každý dílec jsou uvedeny úspory PDV\*, úspory výrobních časů v minutách (očistěno o výrobní čas TZ, který probíhá jako externí proces), a v posledním sloupci v korunách vyjádřená úspora. Pro výpočet finanční úspory je počítána sazba 750 Kč / hod, kterou společnost uvažuje jako nákladovou sazbu pro proces apretace, bez rozdílu pracoviště vyjma svařovny.



Tabulka 9 Dosažené úspory, výrobní časy, vlastní zpracování

| #  | Dílec   | Dosažená úspora PDV* | Dosažená úspora na výrobních časech | Dosažená úspora ve výrobních nákladech dávky [750 Kč/hod] |
|----|---------|----------------------|-------------------------------------|---|
| 1  | X8-49   | 5085 min             | 735 min                             | 9 187,5 Kč  |
| 2  | X5-55   | 4770 min             | 420 min                             | 5 250,0 Kč  |
| 3  | X20-58  | 17830 min            | 520 min                             | 6 500,0 Kč  |
| 4  | X37-54  | 9390 min             | 720 min                             | 9 000,0 Kč  |
| 5  | X5-55B  | 4770 min             | 420 min                             | 5 250,0 Kč  |
| 6  | X8-52   | 950 min              | 950 min                             | 11 875,0 Kč   |
| 7  | X8-58   | 900 min              | 900 min                             | 11 250,0 Kč   |
| 8  | X20-68  | 1415 min             | 1415 min                            | 17 687,5 Kč   |
| 9  | X20-68B | 1315 min             | 1315 min                            | 16 437,5 Kč   |
| 10 | X37-10  | 700 min              | 700 min                             | 8 750,0 Kč  |

V tabulce č. 10 níže jsou dosažené úspory na TZ, vždy pro výrobní dávku 200 ks. Úspora byla dosažena pouze u 5 položek, u 2 položek nelze TZ provádět 1kolově (dílec je nutné rovnat), a u 3 dílců TZ probíhalo TZ 1kolově již podle původních TGP.

Tabulka 10 Dosažené úspory, tepelné zpracování, vlastní zpracování

| # | Dílec  | Hmotnost | Dosažená úspora na TZ dávky [1,6 Kč/kg] |
|---|--------|----------|---|
| 1 | X8-49  | 1,3 kg   | 425,6 Kč                                |
| 2 | X5-55  | 3,3 kg   | 1 056,0 Kč                              |
| 3 | X20-58 | 3,2 kg   | 1 024,0 Kč                              |
| 4 | X37-54 | 4,1 kg   | 1 312,0 Kč                              |
| 5 | X5-55B | 3,4 kg   | 1 088,0 Kč                              |

Tabulka č. 11 níže shrnuje celkově dosažené úspory. Pro každý dílec (z 10 vybraných) je uvedena úspora výrobních nákladů, úspora na TZ (vždy pro výrobní dávku 200 ks) a počet dávek, který je ročně vyráběn. Celkově dosažené úspory jsou ve výši 1 060 931 Kč.

Tabulka 11 Dosažené úspory celkem, vlastní zpracování

| #  | Dílec   | Dosažená úspora ve výrobních nákladech dávky [750 Kč/hod] | Dosažená úspora na TZ dávky [1,6 Kč/kg] | Počet dávek ročně | Roční úspora |
|----|---------|---|---|-------------------|--------------|
| 1  | X8-49   | 9 187,5 Kč  | 425,6 Kč                                | 10                | 96 131,0 Kč  |
| 2  | X5-55   | 5 250,0 Kč  | 1 056,0 Kč                              | 10                | 63 060,0 Kč  |
| 3  | X20-58  | 6 500,0 Kč  | 1 024,0 Kč                              | 10                | 75 240,0 Kč  |
| 4  | X37-54  | 9 000,0 Kč  | 1 312,0 Kč                              | 10                | 103 120,0 Kč |
| 5  | X5-55B  | 5 250,0 Kč  | 1 088,0 Kč                              | 10                | 63 380,0 Kč  |
| 6  | X8-52   | 11 875,0 Kč   | 0,0 Kč                                  | 10                | 118 750,0 Kč |
| 7  | X8-58   | 11 250,0 Kč   | 0,0 Kč                                  | 10                | 112 500,0 Kč |
| 8  | X20-68  | 17 687,5 Kč   | 0,0 Kč                                  | 10                | 176 875,0 Kč |
| 9  | X20-68B | 16 437,5 Kč   | 0,0 Kč                                  | 10                | 164 375,0 Kč |
| 10 | X37-10  | 8 750,0 Kč  | 0,0 Kč                                  | 10                | 87 500,0 Kč  |

**Σ 1 060 931,0 Kč**

### 7.5.6 Shrnutí nákladů a přínosů projektu

Návratnost vynaložených nákladů je menší než 1 rok, podmínka zadaná managementem tedy byla splněna.

Projekt přinesl požadované snížení PDV\*, jeho návratnost je menší než půl roku a lze ho tedy považovat za úspěšně dokončený.

### 7.5.7 Analýza rizik RIPRAN

Jak uvádí Korecký a Trkovský (2011), pro řízení rizik je rozdíl, jestli jde o projekt interní nebo externí. U projektu interního, což je případ, který zpracovává tato práce, spočívá výhoda, že rozsah projektu i termíny projektu jsou určeny společností, projekt je tak snadnější rozdělit na jednotlivé fáze a termíny a cíle upřesňovat podle výsledků jednotlivých fází. V tomto projektu byl cíl stanoven hned na jeho začátku, nicméně výsledky jednotlivých měření a analýz nebyly při zahájení projektu předvídatelné, a proto docházelo k dílčím upřesněním již v průběhu projektu.

K analýze rizik, která by mohla ohrozit projekt, jeho dokončení a úspěšné dosažení cíle, byla využita metoda RIPRAN, konkrétně soustava 3 x 3, které tvoří přílohu XI této práce.

Mezi hrozby s vysokou hodnotou rizika patří nenalezení dostatečných opatření k zefektivnění procesu, konkrétně pak všechny 3 možné scénáře – nedokončení projektu, chybná opatření na základě chybné interpretace naměřených časů a technicky nemožné provedení zefektivnění.

Další hrozbou s vysokou hodnotou rizika jsou příliš vysoké náklady na zefektivnění procesu, kterou reprezentují 3 scénáře – automatizace výrobních procesů, nenavrácení investice do 1 roku od implementace a nižší přínos zefektivnění, než bude případné prodražení na straně předcházejících, resp. následujících procesů. Řešení v podobě automatizace (části) procesu apretace by zřejmě přineslo zefektivnění v požadované výši (10 %), ale nebyla by splněna podmínka návratnosti investice do 1 roku (což vyplývá z interní analýzy vybrané společnosti, v rámci této práce nebyl tento předpoklad ověřován). Nižší přínos zefektivnění, než představuje případné prodražení na straně předcházejících, resp. následujících procesů, představuje významné riziko. Proces apretace lze výrazně zefektivnit za cenu, že jej nahradí proces třískového obrábění, ovšem je nutné hledat takové řešení, které bude výhodné i finančně (jedna minuta procesu apretace je levnější, než 1 minuta většiny druhů třískového obrábění).

Další hrozbou, která představuje má vysokou hodnotu rizika, je nedodržení časového harmonogramu, což by způsobilo zpoždění dodávek zákazníkovi.

Ke všem rizikům, jež představují střední nebo vysokou hodnotu rizika, byla přijata nápravná opatření, která jsou součástí přílohy XI.

## 8 SHRUTÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI

V práci byla představena společnost specializující se na dodávky obrobených hliníkových odlitků odlévaných do písku. V praktické části bylo identifikováno úzké místo v oddělení apretace na základě provedené analýzy.

Pro zvýšení efektivity procesu apretace bylo vybráno 10 dílců, u kterých společnost čelí nedostatku výrobní kapacity a současně očekává největší nárůst poptávky ze strany zákazníka. Cílem projektu bylo dosažení 10% zvýšení efektivity procesu apretace, s důrazem na průběžnou dobu výroby (v rámci práce označovanou jako PDV\*), do které se nezapočítávají přerušování výroby, na rozdíl od běžné definice.

Pro zpracování projektu byla zvolena metoda DMAIC. Ve fázi Define byl stanoven harmonogram projektu a určen cíl projektu. Dále byly vybrány metody průmyslového inženýrství pro zpracování projektu. Ve fázi Measure byly provedeny časové náměry výroby všech deseti položek a byla spočítána průběžná doba výroby. Procesní toky byly zmapovány pomocí vývojových diagramů a pohyby konkrétní výrobní dávky byly zaznamenány ve formě spaghetti diagramu. Ve fázi Analyze byla analyzována průběžná doba výroby a úzká místa procesu. Byly identifikovány podíly jednotlivých operací na celkové průběžné době výroby (PDV\*). Pomocí metody 5x proč a Ishikawa diagramu byly analyzovány oblasti s potenciálem zlepšení.

Ve fázi Improve byly na základě analýzy dat představeny dvě oblasti, ve kterých byla navržena konkrétní opatření pro zlepšení procesu apretace. Tyto návrhy byly ověřeny experimenty a měřeními, a na vzorku deseti položek bylo dosaženo snížení PDV\* o 35,6 %, což splnilo (a překonalo) požadované snížení PDV\* o minimálně 10 %. Ve fázi Control byla představena opatření a nástroje, jako například aktualizace PGM, návodek a implementace odvádění výrobních operací do ERP, jejichž cílem je udržet výrobní časy a postupy na takové úrovni, jak byly nastaveny a znormovány v rámci fáze Improve s cílem dosažení dlouhodobé udržitelnosti vylepšeného procesu apretace.

Ze shrnutí nákladů a přínosů projektu je patrná očekávána návratnost vynaložených nákladů dříve než za půl roku. Přínosy nespočívají jen ve formě splněného cíle zkrácení PDV\*, ale také úspor ve výši přesahující 1 mil Kč ročně.

V rámci analýzy rizik bylo poukázáno na jednotlivá rizika (podle jejich dopadu na úspěšné dokončení projektu) s vyjmenováním konkrétních opatření, která mají za úkol snížit dopad jednotlivých rizik.

Autor práce dále doporučuje, aby se společnost kromě zefektivnění procesu apretace u dalších dílců věnovala zejména plnému zprovoznění APS i v oddělení apretace, protože lze očekávat výrazné zkrácení průběžné doby výroby vč. časů čekání. S pomocí APS lze očekávat zefektivnění celého procesu, resp. zkrácení časů čekání mezi jednotlivými operacemi tak, aby na sebe lépe navazovaly a dílce byly plynuleji dodávány internímu zákazníkovi – obrobně.

## ZÁVĚR

Projekt byl úspěšně realizován metodou DMAIC, která umožnila strukturované řízení a provedení projektu. Cílem projektu bylo zefektivnění procesu apretace a zkrácení průběžné doby výroby minimálně o 10 % za předpokládaného dodržení podmínky návratnosti nákladů nejpozději do 1 roku od implementace jednotlivých opatření. Dosažené snížení PDV\* o 35,6 % přesáhlo zadaný cíl.

V rámci projektu byly využity metody a techniky uvedené v teoretické části práce, což umožnilo měření, sběr a analýzu dat a následnou úspěšnou implementaci opatření. Tyto kroky vedly ke zkrácení průběžné doby výroby nad rámec stanoveného cíle. Konkrétně bylo dosaženo zefektivnění procesu apretace prostřednictvím odstranění plýtvání, aktualizace technologických postupů a návrhů.

Řešení rizik zjištěných v rámci analýzy rizik a nastavení kontrolních mechanismů umožnilo nastavit postupy nejen pro okamžité, ale zejména dlouhodobé dodržování technologických postupů a dosahování stanovených časových norem.

Projekt vedl k požadovanému zkrácení průběžné doby výroby, redukcí výrobních časů a úspoře přesahující 1 mil Kč ročně (při vynaložení jednorázových nákladů ve výši přes 400 tis Kč) ve formě uspořených výrobních časů a snížených nákladů na tepelné zpracování.

Výsledkem projektu je, že vybraná společnost může nyní vyrábět vybrané dílce rychleji a dodávat je svému největšímu zákazníkovi v kratších dodacích termínech. Celkově lze tedy projekt hodnotit jako úspěšný, nejen z hlediska dosažených cílů, ale i z hlediska hospodářského přínosu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

ALEXANDRE DE ALBUQUERQUE MARQUES, Pedro a Robert MATTHÉ, 2017. Six Sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal. *International Journal of Quality & Reliability Management* [online]. 34(2), 307-330 [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: doi:10.1108/IJQRM-05-2015-0086

ANTONY, Jiju a Sandeep GUPTA, 2019. Top ten reasons for process improvement project failures. *International Journal of Lean Six Sigma* [online]. 10(1), 367-374 [cit. 2023-03-19]. Dostupné z: doi:http://dx.doi.org/10.1108/IJLSS-11-2017-0130

CIENCIALA, Jiří, 2011. *Procesně řízená organizace: tvorba, rozvoj a měřitelnost procesů*. [Praha]: Professional Publishing, 204 s. ISBN 9788074310447.

DOLEŽAL, Jan a kol., 2023. *Projektový management: Komplexně, prakticky a podle světových standardů. 2*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-3619-3.

GHOSH, Sushovan a J. MAITI, 2014. Data mining driven DMAIC framework for improving foundry quality – a case study. *Production Planning & Control*. 25(6), 478-493. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1080/09537287.2012.709642

GOLDRATT, Eliyahu Moshe, 2004. *The goal: A Process of Ongoing Improvement*. 3rd edition. Great Barrington, MA: North River Press. ISBN 0-88427-178-1.

HARMON, Paul, 2014. *Business process change: a business process management guide for managers and process professionals*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier/Morgan Kaufmann, xxxvi, 488 s. ISBN 9780128003879.

JACOBS, F. Robert, William L. BERRY, D. Clay WHYBARK a Thomas E. VOLLMANN, 2018. *Manufacturing planning and control for supply chain management: the CPIM reference*. Second edition. New York: McGraw-Hill Education, xxi, 617 s. ISBN 9781260108385.

JESTON, John, 2018. *Business process management: practical guidelines to successful implementations*. Fourth edition. London: Routledge, Taylor & Francis Group, xxxvi, 653 s. ISBN 9781138738409.

JUROVÁ, Marie et al., 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání* [online]. Praha: Grada Publishing [cit. 2023-02-20]. ISBN 978-80-271-9331-8. Dostupné z: https://www.bookport.cz/e-kniha/vyrobni-a-logisticke-procesy-v-podnikani-1179469/

KORECKÝ, Michal a Václav TRKOVSKÝ, 2011. Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3221-3.

KUMAR, Akhil, 2018. Business process management. New York: Routledge, Taylor & Francis Group, xxi, 270 s. ISBN 9781138181854.

KUMAR, Pramod, Dharmendra SINGH a Jaiprakash BHAMU, 2021. Development and validation of DMAIC based framework for process improvement: A case study of Indian manufacturing organization. International Journal of Quality & Reliability Management [online]. 2021, 38(9), 1964-1991 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2020-0332>

LINDBERG, Carl-Fredrik, SieTing TAN, JinYue YAN a Fredrik STARFELT, 2015. Key performance indicators improve industrial performance. Energy Procedia 75 [online]. (75), 1785-1790 [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: doi:[10.1016/j.egypro.2015.07.474](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.474)

MARTINOVIČOVÁ, Dana, Miloš KONEČNÝ a Jan VAVŘINA, 2019. Úvod do podnikové ekonomiky [online]. 2. Praha: Grada Publishing [cit. 2023-03-17]. ISBN 978-80-271-0293-8. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/uvod-do-podnikove-ekonomiky-1182475/#>

MORAN, Sean, 2017. Process plant layout. Second edition. Cambridge, MA, United States: Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier. ISBN 978-0-12-803355-5.

NANDAKUMAR, Nikhil, P. G. SALEESHYA a Priya HARIKUMAR, 2018. Bottleneck Identification And Process Improvement By Lean Six Sigma DMAIC Methodology [online]. IConAMMA, 7 [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.436>

PANNEERSELVAM, Ramasamy. 2018, Production and operations management. Third edition. Delhi: PHI Learning Private Limited, xix, 700 s. Eastern economy edition. ISBN 978-81-203-4555-3.

PARMENTER, David, 2020. Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs. Fourth edition. Hoboken, N. J.: John Wiley, xlix, 330 s. ISBN 978-1-119-62077-8.

PATERMANN, Jiří, 2022. Lean dílenské řízení: Je čas změnit vaši dílnu: začněme teď!. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-3534-9.



PETŘÍK, Tomáš, 2009. Ekonomické a finanční řízení firmy: Manažerské účetnictví v praxi. 2. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-3024-0.

RIPRAN - Metoda pro analýzu projektových rizik [online]. Lysice, Česká republika [cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://ripran.cz>

ROBOTKO, Sergey, Ivan KUZMIN a Sergey RUDYK, 2015. Definition of the Period of Control for the Condition of Technical Means of Infocommunication Systems in MRP II Manufacturing Execution Systems. In: 2015 Second International Scientific-Practical Conference: Problems of Infocommunications. Science and Technology. Kharkiv, Ukraine: IEEE, 2(2.), s. 12-14. ISBN 978-9-6697-5192-8. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2015.7357255](https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2015.7357255)

ŘEPA, Václav a ČESKÁ SPOLEČNOST PRO SYSTÉMOVOU INTEGRACI, 2012. Procesně řízená organizace. Praha: Grada Publishing. ISBN 9788024741284.

SHANKAR, Rama, 2009. Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide. Milwaukee, Wisconsin: Quality Press. ISBN 9780973897525.

SMĘTKOWSKA, Monika a Beata MRUGALSKA, 2018. Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study. Procedia - Social and Behavioral Sciences [online]. (238), 590-596 [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: [doi:10.1016/j.sbspro.2018.04.039](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039)

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. Zlepšování podnikových procesů [online]. Praha: Grada Publishing [cit. 2023-03-20]. ISBN 978-80-247-7297-4. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/zlepsovani-podnikovych-procesu-1179398/>

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. Integrované řízení výroby: Od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci [online]. Praha: Grada Publishing [cit. 2023-02-22]. ISBN 978-80-247-9107-4. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/integrované-řízení-vyroby-1236251/#>

VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA a kol., 2013. Podnikové řízení. Praha: Grada Publishing. Finanční řízení. ISBN 978-80-247-4642-5.

YOO, Min-Jung a Rémy GLARDON, 2018. Manufacturing operations management. New Jersey: World Scientific, xxv, 259 s. ISBN 9781786345332.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ, POJMŮ A ZKRATEK**

|         |  |
|---------|--|
| #       | Číslo  |
| APS     | Advanced Planning and Scheduling   |
| Cídírna | Oddělení apretace  |
| ERP     | Enterprise Resource Planning   |
| KPI     | Key Performance Indicator  |
| NOK     | Neshodný dílec   |
| Nota    | Přebytečný materiál odlitku, který vznikne při nedokonalém dovření pískové formy |
| OK      | Shodný dílec   |
| PDV*    | Průběžná doba výroby bez započtení časů přerušení                                |
| P-st    | Pravděpodobnost  |
| RIPRAN  | Risk Project Analysis, metoda pro analýzu rizik projektů                         |
| T4      | Rozpouštěcí žíhání + přirozené stárnutí  |
| T6      | Rozpouštěcí žíhání + umělé stárnutí  |
| Ta      | Čas kusový   |
| Tb      | Čas přípravný (bez ohledu na velikost dávky)                                     |
| Tc      | Čas směnový (např. úklid pracoviště, domluva s mistrem)                          |
| TGP     | Technologický postup   |
| TZ      | Tepelné zpracování   |

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1 Základní etapy implementace procesního řízení v organizaci .....          | 16 |
| Obrázek 2 Proces transformace .....   | 20 |
| Obrázek 3 Výroba .....  | 21 |
| Obrázek 4 Propojení firemních oblastí za účelem co nejlepšího fungování MPC.. ..... | 44 |
| Obrázek 5 Surový odlitek X5-55 .....  | 51 |
| Obrázek 6 Layout oddělení apretace .....  | 52 |
| Obrázek 7 Pila okružní stolní, pila rozbrušovací ruční.....                         | 56 |
| Obrázek 8 Pila pásová.....  | 56 |
| Obrázek 9 zleva doprava tryskáč komora a tryskač závěsný .....                      | 58 |
| Obrázek 10 Brusky pásové strojní .....  | 59 |
| Obrázek 11 Pracoviště dokončovacího broušení .....                                  | 60 |
| Obrázek 12 Procesní mapa procesu apretace.....                                      | 64 |
| Obrázek 13 Harmonogram projektu .....   | 66 |
| Obrázek 14 Spaghetti diagram, skutečný proces .....                                 | 71 |
| Obrázek 15 Procesní mapa konkrétní výrobní dávky .....                              | 73 |
| Obrázek 16 Ishikawa diagram .....   | 77 |
| Obrázek 17 Je nutné danou plochu brousit? .....                                     | 80 |
| Obrázek 18 Dílec X8-49 .....  | 81 |
| Obrázek 19 Měrky pro kontrolu deformace rovinnosti .....                            | 84 |
| Obrázek 20 Přehled technologií v oddělení apretace v ERP .....                      | 86 |
| Obrázek 21 Kalendáře v ERP .....  | 86 |
| Obrázek 22 Obrazovka pro výkazy operací.....  | 86 |
| Obrázek 23 Snímek obrazovky přehledu výkazů .....                                   | 87 |
| Obrázek 24 Snímek obrazovky pro vykazování časů konkrétní operace .....             | 87 |

**SEZNAM TABULEK**

|   |    |
|---|----|
| Tabulka 1 Základní ukazatele v roce 2022 .....                        | 46 |
| Tabulka 2 Seznam strojů a prostor v oddělení apretace .....           | 53 |
| Tabulka 3, Průběžná doba výroby (procesu apretace), dílec X8-49 ..... | 69 |
| Tabulka 4 Metoda 5x proč – nadměrné broušení .....                    | 78 |
| Tabulka 5 Metoda 5x proč – rovinnost .....                            | 79 |
| Tabulka 6 Měření rovinnosti mezi T4 a T6, .....                       | 82 |
| Tabulka 7 procentuální snížení PDV* .....                             | 85 |
| Tabulka 8 Náklady projektu .....                                      | 88 |
| Tabulka 9 Dosažené úspory, výrobní časy .....                         | 89 |
| Tabulka 10 Dosažené úspory, tepelné zpracování .....                  | 89 |
| Tabulka 11 Dosažené úspory celkem .....                               | 90 |

**SEZNAM GRAFŮ**

|  |    |
|--|----|
| Graf 1 Úzké místo dle oddělení, % výskytu zdržení .....                              | 62 |
| Graf 2 Úzké místo dle pracoviště, % výskytu zdržení, vybraný vzorek 10 položek ..... | 74 |
| Graf 3 Analýza podílu doby trvání jednotlivých operací na PDV* .....                 | 75 |
| Graf 4 Porovnání časových norem v technologickém postupu a měřených.....             | 76 |
| Graf 5 Rovinnost odlitků po T4.....  | 83 |

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Tabulka s hodnotami rovinnosti pro jednotlivé dílce

Příloha P II: Tabulka časových náměrů před a po implementaci opatření pro dílec X8-49

Příloha P III: Tabulka časových náměrů před a po implementaci opatření pro dílec X5-55

Příloha P IV: Tabulka časových náměrů před a po implementaci opatření pro dílec X20-58

Příloha P V: Tabulka časových náměrů před a po implementaci opatření pro dílec X37-54

Příloha P VI: Tabulka časových náměrů před a po implementaci opatření pro dílec X5-55B

Příloha P VII: Tabulka časových náměrů před a po implementaci opatření pro dílec X8-52

Příloha P VIII: Tabulka časových náměrů před a po implementaci opatření pro dílec X8-58

Příloha P IX: Tabulka časových náměrů před a po implementaci opatření pro dílec X20-68

Příloha P X: Tabulka časových náměrů před a po implementaci opatření pro dílec X20-68B

Příloha P XI: Tabulka časových náměrů před a po implementaci opatření pro dílec X37-10

Příloha P XII: Analýza rizik RIPRAN

Všechny přílohy byly zpracovány autorem této práce.

## PŘÍLOHA P I: TABULKA S HODNOTAMI ROVINNOSTI PRO JEDNOTLIVÉ DÍLCE

| #  | X8-49  | X5-55  | X20-58 | X37-54 | X5-55B | X8-52  | X8-58  |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | 1,5 mm | 2,7 mm | 2,6 mm | 1,0 mm | 1,5 mm | 3,4 mm | 3,1 mm |
| 2  | 1,4 mm | 2,2 mm | 1,3 mm | 2,6 mm | 1,5 mm | 4,5 mm | 2,9 mm |
| 3  | 2,3 mm | 1,3 mm | 2,7 mm | 1,1 mm | 2,9 mm | 2,7 mm | 3,7 mm |
| 4  | 1,6 mm | 2,8 mm | 2,2 mm | 1,4 mm | 1,9 mm | 2,9 mm | 4,3 mm |
| 5  | 2,4 mm | 1,6 mm | 2,0 mm | 1,4 mm | 3,2 mm | 2,9 mm | 3,4 mm |
| 6  | 1,0 mm | 2,8 mm | 2,4 mm | 2,3 mm | 1,5 mm | 1,5 mm | 4,3 mm |
| 7  | 2,7 mm | 0,8 mm | 1,3 mm | 1,9 mm | 1,6 mm | 1,8 mm | 1,9 mm |
| 8  | 1,1 mm | 1,6 mm | 0,9 mm | 2,0 mm | 1,5 mm | 4,6 mm | 1,8 mm |
| 9  | 2,4 mm | 1,7 mm | 1,0 mm | 2,9 mm | 2,3 mm | 4,1 mm | 4,1 mm |
| 10 | 2,2 mm | 1,0 mm | 1,3 mm | 2,4 mm | 1,2 mm | 3,3 mm | 4,5 mm |
| 11 | 2,3 mm | 1,6 mm | 2,2 mm | 1,4 mm | 2,5 mm | 3,8 mm | 3,1 mm |
| 12 | 2,6 mm | 0,9 mm | 2,1 mm | 1,0 mm | 1,8 mm | 4,7 mm | 2,4 mm |
| 13 | 1,2 mm | 1,8 mm | 2,5 mm | 1,7 mm | 1,0 mm | 2,1 mm | 2,6 mm |
| 14 | 2,4 mm | 2,5 mm | 1,5 mm | 2,0 mm | 2,4 mm | 3,3 mm | 4,3 mm |
| 15 | 2,1 mm | 2,3 mm | 1,0 mm | 1,6 mm | 2,7 mm | 3,0 mm | 1,6 mm |
| 16 | 2,5 mm | 2,9 mm | 1,8 mm | 1,0 mm | 2,0 mm | 3,0 mm | 3,8 mm |
| 17 | 2,8 mm | 2,3 mm | 2,8 mm | 1,3 mm | 2,9 mm | 4,5 mm | 3,9 mm |
| 18 | 3,0 mm | 1,6 mm | 1,3 mm | 2,1 mm | 0,9 mm | 4,5 mm | 2,9 mm |
| 19 | 1,7 mm | 2,0 mm | 1,1 mm | 1,4 mm | 2,7 mm | 2,8 mm | 3,3 mm |
| 20 | 1,2 mm | 1,8 mm | 2,5 mm | 1,8 mm | 1,7 mm | 2,2 mm | 1,8 mm |
| 21 | 2,7 mm | 2,4 mm | 0,7 mm | 2,8 mm | 1,4 mm | 2,3 mm | 4,0 mm |
| 22 | 1,2 mm | 2,0 mm | 1,0 mm | 2,9 mm | 1,2 mm | 4,4 mm | 3,3 mm |
| 23 | 1,0 mm | 2,4 mm | 0,7 mm | 1,7 mm | 1,1 mm | 4,6 mm | 2,9 mm |
| 24 | 1,9 mm | 0,9 mm | 1,2 mm | 2,0 mm | 1,9 mm | 2,8 mm | 3,8 mm |
| 25 | 1,7 mm | 2,9 mm | 1,7 mm | 1,8 mm | 2,0 mm | 3,0 mm | 1,9 mm |
| 26 | 1,5 mm | 1,4 mm | 2,5 mm | 1,4 mm | 1,3 mm | 3,8 mm | 4,0 mm |
| 27 | 1,8 mm | 2,6 mm | 1,0 mm | 1,4 mm | 1,5 mm | 1,7 mm | 2,3 mm |
| 28 | 2,8 mm | 1,7 mm | 1,6 mm | 2,0 mm | 2,0 mm | 3,9 mm | 2,8 mm |
| 29 | 1,0 mm | 1,9 mm | 1,5 mm | 0,9 mm | 1,6 mm | 3,5 mm | 3,9 mm |
| 30 | 2,0 mm | 2,1 mm | 2,8 mm | 1,7 mm | 2,5 mm | 1,5 mm | 2,0 mm |
| 31 | 2,3 mm | 1,2 mm | 2,9 mm | 1,9 mm | 2,3 mm | 3,2 mm | 3,5 mm |
| 32 | 1,6 mm | 1,1 mm | 2,3 mm | 1,6 mm | 1,2 mm | 3,5 mm | 1,9 mm |
| 33 | 1,6 mm | 1,9 mm | 1,6 mm | 2,0 mm | 2,4 mm | 2,9 mm | 3,6 mm |
| 34 | 2,6 mm | 1,7 mm | 1,4 mm | 2,4 mm | 1,7 mm | 3,1 mm | 1,9 mm |
| 35 | 3,0 mm | 1,1 mm | 1,9 mm | 2,9 mm | 2,4 mm | 1,6 mm | 1,6 mm |
| 36 | 1,8 mm | 2,6 mm | 2,6 mm | 2,1 mm | 1,0 mm | 4,6 mm | 3,9 mm |
| 37 | 1,4 mm | 3,0 mm | 2,7 mm | 2,5 mm | 1,0 mm | 1,4 mm | 3,2 mm |
| 38 | 1,1 mm | 0,8 mm | 0,7 mm | 2,3 mm | 1,9 mm | 2,4 mm | 3,3 mm |
| 39 | 1,0 mm | 1,7 mm | 2,3 mm | 0,9 mm | 1,9 mm | 3,5 mm | 1,9 mm |
| 40 | 1,2 mm | 3,1 mm | 0,8 mm | 2,9 mm | 2,8 mm | 3,5 mm | 1,8 mm |

|    |        |        |        |        |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 41 | 2,8 mm | 1,3 mm | 1,2 mm | 2,6 mm | 1,3 mm | 1,9 mm | 3,6 mm |
| 42 | 1,9 mm | 2,2 mm | 1,8 mm | 1,0 mm | 3,0 mm | 2,1 mm | 4,2 mm |
| 43 | 2,0 mm | 2,6 mm | 2,5 mm | 1,0 mm | 3,0 mm | 3,5 mm | 4,3 mm |
| 44 | 1,3 mm | 1,3 mm | 2,2 mm | 2,7 mm | 2,9 mm | 2,3 mm | 3,5 mm |
| 45 | 2,7 mm | 1,3 mm | 1,6 mm | 2,6 mm | 3,0 mm | 3,7 mm | 4,1 mm |
| 46 | 0,9 mm | 1,8 mm | 2,6 mm | 2,0 mm | 2,9 mm | 4,1 mm | 3,0 mm |
| 47 | 2,0 mm | 1,5 mm | 1,3 mm | 1,9 mm | 3,0 mm | 1,9 mm | 2,6 mm |
| 48 | 1,9 mm | 2,6 mm | 2,1 mm | 2,0 mm | 2,9 mm | 1,9 mm | 3,4 mm |
| 49 | 1,2 mm | 1,5 mm | 2,3 mm | 1,8 mm | 1,0 mm | 2,5 mm | 2,6 mm |
| 50 | 2,1 mm | 1,4 mm | 2,0 mm | 2,6 mm | 1,6 mm | 3,8 mm | 1,5 mm |
| 51 | 2,0 mm | 1,0 mm | 1,4 mm | 1,4 mm | 1,5 mm | 3,9 mm | 4,0 mm |
| 52 | 2,6 mm | 1,6 mm | 1,1 mm | 2,0 mm | 2,7 mm | 2,9 mm | 3,9 mm |
| 53 | 2,9 mm | 2,7 mm | 2,9 mm | 2,6 mm | 1,8 mm | 3,1 mm | 4,3 mm |
| 54 | 2,4 mm | 2,5 mm | 0,7 mm | 2,1 mm | 2,9 mm | 4,1 mm | 4,5 mm |
| 55 | 1,6 mm | 2,6 mm | 2,8 mm | 1,4 mm | 1,8 mm | 2,5 mm | 2,6 mm |
| 56 | 2,2 mm | 2,9 mm | 1,8 mm | 1,6 mm | 2,8 mm | 2,7 mm | 3,1 mm |
| 57 | 2,6 mm | 3,1 mm | 0,8 mm | 1,3 mm | 1,8 mm | 2,9 mm | 4,2 mm |
| 58 | 0,9 mm | 1,9 mm | 1,3 mm | 2,0 mm | 2,2 mm | 4,1 mm | 3,8 mm |
| 59 | 2,7 mm | 2,3 mm | 2,3 mm | 1,1 mm | 2,7 mm | 3,4 mm | 4,4 mm |
| 60 | 2,1 mm | 1,0 mm | 0,9 mm | 3,0 mm | 1,9 mm | 4,5 mm | 3,0 mm |
| 61 | 2,9 mm | 2,3 mm | 1,5 mm | 2,5 mm | 1,6 mm | 4,4 mm | 2,3 mm |
| 62 | 2,0 mm | 2,2 mm | 0,8 mm | 1,8 mm | 2,2 mm | 4,3 mm | 2,4 mm |
| 63 | 2,5 mm | 2,7 mm | 2,2 mm | 2,2 mm | 1,6 mm | 3,3 mm | 4,1 mm |
| 64 | 1,6 mm | 2,7 mm | 2,9 mm | 2,4 mm | 1,1 mm | 2,1 mm | 1,9 mm |
| 65 | 1,2 mm | 2,7 mm | 2,8 mm | 1,0 mm | 1,1 mm | 4,3 mm | 1,8 mm |
| 66 | 3,0 mm | 2,7 mm | 0,7 mm | 1,6 mm | 0,9 mm | 3,9 mm | 3,8 mm |
| 67 | 1,5 mm | 2,5 mm | 2,9 mm | 1,9 mm | 2,1 mm | 1,9 mm | 2,7 mm |
| 68 | 2,4 mm | 1,4 mm | 1,6 mm | 1,6 mm | 1,4 mm | 3,1 mm | 4,0 mm |
| 69 | 2,5 mm | 1,0 mm | 2,6 mm | 1,6 mm | 0,9 mm | 1,7 mm | 3,7 mm |
| 70 | 2,5 mm | 2,2 mm | 2,7 mm | 2,4 mm | 1,1 mm | 2,2 mm | 4,5 mm |
| 71 | 2,9 mm | 3,1 mm | 2,0 mm | 2,1 mm | 3,0 mm | 1,7 mm | 3,9 mm |
| 72 | 2,2 mm | 2,1 mm | 1,1 mm | 2,5 mm | 2,1 mm | 2,7 mm | 1,6 mm |
| 73 | 1,7 mm | 1,7 mm | 0,8 mm | 2,5 mm | 2,6 mm | 1,9 mm | 2,8 mm |
| 74 | 1,8 mm | 1,3 mm | 1,3 mm | 1,4 mm | 1,0 mm | 4,0 mm | 2,4 mm |
| 75 | 2,4 mm | 3,1 mm | 1,4 mm | 1,2 mm | 1,7 mm | 3,1 mm | 4,5 mm |
| 76 | 2,4 mm | 2,5 mm | 1,1 mm | 3,0 mm | 2,8 mm | 4,7 mm | 4,5 mm |
| 77 | 2,1 mm | 2,6 mm | 2,0 mm | 2,3 mm | 2,8 mm | 1,7 mm | 1,7 mm |
| 78 | 2,9 mm | 3,0 mm | 1,6 mm | 2,9 mm | 1,8 mm | 1,8 mm | 3,2 mm |
| 79 | 2,7 mm | 1,7 mm | 2,9 mm | 1,2 mm | 1,2 mm | 1,4 mm | 3,5 mm |
| 80 | 1,8 mm | 3,1 mm | 1,8 mm | 1,6 mm | 1,1 mm | 3,0 mm | 3,4 mm |
| 81 | 2,8 mm | 1,8 mm | 2,5 mm | 2,4 mm | 0,9 mm | 3,7 mm | 3,5 mm |
| 82 | 2,5 mm | 2,5 mm | 1,1 mm | 2,4 mm | 1,6 mm | 3,8 mm | 1,7 mm |
| 83 | 2,2 mm | 0,8 mm | 1,7 mm | 1,3 mm | 1,1 mm | 2,6 mm | 1,9 mm |
| 84 | 1,4 mm | 2,9 mm | 1,7 mm | 1,2 mm | 1,2 mm | 3,8 mm | 3,3 mm |
| 85 | 2,6 mm | 2,8 mm | 1,8 mm | 2,0 mm | 2,1 mm | 2,4 mm | 2,3 mm |



|     |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 86  | 2,3 mm | 1,1 mm | 0,9 mm | 2,9 mm | 1,9 mm | 2,3 mm | 2,9 mm |
| 87  | 1,5 mm | 1,4 mm | 0,7 mm | 1,8 mm | 1,4 mm | 3,8 mm | 4,3 mm |
| 88  | 0,9 mm | 1,3 mm | 1,3 mm | 1,7 mm | 1,8 mm | 4,6 mm | 4,1 mm |
| 89  | 2,5 mm | 2,7 mm | 2,7 mm | 2,0 mm | 1,8 mm | 2,2 mm | 2,0 mm |
| 90  | 3,0 mm | 1,4 mm | 1,6 mm | 2,8 mm | 0,9 mm | 2,9 mm | 4,1 mm |
| 91  | 2,6 mm | 1,6 mm | 1,6 mm | 1,6 mm | 1,8 mm | 2,5 mm | 3,3 mm |
| 92  | 1,4 mm | 1,9 mm | 2,9 mm | 1,3 mm | 1,9 mm | 1,9 mm | 4,4 mm |
| 93  | 1,7 mm | 2,0 mm | 0,7 mm | 2,8 mm | 1,2 mm | 2,5 mm | 3,9 mm |
| 94  | 2,9 mm | 3,1 mm | 2,0 mm | 1,9 mm | 1,3 mm | 2,4 mm | 2,7 mm |
| 95  | 1,5 mm | 3,0 mm | 2,4 mm | 2,3 mm | 2,3 mm | 1,8 mm | 4,1 mm |
| 96  | 1,0 mm | 0,9 mm | 0,9 mm | 2,5 mm | 2,3 mm | 2,7 mm | 3,2 mm |
| 97  | 2,0 mm | 2,7 mm | 1,4 mm | 1,0 mm | 2,3 mm | 1,9 mm | 3,1 mm |
| 98  | 2,5 mm | 2,6 mm | 2,7 mm | 1,8 mm | 1,1 mm | 3,7 mm | 1,5 mm |
| 99  | 1,5 mm | 0,8 mm | 1,9 mm | 2,2 mm | 2,1 mm | 1,4 mm | 3,5 mm |
| 100 | 2,8 mm | 1,9 mm | 1,2 mm | 2,4 mm | 1,2 mm | 2,9 mm | 3,8 mm |
| 101 | 1,1 mm | 1,0 mm | 1,4 mm | 1,3 mm | 1,2 mm | 3,8 mm | 4,4 mm |
| 102 | 2,2 mm | 1,5 mm | 2,0 mm | 2,5 mm | 1,8 mm | 1,7 mm | 3,7 mm |
| 103 | 2,9 mm | 2,3 mm | 1,8 mm | 2,2 mm | 1,2 mm | 1,8 mm | 2,0 mm |
| 104 | 1,6 mm | 3,0 mm | 2,9 mm | 2,4 mm | 3,0 mm | 4,1 mm | 3,7 mm |
| 105 | 3,0 mm | 2,8 mm | 0,9 mm | 1,1 mm | 1,4 mm | 1,5 mm | 1,9 mm |
| 106 | 1,4 mm | 1,0 mm | 1,4 mm | 2,8 mm | 2,9 mm | 2,1 mm | 2,1 mm |
| 107 | 2,8 mm | 1,4 mm | 2,5 mm | 1,5 mm | 1,3 mm | 4,0 mm | 1,9 mm |
| 108 | 1,0 mm | 1,0 mm | 1,5 mm | 2,0 mm | 0,9 mm | 1,6 mm | 4,1 mm |
| 109 | 2,1 mm | 1,5 mm | 2,6 mm | 2,8 mm | 2,5 mm | 3,1 mm | 4,4 mm |
| 110 | 1,5 mm | 1,9 mm | 1,3 mm | 2,6 mm | 0,9 mm | 3,0 mm | 2,1 mm |
| 111 | 1,8 mm | 2,8 mm | 2,3 mm | 3,0 mm | 2,9 mm | 4,7 mm | 3,1 mm |
| 112 | 1,7 mm | 0,9 mm | 2,8 mm | 1,5 mm | 1,0 mm | 4,6 mm | 4,0 mm |
| 113 | 1,7 mm | 3,1 mm | 2,8 mm | 2,0 mm | 1,3 mm | 1,5 mm | 1,5 mm |
| 114 | 1,3 mm | 0,9 mm | 1,3 mm | 1,6 mm | 2,6 mm | 3,7 mm | 4,0 mm |
| 115 | 1,3 mm | 2,1 mm | 0,9 mm | 1,4 mm | 2,1 mm | 3,4 mm | 2,1 mm |
| 116 | 1,3 mm | 2,1 mm | 1,9 mm | 3,0 mm | 1,4 mm | 4,6 mm | 2,1 mm |
| 117 | 2,0 mm | 2,8 mm | 2,3 mm | 1,8 mm | 2,4 mm | 3,8 mm | 3,2 mm |
| 118 | 1,9 mm | 2,2 mm | 1,8 mm | 2,2 mm | 1,0 mm | 3,7 mm | 3,7 mm |
| 119 | 3,0 mm | 2,2 mm | 2,0 mm | 1,4 mm | 1,6 mm | 4,5 mm | 1,9 mm |
| 120 | 1,0 mm | 1,5 mm | 0,8 mm | 1,0 mm | 1,6 mm | 4,2 mm | 2,1 mm |
| 121 | 0,9 mm | 1,3 mm | 2,6 mm | 0,9 mm | 2,8 mm | 2,0 mm | 2,1 mm |
| 122 | 1,7 mm | 2,7 mm | 1,2 mm | 2,7 mm | 1,0 mm | 2,2 mm | 2,7 mm |
| 123 | 1,0 mm | 2,2 mm | 1,1 mm | 0,9 mm | 1,8 mm | 3,4 mm | 2,8 mm |
| 124 | 2,0 mm | 1,5 mm | 2,0 mm | 2,2 mm | 1,1 mm | 3,2 mm | 4,0 mm |
| 125 | 2,2 mm | 1,2 mm | 1,4 mm | 2,3 mm | 1,1 mm | 2,2 mm | 4,3 mm |
| 126 | 3,0 mm | 1,1 mm | 1,3 mm | 2,1 mm | 1,9 mm | 1,4 mm | 4,1 mm |
| 127 | 2,3 mm | 2,7 mm | 2,9 mm | 3,0 mm | 1,1 mm | 2,3 mm | 3,5 mm |
| 128 | 2,0 mm | 2,6 mm | 1,9 mm | 1,3 mm | 2,2 mm | 3,6 mm | 2,3 mm |
| 129 | 1,1 mm | 2,6 mm | 1,8 mm | 1,6 mm | 2,9 mm | 2,7 mm | 3,4 mm |
| 130 | 1,8 mm | 0,8 mm | 2,3 mm | 1,7 mm | 2,6 mm | 2,2 mm | 2,7 mm |

|     |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 131 | 1,1 mm | 2,0 mm | 2,3 mm | 2,4 mm | 1,6 mm | 2,1 mm | 3,1 mm |
| 132 | 2,1 mm | 2,6 mm | 1,3 mm | 1,4 mm | 1,1 mm | 4,3 mm | 4,5 mm |
| 133 | 2,4 mm | 2,0 mm | 0,9 mm | 1,3 mm | 0,9 mm | 4,7 mm | 3,3 mm |
| 134 | 1,2 mm | 2,3 mm | 0,7 mm | 1,8 mm | 2,6 mm | 2,1 mm | 2,2 mm |
| 135 | 2,9 mm | 2,5 mm | 2,5 mm | 2,3 mm | 2,4 mm | 1,8 mm | 4,4 mm |
| 136 | 0,9 mm | 1,2 mm | 1,7 mm | 2,5 mm | 1,9 mm | 2,2 mm | 3,3 mm |
| 137 | 1,4 mm | 2,8 mm | 1,6 mm | 1,0 mm | 0,9 mm | 2,1 mm | 4,5 mm |
| 138 | 0,9 mm | 2,0 mm | 1,7 mm | 2,1 mm | 2,8 mm | 3,8 mm | 4,3 mm |
| 139 | 2,3 mm | 1,5 mm | 0,8 mm | 1,0 mm | 2,7 mm | 2,4 mm | 4,2 mm |
| 140 | 1,4 mm | 2,2 mm | 2,4 mm | 2,7 mm | 1,9 mm | 3,1 mm | 1,5 mm |
| 141 | 2,9 mm | 1,5 mm | 2,9 mm | 2,9 mm | 2,9 mm | 3,0 mm | 3,6 mm |
| 142 | 1,8 mm | 1,2 mm | 1,3 mm | 3,0 mm | 2,8 mm | 4,3 mm | 4,0 mm |
| 143 | 1,1 mm | 1,1 mm | 1,4 mm | 3,0 mm | 2,9 mm | 3,0 mm | 3,4 mm |
| 144 | 1,5 mm | 2,4 mm | 1,6 mm | 2,1 mm | 2,2 mm | 4,1 mm | 3,1 mm |
| 145 | 2,5 mm | 2,0 mm | 2,6 mm | 1,7 mm | 1,9 mm | 2,9 mm | 2,8 mm |
| 146 | 1,2 mm | 0,9 mm | 2,1 mm | 3,0 mm | 1,0 mm | 1,9 mm | 3,4 mm |
| 147 | 2,6 mm | 0,9 mm | 2,6 mm | 2,5 mm | 2,4 mm | 4,1 mm | 1,8 mm |
| 148 | 3,0 mm | 2,8 mm | 2,4 mm | 2,0 mm | 1,8 mm | 2,8 mm | 1,6 mm |
| 149 | 1,5 mm | 1,8 mm | 1,7 mm | 2,4 mm | 1,9 mm | 3,7 mm | 1,5 mm |
| 150 | 2,2 mm | 2,1 mm | 1,3 mm | 1,1 mm | 1,7 mm | 1,4 mm | 3,5 mm |
| 151 | 1,6 mm | 2,8 mm | 2,8 mm | 2,9 mm | 1,5 mm | 4,5 mm | 2,1 mm |
| 152 | 1,9 mm | 1,6 mm | 0,7 mm | 2,3 mm | 2,2 mm | 3,8 mm | 1,7 mm |
| 153 | 1,4 mm | 2,1 mm | 2,0 mm | 1,5 mm | 2,0 mm | 4,5 mm | 3,3 mm |
| 154 | 1,0 mm | 1,9 mm | 2,5 mm | 1,6 mm | 1,5 mm | 4,5 mm | 3,0 mm |
| 155 | 2,3 mm | 2,4 mm | 0,7 mm | 2,3 mm | 2,1 mm | 2,6 mm | 1,7 mm |
| 156 | 2,1 mm | 2,5 mm | 1,7 mm | 2,8 mm | 1,3 mm | 4,1 mm | 3,7 mm |
| 157 | 2,7 mm | 2,7 mm | 2,4 mm | 2,3 mm | 1,8 mm | 4,5 mm | 2,8 mm |
| 158 | 2,1 mm | 2,4 mm | 2,3 mm | 1,6 mm | 2,6 mm | 3,9 mm | 2,0 mm |
| 159 | 2,8 mm | 2,3 mm | 2,6 mm | 1,2 mm | 1,7 mm | 1,7 mm | 2,5 mm |
| 160 | 1,3 mm | 3,1 mm | 0,8 mm | 1,9 mm | 1,2 mm | 3,6 mm | 4,2 mm |
| 161 | 2,2 mm | 2,0 mm | 2,1 mm | 2,5 mm | 1,2 mm | 2,1 mm | 2,2 mm |
| 162 | 2,2 mm | 0,8 mm | 2,4 mm | 2,2 mm | 1,3 mm | 2,2 mm | 2,4 mm |
| 163 | 1,4 mm | 2,3 mm | 0,9 mm | 2,3 mm | 2,3 mm | 2,4 mm | 4,2 mm |
| 164 | 3,0 mm | 1,9 mm | 1,6 mm | 1,1 mm | 1,5 mm | 1,5 mm | 1,9 mm |
| 165 | 2,8 mm | 1,4 mm | 1,7 mm | 1,2 mm | 1,4 mm | 1,7 mm | 2,1 mm |
| 166 | 1,2 mm | 1,2 mm | 1,9 mm | 2,4 mm | 2,3 mm | 3,6 mm | 4,3 mm |
| 167 | 1,1 mm | 2,3 mm | 2,6 mm | 1,9 mm | 2,3 mm | 4,0 mm | 3,4 mm |
| 168 | 2,3 mm | 0,9 mm | 1,3 mm | 0,9 mm | 1,9 mm | 3,7 mm | 1,9 mm |
| 169 | 1,6 mm | 2,1 mm | 1,7 mm | 2,3 mm | 1,3 mm | 2,5 mm | 2,2 mm |
| 170 | 2,9 mm | 2,2 mm | 2,5 mm | 1,8 mm | 2,0 mm | 4,7 mm | 2,9 mm |
| 171 | 1,6 mm | 2,1 mm | 1,2 mm | 1,5 mm | 1,7 mm | 4,4 mm | 4,4 mm |
| 172 | 1,7 mm | 2,9 mm | 0,8 mm | 1,6 mm | 2,4 mm | 2,5 mm | 4,2 mm |
| 173 | 1,0 mm | 1,9 mm | 2,3 mm | 1,9 mm | 1,0 mm | 4,0 mm | 3,3 mm |
| 174 | 1,1 mm | 1,0 mm | 2,2 mm | 1,8 mm | 2,2 mm | 3,3 mm | 1,6 mm |
| 175 | 1,9 mm | 2,8 mm | 0,8 mm | 0,9 mm | 2,8 mm | 2,3 mm | 3,1 mm |

|     |        |        |        |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 176 | 1,8 mm | 1,1 mm | 1,4 mm | 2,9 mm | 2,4 mm | 3,3 mm | 2,8 mm |
| 177 | 1,7 mm | 1,0 mm | 0,9 mm | 2,9 mm | 2,1 mm | 2,6 mm | 2,4 mm |
| 178 | 2,9 mm | 1,5 mm | 2,2 mm | 1,4 mm | 1,0 mm | 4,0 mm | 3,5 mm |
| 179 | 2,2 mm | 0,8 mm | 0,9 mm | 2,4 mm | 1,1 mm | 4,3 mm | 4,0 mm |
| 180 | 0,9 mm | 1,7 mm | 1,6 mm | 1,9 mm | 1,2 mm | 2,4 mm | 3,6 mm |
| 181 | 2,6 mm | 2,5 mm | 0,7 mm | 2,9 mm | 1,4 mm | 2,0 mm | 1,8 mm |
| 182 | 1,5 mm | 1,0 mm | 2,1 mm | 2,6 mm | 2,1 mm | 4,6 mm | 2,4 mm |
| 183 | 0,9 mm | 1,3 mm | 1,7 mm | 2,4 mm | 1,6 mm | 3,6 mm | 3,4 mm |
| 184 | 2,7 mm | 2,8 mm | 2,7 mm | 2,4 mm | 2,4 mm | 1,9 mm | 2,9 mm |
| 185 | 2,6 mm | 1,7 mm | 0,8 mm | 2,8 mm | 1,1 mm | 4,0 mm | 3,8 mm |
| 186 | 1,1 mm | 1,7 mm | 0,9 mm | 2,4 mm | 1,8 mm | 2,1 mm | 3,8 mm |
| 187 | 1,9 mm | 2,7 mm | 2,8 mm | 2,9 mm | 2,7 mm | 3,4 mm | 4,1 mm |
| 188 | 1,0 mm | 1,4 mm | 2,5 mm | 1,0 mm | 2,1 mm | 2,7 mm | 3,5 mm |
| 189 | 2,4 mm | 2,7 mm | 1,0 mm | 1,0 mm | 2,0 mm | 4,3 mm | 2,8 mm |
| 190 | 2,7 mm | 0,9 mm | 1,0 mm | 2,8 mm | 2,3 mm | 2,5 mm | 2,7 mm |
| 191 | 1,4 mm | 1,5 mm | 1,4 mm | 1,7 mm | 2,5 mm | 3,7 mm | 1,8 mm |
| 192 | 1,8 mm | 0,9 mm | 2,8 mm | 2,0 mm | 1,9 mm | 2,0 mm | 3,0 mm |
| 193 | 2,4 mm | 1,8 mm | 1,3 mm | 2,2 mm | 0,9 mm | 4,0 mm | 1,9 mm |
| 194 | 2,5 mm | 1,7 mm | 1,6 mm | 1,7 mm | 1,3 mm | 2,6 mm | 3,3 mm |
| 195 | 1,4 mm | 0,8 mm | 2,3 mm | 1,6 mm | 1,3 mm | 2,2 mm | 2,6 mm |
| 196 | 2,1 mm | 2,4 mm | 2,5 mm | 1,0 mm | 2,0 mm | 3,1 mm | 2,9 mm |
| 197 | 1,0 mm | 1,7 mm | 1,8 mm | 2,9 mm | 2,7 mm | 4,5 mm | 4,0 mm |
| 198 | 2,7 mm | 2,8 mm | 2,5 mm | 1,5 mm | 1,6 mm | 2,1 mm | 2,1 mm |
| 199 | 2,6 mm | 1,2 mm | 1,2 mm | 2,4 mm | 1,6 mm | 4,6 mm | 3,4 mm |
| 200 | 2,5 mm | 1,6 mm | 2,6 mm | 2,3 mm | 1,5 mm | 4,7 mm | 2,9 mm |

## PŘÍLOHA P II: TABULKA ČASOVÝCH NÁMĚRŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI ZMĚN PRO DÍLEC X8-49

### Dílec X8-49, časový náměr před implementací změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 105,0 min                                |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 10 ks                              | 85,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 405,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 315,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1000,0 min        | 5,0 min          | 1 ks                               | 1015,0 min                               |
| Tepelné zpracování T4 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Rovnění               | 20,0 min | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 420,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 10 ks                              | 85,0 min                                 |

**PDV\* dávky 11130,0 min**

### Dílec X8-49, časový náměr po implementaci změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 105,0 min                                |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 10 ks                              | 85,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 405,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1000,0 min        | 5,0 min          | 1 ks                               | 1015,0 min                               |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 10 ks                              | 85,0 min                                 |

**PDV\* dávky 6045,0 min**

## PŘÍLOHA P III: TABULKA ČASOVÝCH NÁMĚRŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI OPATŘENÍ PRO DÍLEC X5-55

### Dílec X5-55, časový náměr před implementací změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 105,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 40,0 min          | 2,0 min          | 20 ks                              | 30,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 315,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 800,0 min         | 4,0 min          | 1 ks                               | 815,0 min                                |
| Tepelné zpracování T4 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Rovnění               | 20,0 min | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 420,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 10735,0 min**

### Dílec X5-55, časový náměr po implementaci změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 105,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 40,0 min          | 2,0 min          | 20 ks                              | 30,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 315,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 800,0 min         | 4,0 min          | 1 ks                               | 815,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 5965,0 min**

## PŘÍLOHA P IV: TABULKA ČASOVÝCH NÁMĚRŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI OPATŘENÍ PRO DÍLEC X20-58

### Dílec X20-58, časový náměr před implementací změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 105,0 min                                |
| Tryskání              | 5,0 min  | 40,0 min          | 2,0 min          | 10 ks                              | 45,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 115,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1000,0 min        | 5,0 min          | 1 ks                               | 1015,0 min                               |
| Tepelné zpracování T4 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 50 ks                              | 17310,0 min                              |
| Rovnění               | 20,0 min | 500,0 min         | 2,5 min          | 1 ks                               | 520,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 50 ks                              | 17310,0 min                              |
| Tryskání              | 5,0 min  | 40,0 min          | 2,0 min          | 10 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 36770,0 min**

### Dílec X20-58, časový náměr po implementaci změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 105,0 min                                |
| Tryskání              | 5,0 min  | 40,0 min          | 2,0 min          | 10 ks                              | 45,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 115,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1000,0 min        | 5,0 min          | 1 ks                               | 1015,0 min                               |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 50 ks                              | 17310,0 min                              |
| Tryskání              | 5,0 min  | 40,0 min          | 2,0 min          | 10 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 18940,0 min**

## PŘÍLOHA P V: TABULKA ČASOVÝCH NÁMĚRŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI OPATŘENÍ PRO DÍLEC X37-54

### Dílec X37-54, časový náměr před implementací změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 200,0 min         | 1,0 min          | 1 ks                               | 205,0 min                                |
| Tryskání              | 5,0 min  | 40,0 min          | 2,0 min          | 10 ks                              | 45,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 115,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1000,0 min        | 5,0 min          | 1 ks                               | 1015,0 min                               |
| Tepelné zpracování T4 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 100 ks                             | 8670,0 min                               |
| Rovnění               | 20,0 min | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 420,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 100 ks                             | 8670,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 40,0 min          | 2,0 min          | 10 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 19490,0 min**

### Dílec X37-54, časový náměr po implementaci změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 200,0 min         | 1,0 min          | 1 ks                               | 205,0 min                                |
| Tryskání              | 5,0 min  | 40,0 min          | 2,0 min          | 10 ks                              | 45,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 115,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 700,0 min         | 3,5 min          | 1 ks                               | 715,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 100 ks                             | 8670,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 40,0 min          | 2,0 min          | 10 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 10100,0 min**

## PŘÍLOHA P VI: TABULKA ČASOVÝCH NÁMĚRŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI OPATŘENÍ PRO DÍLEC X5-55B

### Dílec X5-55B, časový náměr před implementací změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 105,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 40,0 min          | 2,0 min          | 20 ks                              | 30,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 500,0 min         | 2,5 min          | 1 ks                               | 515,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 800,0 min         | 4,0 min          | 1 ks                               | 815,0 min                                |
| Tepelné zpracování T4 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Rovnění               | 20,0 min | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 420,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 10935,0 min**

### Dílec X5-55B, časový náměr po implementaci změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 105,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 40,0 min          | 2,0 min          | 20 ks                              | 30,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 500,0 min         | 2,5 min          | 1 ks                               | 515,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 800,0 min         | 4,0 min          | 1 ks                               | 815,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 6165,0 min**



## PŘÍLOHA P VII: TABULKA ČASOVÝCH NÁMĚRŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI OPATŘENÍ PRO DÍLEC X8-52

### Dílec X8-52, časový náměr před implementací změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 105,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 40,0 min          | 2,0 min          | 40 ks                              | 20,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 115,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1000,0 min        | 5,0 min          | 1 ks                               | 1015,0 min                               |
| Tepelné zpracování T4 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Rovnění               | 20,0 min | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 420,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 10725,0 min**

### Dílec X8-52, časový náměr po implementaci změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 105,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 40,0 min          | 2,0 min          | 40 ks                              | 20,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 50,0 min          | 0,3 min          | 1 ks                               | 65,0 min                                 |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 415,0 min                                |
| Tepelné zpracování T4 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Rovnění               | 20,0 min | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 120,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 9775,0 min**

## PŘÍLOHA P VIII: TABULKA ČASOVÝCH NÁMĚRŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI OPATŘENÍ PRO DÍLEC X8-58

### Dílec X8-58, časový náměr před implementací změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 200,0 min         | 1,0 min          | 1 ks                               | 205,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 40,0 min          | 2,0 min          | 20 ks                              | 30,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 200,0 min         | 1,0 min          | 1 ks                               | 215,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1000,0 min        | 5,0 min          | 1 ks                               | 1015,0 min                               |
| Tepelné zpracování T4 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Rovnění               | 20,0 min | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 420,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 10935,0 min**

### Dílec X8-58, časový náměr po implementaci změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 200,0 min         | 1,0 min          | 1 ks                               | 205,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 40,0 min          | 2,0 min          | 20 ks                              | 30,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 300,0 min         | 1,5 min          | 1 ks                               | 305,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 200,0 min         | 1,0 min          | 1 ks                               | 215,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 415,0 min                                |
| Tepelné zpracování T4 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Rovnění               | 20,0 min | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 120,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 10035,0 min**

## PŘÍLOHA P IX: TABULKA ČASOVÝCH NÁMĚRŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI OPATŘENÍ PRO DÍLEC X20-68

### Dílec X20-68, časový náměr před implementací změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 200,0 min         | 1,0 min          | 1 ks                               | 205,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 50,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 405,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 1000,0 min        | 5,0 min          | 1 ks                               | 1015,0 min                               |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1400,0 min        | 7,0 min          | 1 ks                               | 1415,0 min                               |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 7485,0 min**

### Dílec X20-68, časový náměr po implementaci změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 200,0 min         | 1,0 min          | 1 ks                               | 205,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 50,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 405,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1000,0 min        | 5,0 min          | 1 ks                               | 1015,0 min                               |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 6070,0 min**

## PŘÍLOHA P X: TABULKA ČASOVÝCH NÁMĚRŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI OPATŘENÍ PRO DÍLEC X20-68B

### Dílec X20-68B, časový náměr před implementací změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 200,0 min         | 1,0 min          | 1 ks                               | 205,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 50,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 405,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 1000,0 min        | 5,0 min          | 1 ks                               | 1015,0 min                               |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1400,0 min        | 7,0 min          | 1 ks                               | 1415,0 min                               |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 7485,0 min**

### Dílec X20-68B, časový náměr po implementaci změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 200,0 min         | 1,0 min          | 1 ks                               | 205,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 50,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 405,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 1100,0 min        | 5,5 min          | 1 ks                               | 1115,0 min                               |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 6170,0 min**

## PŘÍLOHA P XI: TABULKA ČASOVÝCH NÁMĚRŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI OPATŘENÍ PRO DÍLEC X37-10

### Dílec X37-10, časový náměr před implementací změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 600,0 min         | 3,0 min          | 1 ks                               | 605,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 40,0 min          | 2,0 min          | 20 ks                              | 30,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 405,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 415,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 800,0 min         | 4,0 min          | 1 ks                               | 815,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 6665,0 min**

### Dílec X37-10, časový náměr po implementaci změn

Počet měřených ks = 200

| Operace               | Tb       | Ta operace celkem | Ta operace / kus | Počet ks zprac. v 1 výrobním cyklu | Trvání operace pro zpracování všech kusů |
|-----------------------|----------|-------------------|------------------|------------------------------------|--|
| Oklep not             | 5,0 min  | 600,0 min         | 3,0 min          | 1 ks                               | 605,0 min                                |
| Tryskání              | 10,0 min | 40,0 min          | 2,0 min          | 20 ks                              | 30,0 min                                 |
| Řezání                | 5,0 min  | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 405,0 min                                |
| Broušení nahrubo      | 15,0 min | 100,0 min         | 0,5 min          | 1 ks                               | 115,0 min                                |
| Dokončovací broušení  | 15,0 min | 400,0 min         | 2,0 min          | 1 ks                               | 415,0 min                                |
| Tepelné zpracování T6 | 30,0 min | 4320,0 min        | 4320,0 min       | 200 ks                             | 4350,0 min                               |
| Tryskání              | 5,0 min  | 80,0 min          | 4,0 min          | 20 ks                              | 45,0 min                                 |

**PDV\* dávky 5965,0 min**

## PŘÍLOHA P XII: ANALÝZA RIZIK RIPRAN, 3 X 3

| # | Hrozba  | P-st<br>hrozby | #   | Scénář   | P-st<br>scénáře | Výsledná<br>p-st | Třída<br>dopadu | Hodnota<br>rizika | Opatření   |
|---|---|----------------|-----|--|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|--|
| 1 | Ukončení projektu                                       | 5,00%          | 1.1 | Ukončení výroby vybraného sortimentu z důvodu nedostatku materiálů a dílů                      | 5%              | 0,3%             | NP VD           | SHR               | Akceptace rizika   |
|   |   |                | 1.2 | Ukončení výroby vybraného sortimentu z důvodu rozhodnutí zákazníka                             | 50%             | 2,5%             | NP VD           | SHR               | Akceptace rizika   |
|   |   |                | 1.3 | Rozhodnutí managementu o ukončení projektu   | 5%              | 0,3%             | NP VD           | SHR               | Akceptace rizika   |
| 2 | Výběr nevhodné metody ke zpracování projektu            | 5,00%          | 2.1 | Metoda DMAIC nebude vhodná pro celkové zpracování, resp. dokončení projektu                    | 100%            | 5,0%             | NP VD           | SHR               | Ověření vhodnosti vybrané metody                                 |
| 3 | Chybné náměry   | 25,00%         | 3.1 | Chybně naměřené časy   | 50%             | 12,5%            | NP VD           | SHR               | Ověření vybrané metody naměrů časů                               |
|   |   |                | 3.2 | Chyba při zpracování naměřených dat  | 25%             | 6,3%             | NP SD           | NHR               | Kontrola zpracování  |
|   |   |                | 3.3 | Odišné výkony pracovníků během měření  | 25%             | 6,3%             | NP SD           | NHR               | Zavedení kontrolního mechanismu ve formě on-line odvádění        |
| 4 | Chybná analýza  | 25,00%         | 4.1 | Chybné zpracování naměřených časů  | 35%             | 8,8%             | NP SD           | NHR               | Kontrola zpracování  |
|   |   |                | 4.2 | Chybná interpretace naměřených časů  | 35%             | 8,8%             | NP SD           | NHR               | Diskuze v širším týmu  |
| 5 | Nenalezení dostatečných opatření k zefektivnění procesu | 70,00%         | 5.1 | Nedokončení projektu   | 100%            | 70,0%            | VP VD           | VHR               | Důsledné zaměření porjektu na technickou stránku problému        |
|   |   |                | 5.2 | Chybná opatření na základě chybné interpretace naměřených časů                                 | 50%             | 35,0%            | SP VD           | VHR               | Kontrola zavedených opatření s ohledem na dosahované časy        |
|   |   |                | 5.3 | Technicky nemožné provedení zefektivnění   | 50%             | 35,0%            | SP VD           | VHR               | Akceptace rizika   |
| 6 | Náklady na zefektivnění budou příliš vysoké             | 70,00%         | 6.1 | Jedinou cestou zefektivnění bude nákladná automatizace výrobních procesů                       | 50%             | 35,0%            | SP VD           | VHR               | Akceptace rizika   |
|   |   |                | 6.2 | Investice do projektu a např. přípravků se nevrátí do 1 roku od implementace                   | 75%             | 52,5%            | SP VD           | VHR               | Důkladná analýza investic  |
|   |   |                | 6.3 | Přínos zefektivnění apretace bude menší, než náklady na předcházející nebo následující procesy | 75%             | 52,5%            | SP VD           | VHR               | Akceptace rizika   |
| 7 | Zaměstnanci nepřijmou nové TGP                          | 25,00%         | 7.1 | Nové postupy nepřinesou zefektivnění v požadované výši, protože nebudou zcela dodržovány       | 50%             | 12,5%            | NP SD           | NHR               | Zavedení kontrolního mechanismu                                  |
|   |   |                | 7.2 | Odchod zaměstnanců z důvodu nových TGP   | 20%             | 5,0%             | NP VD           | SHR               | Komunikace, zapojení pracovníků do výběru a implemenace opatření |
| 8 | Neodržení časového harmonogramu                         | 50,00%         | 8.1 | Zpoždění dodávek   | 100%            | 50,0%            | SP VD           | VHR               | Dostatečný počet personálu                                       |
| 9 | Špatně nastavená kontrolní fáze projektu                | 25,00%         | 9.1 | Dosažené zefektivnění nebude dlouhodobě udržitelné   | 50%             | 12,5%            | NP VD           | SHR               | Zavedení kontrolního mechanismu                                  |