

Zvýšení efektivity montážní linky ve firmě WOCO STV s.r.o.

Bc. Radek Zimčik

Diplomová práce
2022



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: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Radek Zimčík**
Osobní číslo: **M200323**
Studijní program: **N0488P050002 Průmyslové inženýrství**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Zvýšení efektivity montážní linky ve firmě WOCO STV s.r.o.**

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši z dané oblasti a formulujte teoretická východiska pro zpracování analýzy a projektové části.

II Praktická část

- Popište a analyzujte současný stav montážní linky.
- Na základě analýzy vytvořte projekt na zvýšení efektivity montážní linky.
- Projekt podrobte nákladové a rizikové analýze.

Závěr

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

Seznam doporučené literatury:

- BADIRU, Adedeji Bodunde. *Handbook of industrial and systems engineering*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014, 1452 s. ISBN 978-1-4665-1504-8.
- CHROMJAKOVÁ, Felicitia. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 978-808-1540-585.
- KENNEDY, Ross Keneth. *Understanding, Measuring, and Improving Overall Equipment Effectiveness: How to Use OEE to Drive Significant Process Improvement*. Boca Raton: CRC Press, 2018, 86 s. ISBN 978-1-138-05420-2.
- NENADÁL, Jaroslav. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press, 2018, 366 s. ISBN 978-80-7261-561-2.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Briš, CSc.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **11. února 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **27. dubna 2022**

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

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

Ve Zlíně dne 11. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové 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 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 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 práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, 25.4.2022

Jméno a příjmení: Bc. Radek Zimčík

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této práce je zvýšit celkovou efektivnost montážní linky ve firmě WOCO STV s.r.o. Zvolený problém byl řešen na montážní lince dvoucestných ventilů a její efektivnost byla analyzována pomocí metriky celkové efektivnosti zařízení. Dále byly vyhledány konkrétní druhy ztrát za použití Paretova diagramu a jejich příčiny pomocí videozáznamu a metody 5x Proč. Měření času jednotlivých operací bylo provedeno metodou přímého měření a BasicMOST. Na základě nalezených konkrétních míst a příčin ztrát byl vytvořen projekt k jejich odstranění. Projekt spočíval v zavedení konstrukčních úprav ve dvou automatických stanicích montážní linky. Díky tomu dojde k odstranění největších časových ztrát a tím zvýšení celkové efektivnosti montážní linky.

Klíčová slova: CEZ, BasicMOST, efektivnost, analýza měření práce, průmyslové inženýrství

ABSTRACT

The aim of this thesis is to improve overall equipment effectiveness of assembly line in the company WOCO STV Ltd. Chosen problem was solved within assembly line of two-way valves and its effectiveness was measured by overall equipment effectiveness metrics. Specific types of wastes were found with Pareto diagram and their causes were determined by video recording and 5 Why method. Time measurement of individual operations was performed by direct time study and BasicMOST. On the basis of detected places and causes of wastes was created project in order to eliminate them. Project consisted of implementing design changes to two automated stations of assembly line. Thanks to the project, major time losses will be eliminated and overall effectiveness of assembly line will be increased.

Keywords: OEE, BasicMOST, effectiveness, work measurement analysis, industrial engineering

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, panu doc. Ing. Petru Brišovi, CSc., za pomoc a cenná doporučení při tvorbě této práce.

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

OBSAH

| | |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| ÚVOD..... | 9 |
| CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE..... | 10 |
| I TEORETICKÁ ČÁST..... | 11 |
| 1 ŘÍZENÍ A EFEKTIVNOST ORGANIZACE | 12 |
| 1.1 ŘÍZENÍ VÝROBY | 13 |
| 1.2 KLÍČOVÉ UKAZATELE VÝKONNOSTI | 13 |
| 1.3 HLEDÁNÍ KOŘENOVÝCH PŘÍČIN | 15 |
| 1.3.1 Paretův diagram | 15 |
| 1.3.2 5x Proč | 16 |
| 2 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ..... | 18 |
| 2.1 PRŮMYSLOVÝ INŽENÝR | 18 |
| 2.2 ŠTÍHLÁ VÝROBA | 19 |
| 3 VYBRANÉ METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ..... | 22 |
| 3.1 KAIZEN | 22 |
| 3.2 TEORIE OMEZENÍ | 24 |
| 3.3 5S..... | 25 |
| 4 ANALÝZA A MĚŘENÍ PRÁCE | 27 |
| 4.1 PŘÍMÉ MĚŘENÍ..... | 28 |
| 4.2 SYSTÉM PŘEDEM URČENÝCH ČASŮ MOST | 31 |
| 5 CELKOVÁ EFEKTIVNOST ZAŘÍZENÍ | 35 |
| 6 ÚDRŽBA STROJŮ A ZAŘÍZENÍ..... | 38 |
| 6.1 TOTÁLNĚ PRODUKTIVNÍ ÚDRŽBA..... | 39 |
| 6.2 SMED..... | 41 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST..... | 44 |
| 7 PŘEDSTAVENÍ SKUPINY WOCO | 45 |
| 7.1 WOCO STV S.R.O. | 45 |
| 8 POPIS AKTUÁLNÍHO STAVU | 48 |
| 8.1 CHARAKTERISTIKA VÝROBKU | 48 |
| 8.2 CHARAKTERISTIKA MONTÁŽNÍ LINKY | 49 |
| 9 ANALÝZA A MĚŘENÍ PRÁCE | 51 |
| 9.1 MĚŘENÍ ČASU JEDNOTLIVÝCH OPERACÍ..... | 51 |
| 9.1.1 BasicMOST | 51 |
| 9.1.2 Přímé měření operací | 56 |
| 10 CELKOVÁ EFEKTIVNOST MONTÁŽNÍ LINKY | 58 |

| | | |
|-----------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 10.1 | DISPONIBILITA MONTÁŽNÍ LINKY | 60 |
| 10.1.1 | Zablokování..... | 61 |
| 10.1.2 | Doplnění materiálu..... | 64 |
| 10.1.3 | Analýza zaznamenávání prostojů při poruše..... | 67 |
| 11 | 5S AUDIT..... | 69 |
| 12 | ZOBRAZOVÁNÍ REPORTU VÝSLEDKŮ ZE STROJŮ V MONTÁŽNÍ Lince | 72 |
| 13 | SHRUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI | 74 |
| 14 | PROJEKT ZVÝŠENÍ CEZ MONTÁŽNÍ LINKY DVOUCESTNÝCH VENTILŮ..... | 75 |
| 14.1 | CÍL PROJEKTU POPSÁN METODOU SMART | 75 |
| 14.2 | PROJEKTOVÝ TÝM | 76 |
| 14.3 | HARMONOGRAM PROJEKTU..... | 76 |
| 14.4 | MATICE ZODPOVĚDNOSTI..... | 77 |
| 14.5 | NÁKLADOVÁ ANALÝZA PROJEKTU | 77 |
| 14.6 | RIZIKOVÁ ANALÝZA PROJEKTU - RIPRAN..... | 78 |
| 14.7 | IMPLEMENTACE OPATŘENÍ | 80 |
| 14.7.1 | Stanice 1 | 81 |
| 14.7.2 | Stanice 7..... | 81 |
| 14.7.3 | Doplňování materiálu..... | 82 |
| 14.7.4 | Úprava normy a zaznamenávání prostojů | 83 |
| 14.8 | ZHODNOCENÍ PROJEKTOVÉ ČÁSTI..... | 83 |
| 15 | ODSTRANĚNÍ NEDOSTATKŮ Z 5S AUDITU..... | 85 |
| 16 | ZLEPŠENÍ ZÍSKÁVÁNÍ DAT ZE STROJŮ V MONTÁŽNÍ Lince | 86 |
| | ZÁVĚR | 88 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 90 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK..... | 94 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 95 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 96 |
| | SEZNAM PŘÍLOH..... | 98 |

ÚVOD

Během posledních dvou let byly firmy kvůli epidemiologické situaci podrobeny mnoha výzvám a většina z nich byla nucena zaměřit se na snižování svých nákladů, aby zvládly toto nelehké období. Trendy ve snižování nákladů pokračují i nadále a jednou z metod, jak snížit celkové náklady na výrobek, je zvýšit efektivnost procesu, kde je výrobek produkován.

Práce se zaměřuje na zvýšení efektivnosti montážní linky, kdy předmětem projektu je linka, která je zkonstruována v duchu průmyslu 4.0. I takové linky ale mohou mít prostor pro zlepšení, co se efektivnosti týče.

V teoretické části je popsáno řízení a efektivnost organizace a také průmyslové inženýrství včetně vybraných metod. Dále je také rozebrána problematika měření práce, celkové efektivnosti zařízení a na závěr údržby strojů a zařízení.

V praktické části je představena firma a vybraný výrobek včetně montážní linky, kde se vyrábí. Analýzou je zjištěn současný stav a pomocí nástrojů kvality definovány problémy, na které jsou dále v projektové části navržena opatření, která jsou momentálně ve fázi realizace.

Při vyhodnocování klíčových ukazatelů výkonnosti procesu se nesmí opomínat i celková efektivnost výrobního zařízení. Jejím zvyšováním je organizace schopna lépe využívat své zdroje, dosahovat lepších výsledků a zvyšovat svou konkurenceschopnost.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cílem této práce je zvýšit celkovou efektivnost montážní linky na výrobu dvoucestných ventilů formou realizace projektu, který bude vytvořen na základě provedené analýzy. Výzkum bude prováděn ve firmě WOCO STV s.r.o. v období od listopadu 2021 až do konce března 2022. Jako klíčový ukazatel zlepšení bude použita metrika CEZ.

Analytická část je zaměřena na zjištění současného stavu montážní linky. To z hlediska vyjádření celkové efektivnosti a také co se týče měření práce a nalezení úzkého místa. Po výpočtu CEZ budou pomocí Paretova diagramu nalezeny hlavní druhy časových ztrát. Konkrétní příčiny budou zjištěny pomocí videozáznamu a metody 5x proč. Při měření času jednotlivých operací budou použity metody přímého měření a také BasicMOST.

Na základě nalezených důvodů časových ztrát bude vytvořen projekt s cílem zavedení opatření, které povedou k jejich eliminaci. Projekt bude odůvodněn metodou SPIN a cíl popsán metodou SMART. Náklady budou podrobeny analýze a bude vypočítána návratnost investice, bez které by projekt nemohl být realizován. V neposlední řadě budou zhodnoceny rizika pomocí metody RIPRAN.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ŘÍZENÍ A EFEKTIVNOST ORGANIZACE

Řízení lze podle Váchal a kol. (2013, s. 20) chápat jako informační působení řídicího systému na systém řízený se zpětným propojením, s cílem vyvolat požadované chování řízeného systému. Při samotném působení řídicí systém nejen vytváří podmínky pro cílové chování řízeného systému, ale přímo je zajišťuje.

V širším smyslu řízení představuje souhrn různorodých usměrňovacích činností, mezi které patří organizování, plánování, regulace, motivování, rozhodování a další. Usměrnjuje výrobní, technické a sociální procesy spojené vzájemnými vazbami. Lze jej popsat jako subjektivní, cílevědomou činnost lidí, vyplývající z podstaty transformačních procesů, která na základě objektivních zákonitostí přírody a společnosti směřuje ke stanovení správných cílů, nejvhodnějších metod a postupů k jejich dosažení a v neposlední řadě také způsobu zabezpečení průběhu a kontroly těchto činností. (Váchal a kol., 2013, s. 24)

Jacobs a Chase (2018, s. 14) rozlišují dva pojmy – efektivita a efektivnost. Efektivita je poměr skutečného výstupu procesu srovnanému s určitým standardem. Také to znamená provádět něco s nejnižšími možnými náklady. Cílem efektivního procesu je vyprodukovat zboží nebo službu za použití co nejmenšího množství vstupních zdrojů. V zásadě jsou mezi zdroje řazeny materiál, práce, stroje a zařízení použité při řízení výroby a dodavatelského řetězce. Naproti tomu efektivnost znamená děláním správných věcí pro vytvoření největší hodnoty pro zákazníka. Například dosahovat efektivnosti v obchodu s potravinami znamená mít otevřených mnoho pokladen i za cenu jejich nečinnosti z důvodu, že čas zákazníků je pro nás cenný a víme, že neradi čekají ve frontě. V kontrastu dosahovat efektivnosti by znamenalo použití co nejméně personálu pro obsluhu pokladen, s cílem dosáhnout co největšího využití.

Váchal a kol. (2013, s. 162) mají na efektivnost jiný pohled. Definují ji jako eliminaci plýtvání s omezenými zdroji (včetně jejich nevyužívání, jsou-li k dispozici) a jejich využitím způsobem nejbližším cíli podnikání, za který je nejčastěji považována tvorba zisku. V tržní ekonomice je snaha výrobců vytvářet co největší množství výstupů s co nejmenším množstvím vstupů. Výsledek je možno hodnotit ukazatelem výnosnosti výrobních faktorů V , který vyjadřuje vztah mezi objemem vstupů (výrobních faktorů – I) a výstupů (vyrobených statků – O). Čím vyšší je výnosnost, tím vyšší je efektivnost výroby.

$$V = O/I \quad (1)$$

1.1 Řízení výroby

Heizer, Render a Munson (2017, s. 4) definují výrobu jako tvoření zboží a služeb. Řízení výroby je set aktivit vytvářejících hodnotu ve formě zboží a služeb pomocí transformování vstupů na výstupy.

Podle Tomka a Vávrové (2014, s. 64) lze výrobní proces popsat jako výsledek cílevědomého lidského chování, kdy za použití vstupních zdrojů zajišťuje daný transformační proces co nejhodnotnější výstup. Je to tedy účelná kombinace zdrojů za účelem vytvoření zboží či služeb.

Řízení výroby se orientuje na dosažení optimálního fungování výrobních systémů s ohledem na definované cíle. Jedná se především o věcné, prostorové a časové sladění, případně řízení faktorů účastnících se výrobního procesu, nebo výrobní proces ovlivňující: výrobních pracovníků, provozních prostor, výrobních strojů a zařízení, dopravních zařízení, surovin, energie, polotovarů, rozpracovaných výrobků, financí, informací a také odpadů. Váchal a kol. (2013, s. 163)

Jacobs a Chase (2018, s. 3) rozšiřují pojem na řízení výroby a dodavatelského řetězce (OSCM), který popisují jako návrh, výrobu a zlepšení systémů, které vytvářejí a dodávají primární produkty a služby firmy. OSCM se zabývá řízením celého systému, který vytváří produkt nebo služby.

1.2 Klíčové ukazatele výkonnosti

Jak uvádí Pyzdek a Keller (2013, s. 140), klíčové ukazatele výkonnosti (KPI) patří mezi organizační metriky, které byly vytvořeny pro porozumění celkovému zdraví organizace. Poskytují zásadní informace, které ukazují, jak si organizace vede vzhledem k minulosti nebo svým cílům.

KPI mohou být rozděleny na:

- Zákaznické – zákazníci většinou hodnotí dodavatele ve čtyřech hlavních kategoriích: kvalita, termíny, výkon a služby, hodnota. Komunikací se zákazníkem se zjistí jeho potřeby a jejich důležitost včetně jejich očekávání. Na základě toho se mohou stanovit interní cíle a metriky k jejich sledování.

- Interní procesy – je vhodné zvolit ukazatele, které nejvíce navazují na strategické cíle organizace. Celkový čas cyklu neboli čas zpracování objednávky a kvalita prvního průchodu jsou relevantní ukazatele pro výkon interních procesů. Efektivita procesního cyklu, nebo celková efektivnost zařízení, jsou relevantní ukazatele pro vyhodnocení interního výkonu a využití zdrojů. (Pyzdek a Keller, 2010 cit. podle Pyzdek a Keller, 2013, s. 141)

Telsang (2018, s. 38) uvádí následující běžně používané KPI ve výrobě:

1. **Počet (dobrý nebo špatný)** – zásadní metrika pro vyjádření množství vyrobených produktů. Nejčastěji se týká vyrobeného množství od posledního přetypování nebo množství vyrobené za směnu či týden. Mnoho společností takto porovnává jednotlivé pracovníky pro probuzení jejich soutěživosti.
2. **Zmetkovitost** – vyjadřuje počet vyrobených neshodných dílů. Je důležité sledovat, jestli míra zmetkovitosti nepřekračuje stanovené cíle.
3. **Tempo** – stroje a procesy vyrábějí díly různou rychlostí. Pomalá rychlost většinou ústí v nižší zisky a naopak zvýšená rychlost ovlivňuje kontrolu kvality. Proto je důležité, aby procesní rychlosti byly konzistentní.
4. **Cíle** – mnoho společností zobrazuje cílové hodnoty pro výstup, tempo a kvalitu. Tento ukazatel pomáhá motivovat zaměstnance k plnění daných dílů.
5. **Čas taktu** – čas taktu je množství času, nebo času cyklu pro splnění úlohy. Může to být čas potřebný k výrobě produktu, ale většinou je to čas cyklu určitých operací. Díky tomuto ukazateli dokáže firma rychle určit, kde má proces omezení nebo úzké místo.
6. **Celková efektivnost zařízení** – metrika, která násobí disponibilitu, výkon a kvalitu pro určení využití zdrojů. Podrobněji je popsána v kapitole 5.
7. **Odstávka** – čas, kdy stroj neběží kvůli poruše nebo přetypování. Jedná se o jeden z nejdůležitějších KPI. Eliminací času odstávky je schopna firma rychle zvýšit ziskovost.
8. **Zavedení vizuálního managementu** – může se jednat například o instalaci zobrazovacích panelů, které ukazují počet vyrobených dílů, časy přetypování, odstávek a další.

1.3 Hledání kořenových příčin

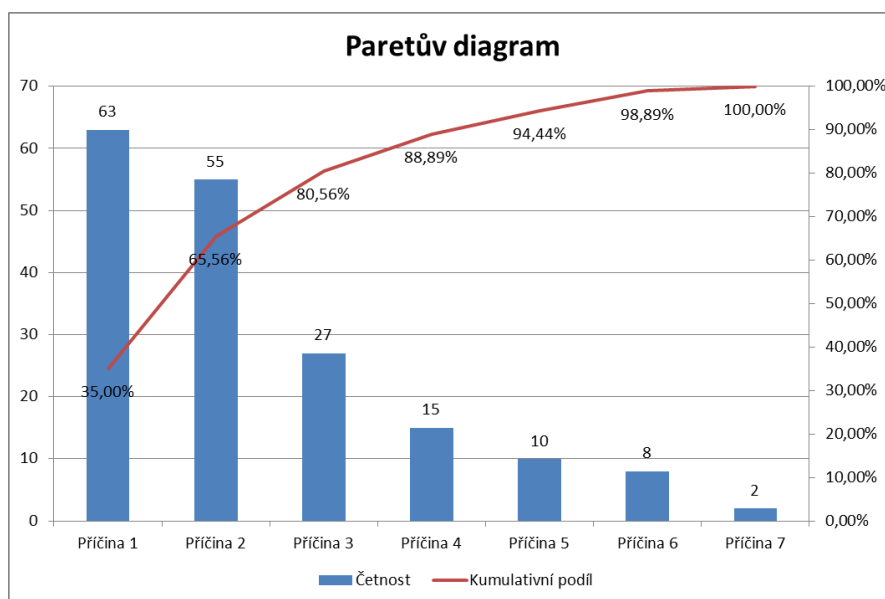
Po zjištění problémů například s nesplňováním jednoho z KPI musí být odhaleny konkrétní kořenové příčiny. Pro jejich odhalení lze použít i metody uvedené dále.

1.3.1 Paretův diagram

Paretův diagram je podle Pyzdeka a Kellera (2013, s. 269) nástroj k seřazení možností a určení, které z nich by měly být řešeno jako první.

Chaatimath (2017, s. 238) uvádí, že podle Paretova efektu je 80 % problémů způsobeno 20 % příčin. Paretův diagram se používá k definování problému, určení jejich priorit, grafickému zobrazení detekovaných problémů a určení jejich frekvence v procesech. Postup pro jeho vytvoření může být následující:

1. Vytvořit tabulku se seznamem aktivit nebo příčin s jejich četností výskytu.
2. Seřadit seznam sestupně dle četnosti.
3. Spočítat množství celkem pro celý seznam.
4. Spočítat procentuální podíly jednotlivých příčin.
5. Doplnit do tabulky sloupec kumulativních procent.
6. Vytvořit Pareto diagram s příčinami zobrazenými na ose x a s kumulativním procentuálním podílem na ose y.
7. Ve stejném grafu vytvořit sloupcový graf s příčinami zobrazenými na ose x a procentuální frekvencí na ose y.
8. Analyzovat graf. Vyhledat bod zlomu na ose s kumulativními procenty. Bod zlomu odděluje důležitou menšinu od nepodstatné většiny.



Obrázek 1 Obecný příklad Paretova diagramu (vlastní zpracování dle postupu Chaartimath, 2018, s. 238)

1.3.2 5x Proč

Podle Likera (2021, s. 372) je potřeba při řešení problému nejen najít zdroj, ale hlavně kořenovou příčinu. K tomu je vhodné použít metodu 5x Proč, která spočívá v pokládání otázek, proč se daná věc stala, čímž se dostaneme ke kořenové příčině problému. Nejdůležitější je, aby odpovědi na otázky měly základy v důsledných pozorováních a dokonce v provedených experimentech, než pouze v abstraktním porozumění.

Tabulka 1 Příklad metody 5x Proč (vlastní zpracování podle Scholtese, 1998, s. 267.)

| Úroveň problému | Odpovídající úroveň řešení |
|----------------------------------------|-----------------------------|
| Na pracovišti je kaluž oleje. | Vyčistit olej. |
| <i>Proč?</i> | |
| Protože olej uniká ze stroje. | |
| <i>Proč?</i> | |
| Protože je ve stroji poškozené těsnění | Vyměnit těsnění. |
| <i>Proč?</i> | |
| Protože těsnění jsou vyrobeny | Koupit kvalitnější těsnění. |

| Úroveň problému | Odpovídající úroveň řešení |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| z nekvalitního materiálu. | |
| <i>Proč?</i> | |
| Protože jsme na ně dostali dobrou cenu. | |
| <i>Proč?</i> | |
| Protože referent nákupu je hodnocen na základě slevy z běžných prodejních cen. | Změnit politiku. |

Scholtes (1998, s. 267) uvádí, že pokud se člověk opakovaně ptá proč, může překonat prvotní problém a jeho bezprostřední příčinu a nahlédnout hlouběji do systematických příčin. Řešením hlubší systematické příčiny je možné odstranit příčiny více problémů.

Liker (2021, s. 377) upřesňuje, že nejde o to ptát se proč zrovna pětkrát, ale o získání fakt a smazání předsudků jak o tom, co se děje, tak o tom, co se předpokládá, že je řešení.

2 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Pro pojem průmyslové inženýrství existuje množství definic. Jak uvádí Kosky a kol. (2021, s. 230), průmysloví inženýři vytvářejí integrované systémy skládající se z lidí, vědomostí, zařízení, energie a materiálů.

Podle Badiru (2014, s. 4) se dá průmyslové inženýrství popsat jako praktická aplikace a kombinace různých inženýrských oborů s principy vědeckého managementu. Je to navrhování pracovních procesů a aplikace inženýrských metod, praktik a vědomostí pro výrobní podniky a služby. Klade důraz na porozumění pracovníkům a jejich potřebám za účelem zvýšit a zlepšit aktivity výroby a služeb.

Kumar (2015, s. 1) uvádí, že průmyslovému inženýrství je velmi blízký pojem průmyslový management, který se zabývá technikami vývoje, implementací a vyhodnocením integrovaného systému lidí, materiálu, peněz, strojů, metod, znalostí, informací a energie. Zahrnuje znalosti z různých oborů ke zvýšení efektivity a efektivnosti průmyslu. Je to proces plánování, organizování, řízení a kontroly aktivit organizace. Řídí a transformuje vstupy za použití různých zdrojů organizace v produkty s přidanou hodnotou řízeným a efektivním způsobem.

Všechny definice jsou si velmi podobné, přičemž Badiru jako jediný přímo zmiňuje pracovníky a jejich potřeby. Dá se to chápat tak, že je důležité s pracovníky komunikovat a ptát se jich na návrhy zlepšení, díky kterým lze proces zlepšit.

2.1 Průmyslový inženýr

Podle Chromjakové (2013, s. 9) je hlavním posláním průmyslového inženýra usilovat o změnu myšlení zaměstnanců v rámci procesů a produktů s cílem zvyšovat jejich přidanou hodnotu pro zákazníka. To lze provádět vyprovokováním akce zaměstnanců ke zlepšení produktových a procesních parametrů dle požadovaných metrik, například klíčových ukazatelů výkonnosti.

Zandin a Maynard (2001, s. 23) uvádí, že mezi největší přínosy průmyslových inženýrů patří pochopení současných aktivit, zavádění kreativních řešení na vzniklé problémy a měření jejich dopadu v kontextu strategie organizace. Dříve byli průmysloví inženýři vnímáni jako dozorčí se stopkami a poznámkovým blokem. V budoucnu by mohli být více respektováni a uznáváni ve vyspělých organizacích jako řešitelé problémů, experti na

zvyšování produktivity, systémoví analytici, projektoví manažeři, inženýři kontinuálního zlepšování, ředitelé závodů a výkonní ředitelé.

Badiru (2014, s. 4) spatřuje jako jedny z hlavních funkcí průmyslového inženýra:

- navrhovat integrované systémy lidí, technologie, procesů a metod,
- vyvíjet modely výkonu, měření a vyhodnocení pro systémy,
- vyvíjet a udržovat standardy kvality pro průmysl a obchod,
- efektivně implementovat technologie do pracovních procesů,
- zvyšovat celkovou produktivitu integrovaných systémů lidí, materiálů a procesů,
- plánovat, organizovat, řídit a kontrolovat projekty výroby a služeb,
- sestavit týmy pro zlepšení efektivity a efektivnosti organizace,
- implementovat technologie pro usnadnění výrobního toku,
- zlepšovat informační tok pro usnadnění řízení systémů,
- řídit materiály a vybavení pro efektivní výkonnost procesů.

Jak lze vidět, popis funkcí průmyslového inženýra je velmi rozsáhlý a záleží na každé organizaci, jakým způsobem přistoupí k této pozici. Může to být více orientováno do projektového managementu, nebo naopak kvality či řízení výroby.

2.2 Štíhlá výroba

Jak uvádí Chromjaková (2013, s. 33), pojem „lean“, neboli „štíhlý“ znamená, že všechny činnosti organizace, které nejsou přidanou hodnotou pro zákazníka, jsou definovány jako plýtvání a musí být v co největší míře odstraněny. Podnik, který chce být štíhlý, musí usilovat o odstranění nákladů ve formě neproduktivních procesů, za které není zákazník ochozen zaplatit.

Podle Telsanga (2018, s. 994) štíhlá výroba usiluje o zavedení takových procesů, které dosahují vysoké kvality, bezpečnosti a pracovní morálky, zatímco snižují náklady a zkracují průběžnou dobu výroby. Principy štíhlé výroby se rozšiřují také do dalších oblastí jako je logistika, distribuce, služby, zdravotnictví a další. Cílem je dodat zákazníkovi produkt bez vad, v požadovaném množství a čase.

Kumar (2015, s. 160) uvádí, že koncept štíhlé výroby je zaměřen na 3M:

- **Muda (plýtvání)** – nadprodukce a brzká produkce, zpoždění, zbytečný pohyb a transport, špatný design procesu, nadbytečné skladové zásoby, neefektivní výkon procesu, výroba neshodných dílů.
- **Mura (nekonzistentnost)** – variabilita výrobních parametrů, variabilita v rozměrech a specifikacích produktu, co může mít za následek šrotaci nebo nutné opracování dílů.
- **Muri (nerozumnost)** – týká se výrobních i manažerských aktivit, například vinit někoho za problém, místo hledání řešení problému.

Tabulka 2 Formy ztrát 3M (vlastní zpracování podle Nenadála, 2018, s. 318)

| 3M | Druhy plýtvání | Příklady |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muda | 1. Nadvýroba 2. Čekání 3. Zbytečná přeprava 4. Nadbytečné zpracování 5. Nadbytečné zásoby 6. Zbytečné pohyby 7. Vadné výrobky 8. Nevyužitý potenciál zaměstnanců | Výroba na sklad Prostoje Přeprava neshodných dílů Zpracování, které zákazník nepožaduje Velká pojistná zásoba Hledání náradí Výroba produktů nesplňujících požadavky zákazníka Nevyužité nápady |
| Mura | Nerovnoměrnost výkonu | Nevhodné plánování výroby |
| Muri | Přetížení systému | Nevhodné plánování výroby |

Jurová (2013, s. 214) doplňuje, že aby bylo možno dosáhnout štíhlých procesů, je nezbytně nutné využít počítačovou podporu při rozhodovacích a tvůrčích činnostech:

- v konstrukci – Computer Aided Design – počítačem podporovaná konstrukce,
- v technologii – Computer Aided Product Preparing – počítačem podporovaná příprava výroby,
- ve výrobě – Computer Aided Manufacturing – počítačem podporované řízení výroby,
- ve kvalitě – Computer Aided Quality – počítačem podporovaná kontrola kvality,

- v plánování a řízení – Computer Aided Planning – počítačem podporovaný proces plánování,
- ve výrobní logistice – Computer Aided Storage and Transport – počítačem podporované skladovací a transportní procesy a další.

Jak lze vidět, pojem štíhlé výroby má mnoho různých výkladů a například Badiru (2014, s. 47), vnímá štíhlou výrobu jako proces zaměřený na pět základních konceptů: „hodnotu“, která je určována zákazníkem, „tok hodnot“, jež se zaměřuje na přidání hodnoty zákazníkovi, „tok dílů“, které proudí tokem hodnot, „princip tahu“, který snižuje mezioperační zásoby, a „dokonalost“, která je cílem pohánějící štíhlou výrobu.



Obrázek 2 Dům Leanu podle Telsanga (2018, s. 1004)

3 VYBRANÉ METODY PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ

V průmyslovém inženýrství se používají desítky metod, kdy každá je specifická a má své konkrétní využití.

3.1 Kaizen

Kaizen je velmi obsáhlý pojem. Podle Imaie (2005, s. 19) znamená kaizen neustálé zdokonalování, které se týká všech – od manažerů po řadové zaměstnance a zahrnuje minimální náklady. Podle filozofie kaizen je potřeba ve všech oblastech života zaměřit své úsilí na neustálé zdokonalování.

Košturiak a Frolík (2006, s. 119) doplňují, že kaizen je založen na tom, že všichni pracovníci firmy musejí používat rozum stejně dobře, jako svaly a ruce.

Liker (2021, s. 103) uvádí, že kaizen je o neustálém zvyšování výkonu k lepšímu. Je to známý pojem, který bývá ale často špatně pochopen. Lidé jej chápou tak, že je potřeba sestavit speciální tým pro určité zlepšení procesu, nebo také udělat týdenní kaizen workshop s cílem provést mnoho změn. Například v Toyotě ale kaizen není o vytváření speciálních týmů nebo pořádání workshopů. Je to způsob, jakým lidé systematicky pracují na dosažení cílů s použitím Demingova nekonečného cyklu PDCA.

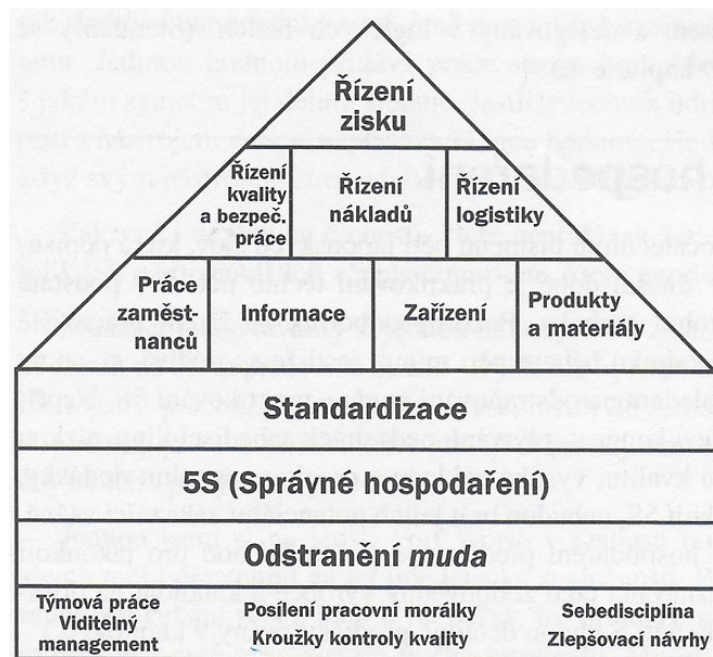
Je zajímavé, že Telsang (2018, s. 994) vnímá kaizen jako synonymum k pojmům Lean a Toyota Production System.

Jak poukazují Zandin a Maynard (2001, s. 559), při zavádění procesu neustálého zlepšování je možno se setkat s následujícími problémy:

1. Postoje „Naše práce je dělána správně“, nebo „V porovnání s minulostí se naše práce velmi zlepšila“ vedou k myšlence, že už pracovníci nevidí žádný prostor pro zlepšení.
2. Nedostatek nápadů na zlepšení. Nikdo nepřichází s nápady na zlepšení situace. Když už někdo s něčím přijde, jeho nápad je zamítnut s tím, že by stejně nebyl úspěšný.
3. Obtížnost původce myšlenky na zlepšení ji vysvětlit týmu. Pokud je i dobrý nápad špatně prezentován, neshledá se s úspěchem.
4. Nadměrné zatížení pracovníků rutinní prací. Pracovníci nemají časový prostor pro vymýšlení zlepšovacích nápadů.

5. Nedostatečný tlak na zjišťování nápadů na zlepšení. Pracovníci mají mnohdy nápady, ale pokud je nikdo nevyzve (nadřízený, kolega), málokdy se sami vyjádří.
6. Neschopnost firmy vytvořit atmosféru, kde budou nové nápady přijímány. I když někdo vymyslí nápad, je za to zřídka pochválen nebo odměněn.
7. Pomalá odezva při vyhodnocování nápadů. Dlouhá doba trvání schválení nápadu.
8. Nezájem managementu o návrhy zlepšení. Návrhy nejsou dostatečně diskutovány.
9. Pomalá implementace nápadů.
10. Nedostatečné vyhodnocení přínosu po implementaci. I když je k dispozici metrika pro hodnocení, není to provedeno.

Imai (2005, s. 34) uvádí pojem dům gemba. Na pracovišti (gemba) se každý den provádějí dvě hlavní činnosti – údržba a kaizen. Údržba se týká udržování současných standardů, kaizen je zlepšování a zdokonalování těchto standardů. Zodpovědní vedoucí se zabývají jednou nebo druhou z těchto aktivit a výsledkem je zvyšování kvality, snižování nákladů a plnění dodávek (QCD). Dům gemba poté ukazuje činnosti, které vedou ke QCD. Firma, která vyrábí kvalitní výrobky za příznivou cenu a dodává je včas, dokáže uspokojit zákazníky a získá si jejich věrnost.



Obrázek 3 Řízení v domě gemba (Imai, 2005, s. 35)

Nenadál (2019, s. 311) ještě doplňuje související pojmy:

- **Kaikaku** – radikální změna. V Toyotě přemýšleli, jak zlepšit Kaizen, aby mohly být změny rychleji implementovány. Na tomto základě vymysleli Kaikaku, které se zaměřuje na radikální zlepšení. V důsledku může vést až ke změně podnikatelského modelu. Jeho charakter tkví ve velkých separátních projektech s vlastními cíli.
- **Kakushin** – jedná se o inovaci, transformaci, která je realizována pomocí projektů. Oproti předchozím se významně liší řádem zlepšení. Přináší nový koncept. Vyžaduje obrovské investice, přitom riziko neúspěchu je vysoké. Inicie se od vrcholového managementu směrem dolů.

3.2 Teorie omezení

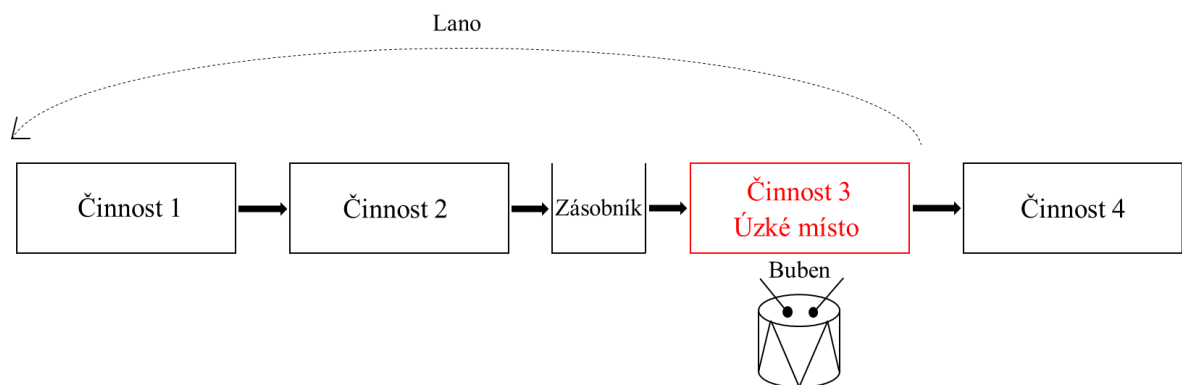
Teorie omezení, neboli „Theory of Constraints“, je podle Telsanga (2018, s. 7) založena na vyhledání a odstranění omezení systému, s cílem na průběžné zlepšování průchodnosti. Průchodnost je definována jako rychlost, kterou firma generuje zisk skrze prodej. Jinými slovy je průchodnost přidaná hodnota v procesním řetězci za časovou jednotku.

Jak uvádí Salvendy (2001, s. 557), teorie omezení může být popsána jako filozofie a metodologie zlepšení, která zahrnuje plánovací metody zaměřené na úzká místa, systém měření výkonu, proces myšlení a techniky řešení problémů. Základní myšlenka je, že ve společnosti usilující o zisk musí mít každý systém nejméně jedno omezení. Jelikož je omezení faktor, který limituje systém v dosažení jeho cílů, společnost, která chce zisk, musí řídit tato omezení.

Košťuriak a Frolík (2006, s. 49) hledají omezení ne pouze ve výrobním procesu, ale také dalších místech, jako ve výrobních zdrojích, marketingu, směrnících, času a také postojích lidí. Omezení rozdělují do tří hlavních kategorií: fyzická omezení, manažerská omezení a omezení v chování lidí.

Kiran (2019, s. 401) naproti tomu rozděluje omezení na interní a externí. Interní omezení se objeví tehdy, kdy trh požaduje od systému více, než dokáže dodat. Mezi interní omezení patří firemní politika, tržní strategie, zařízení a lidé. Externí omezení se objeví tehdy, kdy systém dokáže dodat více, než je trh schopen odebrat. Mezi tato omezení patří požadavky zákazníka, konkurence, vládní politika, ISO a jiné standardy.

Podle Nenadála (2018, s. 325) je nejrozšířenější způsob aplikace teorie omezení do výrobních systémů způsobem plánování a řízení DBR – Drum (buben) – Buffer (zásobník – Rope (lano)). DBR je založen na regulaci vstupů výrobních úloh do výrobních činností na základě průběhu činností v úzkých místech. Úzké místo je bubnem a udává tempo celému výrobnímu systému. Pomocí lana je úzké místo spojeno se vstupem do systému (systém tahu). Pokud by některý zdroj před úzkým místem přestal zásobovat, výkon úzkého místa by mohl být ohrožen. Proto jsou kritické zdroje před touto situací chráněny pomocí časového zásobníku.



Obrázek 4 Princip DBR (vlastní zpracování)

Keřkovský (2009, s. 69) popisuje velmi podobný koncept OPT, který je zaměřen na optimalizaci výrobních toků cestou maximálního využití kapacit úzkých míst, tzv. „bottlenecks“. Koncept je založen na myšlence, kdy výkonnost procesu jako celku určují úzká místa. Plánování se dělí do dvou etap:

1. Předběžné plánování – uskutečňuje se zpětný rozvrh, kdy se plánování zahajuje od posledních operací proti směru. Cílem etapy je identifikovat úzká místa.
2. Finální plánování – uskutečňuje se dopředný rozvrh, kdy se plánuje od první operace dále s ohledem na úzká místa. Navrhne se plán, aby úzká místa byla co nejvíce využita a ostatní operace byly přijatelně vytíženy.

3.3 5S

Podle Visca (2016, s. 1) je jádro 5S v odstraňování procesů nepřidávajících hodnotu tím, že se zavedou standardizované metody pro provádění nutné práce. Efektivní 5S program tedy zlepšuje efektivitu, kvalitu, pracovní procesy a bezpečnost zaměstnanců.

5S metoda se skládá z následujících kroků:

1. **Vytrídí** (*Seiri*) – je proces vytrídění všech nepotřebných věcí na pracovišti. Tento krok vyžaduje se podívat na každý detail pracoviště včetně šuplíků, skříní, polic a rohů. V praxi se nepotřebné věci označí červeným štítkem nebo drátem a poté jsou přemístěny na určené místo, kde následně dojde k jejich likvidaci.
2. **Uspořádej** (*Seiton*) – v tomto procesu se vytváří layout nářadí, vybavení a procesů s ohledem na to, jak s nimi zachází pracovník. Také je dbáno na obecné zlepšení bezpečnosti a ergonomie. Tento krok běžně zabere více času než ostatní a potřebuje mnoho 5S materiálu jako je páska na podlahu, pěna na uspořádání nářadí, děrovanou dílenskou stěnu, stroje na štítkování a další.
3. **Vyčisti** (*Seiso*) – hodně z tohoto kroku je provedeno v předchozím kroku Uspořádej. Záměr je zde trojí. Za prvé, vyčistit pracoviště, což může znamenat například čištění nebo natření zařízení barvou, výměna podlah, malování zdí. Za druhé, vytvořit rozvrh a odpovědnosti pro zajištění, že je pracoviště vyhovuje standardům. Třetí, nejdůležitější bod je, že Vyčistění vytváří prostředí, kde jsme schopni vizuálně objevit místo na stroji nutné k opravě – například únik oleje je snadněji detekovatelný na čistém stroji.
4. **Standardizuj** (*Seiketsu*) – tento krok pomáhá nastavit jasné a viditelné metody, jak by měl být zachován dohodnutý stav oblasti. Jedním z klíčových nástrojů používaných pro standardizaci je 5S Audit. Audity se běžně provádějí na základě přísného souboru standardů. Tyto výsledky auditu jsou zveřejňovány a sledovány. Jsou zaznamenána nezbytná opatření přijatá ke zlepšení výsledků.
5. **Dodržuj** (*Shitsuke*) – krok, který je považován za nejobtížnější z pěti pilířů. Je to rutina, která zabraňuje tomu, aby se vše vrátilo do stavu před 5S. To je ve skutečnosti mnohem jednodušší, než si většina myslí. Dodržování vyžaduje opakování, píli a zodpovědnost, dokud se z toho nestane zvyk. (Visco, 2016, s. 2)



Obrázek 5 Metoda 5S (Metoda 5S, 2012)

4 ANALÝZA A MĚŘENÍ PRÁCE

Měření práce, nebo analýza času pro splnění úkolu průměrným pracovníkem, je nezbytná pro organizace snažící se zvýšit produktivitu nebo snížit plýtvání. Existuje mnoho důvodů, proč chce organizace zjistit potřebný čas pro splnění úkolu. Důvody se dají shrnout do čtyř hlavních kategorií: k dosažení dlouhodobých plánů, k řízení výkonnosti, ke stanovení nákladů, nebo k určení týdenní pracovní doby. (Zandin a Schmidtová, 2021, s. 1)

Salvendy (2001, s. 1410) rozšiřuje seznam důvodů pro měření práce o srovnání efektivity alternativních metod, vybalancování práce pracovníků v rámci týmů, určení, zda je potřeba více pracovníků nebo strojů, podklad pro vytváření motivačních plánů pro pracovníky.

Telsang (2018, s. 101) uvádí následující techniky měření práce:

1. **Časová studie** – metoda měření času a tempa práce prováděné za specifických podmínek, pro analýzu dat, sloužící k určení času potřebného k vykonání dané činnosti na definované úrovni výkonu.
2. **Syntéza dat** – metoda měření času pro určování času potřebnému k vykonání dané činnosti na definované úrovni výkonu, která sčítá data získaných z předchozích studií provedených na podobných činnostech, obsahující příslušné prvky činnosti.
3. **Momentové pozorování** – metoda, při které je během časového úseku uskutečněn velký počet pozorování na stroji, procesu, nebo pracovníkovi. Každé pozorování zaznamená, co se děje právě v tu dobu a procento pozorování zaznamenaných pro konkrétní aktivitu nebo zpoždění je mírou procenta času, během kterého dochází ke zpoždění činností.
4. **Systém předem určených časů** – metoda určující časy pro základní lidské pohyby, klasifikovaných podle povahy pohybu a podmínek, za kterých k němu dochází.
5. **Analytický odhad** – metoda zakládající se na odhadu času potřebného k vykonání dané činnosti, kde odhad je proveden na základě znalostí a praktických zkušeností a částečně ze syntézy dat.

Tabulka 3 Metody měření práce a jejich použití
(vlastní zpracování dle Telsanga, 2018, s. 102)

| Pořadí | Metoda | Použití | Jednotka |
|--------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 1. | Časová studie | Opakující se činnosti s krátkým cyklem. Široce používané pro přímou práci | Setina minuty (0,01 min) |
| 2. | Syntéza dat | Opakující se činnosti s krátkým cyklem | Setina minuty (0,01 min) |
| 3. | Momentové pozorování | Činnosti s dlouhým cyklem / heterogenní činnosti | Minuty |
| 4. | Systém předem určených časů | Manuální operace omezené na jedno pracoviště | TMU (1 TMU = 0,006 min) |
| 5. | Analytický odhad | Neopakující se činnosti s krátkým cyklem | Minuty |

4.1 Přímé měření

Jedna z metod měření práce je přímé měření, která, jak uvádí Kumar, (2015, s. 214) zahrnuje přímé pozorování pracovní úlohy s použitím stopek nebo jiného měřicího zařízení s cílem zaznamenat čas potřebný k vykonání pracovní úlohy. Úloha je většinou rozdělena na části a každá je měřena zvlášť.

Podle Salvendyho (2001 s. 1417), musí být provedení časové studie přímého měření systematické a aplikovat vědecký přístup. Mělo by zahrnovat:

1. Získání a zaznamenání všech dostupných informací o dané práci, operátorovi a okolních podmínkách, které by mohly ovlivnit výsledek.
2. Zaznamenání kompletního popisu metody, zaznamenávající rozpad operace na jednotlivé činnosti.
3. Detailně prozkoumat dané činnosti, zda je použita nejefektivnější metoda a pohyby. Také určit počet potřebných pozorování.

4. Měřicím zařízením zaznamenat čas jednotlivých činností.
5. Během toho vyhodnocovat efektivní rychlost pracovníka ve vztahu ke pozorovatelovu pojetí míry odpovídající standardnímu hodnocení.
6. Rozšíření pozorovacích časů na základní časy.
7. Určení časové přírážky pro operaci.
8. Určení standardního času pro operace.

Počet potřebných pozorování lze podle Kumara (2015, s. 215) získat vztahem:

$$N = \left[\frac{40 \sqrt{n \sum (fx^2) - [\sum (fx)]^2}}{\sum (fx)} \right]^2 \quad (2),$$

kde $n = \sum f$ = počet provedených pozorování

N = počet pozorování potřebných pro ± 5 % přesnost a 95% konfidenční interval

x = hodnota pozorování

Měřením se získá zaznamenaný čas. Pro určení normovaného času je nutné podle Kumara (2015, s. 214) použít vzorec:

$$\text{Normovaný čas} = [\text{Zaznamenaný čas} \times (1 + \text{Stupeň výkonu})] \times (1 + \text{Přirážka}) \quad (3)$$

Ohodnocení stupně výkonu lze dle Salvendyho (2001, s. 1423) provést dle několika druhů hodnocení, mezi které například patří:

1. Westinghouse systém – je rozdělen do čtyř kategorií, které ovlivňují stupeň výkonu: zručnost, snaha, podmínky prostředí a konzistentnost. Podle hodnotící tabulky se každé kategorii přiřadí hodnocení, jejichž součet představuje výsledný stupeň výkonu.
2. Syntetické hodnocení – porovnává zaznamenaný čas s časem určeným systémem předem určených časů.

$$\text{Stupeň výkonu} = \text{předem určený čas} / \text{zaznamenaný čas} \quad (4)$$

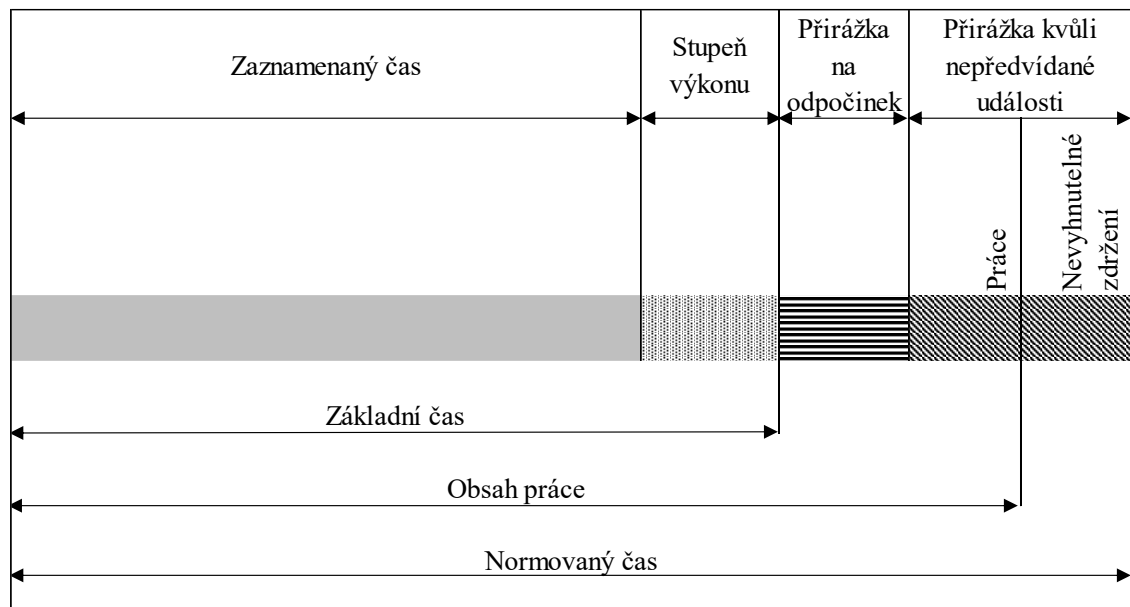
Tabulka 4 Westinghouse systém hodnocení výkonu
(vlastní zpracování podle Kumara, 2015, s. 216)

| Zručnost | Úsilí | Podmínky | Konzistentnost |
|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Skvělá A1 = +0,15 A2 = +0,13 | Nadměrné A1 = +0,13 A2 = +0,12 | Ideální A = +0,06 | Perfektní A = +0,04 |
| Excelentní B1 = +0,11 B2 = +0,08 | Excelentní B1 = +0,10 B2 = +0,08 | Excelentní B = +0,04 | Excelentní B = +0,03 |
| Dobrá C1 = +0,06 C2 = +0,03 | Dobré C1 = +0,05 C2 = +0,02 | Dobré C = +0,02 | Dobrá C = +0,01 |
| Průměrná D = 0,00 | Průměrné D = 0,00 | Průměrné D = 0,00 | Průměrná D = 0,00 |
| Ucházející E1 = -0,04 E2 = -0,10 | Ucházející E1 = -0,04 E2 = -0,08 | Ucházející E = -0,03 | Ucházející E = -0,02 |
| Špatná F1 = -0,16 F2 = -0,22 | Špatné F1 = -0,12 F2 = -0,17 | Špatné F = -0,07 | Špatná F = -0,04 |

I za situace použití nejlepších pracovních metod se musí podle Telsanga (2018, s. 114) využít na práci lidské úsilí a musí tedy být stanoveny přírážky na zotavení se z únavy a relaxaci. Přírážky také musí umožnit pracovníkovi vykonat osobní potřeby. Lze je dělit do tří kategorií:

- Přírážka na odpočinek – umožňuje se zotavit z fyziologických a psychologických dopadů z důvodu vykonávané práce a také vykonat osobní potřebu.
 - fixní – osobní potřeby (5-7 %) a zotavení se z vyčerpání (obvykle 4 %)
 - variabilní – určí se podle vlivu okolního prostředí a také náročnosti vykonávané práce
- Přírážka kvůli přerušení – používá se v případě, kdy pracovník obsluhuje jeden nebo více strojů, které se zastaví, a tím způsobí pracovníkovi ztrátu na vyrobených kusech.

- Přírážka kvůli nepředvídané události – používá se v případě neopakujících se událostí, jejichž měření by bylo neefektivní, například občasná vícepráce, náhlé poškození nástroje a jeho výměna. Tato přírážka by neměla přesáhnout 5 %.



Obrázek 6 Složení normovaného času pro jednoduchou manuální práci (vlastní zpracování podle Telsanga, 2018, s. 116)

4.2 Systém předem určených časů MOST

Jak uvádí Telsang (2018, s. 132), MOST je aktivita založená na systému měření práce, která nám umožňuje určit délku času potřebného k vykonání určité činnosti. Zaměřuje se na pohyb s objekty. Bylo zaznamenáno, že pohyb s objekty je prováděn podle opakujících se vzorců, jako je uchopení, pohyb a umístění objektu. Tyto vzorce byly identifikovány a uspořádány jako sekvence činností, které následují při pohybu s objektem. V důsledku toho je běžný vzorec pohybu s objektem popsán univerzální sekvencí namísto náhodné.

MOST je revoluční systém, který navazuje na dříve vynalezenou metodu MTM. Metoda MTM vyžadovala velké množství detailů, kvůli kterým analytik mohl udělat chybu. Proto byly vytvořeny navazující metody MTM-1, MTM-2, MTM-3, které ale později systém MOST ve většině aplikací vystřídal. (Zandin a Schmidtová, 2021, s. 3)

V tabulce (Tab. 5) lze vidět, že MOST je rozdělen na 3 systémy.

Tabulka 5 MOST systémy (vlastní zpracování podle Zandina a Schmidtové, 2021, s. 19)

| MOST systémy | |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| BasicMOST | Použití pro středně dlouhé cykly, opakující se nebo neopakující se činnosti |
| MiniMOST | Použití pro krátké cykly, opakující se činnosti |
| MaxiMOST | Použití pro dlouhé cykly, neopakující se činnosti |
| Použití v oblastech | Odvětví |
| Maloobchodní provoz | Maloobchod |
| Manipulace s materiálem | Distribuce |
| Montáž | Výroba |
| Obrábění a výroba | Dodavatelský řetězec |
| Administrativa | Zdravotnictví |
| Údržba | Letectví |
| Jakýkoli typ manuální práce | Služby |

BasicMOST systém má specifické sekvence pro určité akce. Ty jsou popsány v tabulce (Tab. 6).

Tabulka 6 Sekvence modelů BasicMOST systému
(vlastní zpracování dle Zandina a Smidtové, 2021, s. 9)

| BasicMOST systém | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Akce | Model sekvence | Parametry |
| Obecné přemístění | A B G A B P A | A - Vzdálenost akce B - Pohyb těla G - Získání kontroly P - Umístění |
| Řízené přemístění | A B G M X I A | M - Přesun řízený X - Procesní čas I - Vyrovnání |
| Použití nástroje | A B G A B P * A B P A | F - Utáhnout L - Povolit C - Dělit S - Povrchová úprava M - Měření R - Zaznamenání T - Myšlení |
| Použití zařízení | A B G A B P * A B P A | W - Klávesnice K - Malá klávesnice H - Manipulace s papírem/dopisem |

Po výběru akce a modelu sekvence následuje přiřazení odpovídajících indexů ke každému parametru. Hodnota indexu znázorňuje čas potřebný k vykonání daného úkonu. Například, pro získání skupiny objektů je použit index 3 na základě pravidel BasicMOST. Hodnoty indexů se používají k určení celkového času pro provedení určité činnosti. (Zandin a Schmidtová, 2021, s. 6.)

Jakmile jsou přiřazeny indexy k operacím, jsou sečteny a vyjádřeny v TMU, díky jejichž přepočtu se získají konkrétní čas činnosti. 1 TMU = 0,036 s. Jako příklad je možno uvést:

Model obecného přemístění: $A_6 B_6 G_1 A_1 B_0 P_3 A_0$

Sečtení indexů: $6+6+1+1+0+3+0 = 17$

Vyjádření TMU a času: $17 \times 10 = 170 \text{ TMU} \approx 6,1 \text{ s.}$ (Zandin a Schmidtová, 2021, s. 13)

Podle Zandina a Schmidtové (2021, s. 27), musí být při práci se všemi systémy dodržována tato obecná pravidla:

- Každá sekvence v modelu je pevná. Nelze přidat či vynechat žádné písmeno. Vyjímkou je použití nástroje v BasicMOST.
- Hodnoty indexů jsou fixní: žádný parametr nemůže mít jinou hodnotu než 0, 1, 3, 6, 10, 16, 24, 32, 42, 54, a tak dále. Například index s hodnotou 2 nemůže být použit.
- Každá varianta parametru musí být podložena analýzou. Pokud tento podklad neexistuje, nelze pro žádný parametr použít hodnotu indexu.
- Každý krok metody v MOST analýze má pouze jeden odpovídající sekvenční model.

V tabulce (Tab. 7) je zobrazeno srovnání systémů měření práce ve vztahu k množstvím TMU vytvořených za hodinu práce analytikem. Je zřejmé, že systém MOST je násobně rychlejší oproti starší metodě MTM.

Tabulka 7 Srovnání rychlostí analýzy systémů práce
(vlastní zpracování dle Zandina a Schmidtové, 2021, s. 15)

| Systém měření práce | Celkové množství TMU vytvořené analytikem za hodinu |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|
| MTM-1 | 300 |
| MTM-2 | 1000 |
| MTM-3 | 3000 |
| MiniMOST | 4000 |
| BasicMOST | 12000 |
| MaxiMOST | 25000 |

MOST systém je podle Telsanga (2018, s. 134) nejvíce využívaný systém předem určených časů na světě z důvodů:

- zeštíhluje operace a rychle odhalí neefektivní metody,
- poskytuje konzistentní standard a přesnost $\pm 5\%$ s 95% konfidenčním intervalem,
- časy mohou být získány ještě před startem fáze výroby,
- univerzální aplikace pro všechny druhy průmyslů,
- jednoduché na naučení a použití,
- minimum papírové práce,
- může být aplikován na všechny druhy manuální práce definované metodou.

5 CELKOVÁ EFEKTIVNOST ZAŘÍZENÍ

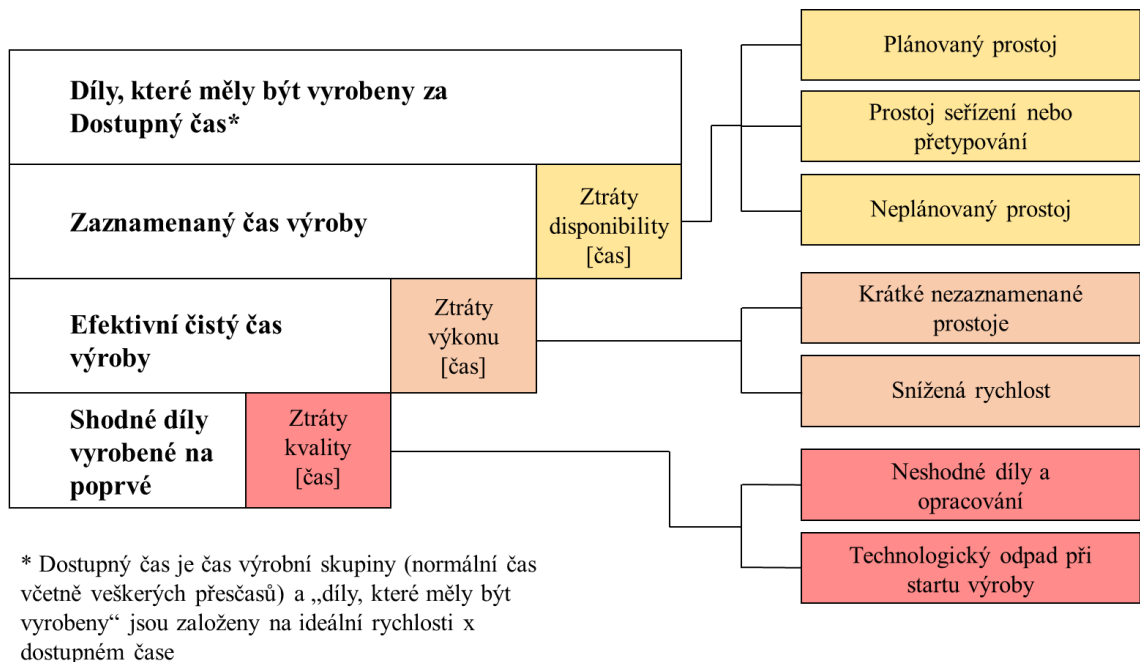
Jak uvádí Legát (2013, s. 145), CEZ je funkcí ztrát, které jsou způsobeny poruchami, sníženým výkonem vlivem nižší rychlosti a také nízkou kvalitou výrobků. Maximální efektivnosti zařízení je možné dosáhnout eliminací ztrát.

Podle Telsanga (2018, s. 42) je CEZ metrikou, která udává, jak dobře si podnik vede ve využívání zdrojů, včetně zařízení a práce.

CEZ popisuje šest standardních stavů zařízení:

- Neplánovaný stav – výroba v ten čas není na zařízení plánována, například víkendy, státní svátky.
- Neplánovaný prostoj – zařízení není ve stavu, aby mohlo plnit svou funkci kvůli neplánovanému prostoji, například porucha zařízení, oprava.
- Plánovaný prostoj – zařízení není ve stavu, aby mohlo plnit svou funkci z důvodu plánovaného prostoje, například výrobní testy, preventivní údržba.
- Technický stav – zařízení je ve stavu, aby mohlo plnit svou funkci, ale jsou na něm prováděny technické experimenty, například v oblasti technologie, softwaru a zařízení.
- Pohotovostní stav – zařízení je ve stavu, aby mohlo plnit svou funkci, ale není obsluhováno z důvodu nedostupnosti operátora (přestávky, školení) nebo materiálu.
- Produktivní stav – zařízení plní svou funkci standardní výroby. (Badiru, 2014, s. 36)

Podle Kennedyho (2018, s. 4) lze CEZ vypočítat pomocí modelu ztráty jednotek dílů, nebo modelu časových ztrát. Výsledky obou výpočtů jsou shodné, pokud jsou provedeny správně.



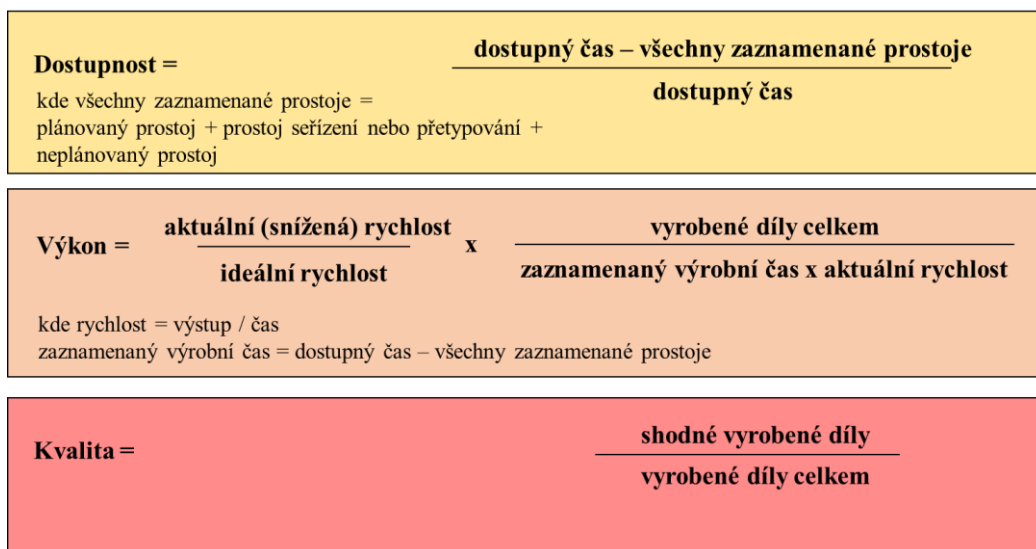
Obrázek 7 Výpočet CEZ pomocí modelu ztráty jednotek dílů (vlastní zpracování podle Kennedyho, 2018, s. 6)

CEZ se na základě obrázku (Obr. 7) počítá podle vztahu:

$$CEZ = \text{shodné vyrobené díly} / \text{díly, které měly být vyrobeny} \quad (5)$$

Druhý způsob výpočtu je pomocí rovnic na základě vztahů, které lze vidět na obrázku (Obr. 8).

$$CEZ = \% \text{ Dostupnosti} \times \% \text{ Výkonu} \times \% \text{ Kvality}$$



Obrázek 8 Výpočet CEZ pomocí rovnic (vlastní zpracování dle Kennedyho, 2018, s. 4)

Pro dosažení zvýšení CEZ je podle Telsanga (2018, s. 721) potřeba vyžadovat totální zapojení pracovníků do implementace TPM. To zahrnuje všechny od vrcholového managementu až po operátory. Všechny tři úrovně musí spolupracovat, jinak je pravděpodobné, že implementace TPM selže.

1. Od vrcholového managementu je očekáváno propagovat TPM jako firemní politiku a činit rozhodnutí na základě CEZ. Aby to bylo schopni realizovat, musí vytvořit metriku pro TPM, kterou může být CEZ.
2. Od operátorů je očekáváno vzít zodpovědnost za denní údržbu strojů. To zahrnuje čištění a pravidelné mazání nutné pro dobrý stav stroje. Od operátorů je také očekáváno objevit první známky zhoršení stavu stroje a včas je nahlásit. Měli by také určit způsoby, jak zlepšit provoz zařízení.
3. Od pracovníků údržby je očekáván trénink a podpora operátorů, aby dosáhli jejich cílů v rámci více pokročilých aktivit preventivní údržby. Také je od nich očekáváno vzít zodpovědnost za aktivity, které povedou ke zvyšování CEZ.

Jak uvádí Kennedy (2018, s. 8), CEZ by měla být chápána jako prostředek ke zlepšení, nikoliv jako měřítko pro porovnávání zařízení nebo podniků mezi sebou.

6 ÚDRŽBA STROJŮ A ZAŘÍZENÍ

Jak uvádí Legát a kol. (2013, s. 13), údržbu lze chápat jako interdisciplinární proces, jež je kombinací technologických, technických, administrativních a řídicích činností, které směřují k zachování nebo obnovení stavu, ve kterém hmotný majetek splňuje požadované funkce.

Podle Telsanga (2018, s. 696) jsou aktivity údržby ty, které souvisí s opravou, výměnou a servisem komponentů nebo skupiny komponentů ve výrobním závodu tak, že může pokračovat v činnosti ve stanovené dostupnosti po stanovený časový úsek. Proto je management údržby spojen s řízením a organizací různých zdrojů tak, aby řídil dostupnost a výkon průmyslové jednotky na požadovanou úroveň.

Nenadál (2018, s. 273) doplňuje, že v dnešní době je údržba vnímána jako nezastupitelný klíčový proces, který je nutné řídit nejen s cílem zajistit maximální dostupnost zařízení, ale také jejich maximální energeticky efektivní chod s co nejmenším dopadem na životní prostředí při účelném a účinném servisu a údržbě.

Telsang (2018, s. 698) uvádí tyto důležité funkce údržby:

1. Vytvořit politiku údržby, postupy a standardy pro systém údržby organizace.
2. Rozvrhnout práci údržby po konzultaci se zainteresovanými výrobními odděleními.
3. Provádět opravy a generální opravy zařízení pro dosažení požadované dostupnosti a výrobní efektivity.
4. Zajistit plánované kontroly a seřízení zařízení a strojů.
5. Dokumentovat a archivovat každý záznam aktivity údržby (opravy, výměny, generální opravy, seřízení, změny a další)
6. Provádět periodické kontroly zařízení s cílem znát jejich stav související s jejich poruchou a zastavením výroby.
7. Připravit inventurní soupis náhradních dílů a materiálů určených k údržbě a jejich skladový stav pravidelně ověřovat.
8. Zajistit nákladově efektivní údržbu.
9. Předpovídat náklady na údržbu a zajistit potřebný rozpočet.
10. Získat a zaučit personál k efektivní údržbě.

11. Implementovat standardy bezpečnosti požadované pro určité kategorie prací.
12. Vytvořit řídicí informační systém, který dokáže poskytovat informace o údržbě vrcholovému managementu.

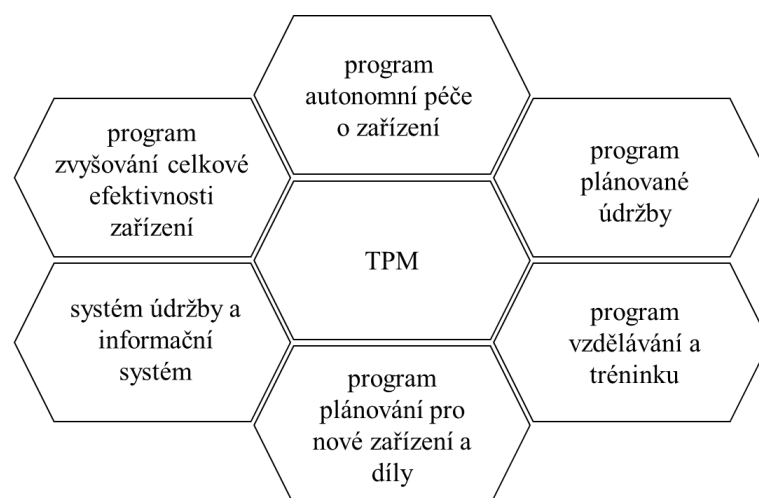
6.1 Totálně produktivní údržba

Podle Salvendyho (2001, s. 553) je totálně produktivní údržba systematický přístup k dosažení maximální míry využití schopností firmy. V zásadě se zaměřuje na maximalizaci celkové efektivity výrobního zařízení.

Telsang (2018, s. 716) vidí totálně produktivní údržbu jako filozofii, která vyžaduje totální zapojení pracovníků. TPM zahrnuje dovednosti všech zaměstnanců a zaměřuje se na zvýšení celkové efektivity výrobního zařízení prostřednictvím eliminace druhů ztrát. TPM dále zahrnuje tyto body:

- cílí maximalizovat efektivnost zařízení,
- zavádí důkladný systém produktivní údržby po celou dobu životnosti,
- má být implementováno do celé společnosti (technická příprava výroby, výroba, údržba)
- zahrnuje a zapojuje každého zaměstnance,
- je založeno na podporování produktivní údržby motivačním managementem.

Košťuriak a Frolík (2006, s. 93) doplňují, že TPM vychází z toho, že operátor obsluhující zařízení má šanci zpozorovat abnormality a případné zdroje poruch zařízení nejdříve.



Obrázek 9 Základní prvky TPM (vlastní zpracování podle Košťuriaka a Frolíka, 2006, s. 94)

V tabulce (Tab. 8) je zobrazeno šest velkých ztrát, které si TPM klade za cíl eliminovat.

Tabulka 8 Šest velkých ztrát (vlastní zpracování podle Nenadála, 2018, s. 276)

| Druh ztráty | Příklady |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Ztráty dostupnosti</i> | |
| 1. Ztráty kvůli poruchám strojů | Ztráta schopnosti stroje plnit svou funkci (porucha motoru, zlomení nástroje) |
| 2. Ztráty spojené s přípravou a seřizením | Čas na přípravu, seřízení, výměnu přípravku, nástroje, přetypování |
| <i>Ztráty výkonu</i> | |
| 3. Ztráty spojené se sníženou rychlostí | Nesprávné seřízení, opotřebení nástroje |
| 4. Malé prostoje | Prostoje do 5 min. (čištění, blokový senzor, malé seřízení) |
| <i>Ztráty kvality</i> | |
| 5. Ztráty spojené s výrobou neshodných produktů | Neshodné produkty, opracování |
| 6. Ztráty spojené s výrobou prvních kusů | Ztráty při náběhu |

TPM lze zavést do firmy prostřednictvím tří fází a příslušných aktivit:

1. Přípravná fáze

- a. Provést školení TPM a publikovat články o TPM ve firemních novinách.
- b. Vytvořit výbory na každé úrovni na podporu TPM. Zřídit ústředí a přidělit pracovníky.
- c. Analyzovat stávající situaci a stanovit cíle.
- d. Predikovat pravděpodobné výsledky.
- e. Připravit podrobný plán implementace pro fázi přípravy.

2. Předběžná fáze zavádění

- a. Přinášet povědomí mezi klienty, přidruženými a subdodavatelskými společnostmi.

- b. Zahájit bitvu proti šesti velkým druhům ztrát.
- c. Vytvořit atmosféru, která zvyšuje morálku a obětavost pracovníků.
- d. Hlásit stav na schůzce, které se účastní klienti, přidružené a subdodavatelské společnosti, jež vyzdvihuje vypracované plány a práce provedené během přípravné fáze.

3. Fáze zavádění

- a. Vybrat modelové zařízení.
- b. Vytvořit projektový tým.
- c. Vybudovat diagnostické dovednosti.
- d. Zavést postup certifikace pracovníků.
- e. Zahrnout periodickou a preventivní údržbu, správu náhradních dílů, nástrojů, výkresů.
- f. Vyškolit vedoucí, kteří budou následně školit členy týmu.
- g. Navrhnout prevenci údržby.
- h. Analyzovat náklady životního cyklu.
- i. Vyhodnotit výsledky a stanovit vyšší cíle. (Telsang, 2018, s. 720)

Podle Mašina a Vytlačila (2000, s. 238) je vhodné při zavádění TPM používat technik průmyslové moderace. Jedná se o soubor postupů a technik, které vedou jednání týmu k danému cíli. Osoba průmyslového moderátora slouží jako spouštěč, který diskusi pohání dopředu pomocí moderačních technik, jako jsou brainstorming, bodové metody, technika dotazovacích karet, 5x Proč, brainwriting a další.

Zajímavý pohled přináší Legát (2013, s. 139), kdy TPM začíná změnou prostředí a strojů, a končí změnou lidí i podnikové kultury. Protože změnou okolí se mění i lidé. Zavedením TPM se také mění i motivační prvky.

6.2 SMED

Jak uvádí Badiru (2014, s. 41), SMED je metoda rychlého přetypování stroje na jiný typ výrobku, která zlepšuje výrobní tok a snižuje velikosti dávek. Čas seřízení je rozdělen na interní a externí aktivity. Interní aktivity jsou takové, které je možné udělat pouze, když je stroj zastavený. Externí aktivity jsou takové, které lze vykonat před nebo po zastavení

stroje, aniž by bylo stroj nutné zastavit. Aby bylo dosaženo rychlého přetypování, SMED doporučuje snížení interního času seřízení, nebo změnu interních aktivit na externí.

Podle Shingea (1985, s. 34), se SMED zavádí ve třech fázích:

1. **Oddělení interních a externích aktivit** – vytváří se kontrolní seznam všech dílů a kroků potřebných k operaci na daném stroji. Tento seznam zahrnuje názvy, specifikace, počty nástrojů, tlak, teplotu a jiné nastavovací parametry, číselné hodnoty pro všechny měření. Pomocí tohoto kontrolního seznamu si pracovník dopředu nachystá všechny potřebné díly k provedení operace. Je důležité také provádět kontrolu stavu nástrojů, zda nejsou poškozené nebo nadměrně opotřebené.
2. **Převádění interních aktivit na externí** – toho lze dosáhnout více způsoby například předehřátím slévárenské formy před startem výroby.

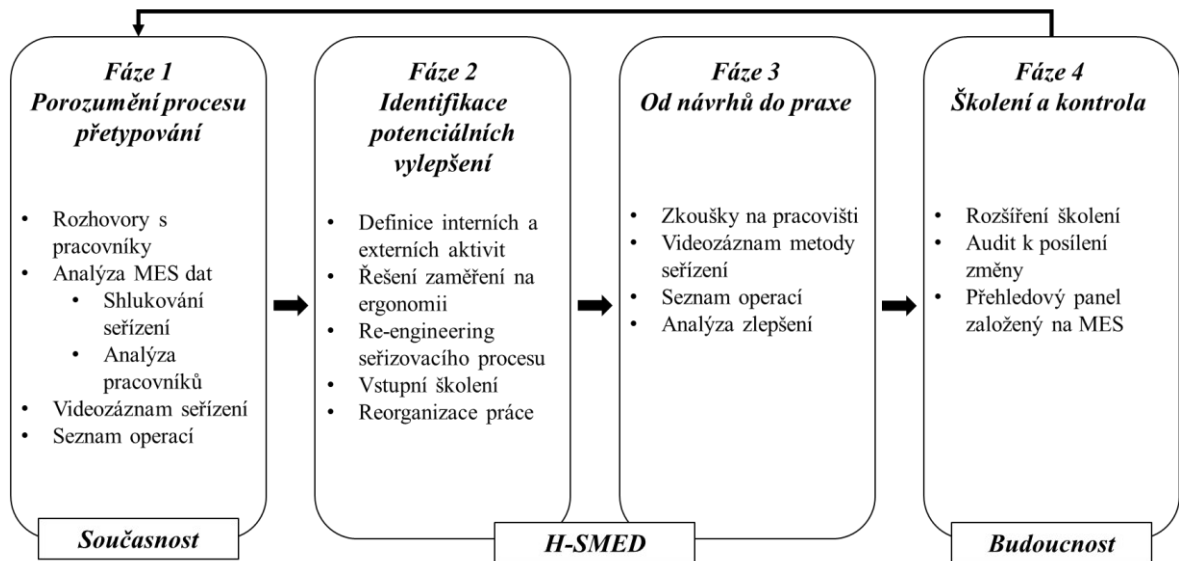
Jak uvádí Henry (2013, s. 129), lze toho dosáhnout také standardizací, kdy jsou na různých strojích použity standardizované, tedy identické komponenty. To mimo jiné usnadňuje výměnu nástroje a práce, které dříve museli dělat kvalifikovaní mechanici, mohou dělat i operátoři.
3. **Zjednodušení všech aspektů provedení aktivit** – radikální zlepšení interních aktivit (Shingo, 1985, s. 52)

Existuje mnoho způsobů, jak lze podle Henryho (2013, s. 92) eliminovat množství použitého nářadí. Tím nejzákladnějším je použití ručních pák a šroubů s úchopovou kruhovitou nebo jinak tvarovanou rukojetí, při jejichž použití není vyžadován žádný nástroj a obsluha může nástroj utáhnout nebo odtáhnout pouze za jejich pomoci. Ruční páky se obecně používají tam, kde je potřeba pouze povolit a šrouby s rukojetí tam, kde je potřeba úplné vyjmutí.

Shingo (1985, s. 61) popisuje, že při výměně nástrojů lze také využít magnetické a podtlakové sací systémy, při kterých je ale důležité dbát na vhodnost typu a úpravy povrchu pro dané použití.

Fonda a Menenghetti (2022, s. 2) uvádějí pojem H-SMED, které vzniklo přirozenou evolucí z původní metody zavedením principu štíhlého managementu, ergonomie a analýzy dat. Cílem je přijmout perspektivu Průmyslu 5.0, která tkví v zaměření na člověka,

což je vhodné hlavně pro průmysly, kde řemeslo hraje stále velkou roli, například oděvní. H-SMED je založeno na čtyřech fázích, které zobrazuje obrázek (Obr. 10).



Obrázek 10 H-SMED
(vlastní zpracování podle Fondy a Menenghetti, 2022, s. 3)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 PŘEDSTAVENÍ SKUPINY WOCO

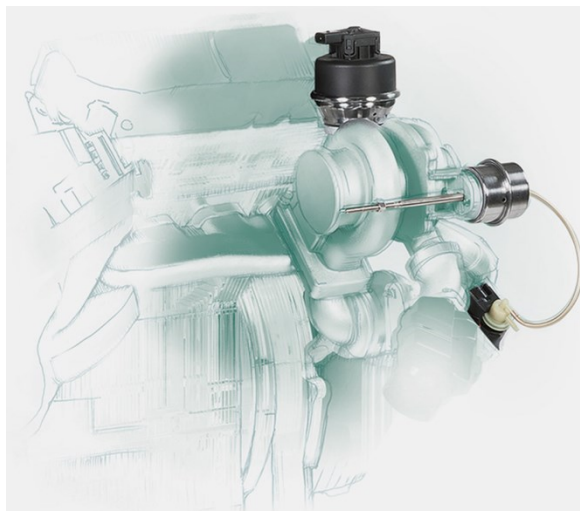
V roce 1956 založil Franz Josef Wolf v německém Bad Soden-Salmünsteru firmu “Woco Franz Josef Wolf & Co. Gummi- und Kunststoffwerk”. Tato firma se původně zabývala výrobou gumových a plastových výrobků. Od malé firmy se během let vypracovala na globální mezinárodní korporaci. (Woco - a history of success, © 2022)

Woco má nyní zastoupení ve více než 10 zemích světa na různých kontinentech s celkovým počtem zaměstnanců kolem 5000. V době založení se firma zaměřovala hlavně na gumové a plastové díly. I dnes tvoří tyto segmenty významnou část produktového portfolia. Z původně čistě výrobní firmy se Woco změnilo v partnera na poli inovací a sofistikovaných řešení problémů. Dnes doprovází zákazníka v celém procesu – od prvních návrhů až po sériovou výrobu. Woco vyvíjí a vyrábí výrobky, které přispívají k lepšímu akustickému komfortu a bezpečnosti aut. S filozofií „jsme tam, kde nás zákazník potřebuje“ se firma jak geograficky, tak v oblasti uspokojování potřeb zákazníků, snaží neustále zlepšovat své produkty a řešení. Woco dbá i na přírodu, kdy se se svými výrobky, které eliminují hlučnost a uvolňování výfukových zplodin, snaží snížit vliv automobilů na životní prostředí. Mezi zákazníky patří řada světových automobilek a dalších firem působících převážně automobilovém průmyslu. (Skupina Woco, © 2022)

7.1 WOCO STV s.r.o.

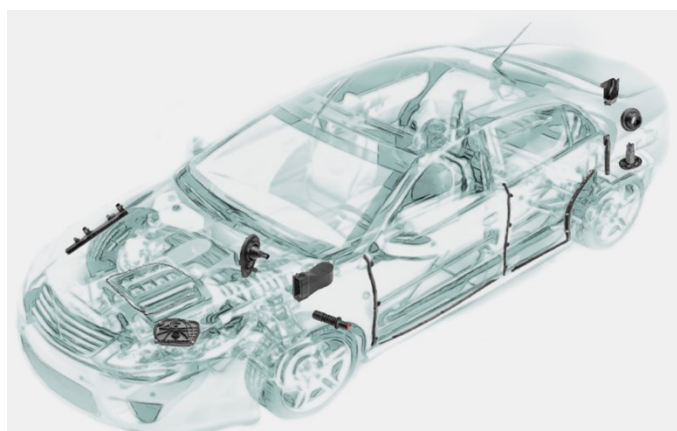
Po sametové revoluci hledalo Woco možnosti vstupu na nové trhy a soustředilo se na Českou republiku, kde v roce 1991 začalo spolupracovat s firmou MEZ Vsetín. Na základě spokojenosti obou firem bylo rozhodnuto v roce 1993 o založení nové firmy, dnešní WOCO STV s.r.o.. Sídlo firmy je ve Vsetíně a její portfolio je rozděleno do dvou hlavních kategorií:

- Powertrain Technology – výroba a montáž vodních ventilů pro termální okruhy vozidel, řídicí moduly pneumatické, elektrické, řídicí dózy pro turbodmychadla, pneumatické vedení a další.



Obrázek 11 Příklad výrobků Powertrain
Technology
(Woco - Control & Regulation, © 2022)

- Polymer Automotive – výrobky pro antivibrační a těsnící funkci vyrobené z pryže, plastu, kovu a jejich kombinace.



Obrázek 12 Příklad výrobků Polymer Automotive
(Woco - Polymer Automotive, © 2022)

WOCO STV patří s počtem větším než 650 zaměstnanců k významným zaměstnavatelům v okrese Vsetín. Mimo samotnou výrobu má firma svoje oddělení výzkumu a vývoje, kde probíhá konstrukce dílů nejen pro tento závod, ale i jiné Woco závody. Firma je držitelem certifikátů IATF 16949, ISO 14001:2015, ISO 9001:2015 a ISO 45001:2018. Zákazníky jsou největší světové automobilky jako koncern VW, Volvo, BMW a další společnosti z automobilového průmyslu. (WOCO STV s.r.o., © 2022)

Tabulka 9 Základní ekonomické ukazatele firmy (vlastní zpracování
na základě dat ze Sbírký listin WOCO STV s.r.o., © 2022)

| Rok | Obrat (tis. Kč) | Počet zaměstnanců ve vedení společnosti | Počet ostatních zaměstnanců | Počet zaměstnanců celkem |
|-------------|----------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 2016 | 3 373 746 | 16 | 896 | 912 |
| 2017 | 3 685 352 | 18 | 890 | 908 |
| 2018 | 3 274 764 | 16 | 832 | 848 |
| 2019 | 3 231 496 | 19 | 754 | 773 |
| 2020 | 2 727 283 | 19 | 682 | 701 |

8 POPIS AKTUÁLNÍHO STAVU

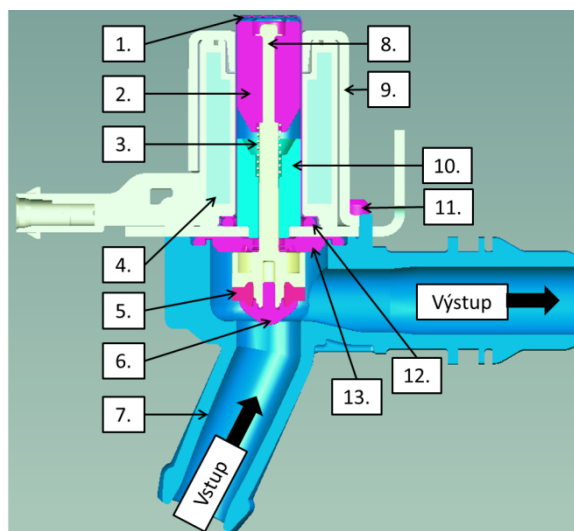
Předmětem popisu aktuálního stavu je výrobek z rodiny vodních ventilů a montážní linka, kde probíhá jeho montáž.

8.1 Charakteristika výrobku

Na montážní lince je kompletováno celkem pět variant dvoucestných vodních ventilů, které se od sebe liší pouze některými vstupními díly. Samotná funkce je u všech ventilů stejná, kdy se jedná o řízení média v chladicím okruhu vozidla. Ventil obsahuje dvě vývodky – jednu vstupní a jednu výstupní. Uvnitř ventilu je vodící tyčka s kotvou, kterou pohybuje elektromagnetické pole, jež se aktivuje přivedením elektrického proudu do cívky. Tím dojde k sepnutí ventilu, kdy se vodící tyčka dá do pohybu a těsnící kroužek 1 na jejím konci dosedne na těsnící sedlo, čímž dojde k zatěsnění výstupní vývodky. Ve vozidle je funkce taková, že při studeném motoru je ventil sepnut a chladicí kapalina proudí v okruhu mimo chladič. Tím dojde k rychlejšímu zahřátí motoru. Jakmile je motor zahřátý, ventil je vypnut a chladicí kapalina začne proudit přes chladič.

Tabulka 10 Kusovník
Dvoucestného ventilu
(vlastní zpracování)

| Pozice | Název dílu | Počet |
|--------|--------------------|-------|
| 1 | Oddělovací pouzdro | 1 |
| 2 | Kotva | 1 |
| 3 | Pružina | 1 |
| 4 | Cívka | 1 |
| 5 | Těsnící kroužek 1 | 1 |
| 6 | Jistící kroužek | 1 |
| 7 | Domek | 1 |
| 8 | Vodící tyčka | 1 |
| 9 | Vnější pouzdro | 1 |
| 10 | Magnetické jádro | 1 |
| 11 | Šroub | 4 |
| 12 | Těsnící kroužek 2 | 1 |
| 13 | Těsnící profil | 1 |



Obrázek 13 Řez modelu Dvoucestného ventilu (vlastní zpracování)



Obrázek 14 Dvoucestný ventil
(vlastní foto)

8.2 Charakteristika montážní linky

Montážní linka pro dvoucestné vodní ventily je zkonstruována v buňkovém uspořádání pracovišť. V provozu je od roku 2019. Obsluhují ji čtyři operátoři, přičemž tři jsou uvnitř buňky, kde je umožněn vstup pomocí padacího mostu. Zásobování vstupním materiálem je řešeno pomocí vibračních podavačů a gravitačních dopravníků z vnějšku linky. Doplnění materiálu provádí operátor z pracoviště balení dílů. Díly jsou montovány v principu toku jednoho dílu, kdy jsou skládány do vozíků, na jejichž RFID čip se nahrávají důležitá data z průběhu výroby. Pohyb vozíků je zajištěn pásovými dopravníky. Linka je složena z deseti stanic s následující funkcí:

- Stanice 1 – automatické založení vodící tyčky a těsnícího profilu.
- Stanice 2 – ruční nasazení magnetického jádra, pružiny a kotvy.
- Stanice 3 – automatické ultrazvukové svaření podsestavy.
- Stanice 4 – automatické nasazení těsnícího kroužku 1 a jisticího kroužku.
- Stanice 5 – automatické ultrazvukové svaření podsestavy.
- Stanice 6 – ruční založení domku.
- Stanice 7 – automatické nasazení těsnícího kroužku 2 a oddělovacího pouzdra.
- Stanice 8 – ruční nasazení cívky a vnějšího pouzdra.
- Stanice 9 – automatické založení čtyř šroubů a jejich zašroubování.

- Stanice 10 – End of Line testovací zařízení. Automatické testování funkčních charakteristik důležitých pro zákazníka. Pokud je díl testován poprvé jako NOK, je testován ještě podruhé z důvodu snížení nepravé zmetkovitosti. Pro rychlejší čas testování dílů zařízení obsahuje celkem čtyři totožné testovací hnízda. Shodné díly jsou poté označeny laserovým popisem a následně operátorem baleny do zákaznických balení.

Layout montážní linky je zobrazen v příloze P1.

Data z linky jsou ukládána na úložiště PC, které je součástí montážní linky, a jsou zpracována v SQL Server Express. Lze je zobrazit pouze z PC u montážní linky pomocí reportů. Reporty jsou například pro:

- **Výkon linky** – za zadané období se zobrazí data jako počet OK/NOK dílů, typy vad.
- **Rodný list výrobku** – dle zadaného sériového čísla jsou vyhledány všechny výrobní parametry k dílu (šarže vstupních dílů, svařovací parametry, utahovací síly šroubováku, výsledky z EOL)
- **Historie výsledků měření** – pro jednotlivé stanice lze zobrazit všechny výsledky za dané období.
- **Zpětnou sledovatelnost materiálů** – pro zadané číslo materiálu se zobrazí datum, čas a naskenovaná šarže.
- **Rodokmen** – přehled vyrobených dílů z dané šarže.

9 ANALÝZA A MĚŘENÍ PRÁCE

Pro potřeby další analýzy je důležité změřit časy jednotlivých operací na montážní lince. To bylo provedeno metodou BasicMOST a také přímým měřením. Norma pro montážní linku je stanovena 10 s/ks.

9.1 Měření času jednotlivých operací

Na stanicích 1,3,4,5,7,9,10 probíhají operace, které provádí stroj automaticky. Proto zde byl procesní čas měřen přímo stopkami.

Stanice 2,6,8 jsou obsluhovány operátorem. Na stanici 10 operátor provádí balení dílů. Na těchto stanicích byly časy měřeny také přímo stopkami, ale zároveň byly porovnány se standardizovanými časy BasicMOST, které byly spočítány.

9.1.1 BasicMOST

Metoda BasicMOST (dále pouze MOST), byla použita pro vyměření času na stanicích 2,6,8,10. Ve stanicích 2,6,8 pravidelně dochází k výměně prázdného balení za plné a při tom obsluha musí naskenovat čárový kód čísla dílu a číslo šarže pro účely zpětné sledovatelnosti. Pro tuto činnost byla vytvořena tabulka (Tab. 11), ve které je kombinace obecného a řízeného přemístění. Tento čas je pro jednotlivé stanice rozpočítán podle četnosti doplňování každého druhu materiálu, tedy podle počtu kusů v balení.

Tabulka 11 MOST pro doplnění a skenování materiálu
(vlastní zpracování)

| Pořadí | Operace | | | | | | | TMU | Čas dle MOST [s] |
|------------------------|---------------------------------------------------------|---|---|---|----|---|------------|--------------|------------------|
| 1 | Vzít prázdné balení a vložit do spodního skluzu | | | | | | | 120 | 4,32 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | | |
| 2 | Vložit plné balení na místo | | | | | | | 80 | 2,88 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 3 | 0 | | |
| 3 | Vzít skener a naskenovat číslo a šarži materiálu | | | | | | | 360 | 12,96 |
| | A | B | G | M | X | I | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 32 | 0 | 1 | | |
| 4 | Rozbalit balení | | | | | | | 70 | 2,52 |
| | A | B | G | M | X | I | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 1 | | |
| 5 | Odložení proložky | | | | | | | 140 | 5,04 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 10 | 0 | 1 | | |
| Součet TMU | | | | | | | 770 | | |
| Celkový čas [s] | | | | | | | | 27,72 | |

9.1.1.1 MOST – stanice 2

Ve stanici 2 dochází k montáži magnetického jádra, pružiny a kotvy na podsestavu z předchozí stanice. Časy doplnění materiálu magnetického jádra a kotvy byl přepočítán na jeden kus a připočten k výsledku MOST. Čas pro doplnění pružiny nebyl připočítán, protože jedno balení pružin obsahuje 10 000 ks a tento čas by byl zanedbatelný.

Výsledný čas je 8,85 s, což je v porovnání s časem normy o 1,15 s rychlejší.

Tabulka 12 MOST pro stanici 2 (vlastní zpracování)

| Pořadí | Operace | | | | | | | TMU | Čas dle MOST[s] |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|-------------|-----|-----------------|
| 1 | Uchopit magnetické jádro a vložit do přípravku | | | | | | | 60 | 2,16 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | | |
| 2 | Uchopit a nasadit pružinu na tyčku | | | | | | | 80 | 2,88 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 3 | 0 | | |
| 3 | Uchopit kotvu a nasadit na tyčku | | | | | | | 60 | 2,16 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | | |
| 4 | Zmáčknout startovací tlačítko | | | | | | | 30 | 1,08 |
| | A | B | G | M | X | I | A | | |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | |
| Součet TMU | | | | | | | 230 | | |
| Čas doplnění a skenování materiálu na ks [s] | | | | | | | 0,57 | | |
| Celkový čas [s] | | | | | | | 8,85 | | |

9.1.1.2 MOST – stanice 6

Ve stanici 6 se vloží domek do přípravku ve vozíku a následně se na něj přeloží podsestava z předchozí stanice. Výsledný čas je 5,56 s, tedy o 4,44 s rychlejší než norma.

Tabulka 13 MOST pro stanici 6 (vlastní zpracování)

| Pořadí | Operace | | | | | | | TMU | Čas dle MOST[s] |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|---|------|-----------------|
| 1 | Uchopit domek a vložit do přípravku | | | | | | | 60 | 2,16 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | | |
| 2 | Uchopit podsestavu a vložit na domek | | | | | | | 60 | 2,16 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | | |
| 3 | Zmáčknout startovací tlačítko | | | | | | | 30 | 1,08 |
| | A | B | G | M | X | I | A | | |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | |
| Součet TMU | | | | | | | | 150 | |
| Čas doplnění a skenování materiálu na ks [s] | | | | | | | | 0,16 | |
| Celkový čas [s] | | | | | | | | 5,56 | |

9.1.1.3 MOST – stanice 8

Ve stanici 8 probíhá vložení cívky a vnějšího pouzdra na podsestavu z předchozí stanice. S výsledným časem 4,69 s je tato operace o více než polovinu času rychlejší oproti normě.

Tabulka 14 MOST pro stanici 8 (vlastní zpracování)

| Pořadí | Operace | | | | | | | TMU | Čas dle MOST[s] |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|------|-----------------|
| 1 | Uchopit cívku a vnější pouzdro a vložit na podsestavu | | | | | | | 80 | 2,88 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 3 | 0 | | |
| 2 | Zmáčknout startovací tlačítko | | | | | | | 30 | 1,08 |
| | A | B | G | M | X | I | A | | |
| | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | | |
| Součet TMU | | | | | | | | 110 | |
| Čas doplnění a skenování materiálu na ks [s] | | | | | | | | 0,73 | |
| Celkový čas [s] | | | | | | | | 4,69 | |

9.1.1.4 MOST – stanice 10

Ve stanici 10 probíhá po automatickém testování dílů jejich balení do zákaznických obalů. Jednotlivé balení si chystá i odkládá na paletu operátor. Proces balení lze rozdělit do tří fází:

1. Příprava nového balení na ukládání kusů.
2. Ukládání dílů do balení.
3. Přemístění plného balení na paletu.

Pro výpočet časové náročnosti bylo proto potřeba udělat tři samostatné MOST tabulky.

V tabulce (Tab. 15) je zobrazen výpočet času pro nachystání prázdného balení. Plné balení dílů obsahuje 24 kusů, tedy chystání prázdného balení probíhá v tomto intervalu. Do tohoto času byl ještě započten čas vkládání proložky a další mřížky po 12 uložených kusech. S časem 52,2 s se jedná o poměrně dlouhou operaci.

Tabulka 15 MOST pro stanici 10 – nachystání prázdného balení
(vlastní zpracování)

| Pořadí | Operace | | | | | | | TMU | Čas dle MOST[s] |
|------------------------|--------------------------------------------------|---|---|----|----|---|-------------|-------------|-----------------|
| 1 | Dojít pro nové balení a otočit jej | | | | | | | 190 | 6,84 |
| | A | B | G | M | X | I | A | | |
| | 13 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1 | | |
| 2 | Uchopit sáček a vložit do balení | | | | | | | 420 | 15,12 |
| | A | B | G | M | X | I | A | | |
| | 6 | 0 | 3 | 3 | 24 | 3 | 3 | | |
| 3 | Uchopit a vložit mřížku do balení (2x) | | | | | | | 500 | 18 |
| | A | B | G | M | X | I | A | | |
| | 6 | 0 | 3 | 3 | 6 | 6 | 1 | | |
| 4 | Uchopit balení a přemístit na vozík | | | | | | | 170 | 6,12 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 13 | 0 | 1 | 1 | | |
| 5 | Vložit proložku (po 12 zabalených kusech) | | | | | | | 170 | 6,12 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 6 | 0 | 1 | 6 | 0 | 3 | 1 | | |
| Součet TMU | | | | | | | 1450 | | |
| Celkový čas [s] | | | | | | | | 52,2 | |

V tabulce (Tab. 16) lze vidět výpočet času pro přemístění plného balení na paletu a nalepení etikety. Celkový čas pro jedno balení je 12,96 s.

Tabulka 16 MOST pro stanici 10 – přemístění plného balení
(vlastní zpracování)

| Pořadí | Operace | | | | | | | TMU | Čas dle MOST[s] |
|-----------------|--------------------------------------|---|---|---|---|---|-------|-----|-----------------|
| 1 | Zadělat sáček | | | | | | | 60 | 2,16 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 0 | | |
| 2 | Uchopit balení a přemístit na paletu | | | | | | | 110 | 3,96 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 3 | 3 | | |
| 3 | Dát víko na balení | | | | | | | 70 | 2,52 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | | |
| 3 | Nalepit etiketu na balení | | | | | | | 120 | 4,32 |
| | A | B | G | M | X | I | A | | |
| | 3 | 0 | 1 | 1 | 6 | 0 | 1 | | |
| Součet TMU | | | | | | | 360 | | |
| Celkový čas [s] | | | | | | | 12,96 | | |

V tabulce (Tab. 17) je vypočten čas pro ukládání dílů do balení a jsou k němu připočteny časy chystání prázdného balení a zároveň ukládání plného balení na paletu přepočtené na jeden kus. Při ukládání do balení ještě probíhá kontrola čitelnosti popisu dílu a jeho nepoškozenost.

Celkový čas balení vztažený na jeden kus tedy je 6,32 s, což je o 3,68 s méně, než je čas normy.

Tabulka 17 MOST pro stanici 10 – ukládání do balení (vlastní zpracování)

| Pořadí | Operace | | | | | | | | | | TMU | Čas dle MOST[s] | |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-----|-----------------|---|
| 1 | Uchopit díl, provést vizuální kontrolu, odložit do balení | | | | | | | | | | 100 | 3,6 | |
| | A | B | G | A | B | P | T | A | B | P | | | A |
| | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 3 | | | 1 |
| Součet TMU | | | | | | | | | | 100 | | | |
| Čas zabalení plného balení na ks [s] | | | | | | | | | | 0,54 | | | |
| Čas nachystání prázdného balení na ks [s] | | | | | | | | | | 2,18 | | | |
| Celkový čas [s] | | | | | | | | | | 6,32 | | | |

9.1.2 Přímé měření operací

Na všech stanicích byl měřen čas metodou přímého měření. Dle vzorce 2 byl na základě pěti měření vypočítán potřebný počet pozorování pro konfidenční interval 95 % a přípustnou chybu 5 %. Stupeň výkonu byl hodnocen dle Westinghouse systému z tabulky (Tab. 4). Jelikož všichni operátoři na lince nějakou dobu pracují a nebyly zaznamenány žádné zvláštní podmínky, faktory pro zručnost, úsilí, podmínky, konzistentnost byly ohodnoceny jako $D = 0$, tedy průměrné.

Vedle výsledků měření je také v tabulce (Tab. 18) pro srovnání uveden čas MOST. Úzkým místem je na montážní lince stanice 10 – End of Line testovací zařízení s průměrným časem 10,06 s. Linka je zkonstruována v principu toku jednoho dílu, kde díly jezdí za sebou ve vozících. Z toho důvodu nemůže dojít k předjetí vozíků navzájem a také nelze vytvořit žádnou zásobu před úzkým místem. Tím pádem úzké místo ovlivňuje časy všech stanic v lince, kdy před ním se vozíky zpomalují a předchozí stanice musí čekat, než jsou z nich díly odebrány. Při měření se proto v praxi stávalo, že jedno pozorování mělo vyšší čas než průměrný, ale několik dalších poté nižší.

Tabulka 18 Přímé měření operací včetně MOST (vlastní zpracování)

| Číslo stanice | Potřebný počet pozorování (zaokrouhлено nahoru) | Počet provedených pozorování | Průměrný čas pozorování [s] | Čas MOST [s] |
|---------------|-------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------|
| 1 | 2 | 20 | 6,76 | - |
| 2 | 35 | 35 | 9,54 | 8,85 |
| 3 | 1 | 20 | 7,83 | - |
| 4 | 63 | 63 | 8,17 | - |
| 5 | 25 | 25 | 9,11 | - |
| 6 | 25 | 25 | 9,61 | 5,56 |
| 7 | 6 | 20 | 7,66 | - |
| 8 | 9 | 20 | 9,45 | 4,69 |
| 9 | 1 | 20 | 9,81 | - |
| 10 - stroj | 1 | 30 | 10,06 | - |
| 10 - operátor | - | - | - | 6,32 |

Při srovnání změřeného času s časem MOST je ve stanici 2 MOST rychlejší o 0,69 s, ve stanici 6 o 4,05 s, ve stanici 8 o 4,76 s a ve stanici 10 dokáže pracovník balit díly o 3,74

s rychleji, než testovací zařízení odkládá hotové díly. Všechny vypočítané časy MOST jsou o více než 7 % rychlejší než změřené časy.

Díky provedené analýze měření práce byla ověřena schopnost montážní linky plnit normu. Čas taktu úzkého místa a čas normy jsou téměř totožné. Rozdíl je 0,06 s, o co je úzké místo pomalejší než čas normy. Tento stav je nežádoucí, protože normu není možné splnit ani při ideálních podmínkách. Také nejsou do normy započítány žádné přírážky na odpočinek nebo nepředvídatelné události. Nabízí se dvě možnosti řešení. Jako první je úprava EOL testovacího zařízení, aby bylo schopno díly testovat rychleji. To už je ale nastaveno tak, že všechny úkony provádí na hranici svých možností, takže by muselo být konstrukčně upraveno. Vzhledem k jeho komplexnosti by byla úprava finančně velice náročná. Druhá možnost řešení by spočívala v úpravě normy, kdy toto řešení by bylo možné realizovat bez vzniklých nákladů.

10 CELKOVÁ EFEKTIVNOST MONTÁŽNÍ LINKY

Celkový výstup z linky je zaznamenáván do směnového protokolu v papírové formě. Zde jsou uvedeny základní údaje jako datum, číslo linky, osobní čísla operátorů, počet shodných vyrobených dílů, počet neshodných vyrobených dílů, prostoje a další. Tyto protokoly jsou následně převedeny do elektronické formy pomocí skeneru a software Cosmino. Z Cosmina je poté možné generovat reporty zmetkovitosti a také reporty týkající se ztrátových časů potažmo celkové efektivity zařízení.

Analyzované období je týden 44-50/2021 (1.11.-19.12.2021).

Tabulka 19 Celková efektivnost montážní linky
dvoucestných ventilů v období 1.11.-19.12.2021
(vlastní zpracování)

| | |
|--------------------------------|----------------|
| Čas chodu linky [h] | 241 |
| Ztrátové časy [h] | 64,5 |
| Disponibilita | 73,24 % |
| Ideální počet vyrobených dílů | 63 543 ks |
| Skutečný počet vyrobených dílů | 63 290 ks |
| Výkon | 99,60 % |
| Počet vyrobených dílů | 63 290 ks |
| Počet shodných dílů | 62 628 ks |
| Kvalita | 98,95 % |
| CEZ | 72,18 % |

V tabulce (Tab. 19) byla dle vzorce 6 vypočtena celková efektivnost montážní linky za sledované období. Ta dosáhla 72,18 %. Tento výsledek je zapříčiněn z hlavní části disponibilitou, která činila 73,24 %. Výkon a kvalita dosáhly hodnot nad 98 %.

V tabulce (Tab. 20) je celková efektivnost vypočtena po týdnech. Podle výsledků lze vidět, že maximální CEZ bylo dosaženo v týdnu 44 a to 77,10 %. Ostatní týdny byla stabilně nižší a na základě výsledků lze usuzovat, že se jedná o dlouhodobý problém.

Tabulka 20 CEZ montážní linky dvoucestných ventilů v období 1.11.-19.12.2021 - týdny (vlastní zpracování)

| Týden | CEZ | Disponibilita | Výkon | Kvalita |
|-------|--------|---------------|---------|---------|
| 44 | 77,10% | 77,48% | 99,97% | 99,54% |
| 45 | 68,56% | 70,13% | 98,10% | 99,64% |
| 46 | 72,10% | 71,91% | 100,90% | 99,37% |
| 47 | 73,95% | 76,19% | 97,87% | 99,17% |
| 48 | 73,72% | 74,42% | 100,26% | 98,81% |
| 49 | 68,22% | 68,48% | 100,89% | 98,74% |
| 50 | 70,25% | 73,28% | 98,73% | 97,10% |

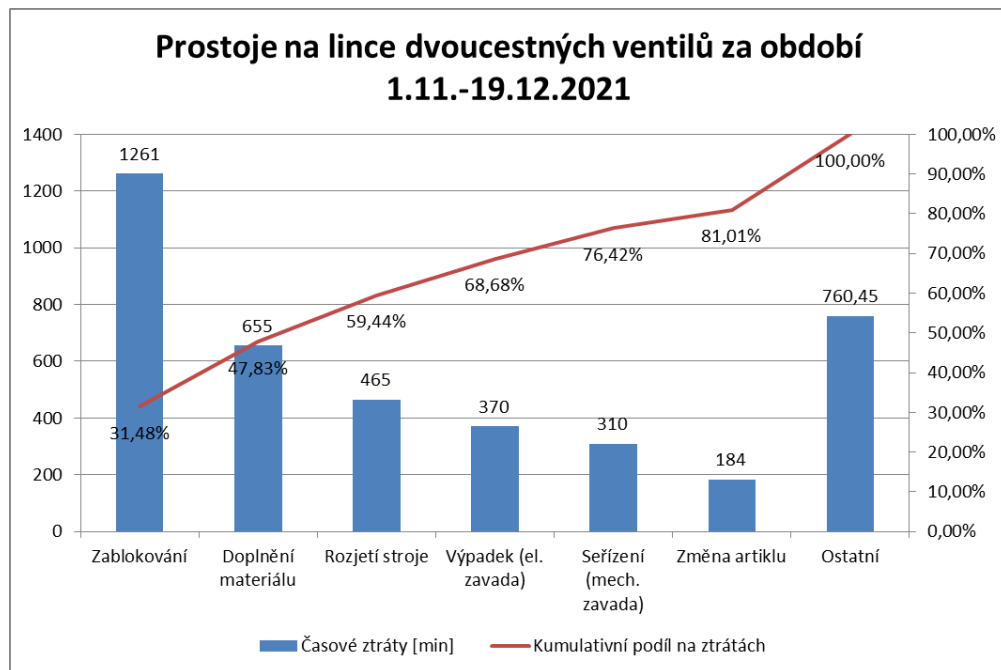
V projektu je kalkulováno s celkovou efektivností 85 %. Do této hodnoty však chybí téměř 13 %. Nižší efektivnost způsobuje následující problémy:

- Snižuje produktivitu práce, což má přímý vliv na hospodářský výsledek.
- Snižuje kapacitu mechaniků, kteří by se mohli věnovat jiným strojům a preventivním údržbám.
- Existuje riziko, že v případě navýšení zákaznických objednávek bychom nebyli schopni je standardním provozem splnit a museli se uchýlit k přesčasům, které by generovaly další zvýšené náklady.

Proto je nutné zjistit příčiny nízké dostupnosti a odstranit je.

10.1 Disponibilita montážní linky

V Microsoft Access je vytvořena aplikace pro zobrazení detailu časových ztrát. Pomocí této aplikace byl vygenerovaný Excelový report pro sledované časové období 1.11.-19.12.2021. Data byla pomocí kontingenční tabulky seřazena podle druhu ztrát a zobrazena do Paretova diagramu.

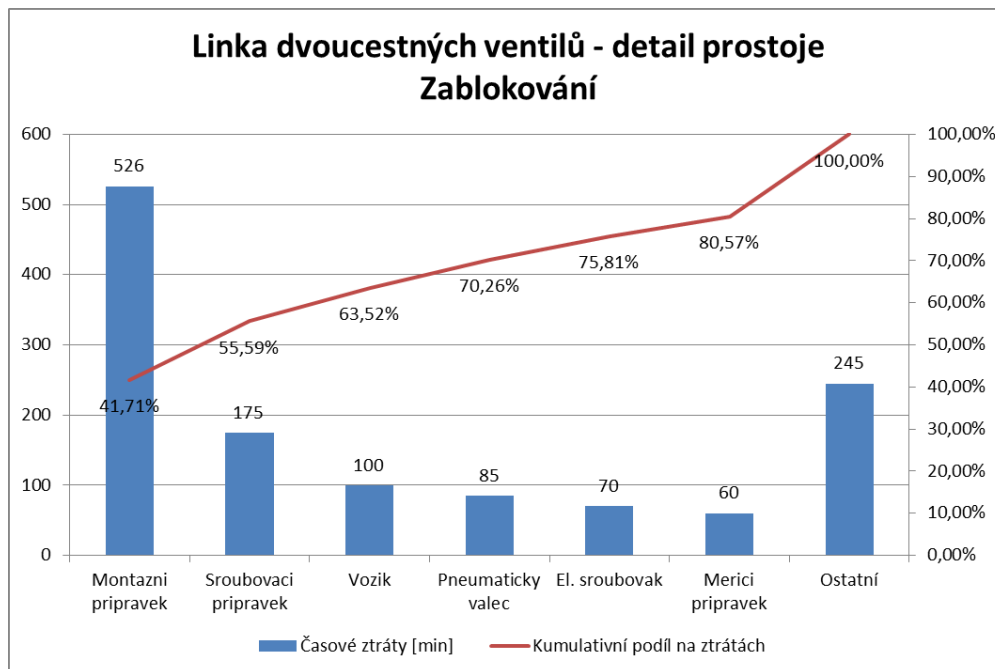


Obrázek 15 Paretoův diagram prostojeů na lince dvoucestných ventilů (vlastní zpracování)

Na obrázku (Obr. 15) jsou zobrazeny časové ztráty seřazené od největších po nejmenší, přičemž ztráty nad kumulativních 80 % byly pro přehlednost sloučeny do jedné kategorie Ostatní. Ztráty Rozjetí stroje a Změna artiklu jsou nutné ztráty, které nelze odstranit. Rozjetí stroje se provádí na začátku každé směny nebo po opravě zkušebního zařízení ve stanici 10. Ověřovací vzorky se automaticky vkládají postupně do každého ze čtyř identických zkušebních přípravků, čímž se otestuje správná funkce zařízení. Tato sekvence probíhá automaticky a nelze ji nijak urychlit. Změna artiklu neboli přetypování je realizováno pouze ve stanici 10, kde se vymění zkušební přípravek za jinou variantu v duchu SMED, tudíž ani zde není velký potenciál pro zkrácení času. Plánovačka výroby se snaží přetypování naplánovat vždy, když montážní linka nevyrábí, ale ne pokaždé to lze takto realizovat.

10.1.1 Zablokování

Zablokování tvoří s počtem 1261 minut největší podíl na časových ztrátách linky (31,48 %).



Obrázek 16 Paretův diagram detailu ztráty Zablokování na lince dvoucestných ventilů (vlastní zpracování)

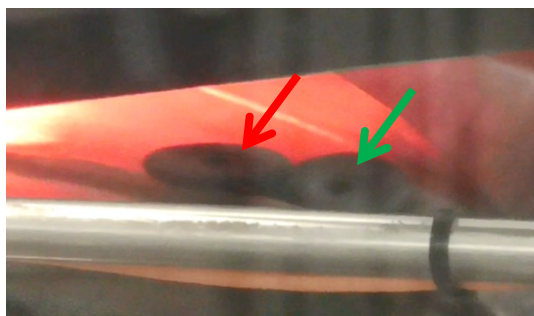
Na obrázku (Obr. 16) jsou zobrazeny místa časových ztrát při Zablokování. Největší časové ztráty ve výši 41,71 % jsou na místě montážní přípravek. Detailnější vyhodnocení systém neumožňuje, takže se z reportu nelze dozvědět, u kterého montážního přípravku konkrétně k zablokování dochází.

Proto byly realizovány rozhovory s operátory a mechaniky s cílem zjistit konkrétní místo vzniku zablokování. Pro monitorování stavu byla také použita kamera, aby bylo možné stavy blokad detailně analyzovat. První místo vzniku je ve stanici 1, kdy se ve vibračním podavači Těsnící profily zablokují před vstupem do konečné lišty, což lze vidět na obrázku (Obr. 17). V tomto případě musí obsluha nebo mechanik otevřít bezpečnostní dveře a Těsnící profily manuálně oddělat, aby se obnovil plynulý chod stroje. Díky tomu, že to ve většině případů dělá obsluha, se to dá považovat za prvek TPM, který podstatně zrychlí dobu opravy oproti tomu, kdyby se muselo čekat na mechanika.



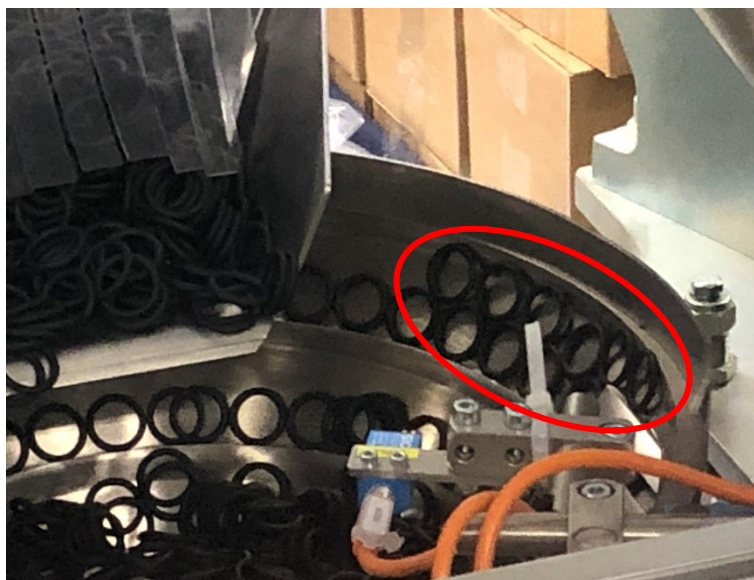
Obrázek 17 Stanice 1 – Zablokované Těsnící profily
(vlastní foto)

Druhý případ zablokování nastává z důvodu, kdy těsnění vyjede na hranu, která má bránit ve spadnutí těsnění dovnitř bubnu, a poté zablokuje vstup do konečné lišty. Tento stav lze vidět na obrázku (Obr. 18), který byl zachycen z videozáznamu.



Obrázek 18 Stanice 1 – Těsnící profil
v nesprávné pozici (vlastní foto)

Ve stanici 7 dochází k zablokování, kde ve vibračním podavači Těsnící kroužky 2 začnou tvořit druhou řadu a posléze dojde ke stavu, kdy díly navzájem zablokují a znemožní posun těsnění do konečné lišty, což je zobrazeno na obrázku (Obr. 19). I v tomto případě musí obsluha nebo mechanik otevřít bezpečnostní dveře a díly manuálně oddělat, aby se obnovil plynulý chod stroje.



Obrázek 19 Stanice 7 – Zablokované Těsnící kroužky 2 (vlastní foto)

Po identifikaci těchto dvou stanic byla znovu přezkoumána data prostojů a bylo zjištěno, že mimo 526 minut prostojů v zablokování se montážní přípravek vyskytuje v druhu ztrát seřízení (105 minut) a vibrační hrnec je v prostojích zastoupen dalšími 130 minutami. Celkem je tedy blokáce a seřízení těchto dvou stanic zastoupeno v časových ztrátách 761 minutami, což je v přepočtu 5,26 % CEZ.

Pro stanovení konkrétních příčin prostojů byla použita metoda 5x Proč zobrazena v tabulce (Tab. 21).

Tabulka 21 Hledání příčin časových ztrát pomocí 5x Proč (vlastní zpracování)

| Pořadí | Proč jsou časové ztráty ve stanici 1? | Proč jsou časové ztráty ve stanici 1? | Proč jsou časové ztráty ve stanici 7? |
|--------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1. | Protože dochází k zablokování vibračního podavače | Protože dochází k zablokování vibračního podavače | Protože dochází k zablokování vibračního podavače |
| 2. | Proč dochází k zablokování vibračního podavače? | Proč dochází k zablokování vibračního podavače? | Proč dochází k zablokování vibračního podavače? |
| | Těsnění se nahromadí před vstupem do | Těsnění se nahromadí před vstupem do koncové lišty | Těsnění se nahromadí před vstupem do |

| | | | |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| | koncové lišty | | koncové lišty |
| 3. | Proč se těsnění nahromadí před vstupem do koncové lišty? | Proč se těsnění nahromadí před vstupem do koncové lišty? | Proč se těsnění nahromadí před vstupem do koncové lišty? |
| | Vibrační hrnec posouvá těsnění i v případě, kdy je koncová lišta plná | Vstup do koncové lišty je zablokovan těsněním, které najede nakřivo. | Těsnění se zablokuje kvůli přítomnosti druhé řady těsnění. |
| 4. | Proč vibrační hrnec posouvá těsnění i v případě, kdy je koncová lišta plná? | Proč je vstup do koncové lišty zablokovan těsněním, které najede nakřivo? | Proč je přítomna druhá řada těsnění? |
| | Koncová lišta není vybavena senzorem, který by dal signál vibračnímu hrnci, aby přestal posouvat těsnění. | Těsnění najede nakřivo z důvodu, že se při posouvání dostane na hranu zábrany. | Ve vibračním bubnu není mechanismus, který by znemožňoval vytvoření druhé řady těsnění. |
| 5. | - | Proč se těsnění dostane na hranu zábrany? | - |
| | - | Výška zábrany není dostatečná. | - |

10.1.2 Doplnění materiálu

Doplnění materiálu se podílí na celkových časových ztrátách 16,35 %. Při přepočtu na CEZ to činí 4,53 %. Při hodinové sazbě linky 3028,76 Kč / hod, jsou za sledované období celkové náklady na doplnění materiálu 33074 Kč. Jak už bylo popsáno v charakteristice montážní linky, materiál doplňuje operátor, který provádí balení hotových výrobků. Jelikož ale doplňování nelze plně stíhat během balení dílů, mohou si operátoři ve směnovém protokolu vykázat na doplňování materiálu 20 minut. Stávají se případy, že si vykážou i méně, protože materiál dokáží doplnit během poruchy stroje v lince.

Tabulka 22 Zásoby a spotřeba materiálu na lince dvoucestných ventilů (vlastní zpracování)

| Název Dílu | Počet ks v balení | Kapacita dopravníku [ks balení] | Kapacita dopravníku [ks] | Spotřeba zásoby [min] |
|--------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Magnetické jádro | 64 | 6 | 384 | 64,0 |
| Šroub | Karton 5000/sáček 1250 | VP | 2500 | 104,2 |
| Vnější pouzdro | 72 | 10 | 720 | 120,0 |
| Oddělovací pouzdro | 300 | VP | 800 | 133,3 |
| Těsnící profil | 2000 | VP | 900 | 150,0 |
| Cívka | 120 | 8 | 960 | 160,0 |
| Těsnící kroužek 2 | 5000 | VP | 1000 | 166,7 |
| Těsnící kroužek 1 | 10000 | VP | 1000 | 166,7 |
| Domek | 140 | 9 | 1260 | 210,0 |
| Vodící tyčka | 3000 | VP | 1500 | 250,0 |
| Kotva | 400 | 5 | 2000 | 333,3 |
| Jistící kroužek | 20000 | VP | 2000 | 333,3 |
| Pružina | 10000 | 5 | 50000 | 8333,3 |

V tabulce (Tab. 22) lze vidět zásoby a spotřebu materiálu na montážní lince při taktu 10 s na kus. Díly jsou seřazeny dle času spotřeby materiálu od nejmenší po největší. Nejčastěji je potřeba doplňovat magnetická jádra, která se spotřebují už po 64 minutách.

Dále byl zjištěn čas potřebný k doplnění materiálu. Existují čtyři různé způsoby, kterými se materiál doplňuje:

1. Materiál se nachází v plastovém obalu a je doplňován uchopením celého balení a vložením na gravitační dopravník.
2. Materiál se nachází v kartonovém obalu a je potřeba jej otevřít pomocí rozřezání a následně vložit do plastového obalu, který se vloží na gravitační dopravník.
3. Materiál se nachází v plastovém či kartonovém obalu a je doplňován do vibračních podavačů sypáním přímo ze sáčku.
4. Materiál se nachází v plastovém či kartonovém obalu a je doplňován do vibračních podavačů ručně po hrstech.

Pro způsob 1 byl vytvořen MOST zobrazený v tabulce (Tab. 23).

Tabulka 23 MOST pro doplnění materiálu způsobem 1 (vlastní zpracování)

| Pořadí | Operace | | | | | | | TMU | Čas dle MOST[s] |
|-----------------|------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|------|-----------------|
| 1 | Uchopit balení a vložit jej na dopravník | | | | | | | 190 | 6,84 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | |
| | 1 | 3 | 3 | 3 | 0 | 6 | 3 | | |
| Součet TMU | | | | | | | | 190 | |
| Celkový čas [s] | | | | | | | | 6,84 | |

Také pro způsob 2 byl vytvořen MOST, který je zobrazen v tabulce (Tab. 24).

Tabulka 24 MOST pro doplnění materiálu způsobem 2 (vlastní zpracování)

| Pořadí | Operace | | | | | | | | | | | TMU | Čas dle MOST[s] |
|-----------------|-------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|-----------------|
| 1 | Uchopit nůž a rozříznout balení | | | | | | | | | | | 200 | 7,2 |
| | A | B | G | A | B | P | C | A | B | P | A | | |
| | 1 | 0 | 1 | 1 | 6 | 3 | 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | | |
| 2 | Uchopit balení a vložit jej do plastového obalu | | | | | | | | | | | 160 | 5,76 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | | | | | |
| | 1 | 6 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | | | | | | |
| 3 | Uchopit plastový obal a vložit jej na dopravník | | | | | | | | | | | 140 | 5,04 |
| | A | B | G | A | B | P | A | | | | | | |
| | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 6 | 3 | | | | | | |
| Součet TMU | | | | | | | | | | | | 500 | |
| Celkový čas [s] | | | | | | | | | | | | 18 | |

Způsoby 3 a 4 jsou specifické a byly změřeny přímým měřením. Souhrnné výsledky jsou uvedeny tabulce (Tab. 25).

Tabulka 25 Čas potřebný k doplnění jednotlivých materiálů za směnu (vlastní zpracování)

| Název Dílu | Způsob doplnění materiálu | Čas doplnění jednoho balení [s] | Počet doplnění za směnu při CEZ 85 % zaokrouhlený nahoru | Čas doplnění celkem [s] |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------|
| Magnetické jádro | 1 | 6,84 | 59 | 403,56 |
| Šroub | 3 | 15 | 6 | 90 |
| Vnější pouzdro | 2 | 18 | 52 | 936 |
| Oddělovací pouzdro | 3 | 20 | 5 | 100 |
| Těsnící profil | 4 | 60 | 5 | 300 |
| Cívka | 1 | 6,84 | 32 | 218,88 |
| Těsnící kroužek 2 | 4 | 60 | 4 | 240 |
| Těsnící kroužek 1 | 4 | 120 | 4 | 480 |
| Domek | 1 | 6,84 | 27 | 184,68 |
| Vodící tyčka | 4 | 120 | 3 | 360 |
| Kotva | 1 | 6,84 | 10 | 68,4 |
| Jistící kroužek | 4 | 45 | 2 | 90 |
| Pružina | 2 | 18 | 1 | 18 |

Celkový čas potřebný k doplnění materiálu a odebírání prázdných obalů je zobrazen v tabulce (Tab. 26) a činí 89,75 minuty. V přepočtu na jeden vyrobený kus je to 1,44 s. Při připočtení tohoto času k celkovému času balení dílů operátorem je výsledek 7,76 s, což se může teoreticky zdát v pořádku vzhledem k taktu EOL zařízení 10,06 s. Problém je ten, že kapacita na pásu hotových dílů je devět kusů, tudíž se operátor musí minimálně každých 90,54 s vrátit a balit díly. V praxi proto nelze doplnit všechny materiály najednou, ale musí vždy doplnit pouze to, co stihne do času 90,54 s. Vzhledem k doplňovacím časům a vzdálenostem od místa balení nelze tento limit vždy splnit, a proto dochází k prostojům.

Tabulka 26 Celkový čas potřebný k doplňování materiálu včetně odebírání prázdných obalů (vlastní zpracování)

| | |
|-----------------------------------------------------|---------|
| Čas doplnění materiálu celkem [s] | 3489,52 |
| Čas na 50 kroků (960 TMU) [s] x 6 okruhů | 207,36 |
| Čas potřebný k odebírání prázdných obalů celkem [s] | 1688,4 |
| Čas doplňování i odebírání celkem [s] | 5385,28 |
| Čas doplňování i odebírání celkem [min] | 89,75 |
| Čas na 1 vyrobený kus [s] | 1,44 |

10.1.3 Analýza zaznamenávání prostojů při poruše

V rámci analýzy jednotlivých prostojů bylo také provedeno porovnání zaznamenaných prostojů se skutečnými výstupy ze strojů v jednotlivých stanicích. Analýza byla provedena v rámci jedné směny od 6:00 do 14:00 hodin. Z každé stanice je možné získat přesná data o čase vyrobených dílů. V časech jednotlivých prostojů tedy bylo pro každou stanici zjišťováno, kolik bylo během prostoje vyrobeno dílů. Výsledky jsou uvedeny v tabulce (Tab. 27). Ve sloupci minimum je poté zobrazen nejmenší počet vyrobených dílů během daného prostoje.

Tabulka 27 Počet vyrobených kusů během prostojů (vlastní zpracování)

| Prostoj | Důvod | Počet vyrobených kusů v jednotlivých stanicích | | | | | | | | | | Minimum |
|-------------|--------------------------------|------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 06:00-06:10 | Rozjetí stroje | 43 | 37 | 34 | 31 | 27 | 22 | 19 | 15 | 11 | 8 | 8 |
| 06:20-06:30 | Zablokování šroubovák | 23 | 27 | 29 | 25 | 22 | 27 | 21 | 21 | 21 | 24 | 21 |
| 06:30-06:35 | Zablokování montážní přípravek | 16 | 10 | 9 | 14 | 19 | 15 | 19 | 39 | 21 | 17 | 9 |
| 07:10-07:25 | Seřízení - snímač | 22 | 24 | 25 | 22 | 23 | 23 | 22 | 23 | 23 | 22 | 22 |
| 07:50-08:00 | Zablokování šroubovák | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 | 0 |
| 08:10-08:15 | Zablokování montážní přípravek | 10 | 6 | 2 | 0 | 1 | 14 | 16 | 18 | 17 | 14 | 0 |
| 08:50-09:10 | Přetypování | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 09:10-09:20 | Rozjetí stroje | 64 | 60 | 57 | 54 | 51 | 42 | 39 | 35 | 31 | 27 | 27 |
| 09:20-09:25 | Zablokování šroubovák | 28 | 31 | 33 | 31 | 26 | 25 | 25 | 25 | 24 | 27 | 24 |
| 09:40-09:50 | Zablokování | 30 | 30 | 30 | 29 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 29 | 29 |
| 11:05-11:15 | Zablokování montážní přípravek | 61 | 61 | 59 | 58 | 59 | 59 | 59 | 59 | 61 | 61 | 58 |
| 12:10-12:20 | Zablokování montážní přípravek | 42 | 42 | 42 | 45 | 45 | 46 | 45 | 45 | 42 | 43 | 42 |
| 13:20-13:25 | Zablokování vibrační lišta | 9 | 9 | 8 | 9 | 12 | 13 | 12 | 13 | 14 | 11 | 8 |

Bylo zjištěno, že během většiny prostojů byly vyrobeny díly v poměrně velkém počtu. Všechny začátky a konce prostojů jsou v násobcích pěti. Z toho lze vyvodit, že mechanici a operátoři během zaznamenání prostojů čas vždy zaokrouhlí směrem nahoru na vyšší hodnotu. Systém Cosmino, který zpracovává data ze směnových protokolů, přitom dokáže pracovat i s jednotlivými minutami.

V tabulce (Tab. 28) je počet vyrobených dílů během prostojů přepočten na minuty výroby. Výsledek je, že ze 105 minut zapsaných prostojů bylo 41,33 minut vyráběno, což je téměř 40 % času. Tímto časem si nyní operátoři pomáhají ke splnění normy, která je v tuto chvíli nesplnitelná. Je to samozřejmě z principu špatně a bude vhodné na to učinit nápravné opatření. Nabízelo by se zavést systém sledování výkonu linky pomocí PC, kdy by už se nevypisovaly papírové směňové protokoly, ale všechny záznamy by se prováděly do PC. Montážní linka je na to dokonce připravena a vybavena čtečkou čipových karet. Projekt na toto řešení je už ale ve fázi realizace a firma Cosmino provádí přípravu jejich SW na implementaci. Do doby zavedení proto bude muset být navrženo nějaké organizační řešení.

Tabulka 28 Vyrobené díly během prostojů
přepočtené na minuty výroby (vlastní zpracování)

| | |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|
| Prostojů celkem (bez přetypování) | 105 minut |
| Dílů vyrobeno během prostojů (oprav mechanikem) | 213 ks |
| Dílů vyrobeno během rozjetí stroje | 35 ks |
| Díly vyrobené během prostojů přepočteny na minuty výroby (10 s/ks) | 41,33 minut |

Pokud by byly všechny zapisované prostoje ve sledovaném období byly přibližně o 15 % delší, než ve skutečnosti jsou, jejich přesným zapisováním se zvýší disponibilita montážní linky o 4,01 %.

11 5S AUDIT

Na lince montáže dvoucestných ventilů byl tak proveden 5S audit. Tento audit se provádí pomocí firemního formuláře, který obsahuje 16 otázek. Každá otázka může být vyhodnocena 0 = nesplněno, nebo 5 = splněno. Maximální počet bodů je 80 a minimální cíl je 70 bodů.

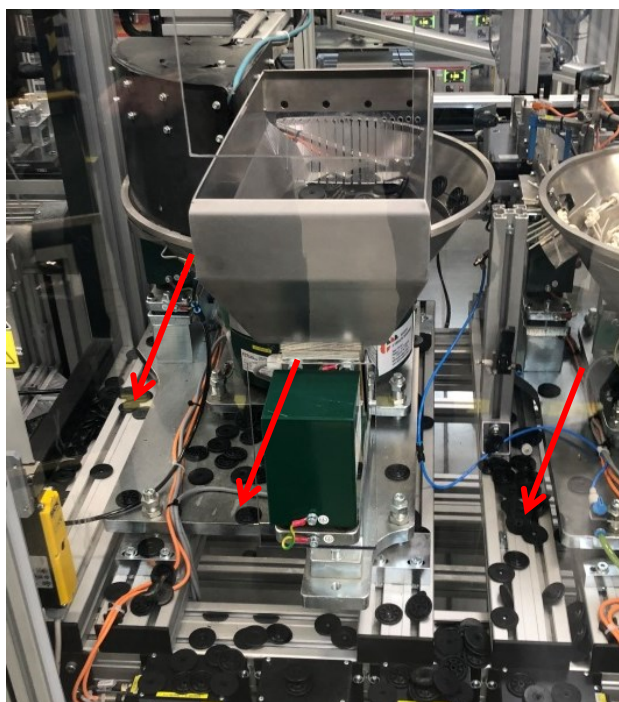
Tabulka 29 5S audit linky dvoucestných ventilů (vlastní zpracování)

| Pořadí | Bod auditu | Hodnocení | Komentář |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Je výroba čistá, není na zemi materiál nebo nečistoty? | 0 | Ve stanici 1 a 7 se nachází vstupní díly mimo vibrační podavače (Obr. 20) |
| 2. | Nejsou žádné nepotřebné věci na pracovišti? | 5 | Na lince se nenacházejí žádné nepotřebné věci. |
| 3. | Jsou dodrženy definované týdenní úklidy, včetně jejich vykazování? | 5 | Záznamy o týdenních úklidech jsou zapsány ve formuláři. |
| 4. | Je správně označený materiál umístěn pouze v určených, řádně označených místech? | 5 | Všechn materiál na lince je označen a umístěn na určených místech. |
| 5. | Je materiál odebírán z předepsaných míst? | 5 | Materiál je odebírán pouze z předepsaných míst. |
| 6. | Není ve výrobě nadbytečný materiál? | 5 | Ve vibračních podavačích a gravitačních zásobnících se nachází pouze potřebné množství materiálu. |
| 7. | Jsou krabičky / zásobníky na materiál a pracovní pomůcky na pracovišti čisté, na určených místech a jsou řádně označeny? | 0 | Všechny zásobníky na materiál jsou čisté. Ve stanicích 2, 6, 8 nejsou umístěny vysavače, i když by jimi pro úklid linky měly být vybaveny. |
| 8. | Jsou přípravky a vzorky čisté a | 5 | Ověřovací vzorky jsou čisté a |

| Pořadí | Bod auditu | Hodnocení | Komentář |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | řádně uloženy a označeny dle standardu? | | v označených boxech. Volné přípravky se na lince nenachází. |
| 9. | Je pracoviště vybaveno dle standardu 5S? | 5 | Každá stanice, kterou obsluhuje operátor, je vybavena standardem pracoviště s definicí čistoty a uspořádání pracoviště. |
| 10. | Je dodržován standard tabulí KPI ve výrobě? Je dokumentace aktuální a pravidelně aktualizována? | 5 | Klíčové ukazatele výkonnosti jsou vizualizovány na hlavní tabuli pro celý výrobní úsek. Dokumentace je aktuální a při změnách aktualizována. |
| 11. | Jsou operátoři oblečeni dle standardu firmy WOCO STV a neporušují tento standard neautorizovanou úpravou nadefinovaného oblečení? | 5 | Nenalezen žádný rozpor se směrnicemi o pracovním oděvu. |
| 12. | Ví náhodně vybraný operátor výroby, co je to 5S, jaké jsou standardy 5S a jestli byl na 5S proškolen? | 5 | Dotázaný operátor je schopen stručně popsat metodu 5S. Operátoři jsou seznámeni s metodou při vstupním školení. |
| 13. | Nejsou ve výrobě žádná zjevná poškození strojů / příslušenství / regálů, které by mohla vést k úrazu pracovníků při pohybu ve výrobě? | 5 | Nenalezena žádná poškození strojů. |
| 14. | Je osvětlení pracoviště funkční? | 5 | Osvětlení pracovišť je funkční. |
| 15. | Jsou bezpečnostní zařízení na pracovišti funkční a obsluha ví, k | 5 | Každá stanice je vybavena nouzovým bezpečnostním vypínačem. Obsluha ví, k čemu |

| Pořadí | Bod auditu | Hodnocení | Komentář |
|--------|------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------|
| | čemu a jak slouží? | | slouží a funkčnost byla ověřena v rámci opravy stroje. |
| 16. | Používají pracovníci předepsané bezpečnostní a ochranné pomůcky? | 5 | Pracovníci používají ochrannou bezpečnostní obuv. |

Výsledek 5S auditu je 70 bodů, čímž byl cíl splněn. Nicméně v bodu 1 byl nalezen nedostatek, kdy ve stanici 1 a 7 byly vstupní díly napadané mimo vibrační podavač. Příčina problému je v tom, že první část vibračního podavače není nijak zakrytá, takže při doplňování materiálu může část materiálu vypadnout mimo. Také bylo zjištěno, stanice 2, 6 a 8 nejsou vybaveny vysavačem, i když by zde měly pro úklid linky být.



Obrázek 20 Těsnící profil mimo vibrační podavač (vlastní foto)

12 ZOBRAZOVÁNÍ REPORTU VÝSLEDKŮ ZE STROJŮ V MONTÁŽNÍ LINCE

Při analýze byl ještě zjištěn potenciál pro zlepšení, co se týče zobrazování dat ze strojů v montážní lince. Často je potřeba získat data z montážního procesu a dále je vyhodnocovat. Při současném stavu lze data zobrazit pouze z PC v montážní lince prostřednictvím webového prohlížeče a rozhraní vytvořeného dodavatelskou firmou. To má ale svá úskalí:

1. Při generování reportů může dojít k přetížení SQL Express serveru a v nejhorším případě zastavení montážní linky.
2. Při generování datově nejobjemnějšího reportu Historie výsledků měření je možné zobrazit údaje pouze za jednu směnu z důvodu velkého objemu dat a typu SQL serveru. Při volbě více směn najednou se internetový prohlížeč zasekne a musí se restartovat.

Data z reportu Historie výsledků měření lze z vygenerovaného reportu uložit do formátu MS Excel a následně pomocí USB flash disku přesunout do jiného PC. Po otevření reportu v MS Excel se ukazují jeho vlastní problémy:

- obsahuje sloučené buňky,
- buňky obsahující číselné výsledky nejsou v číselném formátu a místo desetinných čárek mají tečky,
- výsledky opakovaného měření dílu se zobrazují vedle sebe, ne pod sebou.

Na základě výše zmíněných problémů nelze s daty dále pracovat bez předchozí úpravy. Dále byl měřen čas potřebný k získání dat z jedné směny. V rámci získání dat je potřeba:

1. Chůze k PC v montážní lince.
2. Vložit USB flash disk do PC.
3. Vygenerovat report Historie výsledků měření a zkopírovat na USB flash disk
4. Vyjmout USB flash disk.
5. Chůze k PC v kanceláři.
6. Vložit USB flash disku do PC.
7. Otevřít report v MS Excel.

Celkový změřený čas je 5 minut, z toho chůze je 1 minuta.

Tyto problémy nejsou zanedbatelné, a proto by bylo vhodné najít řešení, které by proces získávání dat zjednodušilo.

13 SHRUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI

V analytické části byly měřeny časy práce v jednotlivých stanicích a také analyzována celková efektivnost montážní linky. Co se týče měření práce, bylo identifikováno jako úzké místo EOL testovací zařízení s časem 10,06 s. Norma 10 s/kus je vzhledem k tomuto zjištění nedosažitelná a bude potřeba ji upravit. Časy všech ručních operací, které provádí operátor, byly určeny pomocí metody BasicMOST a všechny jsou o více než 7 % nižší, než časy zjištěné metodou přímého měření.

Celková efektivnost montážní linky za sledované období dosáhla hodnoty 72,18 %. Vzhledem ke kalkulované hodnotě v projektu 85 % je tento výsledek nedostatečný. Největší podíl na tomto výsledku má disponibilita s hodnotou 73,24 %. Pomocí Paretova diagramu byly definovány největší časové ztráty a dále vybrány ty, které lze odstranit. Mezi ty patří zablokování a doplňování materiálu. U zablokování byly metodou 5x proč určeny konkrétní příčiny, na které se v další části práce budou navrhovat opatření. Realizací následujících opatření je možné zvýšit CEZ o 5,26 %:

1. Stanice 1 – Koncová lišta vibračního podavače není vybavena senzorem, který by dal signál vibračnímu podavači, aby přestal posouvat těsnění.
2. Stanice 1 – Výška zábrany ve vibračním podavači není dostatečná.
3. Stanice 7 – Ve vibračním podavači není mechanismus, který by znemožňoval vytvoření druhé řady těsnění.

Nezanedbatelný podíl ve ztrátových časech vzniká doplňováním materiálu, kvůli čemu je CEZ snížena o 4,53 %. Tuto vzniklou bude také vhodné odstranit.

Analýzou záznamů prostoje bylo zjištěno, že v rámci prostoje, kdy by správně měl některý ze strojů být v nečinnosti, bylo vyráběno a časy prostoje proto nejsou zapisovány přesně. Tím je CEZ snížena o 4,01 %. Přesným zapisováním prostoje dojde také ke zvýšení celkové efektivnosti linky.

Dalším odděleným místem ke zlepšení je získávání dat z montážní linky pro další zpracování. Zde byly nalezeny nedostatky, kdy získání dat trvá velmi dlouhý čas a v nejhorším případě může dojít kvůli zdlouhavému načítání k zastavení linky.

14 PROJEKT ZVÝŠENÍ CEZ MONTÁŽNÍ LINKY DVOUCESTNÝCH VENTILŮ

Pro odstranění nedostatků z analytické části byl vytvořen projekt. Odůvodnění projektu je popsáno metodou SPIN.

- **Situace:** byla provedena analýza montážní linky dvoucestných ventilů s cílem zjistit stav CEZ.
- **Problém:** analýzou bylo zjištěno, že ve sledovaném období byla výše CEZ 72,18 %, přičemž cíl při stavbě linky byl 85 %.
- **Implikace:** sníženou hodnotou CEZ není linka dostatečně využita a firmě se tím zvyšují náklady na vyrobené díly. Při zvýšených zákaznických objednávkách se může stát, že firma nebude schopna plnit zakázky ve standardním třísměnném provozu, a bude se muset uchýlit k přesčasům a dalším opatřením, které by generovaly zvýšené náklady.
- **Nutnost:** aby se předešlo výše zmíněným scénářům, je nutné definovat a zavést opatření, které povedou ke zvýšení CEZ.

14.1 Cíl projektu popsán metodou SMART

- **Specifický:** cílem projektu je zavést na montážní linku takové opatření, aby byla CEZ zvýšena na hodnotu 85 % oproti původní měřené hodnotě 72,18 %. To bude provedeno realizací následujících akcí:
 1. Úprava vibračního bubnu ve stanici 1.
 2. Doplnění a naprogramování senzoru na koncovou podávací lištu ve stanici 1.
 3. Úprava vibračního bubnu ve stanici 7.
- **Měřitelný:** výstup bude měřený pomocí hodnoty CEZ.
- **Akceptovaný:** všichni členové projektového týmu včetně vedoucích jsou srozuměni s cílem projektu.
- **Realizovatelný:** projekt je naplánován s ohledem na omezení z pohledu rozsahu akcí, času zpracování i finančních zdrojů. Měl by tedy být realizovatelný.

14.4 Matice zodpovědnosti

V tabulce (Tab. 32) jsou k jednotlivým akcím přiřazené zodpovědnosti.

Tabulka 32 Matice zodpovědnosti (vlastní zpracování)

| Akce | Radek | A | B | C | D | E |
|--------------------------------------------------|-------|---|---|---|---|---|
| Definování projektu | V | | | | | S |
| Vytvoření projektového týmu | V | | | | | |
| Vytvoření a zaslání poptávek pro úpravu zařízení | K | V | | | | |
| Zpracování poptávek a vytvoření nabídky | | | V | | V | |
| Zhodnocení a výběr vhodné nabídky | V | V | | | | S |
| Výroba a objednání komponentů | | K | V | V | | |
| Instalace HW komponentů na zařízení | | K | V | V | | |
| SW úpravy | | K | | | V | |
| Ověření a případná úprava v provozu | K | V | | | V | |
| Vyhodnocení přínosu opatření | V | | | | | K |

V – výkonná činnost; S – schvalování; K – kontrolní činnost

14.5 Nákladová analýza projektu

Po obdržení nabídek byla pro účely rozhodnutí o realizaci zpracována nákladová analýza projektu, kde náklady jsou uvedeny v tabulce (Tab. 33).

Tabulka 33 Náklady spojené s projektem (vlastní zpracování)

| Akce | Náklady |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------|
| HW materiál včetně montáže (realizace konstrukce WOCO STV) | 24 820 Kč |
| Příprava a implementace upraveného SW (realizace externím programátorem) | 8 000 Kč |
| Mzdové náklady na technika kvality a technologa (32 h) | 17 470 Kč |
| Celkem | 50 290 Kč |

V tabulce (Tab. 34) je poté vypočítána návratnost investice. Blokace a seřízení montážních přípravků figuruje v časových ztrátách 5,26 %. Tento podíl je z celkového času potřebného k výrobě dílů 102,09 hodin. Při nákladech na provoz linky 3 028,76 Kč / hod budou tedy úspory odstraněné blokací a seřízením montážních přípravků 309 216 Kč / rok. Náklady na úpravu dvou stanic jsou celkem 50 290 Kč. Po vydělení úsporami je výsledek návratnosti investice 59 dní.

Tabulka 34 Návratnost investice (vlastní zpracování)

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Zakázky na montážní lince jeden rok dopředu | 698 738 ks |
| Počet hodin potřebných k výrobě množství za rok při 100 % CEZ | 1 940,94 hod |
| Náklady na provoz linky / hod | 3 028,76 Kč |
| Počet hodin časových ztrát kvůli blokaci a seřízením montážních přípravků za rok | 102,09 hodin (5,26 %) |
| Úspory po odstranění blokace a seřízením montážních přípravků za rok | 309 216 Kč |
| Náklady na úpravu stanice 1 a 7 | 50 290 Kč |
| Návratnost investice (náklady / úspory) | $50\,290 / 309\,216 = 0,16$ let ≈ 59 dní |

Náklady i návratnost investice byly představeny vedoucímu výroby a ten na jejich základě investici schválil.

14.6 Riziková analýza projektu - RIPRAN

Rizika v projektu byla zpracována metodou RIPRAN.

Tabulka 35 Identifikace rizik (vlastní zpracování)

| Pořadové číslo rizika | Riziko | Scénář |
|-----------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Projekt nebude realizován | Projekt nebude realizován kvůli nedostatečným podkladům pro rozhodnutí |

| Pořadové číslo rizika | Riziko | Scénář |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. | Nedodržení termínu výroby nebo montáže komponent | Dodavatelé nestihnou díly vyrobit včas nebo mechanická konstrukce nezvládne komponenty nainstalovat včas |
| 3. | Implementace dílů do linky zabere více času, než bylo plánováno | Kvůli nepředvídatelným okolnostem dojde ke zdržení implementace do linky |
| 4. | Nevhodnost použitého řešení v praxi | Po instalaci do linky se ukáže, že navrhované řešení způsobuje ještě větší časové ztráty |

Tabulka 36 Kvantifikace rizik (vlastní zpracování)

| Pořadové číslo rizika | Pravděpodobnost | Dopad na projekt | Hodnota rizika |
|-----------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1. | 20 % | Projekt nebude realizován | 8 736 Kč (16hod práce technika kvality a technologa) |
| 2. | 15 % | Pozdržení implementace a zpoždění projektu | 5 946 Kč / týden |
| 3. | 25 % | Kvůli zdržení při samotné montáži komponentů do linky může dojít ke skluzu výroby a nutnosti spěšného leteckého transportu finálních výrobků k zákazníkovi. | 248 200 Kč |
| 4. | 10 % | Neúčinnost projektu | 50 290 Kč |

Tabulka 37 Reakce na rizika (vlastní zpracování)

| Pořadové číslo rizika | Návrh na opatření | Předpokládané náklady Termín realizace Osobní odpovědnost | Nová hodnota sníženého rizika |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1. | Zpracování kvalitních podkladů a nákladové analýzy včetně návratnosti investic | 0 Kč KT 1 Radek Zimčík | 0 Kč |
| 2. | Průběžná kontrola průběhu výroby a objednání nových komponent a zajištění kapacity mechanické konstrukce pro instalace komponent | 0 Kč KT3-7 A | 0 Kč |
| 3. | Vytvoření bezpečnostní zásoby finálních dílů | 0 Kč KT7 E | 0 Kč |
| 4. | Vytvoření konceptu nových komponent, aby byly demontovatelné ze zařízení | 0 Kč KT1 B | 0 Kč |

Celková hodnota rizik byla vyčíslena na 313 172 Kč. Po zavedení opatření proti jejich výskytu, které díky jejich charakteru nebudou generovat dodatečné náklady, se nová hodnota rizika dostane na 0 Kč. Všechna opatření z tabulky (Tab. 37) byla zavedena.

14.7 Implementace opatření

Komponenty byly vyrobeny včas a dle harmonogramu projektu byla montáž nových komponent do linky plánována v KT 10-12. Od té doby až doposud ale probíhají mechanickou konstrukcí jiné, vedoucími upřednostněné práce. Proto doposud komponenty nebyly na linku dvoucestných ventilů namontovány.

14.7.1 Stanice 1

Pro montáž komponenty na vibrační buben bude muset být vibrační buben z linky vymontován a odvezen do konstrukční dílny, kde proběhne jeho úprava. Ta bude spočívat v doplnění ohnutého plechu na hranu zábrany. Tím dojde ke zvýšení zábrany a těsnění už nebude moci vyjet na hranu a poté zablokovat vstup do koncové lišty. Při konceptu bylo myšleno na možnost demontování plechu, proto nebude plech k bubnu svařen, ale přišroubován. Vyrobený plech přidržený v místě budoucího umístění je zobrazen na obrázku (Obr. 21).



Obrázek 21 Vyrobený plech na stanici 1 (vlastní foto)

Dále bude do stanice 1 doplněn laserový senzor, který v případě naplnění koncové lišty zastaví vibrační buben a zabrání tím v nahromadění a zablokování těsnících profilů ve vstupu do koncové lišty. Pro lepší funkci senzoru bude v místě dopadu laserového paprsku vyvrtána díra a na nové místo dopadu paprsku nalepena reflexní páska, díky které senzor získá větší spolehlivost. Po montáži komponent externí programátor provede přes vzdálený přístup naprogramování čidla.

14.7.2 Stanice 7

Do vibračního bubnu ve stanici 7 bude namontován plech s použitím šroubů, takže bude možnost jej v případě potřeby odšroubovat, případně posunout. Pro názornost bylo pořízeno foto vyrobeného plechu přidrženého v místě budoucího umístění (Obr. 22). Poté už by nemělo docházet k vytváření druhé řady těsnění a tím blokování vstupu do koncové lišty.



Obrázek 22 Vyrobený plech na stanici 7 (vlastní foto)

14.7.3 Doplnování materiálu

Z důvodu časových ztrát způsobených doplňováním materiálu byla svolána schůzka s vedoucím skladu, pod kterého spadají i pracovníci interní logistiky – manipulanti. Bylo navrženo přesunutí odpovědnosti za doplňování určitých materiálů na manipulanty. Tyto materiály jsou zobrazeny v tabulce (Tab. 38). Materiály byly vybrány na základě času jednoho doplnění, přičemž vybrány byly díly s nejdelším časem. Manipulanti by zároveň odváželi veškeré prázdné obaly z montážní linky.

Tabulka 38 Seznam dílů pro doplňování manipulanty (vlastní zpracování)

| Název dílu | Typ zásobníku | Čas jednoho doplnění [s] | Spotřeba zásoby [min] |
|-------------------|------------------|--------------------------|-----------------------|
| Těsnící profil | Vibrační podavač | 60 | 150 |
| Těsnící kroužek 2 | Vibrační podavač | 60 | 166,7 |
| Těsnící kroužek 1 | Vibrační podavač | 120 | 166,7 |
| Vodící tyčka | Vibrační podavač | 120 | 250 |
| Jistící kroužek | Vibrační podavač | 45 | 333,3 |

V případě realizace této změny bude čas operátora při balení finálních dílů efektivně využit, protože ostatní díly bude schopen doplnit bez časových ztrát.

Po diskuzi bylo rozhodnuto toto řešení realizovat.

14.7.4 Úprava normy a zaznamenávání prostojů

Vzhledem k aktuální normě 10 s / ks a změřenému taktu linky, kde úzké místo dosahovalo času 10,06 s / ks, je nutné normu upravit.

Pro vytvoření nové normy byl použit vzorec 3. Jelikož úzké místo není operátor, ale stroj, stupeň výkonu nebyl vyjádřen. Z důvodu, že kvůli charakteru montážní linky nelze před úzkým místem vytvořit žádnou zásobu dílů, musí být k času úzkého místa stanoveny přírážky. Přírážka na odpočinek byla stanovena ve výši 5 % a také byla stanovena přírážka kvůli nepředvídatelným událostem na 5 %. Důvodem druhé přírážky je fakt, že v rámci totálně produktivní údržby operátoři na lince provádějí množství malých oprav a doposud si tyto opravy neměli jak vykázat. Nyní už budou zahrnuté přímo v normě. V rámci přidaného času budou operátoři schopni také provádět úklid na konci směny.

$$\text{Normovaný čas} = [10,06 \times (1 + 0)] \times (1 + 0,1) = 11,066 \approx 11 \text{ s}$$

Návrh upravené normy je 11 s / ks. Tento návrh byl společně s provedenou analýzou představen vedoucímu výroby a ten s ním souhlasil. Představení upravené normy operátorům bude formou prezentace. V rámci prezentace bude také prezentována analýza zaznamenávání prostojů. Zde bude apelováno na operátory a mechaniky, aby všechny prostoje zaznamenávali přesně a pravdivě. Správnost záznamů bude namátkově kontrolována stejnou formou, jako je uvedeno v kapitole 10.1.3, a bude se moci uplatnit i na jiných moderních montážních linkách.

14.8 Zhodnocení projektové části

Odstraněním časových ztrát způsobených blokadami a seřazením vibračních podavačů ve stanici 1 a 7, které ve sledovaném období dosáhly 761 minut, bude dosaženo zvýšení celkové efektivity o 5,26 %.

Doplňování materiálů do zásobníků v montážní lince doposud prováděl operátor při balení dílů. Během doplňování určitých materiálů, které zabralo více času, došlo k naplnění pásu s finálními díly a došlo k zastavení testovacího zařízení, a tím prostojům v délce 655 minut. Převedením odpovědnosti za doplňování určitých materiálů na pracovníky interní logistiky bude zvýšena efektivita o dalších 4,53 %.

Bylo zjištěno, že časy prostojů nejsou nyní zaznamenávány přesně, což má za následek prodloužení času prostojů a snížení efektivity. Po zajištění přesného zaznamenávání času

mohou být prostoje sníženy o 15 %, a to bude mít za následek zvýšení celkové efektivity o 4,01 %.

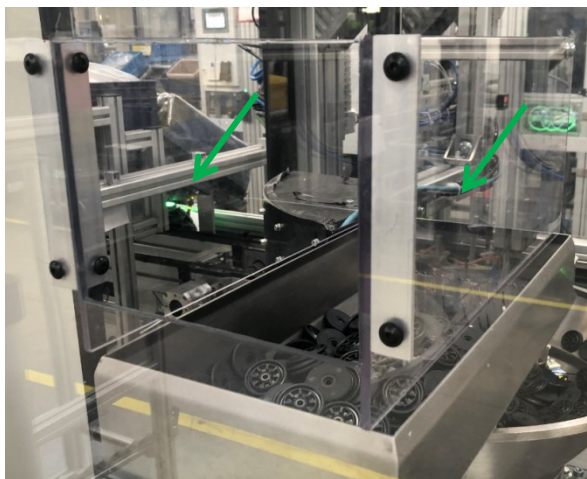
V případě úspěšné realizace všech opatření je potenciál zvýšit CEZ až na 85,99 %, což je více než 13% rozdíl. Přehledné zhodnocení přínosů opatření je zobrazené v tabulce (Tab. 39).

Tabulka 39 Zhodnocení přínosů opatření v případě jejich realizace
(vlastní zpracování)

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Výchozí hodnota CEZ za sledované období | 72,18 % |
| Předpokládané zvýšení CEZ po úpravě stanice 1 a 7 | + 5,26 % |
| Zvýšení CEZ po převedení doplňování určitých materiálů na manipulanty | + 4,53 % |
| Zvýšení CEZ po přesném zaznamenávání prostojů | + 4,01 % |
| Nová hodnota CEZ po realizaci všech opatření | 85,99 % |

15 ODSTRANĚNÍ NEDOSTATKŮ Z 5S AUDITU

Při 5S auditu byla zjištěna neshoda, kdy ve stanici 1 a 7 byly vstupní díly vysypané ve stroji mimo vibrační podavač. Příčina toho byla, že při ručním doplňování dílů nebyly boky podavače nijak kryty. Proto bylo realizováno opatření ve formě doplnění polykarbonátových zábran, které zabrání sypání dílů mimo podavač při doplňování.



Obrázek 23 Stanice 1 – doplnění zábrany na vstupní vibrační podavač (vlastní foto)

Další nedostatek byly chybějící vysavače v montážních stanicích obsluhovaných operátorem. Vysavače proto byly doplněny na stanice 2,6,8. Pomocí vysavačů lze rychle vyčistit pracoviště na konci každé směny a díky jejich dosahu je možné vysát i automatické montážní stanice. Obě nápravná opatření byla realizována z 5S rozpočtu.



Obrázek 24 Stanice 2 – doplnění vysavače (vlastní foto)

16 ZLEPŠENÍ ZÍSKÁVÁNÍ DAT ZE STROJŮ V MONTÁŽNÍ LINCE

Na základě nedostatků současného řešení popsanych v kapitole 12 byla zahájena komunikace s IT oddělením s požadavkem na zlepšení exportu dat z linky. Po vyjasnění požadavků byla zadána poptávka externímu programátorovi, který vypracoval návrh řešení a cenovou nabídku. Návrh spočíval v propojení hlavního SQL serveru s daty uloženými v PC montážní linky a následné vytvoření reportů s výsledky měření. Tímto řešením by se měl rapidně zkrátit čas získávání dat a navíc by získání nebylo omezeno pouze na jednu směnu.

Tabulka 40 Návratnost investice získávání dat z EOL zařízení (vlastní zpracování)

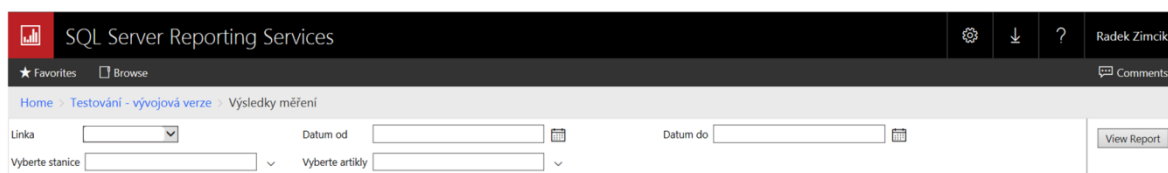
| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Náklady na realizaci (externí programátor) | 32 000 Kč |
| Čas potřebný ke stažení dat z jednoho reportu | 5 min |
| Počet reportů stahovaných měsíčně | 120 |
| Celkový čas potřebný ke stažení dat z reportů měsíčně | 600 min |
| Čas potřebný ke stažení dat z reportů novým způsobem | 1 min |
| Celkový čas potřebný ke stažení dat z reportů měsíčně novým způsobem | 120 min |
| Uspořený čas technikům | $600 - 120 = 480 \text{ min} = 8 \text{ hod}$ |
| Mzdové náklady na techniky / hod | 546 Kč |
| Mzdové náklady uspořené měsíčně | $546 \times 8 = 4\,368 \text{ Kč}$ |
| Návratnost investice (náklady/úspory) | $32\,000 / 4\,368 = 7,3 \text{ měsíce}$ |

V tabulce (Tab. 40) je zpracována návratnost investice navrhovaného řešení. Uvedené náklady zahrnují implementaci na celkem tři montážní linky. Všechny totiž obsahují shodný program od dodavatelské firmy jako linka dvoucestných ventilů. Uspořený čas byl počítán na stažení dat z celkem šesti reportů denně technikem kvality a technologem, celkem 120 reportů měsíčně. Při časové úspoře stažení dat novým způsobem čtyři minuty

je celková úspora času techniků 480 minut za měsíc. Po vydělení nákladů na realizaci 32 000 Kč měsíčními úsporami 4 368 Kč je návratnost investice 7,3 měsíce. Na základě této návratnosti management rozhodl o realizaci investice.

Realizace proběhla a výsledné řešení vypadá následovně. Už není potřeba chodit přímo k PC montážní linky, ale reporty je možné vygenerovat přímo z PC v kanceláři přes webový prohlížeč a SQL rozhraní. Reporty jsou dva – Výsledky měření a Výsledky měření – okamžité. Rozdíl mezi nimi je ten, že v prvním jdou generovat data za delší období do včerejšího dne, zatímco pomocí druhého lze získat data vždy ze současného dne počínaje půlnocí. Při generování reportu Výsledku měření je potřeba vyplnit podmínky:

- číslo montážní linky,
- číslo stanice,
- datum od – do,
- typ výrobku.



Obrázek 25 Náhled vstupní tabulky ke stahování dat z montážní linky (vlastní foto)

Po vybrání podmínek se vygeneruje report, který lze zobrazit v MS Excelu. Získaná data jsou ve formátu, kdy s nimi lze okamžitě pracovat, aniž by byla nutná jejich předchozí úprava. Nové řešení má následující přínosy:

- uspoří čas technikům při získání dat,
- lze získat data i za období několika měsíců, což v původním stavu nebylo možné,
- díky rychlému stažení dat lze pohotově reagovat na neshody ve výrobě a odhalit jejich příčiny – například v případě neshodných dílů po ultrazvukovém sváření je možné ihned zjistit, kvůli jakým parametrům byly díly vyřazeny a následně učinit opatření pro odstranění příčiny.

Realizované řešení bylo zhodnoceno jako velmi užitečné a bylo také zapracováno přímo do konceptu budoucích montážních linek.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo zvýšit celkovou efektivnost montážní linky dvoucestných ventilů na 85 % vytvořením projektu na odstranění nedostatků zjištěných v analytické části.

V teoretické části byly popsány základy řízení a efektivnosti organizace, průmyslové inženýrství a jeho metody, z nichž mnohé byly použity v praktické části. Dále byly vysvětleny postupy analýzy měření práce, rozebrána problematika celkové efektivnosti zařízení a v neposlední řadě popsána údržba strojů a zařízení.

V praktické části byla představena firma WOCO STV s.r.o. a montážní linka dvoucestných ventilů, která byla předmětem analýzy. V analytické části byly pomocí metod měření práce zjištěny časy jednotlivých operací a identifikováno úzké místo, které s časem 10,06 s/ks produkovalo díly pomaleji, než byl požadavek stanovené normy 10 s/ks. Dále byla analyzována celková efektivnost montážní linky, která za sledované období dosáhla 72,18 %. Pomocí nástrojů kvality byly odhaleny konkrétní příčiny časových ztrát, na základě kterých byl vytvořen projekt k jejich odstranění. Ten spočíval v konstrukční úpravě dvou montážních stanic. Návrh investice byla vypočítána na 59 dní s přínosem k celkové efektivnosti 5,26 %. Investice byla schválena a implementace je momentálně ve fázi realizace, jak je popsáno v kapitolách. Mimo to bylo zjištěno místo ke snížení prostojů v převedení odpovědnosti za doplňování určitých materiálů na pracovníky interní logistiky, což bude mít za následek zvýšení efektivnosti o 4,53 %. Poslední bod ke zvýšení efektivnosti spočívá v přesném zaznamenávání prostojů, které, jak je popsáno v kapitole 14.7.4, nebyly přesně zaznamenávány. To může vést ke zvýšení efektivnosti o dalších 4,01 %. Navrženými opatřeními lze zvýšit efektivnost montážní linky o téměř 14 % na výsledných 85,99 %. Všechna tato řešení jsou popsána v kapitole 14.7 a přehledně zhodnocena v kapitole 14.8.

Na základě zjištění o přísnější normě, než je úzké místo schopno vyprodukovat, bylo rozhodnuto snížit normu z 10 s/ks na 11 s/ks. To umožní operátorům vykonat nejen osobní potřeby, ale také provádět menší opravy v rámci totálně produktivní údržby.

Při analýze montážní linky byl také nalezen potenciál ke zlepšení v získávání dat ze zkušebního zařízení, které v původním řešení bylo možné pouze u montážní linky a za období jedné směny. Navržené řešení s návratností investice 7,3 měsíce bylo schváleno, realizováno a je popsáno v kapitole 16. Díky tomu dojde k úspoře času techniků a

rychlejšími reakcím v případě výskytu neshodných dílů. Pro svou užitečnost bylo toto řešení implementováno na celkem tři montážní linky a je zařazeno do konceptu budoucích montážních linek.

Na tomto příkladu montážní linky dvoucestných ventilů lze vidět, že i více automatizované moderní montážní linky mohou mít problémy a místa ke zlepšení. Cíl práce dosáhnout celkové efektivity montážní linky 85 % bude po realizaci popsaných opatření splněn. Tím ale cesta k vyšší efektivitě nekončí. Celkovou efektivnost zařízení a montážních linek je nutné pravidelně sledovat, vyhodnocovat a podle výsledků se rozhodnout, kde zaměřit pozornost a úsilí ke zlepšení. Tím je organizace schopna snižovat své náklady a být úspěšnější v dnešním vysoce konkurenčním prostředí.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BADIRU, Adedeji Bodunde, 2014. *Handbook of industrial and systems engineering*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 1452 s. ISBN 9781466515048.
- FONDA, Edoardo a Antonella MENENGHETTI, 2022. The Human-Centric SMED. *Sustainability 2022* [online]. **2022**(1), 13 [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3390/su14010514>
- HEIZER, Jay, Barry RENDER a Chuck MUNSON, 2017. *OPERATIONS MANAGEMENT: Sustainability and Supply Chain Management*. 12th ed. New York: Pearson, 806 s. ISBN 978-0-13-413042-2.
- HENRY, John R., 2013. *Achieving Lean Changover: Putting SMED to Work* [online]. Boca Raton: CRC Press, 182 s. [cit. 2022-03-09]. ISBN 978-1-4665-0175-1. Dostupné z: <https://ilib.cz/book/2202092/e055f5>
- CHAARTIMATH, Poornima M., 2017. *Total Quality management*. 3rd ed. Noida: Pearson, 619 s. ISBN 978-93-325-7939-2.
- CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 116 s. ISBN 978-808-1540-585.
- IMAI, Masaaki, 2005. *Gemba Kaizen*. Brno: Computer Press, 314 s. ISBN 80-251-0850-3.
- JACOBS, F. Robert a Richard B. CHASE, 2018. *OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*. 15th ed. New York: McGraw-Hill Education, 754 s. ISBN 978-1-259-66610-0.
- JUROVÁ, Marie a kol., 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Brno: BizBooks, 259 s. ISBN 978-80-265-0059-9.
- KENNEDY, Ross Keneth, 2018. *Understanding, Measuring, and Improving Overall Equipment Effectiveness: How to Use OEE to Drive Significant Process Improvement*. Boca Raton: CRC Press, 86 s. ISBN 978-1-138-05420-2.
- KEŘKOVSKÝ, Miloslav, 2009. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. Praha: C.H. Beck, 137 s. ISBN 978-80-7400-119-2.
- KIRAN, D. R., 2019. *Production Planning and Control: A Comprehensive Approach* [online]. London: Elsevier, 539 s. [cit. 2022-02-08]. ISBN 978-0-12-818364-9. Dostupné

z: <https://app-knovel->

[com.proxy.k.utb.cz/kn/resources/kpPPCACA02/toc?kpromoter=federation&](https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/kn/resources/kpPPCACA02/toc?kpromoter=federation&)

KOSKY, Philip a kol., 2021. *Exploring Engineering - An Introduction to Engineering and Design* [online]. 5th edition. London: Elsevier, 632 s. [cit. 2022-02-08]. ISBN 978-0-12-815073-3. Dostupné z: <https://app-knovel->

[com.proxy.k.utb.cz/kn/resources/kpEEAIED01/toc?issue_id=kpEEAIED01&hierarchy=undefined](https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/kn/resources/kpEEAIED01/toc?issue_id=kpEEAIED01&hierarchy=undefined)

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Šťhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 240 s. ISBN 80-868-5138-9.

KUMAR, Pravin, 2015. *Industrial Engineering and Management*. Delhi: Pearson, 656 s. ISBN 978-93-325-4356-0.

LEGÁT, Václav, 2013. *Management a inženýrství údržby*. Praha: Professional Publishing, 570 s. ISBN 978-80-7431-119-2.

LIKER, Jeffrey K., 2021. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* [online]. 2nd ed. New York: McGraw Hill, 590 s. [cit. 2022-04-16]. ISBN 978-1-26-046852-6. Dostupné z: <https://1lib.cz/book/14893898/3db8b1>

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 2000. *TPM: Management a praktické zavádění*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 246 s. ISBN 80-902235-5-9.

Metoda 5S, © 2012. *Lean-fabrika* [online]. Jesenice u Prahy: ROI Management Consulting [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.lean-fabrika.cz/terminologie/5s-metoda#.Yh6JhZaLpPY>

NENADÁL, Jaroslav, 2018. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press, 366 s. ISBN 978-80-7261-561-2.

PYZDEK, Thomas a Paul KELLER, 2013. *The handbook for quality management: a complete guide to operational excellence*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 484 s. ISBN 978-007-1799-249.

SALVENDY, Gavriel, 2001. *HANDBOOK OF INDUSTRIAL ENGINEERING: Technology and Operations Management*. 3rd ed. New Jersey: John Wiley, 2796 s. ISBN 0471-33057-4.

Sbírka listin WOCO STV s.r.o., © 2022. *EJustice* [online]. Vsetín: eJustice [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-firma?subjektId=663501>

SHINGO, SHIGEO, 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. United States of America: Productivity Press, 361 s. ISBN 978-0-915299-03-4.

SCHOLTES, Peter R., 1998. *The Leader's Handbook: Making Things Happen, Getting Things Done*. New York: McGraw-Hill, 415 s. ISBN 0-07-058028-6.

Skupina Woco, © 2022. *Woco-vsetin* [online]. Vsetín: Woco [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <http://www.woco-vsetin.cz/index.php?id=3>

TELSANG, Martand T, 2018. *Industrial Engineering and Production Management*. 3rd ed. NEW DELHI: S. Chand, 1132 s. ISBN 978-93-525-3379-4.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci* [online]. Praha: Grada, 368 s. [cit. 2022-04-06]. ISBN 978-80-247-4486-7. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/integrované-řízení-vyroby-898/>

VÁCHAL, Jan et al., 2013. *Podnikové řízení*. Praha: Grada, 685 s. ISBN 978-80-247-4642-5.

VISCO, David, 2016. *5S Made Easy* [online]. Boca Raton: CRC Press, 87 s. [cit. 2022-03-01]. ISBN 978-1-4987-1983-4. Dostupné z: <https://1lib.cz/book/2871303/a5953f>

Woco - a history of success, © 2022. *Woco Group* [online]. Bad Soden – Salmünster: Woco [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.wocogroup.com/en/company/woco/history>

Woco - Control & Regulation, © 2022. *Woco Group* [online]. Bad Soden - Salmünster: Woco [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.wocogroup.com/en/products/automotive/powertrain-technology/control-regulation#prettyPhoto>

Woco - Polymer Automotive, © 2022. *Woco Group* [online]. Bad Soden - Salmünster: Woco [cit. 2022-02-07]. Dostupné z: <https://www.wocogroup.com/fileadmin/media/bilder/produkte/woco-teaser-sealing.jpg>

WOCO STV s.r.o., © 2022. *Woco-vsetin* [online]. Vsetín: Woco [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <http://www.woco-vsetin.cz/index.php?id=2>

ZANDIN, Kjell B. a Harold B. MAYNARD, 2001. *Maynard's Industrial Engineering Handbook*. 5th ed. London: McGraw Hill, 2688 s. ISBN 978-0070411029.

ZANDIN, Kjell B. a Therese M. SCHMIDT, 2021. *MOST® Work Measurement Systems*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, 329 s. ISBN 978-0-367-34531-0.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|--------|-------------------------------------------------|
| 3M | Muda, Muri, Mura |
| 5S | Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke |
| CEZ | Celková efektivnost zařízení |
| DBR | Drum, Buffer, Rope |
| EOL | End of Line |
| H-SMED | Human-Centric Single Minute Exchange of Die |
| HW | Hardware |
| IT | Informační technologie |
| KPI | Key Performance Indicator |
| MOST | Maynard Operation Sequence Technique |
| MTM | Methods Time Measurement |
| OPT | Optimized Production Technology |
| OSCM | Operations and Supply Chain Management |
| PC | Personal Computer |
| PDCA | Plan, Do, Check, Act |
| QCD | Quality, Costs, Delivery |
| RIPRAN | Risk Project Analysis |
| SMART | Specific, Measurable, Aligned, Realistic, Timed |
| SMED | Single Minute Exchange of Die |
| SPIN | Situace, Problém, Implikace, Nutnost |
| SQL | Structured Query Language |
| SW | Software |
| TPM | Total Productive Maintenance |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obrázek 1 Obecný příklad Paretova diagramu (vlastní zpracování dle postupu Chaartimath, 2018, s. 238)..... | 16 |
| Obrázek 2 Dům Leanu podle Telsanga (2018, s. 1004) | 21 |
| Obrázek 3 Řízení v domě gemba (Imai, 2005, s. 35) | 23 |
| Obrázek 4 Princip DBR (vlastní zpracování) | 25 |
| Obrázek 5 Metoda 5S (Metoda 5S, 2012) | 26 |
| Obrázek 6 Složení normovaného času pro jednoduchou manuální práci (vlastní zpracování podle Telsanga, 2018, s. 116) | 31 |
| Obrázek 7 Výpočet CEZ pomocí modelu ztráty jednotek dílů (vlastní zpracování podle Kennedyho, 2018, s. 6) | 36 |
| Obrázek 8 Výpočet CEZ pomocí rovnic (vlastní zpracování dle Kennedyho, 2018, s. 4)..... | 36 |
| Obrázek 9 Základní prvky TPM (vlastní zpracování podle Košturiaka a Frolíka, 2006, s. 94)..... | 39 |
| Obrázek 10 H-SMED (vlastní zpracování podle Fondy a Menenghetti, 2022, s. 3)..... | 43 |
| Obrázek 11 Příklad výrobků Powertrain Technology (Woco - Control & Regulation, © 2022)..... | 46 |
| Obrázek 12 Příklad výrobků Polymer Automotive (Woco - Polymer Automotive, © 2022) | 46 |
| Obrázek 13 Řez modelu Dvoucestného ventilu (vlastní zpracování)..... | 48 |
| Obrázek 14 Dvoucestný ventil (vlastní foto)..... | 49 |
| Obrázek 15 Paretův diagram prostožů na lince dvoucestných ventilu (vlastní zpracování) | 60 |
| Obrázek 16 Paretův diagram detailu ztráty Zablockování na lince dvoucestných ventilů (vlastní zpracování)..... | 61 |
| Obrázek 17 Stanice 1 – Zablockované Těsnící profily (vlastní foto)..... | 62 |
| Obrázek 18 Stanice 1 – Těsnící profil v nesprávné pozici (vlastní foto)..... | 62 |
| Obrázek 19 Stanice 7 – Zablockované Těsnící kroužky 2 (vlastní foto)..... | 63 |
| Obrázek 20 Těsnící profil mimo vibrační podavač (vlastní foto)..... | 71 |
| Obrázek 21 Vyrobený plech na stanici 1 (vlastní foto) | 81 |
| Obrázek 22 Vyrobený plech na stanici 7 (vlastní foto) | 82 |
| Obrázek 23 Stanice 1 – doplnění zábrany na vstupní vibrační podavač (vlastní foto)..... | 85 |
| Obrázek 24 Stanice 2 – doplnění vysavače (vlastní foto)..... | 85 |
| Obrázek 25 Náhled vstupní tabulky ke stahování dat z montážní linky (vlastní foto)..... | 87 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 1 Příklad metody 5x Proč (vlastní zpracování podle Scholtese, 1998, s. 267.)..... | 16 |
| Tabulka 2 Formy ztrát 3M (vlastní zpracování podle Nenadála, 2018, s. 318)..... | 20 |
| Tabulka 3 Metody měření práce a jejich použití (vlastní zpracování dle Telsanga, 2018, s. 102)..... | 28 |
| Tabulka 4 Westinghouse systém hodnocení výkonu (vlastní zpracování podle Kumara, 2015, s. 216)..... | 30 |
| Tabulka 5 MOST systémy (vlastní zpracování podle Zandina a Schmidtové, 2021, s. 19) | 32 |
| Tabulka 6 Sekvence modelů BasicMOST systému (vlastní zpracování dle Zandina a Smidtové, 2021, s. 9)..... | 32 |
| Tabulka 7 Srovnání rychlostí analýzy systémů práce (vlastní zpracování dle Zandina a Schmidtové, 2021, s. 15)..... | 34 |
| Tabulka 8 Šest velkých ztrát (vlastní zpracování podle Nenadála, 2018, s. 276)..... | 40 |
| Tabulka 9 Základní ekonomické ukazatele firmy (vlastní zpracování na základě dat ze Sbírký listin WOCO STV s.r.o., © 2022)..... | 47 |
| Tabulka 10 Kusovník Dvoucestného ventilu (vlastní zpracování)..... | 48 |
| Tabulka 11 MOST pro doplnění a skenování materiálu (vlastní zpracování)..... | 51 |
| Tabulka 12 MOST pro stanici 2 (vlastní zpracování)..... | 52 |
| Tabulka 13 MOST pro stanici 6 (vlastní zpracování)..... | 53 |
| Tabulka 14 MOST pro stanici 8 (vlastní zpracování)..... | 53 |
| Tabulka 15 MOST pro stanici 10 – nachystání prázdného balení (vlastní zpracování)..... | 54 |
| Tabulka 16 MOST pro stanici 10 – přemístění plného balení (vlastní zpracování)..... | 55 |
| Tabulka 17 MOST pro stanici 10 – ukládání do balení (vlastní zpracování)..... | 55 |
| Tabulka 18 Přímé měření operací včetně MOST (vlastní zpracování)..... | 56 |
| Tabulka 19 Celková efektivnost montážní linky dvoucestných ventilů v období 1.11.-19.12.2021 (vlastní zpracování)..... | 58 |
| Tabulka 20 CEZ montážní linky dvoucestných ventilů v období 1.11.-19.12.2021 - týdny (vlastní zpracování)..... | 59 |
| Tabulka 21 Hledání příčin časových ztrát pomocí 5x Proč (vlastní zpracování)..... | 63 |
| Tabulka 22 Zásoby a spotřeba materiálu na lince dvoucestných ventilů (vlastní zpracování)..... | 64 |
| Tabulka 23 MOST pro doplnění materiálu způsobem 1 (vlastní zpracování)..... | 65 |
| Tabulka 24 MOST pro doplnění materiálu způsobem 2 (vlastní zpracování)..... | 65 |
| Tabulka 25 Čas potřebný k doplnění jednotlivých materiálů za směnu (vlastní zpracování)..... | 66 |
| Tabulka 26 Celkový čas potřebný k doplňování materiálu včetně odebírání prázdných obalů (vlastní zpracování)..... | 66 |
| Tabulka 27 Počet vyrobených kusů během prostojů (vlastní zpracování)..... | 67 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabulka 28 Vyrobené díly během prostojů přepočtené na minuty výroby (vlastní zpracování)..... | 68 |
| Tabulka 29 5S audit linky dvoucestných ventilů (vlastní zpracování)..... | 69 |
| Tabulka 30 Složení projektového týmu (vlastní zpracování) | 76 |
| Tabulka 31 Časový harmonogram projektu (vlastní zpracování)..... | 76 |
| Tabulka 32 Matice zodpovědnosti (vlastní zpracování) | 77 |
| Tabulka 33 Náklady spojené s projektem (vlastní zpracování)..... | 77 |
| Tabulka 34 Návrh návratnosti investice (vlastní zpracování)..... | 78 |
| Tabulka 35 Identifikace rizik (vlastní zpracování) | 78 |
| Tabulka 36 Kvantifikace rizik (vlastní zpracování) | 79 |
| Tabulka 37 Reakce na rizika (vlastní zpracování)..... | 80 |
| Tabulka 38 Seznam dílů pro doplňování manipulanty (vlastní zpracování) | 82 |
| Tabulka 39 Zhodnocení přínosů opatření v případě jejich realizace (vlastní zpracování) . | 84 |
| Tabulka 40 Návrh návratnosti investice získávání dat z EOL zařízení (vlastní zpracování) | 86 |

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Layout montážní linky dvoucestných vodních ventilů

PŘÍLOHA P I: LAYOUT MONTÁŽNÍ LINKY DVOUCESTNÝCH VODNÍCH VENTILŮ

Zdroj: vlastní zpracování

