

Projekt aplikace metody SMED ve vybrané firmě

Bc. Jan Večeřa

Diplomová práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

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

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Jan Večeřa
Osobní číslo: M200295
Studijní program: N0488P050002 Průmyslové inženýrství
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Projekt aplikace metody SMED ve vybrané firmě

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši se zaměřením na seřizovací časy, metodu Single Minute Exchange of Die a PowerBI a formuluje teoretické východiska pro zpracování praktické části diplomové práce.

II. Praktická část

- Analyzujte současný stav seřizovacích časů na pracovišti.
- Na základě výsledků navrhnete projekt aplikace metody SMED na pracovišti.
- Zhodnotte navrhovaná řešení.

Závěr

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

Seznam doporučené literatury:

ALTMAN, Harry. *Lean: this book includes Lean Six Sigma, Lean startup, Lean enterprise, Lean analytics, Agile project management, Kanban, Scrum*. California: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017, 432 s. ISBN 978-1-97-834868-4.
BRAU, Sebastian J. *Lean manufacturing 4.0: the technological evolution of lean: practical guide on the correct use of technology in lean projects Kanban, 5S, TPM, Kaizen, VSM, 6Sigma, SMED OEE, Hoshin Kanri, Gemba, JIT, TPS, PDCA*. Boca Raton: American Lean SD, 2016, 132 s. ISBN 978-15-393-2294-8.
DENNIS, Pascal. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016, 223 s. ISBN 978-1-4987-0887-6.
TETTEH, Edem G. A Hans CHAPMAN. *Lean Six Sigma for Optimal System Performance in Manufacturing and Service Organizations: Emerging Research and Opportunities*. Hershey: IGI Global, 2018, 186 s. ISBN 978-15-2254-063-2.
TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, *Průmysl 4.0 aneb Nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Professional Publishing, 2017, 200 s. ISBN 978-80-906594-4-5.

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

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

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

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

Ve Zlíně dne 10. února 2023

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/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen 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, považuji 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

Jméno a příjmení: Večeřa Jan

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na snížení seřizovacích časů. Skládá se ze dvou částí – teoretické a praktické.

Teoretická část obsahuje teoretické poznatky, které pomáhají pochopit praktickou část. Praktická část se skládá z analýzy videa přestavby stroje a analýzy dat. Analýza videa poukazuje na nedostatky přímo. Datová analytika pak ukazuje, kde se dá uspořit čas a jaké jsou slabé místa v celém procesu seřízení.

Výstupem diplomové práce jsou návrhy aplikace metody SMED ve firmě.

Klíčová slova: SMED, Štíhlý podnik, Datová analytika, průmyslové inženýrství

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on reducing changeover times. It consists of two parts – theoretical and practical.

The theoretical part contains theoretical knowledge that helps to understand the practical part. The practical part consists of video analysis of changeover and data analysis. Video analysis points out the flaws directly. Data analysis then shows where we could save time and what are the weak points in the entire changeover process.

The output of the diploma thesis are suggestions for application of SMED method in the company.

Keywords: SMED, Lean Enterprise, Data Analytics, Industrial Engineering

Děkuji Ing. Lucii Macurové, Ph.D. a Ing. Peteru Debnárovi za vedení, rady, důvěru a motivaci.

Prohlašuji, že odevzdaná verze 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 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ.....	12
1.1 ZÁKLADNÍ METODY PI.....	12
2 LEAN.....	13
2.1 ŠTÍHLÝ PODNIK.....	13
2.1.1 Štíhlý vývoj.....	14
2.1.2 Štíhlá výroba.....	14
2.1.3 Štíhlá administrativa.....	16
2.1.4 Štíhlá logistika.....	17
2.2 PLÝTVÁNÍ.....	18
2.2.1 Druhy plýtvání.....	18
2.3 PRODUKTIVITA.....	19
2.4 TPM.....	20
2.4.1 Hlavní cíle TPM.....	20
2.4.2 8 pilířů TPM.....	21
2.5 OEE.....	23
3 PRŮMYSL 4.0.....	24
3.1 VZTAH MEZI LEAN, TPM A PRŮMYSLEM 4.0.....	24
3.2 NÁSTROJE PRŮMYSLU 4.0.....	26
3.3 DATOVÁ ANALYTIKA.....	28
3.3.1 Proces analýzy dat.....	29
3.3.2 Nástroje pro datovou analytiku.....	30
3.3.3 PowerBI.....	31
4 METODA SMED.....	33
4.1 ZAVEDENÍ METODY SMED.....	34
4.1.1 Interní a externí aktivity.....	35
4.1.2 Postup zavedení metody.....	35
4.1.3 Chyby u zavedení metody.....	36
4.2 SEŘIZOVACÍ ČAS.....	37
4.3 DESATERO RYCHLÉ ZMĚNY.....	38
5 DALŠÍ METODY POUŽITÉ V RÁMCI PROJEKTU.....	39
5.1 SWOT ANALÝZA.....	39
5.2 GANTTŮV DIAGRAM.....	40
5.3 MĚŘENÍ A ANALÝZA PRÁCE.....	40

5.3.1	Cíle měření a analýzy práce	41
5.3.2	Přímé měření	41
5.3.3	Nepřímé měření.....	42
5.4	RIPRAN	43
5.4.1	Postup metody	44
II	PRAKTICKÁ ČÁST	45
6	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....	46
6.1	SWOT.....	46
7	PROJEKTOVÁ ČÁST.....	48
7.1	DEFINICE PROBLÉMU	48
7.2	PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU	48
7.2.1	Harmonogram projektu	48
7.2.2	Současný stav	49
7.3	DEFINICE CÍLE A ÚKOLŮ	49
7.3.1	Hlavní cíl projektu dle SMART	49
7.4	RIPRAN	50
7.5	MĚŘENÉ SEŘÍZENÍ	50
7.5.1	Ganttův diagram.....	54
7.6	PLÝTVÁNÍ PŘI SEŘIZOVÁNÍ	54
7.7	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ Z PROVEDENÝCH ANALÝZ.....	58
8	DATOVÁ ANALYTIKA	60
8.1	STANOVENÍ OTÁZEK.....	60
8.2	DATA	60
8.2.9	Závislost průměrného času výměny na stroji.....	81
8.2.10	Jednotné seřízení vs seřízení na druhé směně	82
9	ZHODNOCENÍ PROJEKTU A NÁVRHY PRO ZLEPŠENÍ.....	84
9.1	NÁVRHY NA ZÁKLADĚ DATOVÉ ANALYTIKY	84
9.2	NÁVRHY NA ZÁKLADĚ VIDEOZÁZNAMU A ANALÝZY PRÁCE	85
9.3	ZHODNOCENÍ PROJEKTU	86
9.3.1	Náklady na změny	86
9.3.2	Úspory	87
	ZÁVĚR	89
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	91
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	96
	SEZNAM OBRÁZKŮ	97
	SEZNAM TABULEK.....	98
	SEZNAM PŘÍLOH.....	100

ÚVOD

Každá firma chce vyrábět s minimálními náklady a ve vysoké kvalitě. Chce, ale i musí, protože ji jinak vystřídá konkurence. Aby firma dokázala dosáhnout těchto minimálních nákladů, tak je nutné eliminovat plýtvání a procesy, které nevytvářejí žádnou hodnotu. Jednou ze základních forem plýtvání je přetypování neboli seřizování strojů. Kompletní seřízení je doba od ukončení výroby starého dílu po první správně vyrobený nový díl a tuto dobu by se měla společnost snažit stlačovat na minimum, a to hlavně z toho důvodu, že v tento čas nemůže pracovat stroj.

V teoretické části práce jsou rozebrány témata jako průmyslové inženýrství obecně; štíhlý podnik (výroba, administrativa, vývoj a logistika); TPM, což je podle mnoha zdrojů metoda nadřazená metodě SMED; OEE, který je základním ukazatelem LEAN a TPM – pokud snížíme seřizovací časy, tak se zvýší procento OEE; Průmysl 4.0 ze 2 důvodů – provázanost s datovou analytikou, která je hlavní náplní praktické části a pak také kvůli odlišnosti od ostatních prací s tím, že jsem se snažil najít souvislosti mezi průmyslem 4.0 a leanem; poté je popsána metoda SMED, hlavně tedy její zavedení a další pilíře metody potřebné k jejímu správnému pochopení; nakonec je teoretická část zakončena popisem metod a technik využitých v praktické části práce.

V praktické části se autor nedržel pouze postupu – natoč video, získej snímek, zanalyzuj ho, zjisti mezery v procesu přestavby a snaž se je odstranit. Je tam sice ve zkratce využito i tohoto přístupu, ale hlavním obsahem celé praktické části je datová analytika, která se snaží hledat mezery v seřizování trochu jiným způsobem. Určitě se tedy bude postupem tato práce mírně lišit od ostatních prací na stejné téma.

Malou nevýhodou bylo, že byl projekt zpracováván přes prostředníka (výrobní firma-konzultační firma/prostředník-autor). To znamená, že autor měl veškerá data, ale ani přes návštěvu firmy neměl a neznal úplně všechny souvislosti. Datová analytika vám dá čísla, která nikdy nelžou, ale bez souvislostí nejsou tato čísla vždy plně vypovídající. Maximální výpovědní hodnoty lze dosáhnout až po spojení čísel právě se souvislostmi. To znamená, že v některých případech zjistím nesrovnalost nebo anomálii, ale příčinu už musím domýšlet a je pak na společnosti, jak s danou informací naloží.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Diplomová práce je zaměřena na aplikace metody SMED ve vybrané společnosti, protože se firmě dlouhodobě nedaří snížit seřizovací časy.

Hlavním cílem diplomové práce je redukovat vážený průměr seřizovacích časů o 10 %, což bude také kritérium pro posouzení úspěšnosti celého projektu. 10 % je relativně nízké číslo, ale bylo zvoleno z důvodu toho, že firma provádí vysoké množství různých seřízení a žádné není prováděno vícekrát než 20x během jednoho roku. To znamená, že pokud by firma chtěla standardizovat každé seřízení individuálně, tak musí udělat stovky standardů, což je nesmysl, přestože jsou si některé velmi podobné. Proto je nutné zaměřením na obecné nedostatky v celém procesu.

Metoda SMED bude založena na základě dvou hlavních metod. První metodou bude analýza práce na základě videozáznamu jedné z přestaveb. V této přestavbě bude nutné najít plýtvání a navrhnout jeho eliminaci.

Druhou metodou bude datová analytika, která bude vykonávána hlavně v Power BI a Excelu. V rámci té se budou hledat nepřímo viditelné problémy v seřizování. Pokud se takové problémy najdou, tak bude složité vyčíslit případnou časovou úsporu. Na druhou stranu můžou být opatření aplikovaná na základě výsledků datové analýzy velkým přínosem do budoucna.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Průmyslové inženýrství, přeloženo z anglického industrial engineering, je jeden z mladších inženýrských oborů, který vznikl ve Spojených státech a zabývá se zvyšováním produktivity, optimalizací procesů, systémů a toků v rámci organizace. Do České republiky se obor dostal až desítky let po svém vzniku. Jsou v něm mimo jiné využívány znalosti z matematiky, fyziky, informatiky, sociálních věd, strojírenství a dalších specializovaných oborů. (Mašín, 2005)

Chromjaková (2013) definuje průmyslové inženýrství jako obor zaměřený na nalezení způsobů, jak eliminovat ztráty v různých procesech, včetně procesů výrobních i administrativních. Zaměstnanci, kteří pracují v oblasti průmyslového inženýrství, jako například průmysloví inženýři, procesní inženýři, mistři nebo ředitelé výrobních závodů, mají za úkol odstranit plýtvání výrobními procesy a zlepšovat vztahy mezi administrativními a výrobními procesy. Klíčovým prvkem je identifikace přidané hodnoty.

Dlabač a Pavelka (2015) řadí mezi hlavní náplň útvarů PI v podnicích:

- zlepšování procesů, které jsou ve vývoji a prochází předvýrobními etapami,
- zlepšování procesů ve výrobě,
- zlepšování procesů nezabývajících se výrobou,
- cvičení a rozvíjení znalostí pracovníků týkající se oblasti zlepšení procesů.

1.1 Základní metody PI

Průmysloví inženýři využívají k dosažení výše popsaných cílů různými metodami, z nichž ty základní jsou například:

- Ergonomie
- 5S
- MOST
- Poka-yoke
- TPM
- Just-in-time
- Kaizen

2 LEAN

Následující kapitola se bude věnovat manažerské filozofii LEAN, která se zaměřuje na minimalizaci plýtvání v podniku a na zlepšení efektivity procesů. Pro úspěch filozofie je nutné aplikovat tuto metodu nejen ve výrobě, ale také ve vývoji, logistice a administrativě.

2.1 Štíhlý podnik

Dennis (2015) popsal LEAN neboli štíhlý podnik jako zvýšení produkce za menší časový úsek, na menším prostoru nebo s menším využitím lidských zdrojů, strojů, případně materiálu. Klíčovým prvkem je vždy splnění požadavků zákazníka.

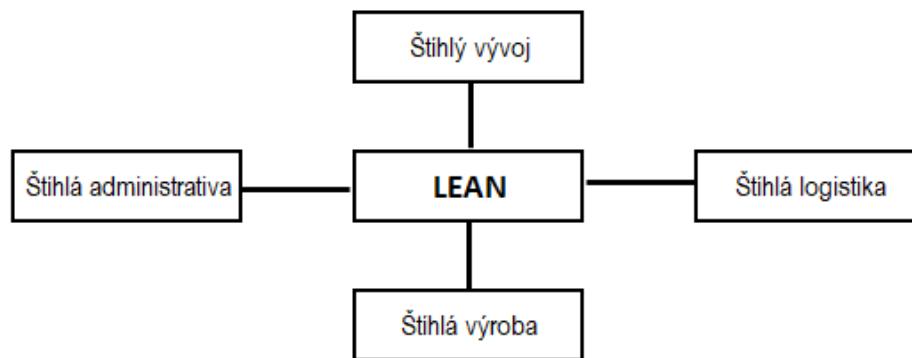
Brau (2016) tvrdí, že implementace konceptu štíhlého podniku zvyšuje pravděpodobnost růstu produktivity a zejména zisků. Podle něj však nelze po zavedení očekávat okamžité zvýšení produktivity a zisků, ale tyto hodnoty rostou exponenciálně s časem.

Výrobní společnosti používají aplikaci štíhlého řízení s cílem získat konkurenční výhodu a zlepšit své postavení na trhu. Tento proces zahrnuje eliminaci plýtvání, zvýšení produktivity a podporu inovací, aby byla dosažena potřebná flexibilita pro reakce na poptávku. (Tetteh a Chapman, 2018)

Podle Tetteha a Chapmana (2018) je pro aplikaci štíhlého řízení důležitých pět základních principů, které výrobní společnost musí stanovit. Tyto principy zahrnují:

- Specifikaci hodnoty z pohledu zákazníka
- Identifikaci toku hodnot pro každou produktovou skupinu
- Zajištění kontinuálního toku produktu
- Umožnění zákazníkovi řídit výrobu
- Sledování dokonalosti a neustálé zlepšování.

Koncept LEAN není využíván jen ve výrobě. Zeštíhlování se musí aplikovat napříč celým podnikem. Na začátku se musí dbát na štíhlý vývoj, který je první problematikou celého konceptu. Nesmí se zapomínat na štíhlou administrativu a logistiku, pomocí nichž se zvyšuje efektivnost v podpůrných a organizačních procesech. (Chromjaková, 2013)



Obrázek 1: Štíhlý podnik (vlastní zpracování dle Chromjakové, 2013)

2.1.1 Štíhlý vývoj

Cesta ke štíhlému podniku začíná už v období vývoje a technické přípravy výroby. Technolog a konstruktér specifikují způsob montáže a výroby a můžou tedy už předem do výrobního procesu implementovat principy štíhlosti. Mezi nástroje štíhlého vývoje patří například poka yoke (snížení počtu chyb), jidoka (autonomie pracovišť) a další. Štíhlý vývoj má mimo jiné za cíl redukcí času vývojových etap alespoň na polovinu. (Košturiak a Frolík, 2006)

2.1.2 Štíhlá výroba

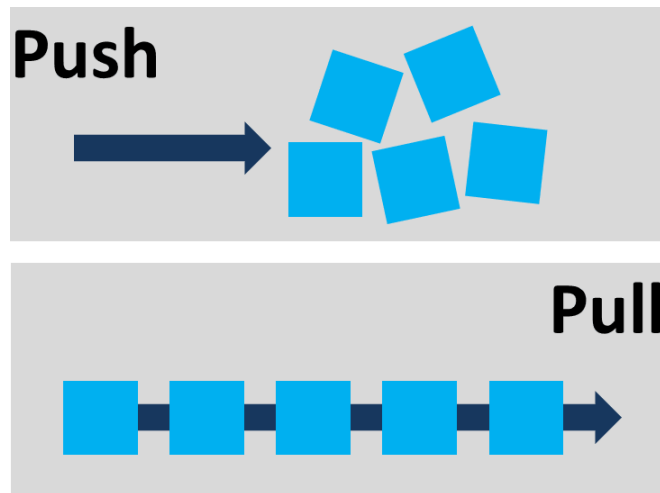
Štíhlá výroba je výrobní metoda, která vznikla v 50. letech 20. století ve společnosti Toyota v Japonsku a je zaměřena především na redukcí časů v rámci výrobního systému a reakčních dob od dodavatelů až po zákazníky. Těsně souvisí s konceptem just-in-time výroby. Just-in-time výroba se snaží přizpůsobit produkci poptávce tím, že dodává pouze zboží, které bylo objednáno, a zaměřuje se na efektivitu, produktivitu a snižování zmetkovosti. Lean výroba přebírá přístup just-in-time a navíc se zaměřuje na snižování výrobního času a zrychlování toků ve výrobě dalším odstraňováním činností, které nepřinášejí žádnou hodnotu pro zákazníka. (Ohno a Bodek, 1988)

Tomek a Vávrová (2014) definovali štíhlou výrobu tak, že cílem metod je zkrácení průběžné doby výroby, což přinese vyšší produktivitu a lépe uspokojí požadavky zákazníků. Dalším cílem je snížení zásob nedokončené i rozpracované výroby, zásob hotových výrobků, snížení výrobních nákladů, zvýšení kvality (snížení počtu zmetků), omezení chybovosti a v neposlední řadě je cílem rovněž zmenšení prostor sloužících pro výrobu.

Koncept štíhlé výroby zahrnuje soubor metod a nástrojů, které slouží k optimalizaci výrobního procesu. Hlavním cílem štíhlé výroby je vytvářet produkty s co nejvyšší kvalitou, v co nejkratším čase a za co nejnižší náklady, v souladu s požadavky zákazníka. (Dennis, 2016)

V rámci štíhlé výroby se podniky zaměřují zejména na následující koncepty:

- Buňková výroba: tvoří základ efektivní výroby. Buňková výroba spočívá v organizaci pracovišť do buněk podle podobnosti prováděných pracovních operací a procesů. Dalším cílem buňkové výroby je snižování počtu zaměstnanců tím, že jsou tvořeny pracovní týmy s univerzálními pracovníky, které jsou schopné efektivněji pracovat na zadaných úkolech.
- Čas taktu: tempo, kterým zákazník odebírá daný výrobek nebo službu. Definuje, jak rychle musíme vyrábět, abychom uspokojili požadavek zákazníka.
- Standardizovaná práce: základní předpoklad pro štíhlou výrobu. Je to nástroj, kterým se zajišťuje, že určitá činnost nebo proces se opakuje vždy stejným nebo minimálně podobným způsobem, aby bylo pravidelně dosahováno vysoké úrovně kvality a rychlosti. Cílem standardizace práce je minimalizovat rozdíly v produkci výrobků, zvyšovat produktivitu práce a minimalizovat riziko chyb a nekonzistence.
- Kontinuální produkční tok: způsob výroby, při kterém se výrobní procesy nepřerušují, ale plynule probíhají až do dosažení požadovaného množství.
- Tahový systém: zahájení výroby začíná přijatou objednávkou od zákazníka, což by mělo například snížit potřebu skladových prostor. V rámci tahového systému společnosti často využívají systém KANBAN. Výhoda tahového systému jde krásně vidět na obrázku č.2 níže



Obrázek 2: Push vs Pull (Roser, 2015)

- Neustálé zlepšování: k tomu podniky nejčastěji využívají filozofie kaizen. Tato metoda vychází z myšlenky, že drobné, ale pravidelné změny a zlepšení v pracovních postupech a procesech mohou vést ke zvýšení efektivity, snížení nákladů a zlepšení kvality produktů.
- Minimalizace časů přetypování: cílem je snižování prostojů ve výrobě, za pomoci zkrácení doby výměn nástrojů a přípravků na pracovišti nebo stroji.
- Minimalizace chyb: cílem je snížení chyb v rámci výrobního procesu.
- Balancování produkčních toků: metoda optimalizace výrobního procesu, která se zaměřuje na zajištění rovnoměrného toku materiálů a pracovních operací přes celou výrobní linku. Cílem je minimalizovat zdržení a zpoždění výroby a zajistit, aby každá část linky pracovala efektivně a bez přerušení.
- TPM: Cílem TPM je vytvořit kulturu údržby, ve které jsou pracovníci výroby zodpovědní za údržbu svých strojů a zařízení a společně s údržbáři pracují na prevenci poruch a minimalizaci plánovaných výpadků.
- Koncepty řešení problémů: např. PDCA cyklus, který definuje proces řešení problému.

(Chromjaková, 2013)

2.1.3 Štíhlá administrativa

Hlavním cílem konceptu zeštíhlení administrativních procesů je odstranění plýtvání a minimalizace nezbytných administrativních procesů, včetně nákupu, plánování a organizace

výroby, procesů řízení kvality, údržby a dalších procesů, které jsou potřebné pro plynulý výrobní proces. Identifikace administrativních procesů je zde obtížnější než v oblasti výroby a vyžaduje hlubší procesní analýzy.

Investice do zeštíhlení administrativních procesů jsou motivovány potřebou provádět pouze ty administrativní procesy, které přinášejí přidanou hodnotu, zvyšováním produktivity práce a potřebou jednodušší komunikace mezi pracovníky. (Chromjaková, 2013)

V závislosti na odvětví představují administrativní náklady více než 50 % veškerých nákladů na uspokojení potřeby zákazníka. Je nutno dodat, že 75 až 90 % administrativních činností však nepřidává žádnou hodnotu pro zákazníka. Přesto bývá zeštíhlování administrativy nebo administrativních procesů často opomíjeno. Je to tím, že se většina společností soustředí na procesy ve výrobě, kde se mnohem snadněji eliminuje různé plýtvání, vše je snadněji kvantifikovatelné a náklady jsou přímo závislé na využití strojů a odpracovaných hodinách. Ve většině případů firmy neměří administrativní úkony, tak jako tomu je u těch výrobních. Zároveň jsou případné změny daleko složitější na zhodnocení. (Průžek, prumysloveinzenyrstvi.cz, 2018)

2.1.4 Štíhlá logistika

Logistika je definována jako pohyb materiálu popř. lidí. V roce 1991 Rada pro řízení logistiky definovala logistiku jako „proces plánování, implementace a kontroly účinného, efektivního toku zboží, služeb a příslušných informací z bodu jejich původu k bodu spotřeby podle potřeb zadaných požadavků.“ (Štíhlá logistika, 2012)

Hlavním cílem logistiky je zajistit, aby bylo správné zboží v požadovaném množství a kvalitě ve správný čas na správném místě za co nejnižší náklady. (Pavelka, 2015)

Jurová (2016) poznamenala, že logistické procesy tvoří značnou část nákladů, prostředků a kapacit. Mezi její principy patří minimalizace zásob, nejkratší průběžná doba výroby a zároveň pomáhá její optimalizace snížit proces, který výrobku nebo službě nepřidává hodnotu.

Ke zjišťování efektivity logistiky podniku se využívají metody jako např. snímek pracovního dne, mapa toku materiálu či benchmarking. Využít lze i různé simulace (Plant Simulation apod.) nebo sledování pomocí GPS. K dosažení větší efektivity v logistice by měl podnik uplatňovat principy jako jsou tahový systém, redukce plýtvání v logistickém toku, pohyb materiálu v malých dávkách a další. (Pavelka, 2015)

2.2 Plýtvání

Fekete (2012) napsal, že aby podnik mohl plýtvání eliminovat, tak jej musí nejprve rozpoznat. Dokud ho firma rozpoznat nedokáže, tak v procesech a operacích zůstane. Identifikace plýtvání není v některých situacích a procesech vůbec jednoduchá, proto zůstává skryté.

Plýtvání je vše, co zvyšuje náklady výrobku či služby, ale nezvyšuje to jejich hodnotu. O přidané hodnotě rozhoduje pouze zákazník, protože ten stanovuje, kolik se bude daného výrobku vyrábět a v jakém čase a kvalitě ho chce mít vyroben. (Košturiak a Frolík, 2006)

V Japonsku se pro plýtvání používá slovo muda, což znamená v překladu odpad a značí jakoukoliv činnost, za kterou zákazník není ochoten zaplatit. Zákazník je ochoten zaplatit například za řezání, ohýbání, svařování a lakování plechu. Naopak není ochoten platit za čekací dobu, chyby, nadměrné zásoby nebo jakékoliv jiné formy mudy.

Práci lze rozdělit do tří kategorií:

- Práce zvyšující hodnotu: Jakýkoliv pohyb, který přidává hodnotu produktu nebo službě.
- Pomocná práce: Pohyb, který podporuje skutečnou práci; obvykle se dělá před nebo po této práci (např. vyjmutí dílu z krabice dodavatele nebo usazení dílu do stroje).
- Muda: Pohyb, který nevytváří žádnou hodnotu. Muda se dá ověřit tak, že pokud byste danou činnost přestali vykonávat, tak to nebude mít žádný vliv na produkt. (Dennis, 2016)

2.2.1 Druhy plýtvání

Mezi základní druhy plýtvání můžeme zařadit:

- Nadprodukce: Jeden z nejvýznamnějších druhů plýtvání, což znamená, že společnost vyrábí více, než po ní zákazník vyžaduje. Jako nadprodukce se bere i to, když je výrobek vyroben s až příliš velkým předstihem oproti domluvenému termínu dodání. Do nadprodukce patří jakýkoliv předzásobení nebo výroba na sklad, což pro firmu znamená větší využití skladových ploch.
- Doprava: plýtvání, které je způsobeno neefektivním uspořádáním pracoviště, příliš rozlehlým pracovištěm nebo sériovou výrobou. Dá se snížit tvorbou menších dávek a přesunem pracovišť blíž k sobě.

- Prostoje: Dochází k němu, když pracovník musí na dodání materiálu čekat nebo když je odstavená linka. Prostoje je i čekání zaměstnance na dokončení práce stroje při zpracování dílu.
- Nadbytečné zpracování: Jedná se o to, že firma dělá víc, než co zákazník vyžaduje. Toto plýtvání často existuje ve společnostech, které jsou řízeny jejich technologickým oddělením.
- Zásoby: nadbytečné zásoby už byly částečně popsány výše v souvislosti s tahovým systémem řízení. Plýtvání v oblasti zásob souvisí s uchováváním nepotřebného materiálu, rozpracované výroby nebo finálních výrobků, což negativně ovlivňuje skladovací náklady a může prodloužit dobu manipulace.
- Zbytečné pohyby: Zbytečný pohyb se týká strojů a lidí. Zbytečný pohyb souvisí s ergonomií pracoviště. Špatný ergonomický design negativně ovlivňuje produktivitu, kvalitu i bezpečnost.
- Opravy nebo vadné výrobky: Musí se kvůli nim přerušit výroba a jsou velmi nákladné na opravu. Někdy se musí i vyhodit, což je obrovské plýtvání materiálu i lidské práce.
- Nevědomost: Tato forma mudy existuje, pokud v rámci společnosti nebo mezi firmou a odběratelem není dostatečná informovanost. To může vést k většímu riziku chyb nebo různým nedokonalostem ve výrobě. Některé zdroje uvádí jako poslední druh plýtvání také „nevyužitý potenciál pracovníků“. (Dennis, 2016; Altman, 2017)

2.3 Produktivita

Produktivita souvisí velmi blízce s plýtváním, protože pokud se nám podaří plýtvání eliminovat, tak se produktivita dle obecného vzorce zvýší. Obecný vzorec produktivity vypadá následovně:

$$\text{Produktivita} = \text{Výstupy/vstupy} \quad (1)$$

Produktivita vyjadřuje efektivitu nebo účinnost, s jakou jsou výrobní faktory využívány ve výrobě. Produktivita se týká všech podniků, výrobních i nevýrobních, protože výroba je zjednodušeně definována jako transformace vstupů ve výstupy – výrobky či služby. (Klečka, 2005)

Dle Mašina a Vytlačila (2000) by se dala definovat jako míra, která vyjadřuje, jak dobře podnik využívá své zdroje při výrobě produktu. Výstup se vyjadřuje ve finančních i objemových jednotkách – kusy, kilogramy, litry apod. Mezi vstupy řadíme pracovní sílu, kapitál, strojní park, know-how, energie nebo třeba materiál. Produktivitu je ovlivňována i systémem motivačním systémem nebo úrovní zavedených metod průmyslového inženýrství.

Existují 3 základní druhy produktivity:

- Parciální produktivita – celkový výstup ku jedné jednotce vstupu.
- Index produktivity – vyjadřuje, jak si stojíme v momentálním období oproti minulým obdobím nebo jak si stojíme proti konkurenci.
- Totální produktivita- celkový měřitelný vstup ku celkově měřitelnému výstupu. (Mašín, 2000)

2.4 TPM

TPM (Total Productive Maintenance neboli Totálně Produktivní Údržba) bývá často nadřazená metodě SMED, která bývá jeho součástí. Pro dosažení vysoké produktivity je nezbytná údržba strojů a zařízení, avšak údržba musí být produktivní a přispívat k zvyšování produktivity stejně jako hlavní výrobní oblast. Nedostatečná údržba může vést ke ztrátám a chybám v pracovním procesu. Cílem programu totálně produktivní údržby je minimalizovat tyto ztráty a chyby. Důležité je analyzovat druhy ztrát, které se při provozování strojů vyskytují. Ztráty v oblasti údržby jsou obecně následující:

- prostoje související s poruchami strojů a neplánované prostoje
- čas na seřízení a nastavování parametrů (změny a výměny)
- ztráty způsobené přestávkami ve výkonu zařízení, krátkodobé poruchy
- ztráty rychlosti průběhu výrobních procesů
- kvalitativní důsledky procesních chyb
- snížení výkonu ve fázi náběhu výrobních procesů, technologické zkoušky. (Mašín, 2000)

2.4.1 Hlavní cíle TPM

TPM je přístup k údržbě zařízení, který se snaží dosáhnout dokonalé výroby dosažením těchto cílů:

- Žádné poruchy
- Žádné malé odstávky nebo pomalý běh stroje
- Žádné vady

Kromě toho se snaží o bezpečné pracovní prostředí:

- Žádné nehody

TPM klade důraz na proaktivní a preventivní údržbu s cílem maximalizovat provozní efektivitu zařízení. Je nezbytnou součástí, pokud se snažíme o štíhlou výrobu. Stírá rozdíl mezi výrobou a údržbou tím, že klade velký důraz na autonomní údržbu operátorů, kteří udržují své zařízení provozuschopné

Implementace programu TPM vytváří sdílenou odpovědnost za zařízení, což znamená větší zapojení pracovníků závodu. Ve správném prostředí může být TPM velmi účinné jako nástroj vedoucí k zlepšování produktivity (zvýšení doby provozu, zkrácení doby cyklu a odstranění závad). (leanproduction.com)

2.4.2 8 pilířů TPM

Osm pilířů TPM se zaměřuje na proaktivní a preventivní techniky, které pomáhají zlepšit spolehlivost zařízení. Patří mezi ně:

1. Autonomní údržba: Autonomní údržba zajišťuje, aby byli operátoři plně vyškoleni v běžné údržbě, jako je čištění, mazání a kontrola. Tento pilíř pomáhá identifikovat problémy dříve, než se stanou poruchami.
2. Cílené zlepšování: Cílené zlepšování je založeno na japonském výrazu „kaizen“, což znamená „zlepšení“. Ve výrobě vyžaduje kaizen neustálé zlepšování funkcí a procesů. Cílené zlepšování se dívá na proces jako celek a vymýšlí nápady, jak jej zlepšit.
3. Plánovaná údržba: Plánovaná údržba zahrnuje studium metrik, jako je četnost jednotlivých poruch, důvody poruch a prostoje v minulosti. Následně plánuje údržby na základě dat. Díky tomu můžeme údržbu naplánovat na dobu, kdy je zařízení nečinné nebo vyrábí s nízkou kapacitou, zřídka tedy dochází k přerušení výroby.
4. Kvalitní údržba: Veškeré plánování a strategie údržby jsou k ničemu, pokud je kvalita prováděné údržby nedostatečná. Pilíř kvalitní údržby se zaměřuje na detekci chyb funkčního návrhu a prevenci ve výrobním procesu. Dělá to pomocí analýzy

hlavních příčin (např. metodou „5x Proč“) k identifikaci a odstranění opakujících se zdrojů závad. Proaktivním zjišťováním příčiny chyb nebo defektů se procesy stávají spolehlivějšími a napoprvé produkují produkty s nižší pravděpodobností zmetkovosti.

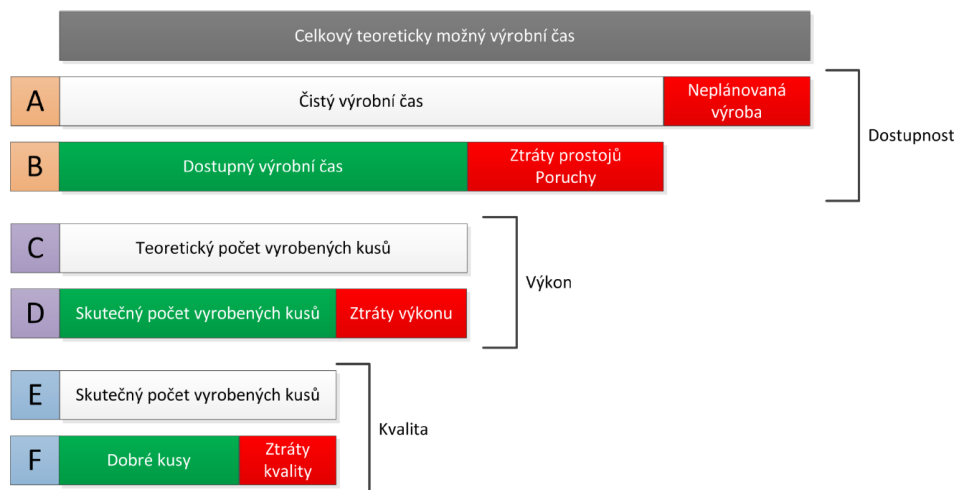
5. Early equipment management: Tento pilíř přebírá praktické znalosti a celkové porozumění výrobnímu zařízení získané celkovou produktivní údržbou a využívá je ke zlepšení návrhu nového zařízení. Návrh zařízení s přispěním lidí, kteří je nejvíce používají, umožňuje dodavatelům zlepšit udržovatelnost a způsob, jakým stroj funguje v budoucích návrzích.
6. Školení a vzdělávání: Nedostatek znalostí o zařízení může narušit celou implementaci programu TPM. Školení a vzdělávání se týká operátorů, manažerů a údržbářů. Účelem je zajistit, aby všichni byli seznámeni s funkcí TPM. Další funkcí je doplnění mezer ve znalostech, které umožní dosáhnout cílů TPM. Operátoři se v rámci tohoto pilíře učí proaktivně udržovat zařízení a identifikovat vznikající problémy. Tým údržby se zase učí, jak zavést proaktivní a preventivní plán údržby, a manažeři se učí správně orientovat v principech TPM, rozvoji zaměstnanců a koučování. Použitím například jednobodových lekcí umístěných na zařízení nebo v jeho blízkosti také pomáhá zlepšit a upevnit pozici TPM ve společnosti.
7. Bezpečnost, zdraví a životní prostředí: Udržování bezpečného pracovního prostředí znamená, že zaměstnanci mohou vykonávat své úkoly na bezpečném místě bez zdravotních rizik. Je důležité vytvářet prostředí, které zefektivňuje výrobu, ale nemělo by zároveň ohrožovat bezpečnost a zdraví zaměstnanců.
8. TPM v administraci: Správně nastavený TPM program je jen tak dobrý, jak dobrý je součet jeho částí. Totálně produktivní údržba by měla zasahovat i za hranice výrobního závodu tím, že bude řešit a eliminovat oblasti plýtvání v administrativních funkcích. To znamená podporu výroby zlepšením věcí, jako je zpracování objednávek, zásobování a plánování. Administrativní funkce jsou často prvním krokem v celém výrobním procesu, proto je důležité, aby byly efektivní a bez plýtvání nebo zbytečných procesů. Pokud se například procesy zpracování objednávek zefektivní, pak se materiál dostane do výrobního závodu rychleji a s menším počtem chyb, čímž se eliminují potenciální prostoje. (Trout, reliableplant.com, 2019)

2.5 OEE

Mašín (2005) definoval OEE (Overall equipment effectiveness, v českém jazyce Celková efektivnost zařízení) jako základní ukazatel LEAN výroby a TPM. Jeho maximální hodnotou je 1 nebo 100 %. Je to nejpoužívanější ukazatel efektivity v průmyslové výrobě. Sleduje 3 základní parametry: dostupnost, výkon a kvalitu. Lze aplikovat na jednotlivé stroje i celou výrobní linku. (Trojan, 2020)

Výpočet je jednoduše popsán jednoduchým obrázkem (č.3) níže. Náročnější než výpočet je sběr dat, který je většinou automatický a nabízí se jako součást strojů. Ruční sběr se dnes již nepoužívá a mohl by přinášet zkreslené údaje. (Trojan, 2020)

OEE je tedy většinou snižováno faktory, které již byli zmíněny v kapitole o plýtvání. Jsou to všechny situace, kdy stroj neběží, není využíván na 100 % nebo produkuje vadné kusy, například.



$$OEE = B/A \times D/C \times F/E$$

Obrázek 3: OEE(plantwatcher.cz)

3 PRŮMYSL 4.0

Největší díl mé práce na celém projektu spočíval v datové analytice, která mně také zabrala nejvíc hodin, proto přidávám téma Průmyslu 4.0, které s datovou analytikou a sběrem dat blízce souvisí. Zároveň je to velmi zajímavé téma, které se i díky umělé inteligenci dostává do všech oblastí. Nejznámější umělá inteligence chatGPT sice stále dělá mnoho chyb, ale dokáže vymyslet návrhy na zlepšení apod.

Termín "Průmysl 4.0" je odvozen z německého výrazu "Industrie 4.0". Pojem "Industrie 4.0" byl poprvé prezentován na veletrhu v Hannoveru v roce 2013 a byl definován iniciativou spolkového ministerstva pro vzdělávání a výzkum. Tento koncept navazuje na předchozí tři průmyslové revoluce:

- První průmyslová revoluce (18.století) - přechod od ruční ke strojní výrobě. Jako palivo se využívalo uhlí.
- Druhá průmyslová revoluce (19.století) – elektrifikace a montážní linky. Začátek sériové a hromadné výroby.
- Třetí průmyslová revoluce (20.století) – nástup a vývoj počítačů a jejich zapojení v průmyslu. (Amtage, 2018)

Hlavním základem čtvrté průmyslové revoluce je propojení mezi člověkem a strojem pomocí internetu. Internet má obrovský rozsah a neustále se rozšiřuje, což umožňuje využívat nové technologie, které se používají přímo v průmyslu. Tyto technologie zahrnují autonomní roboty, cloudové úložiště, 3D tiskárny, simulace a dokonce i virtuální realitu. Cílem Průmyslu 4.0 je přeměnit výrobu z automatizovaných jednotlivých částí na plně automatizovanou linku, která vyžaduje pouze nastavení člověka. (Mařík, 2016)

Tomek a Vávrová (2017) popisují čtvrtou průmyslovou revoluci následovně – cílem je vytvořit inteligentní společnosti, které jsou všestranné a účinně využívají svých zdrojů, přizpůsobují své produkty potřebám uživatelů. Klíčovým faktorem je vysoká flexibilita a technologickým základem kyberneticko-fyzické systémy a internet věcí. (Tomek a Vávrová, 2017)

3.1 Vztah mezi LEAN, TPM a Průmyslem 4.0

Principy lean spočívají ve snižování plýtvání a zvyšování hodnoty pro zákazníka. I když principy průmyslu 4.0 tyto faktory nezahrnují, je zřejmé, že průmysl 4.0 usiluje o vytváření

hodnoty zvýšením efektivity provozu, snížením výrobních nákladů a zajištěním vyšší kvality. Lean i Průmysl 4.0 zajišťují neustálé zlepšování procesů a produktů pro uspokojení zákazníků. Lean také klade důraz na princip automatizace, který zjednodušuje výrobu a zavádí kontrolní funkce prostřednictvím strojů pro detekci abnormálních podmínek nebo operací. Poučky „první organizovat, pak investovat“ nebo „první proces, pak technologie“ slouží jako vynikající příklad zapojení leanu v implementaci průmyslu 4.0 prostřednictvím zajištění toho, že implementace průmyslu 4.0 podpoří tvorbu hodnoty místo plýtvání. Lean je vlastně základna pro zavedení průmyslu 4.0 ve firmě. (Vita, 2018)

CMMS je software používaný k dosažení TPM a zlepšení OEE. Systémy údržby nové generace jsou o digitálních transformacích - adaptivní výroba, pokročilá robotika, rozšířená realita, big data a analytika, cloud, kybernetická bezpečnost, horizontální a vertikální integrace systémů, průmyslový internet a simulace. Víme, že počítačové systémy řízení údržby lze snadno integrovat s kybernetickými fyzickými systémy.

Díky integraci Průmyslu 4.0 spolu s leanem se produktivní systémy údržby mohou vzájemně propojovat a přenášet informace do jiných systémů. Propojení systémů může být napříč odděleními, lokalitami atd. Tyto informační a analytické zprávy pomáhají profesionálům při rozhodování v různých situacích. Díky správné analýze mohou systémy předvídat selhání, překonfigurovat se a přizpůsobovat se změnám. Díky tomu se dají dobře zvládnout nepředvídatelné poruchy a údržba.

Mezi přínosy patří například:

- Snížená chybovost
- Rychlejší rozhodování
- Vylepšená účinnost
- Lepší komunikační systémy
- Prodloužená životnost strojů
- Čas odborníka na údržbu lze využít pro úkoly vyšší úrovně
- Predikce poruch a nulová prostoje
- Předpis preventivního úkolu (Griffiths, 2018)



Obrázek 4: Průmysl 4.0 (Forbes, 2018)

3.2 Nástroje průmyslu 4.0

V této kapitole jsou popsány klíčové nástroje, které tvoří jádro Průmyslu 4.0.

3.2.1 Smart factory

Existuje mnoho definic tohoto pojmu, které se liší jen mírně. Nicméně všechny mají společné, že se jedná o digitalizaci výroby, propojení pomocí CPS přes internet a využití chytrých technologií. Chytré technologie jsou hlavním pohonem nové průmyslové revoluce. (ČMKOS, 2017)

Tyto továrny budou schopny vyměňovat informace mezi dodavateli a odběrateli a samy vyvolávat akce, které jsou potřebné pro jejich bezproblémové fungování. Výsledný propojený systém bude schopen sám analyzovat případné chyby nebo poruchy, bude schopný se konfigurovat a přizpůsobovat různým podmínkám. V takových továrnách budou vznikat "chytré" produkty, které v rámci výroby obsahují veškeré informace, jako je historie, aktuální stav a pohyb během výrobního procesu. Procesy výroby budou více propojeny, což umožní systému rychle reagovat na změny v poptávce a bude možné si nakonfigurovat výrobek k obrazu svému. Celý výrobní proces bude optimalizován a bude schopen rychle reagovat na případné problémy. V chytrých továrnách dojde ke zlepšení kontaktu s zákazníky a dodavateli, ale také ke zlepšení interakce mezi člověkem a strojem. Tyto továrny budou také šetřit energii a řešit demografické změny, ale zároveň způsobí vysokou nezaměstnanost mezi nízkokvalifikovaným obyvatelstvem. Výsledkem tedy bude rychlejší, levnější a kvalitnější výroba. Nevýhodou bude určitě počáteční investice do lidí i infrastruktury. (Ministerstvo průmyslu, 2016)

3.2.2 Kybernetické počítačové systémy

CPS, neboli kybernetické fyzické systémy (někdy také počítačové fyzické systémy), zajišťují nezávislou a plnohodnotnou část komplexních výrobních celků tím, že umožňují autonomní výměnu informací, vyvolání potřebných akcí v reakci na aktuální situaci a vzájemnou nezávislou kontrolu. Tyto systémy využívají senzory k sledování fyzických procesů a shromažďování dat, například o spotřebě energie, která jsou poté nahrávána do vzdáleného úložiště přes internet a jsou tak globálně přístupná. CPS jsou základem inteligentní továrny. (ČMKOS, 2017).

3.2.3 Big Data

Systémy Průmyslu 4.0 využívají data jako každý jiný systém. Vzhledem k propojení všech částí výrobního podniku je nutné mít k dispozici mnohem větší množství dat, která jsou označována jako Big data. Pro využití těchto dat je zapotřebí provést analýzu, což vyžaduje vývoj nových pracovních pozic. Výsledky analýzy dat jsou důležitým cílem pro rozvoj metod strojového učení, obchodu, logistiky, dopravy, virtuální reality, lékařství, sociálních a bezpečnostních aplikací atd.

Zpracování velkých dat je klíčové pro vytváření různých analýz, jako například analýzy nákupního chování, počasí, produktivity a stavu výrobního stroje, zdravotního stavu pacientů a dalších. (Mařík, 2016)

3.2.4 Internet věcí

IoT, tedy Internet věcí, je systém, který umožňuje jednotlivým zařízením vzájemnou komunikaci a kontrolu pomocí internetu. Tento systém umožňuje sběr dat z různých senzorů a čidel, které jsou pak sdíleny přes internet pro sledování, zpracování a analýzu. K tomuto účelu se využívá technologie Big data. (Kodys, 2017)

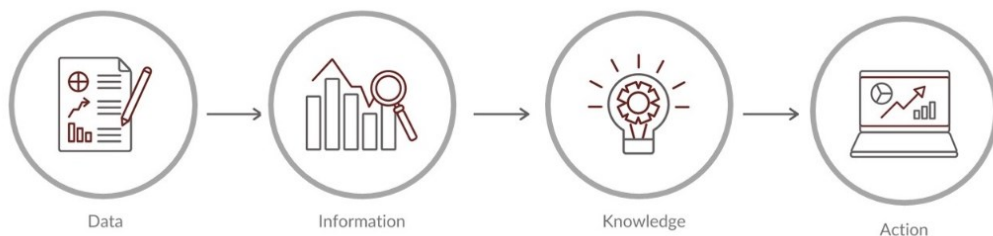
Internet věcí využívá různé běžně dostupné technologie, jako jsou bezdrátové sítě WLAN, kabelová síťová připojení a mobilní datová komunikace. Jeho použití se vyskytuje v mnoha oblastech, jako jsou výroba, zdravotnictví, doprava, domácnost, logistika atd. IoT umožňuje, aby kyberneticko-fyzikální systémy vzájemně komunikovaly a interagovaly. Architektura se skládá ze tří základních prvků:

- zařízení pro připojení do sítě (věci),
- síť - brána propojující několik věcí do cloudu,

- cloud - vzdálené servery v datových centrech, které bezpečně sjednocují a ukládají data. (Rs Components, 2015)

3.3 Datová analytika

Datová analytika je věda o analýze nezpracovaných dat za účelem vyvození závěrů z těchto dat. DA pomáhá podniku optimalizovat jeho výkon, dosahovat efektivnějšího výkonu, maximalizovat zisk nebo činit strategicky řízená rozhodnutí. K analýze dat se používají různé softwarové nástroje jako tabulky, grafy atd. Bývá často i automatizována a v takovém případě je řízena algoritmy. (J. Frankenfield, investopedia.com, 2023)



Obrázek 5: Datová analytika(andata.eu)

Výrobní společnosti například často zaznamenávají dobu běhu strojů, prostoje a pracovní frontu pro různé stroje a poté data analyzují, aby lépe naplánovaly pracovní zatížení a aby maximálně využily kapacitu strojů. (J. Frankenfield, investopedia.com, 2023)

Analýza dat dokáže mnohem více, než jen poukázat na úzká místa ve výrobě. Herní společnosti používají analýzu dat k nastavení plánů odměn pro hráče. Společnosti poskytující obsah používají mnoho analýz dat, aby vás udržely na stránce a třeba podle vašich preferencí předělávají obsah, abyste klikali na další příspěvky. Sportovní týmy využívají DA k sledování výkonnosti hráčů, své hry nebo hry soupeře a dalo by se pokračovat. Datová analytika se v dnešní době prolíná všemi obory a odvětvími. (J. Frankenfield, investopedia.com, 2023)

Existují 4 přístupy k analýze dat:

- Popisná (deskriptivní) analýza: Popisuje, co se stalo za dané časové období. Zvýšil se počet zhlédnutí? Jsou prodeje tento měsíc silnější než minulý?
- Diagnostická analýza: Zaměřuje se více na to, proč se něco stalo. To zahrnuje rozmanitější vstupy dat a hypotézy. Ovlivnilo prodej piva počasí? Ovlivnila tato poslední marketingová kampaň prodej?

- Prediktivní analytika: Přesouvá se k tomu, co se pravděpodobně stane v blízké budoucnosti. Co se stalo s prodejem, když jsme měli naposledy horké léto? Kolik modelů počasí předpovídá letos horké léto?
- Preskriptivní analytika: Ta naznačuje a vyhodnocuje postupy. Pokud je pravděpodobnost horkého léta naměřena nad 58 %, měli bychom přidat do pivovaru večerní směnu a pronajmout si přídatnou nádrž pro zvýšení výkonu. (J. Frankenfield, investopedia.com, 2023)

Brau (2016) napsal, že je možné správnou vizualizací dat urychlit zavádění různých inovací nebo nástrojů/filosofií průmyslového inženýrství jako například TPM, 5S, KAIZEN, KANBAN, JIT apod. Pomocí digitalizace těchto dat můžeme dávat pracovníkům informace o plnění různých cílů v reálném čase atd.

Implementace DA do obchodního modelu znamená, že společnosti mohou pomoci snížit náklady tím, že najdou efektivnější způsoby řízení jednotlivých procesů. Společnost může také využít analýzu dat k lepším obchodním rozhodnutím, analýze trendů a spokojenost zákazníků, což může vést k novým – a lepším – produktům a službám.

Analytika dat je základem mnoha systémů kontroly kvality ve business světě, včetně stále oblíbeného programu Six Sigma. Pokud něco řádně neměříte – ať už je to vaše hmotnost nebo počet vad na milion ve výrobní lince – je téměř nemožné to optimalizovat. (J. Frankenfield, investopedia.com, 2023)

3.3.1 Proces analýzy dat

Dolování dat, známé také jako data mining, je analytický proces, který umožňuje získávat informace z velkého množství dat. Tyto informace mohou být využity pro rozvoj podniku nebo k získání konkurenční výhody. Data mining se skládá z šesti kroků:

1. Definování problému – stanovení cílů projektů, návrhy řešení.
2. Porozumění datům – tvorba hypotéz, které se potvrzují nebo vyvracejí.
3. Příprava dat - čištění a úprava dat, která vede k nezkráslým výsledkům.
4. Modelování- testování metod pro řešení problému.
5. Hodnocení – vyhodnocení a selekce různých modelů/návrhů.

6. Nasazení – implementace vybraného řešení do našich procesů. (Růžičková, medium.com, 2018)

3.3.2 Nástroje pro datovou analytiku

Kromě široké škály matematických a statistických přístupů k rozboru čísel se pro analýzu už dávno začaly využívat různé technologie. V současnosti mají datoví analytici k dispozici širokou škálu softwarových nástrojů, které jim pomáhají získávat data, ukládat informace, zpracovávat data a tvořit reporty.

Analytika dat měla vždy velkou vazbu na tabulky a Microsoft Excel. Nyní datoví analytici také často interagují s programovacími jazyky za účelem transformace a manipulace s databázemi. Často se používají open-source jazyky, jako je Python. Pro statistickou analýzu nebo grafické modelování lze použít specifitější nástroje pro analýzu dat, jako je R.

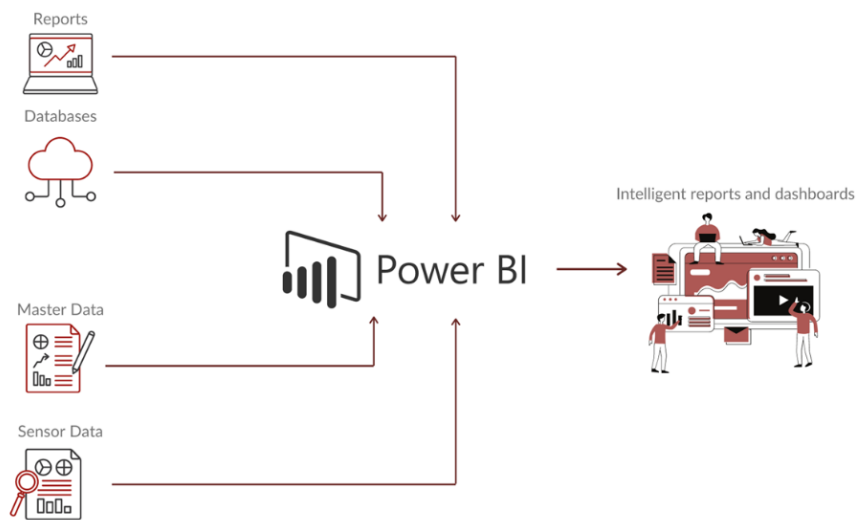
Objevují se i další nástroje, které datovým analytikům usnadňují práci. Firmy hodně využívají například Tableau a Power BI. SAS je zase analytická platforma, která může pomoci s dolováním dat a Apache Spark je platforma s otevřeným zdrojovým kódem, která se používá pro zpracování velkých sad dat. (J. Frankenfield, investopedia.com, 2023)

Coursera (2022) uvádí, že datový analytik by měl být schopen ovládat alespoň některé z těchto oblastí:

- Structured Query Language (SQL), programovací jazyk běžně používaný pro databáze
- Statistické programovací jazyky, jako je R a Python, běžně používané k vytváření pokročilých programů pro analýzu dat
- Strojové učení, odvětví umělé inteligence, které zahrnuje použití algoritmů k rozpoznání vzorů dat
- Pravděpodobnost a statistika za účelem lepší analýzy a interpretace datových trendů
- Správa dat neboli postupy kolem shromažďování, organizování a ukládání dat
- Statistická vizualizace nebo možnost používat tabulky a grafy k vyvozování závěrů z dat
- Ekonometrie neboli schopnost využívat datové trendy k vytváření matematických modelů, které předpovídají budoucí trendy

3.3.3 Power BI

Power BI je software pro interaktivní vizualizaci dat vyvinutý společností Microsoft s primárním zaměřením na business intelligence. Používá se k přeměně nezpracovaných dat na vizuálně hezky vypadající a interaktivní přehledy. Data lze zadávat čtením přímo z databáze, webové stránky nebo strukturovaných souborů, jako jsou tabulky, CSV, XML a JSON. (Microsoft.com, 2023)



Obrázek 6: Odkud pochází data pro Power BI? (Antdata.eu)

Využití Power BI nalezneme hlavně v těchto oborech:

- Logistika
- Marketing
- HR
- Finance
- Výroba
- Plánování
- Sklad
- Dodavatelský řetězec

V Power BI je možné propojit data používaná v různých odděleních do jednoho datového modelu. Tak je možné např. korelovat marži produktu (prodej) s náklady na odeslání (logistika) a náklady na balení (sklad). Výsledkem je, že osoby s rozhodovací pravomocí

získají nástroj, který doporučí správný přístup pro diskontní sazbu na úrovni zákazníka nebo produktu. (Antdata.eu)

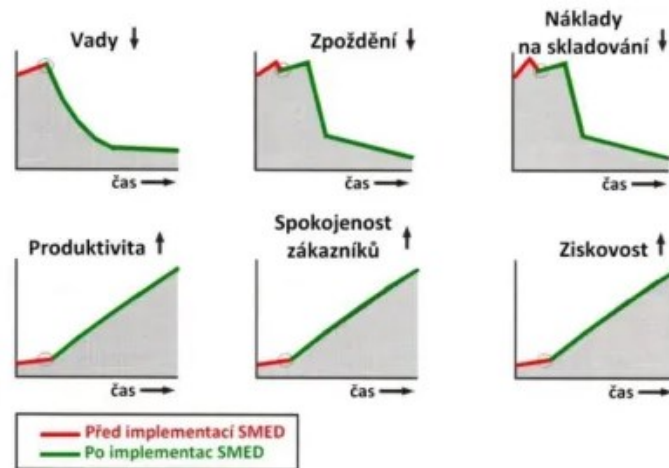
4 METODA SMED

Shingeo Shingo, japonský průmyslový inženýr, metodu SMED (Single Minute Exchange of Dies) vytvořil s cílem snížení času nutného k přetypování stroje nebo pracoviště. Tato metoda vyžaduje důkladnou analýzu procesu přetypování, která se obvykle provádí pozorováním na pracovišti. Dlouhé časy přetypování stroje snižují využití daného stroje, což jinými slovy znamená plýtvání a snižuje hodnotu nebo zvyšuje náklady výsledného produktu. (Wilson, 2010)

Klíčovým faktorem pro dosažení pružnosti a malých výrobních dávek je snížení času potřebného k přetypování stroje z jedné výroby na druhou. Metoda SMED je nejznámější metodou pro rychlé změny a zaměřuje se na důkladnou analýzu procesu přetypování, který umožňuje zkrácení času prostřednictvím reorganizací přestaveb, standardizací postupů přestaveb a dalších technických úprav. (Košturiak a Frolík, 2006)

Mezi pozitiva metody SMED můžeme zahrnout zvýšení flexibility provozu, zrychlení reakce na změny v poptávce, snížení plýtvání, zmenšení objemu zásob, a to vše vede k celkovému zvýšení OEE. (managementmania.com, 2016) Ondra (prumysloveinzenyrstvi.cz, 2017) napsal, že se čas přetypování v začátcích metody snížil v průměru o 97,5 % napříč obory. Nyní se pohybuje po prvním zavedení někde okolo 30 %. Jako další pozitiva metody zmiňuje:

- zvýšení bezpečnosti práce, snížení fyzické zátěže, rizik a zranění, zvýšení spokojenosti zákazníků, konkurenceschopnosti a také ziskovosti,
- zjednodušení pracovního postupu a možnosti zapojení operátorů do přetypování,
- zkrácení průběžné doby výroby a rychlejší dodání hotových výrobků,
- snížení množství chyb během přetypování díky standardizaci.



Obrázek 7: Výhody implementace metody SMED (prumysloveinzenyrstvi.cz, 2017)

Metoda SMED se opírá o důkladnou analýzu změn výrobních nástrojů či zařízení, s cílem odhalit příčiny dlouhých časů těchto změn a dosáhnout jejich výrazného zrychlení. Klíčovým prvkem je identifikace slabých míst současného stavu pomocí analýzy současného procesu nebo pozorování přímo na pracovišti. Pro dosažení výsledků lze použít různé prostředky, jako jsou změny technologií, pracovních pomůcek, nastavení strojů či organizace práce, standardizace postupů pro všechny zúčastněné týmy, vytvoření specializovaných týmů nebo lepší trénink týmu.

4.1 Zavedení metody SMED

Základní kroky metody SMED jsou v podstatě následující:

- vyhodnocení nového pracovního postupu,
- zaznamenání současného stavu pracovního postupu a jeho měření, (analýza, pozorování)
- analýza současného stavu a identifikace úzkých míst,
- návrhy na odstranění úzkých míst,
- vytvoření návrhu nového pracovního postupu a jeho modelu,
- odzkoušení a vyhodnocení nového pracovního postupu,
- zavedení nového řešení do praxe. (managementmania.cz, 2016)

4.1.1 Interní a externí aktivity

Pro úspěšné zavedení metody SMED je důležité také rozdělit činnosti/aktivity na interní a externí. Když se provádí nastavení na procesu nebo stroji, existují aktivity, které lze provést za chodu stroje, a jiné, které vyžadují zastavení zařízení. Činnosti interní jsou ty, které vyžadují, aby se proces nebo stroj zastavil, než je půjde bezpečně provádět, zatímco externí činnosti lze provádět, i když proces běží.

Příklady interních činností:

- Často je to buď hledání, čekání nebo chůze
- Odstranění starého nástroje
- Umístění nového nástroje
- Připojení služeb, jako je vzduch, k novému nástroji
- Čištění zásobníků / podavačů materiálu

Příklady externích činností:

- Získání nového nářadí
- Vracení starého nářadí
- Hledání nástrojů pro nastavení
- Nalezení správného papírování
- Svoz surovin (setupreductiononline.com)

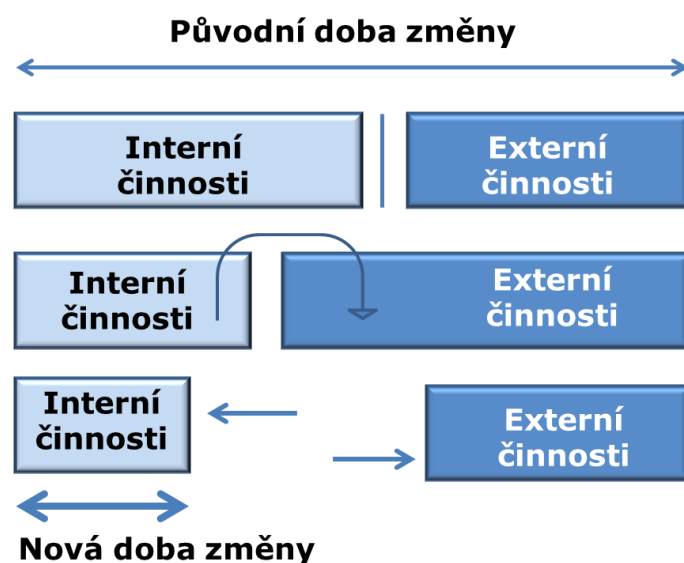
Jsou činnosti, které se z interních dají změnit na externí. Změna interních činností na externí znamená snížení interního času nastavení stroje tím, že stále více operací bude prováděno externě, tím pádem za běhu stroje. Například nastavení rozměrů a polohy nebo příprava pracoviště se dá považovat za převoditelnou položku. (Košturiak a Frolík, 2006)

4.1.2 Postup zavedení metody

Všeobecný postup zavedení metody by se dal shrnout podle Tučka a Bobáka (2006) následovně:

1. Rozdělení činností na interní a externí – tento bod je již popsán výše. Správným rozdělením můžeme snadněji identifikovat procesy, které půjde zlepšit.

2. Převedení interních činností na externí – Zde se snažíme najít, které postupy se prováděly interně, tedy po zastavení stroje a snažíme se vymyslet způsob, jakým by šly provádět externě, což znamená za chodu stroje. Tím se sníží doba, po kterou je stroj odstavený a tím pádem se zkrátí doba přetypování. (Mašín a Vytlačil, 2000)
3. Redukce časů interních a externích činností – zde je potřeba detailní analýza interních i externích činností s cílem jejich zlepšení a zrychlení. Neméně důležitá je také standardizace, aby bylo zlepšení dlouhodobou záležitostí, dalo se na něm stavět do budoucna a tím pádem mělo pro společnost smysl. (Mašín a Vytlačil, 2000)



Obrázek 8: Postup metody SMED (svetproduktivity.cz)

4.1.3 Chyby u zavedení metody

Košturiak a Frolík (2006) sepsali výběr chyb a rizik, s kterými se firmy při implementaci metody SMED setkávají:

- Špatný výběr procesů – jsou jimi třeba aktivity, které nejsou vykonávány často a nemají tak výraznější potenciál pro snížení průměru času přetypování za celou firmu.
- Příliš nízké cíle – např. cíl spočívající jen v drobném zkrácení času, čímž nevyužijeme plný potenciál této metody. V mnoha společnostech zase trvá tento proces příliš dlouho a není mu věnována dostatečná pozornost, je důležité tento proces zkracování urychlit.
- Nově navrhnutý proces není standardizován a vyhodnocován.

- Existují zařízení, které jsou technicky limitovány a které lze překonat pouze rozsáhlou technickou změnou zařízení.
- Nevhodně zvolený tým – zavádění metody se neúčastní přímo lidi z daného procesu, kteří ho znají nejvíce a můžou být díky svým zkušenostem a poznatkům velkým přínosem pro zkvalitnění.

4.2 Seřizovací čas

Seřizovací čas je doba potřebná od ukončení výroby jednoho výrobku po výrobu prvního dobrého kusu druhého výrobku. Zahrnuje odstranění starého nářadí a přípravku, nastavení nového nářadí a přípravku, nastavení a doladění různých parametrů, zkušební běhy atd.

Seřizování strojů záleží na typu operace a typu stroje. Obecně se ale skládá z těchto kroků (v závorce se pak nachází přibližný čas, který každá operace zabere, ale ten se může taky velmi lišit v závislosti na mnoha faktorech):

- příprava a kontrola nástrojů a materiálu (30 % času),
- montáž a výměna nástrojů a přípravků (5 % času),
- vlastní seřízení rozměrů a polohy nástrojů (15 % času),
- odzkoušení a následné úpravy (50 % času). (svetproduktivity.cz)

Plýtvání při seřizování se podle svetproduktivity.cz může objevit v následujících 4 oblastech:

- Plýtvání při přípravě na změnu - doprava nástrojů po zastavení stroje, zbytečné pohyby, nedostatečné plánování.
- Plýtvání při montáži a demontáži - hledání součástek a nástrojů, pozorování práce jiného pracovníka, chybějící standardy, chůze, čekání, příprava prostoru po zastavení stroje, studium dokumentace, kouření.
- Plýtvání při seřizování, nastavování polohy a zkouškách - vícenásobné doladování nepřesností.
- Plýtvání při čekání na zahájení výroby - čekání na zahřátí nástroje, dlouhé čekání na „uvolnění“ seřizovaného stroje do výroby.

4.3 Desatero rychlé změny

Ondra (2017, prumysloveinzenyrstvi.cz) vypsál desatero pravidel, které by měly pomoci k nasazení SMED ve výrobě:

1. Výměna a seřizování je plýtvání.
2. Nikdy neříkejte, že je to nemožné.
3. Zkrácení přetypování není prací jednotlivce, ale týmu a ten je potřeba odměňovat.
4. Důležité je analyzovat přetypování přímo na pracovišti a pořídít videozáznam.
5. Popis procesu přetypování by měl být standardizován jízdním řádem.
6. Před zahájením přetypování musí být připraveny všechny pomůcky a nástroje.
7. Při přetypování se mohou pohybovat ruce, ale nohy by se pohybovat neměly.
8. Každý šroub je nepřítelem, protože jejich otáčení stojí čas, tudíž se jim vyhněte.
9. Při nastavení a ladění se vyhněte odhadům a používejte stupnice, značky a dorazy.
10. Bez měřeného tréninku nemůžete vyhrát žádný závod.

5 DALŠÍ METODY POUŽITÉ V RÁMCI PROJEKTU

V této kapitole budou z teoretického hlediska popsány další metody, kterých bylo využito při zpracování praktické části diplomové práce. Jde konkrétně o SWOT analýzu, RIPRAN, Ganttův diagram a metody měření práce.

5.1 SWOT analýza

SWOT je zkratkou (v anglickém jazyce) pro silné stránky, slabé stránky, příležitosti a hrozby. Z toho vyplývá i hlavní funkce této analýzy. Je to technika pro posouzení právě těchto čtyř aspektů nejen podnikání, ale třeba i výroby apod.

SWOT analýza je nástroj, který může pomoci analyzovat, co společnost nyní umí nejlépe, a navrhnout úspěšnou strategii do budoucna. Může také odhalit oblasti podnikání, které firmu brzdí nebo které by konkurence mohla zneužít.

Zkoumá vnitřní i vnější faktory – tedy to, co se děje uvnitř i vně organizace. Některé z těchto faktorů tedy lze mít pod kontrolou a některé nikoli. (Mindtools.com)

SWOT ANALYSIS



Obrázek 9: Matice 2x2 pro SWOT analýzu

5.2 Ganttův diagram

Ganttův diagram je nástroj pro vizualizaci plánování a sledování projektů nebo různých aktivit. Jedná se o druh sloupcového grafu, který zobrazuje plánované a skutečné časové údaje aktivit. Na vodorovné ose jsou zobrazeny jednotlivé úkoly a na svislé ose je časový rozvrh, který vypadá přibližně stejně jako snímek pracovní činnosti. Každý úkol je zobrazen jako pruh, který začíná v okamžiku, kdy má být úkol zahájen, a končí v okamžiku, kdy má být dokončen. Barva pruhu může reprezentovat různé informace. Ganttův diagram umožňuje projektovým manažerům a týmům sledovat pokrok projektu, identifikovat potenciální problémy a plánovat budoucí kroky. (Grant, investopedia.com, 2022)

5.3 Měření a analýza práce

Techniky měření práce jsou použity pro stanovení času potřebného k dokončení určité práce. Tyto techniky mají za cíl vytvořit normu času, která zahrnuje průměrný čas, který je potřebný k dokončení úkolu s průměrnými dovednostmi a úsilím pracovníka. Tato metoda se používá na pracovištích, která jsou racionálně uspořádaná a vyloučila veškeré zbytečné činnosti pracovníka. Měření práce se používá jako účinný nástroj průmyslového inženýrství, který umožňuje zvyšovat produktivitu a snižovat náklady výroby. (Mašín, 2005)

Práce v oblasti analýzy a měření práce lze rozdělit na dvě základní skupiny. Nejprve se musíme věnovat analýze práce, což znamená studovat pracovní metody s cílem najít plýtvání a neproduktivní činnosti. Poté musíme zjednodušit práci tak, aby se vytvořil nový a optimální pracovní postup. Teprve pak se v druhé fázi můžeme zabývat měřením práce, což zahrnuje stanovení času, který daný proces zabere. Analýza práce se opírá o detailní sledování pracovních postupů, používání zdravého rozumu a přemýšlení o tom, zda lze danou operaci vykonávat efektivněji, nebo jestli není možné některé úkony eliminovat, sloučit nebo zjednodušit. Analytické metody, které se používají za tímto účelem jsou například procesní analýzy a diagramy, špagetové diagramy nebo mapování toku hodnot. (Dlabač, e-api.cz, 2015)

Měření práce se snaží vytvořit objektivní normu spotřeby času a k tomuto účelu se používají různé metody. Mezi nejčastější patří časové studie, které přímo měří čas pomocí stopek, a systémy předem určených časů, kde se norma určuje nepřímou. Takže můžeme měřit čas přímo pomocí stopek nebo nepřímou použitím předem stanovených časových limitů. (Dlabač, e-api.cz, 2015)

5.3.1 Cíle měření a analýzy práce

Hlavní důvody a cíle měření práce jsou následující:

1. Pomáhá nám určit čas potřebný k dokončení zakázky. Nabízí porovnání různých alternativních metod a usnadní výběr neekonomičtější a neúčinnější metody.
2. Snižuje nebo odstraňuje neproduktivní čas
3. Určuje standardy
4. Usnadňuje specifikaci požadavků na pracovní sílu
5. Pomáhá při odhadu nákladů
6. Pomáhá plánovat pracovní vytížení člověka a stroje
7. Pomáhá připravit rozvrh
8. Poskytuje informace pro efektivní plánování a řízení výroby
9. Pomáhá kontrolovat výrobní náklady
10. Pomáhá stanovit termín dodání zákazníkovi. (www.vidyarthiplus.com)

Hlavní cíle analýzy práce jsou zase:

1. zlepšení pracovní metody
2. zlepšení layoutu
3. redukce únavy pracovníků
4. zlepšení v použití materiálů, strojů, pracovní síly
5. zlepšení pracoviště
6. zvýšení bezpečnosti při práci. (svetproduktivity.cz)

5.3.2 Přímé měření

Existují 2 základní postupy v oblasti přímého měření. Buď pracovníka sledujeme (snímek pracovního dne) nebo ho sledujeme a zároveň jednotlivé aktivity měříme (chronometráž).

Chronometráž je často používanou metodou k stanovení délky trvání pracovních dějů a k určení výkonové normy. Tato metoda spočívá v rozdělení měřené operace na několik menších úseků, které se nazývají úkony nebo měřicí body. Doba trvání jednotlivých úkonů se pak zaznamenává do předem připraveného formuláře. Mezi hlavní výhody chronometráže

patří možnost vyloučení extrémních hodnot, což zajišťuje poměrně vysokou spolehlivost měření. Další výhodou je schopnost balancování operací a přesouvání jednotlivých úkonů mezi pracovníky. Umožňuje také identifikaci problematických úkonů. (Dlabač, e-api.cz, 2015)

Chronometráž operace															
Operace: Montáž razítka										Datum pozorování: 15. 8. 2011		Pozorovatel list č.: 1			
										od: 6:20		do: 7:00			
										Krycí list č.:					
P. č.	Název měřené části (úkon)	Konečný mezní bod	Početová část měření (kusů, cyklů)										Průměr	Poznámka	
			N	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
1	Našroubování matice	Z: uchopení matice	J	0:00:14	0:00:16	0:00:12	0:00:12	0:00:10	0:00:11	0:00:19	0:00:17	0:00:14	0:00:15	0:00:15	
		K: uchopení měřidla	P	0:00:14	0:01:50	0:03:23	0:04:56	0:06:28	0:08:01	0:10:06	0:11:45	0:13:30	0:15:00		
2	Měření + korovka	Z: uchopení měřidla	J	0:00:19	0:00:18	0:00:21	0:00:16	0:00:28	0:00:28	0:00:19	0:00:17	0:00:19	0:00:14	0:00:18	
		K: uchopení měřidla	P	0:00:32	0:02:08	0:03:44	0:05:15	0:07:04	0:08:38	0:10:21	0:12:02	0:13:48	0:15:24		
3	Korovkovač + založení ramene	Z: odložení matice	J	0:00:13	0:00:12	0:00:09	0:00:11	0:00:13	0:00:18	0:00:19	0:00:13	0:00:15	0:00:14	0:00:14	
		K: puštění ramene	P	0:00:45	0:02:20	0:03:53	0:05:26	0:07:17	0:08:56	0:10:40	0:12:15	0:14:03	0:15:38		
4	Přívazek komponentů pro další montáž	Z: puštění ramene	J	0:00:07	0:00:07	0:00:08	0:00:07	0:00:11	0:00:05	0:00:08	0:00:07	0:00:07	0:00:05	0:00:07	
		K: odložení malé matice	P	0:00:52	0:02:27	0:04:01	0:05:33	0:07:28	0:09:07	0:10:46	0:12:22	0:14:10	0:15:52		
5	Upravení razítka + přesun do výchozí polohy	Z: odložení malé matice	J	0:00:20	0:00:18	0:00:22	0:00:24	0:00:18	0:00:18	0:00:18	0:00:28	0:00:19	0:00:19	0:00:20	
		K: puštění ramene	P	0:01:12	0:02:45	0:04:23	0:05:57	0:07:46	0:09:28	0:11:02	0:12:50	0:14:29	0:16:00		
6	Uchycení ramene velkou maticí + zkouška ramene	Z: puštění ramene	J	0:00:14	0:00:14	0:00:16	0:00:16	0:00:15	0:00:18	0:00:18	0:00:18	0:00:15	0:00:17	0:00:18	
		K: uchopení klíče	P	0:01:29	0:02:59	0:04:39	0:06:13	0:08:07	0:09:39	0:11:20	0:13:09	0:14:44	0:16:19		
7	Dotlačení klíčem	Z: uchopení klíče	J	0:00:08	0:00:09	0:00:08	0:00:05	0:00:06	0:00:08	0:00:08	0:00:08	0:00:10	0:00:11	0:00:09	
		K: uchopení matice	P	0:01:34	0:03:08	0:04:47	0:06:22	0:08:07	0:09:48	0:11:28	0:13:15	0:14:54	0:16:31		
Suma (celková průměrná délka trvání operace)												0:01:38			
Uspořádání pracoviště - materiálový tok: - nevhodné uspořádání klíčů - materiál nevhodně ergonomicky umístěn (zóny dosahu)			Rozbor pracovních úseků: čas (s)			Přívazání: přívazek komponentů pro další montáž									
Definování opatření:															
1. Úprava pracovního postupu (chytby v dokumentaci, bez předřizování komponent)															
2.															
3.															
4.															
5.															
6.															

Obrázek 10: Chronometráž operace (Dlabač, e-api.cz, 2015)

5.3.3 Nepřímé měření

„Cílem nepřímého měření nebo také systémů předem určených časů je rozbor jednotlivých úkonů na základní pohyby, kterým je následně dle náročnosti přiřazen index odpovídající určité spotřebě času.“ Jednou z nejznámějších technik nepřímého měření je Basic MOST. Tato technika je v dnešní době zároveň tou nejpoužívanější. (Dlabač, e-api.cz, 2015)

Basic MOST je systém pro analyzování, měření a následné zlepšování pracovních činností. Vychází ze skutečnosti, že při všech aktivitách ve výrobě dochází k přemísťování objektů. Přičemž objekt můžeme přemísťovat:

- volným pohybem (volně vzduchem),
- řízeným pohybem (jasně daná dráha pohybu),
- za pomoci ručního nástroje,
- za pomoci ručního jeřábu. (Dlabač, e-api.cz, 2015)

Pořadové číslo	Popis operace	Použití rukou	Sekvence						Frekvence	TMU
			OP	ABG - Získat	ABP - Položit	MXI - Přemístění/Spustit	Název	ABP - Položit stranou		
	OP - obecné přemístění	OP								
	ŘP - řízené přemístění (Č - Procesní čas)	ŘP								
	N - Použití nástroje	N								
	J - Jeřáb	J	ATK - Získat	FVL - Položit		VPT - Položit stranou				
1	P Uchopit výrobek vzdálený 1 krok a umístit jej na nástroj	OP	A 3 B 0 G 1 1 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1 1			A 0 1	1	100	
2	O Upevnit výrobek dvěma otočeními zápěstím	NF	A 0 B 0 G 0 1 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1 1	F 6 1 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1 1	A 0 1	1	60	
3	P Upevnit výrobek dvěma rázy zápěstím	NF	A 3 B 0 G 1 1 1 1 1	A 3 B 0 P 1 1 1 1 1	F 6 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1	A 0 1	1	160	
6	L Spustit cyklový čas trvající 29s	RP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	M 1 X 81 I 0 1 1 1 1			A 0 1	1	840	
8	P Ukončit cyklus uvolněním páky	RP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	M 1 X 0 I 0 1 1 1 1			A 0 1	1	30	
9	O Uvolnit výrobek dvěma rázy zápěstím	NL	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1	L 6 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1	A 0 1	1	120	
10	P Uvolnit výrobek dvěma otočeními zápěstím	NL	A 0 B 0 G 0 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1	L 6 1 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1 1	A 0 1	1	80	
11	O Vyjmout hotový výrobek	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1 1			A 0 1	1	20	
12	O Očistit výrobek vzduchovou pistolí	NS	A 1 B 0 G 1 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1	S 6 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1 1	A 0 1	1	120	
13	P Odložit hotový kus do přepravy vzdálené 1 krok	OP	A 0 B 0 G 0 1 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1 1			A 0 1	1	60	
Celková spotřeba času:			0,95			57,19			1590	
			minut			sekund			TMU	

Obrázek 11: Ukázka použití metody Basic MOST ((Dlabač, e-api.cz, 2015)

Výhody systémů předem určených časů:

- Nemusíme řešit problém subjektivity stanovení úrovně výkonnosti (předem určené časy základních pohybů představují průměrný výkon průměrného dělníka, tj. úroveň výkonnosti 100%),
- zajišťují stejnou úroveň a vysokou přesnost norem času,
- možné použití i pro stanovení časů budoucích, projektovaných operací,
- možné použití pro racionalizaci pracovního postupu, organizaci a uspořádání pracoviště. (svetproduktivity.cz)

5.4 RIPRAN

Metoda RIPRAN (risk project analysis) se používá k identifikaci rizik projektu. Provádí se před zpracováním projektu. Neznamená to, že bychom neměli s riziky pracovat i v jiných fázích projektu. Rizika by se měla sledovat ve všech fázích projektu, abychom s nimi dokázali pracovat a mohli se jim vyhnout.

Využití metody RIPRAN:

- Identifikace rizika
- Kvantifikace rizika

- Opatření ke snížení rizika (Lacko, 2017)

Pravděpodobnost			Matice	MP	SP	VP
MP	Malá	1-20%	MD	MHR	MHR	SHR
SP	Střední	21-66%	SD	MHR	SHR	VHR
VP	Velká	66-99 %	VD	SHR	VHR	VHR
Dopad na projekt						
MD	Malý dopad na projekt. Škoda do 0,5 % z hodnoty projektu.					
SD	Střední dopad na projekt, ohrožení zdrojů/nákladů. Škoda 0,6-20 %.					
VD	Velký dopad ohrožující cíl projektu. Škoda 20 % a více.					

Obrázek 12: RIPRAN: Kategorie pravděpodobnosti (vlevo nahoře), dopadu (dole) a matice hodnoty rizika (vpravo nahoře) (vlastní zpracování dle Pavelkové, 2014)

5.4.1 Postup metody

Obecný postup metody je následující:

1. Nejprve se rizika identifikují – vždy hrozba a z toho plynoucí scénář.
2. Poté se každá hrozba i scénář kvantifikují a jejich procentuální hodnocení se vynásobí, čímž se určí celková pravděpodobnost tohoto rizika, která se poté kategorizuje dle tabulky pravděpodobnosti.
3. Následně se určí kategorie dopadu každé hrozby (každého scénáře) na výsledek projektu.
4. Nakonec se určí hodnota rizika dle matice hodnoty rizika a navrhnou se možná opatření, abychom pravděpodobnost rizika eliminovali.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Jméno společnosti bohužel není možné prozradit, ale je to středně velká firma z Čech, která dodává vysokopevnostní spojovací prvky hlavně do automotive průmyslu. Firma má zastoupení samozřejmě v Evropě, ale i Asii nebo Americe a celkem zaměstnává přes 3000 zaměstnanců.

6.1 SWOT

Tabulka 1: SWOT analýza (vlastní zpracování)

Silné stránky	Slabé stránky
Dlouholeté zkušenosti	Přesnost údajů a práce s nimi
Dobře nastavený systém práce	Nedostatečné množství nástrojů
Motivovaný tým	SMED Workshopy
Dobrá věková struktura zam.	Vyšší fluktuace
Technická znalost	Řešení vazby mezi OEE, C/O a ost.prostoji
Široké portfolio výrobků	Výměna zkušeností a znalostí mezi zam.
Příležitosti	Hrozby
Technologie na automatický sběr dat	Konkurence
Přesnost údajů a DA – nábor analytika	Krize – závislost na auto. Průmyslu, zdražování
SMED Workshopy/školení	Fluktuace pracovníků
Interní/externí vzdělávání a předávání zkušeností	Nedostatek uchazečů o práci

Výše v tabulce 1 se nachází SWOT analýza společnosti, která je částečně směřována na SMED ve firmě. Mezi silné stránky patří dlouholeté zkušenosti seřizovačů, dobře nastavený systém práce, motivovaný tým, technicky znalý tým a dobrá věková struktura seřizovačů (věkový průměr okolo 39 let, přičemž přibližně 50 % pracovníků má do 40 let a 50 % nad 40 let). Z obecnějších silných stránek společnosti jsem zařadil široké portfolio výrobků, takže firmu neohrozí, pokud se něco přestane vyrábět nebo pokud jejich odběratel změnil dodavatele. Pro tým seřizovačů je široké portfolio výrobků v každém případě spíše přítěží.

Mezi slabé stránky společnosti se řadí přesnost údajů a práce s nimi – popsáno níže, hlavně ruční sběr a nestandardizované zaokrouhlování časů seřízení na 15 minut; nedostatečné množství nástrojů – také popsáno níže, chybí AKU vrtačky a nástroje alespoň pro dvojice strojů, aby pracovníci eliminovali zbytečnou chůzi; chybějící SMED workshopy; vyšší nebo zvyšující se fluktuace zaměstnanců viditelná v tabulce 2; řešení vazby a návaznosti OEE a časů seřízení; nakonec výměna zkušeností mezi pracovníky, která momentálně neprobíhá,

ale má obrovský potenciál do budoucna, což bude popsáno v jedné z kapitol zaměřené na časy zaměstnanců.

Tabulka 2: Fluktuace zaměstnanců – doplněk ke SWOT analýze (vlastní zpracování)

Fluktuace	2020	2021	01.08.2022
ze strany zaměstavatele	3	7	4
ze strany zaměstnance	3	4	4

Příležitosti jsou založeny hlavně na slabých stránkách společnosti. Vhodná by byla implementace technologie pro automatický sběr dat; zajištění firmy nebo lidí (nábor nebo zaškolení pracovníků), kteří by s daty kontinuálně pracovali a byli by schopní tvořit reporty, a to nejen v oblasti seřizování; SMED workshopy (s externími lektory) a interní/externí vzdělávání, kde by byly tyto cíle - větší spolupráce mezi odděleními společnosti, výměna znalostí a zkušeností mezi zaměstnanci a tím pádem celkové zlepšení procesu seřizení.

Mezi hrozby byla zařazena konkurence, kvůli které by mohla společnost přijít o část zakázek nebo by byla nucena zlevnit; krize, závislost na automobilovém průmyslu a zdražování – v datech půjde vidět, že společnost byla za poslední cca 3 roky zasažena Covidem a čipovou krizí, která automobilový průmysl velmi zasáhla, dalším problémem je momentální dražší energie; fluktuace pracovníků a tím pádem možný odchod zkušených a schopných seřizovačů; nakonec je možnou hrozbou do budoucna nedostatek uchazečů o práci na pozici seřizovače – z dat vyplývá, že seřizovačů ve firmě během 3 let ubylo.

7 PROJEKTOVÁ ČÁST

V této kapitole bude projekt představen, dále ukázán harmonogram celého projektu, vysvětlen současný stav a bude definován cíl celého projektu za pomoci metody SMART.

7.1 Definice problému

Problémem jsou vysoké seřizovací časy, které od roku 2020 významně neklesají a zůstávají přibližně na stejné úrovni, viz kapitola 8.2.1.

7.2 Představení projektu

K projektu jsem se dostal nepřímo přes jednu z firem, ve které pracuje Ing. Peter Debnár, se kterým jsem pracoval od dubna 2022 na osobních webových stránkách. Pro úplnost – společnost, pro kterou byl tento projekt vypracován si najala jednu z firem, ve kterých působí Ing. Debnár. Ten postupně zjistil, že mě baví analyzovat data, tak mě k projektu vzal jako datového analytika.

Projekt se zabývá snížením seřizovacích časů ve společnosti, a to hlavně za použití datové analytiky, což byla část projektu, na které jsem pracoval individuálně. Zbytek byl tvořen v týmu. Nicméně si myslím, že se tato DP odlišuje od ostatních (prací se stejným tématem) právě tím, že je téměř celý projekt brán hlavně z pohledu datového analytika.

7.2.1 Harmonogram projektu

Tabulka 3: Časový harmonogram projektu(vlastní zpracování)

Činnost	Od	Do	Počet dnů
Seznámení s projektem	07.06.2022	08.06.2022	2
Školení BOZP	16.06.2022	16.06.2022	1
Seznámení s výrobou	17.06.2022	24.06.2022	6
Pořízení snímku prac.dne (video)	22.06.2022	23.06.2022	2
Analýza videa	24.06.2022	26.06.2022	3
Doplnění znalostí Excel+PBI	27.06.2022	01.07.2022	5
Seznámení s daty+ datová aktualizace	18.07.2022	05.08.2022	2
Analýza dat a práce s nimi + konzultace	05.08.2022	19.08.2022	10
Tvorba návrhů+konzultace	23.08.2022	25.08.2022	3
Tvorba tabulek a prezentace	29.08.2022	31.08.2022	3
Prezentace dat+diskuze	08.09.2022	08.09.2022	1
Realizace projektu	1.10.2022	16.12.2022	49
Plnění nápravných opatření	1.1.2023	-	-
Kontrola výsledků a zhodnocení	11.12.2023	15.12.2023	5

7.2.2 Současný stav

Současný stav je podrobně popsán v oddílu s datovou analytikou (kapitola 8) i v oddílu s měřeným seřizováním (kapitola 7.5), ale v krátkosti se firmě nedaří snižovat seřizovací časy. U většiny dílů je pak vysoká časová variabilita přestaveb, což vnímám jako možný ukazatel špatné standardizace. Na druhou stranu firma vyrábí obrovské množství výrobku s nízkým počtem opakování v rámci roku, takže je pro ni na prvním místě flexibilita výroby a až pak vše ostatní.

Firma kategorizovala seřizování na 3 základní kategorie – 1,2 a 3, respektive existují ještě kategorie 5 a 6, ale ty nebyly součástí projektu, protože jich je necelých 10 %. My se v rámci projektu zabýváme pouze kategoriemi 1, 2 a 3, kterých je přes 90 % a jejich zkrácení je pro firmu prioritou. Některé činnosti se navíc opakují, takže pokud se optimalizují seřizování 1 až 3, tak je velmi pravděpodobné, že se více či méně zkrátí i seřizování 5 a 6.

7.3 Definice cíle a úkolů

Mé úkoly na projektu byly následující:

- Identifikovat možné plýtvání v snímku pracovního dne
- Zanalyzovat data a najít, co by mohla společnost zlepšit
- Sepsat návrhy na základě datové analytiky a snímku pracovního dne

Hlavní cíl projektu:

- Snížení váženého průměru seřizovacích časů o 10 %

7.3.1 Hlavní cíl projektu dle SMART

Specifický (S): Cílem projektu je snížení seřizovacích časů ve firmě.

Měřitelný (M): Vážený průměr seřizovacích časů by měl být snížen o 10 %.

Dosažitelný (A): Cíl je akceptován týmem i společností.

Reálný (R): Soudě dle pozorování seřizování na základě návštěvy firmy je tento cíl reálný.

Časově omezený (T): Projekt je časově omezen, viz. Harmonogram (kapitola 7.2.1).

Vyhodnocení proběhne koncem roku 2023.

7.4 RIPRAN

Před zahájením projektu byla vypracována analýza rizik RIPRAN. Tabulka s touto analýzou se nachází v Příloze P I. Vybráno bylo 6 různých hrozeb/rizikových faktorů a k nim byly určeny scénáře. Poté byly všechny hrozby a scénáře kvantifikovány a klasifikovány dle obrázku z kapitoly 5.4. Celkem 2 rizika vyšla jako střední (nespolupráce zaměstnanců anespolupráce vedení), 2 jako malá (Chyby v datech, Nedostatek souvislostí při práci na datové analýze) a 2 jako vysoká (Nedodržování opatření v roce 2023, a to hlavně těch, které budou k analýze přestavby; Neochota firmy investovat je druhou hrozbou s vysokým rizikem).

Největšími riziky jsou tedy nedodržování opatření, které se týká hlavně zaměstnanců a neochota investovat, která se týká vedení. Pokud se tyto 2 hrozby nenaplní, tak je velmi pravděpodobné, že bude projekt úspěšný.

7.5 Měřené seřízení

V této kapitole je ukázka jednoho celého seřízení (viz. Tabulka 4). Snímek je osekán o pár sloupců, protože by se zde jinak nevyšel. Nejprve byl vytvořen záznam celého seřízení, aby byla možná následná analýza a důkladný rozbor. Zároveň jsem si dělal poznámky pro vyšší kvalitu finálního rozboru. Celé seřízení bylo natočeno a analyzováno z toho důvodu, že bylo nutné najít plýtvání a následně ho odstranit. Pro informaci jsou všechny kroky prováděny jako interní – tedy stroj není v provozu.

Tabulka 4: Měřené seřízení

DOBA TRVÁNÍ	Manipulace	POPIS ČINNOSTÍ	Poznámky	Prac.
0:02:40	Zkrátit 10%	Nahrávání programu	Zrychlení nebo automatizace nahrávání bez přítomnosti op	P1
0:00:48	Nechat	Odšroubování přípravku (horní šrouby)		P1
0:02:28	Zkrátit 10%	Vytažení matric i s poklepáním	Složitě vytahování matric - magnet s lůžkem?	P1
0:00:34	Odstranit	Transport matric na vozík	Odkládací plocha na stroji uklidit během následující produkce	P1
0:00:18	Nechat	Příprava nástrojů	Připravené během předešlé produkce	P1

DOBA TRVÁNÍ	Manipulace	POPIS ČINNOSTÍ	Poznámky	Prac.
0:01:14	Nechat	Uvolnění šroubů nad raznicemi (beran)	Nepoužita vzduchová utahovačka (ničí se šrouby...)	P1
0:02:37	Zkrátit 10%	Vytažení raznic a jejich transport každý cyklus	Odkládací plocha na stroji uklidit během následující produkce	P1
0:02:09	Nechat	Povolení razící hlavy a vytažení jednoho z razníků klíčem	Bez použití vzduchové utahovačky	P1
0:00:59	Odstranit	Uklizení a hledání razníku ve skříni	5S ve skříni	P1
0:00:29	Odstranit	Cesta na vedlejší stroj pro razník ve skříni + návrat	Razníky dostupné na stroji	P1
0:03:27	Zkrátit 10%	Montáž razníků	Bez použití vzduchové utahovačky	P1
0:01:38	Nechat	Montáž matic		P1
0:00:45	Nechat	Výjmutí nože	Neexistuje možnost vyměňovat jako celek?	P1
0:06:17	Nechat	Instalace nového nože	Pro následující referenci (hrozný přístup)	P1
0:00:53	Nechat	Cesta pro uvolnění drátu (odvíječka), uvolnění drátu a návrat zpět		P1
0:05:37	Nechat	Dokončení instalace nového nože	Pro následující referenci (hrozný přístup)	P1
0:02:52	Zkrátit 10%	Uvolňování přípravku s kleštinami (chapač?)	Bez použití vzduchové utahovačky	P1
0:00:15	Nechat	Vyjmutí a výměna přípravku s kleštinami	Váha? Jak zlepšit ergonomii. Jeřábek či kladka? I za cenu delšího času	P1
0:01:46	Nechat	Nahození nového přípravku s kleštinami	Váha? Jak zlepšit ergonomii. Jeřábek či kladka? I za cenu delšího času	P1
0:02:59	Odstranit	Kontrola 2. seřizovače na drahách u válcování - diskuze mezi nimi a čekání na něj	Nevyvážené workflow činností přestavby	P1
0:01:49	Odstranit	Čekání na drát		P1
0:05:25	Nechat	Instalace nového drátu na přípravek a protažení	Vždy s asistencí?	P1

DOBA TRVÁNÍ	Manipulace	POPIS ČINNOSTÍ	Poznámky	Prac.
0:02:55	Nechat	Protažení drátu do prostoru matric a raznic		P1
0:02:07	Nechat	Doseřizování - 1. tvar	Fixované hodnoty? Hodnoty dle předchozí zjeté produkce?	P1
0:10:15	Nechat	Doseřizování - časování	Fixované hodnoty? Hodnoty dle předchozí zjeté produkce?	P1
0:04:18	Nechat	Doseřizování - 2. tvar	Fixované hodnoty? Hodnoty dle předchozí zjeté produkce?	P1
0:04:08	Nechat	Doseřizování - 3. tvar		P1
0:00:47	Odstranit	Kontrola kusu podle výkresu (tolerance - cesta k pc)	Výkres na stroji v papírové či digitální podobě	P1
0:00:43	Nechat	Naměření kusu u stroje		P1
0:08:59	Nechat	Doseřizování - kontrola 4 tvar - hotový kus (bez závitu)		P1
0:03:11	Zkrátit 10%	Kontrola		P1
0:05:08	Odstranit	Čištění fragmentu dráhy po neúspěšném složení a její úprava		P1
0:00:39	Odstranit	Čištění fragmentu dráhy po neúspěšném složení a její úprava		P1
0:04:40	Odstranit	Montáž fragmentu dráhy válcovačky	Nezafixované hodnoty, složitý odhad zda bude dobrá průchodnost	P1
0:03:37	Nechat	Výměna válcovací desky - nelze vyndat a vyměnit předem	Možnost spojení obou desek či kalibračního kusu?	P1
0:04:40	Nechat	Testování a doseřizování válcovací hlavy	Hodnota utažení šroubů z předchozí výroby jako výchozí bod	P1
0:08:17	Nechat	Testování a doseřizování válcovací hlavy	Hodnota utažení šroubů z předchozí výroby jako výchozí bod	P1
0:02:58	Nechat	Testování a doseřizování válcovací hlavy	Hodnota utažení šroubů z předchozí výroby jako výchozí bod	P1
0:01:01	Nechat	Proměření prvního kusu na pracovišti		P1
0:24:40	Nechat	Kvalitativní kontrola v laboratoři	měřena ručně chronometráží	P1

DOBA TRVÁNÍ	Manipulace	POPIS ČINNOSTÍ	Poznámky	Prac.
0:01:21	Zkrátit 10%	Povolení vedení drátu do stroje a jeho úprava dle měřky	Aku nástroj pro odtažení a dotažení	P2
0:00:10	Nechat	Vytažení drátu		P2
0:00:23	Odstranit	Čekání a diskuze		P2
0:01:45	Zkrátit 20%	Výměna přítlačných desek pro drát	Operátor/seřizovač si dává na čas	P2
0:00:17	Zkrátit 20%	Přesun k válcování	Operátor/seřizovač si dává na čas	P2
0:01:07	Zkrátit 20%	Vložení 1. segmentu dráhy	Operátor/seřizovač si dává na čas	P2
0:00:15	Zkrátit 20%	Příprava nástrojů	Operátor/seřizovač si dává na čas	P2
0:01:22	Nechat	Výměna dalšího segmentu dráhy		P2
0:00:23	Odstranit	Cesta pro výkres		P2
0:01:15	Nechat	Výměna dalšího segmentu dráhy		P2
0:02:44	Nechat	Výměna dalšího segmentu dráhy		P2
0:04:30	Nechat	Testování dráhy		P2
0:03:47	Nechat	instalace dalšího segmentu dráhy		P2
0:08:16	Odstranit	Pokus o seřízení dráhy neúspěšný - šroubek neprojede		P2
0:01:57	Odstranit	Pokus o seřízení dráhy neúspěšný - šroubek neprojede		P2
0:01:27	Odstranit	Cesta k dalšímu stroji pro náradí či přípravek		P2
0:04:27	Odstranit	Pokus o seřízení dráhy neúspěšný - šroubek neprojede		P2
0:03:02	Odstranit	Čekání na další pokus		P2
0:05:14	Odstranit	Pokus o seřízení dráhy neúspěšný - šroubek neprojede		P2
0:02:03	Odstranit	Pokus o seřízení dráhy neúspěšný - šroubek neprojede		P2
0:03:40	Nechat	Manipulace s plechem (bez popisu od obsluhy)		P2

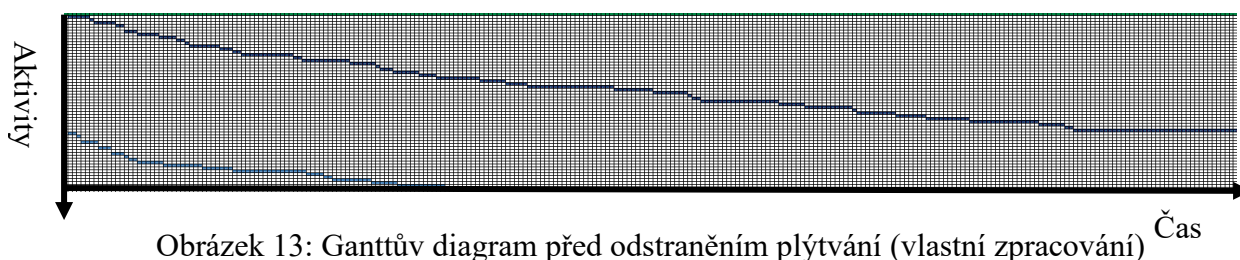
Tabulka 5: Návrh nového stavu přestavby a srovnání se současným stavem (vlastní zpracování)

Ukazatel	Současný stav	Navrhovaný stav
Součet času (min)	190,5	142,7
Potenciálně ušetřený čas (min)	0	47,8
Počet činností	61	43

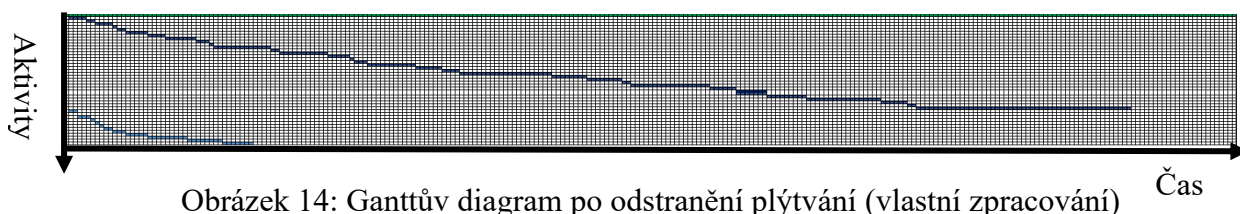
Z tabulky 5 vyplývá, že je možné díky novému stavu ušetřit na tomto seřizení celkem téměř 48 minut práce za oba pracovníky, což je přibližně čtvrtina původního času.

7.5.1 Ganttův diagram

Obrázek 13 znázorňuje, jak by vypadal Ganttův diagram měřeného seřizení, které je popsáno v této kapitole. Ukázané seřizení je vyobrazeno na obrázku 13. Na obrázku 14 je poté seřizení, které bylo odstraněno o veškeré navrhované plýtvání plynoucí z tabulek 4 a 5.



Obrázek 13: Ganttův diagram před odstraněním plýtvání (vlastní zpracování)



Obrázek 14: Ganttův diagram po odstranění plýtvání (vlastní zpracování)

Ganttův diagram byl tvořen mnou za účelem vizualizace měřeného seřizení z kapitoly 7.5. Můžeme díky němu vidět rozdíly pracovníků 1 a 2 před a po odstranění plýtvání. Pracovník 1 je v obou případech vrchní čára a pracovník 2 kratší, spodní čára. Na ose X je čas, kdy se jeden čtverec rovná 30 sekundám času. Na ose Y jsou zaznamenány jednotlivé aktivity, kdy se jeden řádek rovná jedné aktivitě. Aktivity jdou postupně seshora dolů dle směru šipky.

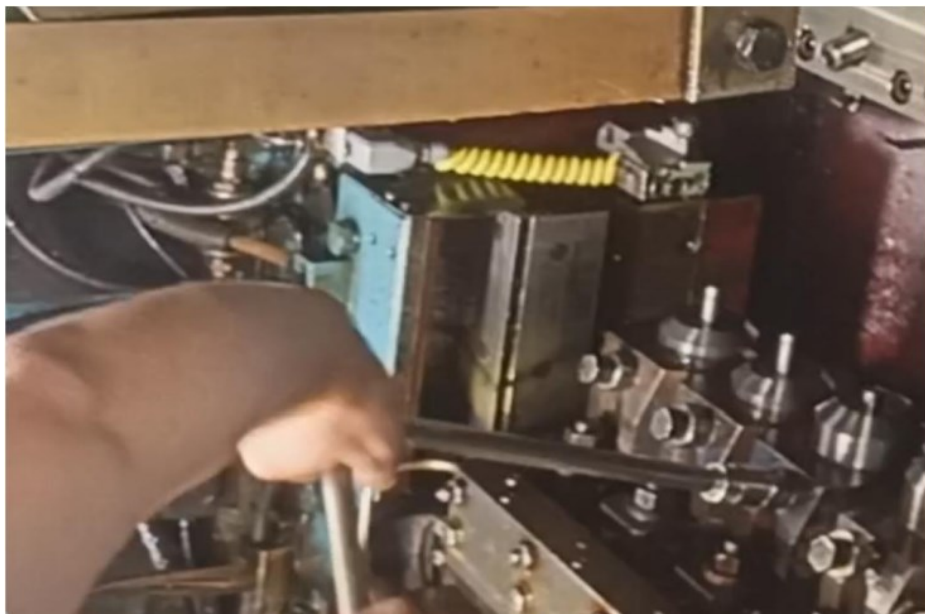
7.6 Plýtvání při seřizování

V této kapitole se naváže na kapitoly 2.2 a 2.2.1, které se plýtvání věnují a na kapitolu 7.5, kde je měřené seřizení, z kterého se zde vychází a ve kterém se hledaly nedostatky. Veškeré ukázky v této kapitole jsou tedy vybrány na základě pořízeného videozáznamu.

7.6.1 Ruční šroubování

Seřizovači utahují šrouby ručně. Navíc jsou na přípravcích různé velikosti šroubů. To značně komplikuje a prodlužuje veškeré odtahování a dotahování při seřizování. Tato situace by se dala vyřešit využitím aku vrtačky a využitím jiných nebo na míru vyrobených šroubů. Tyto dva nedostatky by násobně ulehčili procesy odtáhnutí a zatáhnutí šroubů a vše by bylo bez nutnosti měnit velikost ořechu/klíče.

Odstranění ručního šroubování by vzhledem k rozsahu této činnosti mohlo zkrátit celý proces odhadem o dalších 5 minut.



Obrázek 15: Ruční dotahování (vlastní zpracování)

7.6.2 Risk pádu šroubku

Seřizovač kvůli risku pádu šroubků odšroubovává šroub pomaleji a celkově opatrně, aby mu neupadl do útrob stroje/neztratil se. Řešením by mohla být plotna/miska na úpad šroubku po vyšroubování.

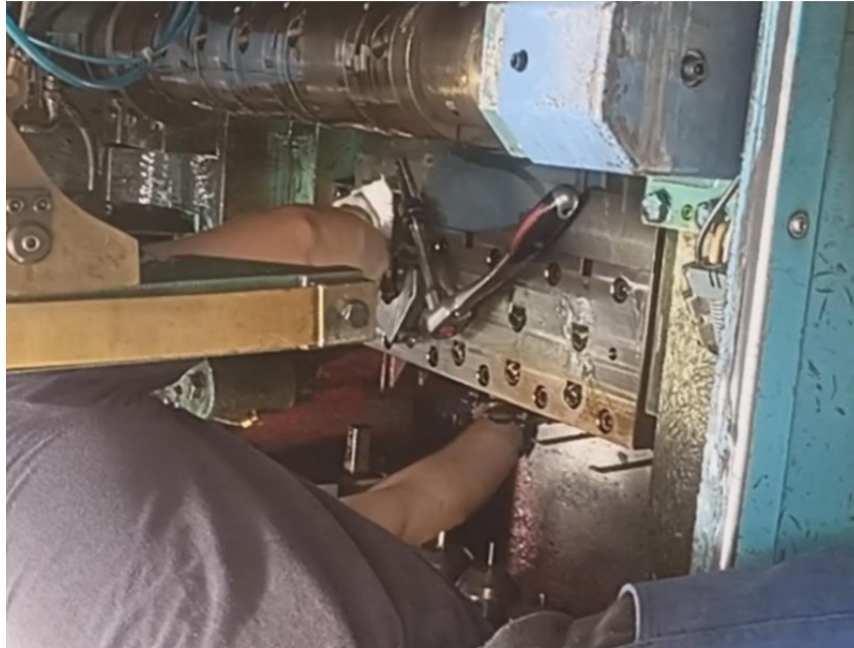


Obrázek 16: Riziko ztráty šroubku (vlastní zpracování)

7.6.3 Pomalá výměna nože/stříhače

Z důvodu špatného přístupu k noži na stříhání drátu by bylo vhodné tuto činnost nějak zjednodušit. Jedním z řešeních by byla lepší spolupráce ve dvojici, protože kooperace u této činnosti momentálně chybí. Odstranění původního nože není až takový problém. Problém je nastavení a připevnění nového nože, které zabere přibližně 8x delší časový úsek.

Otázkou však je, jestli vůbec existuje potenciál zjednodušení výměny této součástky. Na posouzení této skutečnosti nemám dostatek technických a strojírenských vědomostí. Bylo by to vhodné, protože je to nejpomalejší část přestavby. Poukázání na tento druh plýtvání může firmě pomoci hlavně do budoucna, třeba při nákupu nového stroje.



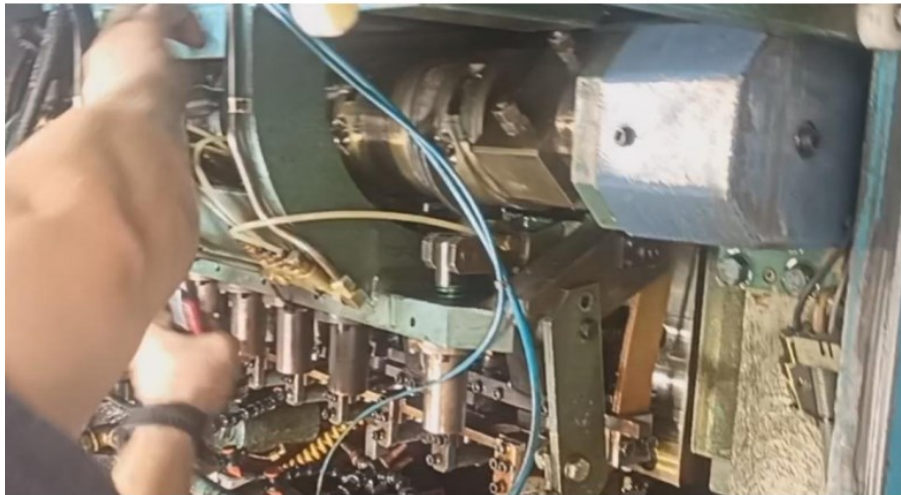
Obrázek 17: Složitý přístup k noži (vlastní zpracování)

7.6.4 Chybějící nástroje a nářadí

U stroje chybí nářadí a nástroje k jeho přestavbě, proto musí seřizovač přejít k jinému stroji během přestavby. Řešením by zde mohlo být instalování shadowboardů u každého stroje nebo minimálně u každé skupiny strojů. Absence totiž způsobuje zbytečné prostoje při přestavbě a hledání nástrojů/nářadí.

7.6.5 Fixace hodnot chapače

Časování chapače vyžaduje mnoho pokusů k dokončení nastavení, proto by bylo vhodné tyto hodnoty fixovat dle standardu či předchozí produkce. Díky tomu by se tato aktivita značně urychlila.



Obrázek 18: Fixace hodnot chapače (vlastní zpracování)

7.7 Shrnutí výsledků z provedených analýz

Nejdůležitějšími částmi kapitoly 7 jsou bez pochyb analýza rizik RIPRAN, měřené seřízení, Ganttův diagram a nakonec identifikace plýtvání při seřízení. Na základě těchto analýz je možné vyvodit první důležité poznatky a závěry. Kromě RIPRAN bylo vše ostatní prováděno na základě videozáznamu jedné z přestaveb. Celkově je ve firmě mnoho druhů přestaveb, takže je velmi důležité zaměřit se hlavně na obecné nedostatky, které budou pravděpodobně prováděny i při ostatních přestavbách.

V rámci RIPRAN vyšly celkem 2 hrozby ze 6 jako vysoké, takže projekt ohrožující. Jsou jimi „nedodržování zavedených opatření v roce 2023“ a „neochota firmy investovat“. První z nich, tedy nedodržování opatření, se týká hlavně zaměstnanců. Neochota investovat se týká zase vedení. Je důležité vhodně komunikovat (co, proč a jak je změněno), kontrolovat a případně odměňovat dodržování nově zavedených optimalizací procesu seřízení, aby se projeví nejen na datech za rok 2023, ale třeba už dříve v měsíčních přehledech.

Zbylé 3 analýzy spolu velmi souvisí, protože vychází z jedné přestavby, z které byl vytvořen videozáznam a ten byl následně analyzován. Měřené seřízení a Ganttův diagram byly tvořeny současně v jednom souboru. Analyzovala se práce obou seřizovačů a hledalo se možné plýtvání a nedostatky v celém procesu. Obojí bylo tvořeno dvakrát – před a po odstranění plýtvání. Všechny činnosti byly interní, což znamená, že stroj nebyl při jejich provádění v provozu. Vzhledem k povaze přestavby to není ani možné. Jedinou možností je zkrácení nebo odstranění aktivit, což se nakonec povedlo. V rámci měřeného seřízení a Ganttova diagramu se odstranilo celkem 18 zbytečných činností a čas za oba seřizovače se snížil o 47,8 minut.

Současně bylo ve videu hledáno konkrétní plýtvání, které do značné míry souvisí s předchozím odstavcem. Mezi hlavní nedostatky patří:

- Ruční šroubování
- Risk pádu šroubků
- Pomalá výměna nože
- Chybějící nářadí, nástroje
- Fixace hodnot chapače

Hlavně odstranění ručního šroubování má velký potenciál pro další zkrácení procesu odhadem o dalších přibližně 5 minut.

8 DATOVÁ ANALYTIKA

Má hlavní náplň na celém projektu byla datová analytika, která mi zabrala také nejvíce času. Byla to druhá fáze analýzy současného stavu seřizování ve firmě, na základě které bylo možné vymyslet další návrhy pro firmu. V rámci datové analytiky jsem se naučil práci v Power BI a zopakoval jsem si práci v MS Excelu.

8.1 Stanovení otázek

Na začátku byly stanoveny základní otázky, abych věděl, na co se v datech hlavně zaměřit. Nejprve jsem hledal odpověď na tyto otázky:

1. Analýza průměrných časů přestaveb. Respektive kolik stihne pracovník přestaveb v rámci jednotlivých kategorií.
2. Nejčastěji a nejméně seřizované díly.
3. Jak moc velkým problémem je zaokrouhlování po 15 minutách. Na kolik může nesprávné zaokrouhlování ovlivnit přesnost výsledků?
4. Jaké díly se seřizují na jednotlivých strojích? Kdo je seřizuje? Jaká je pracnost/čas přestaveb.
5. Forecasty – co by se stalo, kdyby nastalo zlepšení nějakého parametru; co ovlivňuje výměny; o kolik by se snížil celkový průměr přestaveb, kdybych snížil čas určitého stroje apod.

Stanovení těchto otázek mělo fungovat hlavně jako nasměrování mé práce. Nemusely být doslovně zodpovězeny, ale měly ukázat, na co se chceme zaměřit.

8.2 Data

Společnost mi dala k dispozici 30 souborů v různých formátech. Nejdůležitější ovšem byly 3 soubory v Microsoft Excel, které obsahovaly veškerá data týkající se každé přestavby za roky 2020, 2021 a cca 2/3 roku 2022 (poslední měsíc je červenec 2022), protože v ten čas jsme na projektu pracovali, proto nebylo možné vzít data za celý rok. Tabulka obsahovala následující data:

- Den přestavby
- Stroj, na kterém se přestavba uskutečnila

- Z jakého dílu přestavba proběhla, tzn. původní přípravek nebo nástroj, který se na stroji nacházel
- Na jaký díl přestavba proběhla, tzn. přípravek nebo nástroj, který na stroji zůstal po přestavbě
- Kategorie přestavby, kterou si vymyslela firma sama a která se nacházela v intervalu $\langle 1,3 \rangle$, kdy 1 značí lehké přestavby, 2 střední přestavby a 3 těžké přestavby.
- Čas přestavby v hodinách zaokrouhlovaný na 0,25 (15 minut)
- Hlavní seřizovač
- Vedlejší seřizovač, pokud se účastnil
- Pokud přestavba pokračovala na druhé směně, tak tabulka obsahovala:
 - Hlavního seřizovače druhé směny
 - Vedlejšího seřizovače, pokud se účastnil
 - Čas na druhé směně
- Nakonec další souhrnné informace, které jsem si poté získával z dat pro ověření sám

Nejprve je nejdůležitější data správně pochopit, což je jedna z elementárních činností pro úspěšnou analýzu, protože ač se může zdát zadání sebejednodušší, tak člověk první nevidí žádné souvislosti. Pokud analytik data správně pochopí a najde v nich vazby, tak ho začnou napadat samovolně i další otázky a další témata, které by bylo možné DA vyřešit. Důležitou součástí v tomto kroku je i komunikace s člověkem, který data tvořil (minimálně tedy strukturu dat- v excelu to jsou názvy sloupců), aby bylo jasně definováno, co data znamenají a co který sloupec přesně značí. Osobně jsem udělal velkou chybu, protože jsem ze začátku pochopil špatně jednu definici v rámci původně stanovených otázek v návaznosti na tabulku a pracoval s daty špatně. Zbytečně jsem tak jeden celý den pracoval s nesprávnými daty, když se stačilo jen zeptat.

Dalším krokem je kontrola dat a jejich případné čištění kvůli možným chybám a odchýlkám, které mohou ovlivnit negativně ovlivnit výsledky analýzy. To znamená, že je třeba vyhledat veškeré prázdné/nevyplněné kolonky tabulky. Případně vyhledat nesmyslné hodnoty, hodnoty ve špatném formátu, duplikáty apod. V mém případě to nebylo složité, protože

počet přestaveb je ve firmě okolo 3500 za rok, takže tabulka měla 3500 řádků. Problémem je, že data jsou vyplňována ručně, což zvyšuje riziko chyb, kterých naštěstí nebylo mnoho. Jednalo se pouze o několik málo prázdných kolonek.

Veškeré finální tabulky, které byly součástí naší prezentace a jsou také obsaženy v této práci, byly tvořeny v Power BI. Tento nástroj analytiku velmi zjednodušil. Tabulky byly poté jen vyexportovány do excelu, vzhledově upraveny a předělány do diplomové práce a prezentace.

8.2.1 Průměrný čas přestaveb v letech 2020-22

Zde firma dělala jednu datovou chybu, kdy udělala měsíční průměry a z nich počítala pro jednotlivé kategorie průměr způsobem součet děleno počet měsíců. V případech, kdy se počty měsíců (ale i jakékoliv jiné veličiny) liší, tak je třeba využít váženého průměru pro lepší výpovědní hodnotu dat.

Vývoj jednotlivých kategoriích v letech je popsán tabulkou níže:

Tabulka 6: Vývoj průměrů přestaveb v letech 2020-22 v závislosti na kategorii (vlastní zpracování)

Rok/Kat	1	2	3	Průměr
2020	67,5	181,4	250,6	172,9
2021	66,3	185,2	239,2	169,5
2022*	65,6	186,6	234	171,5

V tabulce 6 je vidět, že se mezi lety 2020 a 21 průměr snížil o více než 3 minuty, aby se o rok později zase o 2 minuty zvýšil. Sice se povedlo snížit přestavby kategorie 3 o přibližně 15 minut, ale problém je ten, že se jejich podíl na celkových přestavbách zvýšil, což je popsáno v tabulce 2 níže. Pozn.: u roku 2022 se nachází hvězdička, protože data nebyla úplně kompletní – jsou k dispozici data pouze do července.

Tabulka 7: Podíl jednotlivých kategorií přestaveb v letech 2020-22

Rok/Kat	1	2	3
2020	0,266	0,419	0,315
2021	0,268	0,433	0,299
2022*	0,248	0,437	0,315

Mezi lety 2020 a 2021 se zvýšil podíl středních a snížil podíl těžkých přestaveb – proto došlo ke snížení průměrného času. V roce 2022 se poté snížil podíl lehkých přestaveb a opět se zvýšil podíl těch těžkých, což je hlavní důvod zpětného růstu průměrného času. V každém případě v datech nevidím žádné kontinuální zlepšení. Rozumím tomu, že se zlepšovat nedá donekonečna. Vše má svůj maximální potenciál – v tomto případě se jedná o minimalizaci časů. Firma možná narazila na svůj strop, a proto vyhledala externí vliv, který jí může pomoci. Jednou firma narazí na hodnotu, pod kterou se půjde jen těžko hnout právě i s jakoukoliv externí dopomocí.

8.2.2 Práce jednotlivce vs práce ve dvojici

Jeden z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje dobu seřízení je práce ve dvojici, protože ta významným způsobem snižuje průměrné trvání přestavby. V tabulce 8 můžeme vidět přestavby za rok 2020 rozdělené podle kategorií a samostatné práce/práce ve dvojici, kdy se zaměříme na počet takových situací, kolik % z celku v rámci jednotlivých kategorií tyto situace tvoří, jaké bylo průměrné trvání daných výměn a kolik by pracovník takových výměn za směnu stihnul. Většinu výměn (přibližně 95 %) kategorie 1 (kategorie jsou vysvětleny v kapitole 7.2.2) pracovníci obstarávali samostatně a průměrné trvání těchto výměn bylo kratší než přestavby ve dvojici. Zde to může být způsobeno ze 2 důvodů - pracovníci si u jednodušších přestaveb zavazují nebo se ve dvojicích vykonávají pouze složitější přestavby kategorie 1. Pak je otázka, jestli by nebylo vhodné přezkoumat, jestli jsou všechny přestavby správně roztrženy dle své složitosti. V kategorii 2 se poté poměr vyrovnává a práce ve dvojici je přibližně o 10 % rychlejší. Kategorie 3 už je z více než $\frac{3}{4}$ vykonávána ve dvojici a v tomto případě firma uspoří v průměru 35 minut (14,5 %). Je ovšem otázkou, jestli nejsou vykonávány samostatně jen nejjednodušší přestavby kategorie 3. To znamená, že pokud by

byly všechny tyto výměny vykonávány samostatně, tak by byl čas jistě o hodně vyšší než 277,2 minuty. Takže skutečná úspora díky práci ve dvojici bude mnohem vyšší.

Tabulka 8: Samostatná práce a práce ve dvojici v roce 2020 (vlastní zpracování)

2020	Kat. 1		Kat. 2		Kat. 3	
	Jed.	Dvojice	Jed.	Dvojice	Jed.	Dvojice
Počet	832	46	736	647	239	800
% z celku	94,8	5,2	53,2	46,8	23,0	77,0
Prům. trvání	66,6	83,5	190,2	171,3	277,2	242,6
Výměn za směnu	7,2	5,7	2,5	2,8	1,7	2,0

Tabulka 9 je stejná jako tabulka 8, pouze obsahuje hodnoty za rok 2021. Celkový počet přestaveb se významně nezměnil – počet přestaveb byl sice vyšší o 149, ale to je pouze 4 % nárůst, což není nic, co by firmu mělo ovlivnit. V kategorii 1 proběhl nárůst o 5 %, v kategorii 2 o 8 % a kategorie 3 zůstala přibližně beze změny, respektive se počet přestaveb snížil o 8.

Podíl samostatných přestaveb se u kategorie 1 ještě zvýšil. Stejně tak se zvýšil u kategorie 2. To vše proběhlo na úkor kategorie 3, kde se naopak zvýšil podíl přestaveb ve dvojici ze 77 % na 83,2 %.

Průměrné trvání se u kategorie 1 mezi lety nikterak nezměnilo. Jiné je to u kategorie 2, kde se snížila hodnota samostatných přestaveb, a naopak zvýšila hodnota přestaveb ve dvojici (o 7,5 %). Nemám přesné informace k tomuto období, ale vzhledem k absenci nárůstu přestaveb kategorie 3 a zvýšení časů u kategorie 2 předpokládám, že proběhla částečná restrukturalizace a část přestaveb z kategorie 3 se změnila na kategorii 2. V každém případě se firma zaměřila na kategorii 3, kde proběhlo snížení časů u obou případů. U samostatných přestaveb o 10 % a u přestaveb v dvojici o 2,5 %, což vzhledem k časové nákladnosti těchto přestaveb vedlo k meziročnímu snížení průměru o 3,4 minuty.

Tabulka 9: Samostatná práce a práce ve dvojici v roce 2021 (vlastní zpracování)

2021	Kat. 1		Kat. 2		Kat. 3	
	Sám	Dvojice	Sám	Dvojice	Sám	Dvojice
Počet	889	35	843	651	173	858
% z celku	96,2	3,8	56,4	43,6	16,8	83,2
Prům. trvání	65,57	84,9	185,3	185,2	251,5	236,7
Výměn za směnu	7,3	5,7	2,6	2,6	1,9	2,0

Pro rok 2022 (tabulka 10) nemá cenu řešit počet přestaveb, protože jsou data pouze do 7. měsíce. Meziroční změny se dají spatřit opět na podílech z celku. Kategorie 1 zůstává stejná. V kategorii 2 se zvýšil podíl přestaveb ve dvojici a stejný jev můžeme pozorovat u kategorie 3, kde podíl přestav ve dvojicích vzrostl od roku 2020 ze 77 na 87,2 %. U kategorie 1 se přestavby lehce zpomalily. To může být tím, že se na ně firma vzhledem k jejich časové náročnosti nijak zvlášť nezaměřuje. Kategorie 2 zpomalila v samostatných přestavbách – to může být dáno opět nějakou restrukturalizací. V kategorii 3 došlo opět k zrychlení, z čehož lze soudit, že se firma na tuto kategorii zaměřuje. U samostatných přestaveb přibližně o 5 % a u přestaveb ve dvojici o 1 %. Problémem je, že se celkový průměr za všechny přestavby zpomalil o 2 minuty, takže firma se vlastně během 2 sledovaných let nikam neposunula.

Tabulka 10: Samostatná práce a práce ve dvojici v roce 2022 (vlastní zpracování)

2022*	Kat. 1		Kat. 2		Kat. 3	
	Sám	Dvojice	Sám	Dvojice	Sám	Dvojice
Počet	434	16	390	404	73	498
% z celku	96,4	3,6	49,1	50,9	12,8	87,2
Prům. trvání	64,8	88,1	188,2	185,1	239	233,3
Výměn za směnu	7,4	5,4	2,6	2,6	2,0	2,1

8.2.3 Počet přestaveb v jednotlivých měsících

V tabulce 11 vidíme, že nejvíc přestaveb je vždy v 1. kvartálu. V roce 2020 je v dubnu razantní snížení kvůli COVIDu, následující měsíce se firma dávala pomalu dohromady a vše nejspíš dohání koncem roku, kdy říjen 2020 byl měsíc s největším počtem seřízení v celém sledovaném období a celkově byly měsíce září-říjen-listopad 2020 nejvytíženějším obdobím pro seřizovače.

Začátek roku 2021 byl totožný s rokem 2020 s tím rozdílem, že byl počet seřízení lehce vyšší ve všech 3 měsících tohoto roku. V tomto roce už nebyla firma ovlivněna covidem a trend držela až do června. V červenci potom hodnota klesla – nejspíš kvůli celozávodní dovolené, případně dovoleným zaměstnanců. Od srpna byly hodnoty zase vyšší, ale zároveň nedosahovaly hodnot z předchozího roku, protože firma nebyla nucena dohánět ztráty jako právě v předchozím roce.

Začátek roku 2022 byl slabší, než tomu bylo v letech 2020 a 2021. Zde je dost pravděpodobný vliv čipové krize, která se začala projevovat ve 3. až 4. čtvrtletí roku 2021 a její projev lze dost možná vidět již v prosinci 2021. Automobilky po celém světě totiž musely snížit objem výroby nebo uzavíraly závody, takže nepotřebovaly takové množství součástek. Jelikož je hlavním odběratelem firmy automobilový průmysl, tak je zjevné, že tento pokles není náhodný. Květen a červen už je zase lepší a červenec je na přestavbu totožný s předchozím rokem – to znamená ovlivněn celozávodní dovolenou. Zbytek roku už je jen „dosimulován“ (červené hodnoty), což po mně zadavatel chtěl, ale přesnost těchto čísel se může hrubě lišit od skutečnosti, protože jsou k dispozici pouze 2 vzorky předtím, které byly navíc oba ovlivněny 2 těžce předvídatelnými událostmi, které jsem výše v textu zmínil – Covid a čipová krize. V každém případě se můj odhad pohyboval blíže k číslům z roku 2021. Bohužel však nemám finální hodnoty do konce roku, abych dokázal srovnat, jak moc jsem se lišil od skutečnosti.

Tabulka 11: Vývoj počtu přestaveb v jednotlivých měsících v letech 2020-22

	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
2020	314	354	359	45	136	195	205	307	352	392	386	255
2021	328	362	391	349	307	307	167	292	278	181	297	190
2022*	304	283	280	206	300	275	167	290	290	260	300	220

8.2.4 Nejčastěji seřizované díly

Tabulka 12 ukazuje 10 nejčastěji seřizovaných dílů v roce 2021. Jen pro informaci – celkem se za rok pracovalo na 940 různých dílech. Z toho na 204 dílů se stroje přestavovaly jen 1x. Tyto přestavby, které se dělají 1x za celý rok se dají jen těžko nějak standardizovat. Pro firmu by bylo asi optimální vypustit slabší zakázky z této kategorie, ale vzhledem k povaze a typologii zákazníků to není možné, protože podobné zakázky jsou jednou z podmínek k větším zakázkám.

V tabulce jsou 4 sloupce – prvním z nich je pochopitelně díl, na který se seřizuje; podle druhého sloupce je celá tabulka vzhledem k povaze dotazu seřazena, tzn. tabulka je seřazena podle počtu seřízení za kalendářní rok 2021; třetí sloupec nám ukazuje průměrný čas seřízení daného dílu vypočítaný z celkového počtu přestaveb; jako poslední sloupec jsem zvolil

odchylku, protože díly s vysokou odchylkou jsou pro mě ty, kde je největší prostor pro zlepšení, ale o tom bude více v další části práce. Zde jsou druhé 2 sloupce spíše jen informativní. Samozřejmě by se nabízelo rozdělit celou tuto otázku do jednotlivých kategorií, ale analýze i ve finální prezentaci byl zvolen tento způsob, takže bude zachován i pro potřebu diplomové práce.

Tabulka 12: Nejčastěji seřizované díly v roce 2021 (vlastní zpracování)

DÍL	Počet	Průměrný čas	Odchylka
136429	17	129,71	76,3
1782	15	172	60,46
1420	14	62,14	20,33
977	14	83,57	67,97
133485	13	203,08	131,64
136418	13	144,23	91,44
136825	13	109,62	64,28
1799	13	180	98,8
1181	12	115	81,55
1428	12	151,25	75,36

Nyní komentář k samotným hodnotám, které tabulka 12 obsahuje. Počet přestaveb u těchto 10 dílů se nachází v uzavřeném intervalu $<12,17>$. Nejčastěji seřizovaný díl za rok 2021 byl díl 136429, na který se stroje přestavovaly 17krát. Průměrná doba přestavby tohoto dílu byla lehce přes 2 hodiny se směrodatnou odchylkou 76 minut. Osobně jsem před samotným zahájením analýzy čekal, že budou díly, které se vyráběly každý týden, takže počet přestaveb bude okolo 40 až 50. Přestavby v takovém množství by byly daleko lépe standardizovatelné a dalo by se s nimi mnohem jednodušeji pracovat. Takto to vychází tak, že nejčastěji vyráběný výrobek se vyráběl v průměru ani ne 1,5x ročně. Na druhém místě je potom díl 1782 s 15 seřizeními a na děleném třetím místě díly 1420 a 977 se 14 seřizeními.

Tabulka 13 jsou potom stejné hodnoty z roku 2022. Do 7 měsíce roku 2022 se 2 díly dostaly na 10+ seřizení (1799 a 138007). Celkem se v daném roce vyrábělo 826 dílů a 324 pouze jednou. Je více než jasné, že se do konce orku počet dílů ještě zvýšil a počet dílů s jedním seřizením zase snížil, takže hodnoty byly nakonec podobné, jako tomu bylo v roce 2021. Dle

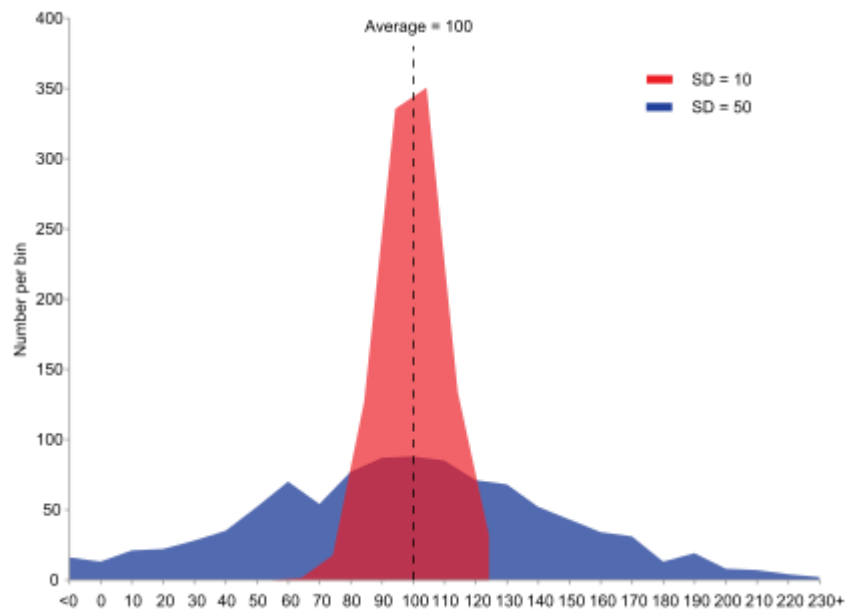
těchto dat by nebylo zlé zaměřit se na opakující se díly v těchto výběrech a klidně jít do větší hloubky – sledovat hodnoty níž v seznamu, než jen do 10 místa. Pak by se musely vybírat díly dle pořadí v letech nebo podle součtu seřízení za sledované období – v našem případě by to mohl být součet let 2021 a 2022. V rámci našich 2 tabulek se opakují díly 1799 (to byl také nejvíce seřizovaný díl za rok 2020 – tzn. určitě jeden z dílů, na který by bylo vhodné zaměřit se), 1181, 133485, 1428, 136429 a 136418. To znamená, že 6 dílů z roku 2021 se v roce 2022 objevilo znova v tabulce 10 nejčastěji vyráběných dílů, což je určitě informace, na které by se dalo postavit část nějakého přeškolení seřizovačů. Je samozřejmě možné, že na konci roku bude toto číslo jiné, může to být 5, ale může to být také 7 nebo třeba 8. Přesto si nelze nevšimnout toho, že se určité díly opakovaně umisťují na vrcholu seznamu, pokud je tento seznam seřazen podle počtu seřízení na díl.

Tabulka 13: Nejčastěji seřizované díly v roce 2022 (vlastní zpracování)

DÍL	Počet	Průměrný čas	Odchylka
1799	12	175	102,53
138007	11	203,18	67,5
1181	9	76,67	64,2
133485	9	233,33	94,63
1428	8	99,38	95,15
133488	8	101,25	100,55
136429	8	118,13	88,24
1304	7	130,71	95,11
1819	7	124,29	66,94
136418	7	167,14	77,08
138516	7	169,29	55,96

8.2.5 Díly s nejvyšší směrodatnou odchylkou

V první řadě je důležité definovat, co je to směrodatná odchylka a jakou bude mít v této práci roli. Tato definice by měla sice být v teoretické části, ale nechtěl jsem pro krátkou definici vytvářet novou podkapitolu.



Obrázek 19: Definice směrodatné odchylky(wikipedia.org)

Směrodatná odchylka vyjadřuje, jak moc od sebe jsou hodnoty odlišné. Měří rozptyl souboru dat vzhledem k jeho průměru. Počítá se jako druhá odmocnina rozptylu. Čím větší je odchýlení hodnoty od průměru, tím vyšší je rozptyl a naopak. Směrodatná odchylka je krásně definována na obrázku 12. Červený soubor dat ukazuje nízkou směrodatnou odchylku (toho chceme v PI dosáhnout) a modrý soubor vysokou směrodatnou odchylku, přičemž oba soubory mají úplně stejný průměr. Vysoká směrodatná odchylka v průmyslovém inženýrství tedy může vyjádřit nestálost procesu nebo upozornit na špatný standard, případně poukázat na nestandardizovaný proces. Pokud se na takový proces zaměříme, tak je dost pravděpodobné, že se postupně sníží průměr takového procesu.

V tabulce 14 je 10 dílů s největší směrodatnou odchylkou. V celém souboru byly i díly s vyšší odchylkou, ale nechal jsem si vyfiltrovat jen ty, na které se seřizovalo více než 5x v roce. Díly s nižším počtem seřízení a jejich standard nemá smysl řešit, protože takový počet seřízení je příliš nízký. Na celkový průměrný přestaveb by to totiž nemělo téměř žádný vliv. Za vysokou směrodatnou odchylkou stojí hned několik faktorů. Jsou jimi například pracovník, který stroj seřizuje; z jakého dílu se seřizuje; na jakém stroji se seřizuje; prostředí při seřizování; individuální práce nebo práce ve dvojici; seřízení v rámci jedné směny nebo protáhnutí seřízení na druhou směnu a jistě mnoho dalších.

Tabulka 14: Díly s největší směrodatnou odchylkou v roce 2021(vlastní zpracování)

DÍL	Počet	Průměrný čas	Odchylka
136669	7	184,29	144,92
136076	7	289,29	143,14
136945	5	189	132,68
1350	5	208	131,93
133485	13	203,08	131,64
985	6	145	131,24
136378	6	310	130,38
136993	5	240	130,08
136284	5	198	129,87
136558	9	180	128,84

Všech 10 vybraných dílů má vyšší směrodatnou odchylku než 2 hodiny, což je hodně, proto by bylo vhodné se na všechny zaměřit a zkusit jejich seřízení standardizovat. Zároveň v jejich procesech můžeme identifikovat chyby, které děláme třeba i v jiných seřizováních a na ty pak upozornit ostatní seřizovače, ať už na různých školeních nebo v rámci firemních workshopů. Předávání různých zkušeností a znalostí je totiž nesmírně důležité pro zlepšení v těchto oblastech.

Tabulka 15: Díly s největší směrodatnou odchylkou v roce 2022 (vlastní zpracování)

DÍL	Počet	Průměrný čas	Odchylka
136192	5	171	129,24
133767	6	220	117,05
1369	5	112	107,16
1799	12	175	102,53
133488	8	101,25	100,55
1782	5	231	98,41
1428	8	99,38	95,15
1304	7	130,71	95,11
133485	9	233,33	94,63
136567	6	215	92,33

Pro rok 2022 jsem opět vyfiltroval jen díly s vyšším počtem přestaveb než 5. Práce na vysoké odchylce a snižování průměrných časů bude složitá kvůli vysokému počtu dílů s nízkým počtem opakování – to platí i pro rok 2021 a v dlouhodobém horizontu to bude

platit i v budoucnu, pokud firma razantně nezmění způsob výroby nebo nějakým způsobem neomezí výrobní portfolio, s čímž se nepočítá. Například díl 1799 má průměr 175 minut, ale nejdelší přestavba trvala 360 minut a nejkratší 60. Dalo by se takto pokračovat vesměs pro všechny díly. Velké pozitivum je však to, že najednou vidíme pouze jeden díl s dobou seřízení přes 2 hodiny. Opět je nutné konstatovat, že data nejsou kompletní za celý rok, ale výpovědní hodnota je za 7 měsíců dostatečná. V tomto ohledu se firma tedy posunula. Jen zde nemám doplňující informace a není jasné, jestli k tomuto zlepšení došlo systematickou prací nebo to byla náhoda a pokud to byla náhoda, tak jestli byl rok 2021 v tomto ohledu tak špatný nebo rok 2022 naopak dobrý.

8.2.6 Výběr dílů pro možné zlepšení

V této kapitole si představíme výběr dílů, které mají velký potenciál pro zlepšení a zároveň je firma v rámci svých možností vyrábí často. Za tímto účelem jsem vytvořil vzorec, kdy:

$$\text{Řadící kritérium} = \text{odchylka} * \text{počet seřízení} \quad (2)$$

Samozřejmě by bylo opět možné vyfiltrovat seznam podle kategorií, což bych bral jako nejlepší možnou variantu. Další variantou by bylo zanesení průměrného času do vzorce – to by ovšem ještě více zvýhodňovalo kategorii 3 a kategorii 2 v pořadí, jakém jsem je napsal. Už tak jsou tyto kategorie zvýhodněné tím, že je ve vzorci směrodatná odchylka. Opět je důležité zmínit, že na vysokou směrodatnou odchylku má vliv mnoho faktorů, které jsem již zmínil – s velkou většinou se dá v každém případě pracovat.

Tabulka 16: Rok 2021 a řazení dle smyšleného kritéria (vlastní zpracování)

DÍL21	Počet	Průměrný čas	Odchylka	Kritérium
133485	13	203,08	131,64	1711,32
136429	17	129,71	76,3	1297,1
1799	13	180	98,8	1284,4
136193	10	166,5	128,41	1284,1
136418	13	144,23	91,44	1188,72
136558	9	180	128,84	1159,56
136669	7	184,29	144,92	1014,44
136076	7	289,29	143,14	1001,98
1181	12	115	81,55	978,6
962	10	114	97,03	970,3

Velmi zajímavé je srovnání s tabulkou 12, což je tabulka nejčastěji seřizovaných dílů. V této tabulce (pro rok 2021) můžeme najít 5 stejných dílů jako v tabulce 12. Pokud tabulku

srovnáme s tabulkou 14 (tabulka čistě podle směrodatné odchylky), tak můžeme najít 4 stejné hodnoty. V případě, že sloučíme tabulku 12 a 14 a odečteme od tabulky 16, tak nám pořad zůstávají 2 nové hodnoty (136193 a 962), které jsem díky tomuto způsobu řazení našli. Je důležité brát v potaz, že firma pracuje s širokým produktovým portfoliem, přičemž tabulky jsou vždy filtrovány pouze pro 10 dílů.

Co se týká hodnot v tabulce 16, tak se na první příčce seznamu umístil díl 133485. Tento díl měl o 32 % vyšší hodnotu řadícího kritéria než druhý díl v pořadí. Další díly už jsou relativně vyrovnané a dosahují hodnot nacházejících se v intervalu (970, 1298).

Tabulka 17: Rok 2022 a řazení dle smyšleného kritéria (vlastní zpracování)

DÍL22	Počet	Průměrný čas	Odchylka	Kritérium
1799	12	175	102,53	1230,36
133485	9	233,33	94,63	851,67
133488	8	101,25	100,55	804,4
1428	8	99,38	95,15	761,2
138007	11	203,18	67,5	742,5
136429	8	118,13	88,24	705,92
133767	6	220	117,05	702,3
1304	7	130,71	95,11	665,77
136192	5	171	129,24	646,2
1181	9	76,67	64,2	577,8

Tabulka 17 je stejná jako tabulka 16 jen s hodnotami pro rok 2022, což opět znamená, že máme pouze hodnoty do měsíce července, takže hodnota srovnávacího kritéria bude obecně nižší – ani ne tak v odchylce, která bude nižší než v roce 2021 (ale neudělá takový rozdíl), jak v počtu seřízení, které finální kritérium některých dílů navýší a je jisté, že i zamíchá s konečným pořadím. Oproti tabulce z roku 2021 se liší v 6 dílech.

Co se týká podobností s tabulkou 15 (směrodatná odchylka 2022) a tabulkou 13 (počet seřízení 2022), tak oproti tabulce 13 můžeme najít 3 nové hodnoty a oproti tabulce 15 také 3 nové hodnoty. Pokud bychom udělali součet tabulek 8 a 10, tak nenajdeme v tabulce žádný nový díl, který by se nenacházel v seznamu 10 dílů s největší směrodatnou odchylkou pro daný rok nebo s největším počtem seřízení na díl - to ovšem platí jen pro 10 nejvyšších hodnot, při hlubším průchodu by se dalo určitě nalézt několik zajímavých dílů pro optimalizaci. Navíc situace mohla být rozdílná na konci roku.

Na prvním místě se v roce 2022 umístil díl 1799, jehož řadící kritérium bylo 44,5 % než kritérium u druhého dílu v pořadí. Tento díl se v roce 2021 mimochodem umístil na třetí

příčce. Do pořadí se dle mého řadícího kritéria opakovaně dostaly 4 díly, což je další poznatek, na kterém by se dalo do budoucna optimalizovat a stavět.

8.2.7 Validita dat – zaokrouhlování na 15 minut

Zaměstnanci, kteří ručně zadávají data do excelu zaokrouhlují všechna data na 15 minut, přičemž neexistuje standard a zaokrouhlení probíhá na základě úvahy zapisujícího seřizovače. To může vést k velkému zkreslení dat a kontaminaci finálních výsledků v jednotlivých měsících a samozřejmě pak i za celý rok.

V tabulce 18 je ukázáno, co konkrétně může toto zaokrouhlování s čísly dělat. Jsou zakresleny oba naprosté extrémy – tedy úplné zaokrouhlování nahoru (reálná doba přestavby např. 5h a 1 minuta a zápis času do tabulky 5,25h) i úplné zaokrouhlování všech dat dolů (reálná doba přestavby 5h a 14 minut a zápis do tabulky 5h). Není nijak složité dopočítat, že by veškeré zaokrouhlování nahoru mohlo zvýšit čas až o 14 minut a veškeré zaokrouhlování dolů zase snížit až o 14 minut a teď je jen otázka, jestli a jak jsou seřizovači motivováni a co se jim vyplatí více.

V žádném případě by však nemohlo dojít až takovým extrémům. Stále je důležité brát v potaz, že je to jenom praktická ukázka. Reálné rozdíly by byly v desetínách nebo nižších jednotkách minut. V desetínách, pokud by neexistoval žádná motivace ke snižování nebo zvyšování časů. V jednotkách zase v případě, že by měli zaměstnanci finanční motivaci ke snižování nebo zvyšování.

Pro jistotu bych určitě navrhl zápis přesného začátku a konce seřízení a to ještě nějakou automatickou formou využitím některých z nástrojů Průmyslu 4.0, ale to bude rozepsáno až v kapitole s návrhy.

Tabulka 18: Ukázka kontaminace dat v letech 2020-22 zaokrouhlováním (vlastní zpracování)

15 minut	Zapsaná hodnota		15+		15-	
	Průměr	Celkem	Průměr	Celkem	Průměr	Celkem
2020	172.9	570486	186.9	619986	158.9	520986
2021	169.5	584580	183.5	636315	155.5	532845
2022*	171.5	311295	185.5	284070	157.5	284070

8.2.8 Nejrychlejší a nejpomalejší pracovníci

Rychlost práce může být dána specifickou prací (pracovník dělá pravidelně a opakovaně jedno seřízení a nedělá pokaždé jiné seřízení, přestože to není vzhledem k počtům jednotlivých seřízení možné), těžšími seřizováními v rámci kategorií (v rámci jednotlivých kategorií jsou stále docela velké časové rozdíly), zároveň ji může ovlivňovat stroj, původní díl, pomocný pracovník (ano/ne, Kdo?) i jednotnost seřizování- jestli je seřízení uděláno najednou nebo se pokračuje na další směně. Být pomalejší tedy nemusí být nutně špatné, ale skrze zrychlení průměrných časů některých pracovníků může vést cesta k celkovému zlepšení.

Jen pro informaci – celkově měla firma k dispozici 90 seřizovačů v roce 2020, 85 seřizovačů v roce 2021 a 82 seřizovačů v roce 2022, takže trend je takový, že se počet seřizovačů snižuje. Vzhledem k úbytku seřizovačů mezi lety 2020 a 22 a udržení seřizovacích časů přibližně na stejné úrovni můžeme soudit, že je momentálně seřizování efektivnější, než tomu bylo 2 roky zpět. Osobně nevím, jaký byl důvod snížení stavů seřizovačů, jestli to bylo propouštění, odchod do důchodu, výpověď zaměstnance nebo cokoliv jiného. V každém případě do výběru dávám vždy jen 5 nejrychlejších a 5 nejpomalejších seřizovačů v letech 2021 a 22. Tito seřizovači jsou pak rozděleni dle kategorií 1, 2 a 3.

Následující tabulky (19 a 20) ukazují nejrychlejší a nejpomalejší seřizovače v jednotlivých kategoriích v letech 2021 a 2022. Nebudou použity reálná jména, ale pouze značení kategorie-nejrychlejší(fastest)/nejpomalejší(slowest)-rok, a to bez jakýchkoliv oddělovačů. Takže K1F1-21 značí nejrychlejšího pracovníka kategorie 1 v roce 2021, respektive nejnižší průměrný čas v rámci kategorie 1 v roce 2021. K1S2-21 zase druhého nejpomalejšího pracovníka kategorie 1 v roce 2021. Tabulka obsahuje kromě značení ještě průměrný čas a poté informativně počet seřízení v rámci dané kategorie. Tady to značení bohužel lehce komplikuje srovnání mezi kategoriemi a srovnání mezi lety – minimálně tedy pro čtenáře této práce.

Tabulka 19: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 1 (vlastní zpracování)

Pracovník	Průměrný čas	Počet
K1F1-21	25,16	31
K1F2-21	30,36	42
K1F3-21	37,5	18
K1F4-21	44,46	28
K1F5-21	52,06	17

Tabulka 20: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 1 (vlastní zpracování)

K1S5-21	103,13	8
K1S4-21	105	8
K1S3-21	106,43	21
K1S2-21	111,82	11
K1S1-21	112,94	17

V tabulkách 19 a 20 si můžeme všimnout jak velká variabilita časů v rámci kategorie 1 je, kdy má pracovník K1F1-21 přibližně 4x nižší průměrný čas než nejpomalejší pracovník K1S1-21. Konkrétně v tabulce 14 je mezi prvním a pátým pracovníkem rozdíl 27 minut a to je také hodně. Celkový počet seřizovačů pracujících na kategorii 1 je 54 a po K1F5-21 už se hodnoty relativně vyrovnávají a ten růst průměrného času je minimální.

Tabulka 21: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 2 (vlastní zpracování)

Pracovník	Průměrný čas	Počet
K2F1-21	87,19	32
K2F2-21	112,76	58
K2F3-21	122,31	13
K2F4-21	124,44	27
K2F5-21	128	15

Tabulka 22: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 2 (vlastní zpracování)

K2S5-21	253,33	9
K2S4-21	254,17	18
K2S3-21	260,63	16
K2S2-21	288,62	29
K2S1-21	296,25	8

V tabulkách 21 a 22 lze vidět, že i kategorie 2 je časově velmi variabilní, co se týká průměrných časů výměn jednotlivých pracovníků. Pracovník K2F1-21 je více než 3x rychlejší než pracovníci K2S2-21 a K2S1-21. Rozdíl mezi nejrychlejším a pátým nejrychlejším pracovníkem je také docela podstatný – K2F1-21 je téměř o 50 % rychlejší než K2F5-21. Celkem pracovalo v roce 2021 na seřizování kategorie 2 54 seřizovačů.

Tabulka 23: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 3 (vlastní zpracování)

Pracovník	Průměrný čas	Počet
K3F1-21	144,19	31
K3F2-21	150,54	28
K3F3-21	158,57	21
K3F4-21	158,82	51
K3F5-21	176,47	17

Tabulka 24: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 3 (vlastní zpracování)

K3S5-21	327,5	12
K3S4-21	330	8
K3S3-21	342,27	11
K3S2-21	358,33	18
K3S1-21	361,88	8

Tabulky 23 a 24 jsou opět principiálně stejné pouze s tím rozdílem, že jde o kategorii 3. Také zde jsou poměrně velké rozdíly mezi jednotlivými průměrnými časy v rámci kategorie. Pracovník K3F1-21 byl 2,5x rychlejší než pracovník K3S1-21. Na druhou stranu můžeme pozorovat pozvolnější růst časů od nejrychlejšího po nejpomalejších pracovníka. Mezi prvním a posledním pracovníkem mezi 5 nejrychlejšími je rozdíl „pouze“ 22 % a mezi K3S5-21 a K3S1-21 je tento rozdíl ještě 2x menší, tzn. přibližně 10 %. Celkový počet seřizovačů účastnících se kategorie 3 byl 45.

Z celkového počtu seřizovačů využitých v jednotlivých kategoriích je snadné usoudit, že se většina podílela na seřizování více kategorií, nemalé množství pracuje dokonce na všech 3 kategoriích. Zajímavé je srovnání toho, jak si jednotliví pracovníci vedli v jednotlivých kategoriích. Celkově lze v těchto 6 tabulkách najít 5 zaměstnanců, kteří se umístili ve 2 (3 zaměstnanci) nebo dokonce 3 tabulkách (2 zaměstnanci):

- Pracovník 1 se umístil jako K2F1-21 a K3F3-21, což vypovídá buď o jeho kvalitách nebo o jednodušších seřizováních v rámci těchto 2 kategorií.
- Pracovník 2 se umístil jako K2F3-21 a K2F4-21, a to opět znamená buď kvalitu nebo jednodušší seřizování.

- Pracovník 3 se umístil následovně: K1S4-21, K2S2-21 a K3S4-21. To znamená, že se podílí buď jen na složitějších seřizováních nebo nedosahuje dostatečné rychlosti.
- Pracovník 4 skončil na druhém místě v kategoriích 2 a 3 (K2F2-21 a K3F2-21) a pátém místě v kategorii 1(K1F5-21). To opět znamená to, co již bylo avizováno u pracovníků 1 a 2.
- Pracovník 5 obsadil v kategorii 2 čtvrté místo od konce (K2S4-21) a v kategorii 3 poslední místo (K2S1-21). To znamená totéž, jako tomu bylo u pracovníka 3.

Je velmi zajímavé, že v případě všech 5 pracovníků platí, že jsou pouze v tabulkách nejrychlejších nebo v tabulkách nejpomalejších seřizovačů. Podobně to vypadá i hlouběji v seznamu pod nejrychlejšími pracovníky a výše nad nejpomalejšími. Vzhledem k tomuto faktu bych vyvozoval spíše závěr, že opakované umístění poukazuje na vyšší či nižší kvalitu daného seřizovače.

Tabulka 25: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 1 (vlastní zpracování)

Pracovník	Průměrný čas	Počet
K1F1-22	30	17
K1F2-22	30,63	24
K1F3-22	32,14	14
K1F4-22	37,5	10
K1F5-22	45	10

Tabulka 26: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 1 (vlastní zpracování)

K1S5-22	79,5	10
K1S4-22	80,63	8
K1S3-22	80,63	8
K1S2-22	85,5	10
K1S1-22	101,25	8

Tabulky 25 a 26 byly vytvořeny pro kategorii 1 v roce 2022. Samozřejmě jsou počty seřízení nekompletní, takže hodnoty nedosahují hodnot, které byly na konci roku 2022. Nicméně jsou to hodnoty, které už se nejspíš nebudou měnit nijak výrazně. Na první pohled je patrné, že není takový rozdíl mezi prvním a pátým nejrychlejším pracovníkem jako byl v roce 2021 (v roce 2022 byl pátý o 50 % pomalejší, kdežto v roce 2022 o více než 100 %) a mezi prvním

a posledním pracovníkem ve stejném roce (v roce 2021 měl poslední pracovník čtyřnásobný čas oproti prvnímu, v roce 2022 je to 3,3 násobek – to je navíc poslední pracovník hodně odskočený od předposledního; pokud bychom brali předposledního, tak je to 2,85 násobek). Celkový počet seřizovačů pracujících na kategorii 1 v roce 2022 je 51, ale u tohoto čísla to nemuselo skončit.

Tabulka 27: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 2 (vlastní zpracování)

Pracovník	Průměrný čas	Počet
K2F1-22	85	21
K2F2-22	91,88	32
K2F3-22	112,17	23
K2F4-22	122	15
K2F5-22	127,5	12

Tabulka 28: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 2 (vlastní zpracování)

K2S5-22	251,25	20
K2S4-22	258,33	18
K2S3-22	262,5	8
K2S2-22	281,25	8
K2S1-22	315	14

Tabulky 27 a 28 jsou průměry pracovníků v kategorii 2 za nedokončený rok 2022. Rozdíly mezi prvním a posledním pracovníkem tabulky 22 jsou přibližně stejné jako tomu bylo v roce 2021 (Tabulka 16), tzn. nejrychlejší pracovník je přibližně o 50 % rychlejší, než pátý nejrychlejší pracovník. Rozdíl mezi prvním a posledním pracovníkem se zvýšil to byl 3,4 násobek, nyní je to 3,7 násobek. Stejně jako u kategorie 1, i nyní je jeden odskočený „nejpomalejší pracovník“ (K2S1-22) o více než 30 minut na jedno seřízení. Mimochodem i předposlední pracovník (K2S2-22) je od K2S3-22 odskočen téměř o 20 minut, což je stále poměrně hodně a určitě by to stálo za prověření. Počet seřizovačů podílejících se na seřizování přestaveb kategorie 2 byl 56. To je i přes nedokončený rok o 2 více, než kolik bylo využito v předchozím roce.

Tabulka 29: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 3 (vlastní zpracování)

Pracovník	Průměrný čas	Počet
K3F1-22	140	6
K3F2-22	143,08	13
K3F3-22	155,29	17
K3F4-22	169,69	16
K3F5-22	170,63	24

Tabulka 30: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 3 (vlastní zpracování)

K3S5-22	318	5
K3S4-22	322,5	8
K3S3-22	335	6
K3S2-22	351	5
K3S1-22	355,71	7

Tabulky 29 a 30 platí pro kategorii 3 a rok 2022. K3F1-22 trvalo průměrné seřízení 2,5x méně času než K3S1-22. Tato hodnota je přibližně totožná jako tomu bylo v roce 2021. Rozdíl mezi prvním a pátým seřizovačem je zase přibližně 30 minut. Jinými slovy byl pátý seřizovač v průměru o 21 % pomalejší než ten první, což je také naprosto srovnatelné s rokem 2021. Seřizovačů bylo pro kategorii 3 využito přesně 50. To je o 5 více než v roce 2021.

Celkově se v roce 2022 prosadili 3 pracovníci do více než jedné z těchto tabulek (maximum jsou 3). Shodou okolností se všichni 3 prosadili třikrát a všichni 3 jsou ve všech 3 tabulkách mezi 5 nejlepšími:

- Pracovník 1 obsadil druhé místo v kategorii 1 a první místo v kategoriích 2 a 3
- Pracovník 2 obsadil čtvrté místo v kategorii 1, třetí místo v kategorii 2 a druhé místo v kategorii 3
- Pracovník 3 se umístil na pátém místě v kategorii 1, druhém místě v kategorii 2 a třetím místě v kategorii 3

Zajímavý je také pohled na to, jestli se někteří zaměstnanci umístivší se v tabulkách z roku 2021 umístili v tabulkách pro rok 2022. Celkem se nějakým způsobem opakovalo 12 seřizovačů (8 se opakovalo mezi nejrychlejšími a 4 mezi nejpomalejšími). U všech platí, že

pokud byli v nejlepších 5 pracovnících, tak tam také zůstali. Pokud byli naopak v 5 nejhorších, tak také zůstali. Je jasné, že vždycky někdo bude v 5 nejhorších, ale cílem společnosti by měla být eliminace rozdílů mezi nejrychlejšími a nejpomalejšími pracovníky v rámci kategorií, a to ať už jsou důvody těchto rozdílů jakékoliv. Existuje hned několik pracovníků, kteří svůj průměr výrazně zlepšili, a to třeba i o více než 20 % v rámci jedné kategorie.

8.2.9 Závislost průměrného času výměny na stroji

V této podkapitole bude popsáno to, jak závisí doba seřízení na stroji, na který se seřizuje. Přichystaných je 6 tabulek/příkladů, ale ve skutečnosti je podobných situací nespočet vzhledem k velkému množství seřízení a velkému množství strojů. Tento vzorek byl vytvořen pouze jako ukázka toho, že nejspíš opravdu závisí na stroji, na který se určitý díl seřizuje a je to tedy jeden z faktorů, který ovlivňuje dobu seřízení.

Tabulka 31: Průměrné časy seřízení dílu 136429 na 2 strojích (vlastní zpracování)

STROJ	DÍL	Počet	Průměrný čas
28b	136429	2	225
28d	136429	15	117

Tabulka 32: Průměrné časy seřízení dílu 1782 na 3 strojích (vlastní zpracování)

STROJ	DÍL	Počet	Průměrný čas
360	1782	9	211,67
38elb	1782	1	180
515b	1782	5	99

Tabulka 33: Průměrné časy seřízení dílu 977 na 2 strojích (vlastní zpracování)

STROJ	DÍL	Počet	Průměrný čas
28d	977	9	70
brk3	977	4	131,25

Tabulka 34: Průměrné časy seřízení dílu 1799 na 3 strojích (vlastní zpracování)

STROJ	DÍL	Počet	Průměrný čas
28e	1799	1	360
28ela	1799	3	250
br3	1799	8	123,75

Tabulka 35: Průměrné časy seřízení dílu 1428 na 3 strojích (vlastní zpracování)

STROJ	DÍL	Počet	Průměrný čas
28a	1428	3	130
28c	1428	3	30
dp6	1428	2	157,5

Tabulka 36: Průměrné časy seřízení dílu 133488 na 3 strojích (vlastní zpracování)

STROJ	DÍL	Počet	Průměrný čas
38elb	133488	1	60
38elc	133488	1	30
48elb	133488	6	120

V tabulkách 31-36 si lze snadno všimnout, jak moc jsou časová data ve společnosti rozmanitá a jak velké rozdíly mezi jednotlivými seřizeními jsou – v tomto případě, jak velké jsou rozdíly mezi časy seřízení jednoho dílu na různé stroje. V tomto výběru jsou asi nejideálnější tabulky 27 a 28, protože pokud nebudeme počítat u tabulky 27 stroj 38elb, kde je pouze 1 seřízení, tak máme v obou tabulkách 2 varianty, kde je 9 a 5, respektive 9 a 4 seřízení. To je důležité pro lepší výpovědní hodnotu dat, protože čím větší vzorek, tím vyšší validita dat.

V případě tabulky 32 je rozdíl mezi 5 seřizeními na stroj 515b (99 minut) a 9 seřizeními na stroj 360 (211 minut) více než dvojnásobný. Co se týká tabulky 33, tak je díl seřizován na strojích 28d (9 seřízení a průměr 70 minut) a brk3 (4 seřízení a průměr 131 minut) a čas pomalejšího je také téměř dvojnásobný. Samozřejmě se nabízí několik dalších otázek – trvá poté výroba stejně dlouho na obou strojích? Je výroba stejně nákladná na obou strojích?

Pokud bychom chtěli implementovat striktní pravidla pro díl-stroj, tak bychom nejprve potřebovali ověřit všechny možné varianty, spočítat možnou úsporu a zvážit dotazy výše. Problémem je, že by to mohlo také výrazně ztížit plánování výroby. To znamená, že je to sice zajímavé zjištění, ale využití má nejspíš jen velmi omezené.

8.2.10 Jednotné seřízení vs seřízení na druhé směně

Těžko se plánuje 100 % seřízení tak, aby bylo možné seřízení vždy začít na jedné směně a na téže směně dokončit, ale pokud se nepletu, tak platilo téměř ve všech případech, že

pokračování na druhé směně razantně seřízení prodlužuje. V tabulce 37 je jen zlomek případů. Ve skutečnosti jich bylo k nalezení více. Nejspíš je to dáno tím, že nový seřizovač přichází k rozdělané práci někým jiným (pomoci by mohl nejspíš nějaký standard), dáno to může být také tím, že je nějaká prodleva mezi odchodem původního seřizovače a příchodem nového. Opět však vyvstává otázka, jestli by mělo smysl tyto seřízení řešit, přestože je ve většině případů rozdíl i více než dvojnásobný. Další otázkou by bylo, jak tuto situaci řešit efektivně. Jedním z řešeních by bylo nezačínat seřízení, pokud budu v brzké době končit, ale to bychom si nejspíš vědomě snížili OEE a nevyužívali efektivně seřizovače. Lepší možností by byly placené přesčasy za dokončení rozdělaného seřízení po konci směny – nebylo by to povinné, ale dobrovolné a zaplacené. Úspory by nejspíš nebyly nikterak veliké, ale opět je to zajímavost, na kterou by se firma mohla v budoucnu zaměřit.

Tabulka 37: Jednotné seřízení vs seřízení na dvou směnách (vlastní zpracování)

Rok	Díl	Seřízení			
		Jednotné		Na 2 směnách	
		Průměr	Počet	Průměr	Počet
2021	136429	117	15	225	2
2021	1782	157,5	12	228	3
2021	133485	193,8	11	255	2
2021	136825	102	12	210	1
2021	1799	174	11	210	2
2021	1428	126	9	228	3
2021	136151	198	8	276	3
2022	1799	156	10	276	2
2022	138007	150	6	264	5
2022	133485	195	6	312	3

9 ZHODNOCENÍ PROJEKTU A NÁVRHY PRO ZLEPŠENÍ

V této kapitole budou návrhy na zlepšení založené na výsledcích analýz z kapitol 7 a 8 a zároveň bude celý projekt zhodnocen s ohledem na cíl práce. Výsledné návrhy jsou rozděleny na 2 části – návrhy na základě datové analytiky a návrhy na základě videozáznamu.

9.1 Návrhy na základě datové analytiky

První část návrhů budou pouze jednoduché simulace toho, jak by se snížil celkový průměr seřízení, kdyby se povedlo snížit čas u některých faktorů. Tento typ návrhů se po mně chtěl před zahájením projektu, proto ho uvádím i zde.

Pokud se u pouhých 10ti dílů v roce 2021 podle kritéria výběru povede snížit doba o 20 %, tak se vážený průměr přestaveb u kategorií 1,2 a 3 sníží o téměř 2 minuty, což se nezdá jako mnoho, ale musíme vzít v potaz, že se jedná o pouhých 10 dílů z přibližně 900.

Pokud by se u každého dílu povedlo snížit hodnoty na střední hodnotu mezi minimem (nejrychlejší přestavba) a průměrem, tak by se snížil čas ze 169,5 minut na 135,4 minut.

V roce 2021 byly průměry pro jednotlivé kategorie 66 minut, 185 minut a 239 minut. Pokud bychom se dostali na průměr 20ti nejlepších pracovníků v každé kategorii, tak se dostaneme na hodnoty 49 minut, 152 minut a 209 minut, což by snížilo průměr 169,5 minut na 141 minut.

Dalším doporučením by bylo zapisování přesného začátku a konce seřízení. Případně zaznamenání výroby posledního dílu staré výroby a začátku výroby prvního nové výroby. Nejlepší by bylo tento proces zautomatizovat za pomoci nějakého SW a senzorů, aby se jím seřizovači nemuseli vůbec zabírat. Ruční zápis může sám o sobě vést ke zkreslení dat a zaokrouhlování na 15 minut bez jakéhokoliv standardu tomuto zkreslení jen přispívá.

Osobně bych také ještě zvýšil % přestaveb prováděných ve dvojici u kategorií 2 a 3. Otázkou je, jestli firma má kapacitně tuto možnost. Co se týká pracovníků, tak bych tvořil alespoň z části dvojice ve složení rychlý-pomalý pracovník. Případně bych zavedl pravidelné školení a workshopy, kde by nejrychlejší pracovníci z každé kategorie předávali své poznatky a zkušenosti ostatním. V tomto bodě vidím jeden z největších skrytých potenciálů, protože rozdíly mezi seřizovači jsou opravdu velké. Dalo by se to navíc pořádat s minimálními náklady. Těžko se odhaduje finanční/časová úspora, ale nejspíš nebude úplně zanedbatelná.

Do budoucna by mohly být podobné věci řešeny také za pomoci rozšířené nebo virtuální reality, ale tam už by byly náklady nejspíš ve vyšších stovkách tisíc nebo milionech korun.

Firma by také měla motivovat seřizovače k dokončení rozdělané výměny i za cenu přesčasu. Tento bod by mohl v rámci roku uspořit desetiny až nižší jednotky % času hlavně u kategorií 2 a 3.

Doporučil bych také k doškolení (10 000 Kč) jednoho z administrativních/IT pracovníků takovým způsobem, aby měla firma plně kompetentního datového analytika, který bude schopný a ochotný analyzovat měsíčně a ročně veškerá data. Firma by tak zvládala sama nejlépe rozlišovat správné kroky.

9.2 Návrhy na základě videozáznamu a analýzy práce

Výše zmíněné kroky jsou sice lehce měřitelné (zjistím momentální stav, za měsíc/rok znova a srovnám), ale velmi těžce se predikuje přesná úspora. Jiné je to u vypočteného plýtvání, které bylo vytvořeno na základě videa, snímku pracovního dne a Ganttova diagramu. Pokud by se totiž vychytaly veškeré nedostatky a postupovalo se podle plánu, tak by firma mohla uspořit necelých 48 minut za oba seřizovače a přibližně 20 minut z celkového trvání výměny (lehce přes 14 % času).

K tomu firma bude potřebovat nakoupit přibližně 15 shadowboardů (k celkem asi 30 strojům) v hodnotě okolo 15 000 Kč, přičemž by každý shadowboard obsahoval 1 AKU vrtačku (4000 Kč) a úhlový nástavec pro lepší přístupnost (500 Kč). Výroba 1000 ks (20 Kč/ks) šroubů různých velikostí (i do zásoby), které se budou dát odtáhnout univerzálním klíčem – firma se zabývá mimo jiné vysokopevnostními spojovacími materiály. Pokud by se k tomu připočetla celková lepší standardizace dalších úkonů, která téměř nic nestojí, tak by firma mohla potenciálně za vynaložených přibližně 312 500 Kč snížit vážený průměr přestaveb na 146 minut z momentálních 171 minut. To by znamenalo dohromady 1425 uspořených hodin na seřizovaných strojích za rok, tzn. tyto stroje by mohly jet dohromady za rok o 1383 hodin více. Pokud by se podařilo spojit úsporu v tomto odstavci s některými dalšími úsporami a návrhy zmíněnými výše, tak je potenciál k navýšení OEE ještě mnohem vyšší, leč velmi těžce odhadnutelný.

9.3 Zhodnocení projektu

Hlavním cílem diplomové práce bylo snížit vážený průměr seřízení o 10 %, což se povedlo už při analýze dané přestavby. V tabulce 38 jde vidět, že je možné ušetřit 20 minut, což bylo zmíněno v kapitole 7.5. To dělá 14,5 % z původního času přestavby.

Tabulka 38: Tabulka vyjadřující rozdíl mezi současným a navrhovaným stavem (vlastní zpracování)

Současný a navrhovaný stav				
Ukazatel	Současný stav	Navrhovaný stav	Rozdíl	Rozdíl %
Vážený průměr seřízení(min)	141	121	20	14,2

Pokud připočteme 5 minut, které by bylo možné získat redukcí času na operacích dotahování a odtahování díky aku náradí, tak bychom se dostali dokonce na rozdíl až 25 minut. To by bylo 17,7 %.

Tabulka 39: Tabulka vyjadřující rozdíl mezi současným a navrhovaným stavem podpořeným AKU nástroji (vlastní zpracování)

Současný a navrhovaný stav				
Ukazatel	Současný stav	Navrhovaný stav	Rozdíl	Rozdíl %
Vážený průměr seřízení(min)	141	116	25	17,7

Snadno by se dalo dostat na ještě mnohem lepší hodnoty díky různým školením a workshopům zmiňovaným v kapitole 9.1, ale nejsem schopen odhadnout, jaká by tato úspora mohla být, proto ji do výpočtů nezahrnuji. Ale je to jedna z cest, kterou by se mohla společnost do budoucna vydat. Pokud by se povedlo i zaškolení jednoho datového analytika a začalo se lépe pracovat s daty, tak je potenciál zefektivňování nejen procesu seřízení velmi vysoký.

9.3.1 Náklady na změny

V tabulce 40 jsou přehledně vyobrazeny náklady na zlepšení procesu přestavby z kapitoly 9.2. Celkem by nákup položek vyšel firmu na 312 500 Kč, což určitě není malá částka, ale když vezmeme v potaz, kolik hodin ročně stráví firma seřizováním, tak se tato investice určitě vyplatí.

Tabulka 40: Náklady na změny (vlastní zpracování)

Co	Počet	Cena za kus (bez DPH)	Cena celkem (bez DPH)
Shadowboardy + nářadí	15	15000	225000
Aku vrtačka	15	4000	60000
Úhlový nástavec	15	500	7500
Univerzální spojovací materiál	1000	20	20000
Celkem:			312500

9.3.2 Úspory

Firma v roce 2021 strávila na seřizování celkem 9743 hodin - tabulka 18 (kapitola 8.2.7). Po celou tuto dobu byly seřizované stroje mimo provoz. Ve výpočtu úspor se bude počítat s nižší hodnotou úspory času – tedy tou z tabulky 38.

Úspora 14,2 % z 9743 hodin činí 1383 hodin (zaokrouhлено dolů na celé hodiny) a to je hodnota, o kterou by stroje mohly jet déle. Ještě vyšší by byla časová úspora za oba seřizovače dohromady. Ta je podle tabulky 5 přibližně 25 %, po přepočtu na hodiny vychází hodnota 2435 hodin (zaokrouhлено opět dolů na celé hodiny).

Náklady na seřizovače jsou v průměru 36 000 Kč/měsíčně (hrubá mzda). Průměrný pracovní měsíc má 174 hodin, takže hodina práce seřizovače stojí firmu 207 Kč. Pokud tuto hodnotu vynásobíme 2435 hodinami, tak nám vyjde částka 503 000 Kč (zaokrouhлено dolů na tisíce). Určitě si nemyslím, že by firma měla seřizovače propouštět, protože nejsem příznivcem propouštění, ale mé doporučení by bylo využití těchto hodin jinou prací.

Náklady na hodinu odstaveného stroje jsou odhadovány na 500 Kč/hod, pokud tuto hodnotu vynásobíme s 1383 hodinami, tak nám vyjde 691 000 Kč (Zaokrouhлено dolů na tisíce).

Samozřejmě je jasné, že výše zmíněné částky jsou optimistickým scénářem, který nepřihlíží na faktory, jakými jsou - spolupráce seřizovačů, vysoké množství různých druhů seřízení, uplatnění seřizovačů na jiné práci apod. Ale je více než jasné, že by se investice (a další spojené opatření) dřív nebo později vrátila. Mohlo by to být dle výpočtu návratnosti investice (Tabulka 41) klidně téměř za jedno čtvrtletí, ale také by to mohlo trvat 1 nebo 2 roky, přičemž i v takovém případě by se to firmě samozřejmě vyplatilo.

Tabulka 41: Návratnost investice (vlastní zpracování)

Náklady na investici	Úspory(ideální scénář)	Návratnost investice	Dny
312 500 Kč	1 194 000 Kč	0,26	95

ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo snížení váženého průměru seřizovacích časů o 10 %. Dle propočtů v kapitole 9.3 je projekt úspěšný, protože úspora vyšla na 14,2 % a pokud by byla tato úspora aplikována na vážený průměr, tak by byl původní plán překonán ještě o 4,2 %. Takto by to bylo v ideálním světě a ideálním případě a pokud se finální hodnota na konci roku 2023 této hodnotě byť jen přiblíží, tak budou všechny strany spokojeny.

První částí práce je literární rešerše, která je zaměřena tématy jako štíhlý podnik, průmyslové inženýrství, průmyslem 4.0 a nakonec také samotnou metodou SMED. Popsány jsou také metody typu Ganttův diagram, SWOT analýza nebo měření práce, protože byly všechny využity v praktické části.

Praktická část v sobě nese 2 hlavní prvky – měřené seřízení a datovou analytiku. V rámci měřeného seřízení proběhlo pořízení videozáznamu, následně jeho analýza, popis a hledání nedostatků. Tyto nedostatky jsou popsány v tabulce 4. Zároveň byl k této části vypracován Ganttův diagram. V rámci datové analytiky byly analyzovány data za roky 2020 až 2022, kdy byl rok 2022 neúplný, protože jsme už v září toho prezentovali výsledky. Řešeny byly hlavně tyto oblasti – srovnání kategorií v letech 2020-22; práce jednotlivce vs práce ve dvojici – o kolik je rychlejší práce ve dvojici v jednotlivých kategoriích?; Počty přestaveb v jednotlivých měsících a co je ovlivnilo; Nejčastěji seřizované díly, díly s největší směrodatnou odchylkou a z toho plynoucí výběr dílů pro možné zlepšení; Validita dat při ručním zadávání a zaokrouhlování na 15 minut; nejrychlejší a nejpomalejší pracovníci z každé z kategorií – to pro mě osobně byla asi nejzajímavější část práce a zároveň část, která poskytuje možná největší potenciál ke zrychlení přestaveb za pomoci kolaborace pracovníků a předávání zkušeností.

Nakonec bylo předloženo několik návrhů pro zlepšení stávajícího stavu. První část návrhů byly „simulace, co by se stalo, kdyby...“, který je možným ukazatelem, na co by se firma mohla do budoucna zaměřit. Další doporučení jsou praktičtější. Patří mezi ně změna v zápisu dat, pravidelné školení a workshopy nebo dokončení rozdělaných přestaveb. Pokud se firma rozhodne pro realizaci navržených doporučení, tak náklady budou minimální a mají velký potenciál na přínos značné časové úspory. Poslední část návrhů byla vytvořena na základě videozáznamu jedné z přestaveb a na základě seznámení s výrobou. V této části jsou náklady i časová úspora vyčíslitelné.

Závěrem by autor rád dodal, že tento projekt byl jeho vůbec prvním praktickým projektem v oblasti datové analytiky. Do té doby absolvoval pouze pár kurzů. I v oblasti datové analytiky platí, že praxe je nejlepším učitelem a posunula autora víc než kterýkoliv ze zmíněných kurzů, přestože nebyly nevyužity veškeré nástroje, které se v minulosti pro tuto oblast naučil.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ALTMAN, Harry, 2017. *Lean: this book includes Lean Six Sigma, Lean startup, Lean enterprise, Lean analytics, Agile project management, Kanban, Scrum*. California: CreateSpace Independent Publishing Platform, 432 s. ISBN 978-1-97-834868-4.

AMTAGE, S. „Industrie 4.0“ [online]. 2018 [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: <https://www.btelligent.com/themen/industrie-40/>

Analýza a měření práce [online]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Analyza-a-mereni-prace.htm>

BRAU, Sebastian J., 2016. *Lean manufacturing 4.0: the technological evolution of lean: practical guide on the correct use of technology in lean projects Kanban, 5S, TPM, Kaizen, VSM, 6Sigma, SMED OEE, Hoshin Kanri, Gemba, JIT, TPS, PDCA*. Boca Raton: American Lean SD, iii, 132 s. ISBN 9781539322948.

ČMKOS. (2017). *Člověk a stroj*. Praha: SONDY, s.r.o.

DENNIS, Pascal, 2016. *Lean production simplified: A Plain - Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. 3rd edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group. ISBN 978-1-4987-0887-6.

Data Analytics: What It Is, How It's Used, and 4 Basic Techniques. Investopedia [online]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/d/data-analytics.asp#toc-what-is-data-analytics>

DLABAČ, Jaroslav. Analýza a měření práce. E-api.cz [online]. 29. 10. 2015 [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>

DLABAČ, Jaroslav a Marcel PAVELKA, 2015. Průmyslové inženýrství v organizační struktuře podniku. In: API - Akademie produktivity a inovací [online]. [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25785n-prumyslove-inzenyrstvi-v-organizacni-strukture-podnik>

FEKETE, Milan, 2012. *Efektívny produkčný systém*. Bratislava: Kartprint, ISBN 9788089553099.

Gantt Charting: Definition, Benefits, and How They're Used. Investopedia [online]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/g/gantt-chart.asp>

GRIFFITHS, Brett. How TPM can work in Industry 4.0 environment?. LTS | Lean Transition Solutions Ltd | Shaping Future of Industries [online]. Copyright © 2023 Lean Transition Solutions Ltd [cit. 12.04.2023]. Dostupné z: <https://www.leantransitionsolutions.com/CMMS/predictive-maintenance-industry4.0>

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 9788081540585.

Jak zjistíme Celkovou efektivitu zařízení a co nám říká ukazatel OEE? - Strojirenstvi.cz. Strojirenstvi.cz - Největší strojírenský portál [online]. Copyright © 2014 [cit. 24.03.2023]. Dostupné z: <https://www.strojirenstvi.cz/jak-zjistime-celkovou-efektivitu-zarizeni-a-co-nam-rika-ukazatel-oee>

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 254 s. Expert. ISBN 9788024757179.

KLEČKA, Jiří, 2005. *Měření celkové produktivity při soudobých inovacích podnikových systémů*. Praha 28.01.2005. Praha : Soukromá vysoká škola ekonomických studií, s. 94– 101. ISBN 80-86744-26-4.

Kodys, „Internet věcí (Internet of Things) - propojení různých zařízení díky internetu“ [online]. 2017. [cit. 2018-10-14]. Dostupné z: <https://www.kodys.cz/technologie/internetveci-internet-things>.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štihlý a inovativní podnik*. 1. vydání. Praha: Alfa Publishing, 237 s. Management studium. ISBN 8086851389.

LACKO, Branislav. System Approach in RIPRAN Method. Acta Informatica Pragensia [online]. 2017, 6(1), 86-93 [cit. 2023-04-18]. ISSN 18054951. Dostupné z: [doi:10.18267/j.aip.102](https://doi.org/10.18267/j.aip.102)

MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016, 262 s. ISBN 9788072614400.

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 2000. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, ISBN 80-902235-6-7.

MAŠÍN, Ivan, 2005. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štihlé výroby*. 1. Vyd. Liberec: Institut technologií a managementu. ISBN 80-903533-1-2.

Methods analysis and work measurement lecture notes. (n.d.). Retrieved March 30, 2023, from <https://www.vidyarthiplus.com/vp/Thread-Methods-Analysis-and-Work-Measurement-Lecture-Notes>

Metoda SMED (Single Minute Exchange of Dies) - ManagementMania.com. [online]. Copyright © 2011 [cit. 28.03.2023]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/metoda-smed>

MindTools | Home. (n.d.). <https://www.mindtools.com/ambtj63/swot-analysis>

Ministerstvo průmyslu. (2016). *Iniciativa Průmysl 4.0*. Praha.

OHNO, Taiichi a Norman BODEK. *Toyota Production System: beyond Large-Scale Production*. Boca Raton: CRC Press, 1988. ISBN 978-0-915299-14-0.

PAVELKA, Marcel, 2015. Efektivní a štíhlá logistika. In: API –Akademie produktivity a inovací [online]. Želevčice, 26. 10.2015 [cit. 2017-02-02]. Dostupné z:<http://www.e-api.cz/25765n-efektivni-a-stihla-logistika>

ROSER, Christoph, 2015. The (True) Difference Between Push and Pull. In: All About Lean [online]. [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/push-pull/>

Rs Components, „Internet věcí“ [online]. 2015. [cit. 2018-10-07]. Dostupné z: <https://cz.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=i/iot-internet-of-things>.

SMED (3): Single-Minute Exchange of Die - Průmyslové inženýrství. Sdílíme zkušenosti, znalosti a kontakty - Průmyslové inženýrství [online]. Copyright ©. All rights reserved. [cit. 28.03.2023]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/smed-3-single-minute-exchange-of-die/>

SMED. Svět produktivity [online]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/SMED.htm>

SMED; Separating External and Internal Activities | SMED: Single Minute Exchange of Die. SMED; Single Minute Exchange of Die [online]. Copyright © 2023 [cit. 28.03.2023]. Dostupné z: <https://setupreductiononline.com/smed-seperating-external-and-internal-activities/>

Stavební obzor. Využití metody RIPRAN pro analýzu rizik VaV projektu [online]. Brno, 2014 [cit. 2023-04-18]. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/archiv/stavebni-obzor/2014/stavebni-obzor-2014-03-04.pdf>

Štíhlá administrativa - Průmyslové inženýrství. Sdíleme zkušenosti, znalosti a kontakty - Průmyslové inženýrství [online]. Copyright ©. All rights reserved. [cit. 22.03.2023]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/stihla-administrativa/>

Štíhlá logistika, ©2012. IPA Czech[online]. Žilina [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/stihla-logistika>

TETTEH, Edem G. a Hans CHAPMAN, 2018. *Lean Six Sigma for Optimal System Performance in Manufacturing and Service Organizations* [online]. IGI Global, [cit. 2020-10-13]. Advances in Logistics, Operations, and Management Science. ISBN 9781522540625.

TOMEK, G. a Vávrová, V., 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. vyd., Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4486-5.

Total Productive Maintenance | Lean Production. (n.d.). <https://www.leanproduction.com/tpm/>

Trout, J. (2019, August 15). Total Productive Maintenance: An Overview | Reliable Plant. Reliable Plant. <https://www.reliableplant.com/Read/26210/tpm-lean-implement>

Vita, R. 2018. Integration of Industry 4.0 and Lean Manufacturing and the Impact on Organizational performance. Universidade Do Porto. Master of Economics and Business administration Thesis.

What Is Data Analytics? Key Concepts, Skills, and Careers | Coursera. Coursera | Online Courses & Credentials From Top Educators. Join for Free [online]. Copyright © 2023 Coursera Inc. All rights reserved. [cit. 26.03.2023]. Dostupné z: <https://www.coursera.org/articles/data-analytics>

What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation For Anyone. Forbes [online]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/>

What is Power BI and how does it work?. Antdata - Business Intelligence and Process Automation [online]. Copyright © Antdata 2021 [cit. 27.03.2023]. Dostupné z: https://antdata.eu/what_is_power_bi.html

What is Power BI? - Power BI | Microsoft Learn. [online]. Copyright © Microsoft 2023 [cit. 27.03.2023]. Dostupné z: <https://learn.microsoft.com/cs-cz/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>

Wikimedia Foundation. (2023, January 30). Směrodatná Odchylka. Wikipedia. Retrieved April 6, 2023, from https://cs.wikipedia.org/wiki/Sm%C4%9Brodavn%C3%A1_odchylka

WILSON, Lonnie, 2010. *How to Implement Lean Manufacturing*. New York: McGraw-Hill, ISBN 978-0-07-162507-4.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BI	Business Intelligence
CMMS	Computerized maintenance management system
CPS	Kybernetické fyzické systémy
C/O	Change overtime (čas seřízení)
DA	Datová analytika
IoT	Internet věcí
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PDCA	Plan-do-check-act
PI	Průmyslové inženýrství
RIPRAN	Risk Project Analysis
TPM	Total productive maintenance
SMED	Single minute Exchange of Die
SQL	Structured query language
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Štíhlý podnik (vlastní zpracování dle Chromjakové, 2013).....	14
Obrázek 2: Push vs Pull (Roser, 2015)	16
Obrázek 3: OEE(plantwatcher.cz)	23
Obrázek 4: Průmysl 4.0 (Forbes, 2018).....	26
Obrázek 5: Datová analytika(andata.eu).....	28
Obrázek 6: Odkud pochází data pro PowerBI? (Antdata.eu)	31
Obrázek 7: Výhody implementace metody SMED (prumysloveinzenyrstvi.cz, 2017)	34
Obrázek 8: Postup metody SMED (svetproduktivity.cz)	36
Obrázek 9: Matice 2x2 pro SWOT analýzu.....	39
Obrázek 10: Chronometráž operace (Dlabač, e-api.cz, 2015).....	42
Obrázek 11: Ukázka použití metody Basic MOST ((Dlabač, e-api.cz, 2015).....	43
Obrázek 12: RIPRAN: Kategorie pravděpodobnosti (vlevo nahoře), dopadu (dole) a matice hodnoty rizika (vpravo nahoře) (vlastní zpracování dle Pavelkové, 2014)	44
Obrázek 13: Ganttův diagram před odstraněním plýtvání (vlastní zpracování).....	54
Obrázek 14: Ganttův diagram po odstranění plýtvání (vlastní zpracování)	54
Obrázek 15: Ruční dotahování (vlastní zpracování).....	55
Obrázek 16: Riziko ztráty šroubku (vlastní zpracování)	56
Obrázek 17: Složitý přístup k noži (vlastní zpracování).....	57
Obrázek 18: Fixace hodnot chapače (vlastní zpracování)	58
Obrázek 19: Definice směrodatné odchylky(wikipedia.org).....	69

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: SWOT analýza (vlastní zpracování).....	46
Tabulka 2: Fluktuace zaměstnanců – doplněk ke SWOT analýze (vlastní zpracování).....	47
Tabulka 3: Časový harmonogram projektu(vlastní zpracování).....	48
Tabulka 4: Měřené seřízení.....	50
Tabulka 5: Návrh nového stavu přestavby a srovnání se současným stavem (vlastní zpracování).....	54
Tabulka 6: Vývoj průměrů přestaveb v letech 2020-22 v závislosti na kategorii (vlastní zpracování).....	62
Tabulka 7: Podíl jednotlivých kategorií přestaveb v letech 2020-22	63
Tabulka 8: Samostatná práce a práce ve dvojici v roce 2020 (vlastní zpracování)	64
Tabulka 9: Samostatná práce a práce ve dvojici v roce 2021 (vlastní zpracování)	64
Tabulka 10: Samostatná práce a práce ve dvojici v roce 2022 (vlastní zpracování)	65
Tabulka 11: Vývoj počtu přestaveb v jednotlivých měsících v letech 2020-22.....	66
Tabulka 12: Nejčastěji seřizované díly v roce 2021 (vlastní zpracování)	67
Tabulka 13: Nejčastěji seřizované díly v roce 2022 (vlastní zpracování)	68
Tabulka 14: Díly s největší směrodatnou odchylkou v roce 2021(vlastní zpracování).....	70
Tabulka 15: Díly s největší směrodatnou odchylkou v roce 2022 (vlastní zpracování).....	70
Tabulka 16: Rok 2021 a řazení dle smyšleného kritéria (vlastní zpracování).....	71
Tabulka 17: Rok 2022 a řazení dle smyšleného kritéria (vlastní zpracování).....	72
Tabulka 18: Ukázka kontaminace dat v letech 2020-22 zaokrouhlováním (vlastní zpracování).....	73
Tabulka 19: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 1 (vlastní zpracování).....	75
Tabulka 20: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 1 (vlastní zpracování).....	75
Tabulka 21: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 2 (vlastní zpracování).....	76
Tabulka 22: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 2 (vlastní zpracování).....	76
Tabulka 23: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 3 (vlastní zpracování).....	77
Tabulka 24: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2021 – kategorie 3 (vlastní zpracování).....	77
Tabulka 25: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 1 (vlastní zpracování).....	78
Tabulka 26: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 1 (vlastní zpracování).....	78

Tabulka 27: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 2 (vlastní zpracování).....	79
Tabulka 28: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 2 (vlastní zpracování).....	79
Tabulka 29: Přehled nejrychlejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 3 (vlastní zpracování).....	80
Tabulka 30: Přehled nejpomalejších pracovníků za rok 2022 – kategorie 3 (vlastní zpracování).....	80
Tabulka 31: Průměrné časy seřízení dílu 136429 na 2 strojích (vlastní zpracování)	81
Tabulka 32: Průměrné časy seřízení dílu 1782 na 3 strojích (vlastní zpracování)	81
Tabulka 33: Průměrné časy seřízení dílu 977 na 2 strojích (vlastní zpracování)	81
Tabulka 34: Průměrné časy seřízení dílu 1799 na 3 strojích (vlastní zpracování)	81
Tabulka 35: Průměrné časy seřízení dílu 1428 na 3 strojích (vlastní zpracování)	82
Tabulka 36: Průměrné časy seřízení dílu 133488 na 3 strojích (vlastní zpracování)	82
Tabulka 37: Jednotné seřízení vs seřízení na dvou směnách (vlastní zpracování).....	83
Tabulka 38: Tabulka vyjadřující rozdíl mezi současným a navrhovaným stavem (vlastní zpracování).....	86
Tabulka 39: Tabulka vyjadřující rozdíl mezi současným a navrhovaným stavem podpořeným AKU nástroji (vlastní zpracování)	86
Tabulka 40: Náklady na změny (vlastní zpracování)	87
Tabulka 41: Návratnost investice (vlastní zpracování).....	88

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: RIPRAN Analýza

PŘÍLOHA P I: RIPRAN ANALÝZA

	Hrozba	P hrozby	Scénář	P scénáře	Celková P	P	Dopad	Hodnota rizika	Opatření
1	Nespolupráce zaměstnanců	50%	Zaměstnanci nebudou chtít změnu	60%	30%	SP	SD	SHR	Komunikace se zaměstnanci, představení projektu
2	Nespolupráce vedení	10%	Návrhy nebudou realizovány	80%	8%	MP	VD	SHR	Komunikace s vedením
3	Chyby v datech	15%	Výsledky nebudou přesné	80%	12%	MP	SD	MHR	Hledání abnormalit, čištění dat
4	Nedostatek souvislostí	30%	Tvorba nesmyslných návrhů	30%	9%	MP	MD	MHR	Komunikace se seřizovači
5	Nedodržování opatření v roce 2023	50%	Data budou zkreslená, opatření neúčinná	80%	40%	SP	VD	VHR	Kontrola, odměny
6	Firma nebude chtít investovat	40%	Některá opatření nebude možno realizovat	70%	28%	SP	VD	VHR	Prezentace benefitů pro vedení společnosti