

Analýza přestavby výrobního zařízení ve vybrané společnosti

Jakub Gažovský

Bakalářská práce
2024



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: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub Gažovský**
Osobní číslo: **M210476**
Studijní program: **B0413P050013 Průmyslové inženýrství**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Analýza přestavby výrobního zařízení ve vybrané společnosti**

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši se zaměřením na metodu SMED.

II. Praktická část

- Provedte analýzu současného stavu procesu přetypování na vybraném zařízení.
- Zhodnotte výsledky analýzy a vypracujte návrh na zlepšení s pomocí metody SMED.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- ALTMAN, Harry. *Lean: Lean Six Sigma, Lean startup, Lean enterprise, Lean analytics, Agile project management, Kanban, Scrum*. California: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017. ISBN 978-1-97-834868-4.
- BADIRU, Adedeji Bodunde. *Handbook of industrial and systems engineering*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014. ISBN 978-1-4665-1504-8.
- BRAU, Sebastian J. *Lean manufacturing 4.0: the technological evolution of lean: practical guide on the correct use of technology in lean projects*. 1st Edition. Boca Raton: American Lean SD, 2016. ISBN 978-153-9322-948.
- CHROMJAKOVÁ, Felicity. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štitým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013. ISBN 978-80-8154-058-5.
- GREENE, Jack. *Industrial Engineering: Theory, Practice & Application: Business and Production Management, Productivity and Capacity*. North Charleston: CreateSpace, 2013. ISBN 978-14-8230-179-3.

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

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2024**

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Felicity Chromjaková, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 5. února 2024

**PROHLÁŠENÍ AUTORA
BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně

Jméno a příjmení: JAKUB GAŽOVSKÝ

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zaoberá analýzou prestavby výrobného zariadenia vo vybranej spoločnosti. Cieľom práce je vykonať analýzu súčasného stavu prestavby, a následne na základe zistení navrhnúť zlepšenia pomocou metódy SMED. Práca je rozdelená na dve časti. V teoretickej časti je obsiahnutý rešerš zameraný na priemyselné inžinierstvo, prestavby, štíhlu výrobu a metódy priemyselného inžinierstva, ktoré slúžia ako podklad k vypracovaniu praktickej časti. Špeciálny dôraz je kladený na metódu SMED. Praktická časť využíva poznatky zistené pri spracovaní teoretickej časti. Na úvod praktickej časti je predstavenie spoločnosti, v ktorej bola práca spracovaná. Nasleduje popis výrobného zariadenia, ktorého prestavba je analyzovaná, analýza súčasného stavu prestavby, analýza získaných dát a vypracovanie návrhov zlepšenia pomocou aplikácie metódy SMED. V závere praktickej časti sa nachádza zhodnotenie časovej úspory prestavby, ako aj finančné zhodnotenie.

Kľúčová slova: Priemyselné inžinierstvo, prestavba, štíhla výroba, plytvanie, metóda SMED

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the analysis of manufacturing equipment changeover in a selected company. The objective of the thesis is to analyze the current state of the changeover, and based on the findings, to propose improvements using the SMED method. The thesis is divided into two parts. The theoretical part contains research focused on industrial engineering, changeovers, lean production and selected industrial engineering methods, which serve as a basis used for the practical part. Special emphasis is placed on the SMED method. The practical part uses the knowledge obtained during the making of the theoretical part. At the beginning of the practical part, there is an introduction of the company in which the thesis was written. Following that is a description of the manufacturing equipment, the changeover of which is analyzed, an analysis of the current state of the changeover, an analysis of the obtained data, and the development of improvement proposals using the SMED method. Closing out the practical part is an evaluation of time savings, as well as a financial evaluation.

Keywords: Industrial engineering, changeover, lean production, waste, SMED method

Na tomto mieste by som sa chcel poďakovať mojím rodičom za trpezlivosť pri mojom štúdiu, a taktiež mojím najbližším priateľom za spríjemnenie času počas vypracovania práce. Poďakovanie taktiež patrí Ing. Eve Juříčkovej Ph.D. za vedenie práce. V neposlednom rade by som sa chcel poďakovať zamestnancom spoločnosti, v ktorej bola práca vypracovaná. Chcel by som sa im poďakovať za ochotu pomôcť a poradiť.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia bakalárskej práce a verzia elektronická nahraná do IS/STAG sú totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
CIELE A METÓDY SPRACOVANIA PRÁCE	11
I TEORETICKÁ ČASŤ	12
1 PRIEMYSELNÉ INŽINIERSTVO	13
1.1 DEFINÍCIA PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA	13
1.2 HISTÓRIA PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA.....	13
1.3 PRESTAVBY	15
2 ŠTÍHLA VÝROBA	16
2.1 PLYTVANIE.....	17
2.1.1 Nadprodukcia	17
2.1.2 Zbytočné zásoby.....	18
2.1.3 Defekty	18
2.1.4 Zbytočné pohyby.....	18
2.1.5 Čakanie.....	19
2.1.6 Plytvanie spôsobené zlým spracovaním.....	19
2.1.7 Transport	19
2.1.8 Nevyužitý ľudský potenciál	20
2.2 KONTINUÁLNY PRODUKČNÝ TOK	20
2.3 ŤAHOVÝ SYSTÉM VÝROBY.....	20
2.3.1 Kanban	20
2.4 KAIZEN	21
2.5 ŠTANDARDIZÁCIA A VIZUALIZÁCIA	21
2.5.1 Operačný štandard.....	22
2.5.2 5S.....	22
3 VYBRANÉ METÓDY PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA	24
3.1 NORMOVANIE PRÁCE A ČASOVÉ ŠTÚDIE	24
3.2 SPAGHETTI DIAGRAM	24
3.3 METÓDA SMED.....	24
3.4 POSTUP METÓDY SMED	25
3.4.1 Predbežná fáza	25
3.4.2 Rozdelenie činností na interné a externé.....	25
3.4.3 Presun interných činností na externé činnosti.....	26
3.4.4 Odstránenie plytvania.....	26
3.5 SPÔSOBY ODSTRÁNENIA PLYTVANIA PRESTAVBY	26
3.5.1 Eliminácia	26
3.5.2 Zjednodušenie	26
3.5.3 Čistenie.....	27
3.5.4 Implementácia paralelných činností.....	27

4	ZHRNUTIE TEORETICKEJ ČASTI	29
II	PRAKTICKÁ ČASŤ	30
5	PREDSTAVENIE VÝROBNEJ SPOLOČNOSTI.....	31
5.1	HISTÓRIA ZÁVODU „A“	31
5.2	PRODUKTOVÉ PORTFÓLIO ZÁVODU „A“	31
6	POPIS VÝROBNÉHO ZARIADENIA MOGUL	32
6.1	LAYOUT	32
6.2	POPIS ČASTÍ PRACOVISKA	33
6.2.1	Destohovač	33
6.2.2	Pudrovacia stanica.....	34
6.2.3	Nalievacie hlavy 1, 2, 3.....	34
6.2.4	Stohovač.....	36
6.2.5	Magnet na cudzie predmety	36
6.2.6	Síto reimelt.....	37
7	ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU PRESTAVBY	38
7.1	OSÁDKA PRESTAVBY	39
7.2	ZBER DÁT	40
8	ANALÝZA DÁT.....	41
8.1	PRVÝ ZÁZNAM.....	41
8.2	DRUHÝ ZÁZNAM.....	43
8.3	TRETÍ ZÁZNAM	45
8.4	KONZULTÁCIE ZÁZNAMOV	47
8.5	SPAGHETTI DIAGRAM	47
9	APLIKÁCIA METÓDY SMED	49
9.1	ROZDELENIE INTERNÝCH A EXTERNÝCH ČINNOSTÍ.....	49
9.2	PRESUN INTERNÝCH ČINNOSTÍ NA EXTERNÉ	49
9.3	ODSTRÁNENIE PLYTVANIA	49
9.4	NÁVRH DĺŽKY ČINNOSTÍ PRESTAVBY.....	50
9.5	VYHOTOVENIE NOVÉHO HARMONOGRAMU	51
9.5.1	Vizualizácia harmonogramu	54
10	ZHODNOTENIE PRÍNOSOV APLIKÁCIE METÓDY SMED	55
10.1	ZHODNOTENIE ČASOVEJ ÚSPORY	55
10.2	FINANČNÉ ZHODNOTENIE	56
11	ZHRNUTIE PRAKTICKEJ ČASTI.....	58
	ZÁVER	59
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....	60
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	62

ZOZNAM OBRÁZKOV	63
ZOZNAM TABULIEK	64
ZOZNAM PRÍLOH.....	65

ÚVOD

Konkurencieschopnosť výrobných spoločností v dnešnej dobe sa odvíja od efektívneho využitia dostupných zdrojov a neustáleho zlepšovania. Výrobné podniky sú nútené vyrábať kvalitné výrobky za čo najnižšiu cenu. Podnikové procesy sú plné plytvania, ktoré je preto potrebné odstrániť. Jedným z týchto procesov je prestavba výrobných zariadení. Nastáva tu príležitosť na zlepšenie a zefektívnenie, čo je poslaním priemyselných inžinierov

Prestavby nastávajú pri zmene vyrábaného výrobku na výrobnom zariadení, čo zapríčiňuje stratu drahocenného času výroby. Vyšší počet druhov vyrábaných výrobkov je pre spoločnosť motivátorom odstránenia čo najväčšieho množstva plytvania z procesu prestavby.

Jednou z metód priemyselného inžinierstva vyvinutou na riešenie tohto problému je metóda SMED. Cieľom metódy SMED je minimalizácia dĺžky prestavby pomocou odstránenia všetkých druhov plytvania.

Hlavným cieľom tejto práce je analýza súčasného stavu prestavby a aplikácia metódy SMED, za účelom návrhu zlepšenia. Práca sa skladá z teoretickej a praktickej časti. Teoretická časť je tvorená literárnou rešeršou z odborných literárnych prameňov zameraných na priemyselné inžinierstvo, štíhlu výrobu a plytvanie. Poznatky z teoretickej časti sú podkladom pre vypracovanie praktickej časti.

Praktická časť je zameraná na analýzu súčasného stavu prestavby, aplikáciu metódy SMED a návrh zlepšenia. V úvode praktickej časti je popis vybranej výrobnéj spoločnosti, po ktorom nasleduje opis výrobného zariadenia. Praktická časť pokračuje analýzou súčasného stavu prestavby a získaných dát. Nasleduje aplikácia metódy SMED a návrh zlepšenia. V závere praktickej časti je zhodnotenie časovej úspory a finančné zhodnotenie.

CIELE A METÓDY SPRACOVANIA PRÁCE

Cieľom bakalárskej práce je analýza súčasného stavu prestavby výrobného zariadenia vo vybranej spoločnosti, a následný návrh zlepšenia pomocou aplikácia metódy SMED. Bakalárska práca sa delí na praktickú a teoretickú časť.

Teoretická časť sa skladá z literárnej rešerše z oblasti priemyselného inžinierstva, štíhlej výroby a plytvania. Poznatky nadobudnuté z teoretickej časti slúžia na vypracovanie praktickej časti bakalárskej práce.

Praktická časť bakalárskej práce začína krátkym opisom spoločnosti v ktorej bola práca spracovaná. Nasleduje opis výrobného zariadenia, ktorého prestavby sú predmetom analýzy. Zber dát je vykonávaný pomocou videozáznamov, zatiaľ čo analýza získaných dát je vykonávaná videozáznamom, časovými štúdiami a Spaghetti diagramom. Po analýze dát nasleduje aplikácia metódy SMED a návrh zlepšenia, ktorý bol vypracovaný z poznatkov aplikácie metódy SMED. Praktická časť sa končí zhodnotením zavedenia návrhu zlepšenia. Po analýze súčasného stavu a aplikovaní metódy SMED by malo dôjsť k úspešnému návrhu zlepšenia prestavby. Tento návrh by mal skrátiť čas prestavby pomocou odstránenia všetkého plytvania. Návrh by mal taktiež poslúžiť pre spoločnosť ako odrazový bod na opätovnú optimalizáciu procesu prestavby.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 PRIEMYSELNÉ INŽINIERSTVO

Táto kapitola sa zaoberá predstavením priemyselného inžinierstva. V úvode kapitoly sú rozvinuté definície priemyselného inžinierstva a stručná história tohto oboru. Nasleduje popis prestavieb, ktorými sa táto práca zaoberá.

1.1 Definícia priemyselného inžinierstva

Jadrom záujmu priemyselného inžinierstva je hľadanie cesty na elimináciu plytvania vo výrobných a administratívnych procesoch. Jedným z hlavných prvkov priemyselného inžinierstva v dnešnej dobe je identifikácia pridanej hodnoty, ktorú vo firme produkujú procesy, stroje a ľudia. Pridaná hodnota je centrom záujmu zákazníkov o produkty a služby. (Chromjaková, Rajnoha, 2011)

Úlohou priemyselného inžiniera je taktiež motivovať zamestnancov k prehodnoteniu procesov a produktov a smerovať ich k zvyšovaniu ich pridanej hodnoty. (Chromjaková, 2013)

Badiru (2014) píše, že priemyselné inžinierstvo môžeme označiť ako praktickú aplikáciu kombinácie inžinierskych oborov so zásadami vedeckého manažmentu. Ide o aplikáciu inžinierskych metód, postupov a znalostí na výrobné podniky. Priemyselné inžinierstvo kladie dôraz na pochopenie pracovníkov a ich potrieb za účelom zlepšovania výrobných činností.

Shtub, Cohen (2015) píše, že priemyselný inžinier sa podieľa na rozhodovaní, ako najlepšie využiť zdroje spoločnosti. Medzi tieto zdroje patria zamestnanci, suroviny, informácie, kapitál ako aj stroje. Na hľadanie najlepších riešení pre spoločnosť používajú priemyselní inžinieri poznatky z matematiky, fyziky, štatistiky spolu s poznatkami súvisiace s ľudským faktorom ako je ergonómia a psychológia.

1.2 História priemyselného inžinierstva

Priemyselné inžinierstvo má svoje počiatky u Winslowa Taylora v rokoch 1858-1915, ktorý nastavil základné princípy vedeckého prístupu k rastu produktivity podniku. Taylor sa zameriaval na rast produktivity pracovníkov s vysokou efektivitou aj prepojených a nadväzujúcich pracovných miest vo svojich závodoch. Medzi Taylorove dva hlavné parametre pri sledovaní produktivity patrila produktivita človeka a produktivita stroja.

Usiloval sa o dosiahnutie kvalitného výkonu na všetkých pracovných pozíciách. (Chromjaková, 2013)

Taylor do povedomia priniesol dôležitosť správneho plánovania výroby. Jeho plánovanie výroby sa spoliehalo na presné merania, umiestnenie, tréning a dohľad nad zamestnancami. Taylor zdôraznil dôležitosť pracovných štandardov, ktoré sú základom plánovania a hodnotenia výkonu. (Shtub, Cohen, 2015)

Ďalším významným prispievateľom k priemyselnému inžinierstvu je Charles W. Babbage, ktorého práca sa zameriavala na koncept znalostnej krivky. Jeho hlavným výsledkom bolo prepojenie pracovných úloh so schopnosťou učenia sa a rastu tak, aby vykonanie každej samostatnej pracovnej činnosti bolo prepojené s najmenšími možnými stratami vďaka narastajúcim znalostiam a schopnostiam. (Chromjaková, 2013)

Frank B. Gilbreth a Lillian M. Gilbreth patria taktiež k najvýznamnejším predstaviteľom priemyselného inžinierstva. Považujú sa za hlavných autorov delenia práce človeka na produktívne a neproduktívne časti výkonu. Oblasťou ich výskumu bola povaha práce a znalosti človeka, ktoré prepojovali s pohybovými a časovými štúdiami práce. S využitím poznatkov o psychológii človeka podradili metódy zvyšovania produktivity jeho chovaniu. (Chromjaková, 2013)

Henry Gantt prispel k priemyselnému inžinierstvu revolučným Ganttovým diagramom. Ganttov diagram prepojil každú činnosť v závode časovým faktorom. Ganttov diagram vizualizuje chronologický postup činností spolu s ich dĺžkou. Zavedenie tohto diagramu pomohlo Ganttovi pri kontrole plánovania výroby a kontrole výkonnosti zamestnancov. Gantt pomocou svojho diagramu vizualizoval závod ako celok zložený zo vzájomne prepojených častí. (Badiru, 2014)

V posledných desaťročiach dochádza k výraznej zmene obsahu priemyselného inžinierstva. Moderné počítačovo podporované technológie plánovania a rozvrhovania výroby spôsobujú čoraz väčšiu sofistikovanosť práce priemyselného inžiniera. S vývojom nových materiálov a neustálej automatizácii výrobných technológií, je dôraz čoraz viac kladený na organizáciu vzájomných väzieb v rámci komplexných procesov. Špecializácia priemyselných inžinierov je viazaná na neustály vývoj výrobných technológií a spôsobov organizácie procesov. (Chromjaková, 2013)

1.3 Prestavby

Prestavba je proces zmeny stroja alebo linky z jedného produktu na druhý. Činnosti vykonávané počas prestavby môžeme rozdeliť na mechanické a prevádzkové. Mechanické činnosti zahŕňajú fyzické zmeny stroja a centrovanie, zatiaľ čo prevádzkové činnosti môžu zahŕňať vypisovanie dokumentov, odstránenie zvyškov predošlého produktu zo stroja, transport materiálu pre ďalší výrobok zo skladu alebo kontrolu linky. Prevádzkové činnosti môžu dokonca ponúknuť väčšiu príležitosť na skrátenie času prestavby ako mechanické činnosti. Ak sú všetky mechanické činnosti hotové ale čaká sa na materiál zo skladu, je najlepšou príležitosťou pre zlepšenie plánovanie pohybu materiálu. (Henry, 2013)

Prestavby spadajú pod prestoje, pretože zariadenie stojí a nevyrába. Prestoje už podľa definície nepridávajú hodnotu. Je to plytvanie spôsobené čakaním, pretože stroj čaká na zapnutie v dôsledku prestavby. V štíhlej filozofii je preto dôležité prestavby skracovať na čo najkratšiu dĺžku. (Ortiz, 2016)

Prestavba sa môže deliť sa tri časti, ktorými sú čistenie, nastavenie a rozjazd. Čistenie pozostáva z odstránenia všetkých materiálov predchádzajúceho výrobku. V niektorých prípadoch čistenie pozostáva z jednoduchých operácií ako je napríklad odstránenie materiálu zo zásobníkov stroja alebo zametanie podlahy. V iných prípadoch sa môže vyžadovať umývanie výrobného zariadenia, alebo dokonca až úplná demontáž zariadenia a následná sterilizácia. (Henry, 2013)

Fáza nastavenia pozostáva z fyzickej zmeny výrobného zariadenia pre výrobu nasledujúceho výrobku. Táto zmena prebieha pomocou úpravy nastavení alebo výmenou častí zariadenia. Do fázy nastavenia taktiež spadajú prevádzkové úkony ako presun materiálu zo skladu, úprava dokumentácie alebo kontrola kvality. (Henry, 2013)

Rozjazd je časový úsek po dokončení všetkých činností čistenia a nastavenia. Výrobná linka je v tomto momente už spustená, ale nevyrába ešte v normálnej prevádzke. Rozjazd sa vyznačuje častými zastaveniami, úpravami, defektmi a zníženou rýchlosťou. Prestavba sa nekončí, pokiaľ zariadenia nevyrába produkty v požadovanej kvalite požadovanou rýchlosťou. Za koniec prestavby sa považuje až chod linky v požadovaných parametroch. (Henry, 2013)

2 ŠTÍHLA VÝROBA

Jedným z hlavných konceptov priemyselného inžinierstva je koncept štíhlej výroby. Cieľom tohto konceptu je zmena myslenia pracovníkov spoločnosti v oblasti riadenia a organizácie výroby pre dosiahnutie efektívneho postupu optimalizácie výrobných procesov. Koncept štíhlej výroby slúži ako návod na plánovanie, riadenia a organizáciu podnikových procesov, ktoré vytvárajú príležitosti pre kontinuálne zlepšovanie. (Chromjaková, Rajnoha, 2011)

Štíhla výroba má svoje korene vo výrobných procesoch Henryho Forda v 20. rokoch 20. storočia. Spoločnosť Ford Motor Company po 1. svetovej vojne zvýšila svoje príjmy zavedením montážnej linky a odstránením zbytočných činností nepridávajúcich pridanú hodnotu. Názov a koncept štíhlej výroby zaviedla spoločnosť Toyota v 80. rokoch 20. storočia. Toyota taktiež zaviedla podporné koncepty, ako napríklad just-in-time (JIT). Štíhla výroba produkuje požadované výstupy s minimálnymi nákladmi. (Badiru, 2014)

Filozofia štíhlej výroby pomohla Toyote vyrásť na jednu z najväčších automobilových spoločností na svete. Toyota dokáže vyrobiť vysokokvalitný produkt za najdostupnejšie ceny vďaka štíhlej výrobe. Systém riadenia Toyoty je celý postavený na princípe štíhleho a efektívneho podnikania. Celý základ tejto filozofie spočíva v tom, že existujú nástroje, ktoré spoločnosti pomáhajú identifikovať a odstrániť plytvanie ktoré podnikové procesy obsahujú. Po odstránení plytvania sa kvalita konečného produktu aj procesov zlepši. Dochádza aj ku zníženiu výrobného času a nákladov. (Altman, 2017)

Princíp JIT je výroba výrobkov vtedy, keď sú potrebné, v požadovanom množstve a za čo najnižšie náklady. Dosahujeme to minimalizáciou zásob, synchronizáciou výrobných procesov a výrobou v kontinuálnom toku. (Shingō, 1985)

Filozofia štíhlej výroby spočíva v identifikácii a kontinuálnej eliminácii všetkých typov plytvania pomocou standardizácie procesov, flexibility, skráteniami času a plynulosti materiálových tokov. Implementácia štíhlej výroby znižuje náklady a zlepšuje podnikanie. (Altman, 2017)

Implementácia štíhlej výroby musí byť sprevádzaná zmenou firemnej kultúry a manažerského zmýšľania. Mnohí považujú štíhlu filozofiu za cieľ. Toto je však mylné pochopenie štíhlej filozofie. Štíhla filozofia nie je cieľom, ale nástrojom pre dosiahnutie cieľa. Keď spoločnosť zavedie filozofiu štíhlej výroby, je schopná implementovať

kontinuálny proces odhaľovania plytvania a nedostatkov, ktoré sa už nachádzajú vo výrobnom systéme.(Altman, 2017)

Základnou filozofiou štíhlej výroby eliminácia plytvania nákupom materiálu na uspokojenie iba okamžitých potrieb výrobného plánu s ohľadom na čas transportu. Medzi tri hlavné princípy štíhlej výroby patrí:

- Eliminácia plytvania
- Kontinuálny produkčný tok
- Ťahový systém výroby (Badiru, 2014)

2.1 Plytvanie

Plytvanie je všetko, čo nevytvára pridanú hodnotu produktu. Na eliminovanie plytvania musíme preskúmať všetky aspekty výroby. Musíme sa zamerať na plánovanie výroby, fluktuáciu kvality a objemu výroby, výkonnosť strojov, ale aj pohyb materiálu a ľudí. (Altman, 2017)

Každý proces, ktorý nevytvára pridanú hodnotu by mal byť obmedzený alebo odstránený. Plytvať môžeme hmotnými ale aj nehmotnými zdrojmi. Môže to byť napríklad plytvanie hmotného materiálu alebo nehmotného, ale veľmi dôležitého času. (McCarthy, 2020)

2.1.1 Nadprodukcia

Plytvanie z nadprodukcie vzniká výrobou väčšieho než požadovaného množstva výrobku. Medzi hlavné dôvody vzniku nadprodukcie patrí výroba určitého množstva výrobku navyše pre prípad poruchy výrobného zariadenia a snaha vyššieho využitia výrobnéj kapacity. S nadprodukciami vznikajú zbytočné požiadavky na skladovacie priestory, ako aj zvýšené administratívne a dopravné náklady. (Jurová, 2016)

Spoločnosti, ktoré sa nezameriavajú na zníženie dĺžky prestavieb majú tendenciu vyrábať veľké výrobné série. Veľké série komplikujú plán výroby a vytvárajú zbytočné zásoby, spolu s oneskoreniami pre interných aj externých zákazníkov. (Ortiz, 2016)

Do nadprodukcie zaraďujeme okrem vyššej produkcie produktu pre zákazníka taktiež nadprodukciami informácií a materiálov. Nadprodukcia sa preto často vyskytuje

v administratíve, v procesoch prepojených na pomocné a obslužné výrobné procesy. (Chromjaková, Rajnoha, 2011)

2.1.2 Zbytočné zásoby

Altman (2017) definuje zbytočné zásoby ako všetky materiály, hotové výrobky a polotovary, ktoré nemôžu byť použité alebo predané hneď, a preto putujú do skladov, kde zaberajú priestor.

Nadbytočné zásoby vznikajú skladovaním materiálu, náhradných dielov, nedokončených alebo dokončených výrobkov. Zásoby zaberajú miesto v sklade, a prinášajú vyššie náklady na skladovanie, ako je potreba vysokozdvížných vozíkov, regálov a väčších skladovacích priestorov. V nadmerných zásobách sú viazané finančné prostriedky, ktoré by mohli byť lepšie využité. Filozofia štíhlej výroby považuje tento typ plytvania za jeden z najhorších. (Jurová, 2016)

2.1.3 Defekty

Defekt môžeme definovať ako čokoľvek, čo sa v procese vytvorí, s čím nie je zákazník spokojný ale za to nie je ochotný zaplatiť. Defekty narúšajú výrobný proces a spôsobujú vyššiu investíciu pre výrobu produktu so ziskom. Kroky, ktoré spoločnosti musia podniknúť na opravu defektov spôsobujú zvýšené náklady. Nedôvera zákazníkov a ich nespokojnosť so zakúpenými produktmi sú ďalšie aspekty defektov, ktoré znižujú zisky spoločnosti a životnosť na trhu. (Altman, 2017)

Všetky procesy v spoločnosti by mali mať ideálne za cieľ nulovú chybovosť. Je potrebné dbať na správnosť údajov a dokumentácie. Chybám vo výrobe sa môžeme vyhnúť pomocou štandardov, sprievodných dokumentov a dobre nastaveného informačného toku. (Chromjaková, Rajnoha, 2011)

Nekvalitné a nezhodné výrobky prinášajú náklady navyše. Opravovanie nezhodných výrobkov plytvá časom aj finančnými prostriedkami. Nezhodné výrobky môžu dokonca poškodiť výrobné zariadenia, a na ktorých sa vyrábajú. (Jurová, 2016)

2.1.4 Zbytočné pohyby

Ortiz (2016) popisuje zbytočný pohyb ako pohyb pracovníkov na pracovisku, s cieľom hľadania nástrojov, informácií, produktov a všetkých potrebných vecí, ktoré nie sú

dostupné. Vysoká úroveň pohybu zvyšuje dĺžku procesov a plytvá čas. Všetky potrebné veci by mali byť na pracovisku umiestnené a usporiadané, aby sa pracovník mohol sústreďovať na pracovnú činnosť.

Medzi hlavné typy zbytočných pohybov môžeme zaradiť hľadanie náradia, presun produktov medzi pracoviskami, presun produktov pracovisko kontroly kvality, hľadanie vedúceho tímu pre objasnenie úlohy alebo aj zle ergonomicky nastavené pracovisko. (Chromjaková, Rajnoha, 2011)

2.1.5 Čakanie

K plytvaniu dochádza vtedy, keď kvôli čakaniu na čokoľvek nemôžeme pokračovať vo výrobnom procese. Medzi najčastejšie zdroje čakanie patrí porucha výrobného zariadenia, nedostatok materiálov, nerovnomerná výroba, ako aj zbytočná byrokracia alebo absencia potrebných informácií. (Jurová, 2016)

Čakanie nastáva pri nedostupnosti dôležitých informácií, nástrojov a materiálov, čo spôsobuje nečinnosť strojov a ľudí. Čakanie môže spôsobovať aj nerovnováha v pracovnom zaťažení a čas cyklov procesov. (Ortiz, 2016)

2.1.6 Plytvanie spôsobené zlým spracovaním

Plytvanie spôsobené zlým spracovaním zahŕňa dodatočné kroky, opätovné kontroly a overovania. Výrobné zariadenia, ktoré nie sú udržiavané a správne kalibrované, spôsobujú nadmernú dĺžku výroby kvalitných výrobkov. (Ortiz, 2016)

Zlé spracovanie vieme identifikovať v technologickom procese výroby. Môže zahŕňať nespoľahlivé výrobné zariadenia, zle rozmiestnenú výrobnú linku alebo náročnú kontrolu kvality. (Jurová, 2016)

2.1.7 Transport

Medzi transport patrí okrem prepravy materiálu do závodu a odvozu výrobkov zo závodu aj vnútropodniková preprava. Výrobný proces býva často rozdelený do niekoľkých pracovísk so sklodom taktiež oddeleným od výroby. Na prepravu potrebujeme dopravné pásy, vysokozdvížné vozíky alebo paletové vozíky. Všetky náklady spojené s vnútropodnikovou dopravou môžeme považovať za plytvanie. (Jurová, 2016)

2.1.8 Nevyužitý ľudský potenciál

Ortiz (2016) definuje nevyužitý ľudský potenciál ako akt nesprávneho využitia zamestnancov podľa ich najlepších schopností. Úspešnosť ľudí závisí na procese, v ktorom majú pracovať. Ak proces obsahuje akékoľvek plytvanie, ľudia pracujúci v tomto procese nebudú naplno využití.

2.2 Kontinuálny produkčný tok

Chromjaková (2013) píše, že kontinuálny produkčný tok je charakteristický znížením výrobných dávok podľa systémových obmedzení. Dôraz je kladený na minimalizáciu časových zdržaní. Požiadavkou kontinuálneho produkčného toku je plynulý materiálový a informačný tok medzi jednotlivými pracovnými stanovišťami.

Konceptom kontinuálneho produkčného toku je séria nepretržitých plynulých procesov. Každý krok výroby vykonáva iba úlohy potrebné pre ďalší krok. Pracovné stanovišťa nedržia zbytočné polotovary a materiály, ktoré blokujú prichádzajúce a odchádzajúce toky. (Badiru, 2014)

2.3 Ťahový systém výroby

Ťahový systém výroby je koncept, ktorý je založený na fakte, že zákazník signalizuje spustenie výrobného procesu. Medzi výrobnými stanovišťami musí byť kvalitný informačný tok. Jednotlivé stanovišťa vysielajú po dokončení operácie signál nasledujúcemu stanovišťu o pokračovaní výrobného procesu. Dôležité je zaistenie minimálnych časových a priestorových zdržaní. Medzi hlavných predstaviteľov ťahového systému výroby patrí v dnešnej dobe systém kanban. (Chromjaková, 2013)

2.3.1 Kanban

Systém kanban funguje na princípe ťahu dielov výrobným procesom v nadväznosti na tempo udávané cyklovým časom. Kanban kopíruje výrobný takt, a prispôsobuje mu požiadavky na zásobovanie stanovišťa materiálom, čím sa snaží o elimináciu všetkých typov skladov. K presunu informácií medzi pracovnými stanovišťami využíva kanban karty, ktoré sú nosným informačným médiom. Na prenos informácií sa využívajú dva modely:

- Jednokartový kanban systém, v ktorom stanovište začína pracovať, iba keď dostane signál od predchádzajúceho stanovišťa prostredníctvom kanban karty. Príjem kanban karty je signálom pre vyzdvihnutie potrebného materiálu zo zásobníku.
- Dvojkartový kanban systém, v ktorom sú v obehu dva typy kariet. Výrobný pracovník prevezme signál z výrobnéj karty, a vykonáva príslušnú operáciu. Manipulant následne na základe signálu transportnej kanban karty presúva materiál na požadované miesto. (Chromjaková, Rajnoha, 2011)

2.4 Kaizen

Zakladom kaizenu je myšlienka, že nič nie je dokonalé a všetko a sa dá zlepšiť. Bez ohľadu na to, koľkokrát bol proces zlepšený, je stále plný plytvania. Čo je dokonalé dnes, sa môže zajtra zmeniť kvôli meniacim sa podmienkam. (Liker, Convis, 2012)

Kaizen pozostáva z analýzy, a monitorovania všetkého na pracovisku pre meranie, porovnanie a odhalenie problémov. Proces zlepšovania pomocou kaizenu nikdy nekončí. Je to cyklický proces meraní a hľadania riešenia. Týmto metodickým spôsobom dokážeme vyriešiť problémy produktivity aj kvality. (Brau, 2016)

Existujú dva typy kaizenu, ktoré vyžadujú každodennú aktivitu. Prvým z nich je údržbový kaizen. Údržbový kaizen je proces reagovania na nevyhnutné poruchy, chyby alebo zmeny, ktoré sa vyskytujú, aby bol očakávaný štandard dodržaný. Cieľom údržbového kaizenu je vrátenie systému naspäť k štandardu. Systém je navrhnutý tak, aby problémy vyšli na povrch čo najrýchlejšie. Po zistení problému môže byť linka odstavená, aby bol údržbový kaizen okamžitý. Po vyriešení problémov sa vyberú najčastejšie alebo najzávažnejšie problémy, a vypracuje sa analýza pre zabránenie ich vzniku. Druhým typom kaizenu je zlepšovací kaizen, ktorému sa jednoducho hovorí kaizen, pretože zlepšenie je pravý cieľ kaizenu. Tento typ kaizenu nie je len o udržiavaní štandardov, ale o kontinuálnom zlepšení. (Liker, Convis, 2012)

2.5 Štandardizácia a vizualizácia

Štandardizácia a vizualizácia sú metódy pre popísanie a zefektívnenie jednotlivých procesov v priemyselnej spoločnosti. Popisujú presný postup pri vykonávaní daného procesu s požadovaným výstupom. Do štandardizácie a vizualizácie spadajú technologické postupy, pracovné normy, popisy pracovných pozícií ale aj organizácia pracoviska.

Základom štandardizácie je pracovný štandard, ktorý ukazuje optimálny postup vykonávanej operácie s ohľadom na bezpečnosť, kvalitu a efektívne využitie potenciálu pracovníkov. Štandardizáciou znižujeme variabilitu pracovných operácií a minimalizujeme chyby. Je taktiež nástrojom pre uľahčenie zaškolenia pracovníkov alebo komunikácie medzi nimi. (Chromjaková, Rajnoha, 2011)

2.5.1 Operačný štandard

Operačný štandard je jedným z ďalších spôsobov štandardizácie. Je to postup, podľa ktorého všetci pracovníci konkrétnej operácie vedia, čo majú robiť. Operačný štandard môže mať formu textu, obrázku, diagramu, alebo ich kombinácie. Cieľom operačného štandardu je prevedenie pracovníka celým postupom operácie. Bez operačného štandardu sú operácie, ako napríklad prestavby vo výrobe, vykonávané podľa úsudku a skúseností pracovníkov. Školenie nových pracovníkov prebieha pozorovaním staršieho pracovníka a jeho výkladom, čo vedie k strate prehľadnosti a k pokračovaniu zlých praktík. Bez operačného štandardu je variabilita operácií vysoká. V mnohých prípadoch sa stane, že tá istá osoba nevykoná operáciu dvakrát rovnako. To môže viesť k dlhším časom operácie alebo až k poškodeniu produktu alebo výrobného zariadenia. (Henry, 2013)

2.5.2 5S

5S je koncept vizuálnej transformácie pracoviska. Je jednou z metód štandardizácie a vizualizácie. 5S zaisťuje, že pracovníci strávia minimálny čas hľadaním pomôcok a nástrojov. (Ortiz, 2016)

Názov 5S sa odvíja od piatich japonských slov, ktoré vyjadrujú princípy udržiavania efektívneho pracoviska. Tieto slová sú seiri, seiton, seison, seiketsu a shitsuke. (Greene, 2013)

Seiri je akt triedenia a odstraňovania všetkých nepotrebných predmetov na pracovisku. Seiton je akt usporiadania všetkého potrebného, aby bolo ľahko identifikovateľné pomocou štítkov, podlahových značení a vyznačených priestorov. Seison je čistenie pracoviska vrátane podlahy, nástrojov a košov. Seiketsu je štandardizácia a konzistentnosť označení. Rovnaké farby a označenia by mali mať rovnaký význam. Shitsuke je záverečný akt udržiavania organizácie pomocou každodenných kontrol stavu. (Ortiz, 2016)

Metóda 5S vytvára základ stabilných procesov triedením, zviditeľňovaním, čistením, štandardizáciou a zabezpečením štandardov. S metódou 5S dosahujeme viditeľnú zmenu na pracovisku a podporujeme štihle myslenie u pracovníkov. (Hänggi, Fimpel, Siegenthaler, 2022)

3 VYBRANÉ METÓDY PRIEMYSELNÉHO INŽINIERSTVA

3.1 Normovanie práce a časové štúdie

Podstatou normovania práce je hľadanie optimálneho postupu vykonávania pracovných činností, v rámci pracovnej operácie. Snažíme sa o zjednodušenie práce, elimináciu nadbytočných pohybov, zníženie presúvania sa pracovníkov na pracovisku, ale aj inováciu používaných pracovných prostriedkov a zariadení pre zvýšenie pracovného komfortu. (Chromjaková, Rajnoha, 2011)

Účelom normovania práce je čo najobjektívnejšie určenie času potrebného na konkrétne činnosti. Časy jednotlivých činností sú namerané počas pozorovania pracovníka pri vykonávaní práce. Namerané a určené časy sa prevedú na štandard, ktorý je reálny a praktický. (Greene, 2013)

Časové štúdie sú najbežnejším a najjednoduchším spôsobom analýzy vykonávanej práce pracovníka počas prestavby. Analýzu je potrebné vykonať na viacerých operátoroch, ktorí na pracovisku pracujú. Je potrebné sledovať rozdiely v ich práci, pre identifikáciu najlepšieho postupu. (Ortiz, 2016)

3.2 Spaghetti diagram

Jednou z metód analýzy materiálového toku na pracovisku je Spaghetti diagram. Táto metóda je založená na princípe zakreslenia všetkých pohybov pracovníka pri pracovnej úlohe. Pohyby pracovníka sú v diagrame farebne rozlíšené. Metóda Spaghetti diagramu má veľké využitie pri hľadaní najvhodnejšej prepravnej cesty, alebo pri návrhu layoutu pracoviska. (Jurová, 2016)

Výhodou Spaghetti diagramu je prehľadnosť, s ktorou ukazuje plytvanie pohybu nadbytočných ciest na pracovisku. Vizuálny dojem je silnejší ako dojem zo samotných čísel. (Herr, 2014)

3.3 Metóda SMED

Metóda SMED sa používa na minimalizovanie plytvania a skrátenie dĺžky prestavieb vo výrobných podnikoch. Je súčasťou štíhlej filozofie. SMED je akronymom anglického názvu Single-Minute Exchange of Die, čo v preklade znamená „zmena nástrojov v jednociferných minútach“. Prestavby do 10 minút však nie sú vždy možné, preto je

cieľom metódy SMED čo najväčšie možné skrátenie dĺžky prestavby. Predstaviteľom metódy SMED bol japonský priemyselný inžinier Shigeo Shingō. Metódu SMED vyvinul počas svojej práce v spoločnostiach Mazda, Mitsubishi a Toyota. (Ondra, 2017)

Metóda SMED môže skrátiť čas prestavby, a zvýšiť produktivitu. Dlhé prestavby vedú okrem plytvania času, aj k väčším výrobným dávkam a väčším zásobám, čo taktiež spôsobuje plytvanie. Metóda SMED rozdeľuje činnosti počas prestavby na interné a externé. Interné činnosti je možné vykonať, len keď je stroj zastavený. Externé činnosti môžu byť vykonávané pred alebo po prestavbe bez zastavenia stroja. (Badiru, 2014)

3.4 Postup metódy SMED

3.4.1 Predbežná fáza

V tradičných prestavbách sú interné a externé činnosti pomiešané. Externé činnosti sa vykonávajú interne, zatiaľ čo stroje zostávajú nečinné po dlhú dobu. Pri plánovaní implementácie metódy SMED je preto potrebné študovať skutočné podmienky výroby. Na zachytenie skutočnej situácie existujú viaceré spôsoby. Prvým spôsobom je analýza vykonávaná pomocou stopiek. Táto analýza je veľmi presná, ale vyžaduje veľa času a veľkú zručnosť. Ďalšou metódou je vzorkovanie práce. Táto metóda spočíva v určení podielu času stráveného pracovníkmi v definovaných kategóriách činností. Nevýhoda tejto metódy je, že vzorky sú presné len pri veľkom počte opakovaní. Pri prestavbe, v ktorej sa opakuje málo činností, táto metóda nie je veľmi vhodná. Treťou metódou je rozhovor s pracovníkmi o podmienkach prestavby. Poslednou metódou je videozáznam prestavby. Celá prestavba sa zachytí na video, ktoré môže byť neskôr analyzované. Videozáznam môže byť taktiež prehraný pracovníkom prestavby, ktorí môžu vyjadriť svoje názory, a poskytnúť tak poznatky. (Shingō, 1985)

3.4.2 Rozdelenie činností na interné a externé

Prvým a zároveň najdôležitejším krokom je rozdelenie činností prestavby na interné a externé činnosti. Prípravu dielov alebo údržba by sa mali vykonávať keď je stroj zastavený. Často sa však stretávame so situáciou kde to tak nie je. Po správnom rozdelení činností na interné a externé sa môže čas, kedy je stroj zastavený, skrátiť o 30% až 50%. (Shingō, 1985)

3.4.3 Presun interných činností na externé činnosti

Druhým krokom je presun interných činností na externé činnosti. Tento krok pozostáva z dvoch častí. Aby sa predišlo nesprávnemu zaradeniu niektorej z činností do interných činností, je prvou časťou tohto kroku opätovné skúmanie činností všetkých činností. Druhou časťou je hľadanie spôsobov na presun týchto interných činností na externé činnosti. V tomto kroku je veľmi dôležité zmyšľanie, ktoré nie je limitované starými zvykmi. Je potrebné preskúmať skutočnú funkciu interných činností z novej perspektívy. (Shingō, 1985)

3.4.4 Odstránenie plytvania

Tretím krokom je zefektívnenie všetkých činností prestavby a odstránenie plytvania. Tento krok vyžaduje podrobnú analýzu každej činnosti. Druhý a tretí krok sa môžu vykonávať aj súbežne, nemusia byť oddelené. (Shingō, 1985)

3.5 Spôsoby odstránenia plytvania prestavby

3.5.1 Eliminácia

Najdôležitejším spôsobom odstránenia plytvania je eliminácia. Zlepšovanie niečoho, čo by sa v prvom rade nemalo robiť, je strata času. Zbytočné operácie sa k procesu nabaľujú postupom času. Na začiatku zavedenia procesu je proces štíhly, avšak postupom času sa k nemu pridáva viac a viac operácií. Tieto zbytočné operácie sa hromadia a musia byť odstránené. Identifikácia zbytočných operácií a ich následná eliminácia je preto prvým krokom v odstránení plytvania prestavby. (Henry, 2013)

3.5.2 Zjednodušenie

Neexistuje činnosť, ktorá by nemohla nejak zjednodušená. Vo výrobe musí byť zavedený systém, v ktorom sa pracovníci budú zamýšľať nad zjednodušením činností, ktoré vykonávajú. Pokiaľ sú tieto návrhy opodstatnené, môžeme ich implementovať. Pracovníci musia byť povzbudzovaní, aby podávali návrhy bez ohľadu na to, ako nerealistické sa môžu zdať. Týmto spôsobom vybudujeme u pracovníkov kontinuálnu snahu zlepšovať a zjednodušovať činnosti, ktoré vykonávajú. (Henry, 2013)

3.5.3 Čistenie

Čistenie a upratovanie je súčasťou nevyhnutnej práce pri prestavbe. Nečistota a špina sa musí považovať za kritický faktor, pretože predstavujú riziko pre kvalitu produktu. Čistiace činnosti sa preto musia vykonávať dôsledne. Pri prestavbách je však čistenie faktorom, ktorý sa snažíme eliminovať. Kvôli predošle spomenutým dôvodom však nemôžeme klásť dôraz iba na zrýchlenie a skrátenie čistenia. Musíme sa zamerať na zabránenie kontaminácii, určenie potrebného stupňa čistoty, hľadanie najjednoduchšieho spôsobu čistenia a štandardizáciu čistiacich metód. (Herr, 2014)

Kontaminácii sa môžeme vyhnúť jednoduchými zariadeniami akými sú napríklad zásobníky alebo deflektorové dosky. Zabráneniu kontaminácie by sme sa mali venovať už pri návrhu procesov. Komponenty by mali byť navrhnuté tak, aby v nich neboli žiadne priehlbiny, rohy alebo medzery, ktoré vedú k tvorbe kontaminácie. (Herr, 2014)

Ďalším faktorom, ktorý ovplyvňuje jednoduchosť čistenia je hladkosť povrchov. Mali by sme sa vyhýbať drsným povrchom, prasklinám, trhlinám a škáram. Škáry môžeme vyplniť silikónovou tesniacou hmotou, zatiaľ čo drsné povrchy môžu byť natreté farbami na vyplňanie trhlín, aby sa vyhladili. (Henry, 2013)

Otázka potrebného stupňa čistenia je taktiež dôležitá, a môže priniesť potenciálne úspory. Čistota je dôležitá, avšak nie každá oblasť procesu je neustále kritická. (Herr, 2014)

Čistenie by malo byť, tak ako všetky ostatné procesy, štandardizované. Hlavným cieľom pri štandardizácii čistenia by mala byť identifikácia situácií, pri ktorých sa pracovníci musia rozhodovať, a toto rozhodovanie odstrániť zavedením štandardu. Týmto znížime variáciu a zjednodušíme pracovníkom ich prácu. (Herr, 2014)

3.5.4 Implementácia paralelných činností

Operácie na väčších výrobných zariadeniach môžu zahŕňať činnosti, ktoré sa musia vykonávať z viacerých strán zariadenia. Keď tieto činnosti vykonáva jedna osoba, vzniká plytvanie kvôli pohybu pracovníka, ktorý sa musí presúvať okolo zariadenia. Paralelné činnosti, ktoré zahŕňajú viacerých pracovníkov sú pri tomto druhu činností užitočné. Činnosť, ktorá trvá jednej osobe 10 minút, môže dvom osobám trvať 4 alebo 6 minút. Musíme však dbať na to, aby sa predišlo zbytočnému čakaniu pri paralelných činnostiach. Zle navrhnutá paralelná činnosť nemusí viesť k žiadnej úspore času. Pri paralelných

činnostiach je taktiež veľmi dôležitá bezpečnosť. Keďže pracovníci pracujú na rôznych stranách zariadenia, musí byť zavedený systém signalizácie dokončenia činnosti. Bez signalizačného systému vzniká riziko spustenia zariadenia v čase, keď na ňom pracovník pracuje. Signalizačným systémom môžu byť bzučiaky, píšťalky, alebo tlačidlá hlásiace dokončenie vykonávanej činnosti. Stlačením tlačidla sa rozsvieti tabuľa s potvrdením, po kontrole ktorej môže pracovník zariadenie následne spustiť. Zvýšenie bezpečnosti môžeme dosiahnuť aj použitím blokovacieho mechanizmu, ktorý zabraňuje spusteniu zariadenia, pokiaľ pracovník pracujúci na zariadení nezapne uvoľňovací spínač alebo neodomkne blokovací zámok. (Shingō, 1985)

4 ZHRNUTIE TEORETICKEJ ČASTI

Teoretická časť práce bola zameraná na literárnu rešerš odborných literárnych zdrojov so zameraním na priemyselné inžinierstvo, štíhlu výrobu a plytvanie. V úvode teoretickej časti je predstavenie priemyselného inžinierstva, jeho stručná história a hlavní predstavitelia. Po úvode nasleduje definícia a popis prestavieb. V ďalšej kapitole je prestavený koncept štíhlej výroby s bližším zameraním na rôzne typy plytvania, kontinuálny produkčný tok, ťahový systém výroby, kaizen, štandardizáciu a vizualizáciu. Na záver teoretickej časti je popis vybraných metód priemyselného inžinierstva so špeciálnym zameraním na metódu SMED, postup aplikácie tejto metódy a metódy odstránenia plytvania počas prestavby. Praktická časť sa končí zhodnotením časovej úspory a finančným zhodnotením.

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

5 PREDSTAVENIE VÝROBNEJ SPOLOČNOSTI

Spoločnosť je švajčiarskeho pôvodu so sídlom v meste Vevey. Bola založená v roku 1866 a zaoberá sa výrobou v potravinárskom priemysle. Spoločnosť patrí k svetovej špičke, pričom zamestnáva 270 000 zamestnancov a predáva svoje produkty v 188 krajinách. V Česku spoločnosť prevádzkuje 3 závody. Je to závod „A“, ktorý vyrába želé a kandytové cukrovinky, závod „B“ vyrábajúci chladené rastlinné produkty a závod „C“, ktorý produkuje čokoládové cukrovinky. Autor spracoval bakalársku prácu v závode „A“. (interné materiály spoločnosti)

5.1 História závodu „A“

Závod „A“ bol založený v roku 1863 v Zlínskom kraji. Závod bol od založenia zameraný na kandytové cukrovinky. V roku 1910 sa závod presťahoval do väčšej továrne z dôvodu zvyšujúceho sa dopytu. Po 2. svetovej vojne bol podnik znárodnený a určený ako hlavný závod pre výrobu nečokoládových cukrovínok pre Československo. V 70. a 80. rokoch došlo k modernizácii závodu a automatizácii výroby. Po páde komunistického režimu bol podnik v roku 1992 privatizovaný a v roku 1999 sa majiteľom závodu stal koncern, ktorý ho vlastní dodnes. V roku 2023 bola postavená nová výrobná hala pre zvýšenie výrobných kapacít. (interné materiály spoločnosti)

5.2 Produktové portfólio závodu „A“

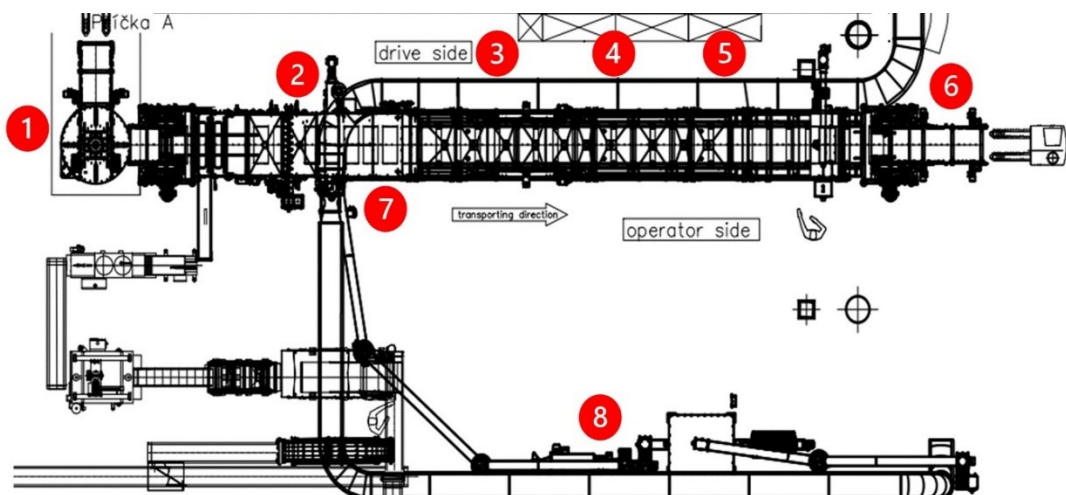
Závod vyrába nečokoládové cukrovinky ktoré sa predávajú na českom a slovenskom, ale aj poľskom, anglickom a austrálskom trhu. Medzi hlavné produkty patria kandyty, želé cukrovinky a marshmallow. Závod vyrába okrem hotových výrobkov aj suroviny, ktoré sa nepredávajú, ale sú v rámci spoločnosti ďalej spracované.

6 POPIS VÝROBNÉHO ZARIADENIA MOGUL

Predmetom zamerania autorovej práce je výrobné zariadenie mogul. Výrobné zariadenie mogul bolo vybrané kvôli vysokej miere využitia výrobnéj kapacity a stúpajúcom dopyte po vyrábaných produktoch. Výsledky autorovej práce by mali priniesť návrhy na zníženie času prestavby, čo by predstavovalo zvýšenie výrobnéj kapacity zariadenia. Výrobné zariadenie mogul sa používa na výrobu viacerých druhov želé cukrovínok pomocou vstrekovania uvarenej želatínovej hmoty do formy plnenej škrobovým púdom.

6.1 Layout

Na obrázku nižšie (Obr. 1) je zobrazený layout pracoviska. Hlavné časti pracoviska sú označené číslami.



Obrázok 1 Layout pracoviska (vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti)

1. Destohovač
2. Pudrovacia stanica
3. Nalievacia hlava 1
4. Nalievacia hlava 2
5. Nalievacia hlava 3
6. Stohovač
7. Magnet na cudzie predmety
8. Sito REIMELT

6.2 Popis částí pracoviška

6.2.1 Destohovač

Proces výroby začíná dovezením stojanov s formami z chladiaceho skladu. Formy môžu byť naplnené iba púdrom alebo púdrom a výrobkom z predošlej výroby. Stojany s formami sú k destohovaču dovezené vysokozdvížným vozíkom, kde sa pomocou koľajníc a reťazového systému dostávajú do pudrovacej stanice. Prázdne stojany pomocou koľajníc putujú pod celou dĺžkou mogulom k stohovaču. Pri prestavbe sa celý priestor destohovača musí povysávať od púdro.

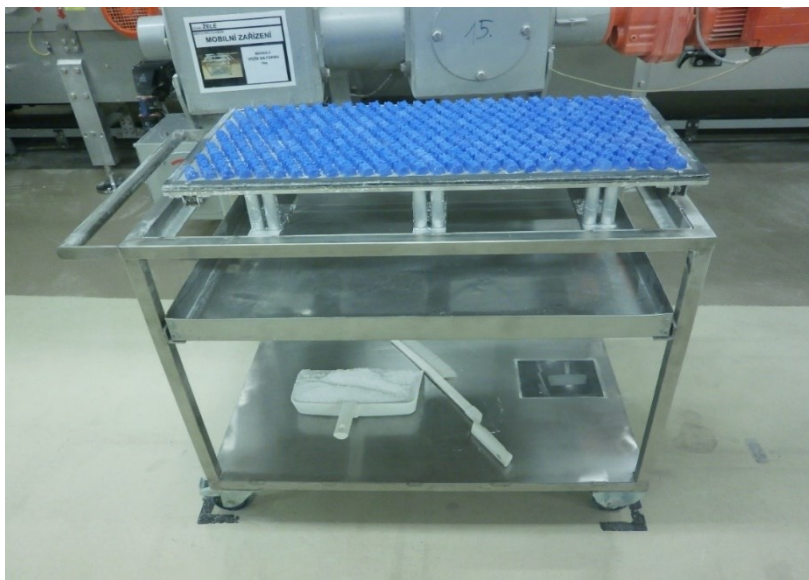


Obrázok 2 Destohovač (interné materiály spoločnosti)

6.2.2 Pudrovacia stanica

V pudrovacej stanici sú formy preklopené. V prípade foriem naplnených výrobkom sa pri preklopení vysype z foriem výrobok z predošlej výroby, ktorý ďalej putuje pomocou dopravníkového systému do odpudrovacieho zariadenia a následne do olejovacieho bubna, v ktorom sa želé cukrovinky obaľujú olejom. Po vyklopení sa forma znovu naplní púdom, do ktorého sú pomocou raznice vtlačené tvary nového výrobku.

Pri prestavbe na nový výrobok sa táto raznica musí vymeniť. Na výmenu raznice operátori používajú vozík na mieste označenom 5S. Starú raznicu oklepú od púdro, zatiaľ čo na novú raznicu nanesú jemnú vrstvu púdro metličkou a zasunú ju do pudrovacej stanice.

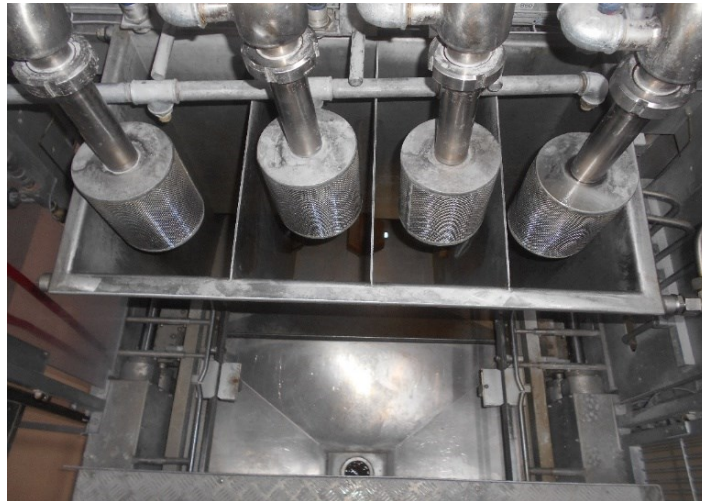


Obrázok 3 Pudrovacia stanica (interné materiály spoločnosti)

6.2.3 Nalievacie hlavy 1, 2, 3

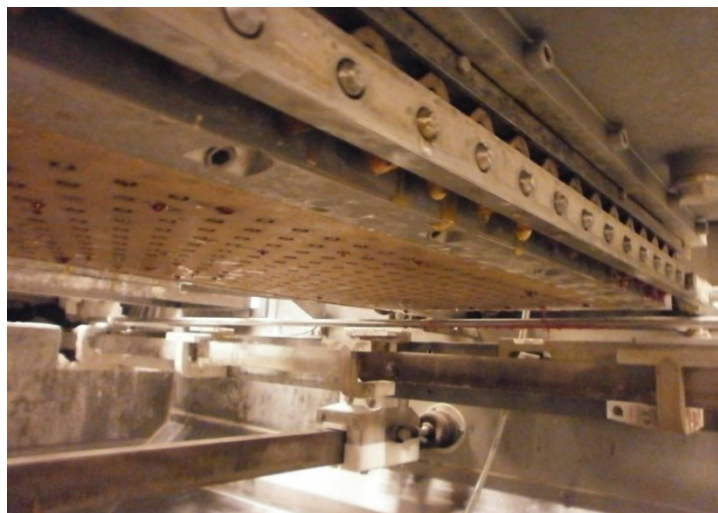
Forma putuje pomocou reťazového systému popod nalievacie hlavy, kde sa do nej vstrekuje uvarená želatínová hmota a v prípade penových výrobkov pena. Nalievacie hlavy sú identické, avšak hlavy 1 a 2 sa používajú na vstrekovanie želatínovej hmoty, zatiaľ čo hlava 3 sa používa na vstrekovanie peny. Podľa druhu výrobku môže byť použitá len jedna, dve alebo všetky tri hlavy zároveň.

Každá hlava má 4 komory na hmotu z dvoch strán. Želatinová hmota a pena je do hláv vedená trúbkami z varne, ktorá sa nachádza o poschodie vyššie nad mogulom. Pri prestavbe sa nalievacie hlavy, na ktorých sa vyrábalo, musia umyť vodou od zatuhnutej hmoty. Odpadová voda z hlavy vyteká do vane pod hlavou, odkiaľ je odvádzaná odtokom.



Obrázok 4 Nalievacia hlava (interné materiály spoločnosti)

Vstrekovanie zabezpečuje programová doska a nalievacia doska. Programová doska ovláda počet vstrekovacích piestov, zatiaľ čo nalievacia doska má požadovaný počet otvorov pre daný výrobok, cez ktoré sa hmota vstrekuje do formy.



Obrázok 5 Nalievacia doska (interné materiály spoločnosti)

6.2.4 Stohovač

Formy s výrobkom sa pomocou stohovača ukladajú na prázdne stojany. Naplnené stojany sa pomocou vysokozdvížnych vozíkov odvážajú do chladiaceho skladu. Pri prestavbe je potrebné celý priestor stohovača povysávať od púdro.



Obrázok 6 Stohovač (interné materiály spoločnosti)

6.2.5 Magnet na cudzie predmety

Magnet na cudzie predmety sa nachádza v prívode púdro do mognu. Jeho úlohou je zamedzenie kontaminácie výrobku cudzími predmetmi. Pri prestavbe musia operátori magnet skontrolovať a vyhotoviť fotodokumentáciu o neprítomnosti cudzích predmetov.

6.2.6 Sito reimelt

Sito reimelt sa používa na zamedzenie kontaminácie púdrov cudzími predmetmi pri regenerácii púdrov. Sito sa musí raz denne skontrolovať. Jeho bezchybnosť a neprítomnosť cudzích predmetov musia operátori zdokumentovať fotoaparátom.



Obrázok 7 Sito Reimelt (interné materiály spoločnosti)

7 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU PRESTAVBY

Na výber prestavby pre analýzu autor využil dáta prestavieb na mogule z firemného systému za rok 2023. Tieto dáta sú uvedené v tabuľke nižšie (Tab. 1). Všetky dáta sa týkajú prestavieb iba na mogule. Výrobky sú zoskupené do skupín označených písmenami abecedy. Skupiny sú dané druhom hmoty, ktorá sa na výrobu výrobku používa. Výrobky vo vnútri jednej skupiny majú rozdielne tvary, preto medzi ich výrobou prebieha prestavba aj napriek tomu, že sa vyrábajú z rovnakej hmoty.

Tabuľka 1 Prestavby na mogule za rok 2023 (vlastné spracovanie)

Typ prestavby	Počet prestavieb za rok 2023	Podiel na celkových prestavbách	Priemerná dĺžka prestavby v min.	Celková dĺžka prestavieb za rok 2023 v min.
A/A	5	1.38%	45.84	229.22
A/B	1	0.28%	35.00	35.00
A/C	5	1.38%	63.27	316.33
A/D	7	1.93%	51.55	360.84
A/E	5	1.38%	70.40	352.00
A, D/S	10	2.76%	57.28	572.83
C/A	3	0.83%	63.14	189.41
C/C	58	16.02%	53.73	3116.42
C/D	28	7.73%	64.41	1803.57
C/E	82	22.65%	80.21	6577.22
C/S	1	0.28%	75.00	75.00
D/A	5	1.38%	48.17	240.83
D/C	48	13.26%	55.30	2654.25
D/D	27	7.46%	44.41	1199.14
D/E	6	1.66%	73.27	439.64
E/A	6	1.66%	83.41	500.48
E/C	32	8.84%	96.05	3073.67
E/D	18	4.97%	83.34	1500.17
E/S	6	1.66%	43.19	259.16
S/A, D	4	1.10%	68.54	274.15
S/B, C	5	1.38%	86.77	433.86
Celkom	362			24203.20

Za rok 2023 bolo na mogule vykonaných 362 prestavieb. Mogul pracuje na 3 zmeny počas pracovných dní. Cez víkendy sa na mogule nevyrába. Prestavby na mogule prebiehajú každý deň počas ktorého vyrába. Mogul môže vyrábať bez prestavby aj niekoľko zmien po sebe, táto situácia však nie je veľmi častá z dôvodu plánovania výroby. Plánovanie výroby na mogule závisí od viacerých faktorov, hlavným z nich je skutočnosť, že výroba sa musí

prispôsobit' aktuálnemu dopytu po výrobkoch a baliacim strojom, ktoré sú zdieľané medzi viacerými linkami. Želé výrobky sa po vyrobení a schladnutí musia zabaliť v primeranom čase, aby nedošlo k úpadku kvality výrobku. Po naliatí nesmú výrobky v chladiacom sklade stráviť viac ako 24h. Pri presiahnutí 24h by výrobky nespĺňali požadované parametre. Pri viacerých výrobných zákazkách preto nie je možné vyrábať jeden výrobok dlhšiu dobu a uskladniť ho. Týmto sa zvyšuje počet prestavieb. Prestavby na mogule väčšinou prebiehajú každú zmenu alebo každé 2 zmeny s ojedinelými prípadmi, keď mogul vyrába 1 výrobok 3 alebo 4 zmeny po sebe.

Najpočetnejším typom prestavby bola prestavba zo skupiny C na skupinu E. Tento typ prestavby bol v roku 2023 na mogule vykonaný 82x s priemernou dĺžkou prestavby 80,21 min. Celkovo tento typ prestavby zabral v roku 2023 6577,22 min. Na výrobu skupiny výrobkov C sa používajú hlavy 1 a 2. Výrobky skupiny E sa vyrábajú na všetkých 3 hlavách. Prestavbu vykonávajú 3 operátori. Pre prestavbu neexistuje štandard ani harmonogram činností. Operátori vykonávajú prestavbu podľa zaužívaných skúseností, čo sťažuje zaúčanie nových pracovníkov. Čas pre túto prestavbu je podľa interných dokumentov spoločnosti stanovený na 80 min.

7.1 Osádka prestavby

Prestavbu vykonávajú celkovo 3 operátori: mogulár a 2 operátori vozíkov. Jeden z týchto operátorov je zodpovedný za prívod výrobku k destohovaču počas výroby, zatiaľ čo ďalší operátor je zodpovedný za odvoz výrobku od stohovača počas výroby. Mogulár je počas prestavby zodpovedný za umývanie hláv, výmenu raznice, kontrolu magnetu na cudzie predmety. Operátori vozíkov sú zodpovední za čistenie priestoru okolo stohovača, destohovača a dovoz stojanov k destohovaču pred rozjazdom linky. Podľa potreby môžu operátori vozíkov pomáhať mogulárovi s umývaním nalievacích hláv, a naopak mogulár môže pomôcť s vysávaním stohovača alebo destohovača. Jeden z operátorov vozíkov je zároveň technický operátor (ďalej TO), ktorý je zodpovedný za výmenu programových a nalievacích dosiek ale môže taktiež umývať hlavy. Výmenu trubiiek na hlave 2 môže vykonať mogulár alebo TO. Kontrolu sita REIMELT môžu vykonávať všetci operátori.

7.2 Zber dát

Zber dát súčasného stavu prestavieb prebiehal pomocou videozáznamov. Videozáznam bol opakovaný trikrát s inou osádkou pre väčšiu presnosť. Operátori boli oboznámení so zámerom natáčania. Pre vyhodnotenie videozáznamov boli časy jednotlivých zaznamenaných aktivít zapísané do tabuľky pre záznamy prestavieb – príloha P I: Záznam prestavby -vzor.

V prvom stĺpci je číslo aktivity. V druhom stĺpci je názov aktivity. V treťom a štvrtom stĺpci je čas od kedy do kedy aktivita prebiehala. V piatom stĺpci je doba trvania aktivity. Keďže sa na prestavbe podieľa viacero operátorov, je v následných stĺpcoch vizuálne zobrazenie simultánnosti aktivít rôznych operátorov. V ďalšom stĺpci je doba trvania všetkých aktivít vykonávané jednotlivým operátorom. V posledných stĺpcoch je označenie operátorov, ktorí sa na prestavbe podieľali. Všetky časové údaje sú v minútach.

8 ANALÝZA DÁT

Táto kapitola obsahuje analýzu dát získaných pri videozázname prestavieb. Dáta z videozáznamov sú spracované do časových štúdií. Po časových štúdiách nasleduje použitie metódy Spaghetti diagramu.

8.1 Prvý záznam

Prvú prestavbu vykonával TO zodpovedný za stohovač, mogulár a operátor vozíka zodpovedný za destohovač. Po ukončení výroby začal TO s umývaním 1. polovice hlavy 3 hadicou. Všetky nalievacie hlavy majú 4 komory z dvoch strán, ktoré je potrebné umyť pred výmenou nalievacích a programových dosiek. Umývanie trvalo 11 minút. Po umytí 1. polovice hlavy 3 išiel pre programovú a nalievaciu dosku hlavy 1. Programové a nalievacie dosky sú uložené v skrinách, avšak kvôli ich hmotnosti zhruba 30kg je na ich manipuláciu používaný špeciálny vozík. Vymieňať a manipulovať s doskami môže iba TO. Po uložení dosiek na vozík a dovozu k mogulovi za 4 minúty, začal TO nasadzovať dosky do hlavy 1. Programová doska sa do hlavy iba zasunie, ale nalievacia doska sa musí uchytiť skrutkami, na uťahovanie ktorých sa používa aku skrutkovač. Na utiahnutie týchto skrutiek musí operátor vyliezť po schodoch na mogul a zohnúť sa pod nalievaciu hlavu. Uťahovanie skrutiek nie je optimálne z pohľadu ergonómie, pretože operátor musí skrutky uťahovať na zle prístupnom mieste. Tento fakt je nedostatok výrobného zariadenia. Nasadenie dosiek trvalo 9 minút. Po nasadení dosiek do hlavy 1, zosadí TO z hlavy 3 dosky za 6 minút na prázdny vozík, s ktorým sa presúva ku skrini s doskami. Do skrine uloží staré dosky, a nakladá na vozík nové dosky do hlavy 3. Trvá mu to 3 minúty. Následne nasadí dosky do hlavy 3 za 7 minút a pokračuje vytiahnutím dosiek z hlavy 2. Vytiahnutie dosiek trvá 7 minút. Opakovane prechádza ku skrini, kde odloží staré a vytiahne nové dosky do hlavy 2 za 3 minúty. Prechádza k hlave 2 a nasadzuje nové dosky do hlavy. Nasadenie dosiek trvá 7 minút. Po nasadení dosiek odváža TO staré dosky, čo trvá 2 minúty. Po dokončení výmeny všetkých nalievacích a programových dosiek vylezie na hlavu 2, kde vymení trubky vedúce hmotu z varne do komôr hlavy za 4 minúty. Na záver prestavby ešte kontroluje bezchybnosť sita REIMELT, cez ktoré smeruje použitý púder do regenerácie púderu. Sito vytiahne von, kde ho očistí od púderu, skontroluje a odfoťí na zdokumentovanie bezchybnosti.

Operátorka vozíka zodpovedná za stohovač začala s umývaním hlavy 3 spoločne s TO. Umývala druhú stranu hlavy. Umývanie hlavy jej zabralo 11 minút. Po dokončení umývania hlavy 3 sa presunula na hlavu 2, ktorú umyla sama z oboch strán. Trvalo to 20 minút. Po umytí hlavy 2 sa operátorka pustila do výmeny raznice na formy s púdom. Raznicu vymenila za 7 minút. Ďalším krokom bola kontrola magnetu na cudzie predmety za 2 minúty. Po dokončení kontroly magnetu pozametala podlahu pri mogule od púdu, ktorý spadol na zem počas výmeny raznice a kontroly magnetu. Zametanie trvalo 6 minút. Po zametaní čakala operátorka na TO, pokiaľ dokončí výmenu nalievacích, programových dosiek a trubiek, aby mu pomohla s kontrolou sita REIMELT 17 minút. Zatiaľ čo TO kontroluje sito, operátorka vysáva púder, ktorým je sito plnené, a ktorý vypadne na zem vytiahnutím sita. Kontrolu sita vykonajú za 12 minút. Po dokončení všetkých činností prestavby spúšťa linku a kontroluje prvé vyrobené kusy. Rozjazd linky a výroba prvého dobrého kusu trvá 3 minúty.

Operátorka vozíka zodpovedná za destohovač začala prestavbu s vysávaním destohovača a jeho okolia. Vysávanie trvalo 18 minút. Po dokončení sa presunula k stohovaču, ktorý taktiež povysávala za 22 minút. Po dokončení vysávania dovezla s vysokozdvižným vozíkom stojany k destohovaču na rozjazd linky za 7 minút. Po dovoze stojanov čakala kým sa linka spustí 28 minút.

Prestavba trvala celkovo 78 minút. Pre zväčšenie prehľadu vytvoril autor menšiu verziu tabuľky pre záznam prestavby nižšie (Tab. 2). Celá tabuľka sa nachádza v prílohe P II: Prvý záznam.

Tabuľka 2 Časová štúdia prvého záznamu (vlastné spracovanie)

Číslo	AKTIVITY	Začiatok aktivity	Koniec aktivity	Čas aktivity (minúty)
1	Umývanie 1. polovice hlavy 3	00:00	00:11	00:11
2	Dovoz programovej a nalievacej dosky hlavy 1	00:11	00:15	00:04
3	Nasadenie programovej a nalievacej dosky na hlavu 1	00:15	00:24	00:09

4	Vytiahnutie programovej a nalievacej dosky hlavy 3	00:24	00:30	00:06
5	Odvoz starých a dovoz nových programových a nalievacích dosiek hlavy 3	00:30	00:33	00:03
6	Nasadenie programovej a nalievacej dosky hlavy 3	00:33	00:40	00:07
7	Vytiahnutie programovej a nalievacej dosky hlavy 2	00:40	00:47	00:07
8	Odvoz starých a dovoz nových programových a nalievacích dosiek hlavy 2	00:47	00:50	00:03
9	Nasadenie programovej a nalievacej dosky hlavy 2	00:50	00:57	00:07
10	Odvoz starých programových a nalievacích dosiek	00:57	00:59	00:02
11	Výmena trubiek na hlave 2	00:59	01:03	00:04
12	Kontrola sita reimelt	01:03	01:15	00:12
TO/ Stohovač CELKOM				01:15
1	Umývanie 2. polovice hlavy 3	00:00	00:11	00:11
2	Umývanie 1. polovice hlavy 2	00:11	00:22	00:11
3	Umývanie 2. polovice hlavy 2	00:22	00:31	00:09
4	Výmena raznice	00:31	00:38	00:07
5	Kontrola magnetu	00:38	00:40	00:02
6	Zametanie podlahy	00:40	00:46	00:06
7	Čakanie	00:46	01:03	00:17
8	Vysávanie sita reimelt	01:03	01:15	00:12
9	Spustenie mogulu a výroba prvého dobrého kusu	01:15	01:18	00:03
Mogulár CELKOM				01:01
1	Vysávanie destohovača	00:00	00:18	00:18
2	Vysávanie stohovača	00:18	00:40	00:22
3	Dovoz stojanov k destohovaču	00:40	00:47	00:07
4	Čakanie	00:47	01:15	00:28
Stohovač CELKOM				00:47
CELKOM				01:18

8.2 Druhý záznam

Druhú prestavbu vykonávala iná osádka, ktorá sa taktiež skladala z TO, ktorý bol zodpovedný za stohovač, mogulára a operátorku vozíka zodpovednú za destohovač. TO začal prestavbu umývaním hlavy 2. Na rozdiel od prvého záznamu umyl hlavu z oboch strán sám. Trvalo mu to 18 minút. Po umytí hlavy 2 dovezol všetky vozíky s novými programovými a nalievacími doskami k mogululu. Dovoz všetkých 3 vozíkov trval 9 minút.

Ako prvé nasadil dosky na hlavu 1 za 8 minút. Následne vytiahol dosky z hlavy 2, uložil ich na uvoľnený vozík a namiesto nich do hlavy nasadil nové dosky za 12 minút. Ako posledné vymenil dosky na hlave 3, kde taktiež vytiahol dosky na uvoľnený vozík a následne nasadil nové dosky na hlavu. Trvalo to 13 minút. Po výmene všetkých dosiek odváža TO vozíky od mogulu na ich úložné miesto za 6 minút. Následne vylezie na hlavu 2 a vymieňa trubky vedúce hmotu do komôr hlavy 2 za 3 minúty. Na záver kontroluje bezchybnosť sita REIMELT, čo trvá 9 minút.

Mogulárka začína prestavbu umývaním hlavy 3 za 23 minút. Hlavu umýva z oboch strán sama. Po umytí hlavy vymenila raznicu za 8 minút. Po vymenení raznice skontrolovala magnet na cudzie predmety za 2 minúty. Následne zametala podlahu od púdro, ktorý sa vysypal na zem dôsledkom výmeny raznice a kontroly magnetu. Zametanie podlahy trvalo 5 minút. Následne sa pustila do vysávania priestoru stohovača. Upratovanie stohovača jej zabralo celkovo 19 minút. Po dokončení upratovania stohovača čakala na TO, ktorý odvážal vozíky s doskami a vymieňal trubky na hlave 2. Čakala 12 minút. Ako poslednú činnosť prestavby pomáhala pri kontrole sita REIMELT s vysávaním púdro 9 minút. Rozjazd linky a kontrola prvých vyrobených kusov trval 2 minúty.

Operátor vozíka zodpovedný za destohovač nebol veľmi využitý. Na začiatku prestavby vysával destohovač, čo mu zabralo 20 minút. Následne dovezol stojany k destohovaču za 6 minút. Zvyšok času sa nepodieľal na prestavbe.

Prestavba celkovo trvala 80 minút. Údaje prestavby sú zachytené v tabuľke nižšie. (Tab. 3) Celá tabuľka sa nachádza v prílohe P III: Druhý záznam.

Tabuľka 3 Časová štúdia druhého záznamu (vlastné spracovanie)

Číslo	AKTIVITY	Začiatok aktivity	Koniec aktivity	Čas aktivity (minúty)
1	Umývanie hlavy 2 (obidve strany)	00:00	00:18	00:18
2	Dovoz vozíkov s programovacími a nalievacími doskami	00:18	00:27	00:09
3	Nasadenie programovej a nalievacej dosky na hlave 1	00:27	00:35	00:08
4	Výmena programovej a nalievacej dosky na hlave 2	00:35	00:47	00:12

5	Výmena programovej a nalievacej dosky na hlave 3	00:47	01:00	00:13
6	Odvoz vozíkov s programovacími a nalievacími doskami	01:00	01:06	00:06
7	Výmena trubiek na hlave 2	01:06	01:09	00:03
8	Kontrola síta reimelt	01:09	01:18	00:09
TO/ Stohovač CELKOM				01:18
1	Umývanie hlavy 3 (obidve strany)	00:00	00:23	00:23
2	Výmena raznice	00:23	00:31	00:08
4	Kontrola magnetu	00:31	00:33	00:02
5	Zametanie podlahy	00:33	00:38	00:05
6	Vysávanie stohovača	00:38	00:57	00:19
7	Čakanie	00:57	01:09	00:12
8	Kontrola síta reimelt	01:09	01:18	00:09
9	Spustenie mogulu a výroba prvého dobrého kusu	01:18	01:20	00:02
Mogulár CELKOM				01:08
1	Vysávanie destohovača	00:00	00:20	00:20
2	Dovoz stojanov k destohovaču	00:20	00:26	00:06
3	Čakanie	00:26	01:18	00:52
Destohovač CELKOM				00:26
CELKOM				01:20

8.3 Tretí záznam

Počas tretieho záznamu prestavbu vykonávala opäť iná osádka s rovnakým zložením. TO po ukončení výroby umyl hlavu 3 za 18 minút. Umyl obidve strany sám. Po umytí hlavy 3 dovezol vozík s doskami k hlave 1 za 5 minút. Dosky do hlavy 1 nasadil za 9 minút. Následne sa presunul k hlave 2, z ktorej vytiahol dosky za 7 minút. Po uložení dosiek na vozík, ich následne odviezol za 4 minúty. Nasadenie dosiek do hlavy 2 trvalo 9 minút. Staré dosky z hlavy 3 vytiahol za 8 minút. Odvoz starých a dovoz nových dosiek do hlavy 3 trval 4 minúty. TO nasadil nové dosky do hlavy 3 za 8 minút. Následne odviezol staré dosky na úložné miesto za 3 minúty. Ako poslednú činnosť prestavby vymenil TO trubky na hlave 2 za 3 minúty.

Mogulár začal prestavbu s umytím celej hlavy 2. Umývanie mu trvalo 18 minút. Následne sa presunul k pudrovacej stanici aby mohol vymeniť raznicu. Výmena raznice mu trvala 8 minút. Po vymenení raznice skontroloval magnet na cudzie predmety za 2 minúty. Po

výmene raznice a kontrole magnetu pozametal podlahu okolo pudrovacej stanice za 4 minúty. Následne sa presunul k stohovaču, ktorý povysával. Vysávanie stohovača trvalo 21 minút. Po dokončení čistenia stohovača, šiel mogulár skontrolovať sito REIMELT. Kontrola sita trvala 10 minút. Po vykonaní kontroly sita a vyhotovení fotodokumentácie bezchybnosti sita čakal mogulár na TO, pokiaľ dokončí všetky činnosti. Čakal celkovo 15 minút. Rozjazd mogulu a kontrola prvého dobrého kusu trvala 3 minúty.

Prestavba trvala celkovo 81 minút. Údaje prestavby sa nachádzajú v tabuľke nižšie. (Tab. 4) Celá tabuľka sa nachádza v prílohe PIV: Tretí záznam.

Tabuľka 4 Časová štúdia tretieho záznamu (vlastné spracovanie)

Číslo	AKTIVITY	Začiatok aktivity	Koniec aktivity	Čas aktivity (minúty)
1	Umývanie hlavy 3 (obidve strany)	00:00	00:18	00:18
2	Dovoz programovej a nalievacej dosky hlavy 1	00:18	00:23	00:05
3	Nasadenie programovej a nalievacej dosky na hlave 1	00:23	00:32	00:09
4	Vytiahnutie programovej a nalievacej dosky hlavy 2	00:32	00:39	00:07
5	Odvoz starých a dovoz nových programových a nalievacích dosiek hlavy 2	00:39	00:43	00:04
6	Nasadenie programovej a nalievacej dosky na hlave 2	00:43	00:52	00:09
7	Vytiahnutie programovej a nalievacej dosky hlavy 3	00:52	01:00	00:08
8	Odvoz starých a dovoz nových programových a nalievacích dosiek hlavy 3	01:00	01:04	00:04
9	Nasadenie programovej a nalievacej dosky na hlave 3	01:04	01:12	00:08
10	Odvoz starých programových a nalievacích dosiek hlavy 3	01:12	01:15	00:03
11	Výmena trúbek na hlave 2	01:15	01:18	00:03
TO/ Stohovač CELKOM				01:18
1	Umývanie hlavy 2 (obidve strany)	00:00	00:18	00:18
2	Výmena raznice	00:18	00:26	00:08
3	Kontrola magnetu	00:26	00:28	00:02
4	Zametanie podlahy	00:28	00:32	00:04
5	Vysávanie stohovača	00:32	00:53	00:21
6	Kontrola sita REIMELT	00:53	01:03	00:10

7	Čakanie	01:03	01:18	00:15
8	Spustenie mogulu a výroba prvého dobrého kusu	01:18	01:21	00:03
Mogulár CELKOM				01:06
1	Vysávanie destohovača	00:00	00:18	00:18
2	Dovoz stojanov k destohovaču	00:18	00:24	00:06
3	Čakanie	00:24	00:53	00:29
4	Kontrola sita REIMELT	00:53	01:03	00:10
5	Čakanie	01:03	01:18	00:15
Destohovač CELKOM				00:34
CELKOM				01:21

8.4 Konzultácie záznamov

Keďže na prestavbu neexistuje štandard, bolo potrebné záznamy konzultovať s operátormi, technológom a pracovníkom z oddelenia kvality aby sa zistilo, či operátori vykonávajú všetky činnosti správne. Zistilo sa, že operátori vykonávajú činnosti správne, avšak postup týchto činností nebol jednotný. Každá osádka má svoj zaužívaný postup. Žiadna činnosť okrem umývania hláv a výmeny dosiek nemá fixnú postupnosť. Dosky na hlavách sa môžu meniť až po umytí hláv. Keby sa dosky vymenili najprv, následne by sa opäť znečistili pri umytí hlavy.

Rozdelenie činností pri prestavbe je taktiež rozdielne pri rôznych osádkach. Operátori sú rôzne využití, čím sa znižuje efektivita využitia času prestavby. TO je zaneprázdnený celý čas prestavby, zatiaľ čo operátor zodpovedný za destohovač sa z veľkej časti na prestavbe nepodieľa. Pre zlepšenie prestavby bude potrebné vytvoriť jednotný harmonogram, ktorým sa budú riadiť všetky osádky.

Taktiež prebehla konzultácia o možnosti zlepšenia prístupu k skrutkám pri výmene dosiek na hlavách. Žiadne zlepšenie bez zásadného zásahu do stroja sa však nenašlo.

8.5 Spaghetti diagram

Autor po analýze všetkých záznam zvolil metódu Spaghetti diagramu pre zobrazenie najčastejších pohybov operátorov počas prestavby. Diagram prvého záznamu je v prílohe PV: Spaghetti diagram prvého záznamu. Diagram druhého záznamu je v prílohe PVI: Spaghetti diagram druhého záznamu. Diagram tretieho záznamu je v prílohe PVII:

Spaghetti diagram tretieho záznamu. Operátor vozíkov, ktorý je zároveň TO je zobrazený modrou farbou, mogulár je zobrazený žltou farbou a ďalší operátor vozíkov je zobrazený fialovou farbou.

Najčastejším pohybom pre TO je chôdza k úložnému miestu programových a nalievacích dosiek s vozíkmi. Ďalším pohybom ktorý TO vykonáva je vyliezanie na mogul po schodíkoch kvôli umývaniu hláv a montáži alebo demontáži nalievacích dosiek. K jeho pohybom taktiež patrí chôdza k situ REIMELT na vykonanie jeho kontroly.

Mogulár sa počas prestavby pohybuje hlavne okolo nalievacích hláv mogulu, ktoré umýva. Po umytí hláv sa presunie k pudrovacej stanici, kde vymení raznicu a skontroluje magnet na cudzie predemty. Ďalšími pohybmi pre mogulára je chôdza k situ REIMELT na vykonanie jeho kontroly a chôdza k stohovaču a okolo stohovača pri vysávaní.

Operátor vozíkov sa počas prestavby pohybuje okolo destohovača a stohovača, ktoré vysáva. K jeho pohybom patrí taktiež chôdza od destohovača k stohovaču a chôdza k situ REIMELT kvôli jeho kontrole.

Spaghetti diagram pomohol pri práci k vizualizácii pohybov pracovníkov počas prestavby. Na základe diagramu sa môžeme zamerať na pohyby, ktoré sú zbytočné, a je potrebné ich odstrániť. Najväčší potenciál v zlepšení vidí autor pri TO, ktoré chôdza s vozíkmi pre programové a nalievacie dosky je veľmi častá, a zaberá značnú časť prestavby.

9 APLIKÁCIA METÓDY SMED

Táto kapitola sa venuje aplikácii metódy SMED po analýze dát v minulej kapitole. Na začiatku kapitoly je priblížený postup jednotlivých krokov metódy SMED, po ktorých nasleduje návrh zlepšenia autora, ktorý obsahuje návrh jednotlivých dĺžok činností prestavby, ako aj vyhotovený nový harmonogram prestavby spolu v vizualizáciou nového harmonogramu.

9.1 Rozdelenie interných a externých činností

Prvý krok SMED analýzy bolo rozdelenie aktivít na interné činnosti, ktoré sa môžu vykonávať za chodu stroja a externé aktivity, ktoré sa môžu vykonávať iba keď je stroj vypnutý. V aktuálnom stave sa všetky aktivity vykonávajú interne, čo vedie k zvýšenej dĺžke prestavby.

9.2 Presun interných činností na externé

Aktuálne interné aktivity, ktoré autor navrhuje zmeniť na externé je manipulácia s vozíkmi a zametanie podlahy. Vozíky s programovými a nalievacími doskami by si TO mohol pripraviť pred začatím prestavby. Tieto predpripravené vozíky by boli pristavené pri mogule. Na vozíky je pri mogule dostatočný priestor s označením 5S, nemali by pri výrobe zavádzať. Vymenené dosky by TO išiel odložiť po ukončení prestavby počas rozjazdu linky. Zametanie podlahy taktiež považuje autor za aktivitu, ktorá môže byť vykonávaná externe po skončení prestavby a rozjazde linky. Púder na zemi neovplyvňuje výrobu a nespôsobuje ani riziko ohrozenia kvality výrobku.

9.3 Odstránenie plytvania

Manipulácia s vozíkmi

Presunom manipulácie s vozíkmi z interných do externých aktivít by sa zamedzilo zbytočnému pohybu a záťaže TO. Odstránením tohto zbytočného pohybu by taktiež skrátilo dĺžku prestavby.

Kontrola sita REIMELT

Autor navrhuje presunúť činnosť kontroly sita REIMELT na pracovníkov údržby. Sito sa kontroluje raz denne bez ohľadu na to, či sa v ten deň prestavba koná. Sito navyše nemá

dopad na prestavbu a kontroluje sa iba jeho bezchybnosť. To znamená, že kontrola sita by nemala spadať pod prestavbu ale pod preventívnu údržbu. Pracovník údržby by počas prestavby mohol sito skontrolovať, čím by uvoľnil operátorov k vykonávaniu ostatných činností prestavby.

Vybité pomôcky

Pri prestavbe môže nastať situácia, že nebude nabitý aku skrutkovač potrebný pre výmenu nalievacej dosky alebo fotoaparát potrebný pre vyhotovovanie fotiek pri kontrole magnetu. a sita REIMELT. Tomuto sa môže predísť vyhotovením One Point Lesson (OPL) s inštrukciami k nabitíu pomôcok po ich použití.

9.4 Návrh dĺžky činností prestavby

Autor navrhuje stanoviť špecifické dĺžky jednotlivých aktivít počas prestavby. Pre vyhotovenie návrhu použil autor priemerné dĺžky aktivít namerané vo vyhotovených záznamoch medzi rôznymi osádkami. Navrhované dĺžky aktivít by preto mali byť zvládnuteľné pre všetkých operátorov. Pri rozjazde linky navrhuje autor predĺžený čas, aby sa mohli prvé vyrobené kusy dôkladne skontrolovať. Zamedzilo by to prípadným nekvalitám výrobku, ktoré by pri rýchlom rozjazde linky nemuseli byť objavené.

Tabuľka 5 Návrh dĺžky aktivít prestavby (vlastné spracovanie)

Aktivity	Záznam 1 (min)	Záznam 2 (min)	Záznam 3 (min)	Priemerná dĺžka (min)	Navrhovaná dĺžka (min)
Umývanie hlavy 2	20	18	18	18.67	20
Umývanie hlavy 3	22	23	18	21.00	20
Nasadenie dosiek na hlavu 1	9	8	9	8.67	10
Výmena dosiek na hlave 2	14	12	16	14.00	15
Výmena dosiek na hlave 3	13	13	16	14.00	15
Výmena trubiek na hlave 2	4	3	3	3.33	4
Výmena raznice	7	8	8	7.67	8
Kontrola magnetu	2	2	2	2.00	2
Vysávanie stohovača	22	19	21	20.67	20
Vysávanie destohovača	18	20	18	18.67	20
Dovoz stojanov k destohovaču	7	6	6	6.33	6
Spustenie	3	2	3	2.67	5
Manipulácia s vozíkmi	12	15	16	14.33	externe
Zametanie podlahy	6	5	4	5.00	externe

Kontrola sita REIMELT	12	9	10	10.33	10 (údržba)
-----------------------	----	---	----	-------	-------------

9.5 Vyhotovenie nového harmonogramu

Na prestavbu nie je vytvorený harmonogram činností, ktorý by operátori dodržiavali. Každá osádka vykonáva prestavbu inak, preto je potrebné vytvoriť jednotný harmonogram so štandardizovanými časmi jednotlivých aktivít, podľa ktorého sa budú riadiť všetky osádky.

Najlepším spôsobom zníženia plytvania by v tomto prípade bola reorganizácia aktivít počas prestavby. Snaha je o rozdelenie aktivít rovnomerne pre všetkých operátorov, aby sa zamedzilo čakaniu alebo nedostatočnému využitiu niektorého z operátorov.

Navrhnutý harmonogram pracuje už s variantnou, že manipuláciu vozíkov a zametanie podlahy by prebiehali ako externé činnosti a sito REIMELT by kontroloval pracovník údržby. Časy jednotlivých aktivít sa riadia autorovým návrhom. Dĺžka jednotlivých aktivít a celkovej dĺžky prestavby podľa harmonogramu bola konzultovaná s vedúcim výroby.

Tabuľka 6 Návrh nového harmonogramu (vlastné spracovanie)

min	AKTIVITY	TO	AKTIVITY	Mogulár	AKTIVITY	Vozík
00:00	Umývanie hlavy 2		Umývanie hlavy 2		Vysávanie destohovača	
00:01						
00:02						
00:03						
00:04						
00:05						
00:06						
00:07						
00:08						
00:09						
00:10	Nasadenie dosiek na hlavu 1		Umývanie hlavy 3			
00:11						
00:12						
00:13						
00:14						
00:15						
00:16						
00:17						
00:18						
00:19						

00:20						
00:21	Výmena dosiek na hlave 2			Vysávanie stohovača		
00:22						
00:23						
00:24						
00:25						
00:26						
00:27						
00:28						
00:29						
00:30						
00:31						
00:32						
00:33						
00:34						
00:35					Výmena raznice	
00:36	Výmena dosiek na hlave 3			Dovoz stojanov k destohovaču		
00:37						
00:38						
00:39					Kontrola magnetu	
00:40						
00:41						
00:42					Výmena trubiek na hlave 2	
00:43						
00:44						
00:45						
00:46						
00:47						
00:48						
00:49						
00:50						
00:51			Rozjazd linky			
00:52						
00:53						
00:54						
00:55						

TO by začal prestavbu umývaním hlavy 2 spoločne s mogulárom. Čas umytia hlavy by bol 10 minút. Umývanie hlavy 2 by prebehlo ako prvé aj napriek tomu že TO môže nasadiť dosky na hlavu 1. Je to z dôvodu, že nasadenie dosiek na hlavu 1 by mu trvalo 10 minút, zatiaľ čo mogulár by mal hlavu 2 umytú za 20 minút. TO by musel 10 minút čakať, aby

mohol pokračovať s výmenou dosiek na hlave 2. Následne by sa TO presunul k nasadzovaniu dosiek na hlavu 1. Vozíky s pripravenými doskami by už mal pristavené pri mogule. Nasadzovanie by mu trvalo 10 minút. Po nasadení dosiek na hlavu 1 by začal vymieňať dosky na umytej hlave 2. Výmena by trvala 15 minút. Na záver by vymenil dosky na hlave 3.

Mogulár by začal s umývaním hlavy 2 spoločne s TO. Po umytí hlavy 2 by sa presunul na hlavu 3, ktorú by umyl za 20 minút, zatiaľ čo TO nasadí dosky na hlavu 1 a vymení dosky na hlave 2. Následne by vymenil trubky na hlave 2 za 4 minúty. Výmena formy by prebehla za 8 minút a kontrola magnetu za 2 minúty. Keďže má mogulár oproti TO miernu časovú rezervu, mohol by pozametať podlahu, v prípade že by mu niektoré aktivity trvali dlhšie, by podlahu pozametal po ukončení prestavby.

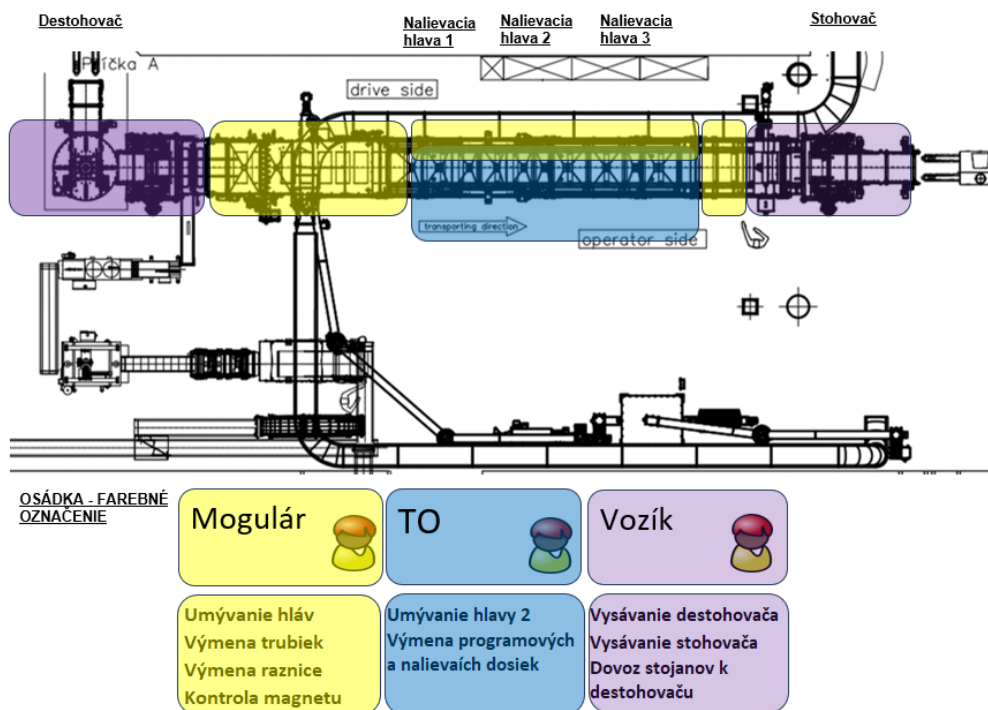
Operátor vozíka by začal vysávaním destohovača za 20 minút. Následne by sa presunul k stohovaču, ktorý by taktiež povysával za 20 minút. Na záver by dovezol stojany k destohovaču za 6 minút.

Dĺžka prestavby by sa po zavedení týchto zmien znížila z 80 minút na 55 minút, čo by predstavovalo časovú úsporu o 31,25%. Operátori linky budú musieť byť preškolení na tento nový harmonogram, aby došlo k jeho efektívnemu zavedeniu.

Navrhnutý harmonogram by mohol poslúžiť pri štandardizácii prestavby na mogule. Harmonogram by tvoril základ, na ktorom by bolo možné ďalej budovať operačný štandard. Tento operačný štandard, však už nie je súčasťou tejto práce. Vytvorenie operačného štandardu všetkých prestavieb na mogule vidí autor ako vhodné zameranie spoločnosti v budúcnosti.

9.5.1 Vizualizácia harmonogramu

Pre ľahšie zaškoloňovanie operátorov autor vyhotovil vizuálne prevedenie rozdelenia aktivít medzi operátormi. Vizualizácia navrhnutého rozdelenia aktivít harmonogramu je zobrazené na obrázku nižšie. (Obr. 8) Oblasť pracoviska, v ktorých vykonávajú svoje činnosti jednotliví operátori sú farebne označené, spolu so zoznamom jednotlivých činností. Mogulár je zobrazený žltou farbou, mogulár modrou farbou a druhý operátor vozíkov je zobrazený fialovou farbou. Táto vizualizácia nového harmonogramu by mala visieť na linke, kde by bola prístupná operátorom na preštudovanie.



Obrázok 8 Vizualizácia navrhnutého harmonogramu (vlastné spracovanie podľa interných materiálov spoločnosti)

10 ZHODNOTENIE PRÍNOSOV APLIKÁCIE METÓDY SMED

10.1 Zhodnotenie časovej úspory

V roku 2023 došlo na mogule k 82 prestavbám typu C/E. Po zavedení navrhovaných zlepšení by sa čas prestavby znížil z 80 minút na 55 minút, čo by predstavovalo zníženie o 25 min. Percentuálne zníženie by predstavovalo 31,25%. Po dosadení novej navrhovanej dĺžky prestavby vieme vypočítať ročnú úsporu času.

*Ročná úspora času=ročný počet prestavieb*úspora času jednej prestavby*

$$\text{Ročná úspora času}=82*25=2050 \text{ minút}=34,17 \text{ hodín}$$

Vyhotovený časový harmonogram by poslužil ako odrazový bod pre vytvorenie štandardu prestavby. Stanovené časy tohto harmonogramu by navyše mohli byť využité pri všetkých ostatných prestavbách na mogule. Typy prestavieb sa od seba zásadne neodlišujú. Rozdiely v prestavbách sú v počte hláv, ktoré sa musia umývať a programovacími a nalievacími doskami, ktoré sa musia vymieňať. Vyhotovený harmonogram by preto mohol do budúcnosti poslužiť k zníženiu dĺžky všetkých prestavieb na mogule a taktiež k následnému vyhotoveniu štandardov.

Autor vyhotovil tabuľku pre odhad očakávanej úspory jednotlivých typov prestavieb zavedením navrhnutých zlepšení. Odhady úspor sú konzervatívne, s nižšími úsporami pri kratších prestavbách kde sa umýva menší počet hláv a vymieňa menej nalievacích a programových dosiek. Autor stanovil očakávanú úsporu pri prestavbách pod 50 minút na 10 minút. Pri stredne dlhých prestavbách od 50 do 70 minút autor očakáva úsporu 15 minút. Časová úspora pri prestavbách od 70 do 100 minút bola stanovená na 20 minút.

Tabuľka 7 Očakávaná úspora prestavieb (vlastné spracovanie)

Dĺžka prestavby (min)	Očakávaná úspora (min)
35-50	10
50-70	15
70-100	20

Autor následne pomocou týchto stanovených úspor vypočítal odhad ročných časových úspor na prestavbách na mogule. Pri prestavbe typu C/E bola použitá úspora 25 minút, ktorá bola stanovená použitím predošle navrhovaných zlepšení. Časová úspora pri zvyšných typoch prestavieb bola určená podľa tabuľky vyššie. (Tab. 7) Celková ročná

úspora na prestavbách mogulu by bola 6370 minút, čo predstavuje 26,32%. Tento výsledok poukazuje na veľký potenciál zlepšenia prestavby procesu. Pri pokračovaní analýzy prestavby, optimalizácii a nasledovnej štandardizácii je možnosť skrátenia prestavieb na mogule určite ešte vyššia.

Tabuľka 8 Časová úspora prestavieb mogulu za rok (vlastné spracovanie)

Typ prestavby	Počet prestavieb za rok 2023	Podiel na celkových prestavbách	Priemerná dĺžka prestavby (min)	Celková dĺžka prestavieb za rok 2023 (min)	Odhad úspory (min)	Odhad úspory za rok (min)
A/A	5	1.38%	45.84	229.22	10	50
A/B	1	0.28%	35.00	35.00	10	10
A/C	5	1.38%	63.27	316.33	15	75
A/D	7	1.93%	51.55	360.84	15	105
A/E	5	1.38%	70.40	352.00	15	75
A, D/S	10	2.76%	57.28	572.83	15	150
C/A	3	0.83%	63.14	189.41	15	45
C/C	58	16.02%	53.73	3116.42	15	870
C/D	28	7.73%	64.41	1803.57	15	420
C/E	82	22.65%	80.21	6577.22	25	2050
C/S	1	0.28%	75.00	75.00	20	20
D/A	5	1.38%	48.17	240.83	10	50
D/C	48	13.26%	55.30	2654.25	15	720
D/D	27	7.46%	44.41	1199.14	10	270
D/E	6	1.66%	73.27	439.64	20	120
E/A	6	1.66%	83.41	500.48	20	120
E/C	32	8.84%	96.05	3073.67	20	640
E/D	18	4.97%	83.34	1500.17	20	360
E/S	6	1.66%	43.19	259.16	10	60
S/A, D	4	1.10%	68.54	274.15	15	60
S/B, C	5	1.38%	86.77	433.86	20	100
Celkom	362			24203.20		6370

10.2 Finančné zhodnotenie

Náklady na autora pri vyhotovení tejto práce sa pohybujú okolo 25 000 Kč. Z dôvodu ochrany dát spoločnosti je tento údaj iba orientačný. Údaje, ktoré by umožnili vyčíslit' návratnosť tejto investície sú taktiež utajené.

Linka je v súčasnosti kapacitne vyťažená a prechádza do režimu nepretržitej výroby z dôvodu nárastu dopytu po výrobkoch. Zníženie dĺžky prestavby by prinieslo zvýšenú

produkcii a výrobní kapacitu linky. Kvůli ochraně dat společnosti je navýšení produkce vyjádřené v procentách. Navýšení produkce po zavedení zlepšení by představovalo 7%.

$$\text{navýšení produkce (\%)} = \left(\frac{\text{produkcia po zavedení harmonogramu}}{\text{produkcia před zavedením harmonogramu}} * 100 \right) - 100$$

$$\text{navýšení produkce} = 7\%$$

11 ZHRNUTIE PRAKTICKEJ ČASTI

Praktická časť práce začala krátkym predstavením spoločnosti v ktorej autor prácu spracoval. Po opise spoločnosti nasledovala krátka história výrobného závodu a portfólio vyrábaných produktov. V ďalšej kapitole bolo predstavené vybrané výrobné zariadenie a bližšie popísané jeho jednotlivé komponenty spolu s layoutom pracoviska. Po opise zariadenia nasleduje analýza súčasného stavu prestavieb na zariadení. V tejto kapitole bol priblížený proces výberu prestavby, na ktorú sa autor zameril. Po výbere prestavby nasleduje opis osádky operátorov pri prestavbe a spôsob zberu dát pre analýzu. V nasledujúcej kapitole sú analyzované nazbierané dáta pomocou časových štúdií vyhotovených z videozáznamov a Spaghetti diagramu. Po analýze dát nasleduje aplikácia metódy SMED a návrhy zlepšení. V závere praktickej časti je zhodnotenie prínosov metódy SMED ako aj finančné zhodnotenie navrhnutých zlepšení a nákladov.

ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo analyzovať súčasný stav prestavby výrobného zariadenia vo vybranej spoločnosti a následné navrhnutie zlepšenia pomocou aplikácie metódy SMED. Bakalárska práca bola rozdelená na teoretickú a praktickú časť.

Teoretická časť bola spracovaná pomocou literárnej rešerše z oblasti priemyselného inžinierstva, plytvania a štíhlej výroby. V prvej kapitole bolo predstavené priemyselné inžinierstvo spolu s jeho krátkou históriou a hlavnými predstaviteľmi. Druhá kapitola sa venovala konceptu štíhlej výroby so zameraním na plytvanie, kontinuálny produkčný tok, ťahový systém výroby, kaizen, štandardizáciu a vizualizáciu. V tretej kapitole boli popísané vybrané metódy priemyselného inžinierstva, pomocou ktorých bola vypracovaná praktická časť.

V úvode praktickej časti práce bola predstavená spoločnosť, v ktorej bola práca spracovaná, spolu s históriou navštíveného závodu a stručným opisom produktového portfólia závodu. Po úvode nasledovala kapitola zameraná na opis výrobného zariadenia, na ktorom sa vykonávali analyzované prestavby s bližším popisom jeho jednotlivých častí. Nasledovala analýza súčasného stavu prestavieb s popisom osádky podieľajúcej sa na prestavbe. Po analýze súčasného stavu nasledovala analýza získaných dát z videozáznamov, časových štúdií a Spaghetti diagramov. Nasledujúca kapitola obsahovala aplikáciu metódy SMED, postup krokov pri aplikácii metódy. V závere tejto kapitoly bol predstavený autorov návrh na zlepšenie procesu prestavby pomocou odstránenia plytvania a zavedenia nového harmonogramu. Praktická časť sa končila zhodnotením časovej úspory, spolu s finančným zhodnotením zavedenia návrhov na zlepšenie. Časové úspory dĺžky prestavby predstavovali 31,25% oproti pôvodnému času. Okrem úspory na tejto prestavbe prichádza v úvahu časová úspora na všetkých prestavbách vykonávaných na tomto výrobnom zariadení s pomocou využitia princípu nového harmonogramu, a následnej štandardizácie ostatných prestavieb. Navýšenie produkcie po zavedení zlepšení by predstavovalo 7%. Cieľ bakalárskej práce bol splnený.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

ALTMAN, Harry, 2017. Lean: this book includes Lean Six Sigma, Lean startup, Lean enterprise, Lean analytics, Agile project management, Kanban, Scrum. CreateSpace Independent Publishing Platform. ISBN 978-1978348684.

BADIRU, Adedeji Bodunde (ed.), 2014. Handbook of industrial and systems engineering. 2nd ed. Industrial innovation series. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1466515048.

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. ISBN 978-1539322948.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štíhlým řízením procesů. Žilina: Georg. ISBN 9788081540585.

CHROMJAKOVÁ, Felicita a RAJNOHA, Rastislav, 2011. Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra. Žilina: GEORG. ISBN 978-80-89401-26-0.

GREENE, Jack, 2013. Industrial engineering: theory, practice & application : business and production management, productivity and capacity. North Charleston: CreateSpace. ISBN 9781482301793.

HÄNGGI, Roman; FIMPEL, André a SIEGENTHALER, Roland, 2022. LEAN Production – Easy and Comprehensive. Heidelberg: Springer Vieweg Berlin. ISBN 978-3-662-64526-0.

HENRY, John R., 2013. Achieving Lean Changeover: Putting SMED to Work. Productivity Press. ISBN 9781466501744.

HERR, Karsten, 2014. Quick Changeover Concepts Applied: Dramatically Reduce Set-Up Time and Increase Production Flexibility with SMED. Productivity Press. ISBN 9781466596313.

JUROVÁ, Marie, 2016. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Expert. Praha: Grada Publishing. ISBN 9788024757179.

LIKER, Jeffrey K. a CONVIS, Gary L., 2012. The Toyota way to lean leadership: achieving and sustaining excellence through leadership development. New York: McGraw-Hill. ISBN 9780071780780.

MCCARTHY, Robert, 2020. Lean Methodology: A Guide to Lean Six Sigma, Agile Project Management, Scrum and Kanban for Beginners. Primasta. ISBN 978-1952559044.

ONDRA, Pavel, 2017. SMED (3): Single-Minute Exchange of Die. Online. In: Průmyslové Inženýrství. Olomouc – Holic, 6. září 2017. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/2017/09/06/smed-3-single-minute-exchange-of-die/>. [cit. 2024-05-15].

ORTIZ, Chris A., 2016. The Quick Changeover Playbook A Step-by-Step Guideline for the Lean Practitioner. Productivity Press. ISBN 9781498741644.

SHINGŌ, Shigeo, 1985. A revolution in manufacturing: the SMED system. Portland, Oregon: Productivity Press. ISBN 0915299038.

SHTUB, Avraham a COHEN, Yuval, 2015. Introduction to Industrial Engineering. 2nd edition. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1498706018.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

JIT	just-in-time
min	minúta
OPL	One Point Lesson
SMED	Single-Minute Exchange of Die
TO	Technický operátor

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 Layout pracoviska	32
Obrázok 2 Destohovač	33
Obrázok 3 Pudrovacia stanica.....	34
Obrázok 4 Nalievacia hlava	35
Obrázok 5 Nalievacia doska	35
Obrázok 6 Stohovač.....	36
Obrázok 7 Sito Reimelt.....	37
Obrázok 8 Vizualizácia navrhnutého harmonogramu	54

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 Prestavby na mobule za rok 2023	38
Tabuľka 2 Časová štúdia prvého záznamu	42
Tabuľka 3 Časová štúdia druhého záznamu	44
Tabuľka 4 Časová štúdia tretieho záznamu	46
Tabuľka 5 Návrh dĺžky aktivít prestavby	50
Tabuľka 6 Návrh nového harmonogramu.....	51
Tabuľka 7 Očakávaná úspora prestavieb	55
Tabuľka 8 Časová úspora prestavieb mogulu za rok.....	56

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha P I: Záznam prestavby – vzor

Príloha P II: Prvý záznam

Príloha P III: Druhý záznam

Príloha P IV: Tretí záznam

Príloha P V: Spaghetti diagram prvého záznamu

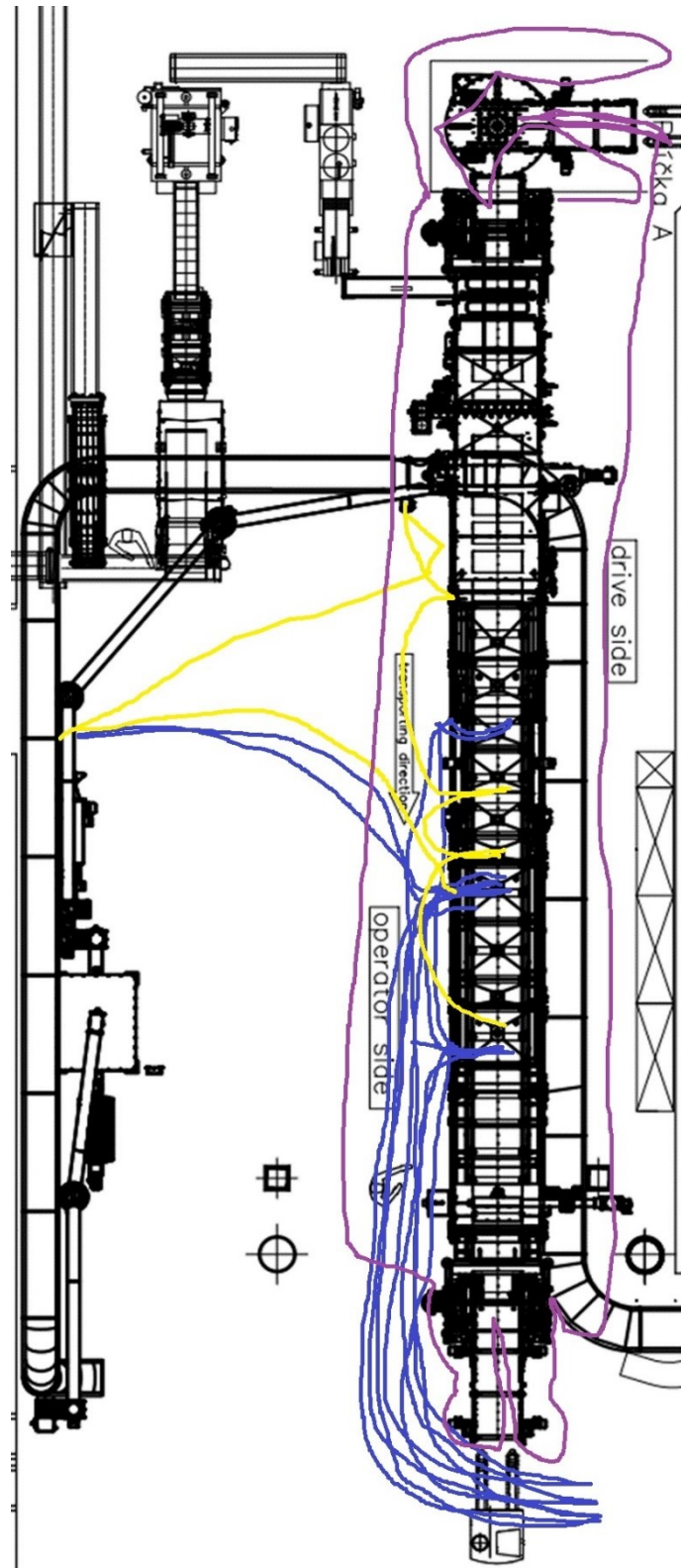
Príloha P VI: Spaghetti diagram druhého záznamu

Príloha P VII: Spaghetti diagram tretieho záznamu

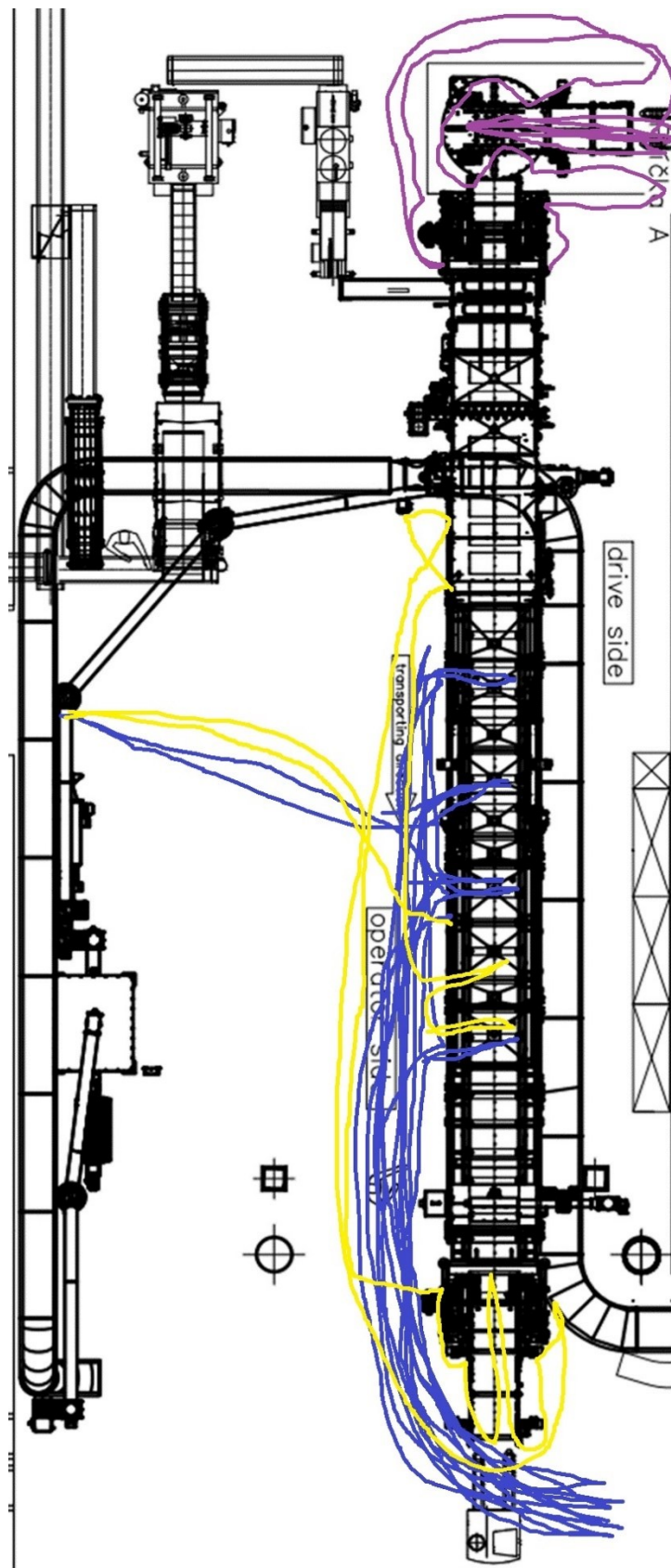
PRÍLOHA P I: ZÁZNAM PRESTAVBY - VZOR

CELKOM													Číslo												
													AKTIVITY												
													Začiatok aktivity												
													Koniec aktivity												
													Čas aktivity (minúty)												
													DIAGRAM ČASU JEDNOTLIVÝCH AKTIVÍT v minútach												
													12:00	12:05	12:10	12:15	12:20	12:25	12:30	12:35	12:40	12:45	12:50	12:55	13:00
													Doba v minútach												
													Mogulár	Počet ľudí											
													Vozík 1												
													Vozík 2												

PRÍLOHA P V: SPAGHETTI DIAGRAM PRVÉHO ZÁZNAMU



PRÍLOHA P VI: SPAGHETTI DIAGRAM DRUHÉHO ZÁZNAMU



PRÍLOHA P VII: SPAGHETTI DIAGRAM TRETIETIEHO ZÁZNAMU

