



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní



Optimalizace provozu UNT

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství

Autor práce: **David Ryvol**
Vedoucí práce: Ing. Miroslav Vavroušek



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David Ryvol**
Osobní číslo: **S12000371**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Optimalizace provozu UNT**
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod do problematiky zefektivňování procesů.
2. Popis a kritická analýza daného procesu (např. VSM, Spaghetti diagram, analýza prostojů,...), odkrytí rezerv.
3. Návrhy opatření na zlepšení stávajícího stavu.
4. Vyhodnocení návrhů, porovnání se současným stavem.
5. Závěr a zhodnocení práce.



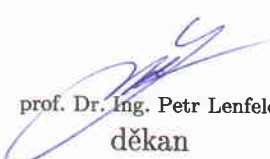
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **40-50 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

[1] **LIKER, J.** *Tak to dělá Toyota*. Praha: Management press, 2007.
ISBN 978-80-7261-173-7

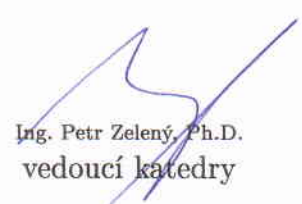
[2] **SIXTA, J. a V. MAČÁT.** *Logistika*. Brno: CP Books a.s., 2005.
ISBN 80-251-0573-3.

[3] *IPA slovník* [online slovník]. 2015. Dostupné z: www.ipaslovakia.sk.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Vavroušek**
Katedra výrobních systémů a automatizace
Konzultant bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. František Manlig**
Katedra výrobních systémů a automatizace
Datum zadání bakalářské práce: **15. listopadu 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. února 2017**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. listopadu 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

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

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Miroslavu Vavrouškovi za odborné vedení mé bakalářské práce, vstřícný přístup a věcné připomínky při konzultacích. Dále děkuji panu doc. Dr. Ing. Františku Manligovi za úvodní konzultace a cenné rady v počátcích tvorby práce.

Mé poděkování patří také členům týmu sestaveného pro realizaci metody SMED, za jejich nápady ke zlepšení a následnou pomoc při implementaci změn do výroby. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svému internímu konzultantovi Ing. Petru Vašíčkovi za vedení práce v rámci firmy Preciosa, a.s., pomoc při organizaci workshopů i řadu cenných postřehů a rad.

Abstrakt

Úkolem této práce je optimalizace zvolených procesů brusírny ve firmě PRECIOSA, a.s. Práce se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části je zpracována problematika zefektivňování výrobních procesů. Jsou zde uvedené přístupy a metody, které se v současnosti nejvíce používají v praxi. Praktická část se pak zabývá samotnou optimalizací a je koncipována podle metodiky DMAIC, jež je dále popsána. Postupně je zde rozpracována analýza současného stavu, sběr důležitých podkladů, měření a analýza potřebných dat, návrhy na zlepšení. Na konci je zvoleno nejvhodnější řešení a následně aplikováno ve výrobě.

Klíčová slova: optimalizace procesu, brusírna, štíhlá výroba, Six Sigma, DMAIC, SMED, plýtvání

Abstract

The goal of this thesis is to optimize chosen processes of a grinding plant for PRECIOSA, a.s. company. It consists of theoretical and practical parts. General issues of optimizing manufacturing processes are introduced in theoretical part. There are mentioned some of the mostly used approaches and methods in practice. Practical part is focused on optimization itself and is worked out according to the DMAIC method, which is described later. It begins with an analysis of the current state, continues with gathering and analyzing of important data and ends with implementing of the best suitable solution.

Keywords: process optimization, grinding plant, lean manufacturing, Six Sigma, DMAIC, SMED, wasting

Obsah

Seznam pojmů a zkratk.....	7
ÚVOD.....	8
1 Úvod do problematiky zefektivňování výrobních procesů.....	9
1.1 Six Sigma.....	11
1.2 Štíhlá výroba.....	13
1.3 Teorie úzkých míst.....	14
1.4 Průmysl 4.0.....	14
1.5 Metody a nástroje průmyslového inženýrství.....	15
1.5.1 Mapování hodnotového toku.....	16
1.5.2 Metoda 5S.....	17
1.5.3 Vizualní management.....	19
1.5.4 Metoda SMED.....	20
1.5.5 Totálně produktivní údržba.....	21
2 Optimalizace provozu brusírny.....	23
2.1 Představení společnosti PRECIOSA, a.s.....	23
2.2 Definovat.....	24
2.2.1 Identifikace procesu.....	25
2.2.2 Vymezit cíle.....	26
2.3 Měřit a analyzovat.....	27
2.3.1 Sběr dat.....	27
2.3.2 Zpracování naměřených dat.....	28
2.3.3 Určení hlavních příčin problémů.....	30
2.4 Zlepšit.....	30
2.4.1 Časové snímky výměny nástroje.....	30
2.4.2 Zpracování dat.....	33
2.4.3 Určení příležitostí ke zlepšení.....	35
2.4.4 Návrhy zlepšení.....	39
2.5 Řídit.....	41
2.5.1 Porovnání s původním stavem a vyčíslení úspor.....	41
2.5.2 Standardizace.....	43
3 Závěr.....	45
Seznam použitých zdrojů.....	46
Seznam příloh.....	47

Seznam pojmů a zkratk

Zkratka	Význam
SMED	systematické zkrácení přetypování zařízení
DMAIC	metodika řízení projektů v rámci Six Sigma
SIPOC	jednoduché grafické znázornění procesu a jeho součástí
VOC	hlas zákazníka, strategie vyhovět jeho požadavkům
VSM	mapování a analýza toku hodnot systémem
MSA	analýza systému měření, ověření jeho funkčnosti
TOC	řízení podniku zaměřující se na odstraňování úzkých míst
POKA-YOKE	systém k zamezení chyb ve výrobě
5S	metoda pro zavedení a udržení štíhlého pracoviště
JIT	řízení logistiky ke snížení dopravních nákladů a zkrácení dodacích časů
VA	činnosti přidávající hodnotu
OEE/CEZ	parametr vyjadřující míru využívání zařízení
TN	technologická návodka

ÚVOD

Vysoké požadavky zákazníků a neustálý konkurenční boj nutí firmy vymýšlet nové způsoby, jak mezi širokou konkurencí zaujmout co největší podíl na trhu. Cílem je co nejrychleji, nejlevněji a nej kvalitněji dodat produkt zákazníkovi. Je několik směrů, kterými se podniky mohou ubírat a většinou dochází ke skloubení všech najednou. Originálnost výrobku/služby a zacílení na zákazníka jsou možnosti, kterými se v této práci nebudu zabývat. Ceny výrobních strojů, surovin, lidské práce a energií jsou v podstatě stejné pro všechny a hledání nejlepších a nejlevnějších dodavatelů těchto zdrojů neskýtá příliš velký potenciál. Právě proto se velice žádaným artiklem stává zefektivňování firemních procesů, ke kterému se uchyluje stále více průmyslových podniků po celém světě.

Podniky jsou tvořeny procesy: logistickými, vývojářskými, výrobními, administrativními, atd. Všechny tyto procesy skrývají určitý potenciál ke zlepšení. Firmy mohou zlepšovat svou činnost hned z několika hledisek, jako například: ekonomika, kvalita, doba zpracování, ekologie. Důležité jsou také potřeby zákazníků, dodavatelů, zaměstnanců a firmy jako takové, přičemž tyto potřeby jsou často protichůdné. Výrobní systém by tedy měl zohledňovat všechny tyto náhledy na věc. Jde o velice náročnou a komplikovanou problematiku, kterou se zabývá obor průmyslového inženýrství.

Vysoké efektivitu procesů se dosahuje v systémech štíhlé výroby (Lean Manufacturing) – takové systémy jsou zbaveny veškerého plýtvání a jsou maximálně produktivní. Pružnost je další velmi důležitou vlastností výrobního systému. Umožňuje totiž rychle reagovat na změnu poptávky a tím vyhovět i těm nejnáročnějším zákazníkům.

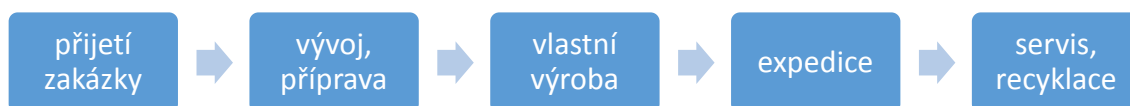
Cestou štíhlé výroby se ubírá i firma PRECIOSA, a.s., ve které byla tato bakalářská práce vypracována. Úkol práce byl zadán oddělením Průmyslového inženýrství, konkrétně se jedná o optimalizaci zvolených procesů brusírný šperkových kamenů. V první části dojde ke zpracování teoretického základu a obecného postupu při řešení podobných problémů. Další část bude zaměřena na konkrétní řešení zadání. Začne se zmapováním provozu a seznámením se s procesem výroby. Následovat bude sběr a analýza důležitých dat. Na základě toho se vypracují návrhy na zlepšení, které se pak předají ke schválení vedení firmy. Nakonec se odsouhlasené změny zavedou do výroby a standardizují.

1 Úvod do problematiky zefektivňování výrobních procesů

První část této práce se zabývá obecným úvodem do problematiky zefektivňování výrobních procesů. Jsou zde také uvedeny jednotlivé metody či přístupy, kterých se při optimalizaci procesů hojně využívá v praxi. Zefektivňování výrobních procesů spočívá v neustálém vyhledávání a následné eliminaci plýtvání v celém výrobním procesu firmy. Cílem jsou jakákoli opatření, která zajistí vyšší výkonnost systému: nižší zpracovatelské časy, nižší náklady, vyšší kvalitu, jednoduchost úkonů. Zefektivňování procesů se hojně zabývá průmyslové inženýrství. Neexistuje žádný obecně platný návod na zlepšování procesů, protože každá firma funguje jinak a vytváří si svůj originální přístup k řešení problémů. Lze však definovat tři základní přístupy ke zlepšování procesů, které by se měly v ideálním podniku prolínat [1]:

- **kontinuální zlepšování** – opírá se o zkušenosti a znalosti řadových pracovníků z výroby, probíhá lokálně a pomalu po malých krocích,
- **radikální zlepšování** – tzv. „aktivita shora“ vedoucích manažerů, rychlé a komplexní změny v procesu, breakthrough (průlomové) projekty,
- **evoluční změny** – implementace nových trendů průmyslu nebo nápadů z jiných firem do vlastního procesu, které se pak přizpůsobují konkrétním podmínkám.

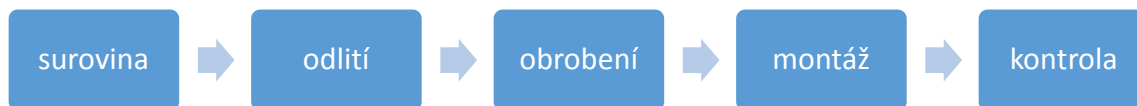
Výrobní systém lze definovat jako proces přeměny určitých „vstupů“ na požadované „výstupy“, který zahrnuje nejen výrobní prostředky, lidi a postupy, ale i materiálový a informační tok. Jeho funkcí je zajištění efektivního zpracování zakázky, od jejího přijetí až po prodej zákazníkovi. Jde v podstatě o veškerou činnost celého výrobního podniku, jako například v zjednodušeném schématu na obrázku 1.1.



Obr. 1.1 – Znázornění výrobního systému

Samotný výrobní proces, neboli vlastní výroba, je sled mnoha operací transformujících hmotný produkt dle přání zákazníka. Je zde největší koncentrace činností přidávajících hodnotu výrobku. Zároveň zde vzniká nejvíce pochybení, které slouží jako podněty pro

zákaznické reklamace. Právě proto jsou fáze tohoto procesu nejčastějším cílem optimalizace a snah ke zlepšení. Jak takový proces vypadá, si můžeme ukázat na příkladu výroby bloku automobilového motoru:



Obr. 1.2 – Znáznornění procesu vlastní výroby

Jako **plýtvání** se označuje vše, co nepřidává produktu hodnotu z pohledu zákazníka. Lze ho definovat jako ztráty v procesu výroby viděné očima kupujícího. K nalezení je ve všech firmách, napříč všemi procesy. Plýtváním se zvyšuje cena konečného výrobku/služby a vytváří se tak pomyslný cenový rozdíl, který odběratel není ochoten zaplatit.

Druhy plýtvání [2]

- **Nadvýroba** – výroba zboží aniž by si ho někdo objednal. Považována za nejzávažnější plýtvání ze všech, protože je příčinou většiny ostatních ztrát. Finanční ztráty v podobě vysokých stavů zaměstnanců, rozsáhlých skladů a dopravních nákladů.
- **Čekání** – pracovníci čekající na dokončení předchozí operace, na opravu zařízení, na přetypování stroje, na vyskladnění, na příkaz k zahájení výroby.
- **Zbytečná manipulace a transport** – dlouhé vzdálenosti mezi jednotlivými staništi, doprava mezi sklady.
- **Nadměrné zpracování/neefektivní práce** – nepotřebné zpracovatelské kroky, zdvojení operací (kontrol), nevhodná konstrukce a technologie, zbytečně vysoká kvalita.
- **Nadbytečné zásoby** – přebytek surovin, rozpracované výroby a hotových výrobků je zdrojem vysokých skladovacích nákladů, dlouhých dodacích lhůt a degradace materiálu. Může také zakrývat problémy, jako nevyvážená výroba, nevytíženost zařízení nebo výrobní vady.
- **Zbytečné pohyby** – hledání nářadí, natahování se pro nástroje a chůze po pracovišti, to vše jsou časové ztráty, které navíc způsobují přetěžování dělníků z hlediska ergonomie.

- **Vady/zmetky** – chyby ve výrobě, produkování vadných součástí a jejich následné opravy. Vedou ke zbytečné práci, manipulaci, dlouhým časům a spotřebě dalšího materiálu.
- **Nevyužitý potenciál a tvořivost zaměstnanců** – promarnění příležitostí, nápadů a dovedností personálu z důvodu neposkytnutí možnosti k vyjádření jejich názoru. Může vést k demotivaci personálu.

1.1 Six Sigma

Six sigma je jednou z mnoha strategií řízení podniku. Soustředí se na porozumění zákazníkům a neustálé zlepšování prostřednictvím odhalování a odstraňování chyb ve firemních procesech. Využívá k tomu metodiku DMAIC a nástroje statistické analýzy. Sigma je označení pro směrodatnou odchylku, což napovídá, že rozhodování je založeno na statistických údajích.

Počátky Six Sigma lze datovat do 90. let minulého století. Odborníci ve firmě Motorola (v čele s Billem Smithem) došli k závěru, že tehdejší zvyklosti hodnocení kvality již nejsou dostačující. Porovnávání počtu vad na tisíc příležitostí se jim nezdálo dosti vypovídající. Místo toho přišli s novou klasifikací – počet vad na milion příležitostí (dpm). Takto začali hodnotit nejen produkty, ale i všechny procesy ve firmě. To odstartovalo rozsáhlé změny ve společnosti a nastolilo tak novou firemní filozofii. Motorola následně zaznamenala obrovské finanční úspěchy. Six Sigma pak rozvinula společnost GE, která její implementací dokázala, že Six Sigma se dá s úspěchem uplatnit i v sektoru služeb [3].

<i>Sigma stupnice</i>		
<i>Sigma</i>	<i>Procent vad</i>	<i>Vad na milion příležitostí</i>
1	69%	691 462
2	31%	308 538
3	6,7%	66 807
4	0,62%	6 210
5	0,023%	233
6	0,00034%	3,4
7	0,0000019%	0,019

Obr. 1.3 – Sigma stupnice [3]

Význam názvu je 6σ neboli „šest směrodatných odchylek“. Jedno sigma je definováno jako 690 000 vad na milion příležitostí, což odpovídá efektivitě (kvalitě) 31 %. Šest sigma pak 3,4 dpm a efektivitě 99,9997 % - podrobněji v obrázku 1.3. Dosažení úrovně šest sigma je velice prestižní záležitostí a mohou se jí chlubit pouze špičkové podniky, hlavně v automobilovém průmyslu.

Velice důležitým nástrojem, který Six Sigma používá, je metodika **DMAIC**. Jedná se o ucelený přístup k řešení problému v podobě vypracování projektu. Projektem můžeme rozumět odstranění problému, aplikace nové technologie nebo optimalizace pracoviště. Cyklus po sobě jdoucích a předem definovaných postupů zajišťuje správné nastavení procesu a jeho neustálé zlepšování. DMAIC se skládá z pěti fází, každá je obsažena v názvu svým počátečním písmenem.

1. Define = definování projektu

Na začátku probíhá předběžný průzkum současného stavu (dodavatel, proces, zákazník), vytvoření týmu a určení cílů.

Používané nástroje: Project Charter, SIPOC diagram, Benchmarking, VOC

2. Measure = měření a sběr dat

Pak následuje určení měřených parametrů a způsobu měření i detailní zmapování současného stavu.

Používané nástroje: časové snímky operací, layouty, VSM, poznat „na vlastní kůži“

3. Analyse = analýza naměřených dat

Zde se validují měřicí metody a velikosti vzorku, identifikují se nejdůležitější příčiny problémů a příležitosti ke zlepšení, rozpoznává se plýtvání v procesu.

Používané nástroje: MSA, Paretova analýza, TOC, Ishikawa diagram, statistika

4. Improve = zlepšení/odstranění problémů

Pokračuje se tvorbou návrhů na eliminaci plýtvání, nápravných opatření k vyřešení problémů a výběrem nejvhodnější varianty a její implementace.

Používané nástroje: brainstorming, workshopy, POKA-YOKE, 5S, simulace

5. Control = kontrola/řízení

Projekt se zakončuje zhodnocením výsledků a naplnění cílů, zavedením systému pro řízení procesu, standardizací a zajištěním prostředí pro neustálé zlepšování.

Používané nástroje: technologické postupy, kontrolní plány, VM, kaizen

Na trhu se dají nalézt poradenské firmy¹, které poskytují školení z projektového řízení podle Six Sigma. Po úspěšném absolvování a vypracování projektu v rámci vlastní firmy je udělen certifikát, tzv. Belt (pás). Podle náročnosti se dělí na skupiny: od Green Belts pro řadové pracovníky, až po Master Black Belts a Champions pro vrcholové manažery.

1.2 Štíhlá výroba

Tento systém výroby (angl. Lean Manufacturing) se soustřeďuje na tok produktu firmou tak, aby se v procesu pouze přidávala hodnota. Vychází z výrobního systému TPS (Toyota Production System). Ten vznikl v japonské automobilce Toyota od konce 2. světové války a rozšířil se do celého světa. Základem bylo chození po provozu, pozorování a snaha o odhalení nedostatků, tak jak to dělal již Taiichi Ohno. Jeho prvky jsou použitelné nejen v automobilovém průmyslu, ale i ve všech výrobních či nevýrobních oblastech.

Štíhlá výroba zavádí dva další typy ztrát, které mohou vznikat výlučným soustředěním se na 8 typů ztrát (muda – viz strana 6) [4]:

- **muri** – nadměrné přetěžování, pokud jsou lidé nebo stroje nuceni pracovat více, než jim dovolují jejich přirozené možnosti, vznikají tak bezpečnostní problémy a nekvalita,
- **mura** – nevyrovnanost systému, kolísání v harmonogramu nutí společnosti přechovávat v zásobě výrobní prostředky pro případy zvýšené výroby, které jsou mimo špičku nevyužité.

Koncept je často pojímán jako firemní filosofie, tzv. štíhlý podnik. V rámci tohoto vnímání se principy štíhlé výroby aplikují na celou organizaci – administrativu, marketing, logistiku, konstrukci, vývoj, atd. Nutná je změna v myšlení a přístupu všech zaměstnanců, od dělníků až po manažery. Pro odstraňování ztrát využívá štíhlá výroba různých nástrojů, například systém tahu, kanban, 5S, kaizen, JIT.

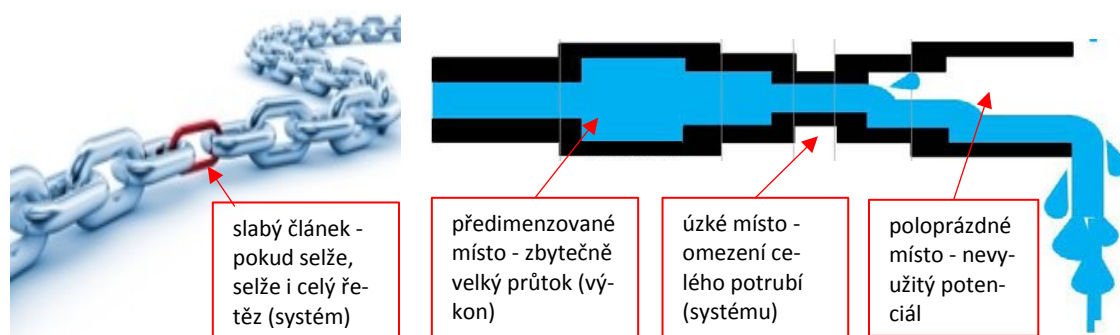
Jednou z nejnovějších metod řízení je **Lean Six Sigma**. Z názvu je patrné, že spojuje prvky štíhlé výroby a hnutí Six Sigma. Kloubí v sobě statistický přístup ke zvyšování kvality v rámci projektů Six Sigma s neustálým odstraňováním plýtvání podle teorie o

¹ SC & C, Česká společnost pro jakost a další

štíhlosti. Vznikl tak jeden z nejučinnějších souborů velice silných nástrojů na řízení podniku.

1.3 Teorie úzkých míst

Teorie úzkých míst (anglicky TOC) je další z filozofií řízení organizace. Jejím cílem je maximalizovat zisk. Spočívá v tom, že se zaměřuje na nejužší místa či omezení v materiálovém nebo informačním toku. Jejich odstraněním se zvyšuje celková efektivita systému, protože ten pak není zpomalován svým nejslabším článkem. Tuto myšlenku poprvé vyslovil E. M. Goldratt v roce 1984 ve své knize Cíl. Symbolicky se teorie zobrazuje jako nedokonalý řetěz nebo zúžené vodovodní potrubí.



Obr. 1.4 a 1.5 – Reprezentace úzkého místa [5] [6]

Stejně jako ostatní způsoby řízení, i teorii úzkých míst lze použít ve všech typech organizací a docílit tak dlouhodobých zisků. Velmi důležitý je proces neustálého zlepšování a docílení stavu bez úzkých míst. Postupuje se takto [7]:

1. identifikovat úzké místo procesu,
2. maximálně ho využít,
3. nastavit zbytek systému tak, aby bylo úzké místo maximálně využité,
4. odstranit omezení,
5. celý postup opakovat.

1.4 Průmysl 4.0

Koncepce pojetí počítači řízeného výrobního závodu a jeho celkové automatizace. Se současnou globalizací světa a urychleným rozvojem techniky přichází i digitalizace výroby. Termín byl poprvé použit v roce 2011 na veletrhu v Hannoveru v souvislosti s tzv.

čtvrtou průmyslovou revolucí. Hlavní myšlenkou je vznik „chytré továrny“, ve které budou vykonávat co nejvíce práce počítače a robotická zařízení s využitím datových sítí (internetu). Takováto továrna se vyznačuje vysokou pružností a adaptabilitou vůči měnícímu se trhu, zároveň ale i masovou produkcí a efektivním využíváním zdrojů. Už dnes začíná vývoj kyber-fyzikálních systémů schopných rozhodování a sebe-optimalizace. Mluví se také o internetu věcí či služeb a o řízení v reálném čase. Tento nový trend však přináší i hrozby v podobě kybernetického zločinu (hackerů) a potencionálního zvyšování nezaměstnanosti v oblasti dělnické třídy [8].

Kyber-fyzikální systémy jsou mechatronická zařízení schopná komunikace a propojení s internetem. Spojují v sobě moderní mechanické prvky, senzory, výkonnou výpočetní techniku a prvky umělé inteligence. Typickým příkladem jsou roboti, automatizované výrobní linky nebo autopilotní systémy.

Internetem věcí se označuje propojení fyzických objektů pomocí datové sítě. Internet věcí umožňuje řízení jakýchkoli elektronických zařízení a výměnu informací mezi nimi v reálném čase. Může sloužit jako úložiště dat a vědomostí.

1.5 Metody a nástroje průmyslového inženýrství

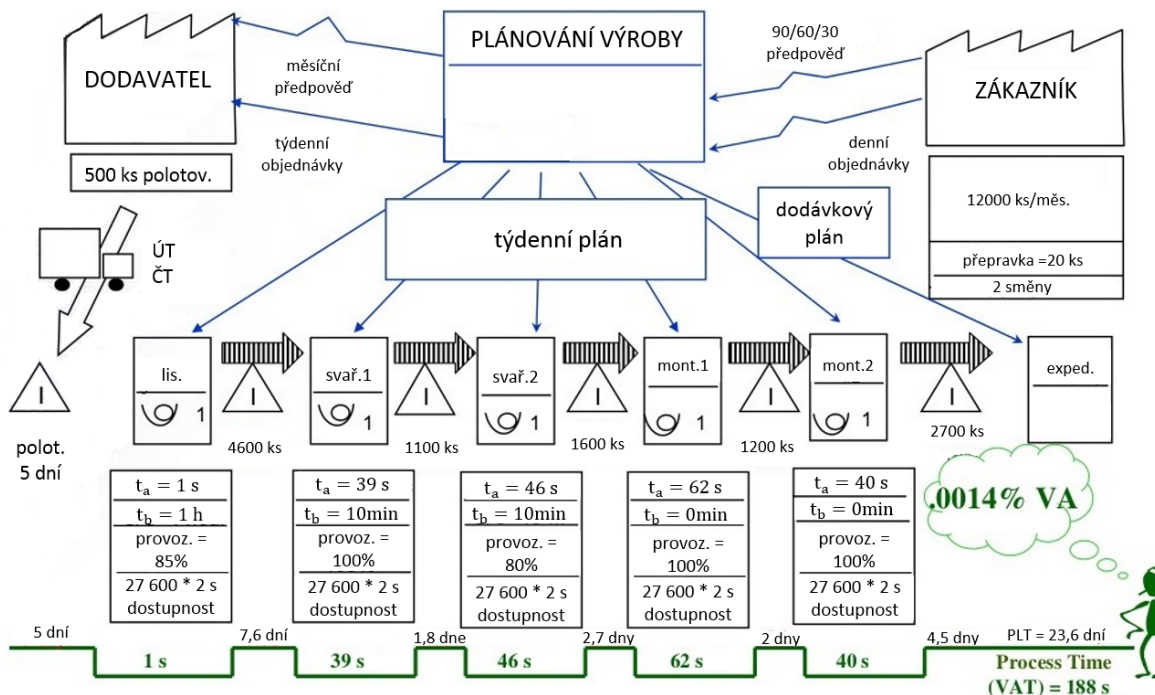
Průmyslové inženýrství (PI) kombinuje technické, ekonomické a manažerské obory. Snaží se navrhovat a řídit integrované systémy určené k produkci výrobků nebo služeb. Pakliže takový systém v podniku existuje, zaměřuje se PI na jeho neustálé zlepšování a racionalizování. Útvary průmyslového inženýrství ve firmách zajišťují to, aby se vyrábělo co nejlevněji, nejkvalitněji, nejrychleji a nejjednodušeji. Jinými slovy, průmysloví inženýři odstraňují z výrobních systémů veškeré druhy plýtvání.

Průmyslové inženýrství je jedním z nejnovějších inženýrských oborů, jehož počátky však lze nalézt už v období průmyslové revoluce. Rozvoj průmyslu (hlavně parní stroj) umožnil v té době zefektivnění lidské práce a velké rozšíření objemů výroby. Prvním průkopníkem byl Frederick Taylor a jeho vědecký přístup k výrobě. Zasadil se o snižování výrobních časů, zlepšování výrobních metod a standardizaci práce. Další důležitou osobností byl Henry Ford, jenž zavedl hromadnou výrobu a systém finančních motivací pro zaměstnance za účelem zvýšení produktivity. Na něj navázalo poválečné Japonsko v čele s Taiichi Ohnem v podobě zjednodušování a optimalizování výrobních systémů [9].

1.5.1 Mapování hodnotového toku

K popisu všech procesů, jimiž produkt v rámci podniku projde, se používá mapování hodnotového toku (Value Stream Mapping, VSM). Účelem je rozdělit materiálový a informační tok na činnosti, které přidávají nebo nepřidávají hodnotu. Výstupem bývá vizuální znázornění (mapa) cesty zakázky firmou, slouží k širšímu pohledu na výrobní systém a jeho pochopení. VSM se používá například při mapování současného stavu systému, návrhu nového systému nebo zaplánování nového výrobku do výroby.

Začíná se výběrem požadovaného výrobku. Následuje zakreslení jednotlivých operací v pořadí, jak jimi výrobek prochází. Poté se zjišťují informace jako výrobní a čekací časy, rozpracovanost, počty pracovníků, průběžná doba zpracování zakázky. To vše jak pro materiálový tok – výrobek, tak i pro informační tok – organizace práce.



Obr. 1.6 – Příklad VSM mapy [10]

Důležitým parametrem výstupu je časová osa a tzv. VA index – poměr času, kdy se přidává hodnota, ku času, kdy se hodnota nepřidává. Dalšími sledovanými parametry mohou být OEE/CEZ, finanční náklady nebo ураžené vzdálenosti.

1.5.2 Metoda 5S

Metoda 5S je soubor pěti kroků používaných k vytvoření štihlého pracoviště. Patří k nejdůležitějším prvkům při zavádění štihlé výroby a konceptu neustálého zlepšování. Výsledkem je přehledné, standardizované a vysoce produktivní pracoviště zbavené plýtvání. Cílem je také pozitivní přístup lidí a zlepšení bezpečnosti práce.

Metodika vznikla v Japonsku v rámci štihlé výroby. 5S označuje počáteční písmena názvů jednotlivých kroků v japonském jazyce [11].

1. Seiri = separovat/vytřídit

V první fázi se projde celé pracoviště a předměty (nástroje) se roztřídí do 3 skupin podle toho, jestli:

- jsou nutné ke každodenní činnosti – tyto se ponechají na pracovišti,
- používají se jednou za týden či několikrát za měsíc – přesunou se na jiné místo (sklad),
- nepoužívají se nebo jsou využity pouze několikrát za rok – buď se rovnou odstraní, nebo se označí červenými kartičkami a sleduje se jejich využívání.

5S KARTIČKA		
Označení střediska:		Číslo kartičky:
Jméno předmětu:		Datum označení:
Umístění předmětu:		Datum rozhodnutí:
Množství:		Zodpovědná osoba:
Datum použití	Účel použití	Kdo

Obr. 1.7 – Příklad červené kartičky

2. Seiton = systematizovat/uspořádat

Nyní je nutné nalézt správné místo pro umístění položek z kroku 1. Minimalizovat pohyby pracovníků, skladovací plochy a časovou náročnost operace vhodným uspořádáním nářadí. Viditelně označit všechny položky, doplnit o počty kusů. K tomu se využívá vizuálního a podlahového managementu.



Obr. 1.8 – Příklad vizuálního managementu nářadí [10]

3. Seiso = čistit

V tomto kroku se důkladně vyčistí pracoviště a určí se místa/předměty, které je nutné pravidelně kontrolovat. Stanovit co se musí čistit, jak často, kdo to bude vykonávat a k tomu potřebné pomůcky. Předejde se tak nekvalitní výrobě, poruchám na strojích i úrazům.

4. Seiketsu = standardizovat

Standardizací pracoviště se uvedou v platnost všechny změny z předchozích kroků. Vytvoří se dokumenty jako pracovní postup, layout, předpis úklidu, kontrolní karty.

5. Shitsuke = sebedisciplína/udržování

Cílem posledního kroku je dodržování stanovených pravidel a práce na dalším zlepšování. Vedoucí by měl pravidelně procházet pracoviště, kontrolovat pracovníky a spolu

s nimi přicházet s novými podněty ke zlepšení stávajícího stavu. Je důležité, aby zaměstnanci přijali změny za své a podíleli se na jejich tvorbě. Předejde se tak postupnému návratu k původnímu stavu.

1.5.3 Vizuální management

Dalším z kroků k vytvoření štíhlého pracoviště je zavedení vizuálního managementu (VM). Vizualizace pracoviště usnadňuje lidem práci, zvyšuje bezpečnost a zlepšuje produktivitu. Smyslem vizuálního managementu je zviditelnit plýtvání na pracovišti. To znamená, aby bylo na první pohled jasné, že práce neprobíhá standardně.

Při zavádění VM se používá hlavně nástěnek, pracovních návodků a vyznačování pozic jednotlivých předmětů. Nástěnky slouží k názorné prezentaci aktuálních výsledků nebo očekávaných cílů. Stále více se na pracovištích můžeme setkat s digitálními nástěnkami. Skrz ně se dá s operátory sdílet velké množství informací o výrobě, například stav dodávkových časů nebo zmetkovitost. V pracovních návodcích je jasné vidět, co se od pracovníků očekává. Obsahují fotodokumentaci prováděných činností a nestandardních situací. Vizualizace náradí urychluje a zjednodušuje práci tím, že určuje, který předmět má být kde umístěn. Pracovníci tak nemusí hledat v neuspořádaných šuplících a jsou upozorněni, když chybí některé nářadí. Při tvorbě podlahového managementu se na zem obkresluje půdorysy objektů. Tím dochází k racionalizaci pracovního prostoru a rozvržení layoutu pracoviště. Vyznačení manipulačních cest je velmi důležité pro logistiku.



Obr. 1.9 – Příklad vizuálního managementu z praxe [10]

1.5.4 Metoda SMED

SMED je metoda sloužící ke zkrácení přetypování výrobního zařízení. Někdy se také překládá jako zkrácení doby výměny nástroje na jednu minutu. Tato metoda pochází rovněž z Japonska, konkrétně od průmyslového inženýra Shigeo Shinga. Se svým týmem v Toyotě dokázal zkrátit čas potřebný k přestavbě zařízení na výrobu jiného produktu na několik minut.

Metody SMED se využívá u strojů, u kterých je nutná častá změna vyráběného sortimentu, nebo u kterých se rychle opotřebovává nástroj. Snižují se tím tedy jejich prostoje, čili čas kdy je stroj odstavený a nevyrábí. Čas přetypování je doba potřebná pro přestavbu stroje, od ukončení výroby posledního kusu původního výrobku do vyrobení a zkontrolování prvního dobrého kusu nového výrobku.



Obr. 1.10 – Postup při aplikaci metody SMED [12]

Při aplikaci této metody se postupuje takto [13]:

1. pozorování a důkladné seznámení se s průběhem přetypování,
2. analýza prováděných činností – rozdělit na interní (= musí se dělat až při zastaveném stroji) a externí (= lze provést ještě za chodu stroje) operace,
3. převést co nejvíce interních operací na externí,
4. zkrátit interní i externí operace,
5. standardizovat zrychlený proces a dále ho zlepšovat.

Zlepšení se dají zavést jak organizační (připravit nářadí předem, předeřít nástroj, více pracovníků atd.), tak i technická (konstrukční zásahy do stroje, univerzální nástroje, rychlospojky apod.). Hojně se využívá tzv. workshopů. Jedná se o jakousi moderovanou poradou, na níž se sejdou odborníci s pracovníky vykonávajícími výměnu. Program sestavuje „moderátor“ schůze tak, aby se zúčastnění dohodli na nejlepším možném postupu. Výhodou je více pohledů na věc a také to, že pracovníci přijmou výsledné řešení, protože se cítí součástí projektu.

1.5.5 Totálně produktivní údržba

Totálně produktivní údržba (Total Productive Maintenance, TPM) systematicky zvyšuje celkovou efektivitu výrobního zařízení. Zaměřuje se na udržování veškerého vybavení v co nejlepším stavu, čímž se předchází poruchám a prostojům. Cílem je využít dané zařízení či stroj na maximum.

Metoda využívá koeficient CEZ (celková efektivita zařízení, angl. OEE) k určení, jak efektivně je dané zařízení využíváno. Výpočet je následující [9]:

$$CEZ = D \cdot R \cdot Q [\%]$$

kde D je dostupnost, R je rychlost a Q je kvalita.

$$D = \frac{\text{disponibilní časový fond} - \text{seřizování} - \text{poruchy}}{\text{disponibilní časový fond}} \cdot 100$$

$$R = \frac{\text{teoretický čas taktu} \cdot \text{počet kusů}}{\text{čistý časový fond}} \cdot 100$$

$$Q = \frac{\text{počet kusů} - \text{počet vadných kusů}}{\text{počet kusů}} \cdot 100$$

Většina podniků vykazuje hodnoty CEZ kolem 60 %, špičky v oboru však po úspěšné implementaci TPM dosahují až 85 %.

Zlepšení se dosahuje pomocí několika základních pilířů. Program autonomní údržby se snaží převést co nejvíce činností údržby na operátory zařízení. Tyto činnosti musí být standardizované a snadno proveditelné, aby je mohli provádět i pracovníci nesespecializovaní na údržbu stroje. Jedná se například o čištění nebo mazání. Dalším programem je plánovaná údržba. Ta se zaměřuje na práci profesionálních údržbářů. Snaží se jejich postupy standardizovat, předem naplánovat a zredukovat aby se mohli soustředit pouze na

to důležité. Program tréninku personálu zajišťuje školení a vzdělávání zaměstnanců v oblasti údržby. Cílem je zachování i rozvíjení znalostí a dovedností pracovníků. Následuje program zvýšení CEZ. Zde se využívá ostatních metod průmyslového inženýrství (SMED, Poka-Yoke) k odstranění plýtvání při používání zařízení.

2 Optimalizace provozu brusírny

Praktická část je vypracována jako projekt podle metodiky DMAIC. Postupuje se zde tedy od počátečního mapování a definování cílů, přes sběr dat, jejich analýzu až po návrh zlepšení a jeho zavedení do provozu. Jedná se o firemní zadání, vypracování se uskutečnilo v jedné z brusíren společnosti PRECIOSA, a.s.

2.1 Představení společnosti PRECIOSA, a.s.

Skupina PRECIOSA má v České Republice dlouholetou tradici. Přesto, že toto jméno i menší továrny na výrobu skla existovaly v okolí Jablonce nad Nisou již dříve, za oficiální datum vzniku firmy se uvádí 10. duben 1948. Právě tehdy byl zřízen národní podnik Preciosa, do kterého bylo začleněno několik menších i větších podniků z jabloneckého regionu. Český bižuterní průmysl byl však po druhé světové válce a následné okupaci poměrně odsouván do pozadí na úkor těžkého a strojínského průmyslu. Firma tak byla odkázána na vlastní zdroje a schopnosti svých pracovníků při rozvoji technologií, což se po sametové revoluci ukázalo jako mimořádně cenná devíza. Preciosa se dále rozrůstala i do dalších měst České republiky (Liberec, Turnov, Kamenický Šenov, Brodek u Konice). Postupně se z ní stal celosvětový lídr v oblasti zpracování bižuterního skla, skleněných lustrů či textilních aplikací šperkových kamenů. Dnes má zahraniční zastoupení po celém světě, například v Číně, Rusku, Spojených arabských emirátech nebo USA. Preciosa spolupracuje s předními značkami z různých odvětví průmyslu, níže jsou uvedeny příklady nejvýznamnějších partnerů.



Obr. 2.1 – Loga partnerů firmy

Člen skupiny, firma PRECIOSA, a.s., se zabývá především strojním broušením skla. Dodává módní křišťálové komponenty do bižuterního i textilního průmyslu. Jejimi nejprodávanějšími výrobky jsou křišťálové šatony, šatonové růže a skleněné perle. V posledních letech se firma zabývá také broušením šperkových kamenů z kubické zirkonie a jiných syntetických i přírodních materiálů.



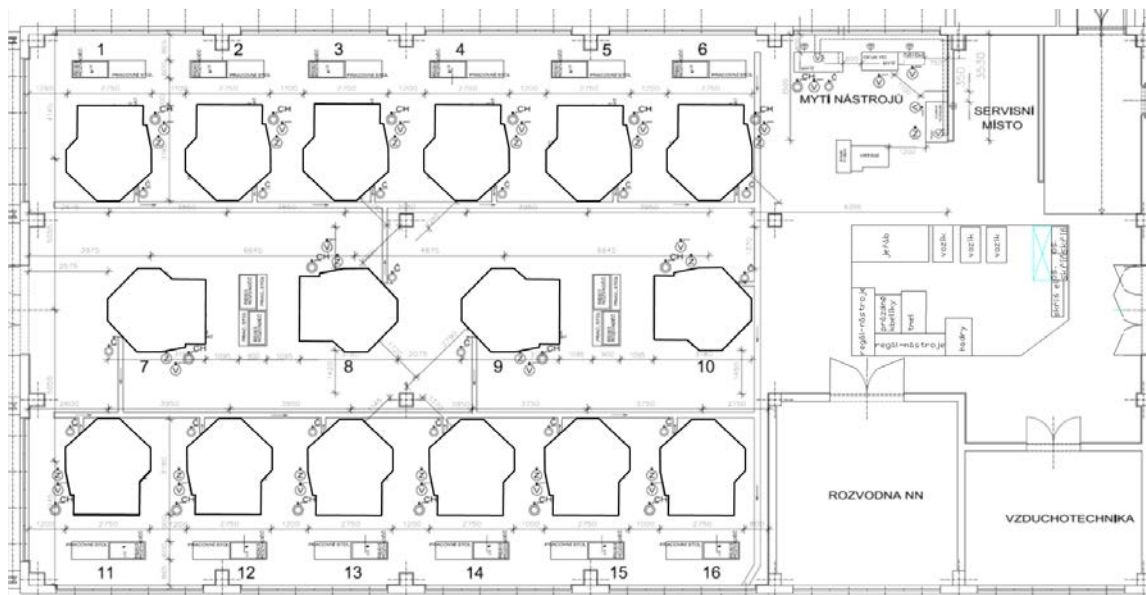
Obr. 2.2 – Ředitelství Preciosa, a.s. v Jablonci nad Nisou

2.2 Definovat

V úvodní fázi je nutné identifikovat proces, vymezit cíle projektu spolu s jeho rozsahem a určit si prvotní plán postupu práce. Zadáním práce je optimalizace provozu, což je velice obecné téma. Optimalizace se většinou provádí zaměřením na určité výrobní aspekty, například zvýšení kvality finálních produktů, zrychlení dodávkových plánů, snížení nákladů nebo prostojů a podobně. Zlepšení všech těchto parametrů by přesahovalo rámec bakalářské práce. V průběhu vypracování této práce tedy dojde k výběru a zlepšení jednoho z nich.

2.2.1 Identifikace procesu

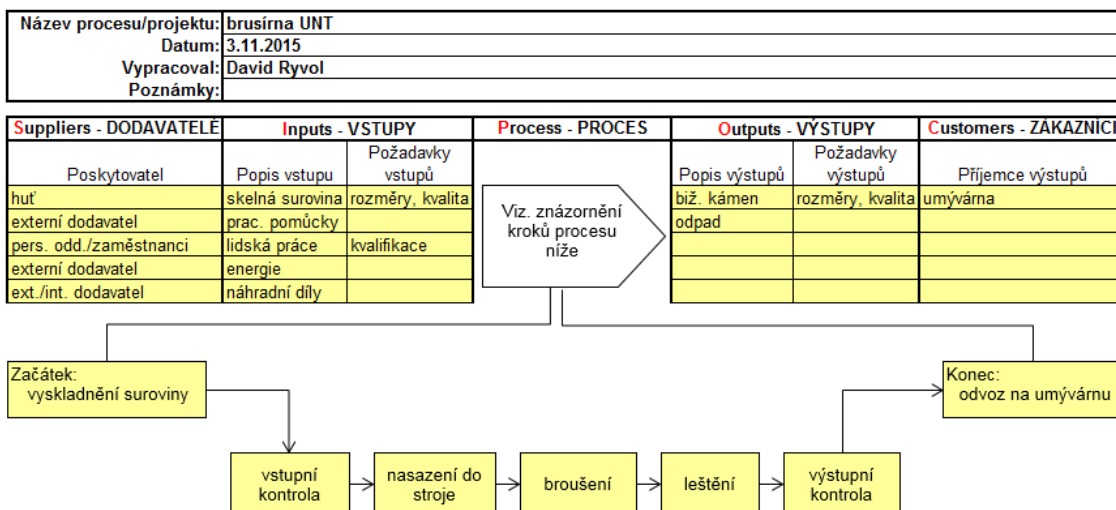
Zvoleným provozem pro optimalizaci je brusírna skleněných kamenů. Jedná se o přízemní halu s 16 CNC stroji a přilehlé sklady. Je zde zaveden nepřetržitý provoz. Zpracovávají jsou zde bižuterní kameny tak, že se do polotovarů ze skelné suroviny vybrušují jednotlivé fasety na rovinných brusech. Jeden strojník má na starost čtyři stroje, k dispozici má jednoho pomocníka.



Obr. 2.3 – Layout pracoviště

Na obrázku 2.3 vidíme layout, neboli rozvržení pracoviště. Ke každému stroji připadá rozvodná skříň s ovládacím panelem a stůl se skříňkou na nářadí. Dále je zde zázemí pro základní servis nástrojů a strojních dílů. Je zde také místo pro nástroje, náhradní díly a další pracovní pomůcky.

SIPOC DIAGRAM



Obr. 2.4 – SIPOC diagram procesu

SIPOC diagram je jednoduchý nástroj pro vizualizaci procesu. Podává jasný přehled o tom, kdo je dodavatel vstupů, co se s nimi během procesu děje, na jaké výstupy se přetvoří a kdo je na konci odebrává. Diagram byl vytvořen v programu Sigma XL.

2.2.2 Vymezit cíle

Při definování cíle se dodržují podmínky SMART (chytrý). Znamená to, že cíl projektu by měl být:

S – specific – konkrétní, jednoznačně daný,

M – measurable – měřitelný, snadno uchopitelný,

A – acceptable – akceptovatelný, odsouhlasený vedením,

R – realistic – reálný, realizovatelný,

T – time related – časově určený, ohraničený.

Vzhledem k jednoduchosti a plynulosti materiálového toku se přistoupí k analýze prostojů. Zlepšení provozu se pak docílí snížením nejčastějších prostojů či eliminováním jejich příčin. Pro určení příležitostí ke zlepšení bude vhodné vypracovat časové snímky na seřizovače. Bude také nutné pořídit výpis prostojů jednotlivých strojů a pomocí Paretovy analýzy se zaměřit na největší problémy. Na hale byla snaha o zavedení 5S, kvůli jiným prioritám se to však nedokončilo. Bylo by tedy vhodné, zaměřit se i na oživení implementace této metody a dopracovat ji do konce.

2.3 Měřit a analyzovat

Druhá část projektu je zaměřená na sběr dat. Je potřeba nashromáždit informace o výrobních parametrech, prostojích a udělat časové snímky. Získaná data se poté musí důkladně zanalyzovat a vyhodnotit. Na základě výsledků se potom rozhodne, jaké jsou hlavní příčiny problémů a jakým směrem se bude ubírat další práce.

2.3.1 Sběr dat

Nejlepším nástrojem pro seznámení se s jakýmkoli procesem je objektivní pozorování, konkrétně vypracování několika časových snímků. To pomůže autorovi vžít se do situace, lépe pochopit studovanou problematiku a už na místě si dělat poznámky na případná zlepšení. Časový snímek se vytváří zapisováním prováděných činností jedním pracovníkem. Údaje se zapisují do předpřipravených formulářů a uvádí se k nim doby trvání, popřípadě uražené vzdálenosti. Časových snímků je vždy potřeba udělat více tak, aby pokryly co nejvíce možných alternativ (různé směny, pracovníci, stroje, ...). Pro úvodní seznámení s provozem bylo vypracováno 6 časových snímků na práci seřizovačů:

- 4x denní směna, 2x noční (směna 12 hodin),
- 5 různých pracovníků, všechny stroje,
- vše v průběhu dvou týdnů, hodnoty zprůměrovány.

Tab. 2.1 – Výtah z přepisu časového snímku noční směny

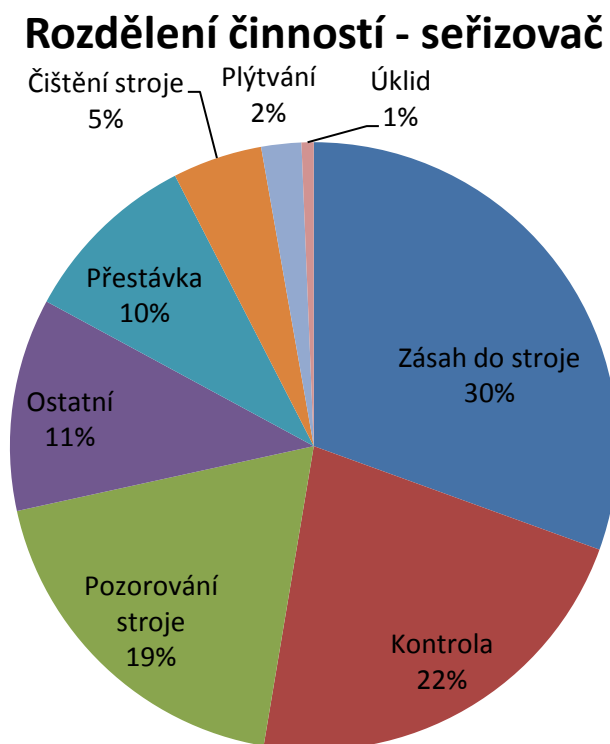
		Pracoviště:	brusínra	Datum	27. - 28.8.2015	List č.:	
		Lokalita:		časový úsek	18:00 - 6:00		
		Jméno:	A			Ryvol David	
Č = Čištění (stroje, okolí stroje), Z = Zásah do stroje, P = Pozorování stroje, K = Kontrola, Ú = Úklid, PŘ = Přestávka, O = Ostatní							
č. op.	Kat. čin.	Název operace	čas začátku činnosti	čas konce činnosti	doba, vzdálenost	pozn.	č. stroje
1	O	předávání směny	17:50	18:03	0:13	chození okolo, komunikace s pracovníky	8,11
2	P	pozorování stroje	18:03	18:05	0:02		11
3	Z	seřizování leštičky	18:05	18:06	0:01		11
4	Č	čištění hořáku	18:06	18:07	0:01		11,12
5	P	pozorování stroje	18:07	18:11	0:04		11,8
6	K	odebrání kontrolního vzorku	18:11	18:14	0:03	do myčky	8
7	P	pozorování stroje	18:14	18:17	0:03		8
8	K	vyjmutí přípravku, čištění	18:17	18:18	0:01		8
9	K	kontrola kamene	18:18	18:19	0:01	mikroskop	8
10	K	vyjmutí přípravku, čištění	18:19	18:20	0:01		8
11	K	kontrola kamene	18:20	18:22	0:02	mikroskop	8
12	P	pozorování stroje	18:22	18:23	0:01		11
13	K	vyjmutí přípravku, čištění	18:23	18:24	0:01		11
14	Z	svalení	18:24	18:28	0:04		11
15	Z	odblokování stroje	18:28	18:29	0:01		12
16	Z	svalení	18:29	18:34	0:05		11
17	Č	čištění hořáku	18:34	18:35	0:01		11
18	Z	seřízení stroje	18:35	18:36	0:01		11
19	P	pozorování stroje	18:36	18:39	0:03		11
20	K	odebrání kontrolního vzorku	18:39	18:41	0:02	z myčky + čištění	
21	K	kontrola kamene	18:41	18:48	0:07	šatony kontrolky a mikroskop	11,8
22	PL	přemisťování kvůli kontrolám	18:48	18:49	0:01	na různých místech	
23	P	pozorování stroje	18:49	18:57	0:08		8,11,12
24	PL	hledání nářadí	18:57	18:58	0:01	nepořádek ve skříňkách, nezpracovali na 5S	

Data z formulářů pak byla přepsána do počítače a v programu Microsoft Excel zpracována. Pro každý časový snímek byly zaznamenány základní údaje, jako datum, směna a jméno pracovníka. Dále k vykonávaným činnostem byly zapsány časy začátku a konce, jejichž rozdílem se potom přes vzorec vypočetla doba jejich trvání. Na základě vzájemné podobnosti dat a kvůli zpřehlednění výsledků byly jednotlivé operace rozděleny do několika kategorií.

2.3.2 Zpracování naměřených dat

Porovnáním časových snímků pořízených v různé dny na různé pracovníky bylo zjištěno, že se vykonávané operace na strojích shodují. Výsledky tedy bylo možno sloučit a zprůměrovat. Výstup je vidět v následujícím koláčovém diagramu (graf 2.1).

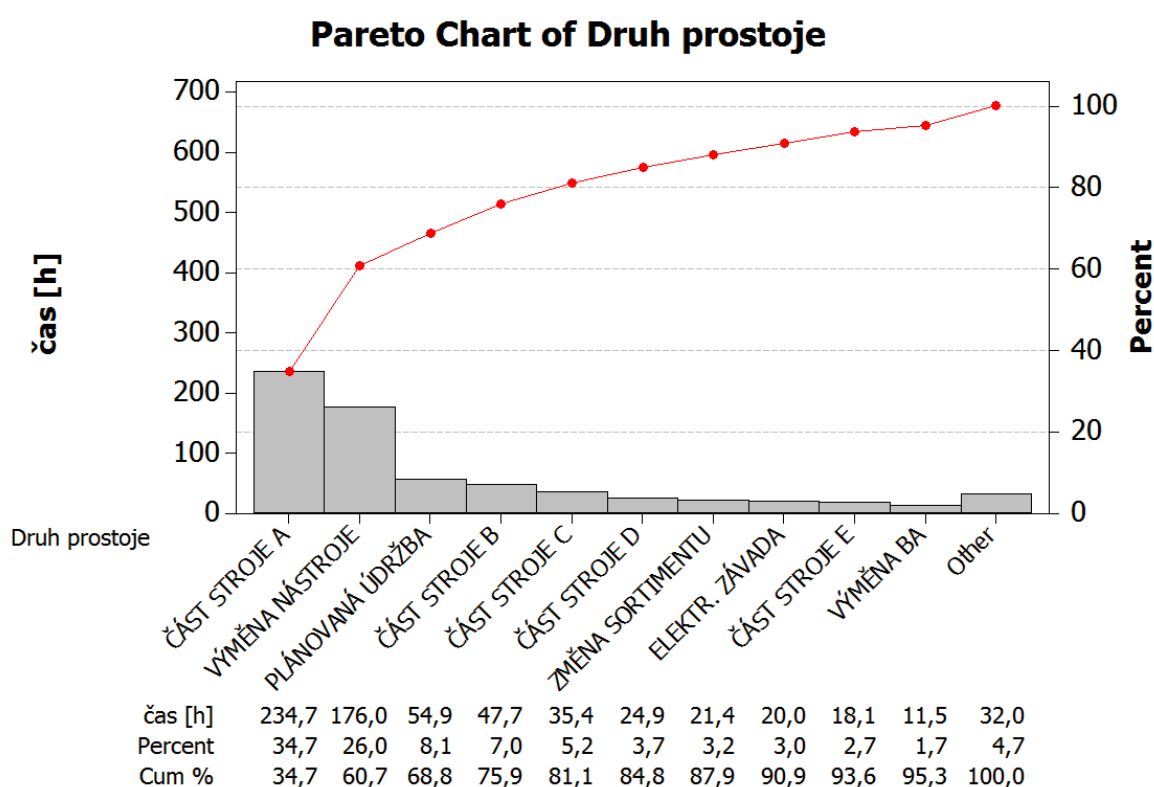
Pro získání výpisu prostožů bylo nutno získat data o jednotlivých strojích ze systému SAP. SAP je program používaný při řízení firmy. Slouží jako databáze informací o zpracování položek, parametrů strojů, výsledků kontrol apod. Vycházelo se z údajů za období duben až říjen 2015. Výstup ze systému se pak musel konvertovat do programu Microsoft Excel, upravit a zpřehlednit. Uvedené časy jsou součty hodnot za všech 16 strojů zprůměrované na měsíc (graf 2.2).



Graf 2.1 – Skladba práce seřizovače

Z diagramu jsou patrné tři hlavní činnosti seřizovače: zásah do stroje, kontrola a pozorování stroje. Jako zásah do stroje byly zahrnuty činnosti seřizování a oprava stroje, nastavování parametrů, výměna nástroje.

Ke zpracování dat z výpisu prostojů bylo využito programu Minitab. Minitab je velice silný nástroj pro statistickou analýzu, užívá se hojně v praxi i na školách. Jeho součástí je i tvorba Paretova diagramu ze souboru hodnot. Je to často používaná metoda k určení priorit. Paretoův diagram je v podstatě sloupcový graf hodnot, seřazených od největší po nejmenší, s vyznačenými kumulativními procentuálními součty.



Graf 2.2 – Paretoův diagram prostojů linek

Paretova analýza obecně říká, že 80 % důsledků bývá ovlivněno pouze 20 % příčin. V našem případě to znamená zaměřit se na ty příčiny prostojů, jejichž součet se rovná přibližně 80 % z celkového času. Z grafu 2.2 tedy vyplývá, že bychom se měli zabývat poruchami části stroje A, výměnou nástroje, plánovanou údržbou a poruchami části stroje B. Pro zpřehlednění výsledků bylo posledních 5 % prostojů sloučeno do skupiny ostatní (Other).

2.3.3 Určení hlavních příčin problémů

Problémy s částí stroje A se v té době zabýval tým odborníků, takže bylo vhodné zaměřit se na druhou nejčastější příčinu prostojů, a to na výměnu nástroje. Zkrácení prostojů při výměně nástroje vyplývá i z časových snímků (graf 2.1). Zásah do stroje zde byl totiž nejčastější položkou a její součástí je i výměna nástroje. Plánovaná údržba je zapracována do programu TPM, který je řízen oddělením Průmyslového inženýrství. Prostoje kvůli plánované údržbě jsou zde nutností a navíc jsou poměrně nízké.

2.4 Zlepšit

Nejdůležitější fází celého projektu je fáze zlepšování. Zde je nutno určit, jak se dají vyřešit jednotlivé problémy, odstranit jejich příčiny a zlepšit tak celý proces. Na základě předchozí analýzy byla za nejzávažnější problém určena dlouhá výměna nástroje. Ke snížení času výměny nástroje a přetypování stroje bude použita metoda SMED. Principem této metody je podrobně se seznámit s průběhem přetypování, rozdělit činnosti na interní a externí a co nejvíce je pak minimalizovat.

2.4.1 Časové snímky výměny nástroje

Na začátku je nutné důkladně se seznámit s průběhem výměny a nashromáždit důležitá data, proto se opět přistoupí k časovým snímkům. Ty slouží i jako podklady pro zmapování současného stavu a na závěr pro porovnání s výsledky po zlepšení. Pro tento účel bylo vypracováno celkem osm časových snímků výměny nástroje:

- 6x denní směna, 2x noční,
- 5 různých pracovníků, 6 různých strojů,
- 4x brus, 4x leštička,
- časové rozmezí 2 měsíce,
- od informování mechaniků o nutnosti výměny až po dokončení seřízení nového nástroje a rozjetí stroje.

Výměny nástroje probíhaly velice podobně, ať už šlo o brus nebo leštičku. Na začátku zavolal seřizovač na oddělení mechaniky a sdělil důvod výměny nástroje. Důvodem byl buď konec životnosti nástroje, nebo přechod výroby na jiný sortiment. Zároveň většinou zastavil stroj (pokud už nebyl vypnutý z jiného důvodu) a čekal, než přijdou mechanici. Po příchodu mechaniků společnými silami dopravili ke stroji jeřáb s novým nástrojem a připravili si potřebné nářadí. Poté začala demontáž původního nástroje. Nejprve bylo

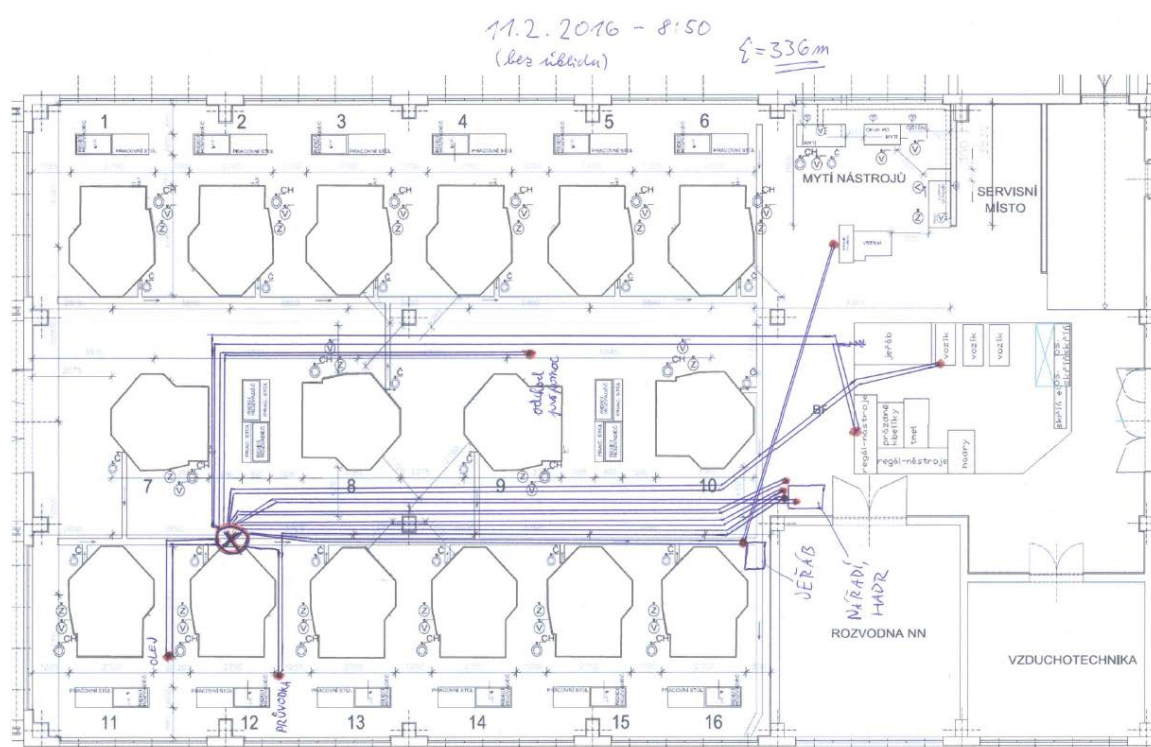
nutno upravit pozici nástroje a pak vyšroubovat šrouby. Následovalo připevnění manipulačního přípravku na nástroj, který se potom ze stroje vyndal jeřábem. Přípravek byl přesunut na nový nástroj a s ním přemístěn do stroje. Výměna byla zakončena usazením nového nástroje na své místo a zajištěním šrouby. Po výměně nástroje bylo ještě nutné stroj seřídít. To probíhalo oříznutím nástroje do roviny vyjímatelným ořezávačem. Poslední operací bylo nastavení parametrů jako házivost, oscilace a obvodová vlna. Samotnou výměnu nástroje prováděli dva mechanici nebo jeden mechanik, podle toho, kolik bylo zrovna k dispozici lidí. Seřízení stroje a nastavení parametrů potom provedl seřizovač. Detailní popis přetypování stroje je k dispozici v příloze [B] časový snímek původní výměny nástroje.

Tab. 2.2 – Výtah z přepisu časového snímku výměny nástroje

		Pracoviště:	brusírna	Datum:	11.2.2016	List č.:		
		Lokalita:		Číslo stroje:	sl. 6	LEŠTIČKA		
		Jméno pracovníka:	B	Vypracoval:	Ryvol David			
I = interní, E = externí P = příprava/dokončení, D = demontáž SBN, M = montáž NBN, S = seřízení NBN, N = nestandardní problémy								
č. op.	Kat. čin.	Název operace	čas začátku činnosti	čas konce činnosti	doba	pozn.	potenciál	typ čin.
1	I	informování mechaniků	7:30:00	7:33:00	0:03:00	stroj už stál	E	P
2	I	PŘÍCHOD MECHANIKA	7:33:00	7:34:00	0:01:00		E	P
3	I	shánění nářadí	7:34:00	7:36:00	0:02:00		E	P
4	I	odendání krytů, mazání	7:36:00	7:37:30	0:01:30		I	P
5	I	snížování polohy nástroje	7:37:30	7:41:00	0:03:30		I	D
6	I	2 šrouby Voda	7:41:00	7:42:00	0:01:00		I	P
7	I	2 malé šrouby SBN	7:42:00	7:42:30	0:00:30		I	D
8	I	4 velké šrouby SBN	7:42:30	7:44:00	0:01:30		I	D
9	I	úchyt na SBN	7:44:00	7:45:00	0:01:00		I	D
10	I	odchod pro jeřáb, zapojení	7:45:00	7:46:00	0:01:00		E	P
11	I	odchod pro vozík	7:46:00	7:46:30	0:00:30		E	P
12	I	SBN ze stroje	7:46:30	7:48:00	0:01:30	ve 2 se strojníkem	I	D
13	I	úchyt ze SBN	7:48:00	7:48:30	0:00:30		E	D
14	I	odvoz SBN, přívaz NBN	7:48:30	7:50:00	0:01:30	3. mezitím čistil stroj	E	M
15	I	úchyt na NBN	7:50:00	7:51:00	0:01:00		E	M
16	I	vyjmutí podložky zpod BN, její čištění	7:51:00	7:52:00	0:01:00	+ čištění NBN	I	M
17	I	ofuk stroje + dočištění stroje	7:52:00	7:54:30	0:02:30	došel pro závitník, čistil závit	I	P
18	I	mazání	7:54:30	7:55:00	0:00:30		I	P
19	I	NBN do stroje	7:55:00	7:56:30	0:01:30	ve 2 se seřizovačem	I	M

Současně s časovými snímky výměny nástroje byly pořízeny i špagetové diagramy této činnosti. Tvorba takového diagramu spočívá v zanášení všech pohybů pracovníka do layoutu pracoviště. Špagetové diagramy se používají k odhalení neefektivnosti práce (křížení, zbytečná chůze, atd.). V diagramu je zaneseno kolikrát, pro jaký nástroj a jak daleko musel mechanik odbíhat od stroje při samotné výměně nástroje. Vzdálenost, kterou musel mechanik absolvovat při této výměně, byla přibližně 336 metrů. Na obrázku 2.5 je vidět naprosto zbytečná chůze přes celou halu pro nářadí, jeřáb a nástroj. Při seřizování stál

seřizovač celou dobu u stroje, nebylo tedy nutné na jeho práci vytvářet špagetové diagramy.



Obr. 2.5 – Špagetový diagram výměny nástroje

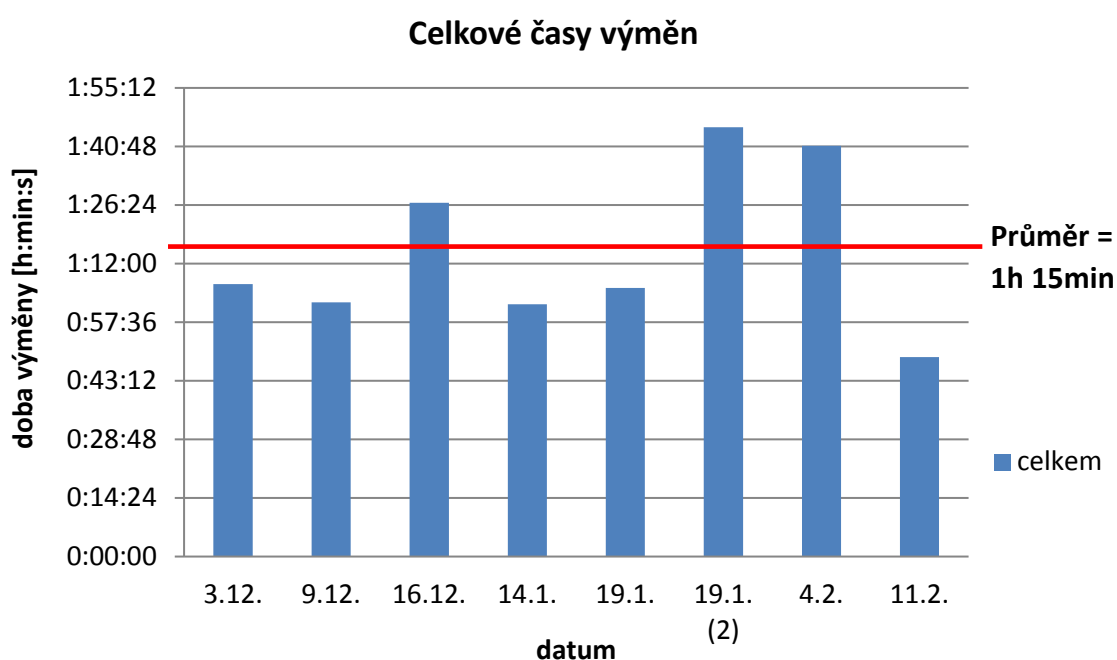
Již během vypracovávání časových snímků bylo zpozorováno několik druhů plýtvání. K zastavení strojů docházelo ještě dříve, než vůbec stačili mechanici přijít na halu. Pracovníci často odbíhali od stroje pro náhradní díly a při hledání nářadí ztráceli čas hledáním v neuklizených přihrádkách. K přípravě jeřábu a očištění nástrojů docházelo až po zastavení stroje.

Tab. 2.3 – Naměřené časy ze snímků po dnech

datum	3.12.	9.12.	16.12.	14.1.	19.1.	19.1.(2)	4.2.	11.2.
interní činnost	1:07:00	0:53:40	1:27:00	0:51:30	1:06:00	1:45:30	1:35:00	0:49:00
externí činnost	0:00:00	0:08:50	0:00:00	0:10:30	0:00:00	0:00:00	0:06:00	0:00:00
celkem	1:07:00	1:02:30	1:27:00	1:02:00	1:06:00	1:45:30	1:41:00	0:49:00
příprava/dokončení	0:18:30	0:18:00	0:23:30	0:21:00	0:16:30	0:14:00	0:31:00	0:16:00
demontáž nástroje	0:07:00	0:06:40	0:10:00	0:07:30	0:07:00	0:22:00	0:06:30	0:08:30
montáž nástroje	0:19:30	0:10:50	0:09:00	0:06:30	0:10:30	0:08:30	0:08:00	0:08:30
seřizení nástroje	0:22:00	0:19:00	0:35:00	0:25:30	0:28:30	0:35:30	0:19:30	0:16:00
nestand. problémy	0:00:00	0:08:00	0:09:30	0:01:30	0:03:30	0:25:30	0:36:00	0:00:00
nástroj	L	L	B	L	B	B	B	L

2.4.2 Zpracování dat

Zpracování údajů ze snímků proběhlo stejně, jako v předchozím případě. Data byla přepsána do počítače, výkazy práce jednotlivých pracovníků navzájem porovnány a činnosti rozděleny do skupin. Jeden typ členění je na kategorie interní a externí operace. Toto dělení je důležité pro budoucí SMED analýzu. Dalším členěním je dle typu činnosti – příprava/dokončení, demontáž starého (původního) brusného nástroje, montáž nového brusného nástroje, seřízení a nestandardní problémy. Druhé rozdělení je pro zpřehlednění a zjednodušení prezentace výsledků.



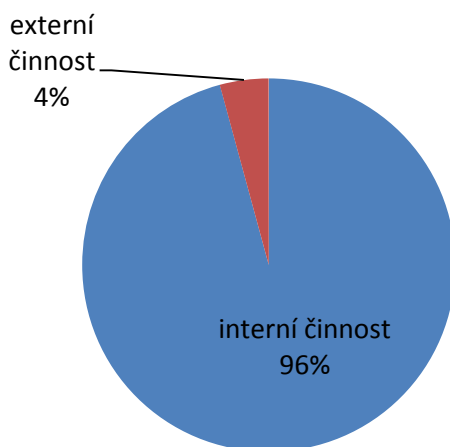
Graf 2.3 – Sloupcový graf trvání výměn po dnech

V grafu 2.3 jsou zachyceny doby trvání jednotlivých výměn. Výměna nástroje trvala průměrně 1 hodinu a 15 minut. Můžeme si všimnout značných výkyvů v hodnotách (druhý náměr dne 19.1. trval dvakrát déle než 11.2.). To může být způsobeno několika faktory, jako například zkušenostmi pracovníků nebo nestandardními problémy.

Z pohledu efektivnosti jakéhokoli zásahu do stroje je důležité, kolik pracovních činností se dá provést externě. Při externě prováděných operacích totiž stroj stále běží a nevznikají tak finanční ztráty. Z grafu 2.4 je zřetelné, že až na několik výjimek se v podstatě celá výměna nástroje uskutečňuje při zastaveném stroji. To se jeví jako zásadní chyba a musí

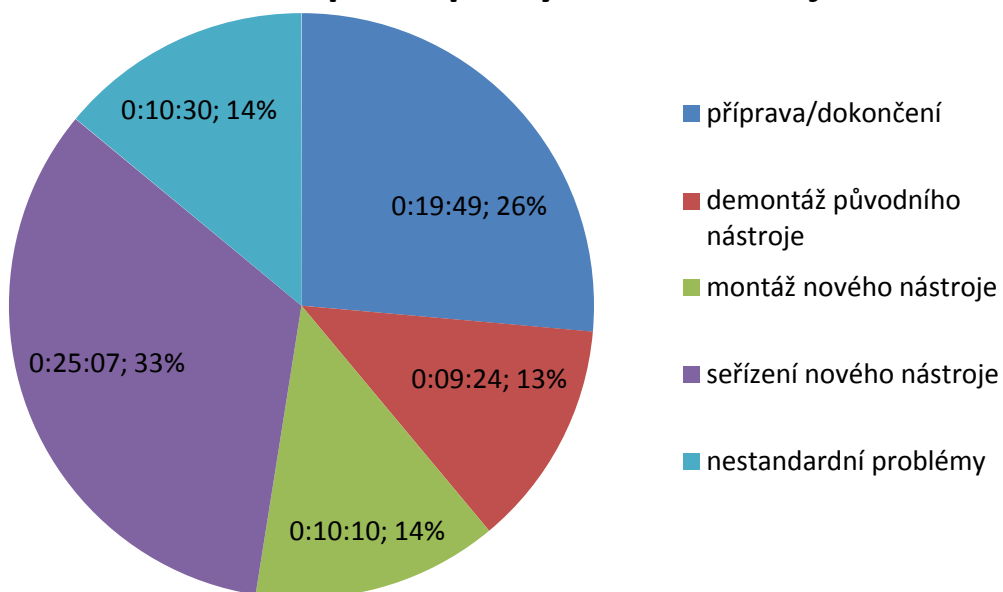
být napravena při návrhu řešení přeskupením interních činností na externí. Provedení co nejvíce úkonů, ještě před zastavením stroje, skýtá velký potenciál v úspoře financí.

Poměr interních a externích časů



Graf 2.4 – Koláčový graf rozdělení činností při výměně z pohledu chodu stroje

Rozdělení práce při výměně nástroje



Graf 2.5 – Koláčový graf rozdělení činností při výměně z pohledu skladby práce

Graf 2.5 demonstruje skladbu práce jak mechaniků (příprava, montáž, demontáž) tak seřizovačů. Skupina příprava/dokončení zahrnuje činnosti, které se všechny dají provádět

ještě před zastavením stroje. Poměrně velkou skupinou jsou tu nestandardní problémy, které při výměně nastaly. Sem spadají například stržené zavity, zatuhlá pinola nebo elektrická porucha na jeřábu. Do montáže a demontáže patří hlavně šroubování a manipulace s nástroji. Během seřizování se pak především upravovala pozice nástroje a nastavovaly parametry stroje.

2.4.3 Určení příležitostí ke zlepšením

K identifikaci příležitostí ke zlepšení je vhodné využít workshopů a brainstormingů. Jedná se o organizované porady užšího týmu lidí, skládajícího se z odborníků (technolog, konstruktér, průmyslový inženýr, ...) a pracovníků z výroby (mistři, strojníci, ...).



Obr. 2.6 – Fotografie z workshopu

K tomuto projektu byl uspořádán workshop na téma urychlení výměny nástroje. Přizváni byli pracovníci mechaniky provádějící samotnou výměnu, seřizovači s dlouholetou praxí obsluhy strojů, technolog střediska a projektový manažer. Schůzka byla moderována autorem této práce, jejím hlavním smyslem bylo prezentovat výsledky z časových snímků a získat návrhy na zlepšení. Při prezentaci výsledků byli zúčastnění velice překvapeni, jak výměnu nástroje podcenili, a v průběhu diskuze byly předkládány další návrhy, jak celý proces urychlit. Výstupy byly následující:

- dohledat technologickou návodku na výměnu nástroje z předchozího provozu,
- dořešit 5S na pracovišti,
- odstranění podložek pod nástroj – dlouhá diskuze jestli používat šrouby nebo klíny, nutnost probrat na 2. schůzi,

- hrubší ruční orovnávač – snížení náročnosti orovnávaní,
- zabudované ořezávače – vyměnitelné nebývají v rovině, dorovnáva se pak ručně,
- školení na závěr (volat mechaniku o 15 minut dříve, pravidelné mazání pinoly, pravidelné mytí strojů, kontrola desek, seznámení s novou TN).

Na schůzi bylo také prodiskutováno a schváleno několik postřehů a nápadů ke zlepšení, které vzešly od autora:

- zařízení nového vozíku s nářadím speciálně pro mechaniky,
- organizační přeuspořádání operací (SMED – interní do externích),
- 2 přípravky na nástroj pro manipulaci jeřábem,
- zápisový arch pro výměny – jednoduchá kontrola stavu pro mistry.

Po workshopu byly jednotlivé úkoly rozděleny mezi výrobní úseky. Do autorovy kompetence bylo přiděleno zadat úkoly kompetentním osobám, monitorovat stavy všech úkolů, zařídit nový vozík i se seznamem nářadí, udělat návrh organizačního přeuspořádání operací a vytvořit zápisový arch pro výměnu nástroje. Zároveň zde byla nutnost zorganizovat druhou schůzi ohledně problému, který na workshopu vyvstal. Házivost nástroje se seřizuje buď klíny, nebo šrouby. Obě varianty měly své zastánce a odpůrce a nepodařilo se dobrat shody, proto se této záležitosti muselo věnovat více času na další schůzi.

Požadavek na hrubší ruční orovnávač byl zadán oddělení rozvoje, v době dokončování bakalářské práce se na něm stále pracovalo. Současné orovnávače totiž nezpůsobují dostatečný úběr materiálu při finálním dorovnávaní nástroje. Vyměnitelné ořezávače nemusí vždy ležet v rovině nástroje, což spolu s následným ručním dorovnávaním měly odstranit zabudované ořezávače, které tak skýtaly poměrně velký potenciál v úspoře času. Od zabudovaných ořezávačů nástrojů do stroje se ale nakonec upustilo, protože by to byl moc velký a složitý zásah do konstrukce stroje. Samostatný vozík pro nářadí určené speciálně k výměně nástroje byl vybrán z odstavených vozíků ze skladu. Původně měli mechanici na hale k dispozici regál, kde měli nářadí ke všem prováděným pracím na strojích. Výměna nástroje je zde však jejich nejčastějším úkolem a tak se k tomuto kroku se přistoupilo proto, aby mechanici nemuseli hledat v ostatním nářadí a měli to, co potřebují ihned po ruce. Nové přípravky na uchycení do jeřábu a manipulaci s nástrojem se nechaly vyrobit u externí firmy. Ty původní neměly potřebnou bezpečnostní atestaci a špatně se s nástrojem uchyceném v jeřábu manipulovalo. Zároveň se nechaly vyrobit 2 kusy, aby

odpadla nutnost přendávat přípravek ze sjetého na nový nástroj – ztrácel se tím čas při zastaveném stroji.



Obr. 2.7 – Nový vozík s nářadím pro výměnu nástroje

Nářadí používané při výměně nástroje:

- kombinované klíče č. 10/8 a 17/13,
- ráčna, manipulační přípravky do jeřábu,
- nástrčný gola klíč na ráčnu, č. 10,
- imbusový klíč č. 5,
- nová podložka pod nástroj, náhradní šrouby pro podložku,
- případně závitníky, šroubovák a náhradní klínový řemen.

Na druhý workshop, nyní už konkrétně k diskuzi ohledně používání šroubů nebo klínů k seřizování házivosti nástroje, byli pozváni: projektový manažer, mistr provozu, konstruktér, technolog a dva hlavní seřizovači. Kolektiv se shodl na seřizování pomocí klínů, hlavně kvůli jednoduchosti a rychlosti (na úkor menšího zhoršení přesnosti). Dále byly odsouhlaseny tyto body:

- vyšší podložky pod nástroj (17 ks, 16 mm výška) – menší počet výměn,
- zmenšit hlavy šroubů pro seřizování klínů – možnost vyšších podložek,
- vyrobit šrouby k uchycení podložek.

Zamítnuty byly návrhy na používání rychlospojek na trubky na vodu a pneumatických pistolí místo ráčny. Trubky na vodu jsou nyní připevněny k vaně dvěma šrouby. Rychlospojky by odstranily šroubování, ale rychle se zanášejí odpadem z nástroje a tím se ničí. Pneumatické pistole nepředstavovaly pro vedení dostatečný potenciál pro zlepšení. Kvůli opotřebení nástroje je nutné posouvat ho směrem vzhůru proti broušeným kamenům. Dochází tak k drhnutí šroubů uchycujících seřizovací klíny o kryt vany. Pod nástroj se proto dávají kalibrované podložky, aby ho bylo možné úplně spotřebovat. Pro aplikace podložek je ale nutné provést v podstatě kompletní výměnu nástroje: vyndat nástroj, dát pod něj podložku, zandat nástroj a znovu seřídít stroj. Z konstrukčních důvodů je nutno dávat podložky dvě a to ne najednou, ale postupně, což dělá už dvě výměny kvůli úplnému spotřebování nástroje. Proto bylo navrženo zmenšit hlavy šroubů a vyrobit vyšší podložky, aby tak alespoň odpadla dvojitá aplikace podložek. Zároveň se musely vyrobit delší šrouby pro vyšší podložky, kterými se poté dovybaví vozík na hale. O zhotovení se postaralo oddělení mechaniky.

Významný potenciál ke zlepšení v sobě skýtala reorganizace práce během výměny nástroje. Během diskuzí a zkušebních výměn došlo k eliminaci některých zbytečných operací. U nezbytných operací pak byla snaha, provést jich co nejvíce při běžícím stroji, aby tak docházelo k co nejmenším ztrátám. Činnosti, které bylo vhodné přeargovat z interních do externích, jsou následující:

- uvědomit mechaniky alespoň 15 minut předem,
- připravit sadu nářadí a jeřáb ke stroji,
- dopravit nový nástroj ke stroji, očistit ho a připevnit na něj jeden z manipulačních přípravků,
- uklidit původní nástroj a nářadí až po ukončení výměny.

2.4.4 Návrhy zlepšení

Po dokončení práce na nejdůležitějších úkolech z workshopů byly sepsány dohromady jejich výsledky. Na základě toho byly vypracovány 2 návrhy na zlepšení. Obě varianty se liší hlavně rozsahem změn na pracovišti a počátečními náklady.

Varianta A

V první variantě jsou zahrnuty všechny výstupy z předchozí kapitoly (2.4.3). Konkrétně je to reorganizace práce při výměně nástroje, nové vybavení a menší konstrukční úpravy. Výměnu nástroje bude provádět jeden mechanik v pořadí určeném časovými snímky (viz příloha [D] časový snímek zkrácené výměny). S operacemi v poznámce označenými jako „ve dvou“ mu bude pomáhat seřizovač – jde o obsluhu jeřábu a manipulaci s nástrojem při vyndávání a zandávání do stroje. Následné seřízení pak provede seřizovač. Vstupní náklady na implementaci tohoto zlepšení jsou pouze náklady na výrobu a pořízení nového vybavení, které byly odhadnuty na 40 000 Kč. Předpokládané zlepšení se odhaduje na zkrácení o 50 %. Předběžný výpočet zkrácení času je tedy:

$$t_{UA} = t_P \cdot 0,5 = 1,25 \text{ h} \cdot 0,5 = 0,625 \text{ h}$$

kde t_P je čas trvání původní výměny nástroje.

Odhad finančních úspor:

$$\begin{aligned} U_A &= t_{UA} \cdot N \cdot P_m \cdot 12 - N_{VA} = 0,625 \text{ h} \cdot 1702 \frac{\text{Kč}}{\text{h}} \cdot 33 \cdot 12 - 40\,000 \text{ Kč} \\ &= \mathbf{381\,245 \text{ Kč}} \end{aligned}$$

kde N jsou celkové náklady za hodinu, N_{VA} jsou odhadnuté vstupní náklady pro variantu A a P_m je průměrný počet výměn nástroje za měsíc v uplynulém roce.

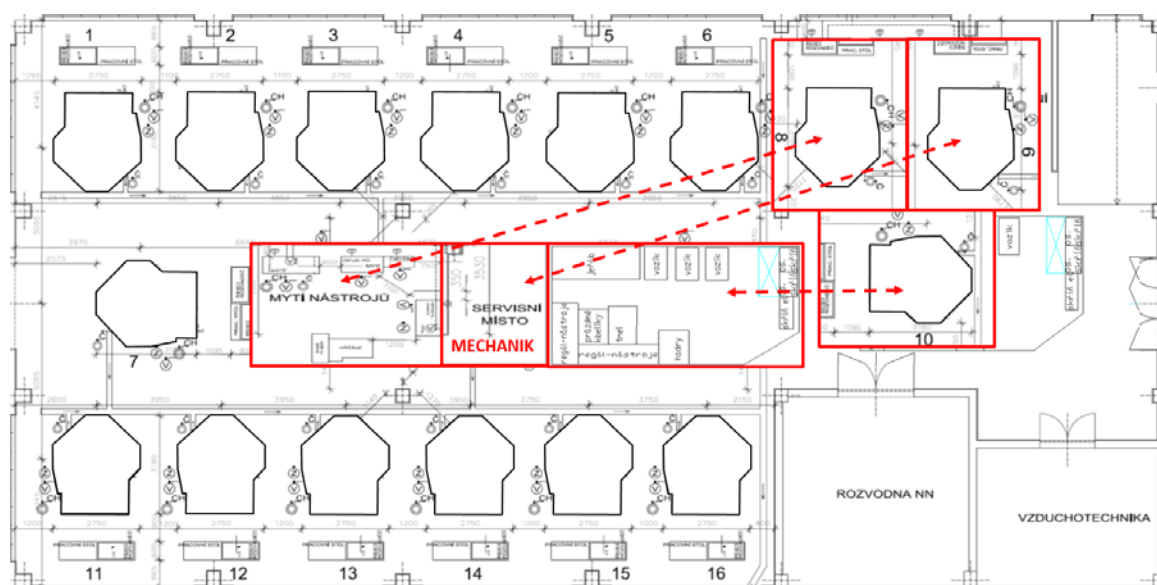
Tab. 2.4 – Shrnutí výhod a nevýhod varianty A

VÝHODY	NEVÝHODY
Nižší náklady	Výměna bude trvat déle
Jednoduché na provedení	Menší úspory

Varianta B

Do druhé varianty bylo zakomponováno více změn. Zahrnuje všechny změny uvedené ve variantě A, ale s tím rozdílem, že výměnu nástroje budou provádět 2 mechanici. Postup práce je uveden v jízdním řádu, viz příloha [E] jízdní řád varianta B. Jednotlivé operace při výměně nástroje se dají provádět současně, díky tomu dojde k další úspoře času.

Součástí varianty B bylo i přeuspořádání pracoviště. Servisní místo, místo pro mytí nástrojů i prostor pro pomůcky a náhradní díly se přesune do středu haly. Touto centralizací se dosáhne snížení nachozených vzdáleností při opravách či různých servisních úkonech a samozřejmě i jejich zkrácení. Prostor uprostřed haly se získá záměnou za stroje č. 8, 9 a 10. Jako náhrada servisního místa se zřídí pracoviště pro jednoho mechanika, který bude na stálo přidělen provozu (budou se zde provádět servisní a opravárenské práce). Znázornění je vidět na obrázku 2.8.



Obr. 2.8 – Úpravy layoutu pracoviště

Náklady pro tuto variantu jsou podstatně vyšší, je zde započítána odstávka a přemístění strojů i přestavba pracoviště. Odhadnuty byly na 100 000 Kč. Předpokládané zlepšení se odhaduje na zkrácení o 65 %. Předběžný výpočet zkrácení času je tedy:

$$t_{UB} = t_P \cdot 0,65 = 1,25 \text{ h} \cdot 0,65 = 0,8125 \text{ h}$$

kde t_P je čas trvání původní výměny nástroje.

Odhad finančních úspor:

$$U_B = t_{UB} \cdot N \cdot P_m \cdot 12 - N_{VB} = 0,8125 \text{ h} \cdot 818 \frac{\text{Kč}}{\text{h}} \cdot 33 \cdot 12 - 100\,000 \text{ Kč}$$

$$= 447\,618,5 \text{ Kč}$$

kde N jsou celkové náklady za hodinu, N_{VB} jsou odhadnuté vstupní náklady pro variantu B a P_m je průměrný počet výměn nástroje za měsíc v uplynulém roce.

Tab. 2.5 – Shrnutí výhod a nevýhod varianty B

VÝHODY	NEVÝHODY
Výměna bude kratší	Vyšší náklady
Větší úspory	Složitě na provedení

2.5 Řídit

V závěrečné fázi projektu dojde k výběru nejvhodnějšího řešení a k jeho implementaci do výrobního procesu. Provedou se kontrolní měření časů výměn nástroje a porovnají se s původním stavem. Zároveň je nutné standardizovat zavedené změny.

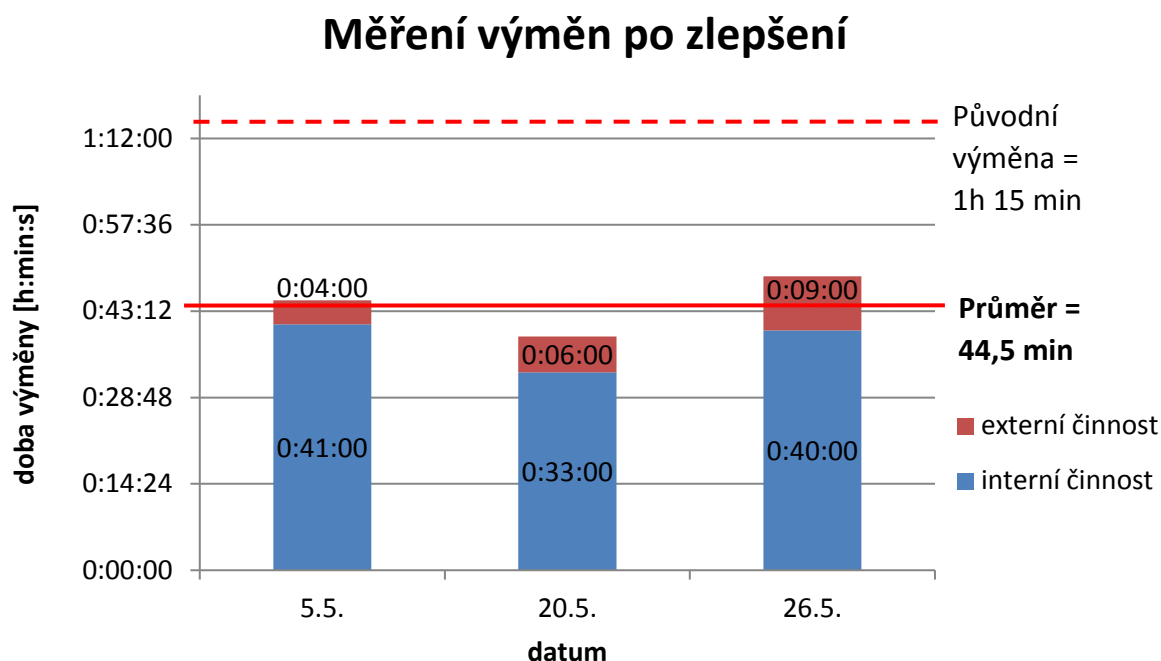
Po zvážení výhod a nevýhod obou variant řešení zvolil vedoucí provozu variantu A. Hlavním důvodem bylo to, že by se musely tři stroje odstavit na poměrně dlouhou dobu, rozebrat a znovu sestavit. To by bylo velmi pracné a pravděpodobně by se to nevyplatilo. Navíc vytíženost kapacit pracovníků mechaniky vylučuje variantu pro dva současně pracující lidi.

Pro seznámení pracovníků se změnami bylo upřádáno školení. Zúčastnili se ho mechanici, seřizovači, mistři obou provozů, autor práce a technolog. Během školení proběhla prezentace dosažených výsledků, byla demonstrována vzorová výměna nástroje a pročtena nová technologická návodka. Ve školení bylo zahrnuto také seznámení se standardem pravidelné údržby, který byl dohledán spolu s původní technologickou návodkou.

2.5.1 Porovnání s původním stavem a vyčíslení úspor

Abychom mohli zhodnotit výsledky a vyčíslit finanční úspory, bylo potřeba změřit dobu trvání výměny nástroje po zavedení zlepšení. Pro tento účel byly vypracovány tři časové snímky, výsledky z nich můžeme vidět v grafu 2.6. Vytváření špagetových diagramů nyní

nemělo smysl, protože veškerá chůze (doprava jeřábu, vozíku s náradím a nástroje ke stroji) se odehrávalo za chodu stroje. V průběhu výměny stáli pracovníci u stroje a neměli potřebu pro nic odbíhat.



Graf 2.6 – Časy výměn nástroje po zlepšení

Pro vypočtení finančních úspor bylo zapotřebí získat informace o nákladech na provoz stroje a lidskou práci. Započítán by zde také měl být zisk z prodaných kamenů, které lze za ušetřený čas vyrobit. Vstupní náklady byly vyčísleny následovně:

$$N_V = 2 \cdot C_{MP} + 17 \cdot C_P + 17 \cdot 6 \cdot C_{\xi} = 2 \cdot 2500 \text{ Kč} + 17 \cdot 1000 \text{ Kč} + 17 \cdot 6 \cdot 130 \text{ Kč} \\ = 35\,260 \text{ Kč}$$

kde C_{MP} je výrobní cena manipulačního přípravku, C_P je výrobní cena podložky pod nástroj a C_{ξ} je cena nových šroubů (6 šroubů na stroj, 17 strojů).

$$t_U = t_P - t_N = 1,25 \text{ h} - 0,75 \text{ h} = 0,5 \text{ h} \rightarrow \frac{0,5 \cdot 100}{1,25} = 40 \%$$

Kde t_U je uspořený čas, t_P je původní čas a t_N je nový čas výměny nástroje.

Pro interní časy byla úspora ještě vyšší:

$$t_{Ui} = t_{Pi} - t_{Ni} = 1,2 \text{ h} - 0,6\bar{3} \text{ h} = 0,5\bar{6} \text{ h} \rightarrow \frac{0,5\bar{6} \cdot 100}{1,2} \doteq 47,2 \%$$

Celkové finanční úspory tedy činí (vypočteno z celkových časů):

$$U = t_U \cdot N \cdot P_m \cdot 12 - N_V = 0,5 \text{ h} \cdot 1702 \frac{\text{Kč}}{\text{h}} \cdot 33 \cdot 12 - 35\,260 \text{ Kč} = \mathbf{301\,736 \text{ Kč}}$$

kde N jsou celkové náklady za hodinu výroby a P_m je průměrný počet výměn nástroje za měsíc v uplynulém roce.

2.5.2 Standardizace

Správnou standardizací se dosáhne zpřehlednění a stability procesu. V rámci standardizace byla dohledána, aktualizována a uvedena v platnost technologická návodka na výměnu nástroje. Dále byla vytvořena zpětná vazba na výměnu nástroje pro mistry a byly použity prvky 5S a vizuálního managementu na vozík s nářadím (viz obrázek 2.7).

Technologická návodka na výměnu nástroje byla dohledána hlavním technologem. Byl v ní popsán postup výměny tak, jak se prováděl na předchozím provozu. Podle návodky se však nepostupovalo. Pravděpodobně proto, že se na ni zapomnělo, když se technologie před nějakým časem přesouvala z jiného města. Po prostudování návodky provedl autor porovnání se současným stavem a připomínkoval ji vzhledem k provedeným změnám. TN byla následně aktualizována a doplněna o všechna výše zmíněná zlepšení odpovědným technologem. Technologická návodka nemohla být v této práci uvedena z důvodu utajení, pracovníci s ní byli seznámeni v rámci závěrečného školení.

Číslo nástroje:			
Dat. Nasazení	Linka č.	Sortiment	Výška
Dat. Sundání	Linka č.	Sortiment	Výška
Čas začátku výměny (sundání)		Čas konce výměny (sundání)	
Důvod sundání:			

Obr. 2.9 – Lístek pro evidenci výměn a zpětnou vazbu

Zápisový arch byl na požadavek mistra provozu zjednodušen na menší lístek z důvodu ulehčení práce zapisování. Bude sloužit jako „průvodka“ nástroje a také nám umožní sledovat vývoj doby trvání a příčin budoucích výměn, na který bude možno lépe reagovat. Finální verzi zápisu můžeme vidět na obrázku 2.9.

3 Závěr

Úkolem této bakalářské práce bylo zefektivnit vybraný proces brusírny ve firmě Preciosa, a.s. V úvodní kapitole byly popsány světové strategie řízení výroby, systematika zefektivňování výrobních procesů a používané optimalizační metody. Druhá kapitola se zabývá konkrétním řešením problému optimalizace brusírny. Byl zmapován provoz, vypracovány návrhy na zlepšení a ty nejvhodnější následně zavedeny do praxe.

Praktická část byla pojata jako zlepšovací projekt, osnova se držela formátu DMAIC. Na začátku proběhlo mapování současného stavu provozu a definování cílů. Vypracováním časových snímků na jednotlivé směny se autor důkladně seznámil s procesem výroby a zároveň získal podklady pro sběr dat. V informačním systému SAP byly dohledány další důležité údaje, jako například výpis prostojů strojů. Data z časových snímků a výpisu prostojů byla podrobně zanalyzována. Jako největší problém se ukázaly závady a opravy jedné části stroje. Tím se však v té době zabýval tým konstruktérů, takže po konzultaci s projektovým manažerem střediska bylo rozhodnuto zaměřit se na zkrácení doby výměny nástroje. Na výměnu nástroje ukazovala jak Paretova analýza, kde vyšla jako druhá nejčastější příčina prostojů, tak časové snímky, kde se velkým dílem podílela na největší položce – zásahu do stroje.

Pro efektivní snížení času výměny nástroje byla zvolena metoda SMED. Nejdříve bylo zapotřebí naměřit a analyzovat současný stav. Za tímto účelem byly znovu vypracovány časové snímky. Již při jejich zapisování byly zřetelné základní druhy plýtvání, jako například zbytečná chůze. Další návrhy ke zlepšení vzešly z workshopů s odborníky a pracovníky z výroby. Na jejich základě byly vytvořeny dvě varianty řešení. Nejdůležitějšími změnami byla reorganizace práce při výměně nástroje, nový vozík s náradím a menší konstrukční úpravy. Vedení vybralo levnější variantu, hlavně pro její jednoduchost a poměrně velký potenciál ke zlepšení. Nakonec byly všechny změny implementovány do výroby a standardizovány. Z kontrolních měření po zlepšení a za pomoci odborného ekonoma byla vyčíslena roční finanční úspora 301 736 Kč.

Seznam použitých zdrojů

- [1] BOLEDOVIČ, Ludovít. Zlepšování procesů. IPA Czech [online]. 2007 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/zlepšovani-procesu>
- [2] LIKER, J.K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2007, s. 55-56. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [3] GYGI, Craig., Neil. DECARLO a Bruce. WILLIAMS. *Six sigma for dummies*. Hoboken, NJ: Wiley Pub., c2005. ISBN 0764567985.
- [4] LIKER, J.K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce, s. 152.
- [5] Weakest-Link. In: MindTools [online]. © 2015 MindTools. [vid. 2.7.2016]. Dostupné z: https://www.mindtools.com/media/Images/Articles/Strategy_Tools/Manufacturing_and_Operations/Weakest-Link_hometowncd_226x150.jpg
- [6] Tuyaux. In: ChristianHohmann [online]. © 2014 ChristianHohmann. [vid. 2.7.2016]. Dostupné z: <https://i0.wp.com/christian.hohmann.free.fr/images/stories/toc/tuyaux.jpg>
- [7] KRIŠŤAK, Jozef. TOC. IPA Czech [online]. 2012 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/toc>
- [8] Průmysl 4.0. Svaz průmyslu a dopravy České Republiky [online]. 2015 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.spcr.cz/images/priloha001-2.pdf>
- [9] MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 80-902235-6-7
- [10] LeanThinking. In: PEP-inc [online]. © 2014 PEP-inc. [vid. 2.7.2016]. Dostupné z: <http://pep-inc.net/documents/Starter%20Kit/Lean%20Thinking.pdf>
- [11] Útvar PI. *Standard 5S*. Liberec: Preciosa, a.s., 2012.
- [12] Stihly_tok_Dlabac. In: MMSpektrum [online]. © 2011 MMSpektrum. [vid. 2.7.2016]. Dostupné z: http://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/004_2014_85_1397225284/Stihly_tok_Dlabac_obr_06.jpg
- [13] Interní prezentace firmy Presiosa, a.s.
- [14] PRECIOSA. In: KingsPan [online]. © 2013 KingsPan. [vid. 2.7.2016]. Dostupné z: http://panely.kingspan.cz/UserData/images_references/1187004500.jpg

Seznam příloh

- [A] Časový snímek směny
- [B] Časový snímek původní výměny
- [C] Špagetový diagram
- [D] Časový snímek zkrácené výměny
- [E] Jízdní řád varianta B

PRECIOSA



PRECIOSA

mechanik 1	mechanik 2	seřizovač
------------	------------	-----------