



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TVORBA VÝROBNÍ KONCEPCE PRO PLÁNOVÁNÍ VÝROBNÍHO PROCESU

MAKING PRODUCTION CONCEPT FOR PLANNING OF THE PRODUCTION PROCESS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Eliška Mňuková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Studentka:	Bc. Eliška Mňuková
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	prof. Ing. Marie Jurová, CSc.
Akademický rok:	2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Tvorba výrobní koncepce pro plánování výrobního procesu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh činností rozvrhování výroby pro přípravu realizace výrobních zakázek v požadovaných časových termínech za podmínek současného výrobního systému a daných technologií v technické dokumentaci.

Cíle diplomové práce:

Popis podnikání ve vybrané organizaci z hlediska:

- výrobního portfolia,
- výrobního procesu,
- dodavatelů,
- zákazníků.

Cíle řešení.

Analýza současného stavu výrobního procesu a dodavatelských vztahů.

Vytipování teoretických přístupů k zavedení konceptu ICT.

Tvorba koncepce pro realizaci koncepce JIT.

Podmínky realizace a přínosy.

Seznam doporučené literatury:

JUROVÁ, M. a kol. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: GRADA Publishing, 2016, 256 s. ISBN 978-80-271-9330-1.

KOŠTURIÁK, J. Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků. Brno Computer Press 2010, 234 s. ISBN 978-80-251-2349-2.

SVOZILOVÁ, A. Projektový management. Praha Grada Publishing. 2008, 356 s. ISBN 978-80-2-7-3611-2.

UČEŇ, P. Zvyšování výkonnosti firmy na bázi potenciálu zlepšení. Praha GRADA Publishing. 2008, 190 s. ISBN 978-80-247-2472-0.

RUSSELL, R. S. Operations management: creating value along the supply chain. 6th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, c 2009. ISBN 9780470095157.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na zkoumání činností plánování výroby a zkoumání efektivity vybraného stroje ve zvolené společnosti. V teoretické části jsou shrnuty nejdůležitější poznatky a metody štíhlé výroby a nápravná opatření pro prevenci či eliminaci prostojů. V analytické části je vybraný stroj zkoumán z hlediska procesu výroby, následně je provedena analýza současného stavu a posouzení nasbíraných dat. Dále byla provedena analýza procesu rozhodování při plánování výroby na vybraný stroj a posouzeny nedostatky v plánování. Praktická část obsahuje návrhy pro odstranění nalezených úzkých míst.

Klíčová slova

štíhlá výroba, plýtvání, výrobní proces, plánování, rozhodovací proces

ABSTRACT

This diploma thesis is focused on examining the activities of production planning and examining the efficiency of the selected machine in the selected company. The theoretical part summarizes the most important findings and methods of lean manufacturing and corrective measures to prevent or eliminate downtime. In the analytical part, the selected machine is examined in terms of the production process, then an analysis of the current state and assessment of the collected data is performed. Furthermore, an analysis of the decision-making process in production planning for a selected machine was performed and shortcomings in planning were assessed. The practical part contains suggestions for removing the identified bottlenecks.

Key words

lean manufacturing, waste, manufacturing process, planning, decision making process

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MŇUKOVÁ, Eliška. *Tvorba výrobní koncepce pro plánování výrobního procesu*. Brno 2021. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 61 s. 1 příloha. Vedoucí práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Tvorba výrobní koncepce pro plánování výrobního procesu** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

.....
Bc. Eliška Mňuková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto poděkovala paní prof. Ing. Marii Jurové, CSc. za vedení, konzultace, cenné připomínky a rady, které mi poskytla při vypracování diplomové práce, a také za úžasnou podporu.

Dále bych ráda poděkovala kolegům a společnosti, ve které jsem diplomovou práci vypracovávala, za poskytnutí veškerých potřebných podkladů pro zpracování diplomové práce a za skvělou spolupráci.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE.....	10
1.1 Výroba	10
1.1.1 Výrobní proces	10
1.1.2 Organizační uspořádání	10
1.1.3 Výrobní základna.....	11
1.1.4 Výrobní operace	11
1.1.5 Prostorová struktura výrobního systému	12
1.2 Materiálový tok	12
1.2.1 Řízení materiálového toku.....	14
1.3 Metody štíhlé výroby.....	14
1.3.1 Just In Time JIT.....	15
1.3.2 Total Productive Maintenance TPM.....	16
1.3.3 Kanban.....	16
1.4 Celková efektivnost zařízení OEE.....	17
1.4.1 Způsoby měření a vizualizace OEE.....	18
1.5 Druhy ztrát na OEE	19
1.5.1 Ztráta dostupnosti	20
1.5.2 Ztráta výkonu.....	22
1.5.3 Ztráta kvality	22
1.6 Nápravná opatření pro prevenci/eliminaci ztráty dostupnosti.....	23
1.6.1 DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control).....	23
1.6.2 5S.....	25
1.6.3 Autonomous Maintenance AM	26
1.6.4 Preventive Maintenance PM.....	26
1.6.5 Single Minute Exchange of Dies SMED	27
1.6.6 Problem Solving	28
1.6.7 Defect handling.....	28
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	30
2.1 Představení vybrané společnosti.....	30
2.1.1 Specializace společnosti	30
2.1.2 Hodnoty společnosti	31
2.2 Popis vybraného stroje.....	32

2.2.1 Údržba stroje	36
2.2.2 Personální obsazení pracoviště.....	36
2.2.3 Prostorové uspořádání pracoviště ohýbání	36
2.3 Plánování výroby.....	37
2.3.1 Používaný MES systém.....	37
2.3.2 Rozhodování při plánování výroby	38
2.3.3 Popis modelového zaplánování zakázky	41
2.4 Materiálový tok	42
2.5 Analýza prostojů.....	45
2.5.1 Grafické znázornění prostojů	47
2.6 Shrnutí analytické části.....	49
3 NÁVRH NA ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU	50
3.1 Návrh na změnu v plánování výroby na ohýbání.....	50
3.1.1 Podmínky realizace.....	53
3.2 Návrh pro pracoviště ohýbání.....	53
3.2.1 Seřizovací list	54
3.2.2 Zavedení odpolední směny.....	55
3.2.3 Podmínky realizace.....	55
3.3 Přínosy diplomové práce	56
3.3.1 Ekonomické zhodnocení	56
ZÁVĚR.....	57
Seznam použitých zdrojů.....	58
Seznam použitých symbolů a zkratk	60
Seznam příloh.....	61

ÚVOD

Pro svou diplomovou práci jsem zvolila téma Tvorba výrobní koncepce pro plánování výrobního procesu. Zvolila jsem pro vypracování této práce výrobní podnik v Brně, který se zabývá výrobou systémů pro výdej nápojů.

Práce je rozdělena na tři části – teoretickou, analytickou a návrhovou. První část představí teoretické podklady pro diplomovou práci, které se zabývají danou problematikou diplomové práce. Cílem této části je představení pojmů výroba a výrobní proces, materiálový tok, metody štíhlé výroby, celková efektivnost zařízení a nápravná opatření pro prevenci či eliminaci ztráty dostupnosti.

Druhá část je praktická a zaměřuje se na současný stav vybraného ohýbacího stroje a výrobní proces, plánování výroby a proces rozhodování při plánování výroby na ohýbání, materiálový tok spojený s pracovištěm ohýbání a na analýzu prostojů na ohýbacím stroji. V úvodu této části je také seznámení s podnikem, ve kterém byla diplomová práce vypracována.

Poslední část obsahuje vlastní návrhy na zlepšení současného stavu procesu plánování a návrh navazující na vyhodnocení analýzy prostojů pro snížení průměrné doby trvání časově nejnáročnějších prostojů.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

První část diplomové práce obsahuje teoretické podklady, které budou poté využity při analýze současného stavu v podniku.

1.1 Výroba

Výroba zboží a služeb je výsledek ekonomického úsilí. Východiskem pro výrobu je trh a uspokojení požadavků a potřeb zákazníka, musí být zároveň respektovány i základní principy a nástroje managementu obecně (JUROVÁ, 2001, s. 4).

Cílem výroby je zpracovat požadavky zákazníka ve vymezeném čase, v dané kvalitě a s co nejnižšími náklady. Cílem je splnit tři základní charakteristiky výroby čas, kvalitu a náklady (JUROVÁ, 2001, s. 5).

1.1.1 Výrobní proces

Výrobní proces je souhrn činností, kdy dochází ke přeměně vstupů na výstupy za působení výrobních faktorů. Výstupem je hotový výrobek, který prošel všemi výrobními fázemi výrobního procesu a výstupní kontrolou. Na výrobní proces působí různé vnější vlivy a proces transformace zároveň působí určitým způsobem na své okolí (JUROVÁ, 1999, s. 19).

Výrobní proces zahrnuje hlavní proces výroby, pomocný proces výroby a obslužný proces výroby. Hlavní proces výroby je samotná výroba, kdy dochází k působení výrobních činitelů a probíhá přeměna materiálu na výrobek. Pomocný proces výroby umožňuje průběh výroby a zahrnuje údržbu, výrobu vlastní elektrické energie nebo také například čištění odpadních vod. Obslužný proces výroby doprovází hlavní proces a patří sem skladování, doprava a kontrola (VALOUCHOVÁ, 2015, s. 5).

Do výrobního procesu se zahrnuje jak práce člověka, tak práce výrobních zařízení. Souhrn všech výrobních procesů, které se podílejí na výrobě nazýváme strojírenská technologie. Výrobní proces lze dělit dle postupu vzniku výrobku na výrobu polotovarů, výrobu součástí strojů nebo zpracování polotovarů, a montáž strojů z příslušných součástí (VALOUCHOVÁ, 2015, s. 4).

U výroby je důležité identifikovat *limitující faktor* nebo *kritickou operaci*, což určuje celkovou podobu operace. Kromě toho je nutno identifikovat nejnáročnější část výrobního procesu, z čehož se vychází při rozvrhování výrobního procesu. Pokud má výrobní proces více součástí, je nutné výrobu rozvrhnout tak, aby všechny součásti výroby byly dokončeny zároveň. Ke stanovení celkové délky výrobního procesu je nutno propočítat počátky jednotlivých činností výrobního procesu (JUROVÁ, 2001, s. 5).

1.1.2 Organizační uspořádání

Organizační uspořádání výrobního procesu může být rozděleno dle vztahu k zákazníkům, dle typu výroby nebo dále dle uspořádání výrobních prostředků ve výrobním systému. Organizační uspořádání výrobního procesu **dle vztahu k zákazníkům** lze rozdělit na zakázkovou výrobu, kdy je produkt specifikován zákazníkem, a výrobu na sklad, kdy podnik vyrábí pro trh (JUROVÁ, 2001, s. 33).

Organizační uspořádání **dle typu výroby** je rozděleno na kusovou výrobu, sériovou výrobu a hromadnou výrobu. Kusová výroba je charakterizována velkým počtem různých druhů výrobků v menším množství, sériová výroba je výroba opakující se v sériích a jedná se o stejný druh výrobku. Hromadná výroba je výroba velkého množství jednoho nebo malého množství výrobků (JUROVÁ, 2001, s. 33).

Další hledisko pro organizační uspořádání je **uspořádání výrobních prostředků ve výrobním systému**, které se dělí na proudovou výrobu, skupinovou výrobu a fázovou výrobu. Proudová výroba je hromadná výroba jednoho nebo více příbuzných výrobků, je zde zahrnut pojem plynulá výroba nebo výrobní linka. Skupinová výroba zahrnuje výrobu několika výrobků s ustálenou spotřebou, prostorové uspořádání a výrobní zařízení musí být pružná, aby bylo možné vše přizpůsobit výrobě většího počtu výrobků. Fázová výroba je charakteristická výrobou několika různých výrobků dle standardních požadavků, nebo také dle požadavků zákazníka (JUROVÁ, 2001, s. 34).

1.1.3 Výrobní základna

Hlavním problémem ve výrobě je dosažení vysoké produktivity, pružnosti výroby a využití zařízení při zkracování průběžných časů výroby. Výrobní systém by měl být navržen, aby dokázal efektivně plnit plánované i nové výrobní úkoly (JUROVÁ, 2002, s. 101).

Maximalizace využití stroje je spojena s minimální dobou čekání stroje mezi operacemi. Maximalizace lze tedy dosáhnout v případě, kdy doba čekání stroje je nulová. **Využití výrobního systému** je vyjádřeno vztahem (JUROVÁ, 2002, s. 101):

$$\frac{\text{čas opracování}}{\text{čas opracování} + \text{čekání stroje}}$$

Vzorec 1: Využití výrobního systému (Převzato z: JUROVÁ, 2002, s. 101)

Průběžná doba výroby je celková doba mezi vykonáním první operace na výrobku až do převzetí na sklad hotových výrobků. Rovná se času opracování, času přepravy a čekání výrobního úkolu, minima lze dosáhnout za podmínky, kdy je doba čekání výrobního úkolu rovna nule (JUROVÁ, 2002, s. 101).

1.1.4 Výrobní operace

Výrobní operace jsou řazené tak, aby byl umožněn správný a ekonomický průběh výrobního postupu. Pořadí operací by mělo být takové, aby výrobní postup zajišťoval technické požadavky konstruktéra ve výrobním výkrese, zároveň musí být dodrženy co nejmenší výrobní náklady a vysoká produktivita v nejkratším možném pracovním čase, při nejmenší spotřebě práce, materiálu a energie (VALOUCHOVÁ, 2015, s. 14).

Na sled operací ve výrobním postupu má vliv vyráběná součást, stroje a zařízení, požadavek na jakost a spolehlivost výrobku a množství vyráběných součástí (VALOUCHOVÁ, 2015, s. 14).

Výrobní operace se dělí na zpracování, montáž a testování. Zpracování je fyzikální nebo chemická přeměna vstupní suroviny, montáž je vytvoření nové entity z jednotlivých složek a testování je zjišťování charakteristik jednotlivých komponentů a nového celku, například vizuální kontrola (JUROVÁ, 2001, s. 6).

1.1.5 Prostorová struktura výrobního systému

K sestavení výrobního systému a vyjádření pořadí a propojení jednotlivých operací je potřeba sestavit model výrobku a model výroby. Model výroby je tvořen pracovišti, výrobním úsekem a výrobní jednotkou. Pracoviště je vybaveno výrobními zařízeními, které jsou obsluhovány pracovníkem a uskutečňuje danou část postupných přeměn materiálových prvků (JUROVÁ, 2002, s. 110).

Rozmístění pracovišť je ovlivněno druhem výrobního procesu, materiálovým tokem a průběhem výrobního procesu. Rozmístění pracovišť je buď technologické nebo předmětné. Při **technologickém** rozmístění pracovišť jde o orientaci na výrobní proces, kdy jsou výrobní operace sloučeny dle příbuznosti (např. obrábění v obrobně). Při **předmětném** rozmístění pracovišť jde o orientaci na výrobek a pro zpracování částí výrobku nebo celého výrobku jsou vytvořeny menší výrobní jednotky (JUROVÁ, 2002, s. 111).

Efektivní časový fond výrobního zařízení F_{ef} je čas pracoviště využitelný pro výrobu. K výpočtu je nutno znát počet pracovních dnů v roce d , počet pracovních hodin za jednu směnu h , koeficient směnnosti σ , počet vzájemně zaměnitelných pracovišť g a procento nevyhnutelných časových ztrát (plánované prostoje z nominálního časového fondu) z . Výpočet je dán vztahem (JUROVÁ, 2002, s. 130):

$$F_{ef} = d \times h \times \sigma \times g \times \left(1 - \frac{z}{100}\right)$$

Vzorec 2: Efektivní časový fond (Převzato z: JUROVÁ, 2002, s. 130)

1.2 Materiálový tok

Materiálový tok lze definovat jako řízený pohyb materiálu, realizovatelný pomocí dopravních, přepravních, manipulačních a pomocných prostředků tak, aby byl materiál k dispozici v požadovanou dobu, v požadovaném množství a očekávané kvalitě na daném místě. Materiálový tok je závislý například na povaze materiálu, rozměrech, trase, kterou prochází daný materiál a úrovni, na které je řízení toku prováděné (GHIANI, LAPORTE, MUSMANN, 2004, s. 4)

Tok materiálu je těžiště logistických procesů v podniku, je ovlivněn uspořádáním výrobních zařízení a pracovních jednotek. Za vhodného uspořádání budov, skladů, strojů a pracovních úseků může být dosaženo úspory materiálu, času a finančních prostředků (JUROVÁ, 2016, s. 217).

Průběh a realizaci materiálového toku ovlivňuje především:

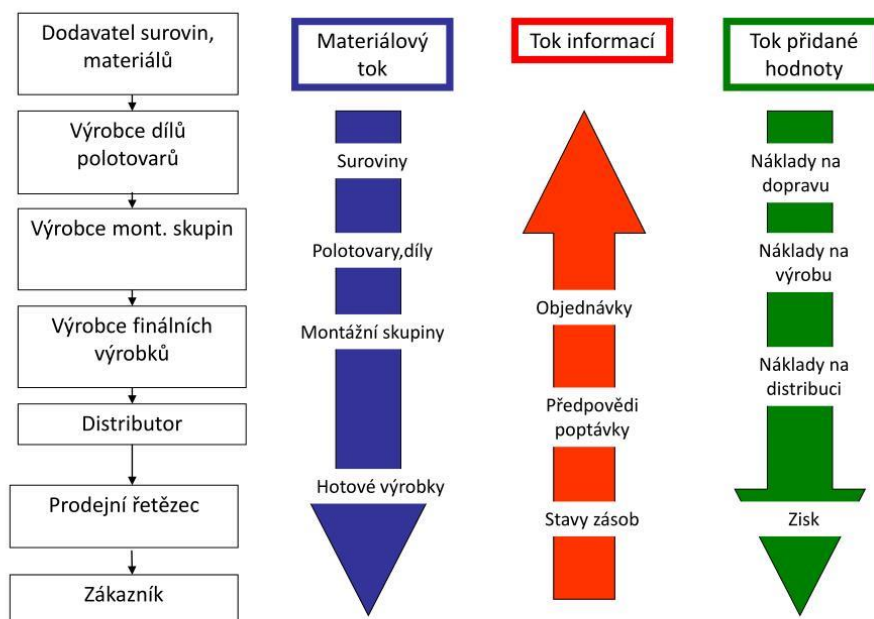
- objem, druh a typ výrobního procesu,
- úroveň technologické složitosti výrobních a montážních procesů,
- počet operací v jednotlivých fázích výrobního procesu,
- tvar, členitost a specifika prostoru výrobního procesu,
- způsob zajištění dopravy,

- rozmístění dalších pomocných provozů a služeb (JUROVÁ, 2016, s. 218).

Materiálový tok je zároveň propojený se řízením, plánováním, organizováním a kontrolou informačního toku, proto je důležitý rozklad procesu manipulace s materiálem na menší části:

- proces,
- dílčí proces,
- operace,
- úkon,
- pohyb (JUROVÁ, 2016, s. 218).

Na obr. 1 jsou zobrazeny veškeré toky probíhající v podniku. Jedná se o tok materiálu, informaci a tok přidané hodnoty.



Obrázek 1: Materiálový tok (Zdroj: GROS, 2016)

Materiálový tok je také součástí **dodavatelského řetězce**, jehož cílem je udržet materiálový tok od zdroje až po konečného zákazníka. Materiál je posouván dodavatelským řetězcem co nejrychleji, aby nedocházelo ke zbytečným prostojům a tvorbě zásob, tok musí být tedy řízen koordinovaně. Cílem je plynulý, nepřerušovaný a synchronizovaný tok (HARRISON, HOEK, 2005, s. 12).

1.2.1 Řízení materiálového toku

Řízení materiálového toku obsahuje řízení surovin, součástek, zásob ve výrobě, hotových vyrobených dílů a balících materiálů. Za řízení materiálového toku odpovídá z formálního hlediska manažer, který má za úkol plánovat, organizovat, motivovat a kontrolovat všechny činnosti spojené s materiálovým tokem (SIXTA, MAČÁT, 2005, s. 54).

Správa a řízení v oblasti materiálového toku musí reagovat například na globální orientaci, zkracování životního cyklu výrobků, nižší stavy zásob a elektronické zpracování dat. Cílem řízení materiálů je optimalizace z celopodnikového hlediska prostřednictvím koordinace výkonu materiálových funkcí a poskytnutí komunikační sítě (SIXTA, MAČÁT, 2005, s. 59).

Řízení materiálového toku obsahuje tyto čtyři základní činnosti:

- předpověď materiálových požadavků,
- zjišťování vhodných zdrojů pro získání materiálů,
- doprava a uložení materiálů v podniku,
- monitoring stavu materiálů jako běžného aktiva (SIXTA, MAČÁT, 2005, s. 59).

1.3 Metody štihlé výroby

Štihlá výroba je specifický přístup k výrobě, který vyžaduje zaměření na to, aby vyráběný produkt splňoval požadavky zákazníka, procházel výrobním procesem bez přerušení, v co nejkratších intervalech mezi jednotlivými operacemi, pokud možno s minimálními náklady a bez ztráty kvality. Ve štihlé výrobě se snažíme identifikovat a eliminovat plýtvání prostřednictvím neustálého zlepšování výrobních procesů, kdy jde především o odstraňování plýtvání ve všech částech výroby (KOŠTURIÁK, FROLÍK, 2006, s. 17).

Mezi klíčové principy štihlé výroby patří:

- *orientace na zákazníka*, kdy podnik reaguje na požadavky zákazníků a snaží se těchto požadavků a požadované kvality dosáhnout,
- *eliminace plýtvání*, což je základním principem štihlé výroby, podnik se snaží co možná nejvíce eliminovat nadprodukcí, nesprávné užití technologie, prostoje, nadbytečný pohyb a přepravu, nadbytečné zásoby a chyby potřebující nápravu,
- *řešení původních příčin*, kdy je potřeba provádět analýzy a eliminovat právě původní příčiny problémů,
- *osobní kontrola a identifikace problému*,
- *tvorba standardů*, které pomohou vyhnout se chybám, sjednotit procesy a postupy, usnadnit plánování a realizaci výroby, zároveň je to úroveň prováděných činností,
- *zapojení zaměstnanců*, jejichž názory mohou pomoci ke zlepšení a dalšímu rozvoji,
- *proces neustálého zlepšování*, jak jednotlivých částí výroby, tak podniku a jeho dalších částí jako celku (BLANCO, DEDERICHS, 2018, s. 6).

1.3.1 Just In Time JIT

Metoda Just in Time vznikla v Japonsku počátkem 80. let a později se rozšířila i do Evropy. Jedná se o uspokojování poptávky zákazníka po určitém materiálu či výrobku ve výrobě, v daných termínech podle potřeb odebírajících článků (SIXTA, MAČÁT, 2005, s. 245).

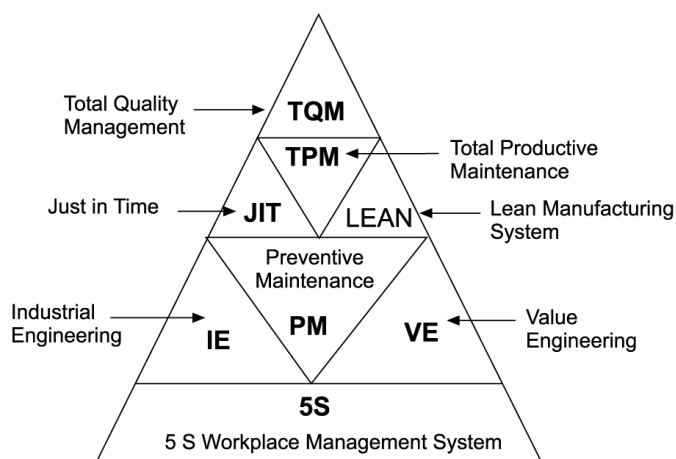
Just in Time, dále JIT, je jeden ze základních přístupů k organizaci výrobního podniku z hlediska logistického řetězce zákazník – výrobce – dodavatel, řídí tedy plynulost toku materiálu, zároveň je to jedna z použitelných metod pro plánování a řízení výroby v podniku. Metoda JIT představuje princip tahu (pull) omezující množství nedokončené výroby, které se může nacházet uvnitř výrobního systému. Metoda JIT je často používána spolu s konceptem Kanban (JUROVÁ, 2011, s. 212).

Hlavní představou této metody je proces neustálého zlepšování, je snaha držet skladové náklady na minimu, aby spolu s tím docházelo k lepšímu využití prostoru. Dále eliminace plýtvání, tedy produkce výrobků v co nejlepší kvalitě s co nejmenšími ztrátami, a zkracování průběžné doby výroby a redukce prostojů (SINGH, AHUJA, 2012, s. 61).

Mezi přínosy metody JIT z hlediska výrobního procesu patří:

- *eliminace plýtvání* – redukce odpadů, redukce potřebného prostoru, zkrácení dodacích lhůt, automatizace, Kanban,
- *výrobní strategie* – zkrácení časů seřízení, stálá produkce, preventivní údržba, TPM, Kaizen,
- *kontrola kvality a zlepšení* – neustálé zlepšování kvality, prostoje výrobních linek, statistické kontroly procesu, TQM, kruh kvality (SINGH, AHUJA, 2012, s. 65).

Metoda JIT hraje ve štíhlé výrobě důležitou roli, mezi metodou JIT a dalšími metodami a filozofiemi štíhlé výroby existuje přímý vztah, který je zobrazen na obrázku 2.



Obrázek 2: Vztah mezi metodou JIT a štíhlou výrobou (Zdroj: SINGH, AHUJA, 2012, s. 68)

Mezi metodami *Total Quality Management* a *Just in Time* existuje přímý vztah především z hlediska kvality a produktivity, mezi metodami *Total Quality Management*, *Total Productive Maintenance* a *Just in Time* je vztah z hlediska výrobních technik, spojených s výkonem výroby (SINGH, AHUJA, 2012, s. 68).

1.3.2 Total Productive Maintenance TPM

Totálně produktivní údržba, dále TPM (Total Productive Maintenance), je zlepšovací metoda navržená k optimalizaci zařízení a spolehlivosti, a zajišťuje efektivní management v rámci výrobního podniku. Filozofie TPM zahrnuje předcházení poruchám, redukci chyb, krátkodobých prostojů, zkracování doby seřízení stroje a další (LEGÁT a kol., 2013, s. 141).

TPM je postavena na pěti pilířích:

- hodnocení celkové efektivnosti strojů a zařízení,
- autonomní údržba,
- plánovaná údržba,
- systém pro návrh preventivní údržby a včasný management zařízení,
- výchova a trénink pracovníků (LEGÁT a kol., 2013, s. 141).

Mezi základní cíle TPM patří:

- nulové prostoje výrobních zařízení,
- nulové závady výrobního systému,
- návrh optimálních podmínek pro systém člověk – stroj (JUROVÁ, 2016, s. 158).

Dosažení cílů TPM je založeno na principech, jako udržování optimálních provozních podmínek, včasná identifikace odchylek od normálu a okamžitá reakce na odchylky, změna postoje pracovníka k údržbě. Pro pracovníka by se čištění mělo stát kontrolou, během které lze odhalit abnormality, které je následně možné odstranit nebo zlepšit (LEGÁT a kol., 2013, s. 143).

Podmínky realizace TPM zahrnují schopnosti umět rozlišit běžný a abnormální chod stroje, umět zajistit optimální podmínky chodu stroje a zároveň je udržovat, a schopnosti umět zareagovat na odchylky od normálu a umět tyto odchylky napravit. Také je potřeba rozvíjet pracovníky a jejich schopnosti a porozumění vztahu pracovník – stroj, jejich znalosti o funkcích a mechanismech strojů, což povede k rozvoji schopností umět odhalit, napravit a předejít abnormalitám na stroji (JUROVÁ, 2016, s. 161).

1.3.3 Kanban

Kanban byl vyvinut japonskou firmou Toyota a v japonštině znamená karta, štítek nebo lístek. V Evropě je tento pojem známý více jako japonský systém dílenského řízení výroby, které karty využívá. Systém Kanban je založen na organizaci činností amerických supermarketů. Zákazník odebere zboží, ze kterého jsou na pokladně odebrány a odevzdány dál dopravní karty. Dopravní karty jsou odeslány do skladu, kde se odebere zboží pro doplnění regálů a poté se dopravní karty vymění za výrobní karty, které putují do výroby, aby byl doplněn sklad (JUROVÁ, 2011, s. 213).

Snahou systému Kanban je co nejlepší harmonizaci průběhu výroby materiálovým tokem. Hlavním cílem je na každém stupni výroby podporovat „výrobu na objednávku“, která

umožňuje bez větších nákladů zmenšovat zásoby a zlepšovat přesnost plnění termínů (JUROVÁ, 2011, s. 213).

Pro správné fungování systému Kanban je potřeba již při návrhu výrobní dispozice vyvážit výrobní kapacity. Nejvhodnější je použít systém pro opakovanou výrobu stejných dílů s velkým odbytem, v případě, že by tento předpoklad nebyl splněn je zapotřebí systém Kanban zkombinovat se speciálním plánovacím systémem, který bude určovat kapacity, toleranční rozsahy a další (JUROVÁ, 2011, s. 213).

Předpoklady pro zavedení Kanban systému zahrnují:

- vyškolený personál,
- vysoký stupeň opakování výroby bez větších výkyvů v poptávce,
- vzájemně harmonizované kapacity,
- rychlé seřízení stroje,
- ochota personálu v případě potřeby pracovat přesčasy,
- rychlé odstranění poruch stroje,
- výkonná kontrola kvalita přímo na pracovišti,
- připravenost managementu delegovat pravomoci,
- správné prostorové rozvržení výrobní haly k zajištění plynulého toku materiálu (JUROVÁ, 2011, s. 213).

1.4 Celková efektivnost zařízení OEE

Celková efektivnost zařízení, dále OEE (Overall Equipment Effectiveness), je ukazatel efektivnosti výrobních zařízení umožňující srovnat efektivnost jednotlivých výrobních zařízení, ale také i celých výrobních linek. OEE je nejpoužívanější výrobní statistika managementu podniků, jeho hodnota je zásadní informací pro podniky, které se snaží neustále zeštíhlovat své výrobní procesy. Hodnota OEE v sobě zahrnuje více složek, které ovlivňují celkovou efektivnost, které lze samostatně vyhodnotit, ukazatel je proto vhodný ke snižování identifikovaných ztrát a zvyšování kvality nebo výkonu ve výrobě (VOJÁČEK, 2019).

OEE je ukazatel celkového zdraví zařízení a nejčastěji se používá k měření výkonosti zařízení. Určuje procento výrobního času, kdy jsou vyrobeny pouze kvalitní výrobky v optimálním čase bez odstávek neboli určuje procento výrobního času, které je skutečně produktivní a jaké je využití normované kapacity zařízení. Ukazatel OEE také poskytuje data o dopadu ztrát spojených s výrobním zařízením (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 111).

Celková efektivnost zařízení OEE se měří ze tří hlavních důvodů:

- určení prioritních optimalizací a posouzení výsledků,
- kombinace využití, dostupnosti a kvality zařízení,
- měření změn v kapacitě, produktivitě a kvalitě (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 111).

Efektivní využívání strojů a zařízení ovlivňuje několik faktorů:

- míra využití (dostupnost),
- míra výkonu (výkon),
- míra kvality (JUROVÁ, 2016, s. 154).

Hodnota celkové efektivity zařízení OEE se udává v procentech využití normované kapacity zařízení. Pokud hodnota OEE dosahuje 100 %, znamená to, že podnik vyrábí pouze dobré výrobky v optimálním čase bez odstávek, tedy se jedná o 100 % kvalitu, 100 % výkon a 100 % dostupnost. Obecně jsou za výborné hodnoty považovány nad 85 % (VOJÁČEK, 2019).

Výpočet OEE je dán následujícím vztahem:

$$\text{OEE} = \text{míra využití} \times \text{míra výkonu} \times \text{míra kvality}$$

Vzorec 3: Celková efektivnost zařízení (Převzato z: JUROVÁ, 2016, s. 154)

Výpočet OEE se skládá ze tří složek, kterými jsou využití stroje, výkon stroj a stupeň kvality. Během výpočtu celkové efektivity zařízení jsou kombinovány informace o dostupnosti a výkonnosti stroje a kvalitě výroby na stroji. Výsledná hodnota OEE umožňuje porovnatelné hodnocení, jak jsou jednotlivé stroje využívány (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 113).

Obvyklým cílem OEE je dosažení hodnoty 85 %, což je přibližná hodnota dosahovaná v podnicích světové třídy, nicméně v závislosti na daném výrobním procesu může být akceptovatelná i hodnota 50 %. Užití OEE má pomoci porozumět procesu měření a proč by daný výrobní proces měl dosáhnout určité OEE hodnoty (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 116).

Tabulka 1: OEE u podniků světové třídy (Zdroj: vlastní zpracování)

Podnik světové třídy	
Dostupnost	90 %
Výkon	95 %
Kvalita	99,9 %
Celková OEE	85 %

1.4.1 Způsoby měření a vizualizace OEE

Pro reálné vyhodnocení parametru celkové efektivity zařízení OEE pro provozované zařízení nebo celou výrobní linku je zapotřebí sledování vytíženosti a stavu strojů, jejich efektivního využití dle ukazatele OEE, sledování průběhu zakázek a také práce operátorů na lince nebo stroji (VOJÁČEK, 2019).

Pro jednotné zpracování a následné vyhodnocení je důležité data přesně definovat, pro sběr dat se nejčastěji používá ruční shromažďování dat, automatizované neintegrováné systémy a automatizované integrováné systémy (EAST-GATE, 2020).

Při **ručním shromažďování dat** se získaná data následně zpracovávají a vyhodnocují nejčastěji pomocí Microsoft Excelu. Ruční shromažďování dat ovšem zatěžuje operátory ve výrobě, proto firmy často zavádí zjednodušení jako zanedbání krátkých prostojů, zavedení stanovených průměrných časů pro konkrétní prostoje a další. Zanedbané krátké prostoje mají vliv na výkon stroje, což může následně vést k mylnému závěru, že krátké prostoje nejsou pro výpočet OEE potřeba a bez znalosti skutečné příčiny není možné zvýšit efektivitu stroje nebo výrobní linky, zároveň tento typ sběru dat neumožňuje okamžitou reakci na vzniklé problémy (SVĚTLÍK, 2003).

Automatizované neintegrováné systémy sbírají automatizovaně klíčová data ze strojů a výrobních linek, což vylučuje zkreslení zadávaných dat a úmyslné či neúmyslné chyby a nepřesnosti, jako v případě ručního sběru informací o ztrátách. Samostatné měřicí systémy umožňují identifikaci původních příčin ztrát a také okamžitou reakci na případný výpadek. Sbíraná data obvykle zahrnují run/stop a rychlost (EAST-GATE, 2020).

Automatizované integrováné systémy jsou rozšířeny o integraci s jinými systémy, jako například systémy pro řízení údržby CMMS/EAM, systémy pro plánování podnikových zdrojů typu SAP, systémy Condition monitoringu nebo jiné, což umožňuje vyhodnocovat odchylky od normálu v reálném čase. Umožňuje to také automatizované vytvoření upozornění a zpětné přepočítávání OEE. Jedná se vlastně o on-line sledování vytíženosti a stavu strojů, jejich efektivního využití, klíčový je sběr dat přímo ze strojů pro on-line záznam začátků a konců prostojů, jejich příčin, rychlostí výroby, výrobních cyklů, počet zmetkových výrobků a příčin těchto odchylek (EAST-GATE, 2020).

1.5 Druhy ztrát na OEE

V každém výrobním procesu vznikají ztráty a prostoje, které znemožňují dosažení maximálního teoreticky možného výrobního výkonu. Mezi ztráty, které nelze úplně eliminovat je ztráta využití, ke které dochází v období bez zakázek a neprobíhá výroba (SVĚTLÍK, 2003).

Celkový možný čas výrobního zařízení		
Možný čas pro výrobu		plánovaná údržba
Doba chodu zařízení	Z	ztráty prostojů
Čistá doba chodu	Z	ztráty rychlosti
Efektivní doba chodu bez ztrát	Z	ztráty kvalitativní
Skutečná výroba	TPM	

Obrázek 3: Využití stroje při možnosti ztrát (Zdroj: JUROVÁ, 2002, s.171).

V tabulce 2 je zobrazen přehled doporučených a tradičních šesti velkých ztrát, jejichž dopad je měřen. Celková efektivnost zařízení OEE slouží k redukci a eliminaci těchto šesti velkých ztrát (*The Six Big Losses*), které omezují výrobu. Těchto šest velkých ztrát je rozděleno do tří základních oblastí:

- ztráta dostupnosti,
- ztráta výkonu,
- ztráta kvality (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 112).

Tyto tři výše zmíněné základní oblasti lze dále rozčlenit do *šesti velkých ztrát*, které jsou:

- porucha zařízení,
- seřizování a nastavení,
- mikro prostoje,
- snížená rychlost,
- ztráty při rozběhu,
- zmetková výroba (VORNE, 2019).

Tabulka 2: Šest velkých ztrát (Zdroj: VORNE, 2019)

Celková efektivnost zařízení	Doporučených šest velkých ztrát	Tradičních šest velkých ztrát
Ztráta dostupnosti	Neplánované prostoje	Porucha zařízení
	Plánované prostoje	Seřizování a nastavení
Ztráta výkonu	Malé zastávky	Mikro prostoje
	Pomalé cykly	Snížená rychlost
Ztráta kvality	Zmetkový náběh výroby	Ztráty při rozběhu
	Zmetková výroba	Zmetková výroba
OEE	Plně produktivní čas	Cenný provozní čas

1.5.1 Ztráta dostupnosti

Ztráta dostupnosti nebo také ztráta využití stroje jsou jakékoliv prostoje, které zastaví výrobu na znatelný časový úsek. Tato ztráta zahrnuje plánované a neplánované prostoje, tedy seřizování a nastavení stroje a poruchu zařízení. Čas potřebný k seřízení a nastavení stroje je

zahrnut v OEE analýze, protože jinak by tento časový úsek byl využit k výrobě. Zároveň tento prostoj nelze úplně eliminovat, ovšem lze ho zkrátit (VORNE, 2019).

Mezi základní dva druhy prostojů u ztráty dostupnosti patří plánované a neplánované prostoje. **Plánované prostoje** zahrnují například víkendy, dovolené, obědy a přestávky, preventivní údržbu, kontrolu kvality, plánované doplnění materiálu, TPM, testy, 5S, seřizování a nastavení stroje. V případě, že se plánované prostoje monitorují a lze rozlišit a určit jejich původ, je možné dobu jejich trvání a postupy standardizovat (SVĚTLÍK, 2003).

Mezi plánované prostoje patří **seřizování a nastavení**, což je jakákoliv aktivita spojená s výměnou zařízení, nástrojů, seřizováním a přenastavením pro výrobu jiného výrobku. Ztráty lze snížit plánováním optimálních výrobních dávek, monitoringem a identifikací těchto ztrát při odchylce. Seřizování a nastavení patří mezi tradičních šest velkých ztrát (EAST-GATE, 2020).

Neplánované prostoje zahrnují například porucha zařízení, porucha nástroje, specifické prostoje, které vychází z výroby, nedostatek materiálu, nedostatek pracovníků. Neplánované prostoje jsou takové, které vznikají neplánovaně a nečekaně, je snaha tyto neočekávané poruchy a prostoje co nejvíce eliminovat. Příčiny těchto prostojů mohou být různorodé (VORNE, 2019).

Porucha zařízení patří také mezi tradičních šest velkých ztrát a jedná se o neplánovaný prostoj, je to selhání zařízení, které vede k zastavení stroje a výroby. Často se jedná o neočekávanou poruchu stroje nebo nástroje a může vést k úplnému zastavení práce. Prevencí je například pravidelná údržba, dostupné náhradní díly pro klíčové komponenty, automatizace nebo automatické upozornění na vzniklou poruchu (EAST-GATE, 2020).

Ukazatel dostupnosti je dán vztahem:

$$\text{dostupnost} = \frac{\text{plánovaný čas výroby} - \text{čas přerušení}}{\text{plánovaný čas výroby}}$$

Vzorec 4: Ukazatel dostupnosti (Převzato z: JUROVÁ, 2016, s. 154)

V čitateli je použit čas výroby, který je pro stroj plánován, od něj se odečtou veškeré časy prostojů, celé se podělí plánovaným časem výroby. Výsledkem je index využití stroje, čím blíže je k číslu 1, tím více se stroj využívá.

Paretova analýza

Paretova analýza je rozhodovací technika založená na pravidle 80/20. Tato rozhodovací technika statisticky rozdělí limitovaný počet vstupních faktorů podle největšího dopadu na výstup, který může být buď žádoucí nebo nežádoucí. Paretova analýza je založena na myšlence, že 80 % zisku je dosaženo 20 % práce nebo, že 80 % problémů je důsledkem 20 % příčin (KENTON, 2019).

Paretova analýza má několik základních kroků:

- identifikace jednoho nebo více problémů,
- identifikace příčin problémů nebo potencionálních problémů,
- hodnocení jednotlivých problémů přiřazením čísel každému z nich, stanovení priorit,
- rozřídění problémů do jednotlivých skupin,

- tvorba a implementace řešení problémů dle stanovených priorit (KENTON, 2019).

Mezi výhody Paretovy analýzy patří určení problémů, které je potřeba vyřešit a předností, které jsou přínosem, což pomáhá při stanovení priorit a efektivnímu přidělení zdrojů. Nevýhodou může být nepřesnost nebo možnost, že Paretovo pravidlo nebude platit pro daný proces, protože se jedná více o výstup pozorování (KENTON, 2019).

1.5.2 Ztráta výkonu

Ztráta výkonu nebo také ztráta rychlosti je cokoliv, co zapříčinilo delší reálnou výrobní dobu potřebnou pro vyrobení jednoho kusu výrobku, než je předepsaný výrobní čas, tedy zařízení nevyrábí s nejvyšší možnou teoretickou rychlostí. Dalším typem jsou mikro prostoje, stroj tedy nevyrábí plynule se stabilní rychlostí (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 112).

Mikro prostoje způsobuje selhání zařízení, které vede k zastavení stroje a výroby na dobu kratší, než je čas seřízení. Tento prostoj obvykle nezastaví celou výrobu, ale jednu konkrétní oblast, jedná se například o zablokovaný komponent, zablokovaný snímač nebo nesprávný přísun či odsud materiálu z výrobních zařízení. Použitým opatřením může být standardizace ověřených postupů, okamžité upozornění, oprávnění k opravě proškoleným zaměstnancům, monitoring a identifikace těchto ztrát (VORNE, 2019).

Snižená rychlost zahrnuje časový úsek, kdy zařízení vyrábí pomaleji, než je optimální rychlost. Tento typ ztráty je nejhůře identifikovatelný a dochází zde k výrazné ztrátě produktivity, příčinou je často opotřebené nebo špinavé zařízení, špatné mazání, nevyhovující a těžko zpracovatelný materiál, špatná norma nebo neproškolený personál. Opatření zahrnuje standardizaci nejlepších možných postupů pro dosažení optimální rychlosti, udržování stroje v dobrém stavu, monitoring rychlosti sběrem dat ze strojů nebo omezení úmyslného snižování a zvyšování rychlosti zařízení (VORNE, 2019).

Ukazatel výkonu je dán vztahem:

$$\text{výkon} = \frac{\text{počet vyrobených kusů} \times \text{ideální cyklus (takt)}}{\text{plánovaný čas výroby} - \text{čas přerušení}}$$

Vzorec 5: Ukazatel výkonu (Převzato z: JUROVÁ, 2016, s. 154)

V čitateli je použit počet skutečně vyrobených kusů a vynásobí se ideálním taktem, tedy normovaným časem na jeden kus výrobku, ve jmenovateli se od plánovaného času výroby odečte součet časů přerušení, tedy veškerých prostojů. Vypočítaný index výkonu stroje je tím lepší, čím blíže je k číslu 1.

1.5.3 Ztráta kvality

Ztráta kvality zahrnuje vyprodukované výrobky, které nesplňují dané požadavky na kvalitu, může zahrnovat nekvalitní výrobky s vadami nebo poškozením, a odpady. Kvalitu ovlivňují chyby pracovníka, poruchy stroje, nesprávná technologie, nevhodná kontrola a vadný vstupní materiál. Jedná se o ztráty při rozběhu a zmetkovou výrobu (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 112).

Ztráty při rozběhu jsou ztráty, které mohou být často spojeny s přechodem na nový výrobek, zmetkovým náběhem výroby nebo jiných změnách. Často je první sada výrobků nepoužitelná z důvodu nějakých chyb a problémů. Tyto ztráty lze snížit malými počátečními dávkami kvůli identifikaci případného problému, při opakovaném problému změnit postup při náběhu výroby nebo implementací vylepšeného monitorování problémů (VORNE, 2019).

Zmetková výroba je podobný typ ztráty, jako při rozběhu s rozdílem, že tato ztráta se může vyskytnout kdykoliv během výroby, proto se tato ztráta náročněji opravuje. Důležité je neustálé sledování zmetků a příčin jejich tvorby, provádět kontroly po prostojích a aktivně monitorovat kvalitu během celého výrobního procesu (EAST-GATE, 2020).

Ukazatel kvality je dán následujícím vztahem:

$$\text{kvalita} = \frac{\text{počet vyrobených kusů} - \text{zmetky}}{\text{počet vyrobených kusů}}$$

Vzorec 6: Ukazatel kvality (Převzato z: JUROVÁ, 2016, s. 154)

V čitateli je od počtu vyrobených kusů odečten počet kusů zmetků, celé je následně vyděleno počtem vyrobených kusů. Čím blíže je index kvality k číslu 1, tím je výroba kvalitnější.

Mezi zdroje nekvality lze zařadit nesprávný provoz výrobního zařízení, nedodržování standardů, přechod na nový výrobek a následný zmetkový náběh výroby, kdy je první sada výrobků nepoužitelná. Dalším zdrojem nekvality mohou být chronické vady, které jsou náročnější na identifikaci a následně na odstranění a uvedení provozu výrobního zařízení do normálních podmínek (JUROVÁ, 2016, s. 153).

Mezi zdroje nekvality patří také nekvalitní údržba, tedy nesplnění určitého stupně požadavků. Pokud nejsou identifikovány a odstraněny poruchy a jejich zdroje na výrobním zařízení, mohou vzniknout problémy s kvalitou produkovaných výrobků (TALVA, 2016).

1.6 Nápravná opatření pro prevenci/eliminaci ztráty dostupnosti

Ztráta dostupnosti, tedy plánované a neplánované prostoje jsou určitým druhem plýtvání, pro jejichž prevenci a eliminaci se používají níže uvedená nápravná opatření.

1.6.1 DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control)

DMAIC je pěti – fázová strategie pro zlepšení širokého výběru organizačních procesů, ať už se jedná o softwarový vývoj, výrobu nebo některé další procesy. Tato strategie bývá velmi často spojována se strategií *Six Sigma*, ovšem strategie DMAIC může být aplikována jak na štihlé procesy, tak na jiné optimalizační strategie procesů. DMAIC je daty řízená technika řešení problémů navržená k identifikaci úzkých míst v procesu a vadných výstupů, optimalizaci těchto úzkých míst a vadných výstupů a také pro jejich lepší predikci (TANNER, 2021).

DMAIC znamená těchto pět fází:

- define (definovat),
- measure (měřit),

- analyse (analyzovat),
- improve (zlepšovat),
- control (řídit) (TANNER, 2021).

Během fáze **define (definovat)** se definují problémy a cíle řešení. Tato fáze je o mapování procesu, zaměření, rozsahu a cíle. Ve fázi definování je zahrnuto několik klíčových kroků – určení zákazníků a jejich požadavků, rozvinutí rozsahu, cílů a výhod, identifikace zapojených osob do procesu, určení zdrojů, odhad dopadu projektu, tvorba projektového plánu a milníků (HENSHALL, 2017).

Fáze **measure (měřit)** zahrnuje sběr dat k porozumění problematice daného procesu. Začíná se určením metod, které budou použity ke sběru a posouzení dat, dále se identifikují vstupy, procesy a výstupy. Následuje samotný sběr a posouzení dat současného stavu vybraného procesu, nastínění možného režimu selhání a analýzy dopadů a provedení analýzy schopností daného procesu (TANNER, 2021).

Ve fázi **analyse (analyzovat)** je cílem identifikovat a testovat základní příčiny problémů, aby bylo zajištěno, že zlepšení proběhne v místě základní příčiny problémů. Fáze analýzy obsahuje kroky jako provedení kompletní *RCA (Root Cause Analysis)*, která pokryje široké rozpětí metod a technik, a *Problem Solving* model. Dále se použije metoda *FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)* k identifikaci všech možných problémových oblastí, neefektivností, chyb a defektů, následuje vizuální reprezentace variací v daném procesu, provedení kontroly procesu a návrh plánu pro zlepšení (TANNER, 2021).

Ve fázi **improve (zlepšovat)** se použijí veškeré znalosti získané během přechodných fází, cílem je maximalizovat výkon těchto vstupů. Tato fáze zahrnuje navržení *DOE (Design of Experiments)* k určení očekávaných výhod zvoleného řešení, přezkoumají se vytvořené mapy procesů a plánů se získanými daty, navrhnou se a posoudí potencionální vylepšená řešení (HENSHALL, 2017).

Poslední fáze **control (řídit)** zajišťuje, aby veškerá nová řešení a návrhy pro procesy správně fungovaly a mohly být případně v budoucnu optimalizovány. V této fázi se standardizují a dokumentují dané procesy, připravují se implementační plány a provádí se statistické řízení procesů *SPC (Statistical Process Control)* ke kontrole provádění procesů a identifikaci případných chyb (HENSHALL, 2017).

Demingův cyklus

Demingův cyklus má název **PDCA (Plan, Do, Check, Act)**, je to jeden z klíčových elementů ve štíhlé výrobě a používá se také k optimalizace jakéhokoliv procesu. Od metody DMAIC se liší počtem fází a také nástroji, které jsou použity v každé fázi (ROSER, 2016).

Cyklus PDCA je série činností ke zlepšování a zdokonalování procesů, jedná se o interakci mezi výzkumem, projekcí, výrobou a prodejem. Cyklus začíná plánem, který zahrnuje prostudováním současné situace, kdy jsou shromažďovány data, která budou později použita při návrhu optimalizace. V této fázi je důležité určit rozsah a cíl, jakého chceme dosáhnout. Následuje fáze realizace a fáze kontroly, kdy se posoudí, zdali bylo dosaženo očekávaných zlepšení. V případě úspěchu se přejde k poslední fázi, kterou je standardizace použitých metod (IMAI, 2004, s. 75).



Obrázek 4: Cyklus PDCA (Zdroj: ROSER, 2016)

PDCA cyklus se neustále otáčí, jakmile je dosaženo optimalizace, stane se z něj standard. Z toho důvodu je PDCA cyklus chápán jako metoda neustálého zlepšování a proces pro zavádění nových standardů, které se neustále nahrazují novými a lepšími standardy (IMAI, 2004, s. 77).

Cyklus **SDCA (Standardize, Do, Check, Act)** je proces stabilizace, který předchází cyklu PDCA. Oba tyto cykly by měly neustále pracovat ve vzájemné shodě. SDCA cyklus se používá ke stabilizaci podmínek v začátcích pracovního procesu, kdy se například stabilizují podmínky pro výrobní linku, aby hodinová produkce na výrobní lince dosahovala stanovené hodnoty. Teprve po zavedení SDCA a stabilizaci standardu a podmínek lze přejít k fázi zlepšení daného standardu (IMAI, 2004, s. 78).

1.6.2 5S

Systém 5S je nástroj *lean filozofie*, který slouží k eliminaci plýtvání a optimalizaci produktivity pomocí uspořádání pracoviště a použití vizuálních pomůcek k dosažení více konzistentních provozních výsledků. Použití systému 5S pomáhá k úklidu a organizaci pracoviště, obvykle je to v pořadí první štíhlá metoda, kterou podniky realizují (EPA, 2020).

Termín 5S pochází z japonských následujících pěti japonských termínů:

- **seiri (sort)** – třídit, tedy rozdělit používané potřebné předměty a nepoužívané předměty, nepotřebné předměty vyhodit,
- **seiton (set in order)** – systematizovat, každý předmět má své místo, uspořádat potřebné předměty je první krok k určení, jaké nářadí nebo náčiní je nejpotřebnější, dále může být použito různé značení k identifikaci materiálů,
- **seiso (shine)** – čistit, tedy uklidit pracovní prostředí a udržovat ho čisté a uklizené, což zvyšuje standard kvality a kontroly procesu,
- **seiketsu (standardize)** – standardizovat, vytvořit pravidla, vyvinout systém a procedury k udržení a kontrole prvních třech S (*seiri, seiton, seiso*),
- **shitsuke (sustain)** – udržení a neustálé vylepšování procesů zlepšení (BLANCO, DEDERICHS, 2018, s. 151).

Systém 5S pomáhá odstraňovat překážky a snížit riziko nehody, čehož lze dosáhnout například použitím viditelného značení na strojích a různými pokyny pro správnou manipulaci se

zařízením, dále uspořádáním používaných nástrojů a náradí nebo pravidelným čištěním stroje, které snižuje riziko kontaminace během výrobního procesu a následné produkce výrobků s defekty (EPA, 2020).

1.6.3 Autonomous Maintenance AM

Autonomní údržba, dále AM, patří mezi pilíře TPM. Autonomní údržba je údržba prováděná operátory, kteří samostatně provádějí část údržbových zásahů. Další úkony údržby, jako například opravy vyžadující speciální kvalifikaci, jsou prováděny údržbáři. Operátoři využívají při AM své znalosti a zkušenosti z výroby a znají zařízení detailněji, takže po získání zkušeností s daným strojem dokážou odhalovat nepravidelnosti a možné poruchy stroje v předstihu. Výsledkem je snížení neplánovaných prostojů (LEGÁT a kol., 2013, s. 147).

Cílem autonomní údržby je snížit čas výroby předcházením a včasným odhalením poruchy zařízení a zajistit tedy bezproblémový výrobní proces, operátoři tedy musí být proto flexibilní a udržovat v dobrém stavu veškeré zařízení (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 150).

Autonomní údržba má sedm kroků:

1. počáteční čištění,
2. odstraňování zdrojů znečištění,
3. normy čištění a mazání,
4. kontrola stavu zařízení,
5. autonomní kontrola,
6. organizace a pořádek,
7. plně autonomní údržba (LEGÁT a kol., 2013, s. 147).

První tři kroky (počáteční čištění, odstraňování zdrojů znečištění, normy čištění a mazání) jsou výchozím stavem pro provádění autonomní údržby. Další dva kroky (kontrola stavu zařízení, autonomní spadají) do druhé fáze rozvoje, kdy je potřeba stanovit standardy a prohloubit úroveň znalostí operátorů pro provádění vybraných částí údržbářských zásahů. Poslední dva kroky (organizace a pořádek, plně autonomní údržba) patří do fáze zlepšování, kdy je snaha udržet bezztrátovost v oblasti udržování strojů (LEGÁT a kol., 2013, s. 147).

Třetí krok autonomní údržby – **normy čištění a mazání** (Cleaning, Inspection, Lubrication), zkráceně **CIL**, slouží k údržbě a neustálému zlepšování stavu zařízení a výrobních podmínek, předcházení neplánovaným prostojům a zvýšení životnosti výrobního zařízení. Cílem je vytvořit normy čištění, kontroly a mazání individuálně pro každý stroj, na kterém se provádí autonomní údržba, definovat metody, které budou použity pro čištění a mazání vybraných částí zařízení, aby byla efektivně zvýšena životnost výrobního zařízení (TALVA, 2016).

1.6.4 Preventive Maintenance PM

Preventivní údržba, dále PM, je často nazývána také plánovaná údržba a patří mezi pilíře TPM. Pokud údržba zahrnuje i sběr velkého množství dat, nazývá se prediktivní údržba. Základní myšlenkou preventivní údržby je předcházet vzniku poruchy na výrobním zařízení. Obvykle se jedná o pravidelnou předem naplánovanou údržbu se stanovenými intervaly, údržbu podle stavu zařízení nebo údržbu podle předpokládaného stavu zařízení (ROSER, 2021).

Preventivní údržba s předem stanovenými intervaly zahrnuje kontroly a předepsané činnosti ve stanoveném termínu nebo po stanovené velikosti objemu produkce bez ohledu na technický stav zařízení. Při této údržbě se kontrolují například pohotovostní jednotky, náhradní díly, provádí se kontrola zařízení, mazání a technická data, která mohou být vyžadována k provedení některých úkonů. Zařízení, které vyžaduje periodickou údržbu, by mělo být kontrolováno na základě předchozích zkušeností, zařízení a vybavení, které není v dobrém stavu by mělo být kontrolováno pravidelně, aby došlo k eliminaci možného defektu (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 95).

Preventivní údržba dle stavu zařízení se provádí na základě monitorování charakteristik nebo parametrů a dalších činnostech údržby. Mezi tradiční metody sledování stavu zařízení patří hluk, přehřátí, netěsnosti a zhoršení stavu povrchu. Efektivní monitorování těchto stavů zařízení umožňují snímače a senzory, dále také metody vyhodnocování získaných údajů o zařízení, které pomáhá určit objektivní stav zařízení. Preventivní údržba dle stavu zařízení minimalizuje poruchová stavy zařízení, prohlubuje znalosti o vlastnostech zařízení a zlepšuje celkovou bezpečnost (LEGÁT a kol., 2013, s. 48).

Preventivní údržba dle předpokládaného stavu využívá získaná data k vyhodnocení stavu zařízení a předvídání budoucího vývoje stavu zařízení. Získaná data se také využívají k určení potřebných kroků k předcházení poruchových stavů výrobního zařízení, definici významných rizik, které mohou poruchový stav způsobit a stanovení akceptovatelné hodnoty a postupy identifikace pro každé riziko (LEGÁT a kol., 2013, s. 49).

1.6.5 Single Minute Exchange of Dies SMED

Single Minute Exchange of Dies, dále SMED, je metoda pro dramatické snížení času, který je potřeba k dokončení přenastavení a seřízení výrobního zařízení. Základem metody SMED je provést přenastavení a seřízení stroje pod 10 minut, dále zjednodušit a zefektivnit zbývající kroky (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 79).

Mezi pozitivní dopady metody SMED patří nižší výrobní náklady, zvýšení pružnosti provozu, zrychlení reakce na změny v poptávce, snížení plýtvání, zmenšení objemu zásob díky zlepšené reakci na změny a zvýšení celkové hodnoty OEE (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 79).

Během seřizovacích operací jsou realizovány dva typy operací – **interní a externí operace**. Kroky interního seřízení lze provést pouze v době, kdy je stroj vypnutý a neběží. Kroky externího seřízení lze provést v době, kdy stroj stále běží. Mezi základy metody SMED patří převést co nejvíce interních seřízení na seřízení externí (AGUSTIADY, CUDNEY, 2015, s. 80).

Metoda SMED má šest základních kroků:

1. změřit čas přenastavení a seřízení stroje
2. identifikovat interní a externí kroky
3. převést co nejvíce kroků na externí
4. zkrátit dobu trvání interního seřízení
5. zkrátit dobu trvání externího seřízení
6. standardizovat nový postup (ROSER, 2014).

První krok zahrnuje měření času celého procesu přenastavení a seřízení stroje, výstupem by měl být seznam kroků s časy potřebnými k provedení jednotlivých operací během přenastavení stroje. Po identifikaci interních a externích kroků následuje převedení co nejvíce operací na externí tak, aby nebyly narušeny stávající externí kroky. Tímto se zároveň zkrátí doba potřebná k zastavení stroje pro seřízení a přenastavení. Následuje zkrácení doby trvání interního a externího seřízení. Posledním krokem je standardizace nového postupu, což zahrnuje tvorbu dokumentace a zaučení pracovníků (ROSER, 2014).

1.6.6 Problem Solving

Řešení problémů, *A3 Problem Solving*, je jeden z nástrojů štíhlé výroby a je to strukturovaný přístup k řešení problémů. Základem této metody je detailní popsání problému na papír, jehož maximální velikost je A3. Metoda řešení problémů využívá myšlenku Demingova cyklu PDCA, má za cíl nalézt původní příčinu problému a vytvořit návrh metody pro řešení daného problému (BLANCO, DEDERICHS, 2018, s. 152).

Metoda Problem Solving má následujících sedm kroků:

1. definice problému,
2. sběr a analýza dat,
3. definice požadovaného stavu,
4. analýza příčin RCA (Root Cause Analysis),
5. návrh řešení a opatření,
6. standardizace řešení,
7. poučení z problému (BLANCO, DEDERICHS, 2018, s. 153).

Prvním krokem metody Problem Solving je definice problému, kdy je stručně vysvětlen problém, který je potřeba vyřešit a spravit. Dalším krokem je sběr a analýza dat, zde je nastíněna současná situace, kterou způsobil daný problém. U tohoto kroku je důležité, aby byl založen na faktech a je vhodné použít například diagramy. Třetí krok je definice požadovaného stavu, kdy jsou použity data z druhého kroku a je definován požadovaný stav, dále je provedena analýza příčin RCA, kdy je identifikována původní příčina problému. V pátém kroku je navrženo řešení a opatření, kdy je základem zodpovědět otázky *co*, *kdo* a *do kdy*. Šestým krokem je standardizace řešení a měření efektivnosti zvoleného řešení, pokud je zvolený postup efektivní lze zavést nový standard. Posledním sedmým krokem je poučení z problému a zajištění udržitelnosti stavu (BLANCO, DEDERICHS, 2018, 153).

1.6.7 Defect handling

Defect handling nebo také *Defect Management Process*, dále DMP, je definován jako proces identifikace a řešení úzkého místa, kde vznikl defekt. Defekty nebo také vady jsou definovány jako odchylky od normálního nebo požadovaného stavu. Základní myšlenkou DMP je včasná identifikace a prevence vzniku možné vady a výroba produktu s minimálními nebo nulovými vadami (SONI, 2015).

Prvním krokem při procesu identifikace a řešení úzkého místa je viditelnost vady, která začíná pochopením procesu vzniku úzkého místa, je potřeba znát, jak daná vada vznikla, a co její vznik

zapříčinilo. Druhým krokem je identifikace prioritních vad a úzkých míst. Cílem je určit, která úzká místa je potřeba řešit prioritně a prodiskutovat správnost, příčinu a závažnost. K tomu je zapotřebí sběr vhodných dat ve vhodný okamžik, data mohou zahrnovat například popis vady, výši nákladů, úroveň rizika a v jaké fázi byla vada nalezena. Dalším krokem je tvorba řešení a kroků pro nápravu vady, k čemuž se využijí data sesbíraná během prvního a druhého kroku. Posledním krokem je analýza vady nebo úzkého místa k provedení preventivních opatření. Během tohoto procesu se pracuje s daty před nápravou a po nápravě, která se zpracují tak, aby mohly být v budoucnu použity k prevenci vzniku úzkých míst nebo vad (ARENA, 2021).

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Druhá část diplomové práce obsahuje analýzu vybraného stroje a plánování výroby na pracoviště ohýbání. Bude zde popsán přidělený ohýbací stroj, výrobní proces, současný stav a bude provedena analýza plánování a prostojů ve výrobě.

2.1 Představení vybrané společnosti

Společnost, ve které je diplomová práce zpracována si nepřála, aby byla v práci uvedena pod svým názvem, takže bude uváděna pod fiktivním názvem VP (výrobní podnik).

Zvolená společnost je součástí americké holdingové společnosti, která vznikla v roce 1953. Tato holdingová společnost je globální průmyslovou organizací a zahrnuje více než 100 autonomních výrobních a servisních společností ve 23 zemích po celém světě.

Holdingová společnost se pohybuje v následujících sektorech:

- jeřáby,
- elektrické komponenty,
- technologie do potravinářských služeb,
- průmyslové výrobky,
- lékařství,
- kovy,
- instalatérství a chlazení,
- železnice,
- maloobchodní řešení,
- přepravní produkty,
- vodní technologie.

Společnost VP byla založena 24. července 2020 v Brně a jedná se o společnost s ručením omezeným. Základní kapitál a vklad společnosti je 1 000 Kč, který je stoprocentně splacen. Stoprocentním vlastníkem společnosti je jiná společnost, patřící pod výše zmíněnou holdingovou společnost.

Předmětem podnikání společnosti VP je výroba, obchod a služby.

Společnost má v České republice jeden výrobní závod v Brně. Výrobní závod byl do Brna přestěhován z Německa v průběhu minulého a letošního roku.

2.1.1 Specializace společnosti

Společnost VP se specializuje v oblasti technologií do potravinářských služeb, konkrétně v oblasti výroby zařízení pro výdej nápojů. V podniku se vyrábí dva typy zařízení pro výdej nápojů, prvním typem jsou systémy výdeje vody a druhým typem, vyráběným na linkách SOFT, jsou dálkové chladiče věže, zařízení či příslušenství pro výdejní systémy nápojů post-mix.

Mezi produkty vyráběné na linkách SOFT patří:

- dálkové chladiče,
- klasické věže pro výdej nápojů a digitální věže pro výdej nápojů,
- klasické věže pro výdej ledových nápojů a digitální věže pro výdej ledových nápojů,
- automatické výdejní věže,
- pultové automaty pro výdej nápojů,
- regály do zadních místností.

Systemy výdeje vody se vyrábí ve čtyřech velikostech:

- Small,
- Medium,
- Large,
- X-Large.



Obrázek 5: Vyráběné produkty na linkách SOFT (Zdroj: VP, 2021)

Mezi největší zákazníky společnosti patří například Coca Cola, Pepsi, McDonald's, Burger King nebo Subway.

2.1.2 Hodnoty společnosti

Mezi hodnoty společnosti patří charakter, odvaha, tvořivost a kolektiv. Společnost si zakládá na děláni správných věcí jak pro společnost, tak pro jejich partnery a buduje důvěru otevřenou komunikací. Mezi další hodnoty společnosti patří odvaha riskovat, provádět náročná rozhodnutí a nebát se změn. Společnost si cení tvořivosti, inovace, jednoduchosti, snaží se růst neustálým učením a také si cení kolektivu a lidí, které považuje za svou největší výhodu a snaží se budovat a zlepšovat pracovní vztahy.

2.2 Popis vybraného stroje

Na pracovišti ohýbání jsou používány dvě ohýbací zařízení – ohýbací stroj Liman a ohýbací stroj Pneufarm. Na ohýbacím stroji Liman se ohýbají trubky větších průměrů, obvykle průměr 11 cm, zatímco na ohýbacím stroji Pneufarm se ohýbají trubky různých průměrů a je tedy variabilnější. Díly vyprodukované na pracovišti ohýbání se používají do chladících zařízení v potravinářském průmyslu.

Pro zpracování diplomové práce mi byl přidělen 2-osý ohýbací stroj Pneufarm PB600, který se používá na ohýbání trubek, drátů a plochých materiálů.

V podniku je stroj využíván pro ohýbání trubek ze dvou různých materiálů – mědi a nerez. Měděné trubky mohou mít tři různé průměry, zatímco nerezové trubky, které se v podniku používají mohou mít až pět různých průměrů. Používané průměry jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Materiály a průměry trubek (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Měď	Nerez
průměr [mm]	průměr [mm]
6	6
8	8
10	9
	9,5
	11

Trubky se na ohýbacím stroji ohýbají dle zadaného výkresu, který má přidělené materiálové číslo, obvykle se ohýbají buď pouze do nějakého specifického tvaru nebo do košů, které se po dalších úpravách vkládají během montáže do větších chladících zařízení.



Obrázek 6: Trubka po procesu ohýbání (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)



Obrázek 7: Koš po procesu ohýbání (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Na obrázku 6 je znázorněna trubka po procesu ohýbání a na obrázku 7 je znázorněn koš po procesu ohýbání, který ještě není doplněn o plastové opory.

Na následujícím obrázku 8 je zachycen stroj Pneuforn, na kterém je již na první pohled vidět, že je nedostatečně označen, stejně tak, jako jeho okolí. Z tohoto důvodu vzniká také velké riziko možného zranění a zároveň špatné orientace pracovníků v prostoru. Na obrázku lze také vidět prostor, kde vstupuje materiál do stroje. Klubko měděné nebo nerezové trubky o daném rozměru je odvíjeno a vstupuje do stroje.

Klubka trubek s většími průměry se obvykle dodávají v délce až 300 metrů a klubka trubek s menšími průměry se obvykle dodávají v délce až 1200 metrů. Na jednu zakázku se průměrně spotřebují desítky metrů, někdy stovky metrů, pokud se jedná o větší průměry a v případě menších průměrů se průměrně spotřebuje 800 až 1000 metrů na jednu zakázku.

Na obrázku 9 je zachycena vstupní část stroje, kde probíhá rovnání trubky, trubka dále prostupuje strojem, kde probíhá další rovnání a mění se také některé vlastnosti materiálu. Vstupní částí je 2 – rovinová válečková rovnačka, která se ručně nastavuje dle materiálu a průměru trubky, které budou na stroji ohýbány.

Na obrázku lze dále vidět ovládací panel ohýbačky. Ohýbání trubek probíhá vždy na základě daného spuštěného programu, veškeré programy jsou uloženy v počítači, kde jsou rozděleny dle materiálu a průměru trubky. Již na první pohled lze zaznamenat, že počítač je zastaralý, stejně tak, jako používaný operační systém MS-DOS.



Obrázek 8: Vstup materiálu do ohýbačky (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)



Obrázek 9: Sekce rovnání trubek (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Na obrázku 10 je zachycena poslední sekce ohýbacího stroje, kterou je klec, kde dochází k samotnému ohýbání trubek do požadovaného tvaru automatickou ohýbačkou. V případě potřeby je pod ohýbačku umístěn pomocný plech jako podpora při ohýbání větších nebo

komplikovanějších košů, aby nedošlo k ohnutí nebo deformaci trubek. Na konci ohýbačky se nachází pila, která se po dokončení ohýbacího procesu vysune a uřízne vyhotovenou trubku nebo koš.

Opět lze na první pohled vidět, že prostor není dostatečně označen, obzvláště klec, která má sloužit jako bezpečnostní prvek, aby nedošlo k úrazu.



Obrázek 10: Sekce ohýbání a řezání (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Po skončení procesu ohýbání na stroji je někdy potřeba provést ještě ruční do ohýbání, které se skládá z jednoho až čtyřech ohybů a provádí je operátoři, kteří mají na starosti ohýbací stroje.

Následně putují vyhotovené trubky nebo koše na pracoviště ručního ohýbání, kde se provádí další operace dle požadavků na daný finální komponent:

- odjehlení,
- rozšíření,
- taumelování,
- pájení,
- montáž,

- drážkování,
- nasazení ucpávek, izolace.

2.2.1 Údržba stroje

Podnik je v současné době krátce po transferu, takže je určitě důležité zmínit, že transfer pracoviště ohýbání a jeho uvedení do provozu proběhlo až v poslední fázi a oba ohýbací stroje jsou v provozu nyní teprve přibližně dva měsíce.

Z tohoto důvodu není momentálně prováděna žádná pravidelná údržba ani čištění, často dochází k řešení problémů až v momentě, kdy se objeví. Příčinou je v současné době nedostatečná znalost stroje z důvodu krátké doby od uvedení do provozu, takže servisní pracovník nemá dostatek podkladů k tomu, aby mohl být sestaven a zaveden standard čištění a údržby, který by byl efektivní

2.2.2 Personální obsazení pracoviště

Na pracovišti ohýbání pracují v současné době na ohýbacích strojích dva operátoři, kteří se střídají na obou ohýbacích strojích. Operátoři pracují v jednosměnném provozu, pět dní v týdnu, kdy jedna směna trvá 7,5 hodin.

Na pracovišti ručního ohýbání také pracují dva operátoři v jednosměnném provozu.

Operátory na směně má na starosti shift leader a celé pracoviště ohýbání má na starosti team leader. K pracovišti ohýbání je také přiřazen jeden servisní pracovník, který se stará o údržbu a opravu ohýbacích strojů.

2.2.3 Prostorové uspořádání pracoviště ohýbání

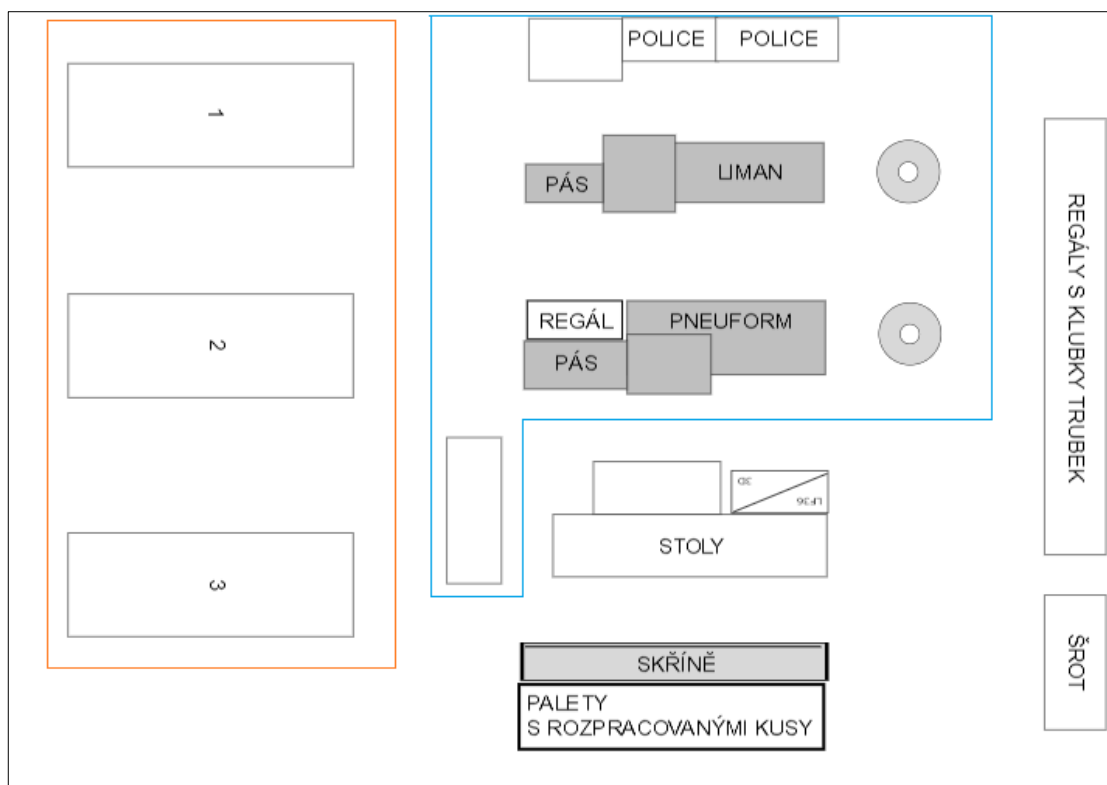
Na obrázku 11 je zobrazeno uspořádání pracoviště ohýbání, které je v podniku také jinak nazýváno „tubing area“.

Oblast označena modrou barvou je pracoviště, kde probíhá ohýbání na ohýbacích strojích Liman a Pneuforn, lze vidět, že stroj Liman se nachází v zadní části pracoviště a stroj Pneuforn se nachází v přední části pracoviště. Napravo od strojů se nachází klubka trubek, které poté vstupují do strojů. V zadní části za strojem Liman se nachází stůl, u kterého se provádí do ohýbání trubek a košů vyrobených na stoji Liman. Vlevo vpředu před strojem Pneuforn se nachází stůl, kde se provádí ruční do ohýbání trubek a košů vyrobených na stroji Pneuforn.

Oblast označena oranžovou barvou je pracoviště ručního ohýbání, kde se provádí další operace dle požadavků na finální komponent. Na pracovišti ručního ohýbání se nachází tři velké stoly, kdy u prostředního stolu označeného číslem 2 lze využívat přístup z obou stran. Na okrajích stolů jsou umístěny zařízení potřebná k provedení některých z požadovaných operací.

Napravo od ohýbacích strojů se nachází klubka trubek všech průměrů, které se poté zpracovávají na strojích a zbytky klubek, které se nespotřebovaly. Vedle regálů se nachází kontejnery se šrotem, tedy poškozenými výrobky, které již nelze opravit a použít.

U ohýbacích strojů jsou umístěny stoly pro team leadera a shift leadera, za jejich stoly se nachází stůl se zásuvkami, které jsou označeny dle materiálu a průměru. Do zásuvek se vkládají listy s výrobními pokyny a kusovníky pro zakázky, které mají být vyhotoveny. Napravo se nachází stojan s pomocnými plechy do ohýbacích strojů.



Obrázek 11: Prostorové uspořádání pracoviště ohýbání (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Materiálový tok na pracovišti ohýbání je dle obrázku zprava doleva, tedy materiál z úložného prostoru prochází nejprve strojem a poté pokračuje dále na pracoviště ručního ohýbání, odkud již vyhotovené zakázky pokračují na výrobní linku na montáž.

2.3 Plánování výroby

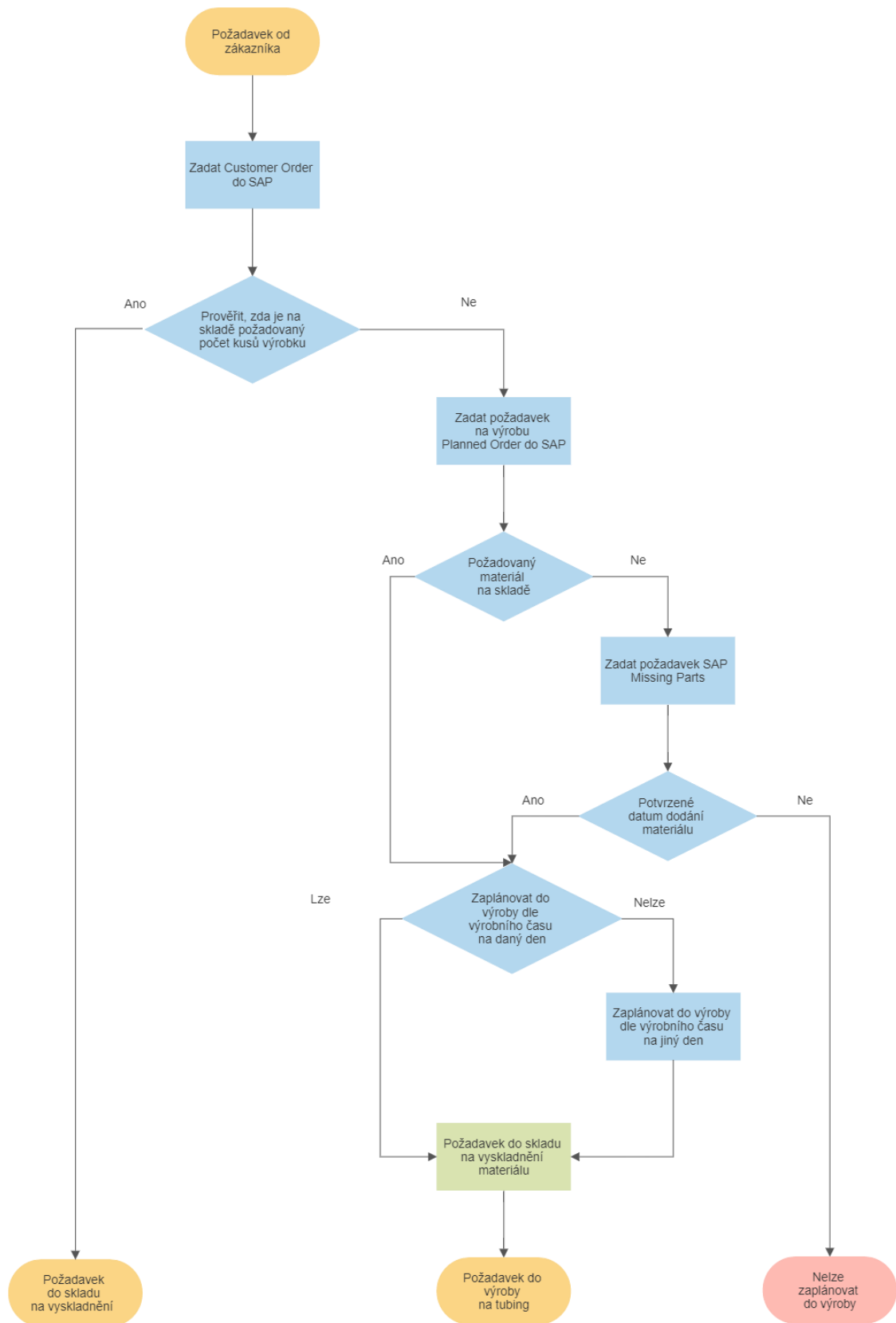
Plánování výroby na ohýbání má na starosti plánovač, který se na základě několika faktorů rozhoduje, jak zakázku zaplánuje do systému. Plánování je zde závislé na množství materiálu na skladu, zdali je ho dostatek na pokrytí zakázky v požadovaném dni a čase, dále na tom, zdali je možné zakázku zaplánuvat na požadovaný den nebo tak, aby nemuselo docházet k posouvání termínu výroby finální jednotky.

2.3.1 Používaný MES systém

V podniku se používá pro zpracování dat MES systém SAP, který je nezávislý na průmyslovém odvětví a procesy lze do určité míry přizpůsobit specifickým požadavkům. Co se týče modulu plánování a řízení výroby, zde lze zohlednit například různé výrobní strategie od kusové po hromadnou či sériovou výrobu.

Základem pro plánování v systému SAP jsou kmenová data výroby jako záznamy produktu pro popis výrobku, kusovníky, pracovní (technologické) postupy pro definování pořadí operací výroby produktu, pracoviště, kde se budou jednotlivé operace výrobního postupu provádět a pomocné výrobní prostředky.

2.3.2 Rozhodování při plánování výroby



Obrázek 12: Současný diagram rozhodování při plánování výroby na ohýbání (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Na obrázku 12 je zobrazen diagram rozhodování při plánování výroby na ohýbání.

Proces plánování začíná přijetím požadavku od zákazníka a zadáním *Customer Order* do systému SAP.

Než se zaplňuje požadavek do výroby, je nejdříve zapotřebí prověřit v systému SAP podle produktového čísla, zdali na skladě bude v daný termín požadovaný počet kusů objednaných trubek nebo košů, které patří do finální jednotky objednané zákazníkem. V případě, že by taková situace nastala, zadá se požadavek do skladu na vyskladnění a není zapotřebí zaplánovat do výroby na ohýbání.

Naopak v případě, že požadovaný počet kusů daného produktu na skladu není, zadá se do systému SAP požadavek na výrobu, tedy *Planned Order*.

Po zadání požadavku na výrobu se provede v systému SAP kontrola materiálu (trubky o určitém průměru z nerezů/mědi) na skladě, zdali bude v požadovaném časovém období dostupný potřebný materiál pro výrobu. Plánované objednávky se vytváří v důsledku možného nedostatku materiálu na skladě. V případě, že by materiál dostupný nebyl, zadá se do systému SAP požadavek *Missing Parts* na požadované materiálové číslo a provede se kontrola potvrzeného datumu dodání daného materiálu.

Pokud datum dodání výrobního materiálu není potvrzený nákupním oddělením, není možné do výroby zaplánovat požadavek na daný díl.

V případě, že je při kontrole potřebný materiál na skladě v požadovaném množství anebo je potvrzené datum dodání potřebného materiálu, následuje zaplánování požadavku do výroby. V systému SAP nebo pomocné tabulce Excel je nutné provést kontrolu dostupnosti výrobní kapacity ve zvolený den. Podle celkového výrobního času a již zaplánovaných požadavků na výrobu na potřebný den se plánovač rozhodne, zdali je ještě možné danou zakázku zaplánovat nebo je nutné zakázku zaplánovat na jiný termín. Podle termínu, kdy se zaplňuje do výroby zakázka na ohýbání se také následně zaplňuje do výroby termín, kdy by měla být vyhotovena finální jednotka, tedy kdy by měla být již hotová i montáž a balení daného počtu finálních jednotek dané zakázky.

Po zaplánování do výroby následuje zadání požadavku do skladu na vyskladnění materiálu a zadání požadavku do výroby na *tubing*, tedy do výroby na ohýbání. Kromě zadání požadavku do systému SAP se provede tisk listu požadavku do výroby a zanesou se do skladu a na pracoviště ohýbání. Obvykle je do výroby spuštěno více zakázek naráz, aby mohl team leader ohýbání zakázky rozdělit podle průměrů a materiálů a přizpůsobit si výrobu.

Plánovač se v současné době při plánování řídí především datumem, kdy zákazník požaduje, aby byly finální jednotky připravené k expedici, a výrobním časem. Bohužel zároveň v současné době je podnik s výrobou ve zpoždění, protože pracoviště ohýbání je v provozu teprve přibližně dva měsíce a operátoři nejsou na pracovišti ohýbání ještě dostatečně zkušení a zruční, takže výrobní čas je delší, než by měl být. Dalším důvodem je určitě provoz pouze na jednu směnu, a tedy omezenější výrobní kapacita, na kterou lze plánovat výrobu.

Z těchto důvodů je plánování výroby na ohýbání obtížnější a často nelze dodržet požadovaný termín, kdy by měly být trubky a koše vyhotoveny a je nutné datum výroby posunout na pozdější termín a následně je tedy nutné plánovat montáž finální jednotky až na pozdější termíny.

Tabulka 4: Pomocná tabulka Excel – plánování (Zdroj: VP, 2021)

Work Center	Work Order	Product number	Description	WO quantity	SAP booked qty.	Qty. units	Start date	End date	System status	Week #	Day	Cycle time / piece (hrs)	Cycle time / WO (hrs)	Duration	Month	Start-Week	End-Week
P01	1138594	220110790	Suction tube 2 - E5 Propan	20	0	PC	28.07.2021	28.07.2021	CRTD PRC MANC SETC	30	3	0,2	3,7	0	7	31	31
P01	1137794	220055969	Connection tube cooling coil	20	0	PC	29.07.2021	29.07.2021	CRTD PRC MACM SETC	30	4	0,1	1,0	0	7	31	31
P01	1137795	220055981	Connection Tube CO2 Dr.-Carb.	20	0	PC	29.07.2021	29.07.2021	CRTD PRC MANC SETC	30	4	0,0	0,7	0	7	31	31
P01	1137825	220106960	Evaporator - Energize 5	20	0	PC	23.07.2021	29.07.2021	CRTD PRC MANC SETC	30	4	0,5	9,3	6	7	30	31
P01	1138567	220110770	Evaporator; Energize 3 Propan	25	0	PC	29.07.2021	30.07.2021	CRTD PRC MANC SETC	30	5	0,7	16,7	1	7	31	31
P01	1138568	220106772	Evaporator coil assy E4	25	0	PC	29.07.2021	30.07.2021	CRTD PRC MANC SETC	30	5	0,5	12,3	1	7	31	28
P01	1138569	220110766	Suction Tube; Energize 3 Propan	30	0	PC	30.07.2021	30.07.2021	CRTD MSPT PRC MANC SETC	30	5	0,2	4,6	0	7	31	31
P01	1137791	220055956	Connection tube water inlet	20	0	PC	02.08.2021	02.08.2021	CRTD PRC MANC SETC	30	1	0,0	0,7	0	7	32	32
P01	1138570	220111292	Connection tube Capillary; E3 Propan	20	0	PC	02.08.2021	02.08.2021	CRTD MSPT PRC MANC SETC	31	1	0,0	0,6	0	7	32	32
P01	1138454	220112872	Connecting tube Loop Style XL	50	0	PC	03.08.2021	03.08.2021	CRTD PRC MANC SETC	31	2	0,0	2,3	0	7	32	32

V tabulce 4 je uvedena jako příklad část pomocné excelovské tabulky, se kterou plánovač pracuje. Veškerá data v tabulce jsou překopírovaná data ze systému SAP.

V prvním sloupci *Work Center* je uvedeno označení P01, což je označení pro pracoviště ohýbání. V dalších sloupcích jsou uvedeny čísla zakázek, čísla artiklů, které se budou vyrábět a názvy produktů. V tabulce je dále uvedeno požadované množství kusů do výroby a termíny, ve kterých proběhne výroba. Na konci tabulky jsou mimo týdny a dny, ve kterých proběhne výroba, uvedeny výrobní časy na kus (*Cycle time / piece*) a výrobní časy pro celou zakázku (*Cycle time / WO*). Výrobní časy jsou uvedeny v hodinách.

Z tabulky lze vidět, že nikde se nenachází informace o tom, z jakého materiálu je daný produkt vyráběn nebo jaký průměr by měla trubka mít. Některé produkty mohou být také sestavy, které se v finální podobě skládají v některých případech i z více materiálů nebo z dílů s různými průměry.

2.3.3 Popis modelového zaplánování zakázky

Pro ilustraci současného procesu plánování zakázky na ohýbání byl vybrán modelový příklad zakázky pod produktovým číslem 220055038 – Evaporator CR10, který je vyroben z trubky o průměru 11 mm z nerezového materiálu. Zakázka je na 10 kusů a datum dodání je 17.8.2021.

- Přijetí požadavku od zákazníka.
- Do systému SAP je zadán *Customer Order*, plánovač prověří stav na skladu. Na skladu není v současné době dostatek kusů, proto je třeba zadat požadavek na výrobu.
- Do systému SAP je zadán požadavek *Planned Order*.
- Proveďte kontrolu množství potřebného materiálu nerezové trubky o průměru 11 mm na skladu – je dostatek materiálu pro výrobu, takže je možné změnit *Planned Order* na *Production Order*.
- Nyní je možné zaplánovat zakázku, ideální datum je mezi 9.8. – 11.8.2021, ovšem v těchto dnech je již plná výrobní kapacita, takže se zakázka zaplňuje na čtvrtek 12.8.2021.
- V úterý 10.8.2021 změním stav *Production Order* z CRTD na REL, tedy z „vytvořeno“ na „spuštěno do výroby“. Nyní se zanesou list s požadavkem do výroby do skladu a na pracoviště ohýbání.

2.4 Materiálový tok

Materiálový tok pro ohýbání začíná ve skladu při zadání požadavku na vyskladnění materiálu potřebného pro vyhotovení produktů na pracovišti ohýbání. Do skladu je zanesen list požadavku do výroby a vložen do tabule, která je zachycena na obrázku 13. Listy se vkládají do tabule dle daného dne, na levé straně je také zásuvka pro urgentní případy, kdy je třeba vychystat materiál co nejdříve.



Obrázek 13: Tabule ve skladu na listy požadavků do výroby (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Listy požadavku do výroby je poté vkládán do příslušných zásuvek dle aktuálního stavu – vychystává se, vychystáno (čeká na odpis v SAP) a připraveno pro výrobu. Pokud by došlo k nějakým komplikacím, vloží se list do zásuvky problém.

Sklad má obvykle 48 hodin na to, aby vychystal materiál. Ve chvíli, kdy je materiál vychystaný, lze dle listu, který je vložen v zásuvce „připraveno pro výrobu“ najít umístění vychystaného materiálu, např. S30. Na obrázku 14 je zachycený vychystaný materiál pro pracoviště ohýbání.

Vychystaný materiál se umísťuje před stěnu, která odděluje výrobní halu a sklad, na příslušné odběrné místo. Na list požadavku do výroby se vždy napíše poznámka s umístěním vychystaného materiálu, odkud si jej odveze příslušný pracovník. K listu také náleží kusovník.



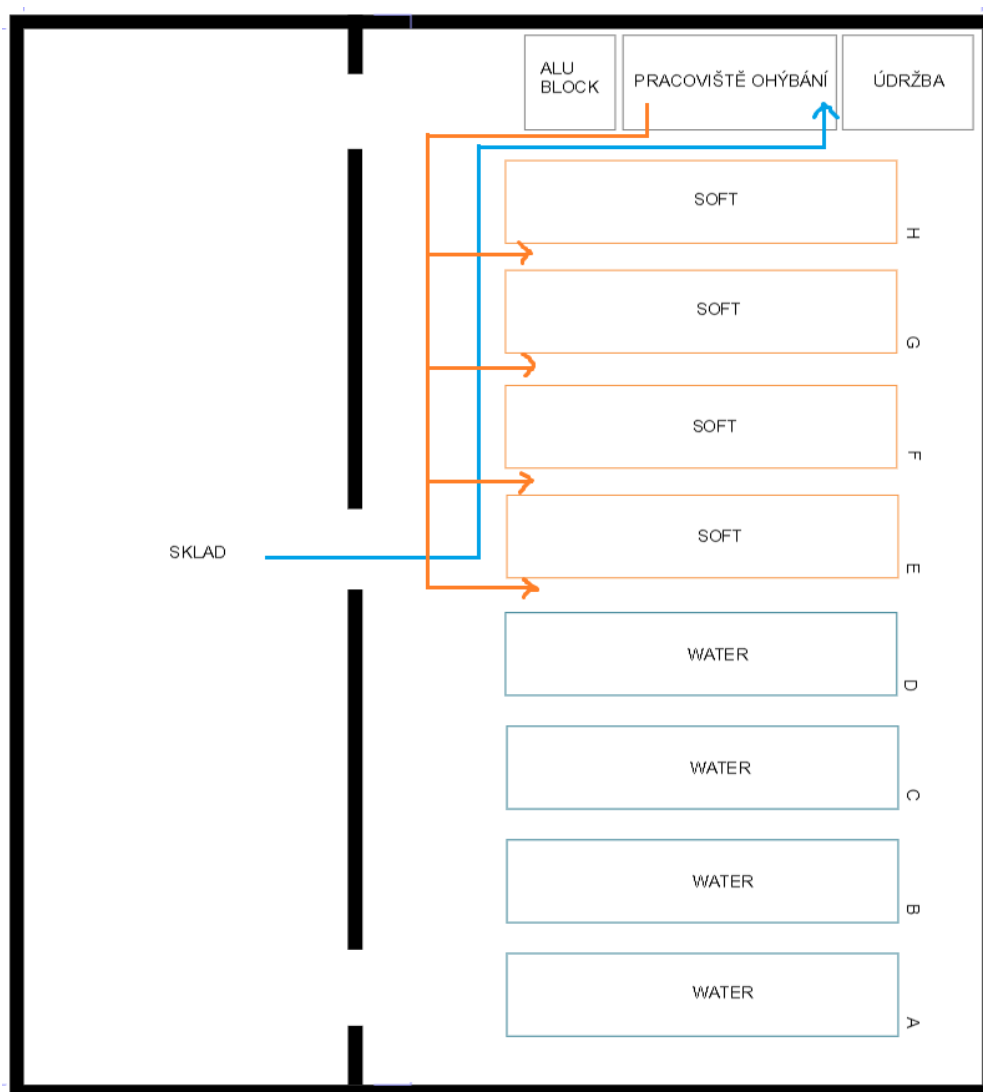
Obrázek 14: Vychystaný materiál (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)



Obrázek 15: Ukládání materiálu pro ohýbání (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Vychystaný materiál je následně převezen na pracoviště ohýbání a uložen dle daného průměru a materiálu, než je použit ke zpracování na stroji. Na obrázku 15 je zachyceno, jak je v současné době ukládán materiál na pracovišti ohýbání, než je zpracován na stroji. V blízké době je v plánu optimalizace ukládání materiálu do regálů, které bude přehlednější, bezpečnější a materiál bude také lépe dostupný k manipulaci. Zároveň bude také provedeno označení jednotlivých ukládacích pozic pro lepší přehlednost.

Na obrázku 16 je zachycen materiálový tok spojený s pracovištěm ohýbání. Modrá šipka označuje výstup ze skladu a vstup materiálu na pracoviště. Oranžová šipka označuje výstupní materiálový tok z pracoviště ohýbání. Díly vyprodukované na pracovišti ohýbání pokračují následně na montážní linky E až H.



Obrázek 16: Materiálový tok spojený s pracovištěm ohýbání (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

2.5 Analýza prostožů

Pro analýzu prostožů na ohýbacím stroji Pneufarm byl sestaven a použit formulář, který slouží k evidenci a sledování prostožů, vyráběných dílů a doby trvání jejich výroby.

Výpis vždy obsahuje:

- číslo výkresu, které se shoduje s číslem vyráběného dílu,
- označení prostože, v případě procesu výroby je zde poznačeno ohýbání,
- počet kusů, které byly vyrobeny v případě, že se jednalo o ohýbání,
- čas trvání prostože nebo procesu ohýbání,
- údaj o průměru a materiálu trubky,
- datum,
- poznámku, pokud se nejednalo o standardní prostož,
- podpis operátora.

V tabulce 5 je uveden klíč k zapisování prostožů na ohýbacím stroji, který operátoři používali pro zjednodušení vypisování příčin prostože.

Tabulka 5: Klíč k zapisování prostožů na ohýbacím stroji (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Označení prostože	Důvod prostože
A	Zavedení zakázky se změnou průměru trubky
B	Zavedení zakázky se změnou materiálu trubky
C	Zavedení zakázky beze změny průměru a materiálu trubky
D	Porucha stroje
E	Údržba stroje
F	Změna korekcí
G	Doplnění materiálu
H	Čekání na posouzení kvality

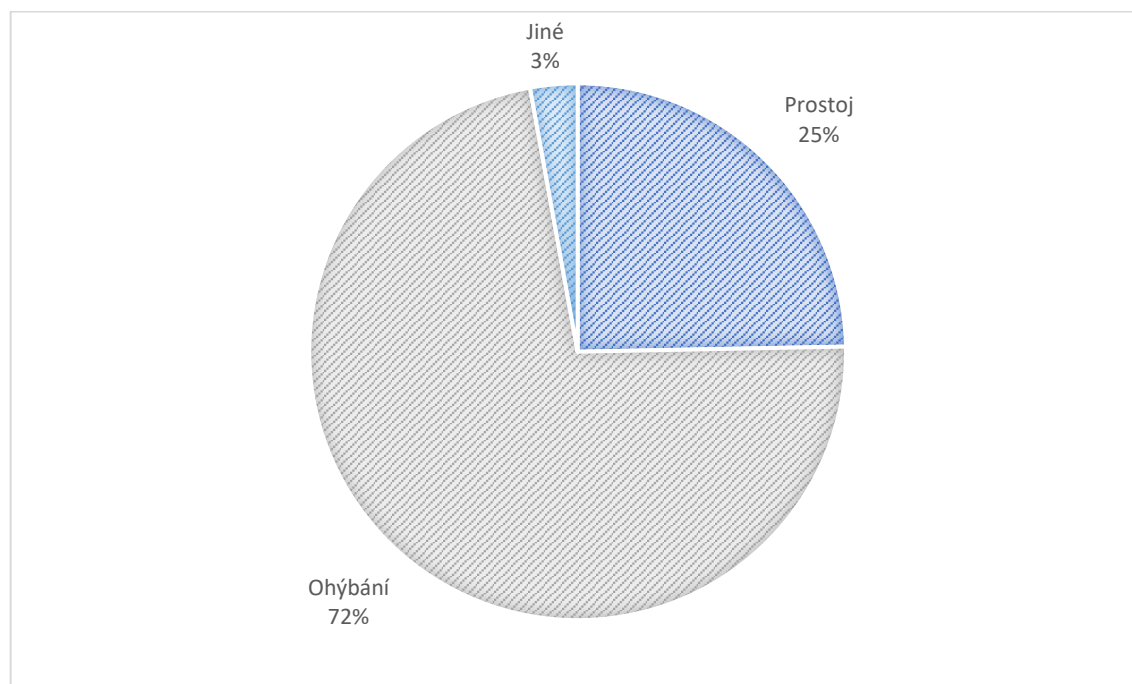
Do formuláře operátoři zapisovali data o prostožích a vyráběných dílech po dobu 5 směn, na stroji se vystřídali celkem 4 operátoři. První tři dny zapisoval údaje operátor 1, operátor 2 zapisoval údaje v průběhu čtvrtého a pátého dne, během pátého dne se na stroji vystřídali také operátoři 3 a 4.

Pro znázornění je použit vyplněný formulář ze třetího sledovaného dne. Celý vyplněný formulář je uveden v příloze 1.

Tabulka 6: Analýza prostojů a provozu ohýbacího stroje (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

č. výkresu	označení prostoje	kusy	čas	průměr + materiál	datum	poznámka	operátor
220107873	C		0:15	SS-8	23.7.		1
220107873	ohýbání	30	0:45	SS-8	23.7.		1
220107874	C		0:10	SS-8	23.7.		1
220107874	ohýbání	30	0:40	SS-8	23.7.		1
220107875	C		0:10	SS-8	23.7.		1
220107875	ohýbání	30	0:30	SS-8	23.7.		1
220107876	C		0:05	SS-8	23.7.		1
220107876	ohýbání	30	0:30	SS-8	23.7.		1
220107876	E		0:40	SS-8	23.7.	výměna pily	1
220110383	C		0:20	SS-8	23.7.		1
220110383	ohýbání	20	0:15	SS-8	23.7.		1
220110383	jiné		0:45	SS-8	23.7.	meeting	1
220110383	ohýbání	20	0:30	SS-8	23.7.		1
220108470	C		0:15	SS-8	23.7.		1
220108470	ohýbání	30	1:25	SS-8	23.7.		1

V grafu 1 je zobrazen poměr prostojů a výrobní doby. Z celkové zaznamenané doby 38 hodin a 8 minut za 5 směn tvoří 72 % proces ohýbání, tedy výroba, což dělá 27 hodin a 38 minut. Prostoje tvoří 25 % z celkové zaznamenané doby, což je 9 hodin a 25 minut. Prostoje způsobené jinými příčinami tvoří pouze 3 %, což je 1 hodina a 5 minut a jednalo se například o úklid, meeting nebo odchod na WC.



Graf 1: Analýza doby trvání výroby a prostojů za 5 směn (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

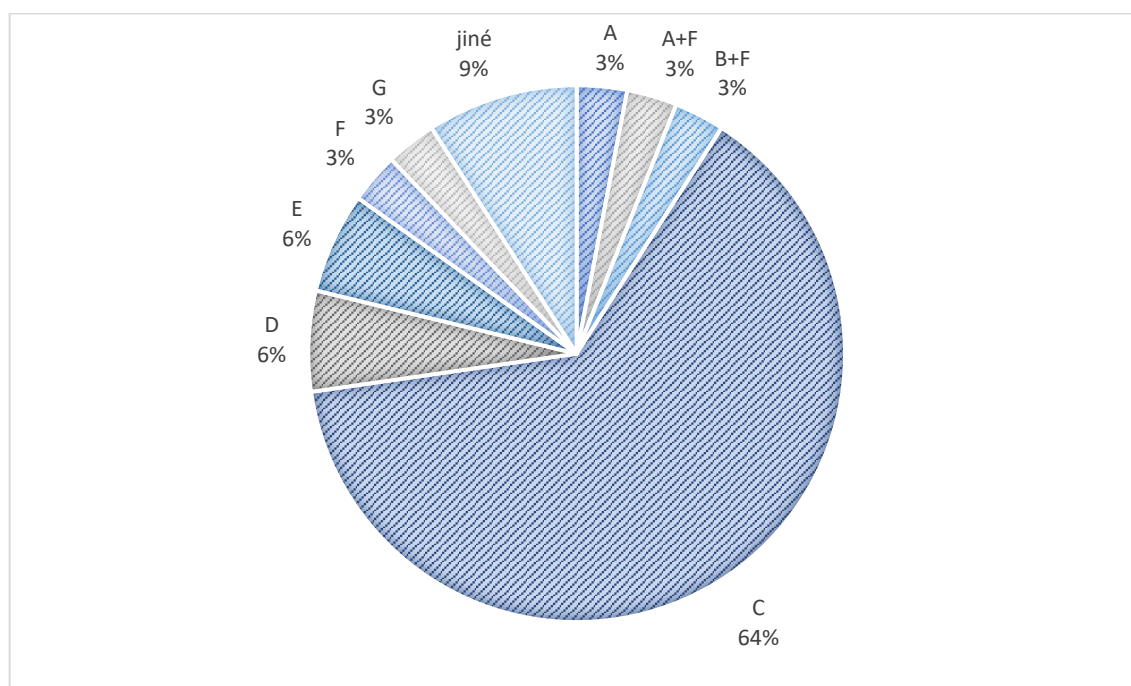
2.5.1 Grafické znázornění prostožů

V grafu 2 jsou zobrazeny příčiny vzniku prostožů ve sledovaném období. V tabulce 8 jsou uvedeny časy průměrné doby trvání zapsaných prostožů za směnu a celkem za sledované období.

Z grafu 2 lze vyčíst, že 64 % prostožů zapříčinil prostož C, tedy zavedení zakázky bez změny průměru a materiálu trubky, ale v tabulce 7 vidíme, že tento prostož trval přibližně průměrně pouze 13 minut. Ve sledovaném období byly prostože dále způsobeny ze 6 % prostožem D a E, tedy poruchou a údržbou stroje. Tyto prostože trvaly v průměru 30 minut a 25 minut.

Pokud se zaměříme na další zaznamenané prostože, tak lze z tabulky vyčíst, že dalším opakovaným prostožem byl prostož A, F a G, zavedení zakázky se změnou průměru trubky, změna korekcí a doplnění materiálu. Zavedení zakázky se změnou průměru trubky bylo provedeno ve sledovaném období také v kombinaci se změnou korekcí, která byla ve formuláři zaznamenána také v kombinaci se zavedením zakázky se změnou materiálu trubky.

Samostatné zavedení zakázky se změnou průměru trubky trvalo jednu hodinu a v kombinaci se změnou korekcí 40 minut. Samostatná změna korekcí trvala 40 minut a v kombinaci se zavedením zakázky se změnou materiálu trubky trvala 20 minut.



Graf 2: Analýza příčin vzniku prostožů (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

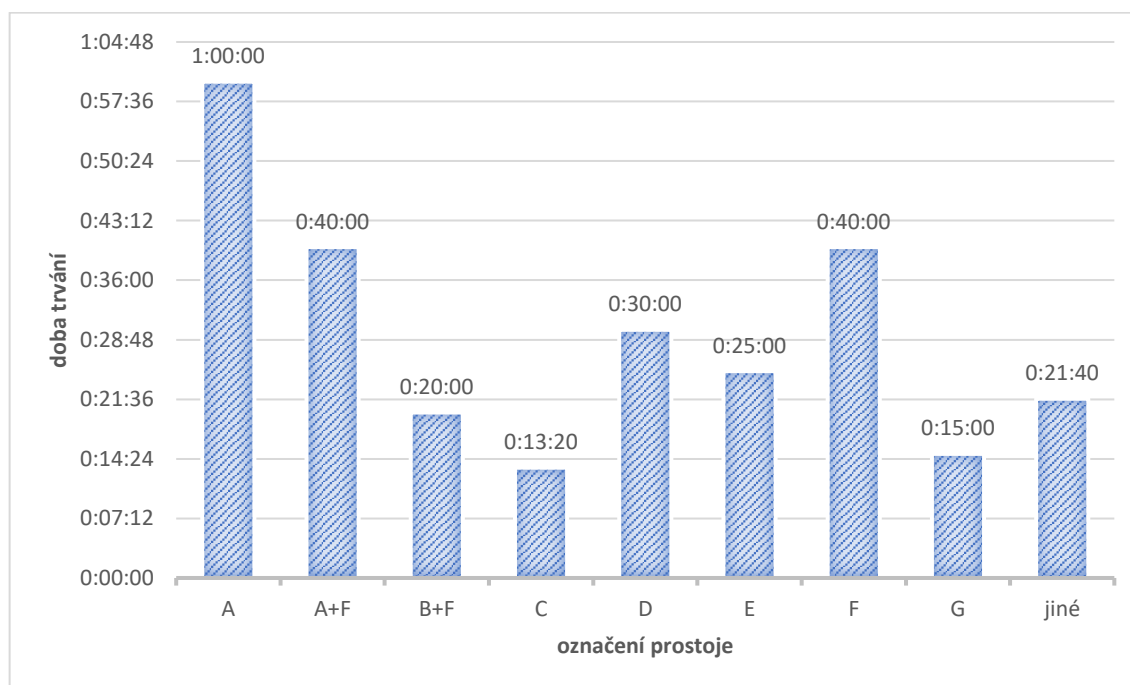
Z celkového počtu prostožů byly ve sledovaném období z 9 % tvořeny prostože z jiných důvodů, než je uvedeno v klíči k zapisování prostožů. Jednalo se o nestandardní prostože, které nesouvisely přímo se strojem nebo výrobou na stroji.

Tabulka 7: Analýza průměrné doby trvání prostojů (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Označení prostoje	21.7.	22.7.	23.7.	29.7.	30.7.	Průměrná doba trvání
A	-	-	-	1:00:00	-	1:00:00
A+F	-	-	-	-	0:40:00	0:40:00
B+F	-	-	-	-	0:20:00	0:20:00
C	0:17:30	0:12:30	0:12:30	0:15:00	0:13:07	0:13:20
D	-	-	-	0:30:00	0:30:00	0:30:00
E	-	-	0:40:00	0:10:00	-	0:25:00
F	-	0:40:00	-	-	-	0:40:00
G	-	-	-	0:15:00	-	0:15:00
jiné	0:10:00	-	0:45:00	-	-	0:21:40
Celkový součet	0:13:45	0:18:00	0:20:00	0:26:00	0:17:44	0:19:05

V grafu 3 jsou přehledně zobrazeny průměrné doby trvání prostojů. Jak již bylo zmíněno výše, prostoje A a F (zavedení zakázky se změnou průměru trubky a změna korekcí) mají nejdelší průměrnou dobu trvání a tvoří tedy nejproblematictější prostoje.

Prostoj D a E (porucha stroje a údržba stroje) tvoří také značnou část prostojů z hlediska průměrné doby trvání prostoje. Porucha stroje může být například způsobena právě nedostatečnou údržbou a čištěním, jejichž standard není na pracovišti zaveden z důvodu krátkého provozu a nedostatečných podkladů pro vytvoření standardu.



Graf 3: Průměrné doby trvání prostojů (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

2.6 Shrnutí analytické části

Po analyzování postupu rozhodování při plánování výroby na ohýbání bylo zjištěno, že zaplánování zakázek probíhá na základě požadovaného datumu zákazníkem, ovšem chybí zde lepší provázanost na pracoviště ohýbání, na kterém se pracuje s 8 druhy trubek, odlišných v materiálu nebo průměru. Jako úzké místo zde bylo vyhodnoceno, že při plánování výroby není zohledněn materiál nebo průměr trubky, ze které má být zakázka vyhotovena a na daný den je zaplánováno například 5 různých zakázek, kdy každá zakázka má být vyhotovena z jiného druhu trubek. V současnosti tedy pak na pracovišti ohýbání organizuje zakázky spuštěné do výroby team leader tak, aby za jednu směnu byly vyráběny zakázky s co nejnižším počtem změn druhu trubek nebo úplně beze změny, což ale vede ke zpoždění výroby zakázek zaplánovaných na daný den, které se ale poté odložily kvůli snížení počtu seřizování.

Plánovač při zaplánování zakázky v systému SAP také nevidí údaj, z jaké trubky nebo trubek má být zakázka vyhotovena, což potencionální plánování se zohledněním materiálu a průměru trubky komplikuje a v současnosti tedy neumožňuje. Jako možné řešení by se zde nabízela kontrola kusovníku, ovšem to se jeví jako ne příliš efektivní řešení, pokud by měl plánovač u každé zakázky vyhledávat v systému kusovník a kontrolovat, z jakého typu trubky má být zakázka vyhotovena.

Pracoviště ohýbání je v provozu teprve přibližně dva měsíce, takže v současné době je nevýhodou nedostatečná znalost stroje a z tohoto důvodu není prozatím například zaveden žádný standard na čištění a údržbu. Operátoři na ohýbacích strojích jsou nyní zaučení dle odhadu asi na 70 % – 80 %, vzhledem ke krátké době provozu pracoviště, což může způsobovat vznik ztrátových činností. Za úzké místo by se na pracovišti ohýbání dalo také považovat provoz pouze na jednu směnu, jelikož je výroba pozadu a často není dodržen požadovaný termín výroby.

Po analýze prostojů ohýbacího stroje bylo zjištěno, že během sledovaného období 5 směn tvořily prostoje celkem 25 % celkového času, což poté v průměru vycházelo na 2 hodiny a 6 minut prostojů za jednu směnu. Nejčastějším prostojem bylo zavedení zakázky beze změny průměru a materiálu trubky, jehož trvání bylo průměrně přibližně 13 minut.

Mezi prostoj s nejdelší průměrnou dobou trvání patřilo zavedení zakázky se změnou průměru trubky a změnou korekcí. Průměrná doba trvání zavedení zakázky se změnou průměru trubky byla jedna hodina, změna korekcí trvala průměrně 40 minut.

Všechny tři prostoje mají souvislost se seřizováním stroje, i v případě zavedení zakázky beze změny průměru a materiálu trubky je třeba provést například kontrolu seřízení a spustit program pro příslušnou zakázku. Časová náročnost změny korekcí a seřízení stroje při změně průměru trubky může souviset s tím, že operátoři nemají k dispozici žádný seřizovací list a jednotlivé operace při seřizování na sebe nemusí navazovat a může tak docházet ke ztrátovým činnostem.

3 NÁVRH NA ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Poslední část diplomové práce obsahuje návrhy na změnu v plánování výroby na ohýbání, aby došlo k lepší provázanosti na pracoviště ohýbání a zakázky na sebe navazovaly dle průměru nebo materiálu ohýbané trubky. Tento návrh je podmíněný doplněním chybějící údaje o průměru a materiálu trubky v systému SAP.

Z analýzy prostojů na ohýbacím stroji vyplynulo, že průměrnou nejdelší dobu trvání měly prostoje spojené se seřizováním stroje při zavedení zakázky se změnou průměru trubky nebo změnou korekcí, čemuž by měla pomoci tvorba seřizovacího listu.

Třetím návrhem je zavedení odpolední směny, což pomůže navýšit výrobní kapacitu.

3.1 Návrh na změnu v plánování výroby na ohýbání

Prvním návrhem je změna v plánování výroby na ohýbání. Současná situace je taková, že plánovač zaplňuje zakázky do výroby na základě datu dodání zákazníkovi a nezohledňuje přítom vstupní materiál jednotlivých zakázek.

Pro realizaci změny v plánování výroby na ohýbání, kdy bude při plánování zahrnuto kritérium průměru a druhu vstupního materiálu, je nutné provést úpravu v používaném systému SAP. V současné době chybí u artiklů v systému SAP jakýkoliv údaj o materiálu, z jakého jsou vyrobeny, který je tedy třeba doplnit.

Jako první varianta úpravy v systému SAP se nabízí jednoduchá úprava názvu v kmenových datech jednotlivých artiklů, kterou může provést i sám plánovač nebo kterýkoliv zaměstnanec společnosti, který má přístup do kmenových dat materiálů pomocí transakčních kódů MM02 nebo MM03.

V tabulce 8 je zobrazeno, jak by vypadala tabulka výrobních příkazů v systému SAP po úpravě názvů jednotlivých artiklů. Ve sloupci „Description“ je za názvem artiklu uveden druh materiálu a průměr trubky. Například v prvním řádku je doplněný údaj Cu-10, což je zkratka pro měděnou trubku o průměru 10 mm. Na druhém řádku je v názvu doplněný údaj SS-11, což je zkratka pro nerezovou trubku o 11 mm.

Tabulka 8: Návrh na doplnění popisu artiklu v SAP (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Work Center	Work Order	Product number	Description	WO quantity	SAP booked qty.	Qty. units	Start date	End date	System status
P01	1138594	220110790	Sucktion tube 2 - E5 Propan_Cu-10	20	0	PC	28.07.2021	28.07.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1137794	220055969	Connection tube cooling coil_SS-11	20	0	PC	29.07.2021	29.07.2021	CRTD PRC MACM SETC
P01	1137795	220055981	Connection Tube CO2 Dr.-Carb_SS-6	20	0	PC	29.07.2021	29.07.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1137825	220106960	Evaporator – Energize 5_SS-8	20	0	PC	23.07.2021	29.07.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1138567	220110770	Evaporator; Energize 3 Propan_Cu-6	25	0	PC	29.07.2021	30.07.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1138568	220106772	Evaporator coil assy E4_SS-6	25	0	PC	29.07.2021	30.07.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1138569	220110766	Sucktion Tube; Energize 3 Propan_Cu-10	30	0	PC	30.07.2021	30.07.2021	CRTD MSPT PRC MANC SETC
P01	1137791	220055956	Connection tube water inlet_SS-11	20	0	PC	02.08.2021	02.08.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1138570	220111292	Connection tube Capillary; E3 Propan_Cu-6	20	0	PC	02.08.2021	02.08.2021	CRTD MSPT PRC MANC SETC
P01	1138454	220112872	Connecting tube Loop Style XL_SS-11	50	0	PC	03.08.2021	03.08.2021	CRTD PRC MANC SETC

Jako druhá varianta se nabízí přidat novou kolonku jako povinné pole v kmenových datech materiálů v systému SAP. Tuto změnu by již musel provést programátor, který by nové pole naprogramoval jako povinné, aby se zobrazovalo například právě ve výrobních příkazech.

V tabulce 9 je zobrazeno, jak by tabulka výrobních příkazů v systému SAP vypadala po takové změně. Mezi sloupce „Product number“ a „Description“ byl přidán sloupec „Specification“, tedy specifikace, který obsahuje potřebné údaje o druhu materiálu a průměru trubky.

Tabulka 9: Návrh na přidání kolonky se specifikací v systému SAP (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Work Center	Work Order	Product number	Specification	Description	WO quantity	SAP booked qty.	Qty. units	Start date	End date	System status
P01	1138594	220110790	Cu-10	Suction tube 2 - E5 Propan	20	0	PC	28.07.2021	28.07.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1137794	220055969	SS-11	Connection tube cooling coil	20	0	PC	29.07.2021	29.07.2021	CRTD PRC MACM SETC
P01	1137795	220055981	SS-6	Connection Tube CO2 Dr.-Carb.	20	0	PC	29.07.2021	29.07.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1137825	220106960	SS-8	Evaporator – Energize 5	20	0	PC	23.07.2021	29.07.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1138567	220110770	Cu-6	Evaporator; Energize 3 Propan	25	0	PC	29.07.2021	30.07.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1138568	220106772	SS-6	Evaporator coil assy E4	25	0	PC	29.07.2021	30.07.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1138569	220110766	Cu-10	Suction Tube; Energize 3 Propan	30	0	PC	30.07.2021	30.07.2021	CRTD MSPT PRC MANC SETC
P01	1137791	220055956	SS-11	Connection tube water inlet	20	0	PC	02.08.2021	02.08.2021	CRTD PRC MANC SETC
P01	1138570	220111292	Cu-6	Connection tube Capillary; E3 Propan	20	0	PC	02.08.2021	02.08.2021	CRTD MSPT PRC MANC SETC
P01	1138454	220112872	SS-11	Connecting tube Loop Style XL	50	0	PC	03.08.2021	03.08.2021	CRTD PRC MANC SETC

Při porovnání těchto dvou variant je na první pohled vidět, že vizuální řešení druhé varianty je přehlednější, ovšem z hlediska proveditelnosti mnohem náročnější a mnohonásobně dražší, protože by si společnost musela zaplatit externího SAP programátora.

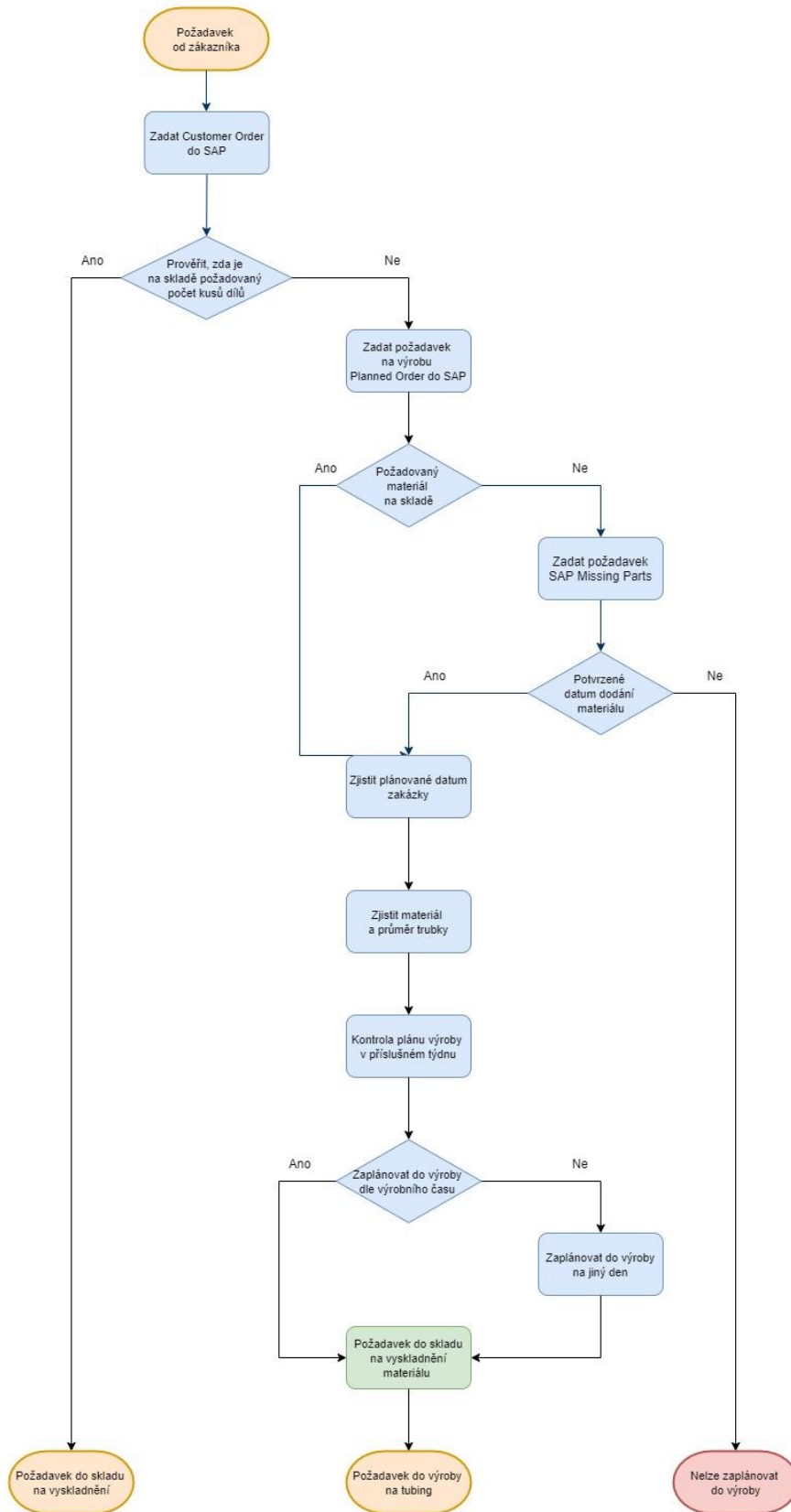
Po úpravě v systému SAP a přidání údaje o materiálu a průměru trubky do popisu artiklu je možné provést změnu v rozhodování při plánování výroby na ohýbání.

Na obrázku 17 je zobrazen navržený diagram rozhodování při plánování výroby na ohýbání. V diagramu rozhodování byla provedena změna po kroku kontroly požadovaného množství materiálu na skladě / kontrole potvrzeného datumu dodání materiálu, pokud materiál na skladě nebyl.

Před krokem zaplánování zakázky do výroby byly přidán samostatný krok zjištění plánovaného datumu dodání zakázky zákazníkovi a krok zjištění materiálu a průměru trubky, ze které se bude vyrábět. Po zjištění těchto údajů z tabulky v systému SAP u konkrétní zakázky následuje kontrola plánu výroby v příslušném týdnu, na který výrobu zakázky plánovač plánuje. Pokud se například bude rozhodovat, na který den zaplánovat zakázku, která je vyrobena z nerezové trubky o průměru 11 a v plánu výroby jsou již na pondělí zaplánované dvě zakázky se stejným materiálem a průměrem, zvolí plánovač pro zaplánování zakázky do výroby pondělí.

Následuje kontrola výrobní kapacity na zvolený den podle výrobního času a podle toho plánovač zaplňuje zakázku buď na zvolený den, pokud je volná výrobní kapacita nebo zakázku rozdělí do dvou dnů, pokud je to možné.

Po zaplánování do výroby následuje stejný postup jako v současnosti, tedy zadání požadavku do skladu na vyskladnění materiálu a zadání požadavku do výroby na ohýbání. Zároveň se provede tisk listu požadavku do výroby a zanesení se do skladu na ohýbání.



Obrázek 17: Navržený diagram rozhodování při plánování výroby na ohýbání (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Pro ilustraci navrženého procesu plánování zakázky do výroby na ohýbání bude opět použit modelový příklad zakázky pod produktovým číslem 220055038 – Evaporator CR10, který je vyroben z trubky o průměru 11 mm z nerezového materiálu. Zakázka je na 10 kusů a datum dodání je 20.8.2021. U tohoto modelového příkladu je předpokládáno, že plánování již funguje dle vyhotoveného návrhu.

- Poté, co je přijat požadavek od zákazníka a do systému SAP je zadán *Customer Order*, plánovač prověří stav na skladu. Na skladu není v současné době dostatek kusů, proto je třeba zadat požadavek na výrobu.
- Do systému SAP je zadán požadavek *Planned Order*.
- Proveďte se kontrola množství potřebného materiálu nerezové trubky o průměru 11 mm na skladu – je dostatek materiálu pro výrobu, takže je možné změnit *Planned Order* na *Production Order*.
- Plánované datum dodání je 17.8.2021 a vstupní materiál je nerezová trubka o průměru 11 mm. Proveďte se kontrola v systému SAP a pomocné tabulce Excel, kdy dojde k zjištění, že v týdnu 9.8. – 13.8.2021 je již na pondělí a úterý zaplánována výroba z nerezových trubek o průměru 8 mm, na středu je zaplánovaná výroba jedné zakázky z měděné trubky o průměru 6 mm a výroba jedné zakázky z nerezové trubky o průměru 11 mm. Zakázka se tedy zaplňuje na středu 11.8.2021.
- V pondělí 9.8.2021 změním stav *Production Order* z CRTD na REL, tedy z „vytvořeno“ na „spuštěno do výroby“. Nyní se zanesou list s požadavkem do výroby do skladu a na pracoviště ohýbání.

3.1.1 Podmínky realizace

K tomu, aby bylo možné zavést navržený proces plánování výroby na ohýbání by bylo nejdříve nutné provést navrženou úpravu v systému SAP, kdy dojde k doplnění údaje o materiálu a průměru trubky, ze které má být zakázka vyrobena. Bez této úpravy by musel plánovač vyhledávat údaje o vstupním materiálu v kusovníku, což by bylo neefektivní a stálo by to plánovače čas navíc.

Pro co nejlepší a nejefektivnější přínos pro zavedení navrženého procesu plánování výroby na ohýbání je předpoklad, že plánování probíhá na alespoň dva týdny dopředu, kdy lze zakázky plánovat tak, aby na sebe lépe navazovaly dle druhu materiálu a průměru trubky. Tedy, aby zakázky se stejným druhem materiálu a průměrem trubky byly přidruženy k sobě a na ně navazovaly další zakázky přidružené k sobě dle druhu materiálu a průměru trubky.

3.2 Návrh pro pracoviště ohýbání

Druhá část návrhu je pro pracoviště ohýbání. Z analýzy prostojů ohýbacího stroje vyplynulo, že největší část prostojů z hlediska času tvořilo zavedení zakázky se změnou průměru trubky, což je také náročnější při seřízení stroje než zavedení zakázky se změnou materiálu trubky. Vzhledem k tomu, že není v současné době sestavený seřizovací list, který by eliminoval časové ztráty způsobené během seřízení stroje, je jako první návrh zvolena tvorba seřizovacího listu.

V návaznosti na tvorbu seřizovacího listu je navrženo zavedení označení konkrétních částí stroje, dle kroků uvedených v seřizovacím listu, což pomůže lepší přehlednosti a napomůže to efektivnější práci operátorů při seřizování stroje.

V současné době také není zavedena na pracovišti ohýbání odpolední směna, která by napomohla ke zvýšení výrobní kapacity, a tedy snížení a postupnému odstranění časových prodlev při výrobě zakázek na pracovišti ohýbání.

3.2.1 Seřizovací list

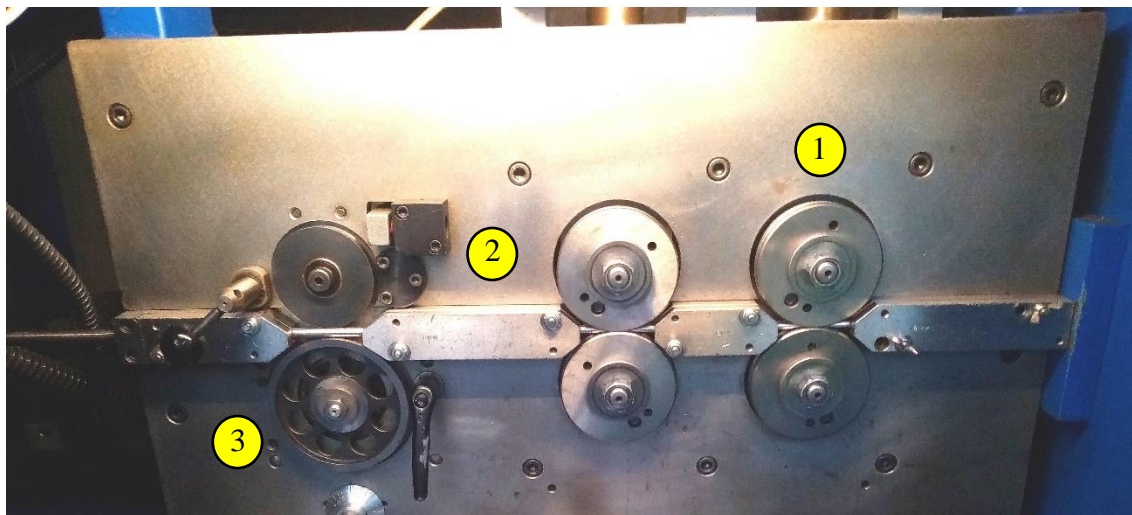
Seřizovací list v tabulce 10 obsahuje data pro nastavení stroje na výrobu konkrétního výrobku. Pro sestavení seřizovacího listu bylo nutné nejdříve provést nastavení stroje a postupně sepsat jednotlivé kroky a data pro nastavení stroje pro výrobu konkrétního výrobku. Operátor vycházel z vlastních zkušeností pro seřízení stroje na výrobu zde použité nerezové trubky o průměru 11 mm.

Následně byly jednotlivé kroky zkontrolovány team leaderem, který celý postup zkontroloval a případně upravil tak, aby z něj bylo možné vytvořit univerzální seřizovací list.

Tabulka 10: Univerzální seřizovací list (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Seřizovací list Pneuforn		
Číslo artiklu:		220 106 323
Seřizovací pozice č.	Popis	Hodnota seřízení / seřizovat ANO/NE
1	Podávací kola	Ø11
2	Vodící lišty	Ø11
3	Nastavení odměřovacího kola	11
4	Vodící lišta na hlavě	Ø11
5	Ohýbací hlava + výsuvný trn	Ø11
6	Seřizovací tyč	Ø11
7	Bend zero distance	0
8	Reverse bend adjustment	0
9	Seřízení výšky ohýbacího trnu	NE
10	Čelisti pily	Ø10
11	Kotouč pily	pro nerez 1.4301

V analytické části bylo zjištěno, že stroj a jeho okolí je nedostatečně Pro lepší orientaci při seřizování stroje a zvýšení efektivity při seřizování je navrženo označení konkrétních částí stroje čísly, které se shodují se seřizovacími pozicemi v seřizovacím listu.



Obrázek 18: Označení stroje (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

Na obrázku 18 je znázorněno označení stroje pomocí čísel, které odpovídají seřizovacím pozicím v seřizovacím listu.

3.2.2 Zavedení odpolední směny

Pro zavedení odpolední směny a zvýšení výrobní kapacity je potřeba najmout nového pracovníka na pozici operátora. V ideálním případě by společnost mohla najmout dva nové operátory, aby mohly být v provozu oba ohýbací stroje, ale pro provoz stroje Pneufarm by stačil pouze jeden.

Pro najmutí nového operátora je třeba vyhlásit výběrové řízení. Vzhledem k tomu, že podnik se nachází v Brně, nemělo by být obtížné najít nového pracovníka, ovšem preferovaný by byl kandidát, který by již měl zkušenosti na obdobné pozici.

Nyní je na pracovišti zavedena pouze ranní směna od 6 hodin do 14 hodin, odpolední směna by tedy byla zavedena od 14 hodin do 22 hodin.

3.2.3 Podmínky realizace

Pro co největší přínos a efektivitu provedených návrhů je nutné operátory řádně vyškolit, aby mohli porozumět souvislostem jednotlivých kroků a důležitosti zavedeného seřizovacího listu, které jim má pomoci při vykonávání jejich práce, zefektivnit celý proces seřizování stroje a odstranit časové prodlevy způsobené možnými nadbytečnými činnostmi nebo nenavazujícími kroky při seřizování stroje.

Další podmínkou realizace je také nezbytná týmová práce, ochota spolupracovníku pomoci novému operátorovi během a po jeho zaškolení, aby řádně porozuměl činnostem, které bude vykonávat, principu fungování celého pracoviště a aby si snadno po zaučení poradil se zakázkami, které se na pracovišti vyrábí.

3.3 Přínosy diplomové práce

Navržený proces plánování výroby by měl zlepšit provázanost na pracoviště ohýbání a zakázky na sebe navazovaly dle průměru nebo materiálu ohýbané trubky. Tedy, aby zakázky se stejným druhem materiálu a průměrem trubky byly přidružené k sobě a na ně navazovaly další zakázky přidružené k sobě dle druhu materiálu a průměru trubky. V případě plánování výroby alespoň jednoho až dvou týdnů dopředu by tento návrh měl také pomoci eliminovat nadbytečné seřizování stroje při časté výměně vstupního materiálu, čímž tedy dojde k lepší produktivitě.

Druhý návrh zavedení seřizovacího listu pomůže snížit čas potřebný pro seřízení stroje a k eliminaci přeskočení nebo vynechání nějakého kroku při seřizování. Pro lepší efektivitu bylo také navrženo označení stroje pomocí čísel, které odpovídají seřizovacím pozicím v seřizovacím listu, což povede k lepší přehlednosti.

3.3.1 Ekonomické zhodnocení

Pro zavedení změny v plánování výroby na ohýbání je zapotřebí provést změnu v systému SAP, kdy bude doplněn popis artiklu o údaj vstupního materiálu v kmenových datech materiálů nebo společnost najme externího SAP programátora, který naprogramuje nové povinné pole v kmenových datech materiálů. Jako jednodušší varianta se jeví doplnění údaje vstupního materiálu do popisu artiklu v kmenových datech materiálů, které může provést kterýkoliv zaměstnanec společnosti s přístupem do kmenových dat.

Průměrná mzda zaměstnance v administrativě ve společnosti VP je 300 Kč/hod. Na pracovišti ohýbání lze vyrábět přibližně 1 000 různých typů artiklů, kdy se tedy jedná o různé rozměry nebo tvary trubek a košů. Doplnění údaje o druhu materiálu a průměru trubky v kmenových datech materiálů v systému SAP u jednoho artiklu trvá přibližně 2 minuty.

Za jeden den bude tedy doplněn údaj o vstupním materiálu u přibližně 240 artiklů při 8 – hodinové pracovní době. Změnit popis u všech artiklů, které se vyrábí na pracovišti ohýbání by tedy trvalo přibližně 34 pracovních hodin, tedy necelých 5 pracovních dní za předpokladu, že se jedná o změnu u 1 000 artiklů. Náklad na provedení této změny vychází přibližně na 10 200 Kč.

Jelikož seřizovací list nebyl prozatím v podniku zaveden, byl proveden odborný odhad o kolik minut by se zkrátila doba seřízení stroje při použití seřizovacího listu. Bylo vyhodnoceno, že by došlo ke zkrácení přibližně o 5 minut, což při současné průměrné době trvání prostoje spojených se seřizováním stroje 40 minut znamená úsporu 12,5 % času při seřízení ohýbacího stroje za předpokládaného odhadu úspory času.

Měsíční mzda operátora na pracovišti ohýbání se pohybuje mezi 25 000 – 35 000 Kč. Při zaměstnání již zkušeného operátora byl navržen nástupní plat 30 000 Kč s možným navýšením platu po zaučení, s tím, že po 3 měsících je operátor zaučený na 70 % - 80 %.

ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zabývala zkoumáním činností plánování výroby, zkoumáním efektivnosti vybraného stroje a jejich provázanosti z hlediska plánování ve zvolené společnosti.

Diplomová práce byla rozvržena do tří částí – teoretické, analytické a návrhové. V teoretické části jsem se věnovala představení pojmů výroba a výrobní proces, materiálový tok, metody štíhlé výroby, celková efektivnost zařízení a nápravná opatření pro prevenci či eliminaci ztráty dostupnosti. V analytické části jsem nejdříve představila zvolenou společnost, která si nepřála být v diplomové práci uvedena pod svým názvem a byla tedy uváděna pod fiktivním názvem VP (výrobní společnost). Dále jsem popsala vybraný ohýbací stroj a výrobní proces, plánování výroby a proces rozhodování při plánování výroby na ohýbání, materiálový tok spojený s pracovištěm ohýbání a na závěr jsem provedla analýzu prostojů na ohýbacím stroji.

Při analýze procesu plánování bylo zjištěno, že plánovač se rozhoduje o datumu zaplánování zakázek pouze na základě datumu dodání zákazníkovi a nezvažuje při tom vstupní materiál a chybí tedy lepší provázanost na pracoviště ohýbání.

Pro analýzu posloužil formulář, do kterého operátoři zapisovali po dobu 5 dnů příčiny zastavení stroje, vyráběné zakázky a počet vyrobených kusů, dále dobu trvání prostojů a výrobní časy. Po vyhodnocení této analýzy bylo zjištěno, že největší úzké místo představuje seřízení stroje při zavedení zakázky se změnou průměru trubky a změna korekcí.

Na základě výsledků analýzy rozhodování při plánování výroby na ohýbání jsem vytvořila návrh na změnu, který zahrnoval přidání kritéria druhu materiálu a průměru trubky, ze které má být zakázka vyrobena, aby tak došlo k lepší provázanosti na pracoviště ohýbání a zakázky vyráběné z trubek ze stejného materiálu byly přidružené k sobě a snížil se tedy počet nutných seřízeních během směny na minimum. Pro zavedení navrženého procesu rozhodování by bylo také nutné provést změnu v systému SAP a doplnit do popisu artiklu chybějící údaje o druhu materiálu a průměru trubky, což bylo druhým návrhem.

Další návrh vyplynul z provedené analýzy prostojů, kterým bylo zavedení seřizovacích listů a označení částí stroje, které se seřizují při změně nastavení stroje pro lepší přehlednost a orientaci. Nakonec bylo navrženo zavedení odpolední směny pro navýšení výrobní kapacity.

Poslední část diplomové práce tvoří přínosy práce a ekonomické zhodnocení návrhů.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

AGUSTIADY, Tina Kanti a Elizabeth A. CUDNEY. *Total Productive Maintenance: Strategies and Implementation Guide*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2015. ISBN 978-1-4822-5538-6.

ARENA. *Defect Management - 4 steps to better products & processes*. ARENA: A PTC Business [online]. Boston, 2021 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.arenasolutions.com/resources/articles/defect-management/>

BLANCO, Javier Girón a Torsten DEDERICHS. *Lean Maintenance: A Practical, Step-By-Step Guide for Increasing Efficiency*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2018. ISBN 978-1-138-73237-7.

EAST-GATE. *Overall Equipment Effectiveness (Celková efektivita zařízení)*. East-Gate [online]. 2020 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: SW pro řízení výroby, údržby a logistiky v reálném čase | East-Gate (east-gate.eu)

EPA. *Lean Thinking and Methods – 5S*. EPA: United States Environmental Protection Agency [online]. Washington, 2020 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/sustainability/lean-thinking-and-methods-5s>

GROS, Ivan. *Logistika* [online]. Vysoká škola chemicko-technologická, katedra Ekonomiky a managementu: 2016 [cit. 2021-02-19]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2507483/>.

HARRISON, Alan a Remko I. van HOEK. *Logistics management and strategy*. 2nd ed. New York: Prentice Hall/Financial Times, 2005. ISBN 02-736-8542-2.

HENSHALL, Adam. *DMAIC: The Complete Guide to Lean Six Sigma in 5 Key Steps*. Process.st [online]. 2017 [cit. 2021-04-06]. Dostupné z: <https://www.process.st/dmaic/>

IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press. ISBN 80-251-0461-3.

Interní dokumenty společnosti

JUROVÁ, Marie. *Ekonomika a management podniku*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2002. ISBN 80-214-2060-X.

JUROVÁ, Marie. *Evropská unie odvětví a infrastruktura*. Brno: Computer Press, 1999. ISBN 80-7226-219-x.

JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby*. Brno: Zdeněk Novotný, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2031-6.

JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.

KENTON, Will. *Pareto Analysis*. Investopedia [online]. New York: Dotdash, 2019 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/p/pareto-analysis.asp>

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

- ROSER, Christoph. *Quick Changeover Basics – SMED*. AllAboutLean.com [online]. Offenbach am Main: Christoph Roser, 2014 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/smed-theory/>
- ROSER, Christoph. *The Key to Lean – Plan, Do, Check, Act!* AllAboutLean.com [online]. Offenbach am Main: Christoph Roser, 2016 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/pdca/>
- ROSER, Christoph. *The Pillars of TPM – Planned Maintenance*. AllAboutLean.com [online]. Offenbach am Main: Christoph Roser, 2021 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/tpm-pillar-planned-maintenance/>
- SIEMENS: *SIMATIC HMI Comfort Panels* [online]. 2021 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels/comfort-panels.html>
- SINGH, Gurinder a Inderpreet Singh AHUJA. *Just-in-time manufacturing: literature review and directions*. International Journal of Business Continuity and Risk Management [online]. 2012, 3(1), 57-98 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: doi:10.1504/IJBCRM.2012.045519
- SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 978-802-5105-733.
- SONI, Mukesh. *Defect Prevention: Reducing Costs and Enhancing Quality*. iSixSigma [online]. Ridgefield, 2021 [cit. 2021-04-14]. Dostupné z: <https://www.isixsigma.com/industries/software-it/defect-prevention-reducing-costs-and-enhancing-quality/>
- SVĚTLÍK, Vladimír. *Sledování a řízení efektivity výroby*. Systemonline.cz [online]. 2003 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/sledovani-a-rizeni-efektivny-vyroby.htm>
- TALVA, Marc-Antoine. *Autonomous Maintenance: 5 Steps to Improve*. Mobility Work [online]. Paris, 2016 [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://www.mobility-work.com/blog/autonomous-maintenance-5-steps-to-successful-implementation>
- TANNER, Steve. *DMAIC Process: The 5 Phases Of Lean Sigma That Will Change The Way You Work Forever*. Simplilearn [online]. San Francisco, 2021 [cit. 2021-04-05]. Dostupné z: <https://www.simplilearn.com/dmaic-process-article>
- VALOUCHOVÁ, Klára. *Výrobní technologické postupy* [online]. 2015 [cit. 2021-02-09]. Dostupné z: https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/attachments/486/Vyrobní_tecnologicke_postupy.pdf
- VOJÁČEK, Antonín. *OEE = celková efektivnost zařízení a výroby*. Automatizace HW: Rady a poslední novinky z oboru [online]. 2019 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/oee-celkova-efektivnost-zarizeni-a-vyroby.html>
- VORNE. *OEE Factors*. OEE.COM: OEE made easy by Vorne [online]. Itasca: Vorne, 2019 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <https://www.oeecom.com/oee-factors.html>
- VORNE. *Six Big Losses*. OEE.COM: OEE made easy by Vorne [online]. Itasca: Vorne, 2019 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://www.oeecom.com/oee-six-big-losses.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DMAIC – Define, Measure, Analyse, Improve, Control

PDCA – Plan, Do, Check, Act

VSM – Value Stream Mapping

5S – Seiri, Seiso, Seiton, Seiketsu, Shitsuku

TPM – Total Productive Maintenance

SMED – Single Minute-Exchange of Die

SAP – System Applications and Products

JIT – Just In Time

OEE – Overall Equipment Effectiveness

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Prostoje a vyráběné zakázky (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)I

Příloha 1

č. výkresu	označení prostoje	kusy	čas	průměr + materiál	datum	poznámka	operátor
220110861S001	ohýbání	15	1:30	SS-8	21.7.		1
220110862S001	C		0:20	SS-8	21.7.		1
220110862S001	ohýbání	33	1:30	SS-8	21.7.		1
220110861S001	ohýbání	3	0:15	SS-8	21.7.	špatně zapájené	1
220110863S001	C		0:15	SS-8	21.7.		1
220110863S001	ohýbání	4	0:25	SS-8	21.7.		1
220110863S001	jiné		0:05	SS-8	21.7.	WC	1
220110863S001	ohýbání	29	1:30	SS-8	21.7.		1
220110864S001	ohýbání	14	1:10	SS-8	21.7.		1
220110864S001	jiné		0:15	SS-8	21.7.	úklid	1
220110864S001	ohýbání	17	0:50	SS-8	22.7.		1
220110865S001	C		0:10	SS-8	22.7.		1
220110865S001	ohýbání	31	1:40	SS-8	22.7.		1
220110866S001	C		0:10	SS-8	22.7.		1
220110866S001	F		0:40	SS-8	22.7.	rozměr neseďel s výkresem	1
220110866S001	ohýbání	32	1:35	SS-8	22.7.		1
220107871	C		0:15	SS-8	22.7.		1
220107871	ohýbání	30	1:00	SS-8	22.7.		1
220107872	C		0:15	SS-8	22.7.		1
220107872	ohýbání	30	0:40	SS-8	22.7.		1
220107873	C		0:15	SS-8	23.7.		1
220107873	ohýbání	30	0:45	SS-8	23.7.		1
220107874	C		0:10	SS-8	23.7.		1
220107874	ohýbání	30	0:40	SS-8	23.7.		1
220107875	C		0:10	SS-8	23.7.		1
220107875	ohýbání	30	0:30	SS-8	23.7.		1
220107876	C		0:05	SS-8	23.7.		1
220107876	ohýbání	30	0:30	SS-8	23.7.		1
220107876	E		0:40	SS-8	23.7.	výměna pily	1
220110383	C		0:20	SS-8	23.7.		1
220110383	ohýbání	20	0:15	SS-8	23.7.		1
220110383	jiné		0:45	SS-8	23.7.	meeting	1
220110383	ohýbání	20	0:30	SS-8	23.7.		1
220108470	C		0:15	SS-8	23.7.		1
220108470	ohýbání	30	1:25	SS-8	23.7.		1

Příloha 1: Prostoje a vyráběné zakázky (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)

č. výkresu	označení prostroje	kusy	čas	průměr + materiál	datum	poznámka	operátor
220106961	C		0:15	SS-11	29.7.		2
220106961	ohýbání	10	2:00	SS-11	29.7.		2
220106961	G		0:15	SS-11	29.7.		2
220106961	ohýbání	9	1:45	SS-11	29.7.		2
220106961	D		0:30	SS-11	29.7.	zaseknutá trubka – reset	2
220106961	ohýbání	1	0:13	SS-11	29.7.		2
220107794S001	A		1:00	SS-6	29.7.		2
220107794S001	ohýbání	70+30	1:45	SS-6	29.7.		2
220107794S001	E		0:10	SS-6	29.7.	úklid na konec směny	2
220055981	C		0:20	SS-6	30.7.		2
220055981	ohýbání	10+5	0:10	SS-6	30.7.		2
220111587	C		0:15	SS-6	30.7.		2
220111587	ohýbání	50+30	0:30	SS-6	30.7.		2
220107794	C		0:15	SS-6	30.7.		2
220107794	ohýbání	30+20	0:20	SS-6	30.7.		2
220055969	C		0:15	SS-6	30.7.		2
220055969	ohýbání	10+5	0:10	SS-6	30.7.		2
220105969	C		0:10	SS-6	30.7.		2
220105969	ohýbání	50+20	1:30	SS-6	30.7.	ruční spouštění	2
220106844	C		0:10	SS-6	30.7.		2
220106844	ohýbání	30+20	0:30	SS-6	30.7.	ruční spouštění	2
220111154	B+F		0:20	Cu-6	30.7.		3
220111154	ohýbání	30	1:00	Cu-6	30.7.		3
220111290	C		0:10	Cu-6	30.7.		3
220111290	ohýbání	20	0:10	Cu-6	30.7.		3
220111290	D		0:30	Cu-6	30.7.		3
220111290	ohýbání	40	0:20	Cu-6	30.7.		3
220110785	C		0:10	Cu-6	30.7.		3
220110785	ohýbání	30	0:20	Cu-6	30.7.		3
220105884S001	A+F		0:40	Cu-10	30.7.		4
220105884S001	ohýbání	6	0:15	Cu-10	30.7.		4

Příloha 2: Prostoje a vyráběné zakázky (Zdroj: Vlastní zpracování, 2021)