



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH OPTIMÁLNÍHO ZÁSOBOVACÍHO PROCESU PRO NOVÉ ZAKÁZKY

THE SUGGESTION OF OPTIMAL SUPPLY PROCESS FOR NEW ORDERS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vít Adamík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Bc. Vít Adamík**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce: **prof. Ing. Marie Jurová, CSc.**
Akademický rok: 2018/19

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:

Návrh optimálního zásobovacího procesu pro nové zakázky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zakázkový proces a jeho optimalizace z pohledu času a dodací termíny zákazníkům.

Cíle diplomové práce:

Popis podnikání ve vybrané firmě vzhledem k:

- výrobnímu portfoliu
- výrobnímu procesu
- procesnímu řízení

Cíle řešení:

Analýza současného stavu jednotlivých zakázek.

Vyhodnocení teoretických přístupů k návrhu řešení.

Sestavení návrhu k realizaci zakázky s vazbami na výrobní proces.

Podmínky realizace a přínosy.

Seznam doporučené literatury:

KOŠTURIÁK, J. FROLÍK, Z. a kol. Štíhlý a inovativní podnik. Praha Alfa Publishing s.r.o. 2006. s. 237. ISBN 80-86851-38-9.

LAMBERT, D. M., STOCK, J. R., ELLRAM, L. M. Logistika. Přel. Nevrlá E. Praha Computer Press, 2006. 589 s. ISBN 80-251-0504-0.

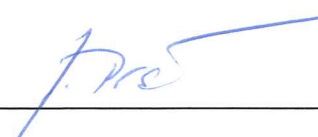
KAVAN, M. Výrobní a provozní management. Praha Grada Publishing, 2002. s. 424. ISBN 80-247-4099-5.

BLAŻEWICZ, J., ECKER, K. H., PESCH, E., SCHMIDT, G., WEGLARZ, J. Scheduling Computer and Manufacturing Processes. Berlin Springer, 2001. 485 s. ISBN 3-540-41931-4.

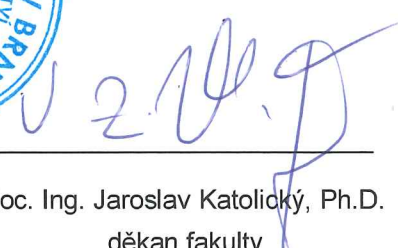
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 11. 9. 2018





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



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

ABSTRAKT

Téma diplomové práce bylo realizováno ve vybrané strojírenské firmě vyrábějící přesné obrobky na zakázku v malých sériích. Hlavním cílem práce je vytvoření návrhu optimálního zásobovacího procesu pro nové zakázky. V první části práce je popsána firma, oblast jejího podnikání a procesy zakázky. V druhé části je provedena analýza výroby: cesta zakázky výrobou, analýza produktů u dvou referenčních obrobků, porovnání všech časových prostojů za poslední dva roky, nalezení úzkých míst zásobovacího procesu. Na základě provedené analýzy byly popsány teoretické přístupy. V poslední kapitole jsou uvedeny návrhy na zlepšení zásobovacích procesů a tím zkrácení časů výroby nových zakázek.

Klíčová slova

Zakázková výroba, štíhlá výroba, kapacitní plánování, Mapování hodnotového toku, management úzkých míst.

ABSTRACT

The topic of diploma thesis was implemented in selected mechanical engineering company producing precision parts in small series. The main aim of the thesis is to create the suggestion of optimal supply process for new orders. The first part of thesis describes the company, area of its business and the processes of the order. In second part, the production analysis is carried out: production order path, production analysis for two reference parts, comparison of all time delay over two last years, find bottlenecks in the supply process. Base on analysis, theoretical approaches was described. In the last chapter there are suggestions for improvement of supply processes and thus shortening of production time of new orders.

Key words

Custom production, lean production, capacity planning, Value Stream Mapping, management of bottleneck.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ADAMÍK, Vít. *Návrh optimálního zásobovacího procesu pro nové zakázky* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/115220>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojírenského inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh optimálního zásobovacího procesu pro nové zakázky** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

.....
Bc. Vít Adamík

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou chci poděkovat vedoucí mé diplomové práce prof. Ing. Marii Jurové, CSc. za vstřícné rady a odborné konzultace. Děkuji řediteli, technickému řediteli a dalším zaměstnancům výrobní firmy za jejich připomínky a rady. Děkuji také rodině a manželce za podporu.

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ.....	4
PODĚKOVÁNÍ.....	5
OBSAH.....	6
ÚVOD.....	9
1 Popis podnikání ve vybrané firmě	10
1.1 Podnikání ve vybrané firmě	10
1.2 Podnikání vzhledem k portfoliu	11
1.2.1 Produktové portfolio	11
1.2.2 Strojové vybavení firmy	12
1.2.3 Kvalita.....	14
1.3 Procesní řízení.....	15
1.3.1 Proces zakázky.....	15
1.3.2 Typ výroby.....	16
1.3.3 Pracovní pozice ovlivňující chod zakázky ve výrobě.....	16
1.3.4 Procesní řízení v administrativě.....	17
1.3.5 Procesní řízení ve výrobě.....	18
1.3.6 Layout výrobní haly.....	19
2 Cíle práce	20
3 Analýza současného stavu jednotlivých zakázek	21
3.1 Zakázková výroba	21
3.1.1 Plánování zakázky do výroby	21
3.2 Analýza materiálového a hodnotového toku.....	22
3.2.1 Value Stream Map – Mapa hodnotového toku	22
3.2.2 Skladovací plochy ve výrobě	23
3.2.3 Špagetový digram zakázek	24
3.2.4 Způsob zásobování jednotlivých pracovišť	25
3.2.5 Typy palet	25
3.3 Analýza pracoviště	27
3.4 Analýza zakázky produktu A	28
3.4.1 Cesta zakázky výrobou	29
3.5 Analýza zakázky produktu B	30
3.5.1 Cesta zakázky výrobou	31
3.6 Analýza časového prostoje všech pracovišť	31

3.7	Nalezení úzkého místa výroby	32
3.8	Úzké místo v předávání zakázek.....	34
3.8.1	Popis operativního řízení zakázek ve výrobě	35
3.8.2	„Tlačená“ zakázka	36
3.9	Úzké místo – kontrola	36
3.10	Úzké místo – pracoviště	38
4	Vyhodnocení teoretických přístupů k návrhu řešení	40
4.1	Štíhlý a inovativní podnik	40
4.1.1	Informační systém.....	41
4.2	Logistika.....	42
4.2.1	Historie a vývoj.....	42
4.2.2	Štíhlá logistika	43
4.3	Výroba.....	43
4.3.1	Výrobní kapacitní plánování.....	43
4.3.2	Standardní normativy procesu výroby	44
4.3.3	Typy výrob a členění uspořádání stojů	45
4.3.4	Štíhlá výroba	46
4.3.5	Mapování hodnotového toku – Value Stream Mapping	47
4.3.6	Tlakový a tahový systém řízení	48
4.3.7	Základní nástroje štíhlé výroby.....	48
4.4	Uplatnění štíhlé výroby v zakázkové výrobě	49
4.5	Štíhlé pracoviště – metoda 5S	50
4.5.1	Jednotlivé kroky uvedení 5S do provozu.....	51
4.6	Kaizen	52
4.7	Management úzkých míst	53
5	Sestavení návrhů pro nové zakázky s vazbami na výrobní proces, jejich přínosy a podmínky realizace	54
5.1	Návrh A – Operativní plánování ERP systémem.....	54
5.1.1	Přenesení práce koordinátora výroby na mistry a operátory	56
5.1.2	Vizualizace práce stroje na zakázce.....	56
5.1.3	Organizace meziskladu – rozpracované výroby	56
5.1.4	Kalkulace ušlého zisku	57
5.2	Kontrola jako úzké místo	59
5.3	Návrh C – Nastavení štíhlého pracoviště	60
5.4	Návrh D – Menší výrobní dávka u četných zakázek.....	61

5.5	Podmínky realizace a přínosy	62
5.6	Další návrhy na implementaci štihlé výroby.....	63
ZÁVĚR		64
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ		66
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		68
SEZNAM PŘÍLOH.....		70

ÚVOD

Diplomová práce s obecným názvem „Návrh optimalizace zásobovacího procesu pro nové zakázky“ je realizována v malé české strojírenské firmě, která je dodavatelem vysoce přesných a náročných obrobků vyráběných na zakázku v malých a středně velkých sériích. Zadání diplomové práce je zaměřeno na výrobní část zpracování zakázky a optimalizaci zásobovacích procesů ve výrobě.

Téma diplomové práce a firma, kde je práce realizována, byly vybrány z několika důvodů. Mou hlavní motivací byla aplikace teoretických znalostí získaných, ať už studiem oboru *Strojírenská technologie a průmyslový management*, vlastním zájmem o průmyslový management (inspirace Tomášem Baťou či prof. Jánem Košturiakem), nebo pracovní zkušeností získané z výrobního velkosériového závodu. Měl jsem příležitost realizovat toto téma ve Firmě A, která je otevřena moderním přístupům a inovacím. Díky vstřícnosti zaměstnanců firmy mi bylo umožněno nahlédnout do fungování celého podniku a zakázkové výroby, což pro mě bylo významným motivačním faktorem.

Práce sestává z pěti kapitol a přílohy. V první části je popsáno, čím se Firma A zabývá, co je předmětem jejího podnikání, jaké jsou její hlavní činnosti a jakým způsobem firma tyto činnosti realizuje, jakých strojů k tomu využívá, jaké procesy má nastaveny, kteří pracovníci ovlivňují chod zakázky výrobou. Druhá část je zaměřena na analýzu aktuálního stavu výroby. Analýza se opírá o dvě stávající zakázky, které jsou pravidelně vyráběny. Tyto dvě zakázky reprezentují hlavní možnosti výroby. Dále je detailně popsán proces operativního plánování, organizace pracoviště a proces zásobování jednotlivých pracovišť. Pro širší pohled na zakázkovou výrobu jsou analyzována data všech zakázek z minulého roku. Výstupem kapitoly analýzy je zjištění úzkých míst a popis nedostatků, které jsou ve výrobě, resp. v zásobovacím procesu. Třetí část je zaměřena na teoretické přístupy k problematice. Velkým vzorem je pro mě přístup prof. Košturiaka, který v knize *Stíhlý a inovativní podnik* [1] popisuje moderní přístupy na příkladech z praxe.

Cílem práce je podat alespoň jeden návrh na optimalizaci zásobovacího procesu. V páté kapitole je popsáno více návrhů a jejich přínosy. Optimalizací mezioperační přepravy na minimum se může Firma A stát konkurenceschopnější, což je jedním aspektem konkurenční výhody. Tyto návrhy by měly vést k realizaci.

1 POPIS PODNIKÁNÍ VE VYBRANÉ FIRMĚ

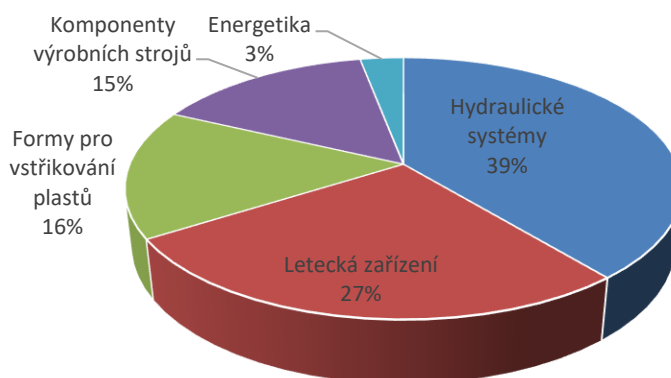
Diplomová práce se věnuje zásobovacím procesům ve výrobě Firmy A, která si nepřeje být zveřejněná. Jedná se o malou českou strojírenskou firmu, která má ambice stát se štíhlým podnikem. Práce je založena nejen na osobních poznatcích z firmy, ale hlavně na interních dokumentech, datech z informačního systému a rozhovorech s pracovníky napříč celou firmou. Firma A má přibližně 70 zaměstnanců a pracuje v třísměnném provozu.

1.1 Podnikání ve vybrané firmě

Firma A se soustředí na precizní třískové obrábění, je dodavatelem vysoce přesných a náročných dílů vyráběných na zakázku v malých a středně velkých sériích. Firma A byla založena v roce 2000. V současnosti disponuje stroji pro pětiosé obrábění. Při broušení a obrábění „za tvrda“ lze s jejich stroji dosáhnout mikronových přesností. Hlavním mottem firmy je: „na přesnosti záleží.“ V portfoliu firmy je také hluboké vrtání. Dle požadavku zákazníka je možné zajistit mnoho variant tepelného zpracování či povrchových úprav díky partnerům. Pro výrobu jsou využity stroje značek Mazak a Studer. Hlavním produktem firmy jsou přesné obrobky na základě navržené vlastní technologie a na základě výkresu součásti dodaného zákazníkem. Materiál použitý pro výrobu může dodat zákazník nebo firma použije požadovaný materiál odpovídající kvality. Objem zakázky je stanoven dle velikosti obrobků, ale také požadavků zákazníka. Firma A zpracovává zakázky od jednotek kusů až po desítky a stovky kusů. Termín dodání zakázky je také individuální, vyrobené díly včetně návrhu technologie výroby je možné dodat v časovém horizontu dvou až tří týdnů. Standartní doba dodání zakázky je tři až čtyři týdny. [2]

Služeb Firmy A využívají výrobci světových značek např. Bosch, MOOG, ŠKODA, Honeywell, Siemens, Latecore a další. Díly jsou použity v těchto odvětvích [2]:

- Hydraulické systémy,
- formy pro vstřikování plastů,
- letecká zařízení,
- přesné částí obráběcích strojů,
- spalovací motory a turbíny.



Obr. 1 Graf segmentace trhu [23]

Firma je schopna přizpůsobit se speciálním požadavkům zákazníka a vyrábět prototypové díly a malé série výrobků včetně montáže. Firma A obrábí tyto materiály:

- Všechny typy ocelí včetně nerez ocelí,
- speciální materiály (Inox, Inconel, Hastelloy),
- mosaz,
- titan,
- slitiny niklu a hliníku,
- odlitky a výkovky,
- tvárná litina atd.

Výrobní závod byl v roce 2018 přesunut do nových výrobních prostor od rozloze 1960 m², kde má kapacity na rozšíření výroby. [2]

1.2 Podnikání vzhledem k portfoliu

Firma A již za dobu svého působení realizovala na strojírenském trhu nespočet zakázek, na základě jejich úspěšného zpracování posílila pozici na trhu a zvýšila konkurenční schopnost. Firma A obrábí složité součástky světoznámých zákazníků.

1.2.1 Produktové portfolio

Vstřikovací pumpa nákladních automobilů

Jedná se o kritickou část bezpečného fungování motorů s Common-Rail vstřikováním. Součást je dodávána firmě Bosch. Vstřikovací pumpa musí vydržet tlaky vyšší než 1000 barů.



Obr. 2 Rozdělovací kostka a šoupátka hydraulických systémů

Rozdělovací kostka a šoupátka hydraulických systémů

Firmě Voith je dodávána rozdělovací kostka další komponenty hydraulických systémů, které vyžadují vysoké nároky na těsnost a jakost vnitřních ploch. Díky pečlivému opracování bezchybně pracují při tlacích stovek barů.



Obr. 3 Rozdělovací kostka a šoupátka hydraulických systémů

Excentrická hřídel vstříkovacích systémů lodí

Firma A vyrábí vysoce namáhané součásti, jako jsou hřídele pro lodní dieselové motory firmy Steyr Motors. Hřídele pracují ve vysokých otáčkách, tisíce otáček za minutu, proto je kladen důraz na jejich perfektní opracování a kvalitu materiálu. Do sportovních lodí jezdících vysokou rychlostí firma vyrábí také vyvažovací hřídele.



Obr. 4 Excentrická hřídel vstříkovacích systémů lodí

Sací kolo turbodmychadla závodních vozů

Pro firmu Honeywell jsou obráběny části turbodmychadel, které musí vydržet více než 200 000 otáček za minutu a odolat teplotám vyšším než 1000 °C. [2]



Obr. 5 Sací kolo turbodmychadla závodních vozů

1.2.2 Strojové vybavení firmy

Firma A je omezena pouze strojovým vybavením, které ale nabízí široké možnosti. Disponuje stroji jak pro pětiosé obrábění, přesné broušení, tak i kontrolu vyrobených kusů. Základna strojů je neustále rozšiřována. Aktuální stav strojového vybavení se nachází v níže uvedené tabulce.

Tab. 1 Seznam výrobních strojů [2]

Skupina	Stroje	Zkratka ve výrobě
5 osé CNC obrábění		
	MAZAK INTEGREGX 200 SY	IGX A
	MAZAK INTEGREGX 200- III ST	IGX B
	MAZAK INTEGREGX I-200ST	IGX C
CNC broušení		
	STUDER S33 – FANUC GE Fanuc Series 16i - TB	ST I
	STUDER S33 – FANUC GE Fanuc Series 21i - TB	ST II
3 osé obrábění za tvrda s poháněnými nástroji		
	FANUC HARDINGE SUPER – PRECISION T51	HT I
	FANUC HARDINGE SUPER – PRECISION T51	HT II
5 osé frézovací centrum		
	MAZAK SMOOTH TECHNOLOGY VARIAXIS i600	VRX I
3 osé CNC soustružení s poháněnými nástroji		
	MAZAK SUPER QUICK TURN 250MS	SQT 250
	MAZAK QUICK TURN NEXUS 250- II MY	NEXUS I
	MAZAK MAZATROL 640T NEXUS	NEXUS II
	MAZAK QUICK TURN 350- II MY MATRIX	QTNX 350
Konvenční stroje - broušení		
	OVERBECK 400RU	OVERBECK
	BU 28 – 630	BU 28
	JUNG type: SFO – EP	JUNG
Konvenční soustruhy		
	Type: SV 18 RA	SV 18
	Type: SV 18 RA	BK 18

Hlavním heslem firmy A je: „Na přesnosti záleží“. Toto heslo se také odráží ve strojovém vybavení pracoviště kontroly, které se nachází v klimatizované místnosti, aby byla dodržena přesnost dílů o toleranci až 0,001 mm.

Tab. 2 Seznam měřících strojů [2]

Stroje	Pracovní prostor (X/Y/Z) [mm]	Přesnost [nm]	Max. zatížení [kg]	Doplň info
3D CMM - IMS Impact1 s NC polohovací hlavou Renishaw PH10T – sensor TP20	500 x 600 x 450	"±/-(2,5+L/300)	500	
3D CMM - ZEISS Micura s hlavou Vast XT	500 x 500 x 500	"±/-(0,7+L/300)	150	Scanovací hlava

Měření přesnosti a pozice - Formtester Mahr MMQ44	180(dia360) x 350	rovinnost X osy = 0,6 rovinnost Z osy = 0,4 háživost C osy = 0,08	60	
Měření drsnosti povrchu - Drsonměř Mitutoyo SJ-401				R, P, W, DIN4776 a Motif R+W profil
Měření profilu (úhly, rádiusy...) - Profiloprojektor Starrett HB350 s Quadra chek 2000 and optickým komparátorem	(X/Y) = 180 x 100	(4+L/75)		
Výškomery - 2x Digitální výškoměr Trimos Mestra a Vectra	(Z) = 610 / 872	"+/- (1,4+L/400)		

1.2.3 Kvalita

Již od roku 2002 je firma certifikována dle normy ISO 9001. Od ledna 2018 disponuje společnost certifikátem AS/EN 9100 pro leteckou výrobu. Ve výrobním procesu jsou používány kontrolní mechanismy pro dosažení vysoké kvality konečného výrobku. Kontrola je prováděna v klimatizované laboratoři. Jsou prováděny tyto kontroly [2]:

- Vstupní kontrola materiálu a polotovarů,
- uvolnění prvního kusu,
- mezioperační kontrola,
- kontrola každého dílu dle požadavku zákazníka,
- závěrečná kontrola před expedicí.

Specializované testy jsou zajišťovány ve spolupráci s externími laboratořemi disponujícími odpovídající certifikací. V kooperaci jsou zajišťovány následující technologické operace [2]:

- Vakuové kalení,
- zušlechťování,
- cementace,
- nitridace,
- černění,
- eloxování.

1.3 Procesní řízení

V této kapitole jsou popsány procesy zakázky, činnosti pracovníků, plánování zakázky a rozložení výroby. Jedná se o zakázkovou výrobu a vše je přizpůsobeno požadavkům zákazníka. Velikost zakázky se také liší, ale je pravidlem, že jedna zakázka odpovídá jedné paletě. Dílčí procesy operativního řízení zakázek ve výrobě jsou detailněji popsány v části analýzy.

1.3.1 Proces zakázky

Postup zakázky firmou je řízen na základě normy ISO 9001. Firma má jasně definováno, kdo má jaký krok na starost. Ke každému kroku jsou jasně definovány metriky, jak měřit daný proces pomocí KPI (Kritical Performance Indicator) ukazatelů, a jaké jsou požadovány dokumenty. Co dělat v případě změny při plnění zakázky. Tento proces je popsán v interní směrnici Řízení zakázek [3]. Postup lze rozdělit do následujících šesti úseků, které zodpovídají za plnění povinností v procesu zakázky:

- Obchodní oddělení,
- logistika,
- technologická příprava výroby (dále TPV),
- nákupní oddělení,
- výroba,
- kvalita.

Postup zakázky firmou [3]:

1. Na základě poptávky obchodní oddělení zjistí ve spolupráci s TPV a kvalitou, zda je možné zakázku vyrobit a jaká bude její cena.
2. Příjem objednávky – oddělení logistiky zpracovává objednávku, zadává její parametry do ERP systému, zakládá tzv. kalkulační list, který je páteřním dokumentem k výpočtu ceny.
3. Každý obchodník dle přidělených zákazníků stvrzuje svým podpisem parametry objednávky, že takto může být zadána.
4. Oddělení logistiky posílá zákazníkovi potvrzení zakázky nebo smlouvy.
5. TPV připraví technologii zpracování zakázky. Hlavním dokumentem je kalkulační list a technologický postup pro jednotlivé operace.
6. Nákupní oddělení zajistí dopravu, dodavatele, nástroje, domluví kooperace.
7. TPV vytvoří programy k CNC strojům.
8. Na každodenní ranní poradě je provedena kontrola připravenosti výroby tzn. jestli je připravený materiál, technologické postupy a výkresy, kooperace, programy, denní plán výroby (myšleno pořadí operací), zda jsou k dispozici měřidla, nástroje a přípravky.
9. Plánovač naplánuje výrobu dle termínu expedice. Výroba je plánována na základě kapacit strojů po dnech. Časově tato činnost předchází potvrzení termínu zákazníkovi, potvrzení zákazníkovi zasílá oddělení logistiky.

10. Denní plán výroby je řízen koordinátorem výroby, který jedenkrát za den upravuje fronty práce u jednotlivých strojů dle aktuální výrobní možnosti jednotlivých zakázek, tak aby žádný stroj neměl zbytečné prostoje.
11. Na začátku každé operace je operátor povinen zaznamenat převzetí zakázky. Převzetí a odevzdání zakázky se zaznamenává pomocí čárového kódu do ERP systému.
12. U každé operace probíhá tzv. uvolnění prvního kusu, tzn. první vyrobený kus je přeměřen kontrolou. Po schválení může pokračovat výroba celé výrobní dávky, není-li stanoveno jinak, dle požadavku na přesnost.
13. Výroba je ukončena výstupní kontrolou, za kterou zodpovídá kvalita.
14. Zakázka je předána na sklad a expedována zákazníkovi. Za tuto fázi zodpovídá logistika.
15. Zakázka je uzavřena archivací veškeré dokumentace obchodním oddělením.

Při opakované zakázce je administrativní část (1. krok až 7. krok) urychlen, jelikož je zpracována technologie, kalkulace je provedena. Vyjednávány jsou změny, a to jak ze strany firmy, tak ze strany zákazníka.

1.3.2 Typ výroby

Dle publikace Výrobní a provozní management [4] stojí výroba Firmy A na pomezí kusové a sériové (opakované) výroby. Kusové zejména proto, že firma produkuje určitý typ různých výrobků v malých množstvích. Tyto výrobky jsou vyráběny dle přesné specifikace zákazníka a jeho potřeb. Na základě toho jsou rozmístěny stroje dle technologického uspořádání výrobního procesu tzv. job shop, kde jsou stroje slučovány dle technologické operace, kde jsou univerzální stroje pro danou technologii. Ve výrobě Firmy A jsou sdruženy konvenční stroje, zámečnické operace, CNC soustruhy, CNC pětiosá obráběcí centra, frézka, brusky, kontrola, expedice atd. Z pohledu sériové neboli opakované výroby je výroba standardizovaná a je schopna pojmout zakázky o více než 100 kusech. Zakázky lze opakovat a dosahovat tak vyšší efektivnosti, jelikož všechny zrealizované zakázky jsou archivovány.

1.3.3 Pracovní pozice ovlivňující chod zakázky ve výrobě

Níže jsou popsány pracovní pozice, které přichází denně do bezprostředního kontaktu se zakázkou. Jsou vybrány pozice z výroby a technologické přípravy výroby. Popis pracovních činností je vybrán z interních dokumentů Firmy A [5]:

Pracovníci logistiky – zakládají obchodní poptávky, tvoří nabídky dle instrukcí obchodníků, komunikují se zákazníkem, uvnitř firmy komunikují s TPV, obchodním oddělením a výrobou, vytváří zakázky v ERP, archivují zakázky, objednávají přepravu.

Technolog TPV – podílí se na kalkulaci poptávek, připravuje technologický postup zakázky, podílí se na přípravě nových zakázek, optimalizuje technologické procesy, programuje CNC stroje, podílí se na nastavení optimálních obráběcích operací a dosažení nejkratších výrobních časů při optimálním využití nástrojů, zabezpečuje uvedení do činnosti a instalaci nových strojů, vybírá optimální kooperace pro zhotovení výrobku.

Postupář – kontroluje technologický postup zakázky na základě navržené technologie od technologů TPV, kontroluje připravenost výroby, připravuje dokumentaci do výroby.

Plánovač – připravuje plán výroby dle plánu vývozu (plánu objednávek), připravuje plán výroby s ohledem na jeho maximální hospodárnost a stanovené cíle OTD, zajišťuje informace o aktuálním stavu zakázek, využití systému včasného varování – predikce kritických a ohrožených zakázek v reálném čase. Na základě počtu operací, jejich časové náročnosti, termínu expedice a kapacit strojů a lidí plánuje v ERP systému realizaci zakázky v konkrétních dnech. Vytváří fronty práce, které jsou dále upravovány koordinátorem výroby.

Koordinátor výroby – dohlíží na předchystání výroby – což znamená, zda všechny předchozí výrobní kroky již proběhly. Upravuje fronty práce v denním cyklu, řeší případné změny v pořadí vyráběných zakázek u jednotlivých strojů, přemísťuje zakázky mezi stroji a meziskladem. Zajišťuje hladký průběh výroby a minimalizaci prostojů.

Mistr – je vedoucím směny tzn. organizuje a řídí práci na směně, dle možností napomáhá všem článkům zúčastněným ve výrobním procesu ve zvyšování produktivity a kvality odváděné práce (dohlížení na vykonané práce, odstranění problémů se strojem, zvyšování odbornosti operátorů), současně s programátory kontinuálně hledá skryté rezervy v kapacitách stroje a použití lepších technologií, dohlíží na správné vyplňování výkazů práce, zajišťuje servis a údržbu strojního vybavení.

Operátor – obsluhuje a seřizuje CNC obráběcí stroj, plní zakázky na příslušném pracovišti dle denního plánu, poskytuje pomoc při návrhu optimálních obráběcích nástrojů, poskytuje pomoc při zabezpečení funkčnosti a údržby výrobního zařízení. Operátor má povinnost zaznamenávat převzetí a odevzdání zakázky pomocí naskenování čárového kódu v průvodní dokumentaci zakázky.

Inspektor kvality – obsluhuje, udržuje a seřizuje veškeré měřicí přístroje a přípravky, zodpovědný pracovník za dodržení kvality a kvantity práce, provádí uvolnění výroby prvních kusů, provozní kontrolu, vstupní a výstupní kontrolu. Připravuje programy pro měřicí stroje, vytváří měřicí postupy a předpisy tzv. kontrolní plány.

Expedice – připravuje balení pro zákazníky a kooperaci, provádí balení dílů dle požadavku zákazníka, přijímá vyrobené zakázky z výroby na základě uvolnění z výstupní kontroly. Popisuje díly dle výrobní dokumentace. Pravidelně provádí inventuru skladu. Zadává do ERP systému ukončení zakázky. Součástí expedice je sklad hotové výroby a případné nadvýroby.

1.3.4 Procesní řízení v administrativě

ERP systém je páteří veškerého dění a práce na každé zakázce. Hierarchie činností a zodpovědností je stanovena interní směnicí: [3]. Zakázka je zadána do systému. Systém dle stanoveného postupu přiřadí zakázku konkrétnímu oddělení, které musí vykonat činnost a potvrdit ukončení činnosti v systému, jinak se zakázka zastaví a nepostoupí dál. Každý pracovník, jak ve výrobě, tak v administrativě má danou frontu práce, která je ovlivněna časem zpracování dané zakázky, tzn. pracovníci se neorientují podle termínu expedice, ale čas zpracování je přepočítán na jednotlivé operace, např. pracovníci nákupního oddělení mají 3 dny na zpracování zakázky a zajištění všech potřebných zdrojů.

Tento systém umožňuje zpracovávat firmou velké množství zakázek současně. Firmou je zpracováno, resp. zaplánováno až 250 zakázek současně. Výhodou systému je přehled

zakázky, v jaké fázi se nachází. Kapacitní plánování umožňuje snadný přehled vytíženosti strojů a rychlé stanovení dodacích termínů zákazníkovi.

Mezi nevýhody patří horší práce se změnami či s prostoji zakázek. Když se jedna zakázka zastaví, může způsobit prostoje u dalších zakázek. Nebo když je odstaven jeden výrobní zdroj, ať už se jedná o výrobní stroj nebo pracovníka administrativy, může se tak zastavit celý řetězec zakázek. Tento problém lze řešit rozšířením pracovních kompetencí zaměstnanců, případně mít připravené alternativy ve výrobních možnostech a nebýt tak závislý na jediném zdroji.


1.3.5 Procesní řízení ve výrobě

Na základě kapacitního plánování je u každého stroje fronta práce (Obr. 6). Tato fronta práce je seřazena dle termínu expedice, ale neodpovídá aktuální situaci zakázku vyrábět. Tento proces změny fronty práce je nastavován koordinátorem výroby každý den. Tato činnost je nutná, aby se eliminovaly prostoje lidí a strojů způsobené zpožděním jiné zakázky nebo z jiných důvodů. Příklad fronty práce je uveden na Obr. 6 Fronta práce u stroje.

12.03.2019			
Materiál připraven v době vyhotovení pořadí			
Integrex A	Emulze: Hocut		
119256_039	81,00 ks	PL/2019/320	
9106801	Cavity Flange		40
119256_049	38,00 ks	PL/2019/321	
7301733	Cavity Flange		40
119310_019	68,00 ks	PL/2019/342	
9130112	Cavity Flange		40
119097_010	N1	143,00 ks	PL/2019/112
D5211419420000		EMBOUT FITTING-END	40
119098_010	N1	143,00 ks	PL/2019/113
D5211419420000		EMBOUT FITTING-END	40

Obr. 6 Fronta práce u stroje

Tzv. průvodka (Obr. 7) je tištěný dokument, který obsahuje všechny operace, kterými obrobek musí projít. Tento dokument putuje výrobou v paletě s obrobky. Průvodka obsahuje všechny potřebné informace pro operátory i pro sledování výroby. Součástí průvodky je technologický postup, seřizovací listy s kusovníkem nástrojů, výkresová dokumentace, popř. detailní technologický popis práce např. pro broušení. Každá operace v průvodce má svůj unikátní čárový kód, který slouží při převzetí zakázky operátorem a zaznamenání převzetí do ERP systému. Každý operátor výroby má povinnost provést záznam o převzetí a odevzdání zakázky. Jako přílohy průvodky jsou např. výkres hotového obrobku, postupové výkresy k jednotlivým operacím, popsána technologie broušení, seřizovací listy ke strojům u jednotlivých operací atd.

120	Soustruh - Soustruh - Obrábění dle výkresu	22,450min
Honovat ručně hranu, aby byla zaoblena vyznačená hrana na R0,05mm a vnitřní průměr d35+0,01, aby bylo dosaženo Rz2 honovacím kartáčem Flex Hone D38mm 320SC. Honovat 30s při 900 ot/min, kartáč každé 2ks mazat olejem, aby došlo k menšímu poškození povrchu dílu a nižšího opotřebení kartáče. První kus nechat přeměřit na kontrole, teprve potom pokračovat s honováním dalších kusů. Očistit před VK!		
Počet	Datum	Podpis
		
PL1170003146120		
Zdroje		
Soustruh		1,000
	START	UKONČENÍ
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Obr. 7 Příklad operace průvodky

1.3.6 Layout výrobní haly

Firma disponuje výrobní plochou o rozloze 1940 m² a 360 m² administrativních prostor a příslušných sociálních a jídelních prostor. Layout firmy je součástí Přílohy 1, kde je definována zodpovědnost za jednotlivá pracoviště, to je shodné s rozložením strojů a následujícím popisem. Výroba (viz Obr. 8) je dále dělena na dílčí prostory mezi:

- Vstupní sklad a pila – ohraničený prostor, kde je přijímán materiál od dodavatelů nebo zákazníků. Materiál je dále dělen a předán do výroby na vstupní kontrolu. Součástí je také sklad nevyužitých palet.
- Výrobní prostory – jedná se o technologické rozložení výrobních strojů na základě stejné výrobní technologie. Tzv. výrobní hnízda jsou rozdělena na konvenční stroje, CNC soustruhy (ty jsou dále rozděleny do dvou hnízd dle maximální velikosti obrobku), pětiosá obráběcí centra, frézku, brusky, mezisklad s rozpracovanou výrobou.
- Zámečnické pracoviště – je část výroby, kde se provádí zámečnické operace. Pracoviště je od výrobních strojů odlišeno hlavně z důvodu vyššího počtu operátorů s různorodou činností.
- Komunikace – cesty spojující celou výrobu. Minimální šířka hlavní komunikace je 1800 mm.
- Výdejna nástrojů – místnost skladu všech řezných nástrojů pro obráběcí operace.
- Kontrola – místnost klimatizovaná na 20 °C, kde jsou prováděny veškeré kontroly, zkoušky, měření. Součástí více měřicích přístrojů obsluhovaných jedním až dvěma pracovníky kontroly.
- Místnost údržby – součástí je dílna pro případné opravy, sklady s vybavením strojů, oleje atd.
- Expedice – ohraničený prostor, kde dochází k balení, uzavírání a expedování zakázky.



Obr. 8 Pohled na výrobní halu Firmu A

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je navrhnout zlepšení zásobovacího procesu pro nové zakázky ve vybrané Firmě A.

- Analýza současného stavu zásobování výroby pro dané 2 produkty.
- Analýza prostojů současné výroby.
- Nalezení úzkého místa a zvýšit jeho průchodnost v rámci celého procesu výroby.
- Návrh optimálního zásobovacího procesu pro nové zakázky.
- Vizualizace stavu zakázky u jednotlivých operací.
- Návrh přesnějšího plánování, které pomůže zrychlit prostup zakázky výrobou.

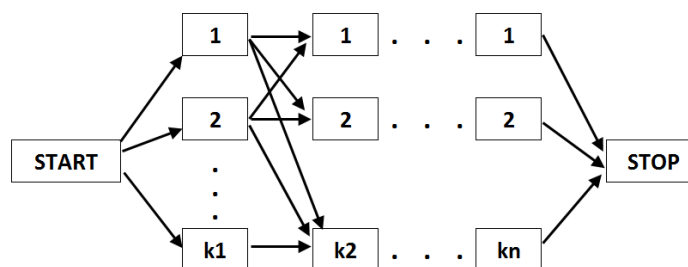
3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU JEDNOTLIVÝCH ZAKÁZEK

V této kapitole je provedena analýza, jak celého zakázkového procesu, tak jednotlivých zakázek s konkrétními výrobními časy. V rámci analýzy podniku je pohlíženo na celý proces zakázky a na dílčí procesy (např. manipulace se zakázkou mezi jednotlivými operacemi nebo práce na pracovišti). Je také kladen důraz na zmapování plánování a činnosti obnášející operativní plánování. Pro analýzu konkrétních zakázek byly vybrány dvě typické zakázky, které jsou do jisté míry odlišné výrobním postupem, a tím je umožněn náhled do variability výroby Firmy A. Dále je provedena analýza časových prostožů všech zakázek za poslední dva roky. To je předpokladem k nalezení úzkých míst, která jsou následně popsána. Touto kapitolou je vymezen prostor pro vyhodnocení teoretických přístupů k aplikované problematice.

3.1 Zakázková výroba

Zakázka je rozdělována na několik druhů odlišené speciálním číslem v kódu zakázky. Hlavní dva typy jsou prvovýroba a opakovaná výroba. U prvovýroby je čas zakázky delší, jelikož je nutné vyjednat cenu, podmínky realizace, zajistit dodavatele, navrhnout technologii opracování obrobku, navrhnout výrobní postup a další administrativní úkony. Následně je zakázka předána plánovači a výrobě k realizaci. Proces zakázky je detailně popsán v kapitole 1.3.1. U opakované zakázky je přeskočena fáze navrhování technologie a informace o realizaci jsou získávány z historie firmy. Tento proces je značně rychlejší. [3]

Zakázková výroba je specifická širokou paletou výrobního portfolia. To klade velký důraz na plánování, jelikož každá zakázka má jiný průběh a jiný objem, tudíž dochází k častému seřizování stroje se specifickými požadavky dané technologií a požadavkem zákazníka. Zakázky prochází v různém pořadí různými pracovišti. Ačkoliv je variabilita kombinací omezená technologií, např. frézka o vysoké přesnosti je ve firmě pouze jedna, tak spousta pracovišť má svou náhradní alternativu, například CNC soustruhy, pětiosá obráběcí centra, brusky či konvenční stroje. Vzniká tedy vysoká variabilita umístění zakázek ve výrobě, tento problém je teoreticky popsán na obrázku Obr. 9. Firma má zaplánováno 200 až 250 zakázek, které během následujících týdnů vyrábí. Celý proces zakázky je detailně popsán v kapitole 1.3.1. [6]



Obr. 9 Schématické znázornění flexibilní výroby [6]

3.1.1 Plánování zakázky do výroby

Firma A pracuje v ERP systému, který je přizpůsoben zakázkové výrobě. ERP systém je stěžejní při průchodu zakázky firmou, od zadání zakázky na základě objednávky až

po expedici zboží. Jedná se o kapacitní plánování, kde každý výrobní stroj či samotné pracoviště výroby má svůj zdroj, tudíž i vlastní kapacitu (viz Obr. 20). Plánování lze rozdělit na dvě části:

1. Administrativní část, jejíž součástí je: domluvení ceny a termínu dodání, technologická příprava výroby, objednání materiálu, vytvoření výrobního postupu.
2. Výrobní část, která zahrnuje postup zakázky výrobou, dle aktuálních možností volných kapacit strojů.

Je plánováno na základě výrobních kapacit strojů, lidí a s ohledem na termín expedice. To zajišťuje plánovač, který plánuje zakázky v horizontu dvou a více týdnů předem. Úkolem je skloubit výrobní časy s kapacitami zdrojů ve výrobě a termínem expedice. Jedná se o hrubé plánování, které neurčuje frontu práce u každého stroje. Tento úkol je vykonáván koordinátorem výroby, který každý den připravuje frontu práce ke každému stroji na základě výrobních možností a aktuálních zpožděných nebo urychlených zakázek. To vyžaduje dokonalou orientaci ve vytíženosti jednotlivých pracovišť a v průbězích zakázek. Jedná se o operativní plánování, které podléhá několika faktorům, na které plánovač i koordinátor výroby musí reagovat.

3.2 Analýza materiálového a hodnotového toku

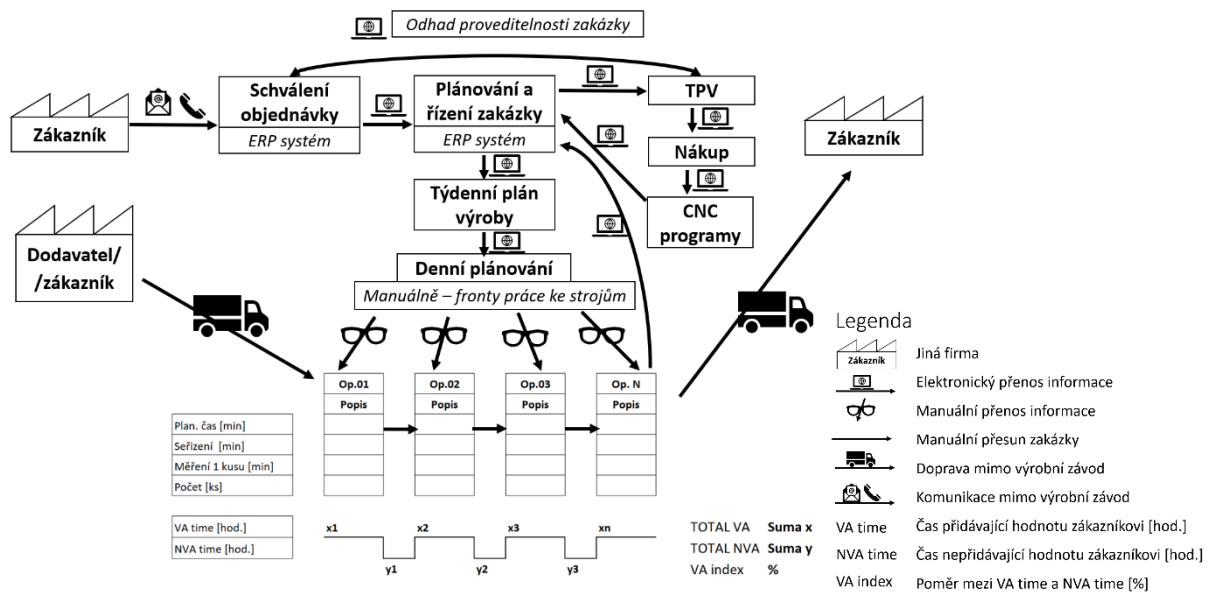
V této kapitole je popsán a analyzován zásobovací proces, které faktory zasahují do procesu zásobování jednotlivých pracovišť. Je zde popsáno, kde je přidávána hodnota výrobku, která místa výroby jsou nejfrekventovanější. Zakázky jsou přepravovány pomocí paletových vozíků. Dle velikosti zakázky je zakázka umístěna na samostatné paletě nebo je více zakázek na jedné paletě oddělené přepážkou či umístěné v menším plastovém boxu. Rozmístění výrobních strojů, skladů, jednotlivých pracovišť a komunikací mezi nimi je popsáno v kapitole 1.3.6.

3.2.1 Value Stream Map – Mapa hodnotového toku

Postup při mapování hodnotového toku [7]:

1. Definice zadání (poslání, oblast realizace, strategické faktory úspěchu...).
2. Výběr "reprezentanta".
3. Znázornění současného stavu.
4. Definice konkrétní "Lean" metriky.
5. Mapa budoucího stavu.
6. Realizace nápravných opatření.

Byla provedena analýza hodnotového toku a následně vytvořena mapa hodnotového toku (VSM). Mapa (Obr. 10) je všeobecná, jelikož všechny zakázky se liší pouze počtem operací. Při analýze jednotlivých produktů A (viz kapitoly 3.4) je již prezentována pouze tabulková část s konkrétními výrobními a nevýrobními časy zakázek. V kapitole 3.5 pro produkt B jsou uvedeny vypočtené hodnoty časů.



Obr. 10 Obecný VSM Firmy A

3.2.2 Skladovací plochy ve výrobě

Ve Firmě A je technologické rozmístění pracovišť. Rozmístění je dáno širokou škálou výrobních možností a technologických operací, které firma nabízí, v kombinaci s malými výrobními dávkami (nejčastěji 10 až 200 kusů). Toto rozmístění pracovišť umožňuje práci více strojové obsluhy a libovolné řazení výrobních technologií. Výroba je rozmístěna na dvou třetinách výrobní plochy o rozloze 1960 m², kde je prostor pro plánované rozšíření výrobních kapacit.



Obr. 11 Aktuální stav meziskladu

Každé pracoviště má svou vstupní a výstupní zónu, která má minimální rozměr jedné velké palety (1200 x 800 mm). U některých pracovišť je vstupní a výstupní zóna spojena pro více strojů, například u konvenčních strojů. Konvenční stroje nejsou tak vytížené jako CNC stroje. Každý CNC stroj má svou vstupní a výstupní zónu. CNC stroje jsou více hlídány a sledovány než klasické konvenční stroje, jelikož každá nevyužitá minuta je pro firmu ušlým ziskem.

3.2.3 Špagetový digram zakázek

Špagetový diagram je jednou z nejjednodušších analýz materiálového toku, která se používá pro mapování vnitřních materiálových toků, hledání optimálních přepravních cest nebo při návrhu nového layoutu. Metoda je založena na zakreslení pohybů pracovníka nebo měřeného objektu na pracovišti či v celé výrobě v určitém časovém úseku do layoutu. Pro větší přehlednost lze použít různé barvy, třeba když pracovník vykonává pohyb s paletou nebo koná určitý typ pohybu např. pracovník absolvuje zbytečnou cestu. Pro snadnější identifikaci lze využít techniky např. pomocí Wi-Fi signálu, pro sledování objektu či pracovníka s cílem optimalizovat jeho činnost. [8]

Ve Firmě A byl špagetový diagram realizován pomocí četnosti pohybů zakázek mezi jednotlivými dvojicemi pracovišť (viz Tab. 3). Byly vybrány všechny zakázky z roku 2017, kdy se hodnotila četnost přesunů a množství kusů při jedné přepravě v jedné zakázce. Toto grafické znázornění bylo vytvořeno za účelem sestavení nového layoutu při stěhování výroby do nových výrobních prostor.

Tab. 3 Špagetový diagram – četnost přeprav palet mezi jednotlivými pracovišti

Dvojice pracovišť	Počet přeprav mezi pracovišti	Podíl přeprav ku celku	Množství přepravených kusů	Podíl množství kusů ku celku
Kontrola - Expedice	1716	16,13%	29092	19,97%
Pila - Revolver	856	8,05%	14740	10,12%
Zámečnická - Kontrola	788	7,41%	10584	7,26%
Revolver - Zámečnická	531	4,99%	5989	4,11%
Klasiky - Zámečnická	495	4,65%	7381	5,07%
Zámečnická - Expedice	448	4,21%	2428	1,67%
Expedice - Kontrola	361	3,39%	2729	1,87%
Zámečnická - Klasiky	315	2,96%	4696	3,22%
Integrex - Zámečnická	298	2,80%	3738	2,57%
Revolver - Klasiky	287	2,70%	6055	4,16%
Klasiky - Kontrola	270	2,54%	6849	4,70%
Pila - Integrex	264	2,48%	2758	1,89%
Studer - Klasiky	252	2,37%	4372	3,00%
Klasiky - Studer	200	1,88%	2214	1,52%
Pila - Klasiky	171	1,61%	3374	2,32%
Nexus II (N350) - Zámečnická	145	1,36%	479	0,33%
Klasiky - Expedice	137	1,29%	894	0,61%
HT - Zámečnická	136	1,28%	988	0,68%
Studer - Zámečnická	132	1,24%	1252	0,86%
Pila - Nexus II (N350)	129	1,21%	481	0,33%
Zámečnická - Studer	124	1,17%	2412	1,66%
Frézka VRX600 - Zámečnická	115	1,08%	563	0,39%
Revolver - Integrex	114	1,07%	2116	1,45%

Výsledkem této analýzy je, že pracoviště kontroly a zámečnická dílna jsou nejvíce frekventovanými místy. Je zřejmé, že každou zakázku je nutné změřit, a tak garantovat kvalitu výrobku. A každý obrobek je poslán na zámečnickou operaci na sražení hran či jiné manuální operace.

3.2.4 Způsob zásobování jednotlivých pracovišť

Rozpracovaná výroba je přepravována koordinátorem výroby, který zakázku umístí do vstupní zóny u pracoviště nebo do zóny s rozpracovanou výrobou. Jakmile operátor dokončí práci na jedné zakázce a přesune hotovou zakázku do výstupní zóny u pracoviště, tak ve vstupní zóně na něj čeká další zakázka, dle fronty práce, která mu je předána koordinátorem výroby na začátku odpolední směny. Příklad fronty práce u pracoviště je uveden na Obr. 6. Pokud operátor nemá zakázku ve své vstupní zóně, jde najít koordinátora výroby nebo vedoucího směny a informovat je o aktuálním stavu.

Přebírání zakázky ve výrobě z pohledu operátora:

1. Koordinátorem výroby je přidělena zakázka s průvodkou.
2. Jde si načíst si zakázku (čárovým kódem) – důkaz, že ji převzal.
3. Vyzvedne si potřebné nástroje ve výdejně nástrojů.
4. Seřídí výrobní stroj, popř. nechá jej seřídít vedoucím směny či školitelem.
5. Vyrobí 1. kus.
6. Jde na kontrolu přeměřit správné nastavení stroje.
7. Vyrobí celou zakázku až do konce.
8. Vypíše výkaz práce. (Pokud končí směna a zakázka není vyrobena, výkaz operátor taktéž vypíše.)
9. Jde si opět načíst zakázku (čárovým kódem).
10. Předá do výstupní zóny u pracoviště.

3.2.5 Typy palet

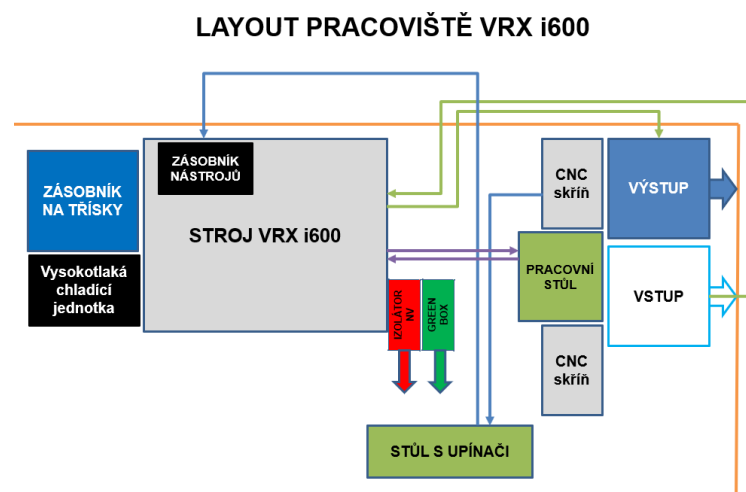
Materiál je přepravován po výrobě nejčastěji polovičními euro paletami. Všechny druhy palet a jejich označení je v tabulce Tab. 4. Palety jsou roztrženy do základních třech kategorií: surový materiál, materiál určený na kooperaci, rozpracovaná výroba. Zmetky jsou v místě kontroly odkládány do regálu, který je jedenkrát za měsíc vyklizen. Každý zmetek je označen červeným formulářem o neúspěšné kontrole. Kusy, které lze opravit jsou označeny žlutým formulářem. Pokud je výrobní dávka velká nebo se jedná o delší obrobky, je použita velká europaleta, popř. paleta o atypickém rozměru určena zákazníkem. Výjimkou jsou také kusy o malých rozměrech a malých četnostech, které jsou přepravovány v menších plastových euro přepravkách, případně jsou 2 zakázky umístěny na jednu malou europaletu a odděleny přepážkou.

Tab. 4 Používané palety ve výrobě

Malá paleta (800 x 600 mm)	Černé palety určeny surový materiál, popř. upravené polotovary.	
Malá paleta (800 x 600 mm)	U zelených palet je následuje kooperace.	
Malá paleta (800 x 600 mm)	Modré palety slouží pro rozpracovanou výrobu.	
Velká paleta (1200 x 800 mm)	Slouží pro méně obvyklé, delší obrobky. Rozdělení ve výrobě je určováno pomocí barevné kartičky.	
Euro přepravka (400 x 300 mm)	Určeno pro malé výrobky nebo pro zakázky s malým počtem kusů.	

3.3 Analýza pracoviště

Každé pracoviště výroby má daný layout (Obr. 12), neboli rozložení pracovního prostoru (rozmístění strojů, stolů, skříní, vstupní a výstupní zóny) se schématem tras, které operátor při práci vykonává. Součástí každého pracoviště je pracovní stůl s nástěnkou se všeobecnými pokyny k měření zakázky vzhledem k daným přesnostem, frontou práce, stavem stroje, držáky na základní nástroje. Každý stroj obsahuje tabulku s pravidelnou údržbou, co je potřeba dělat při údržbě, a jak často údržbu provádět. Tento dokument je rozšířen o záznamový arch, že daná údržba byla provedena. Při analýze pracoviště byl zjištěn nevyhovující stav rozmístění pracovních předmětů, byly objeveny nástroje a předměty, které na pracoviště nepatří. Některé police byly plné přípravků, které byly někdy použity, buď technologem při technologické zkoušce výroby nebo předchozím operátorem. Ve skříních



Obr. 12 Layout pracoviště VRX

se nachází přípravky, které jsou potřeba pro konkrétní opakované zakázky, ale na první pohled není zřejmé, o kterou zakázku se jedná a co všechno do dané zakázky patří. Tento stav se opakuje u více pracovišť, což není ideálním stavem pro nové operátory či seřizovače, kteří seřizují stroje před každou zakázkou.



Obr. 13 Pohled na pracoviště VRX

3.4 Analýza zakázky produktu A

Produkt A (Obr. 14) je stálou, již několik let se opakující zakázkou. Součástka je z titanu a Firma A provádí pouze obrábění, součástka není posílána na kooperační práce, např. povrchové úpravy nebo tepelné zpracování. Polotovár je dodáván zákazníkem. Na produktu je uskutečněno 6 obráběcích operací. Součástka je vyráběna v dávce 56 kusů, což tvoří jednu objednávku. Firma A je schopna vyrobit součástku ve standartním výrobním čase tří týdnů.



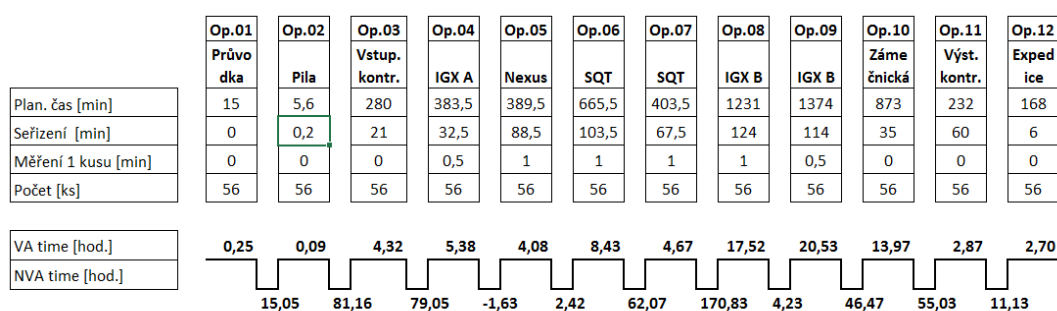
Obr. 14 Produkt A

Hodnoty použité ve VSM byly stanoveny na základě exportu z ERP systému (viz Obr. 15).

Kniha	Číslo	Množství	Datum potvrzení	Čas potvrzení	Sarže	MJ	O	R	V	P
OD	16740	56,0000	16.11.2018	14:09:07	10 20181116-001	ks	O	r	V	🔒
OD	18704	26,0000	9.12.2018	16:58:35	100 20181209-001	ks	O	r	V	🔒
OD	18705	27,0000	9.12.2018	16:57:37	100 20181209-002	ks	O	r	V	🔒
OD	19031	53,0000	12.12.2018	21:08:00	110 20181212-001	ks	O	r	V	🔒
OD	16854	56,0000	17.11.2018	5:32:46	20 20181117-001	ks	O	r	V	🔒
OD	17128	56,0000	20.11.2018	14:45:46	30 20181120-001	ks	O	r	V	🔒
OD	17495	56,0000	24.11.2018	2:12:42	40 20181124-001	ks	O	r	V	🔒
OD	17500	24,0000	24.11.2018	5:57:48	50 20181124-001	ks	O	r	V	🔒
OD	17506	32,0000	24.11.2018	16:53:09	50 20181124-002	ks	O	r	V	🔒
OD	17514	40,0000	24.11.2018	23:32:35	60 20181124-001	ks	O	r	V	🔒
OD	17520	16,0000	25.11.2018	6:35:21	60 20181125-001	ks	O	r	V	🔒

Obr. 15 Export z ERP systému – záznam časů z výroby

Na produktu A byla provedena analýza hodnotového toku, který je detailně popsán v kapitole 3.2.1. Průběh zakázky je stejný, jako jiné zakázky. Jiný je počet operací a jednotlivé časy, které jsou uvedeny na Obr. 16. Následně byly spočítány časy přidané, nepřidané hodnoty a VA index. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce Tab. 5.



Obr. 16 Analýza hodnotového toku Produktu A

$$VA_{time} = t_o - t_s - t_m \quad (\text{Rov. 1})$$

Kde: VA_{time} – čas, kdy je produktu přidávána hodnota

t_{op} – čas operace

t_s – čas seřízení stroje

t_{mz} – čas měření zakázky

$$NVA_{time} = t_p + t_s + t_m \quad (\text{Rov. 2})$$

Kde: NVA_{time} – čas, kdy není produktu přidávána hodnota

t_{prost} – čas prostojů mezi operacemi

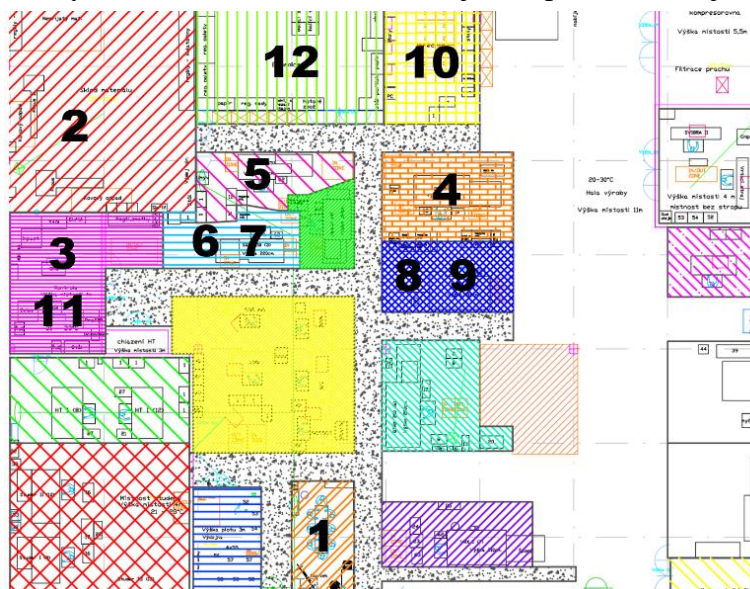
$$VA_{index} = \frac{\sum VA_{time}}{\sum NVA_{time}} \cdot 100 \quad (\text{Rov. 3})$$

Tab. 5 Vypočet hodnotové toku materiálu

Suma VA time	Hod.	84,56
Suma NVA time	Hod.	825,81
VA index	%	16,08

3.4.1 Cesta zakázky výrobou

Cesta zakázky produktu A výrobou je znázorněna na Obr. 17. Kompletní layout je v Příloze 1. Zakázka začíná svou cestu vytvořením, resp. vytištěním průvodní dokumentace tzv. průvodky. Na pracovišti pily, které je zároveň pracovištěm příjmu veškerého materiálu, jsou přijaty polotovary dodané zákazníkem. Následuje vstupní kontrola, jelikož se jedná o již



Obr. 17 Cesta zakázky produktu A výrobou

zpracovaný polotovár. Následuje vytvoření středících důlků (operace 4). Součást je následně soustružena (operace 5 až 7). Jelikož se jedná o tvarově náročnější součást, následuje obrábění na pětiosém obráběcím centru. Dále je součást odjehlena v zámečnické dílně (operace 10). Na závěr je součást poslána na výstupní kontrolu a poslána na expedici (operace 12).

3.5 Analýza zakázky produktu B

Produkt B je oproti produktu A složitější. Firma A si zajišťuje dodavatele sama, jedná se o ocel 14. třídy dle ČSN značení. První operací je tedy dělení dílů a vstupní kontrola. Produkt B je sestava dvou velice přesných obrobků mezi nimi je rozměrová tolerance až 0,002 mm. Jedná se o hydraulický píst, kde těsnost zajišťuje vysoká přesnost sestavy. Jednotlivé díly jsou vyráběny zvlášť jako samostatné zakázky. U obou dílů je požadována tepelná úprava, proto firma A posílá produkty na kooperaci. Obrobky jsou vyráběny ve výrobní dávce o 400 kusech. Po vyrobení jednotlivých kusů je vytvořena nová zakázka na samotnou montáž. Obrobky jsou obráběny v toleranční přesnosti o řád vyšší, než je požadováno, a na základě jejich přeměření je určena smontovatelnost s protikusem.



Obr. 18 Produkt B v rozloženém a složeném stavu

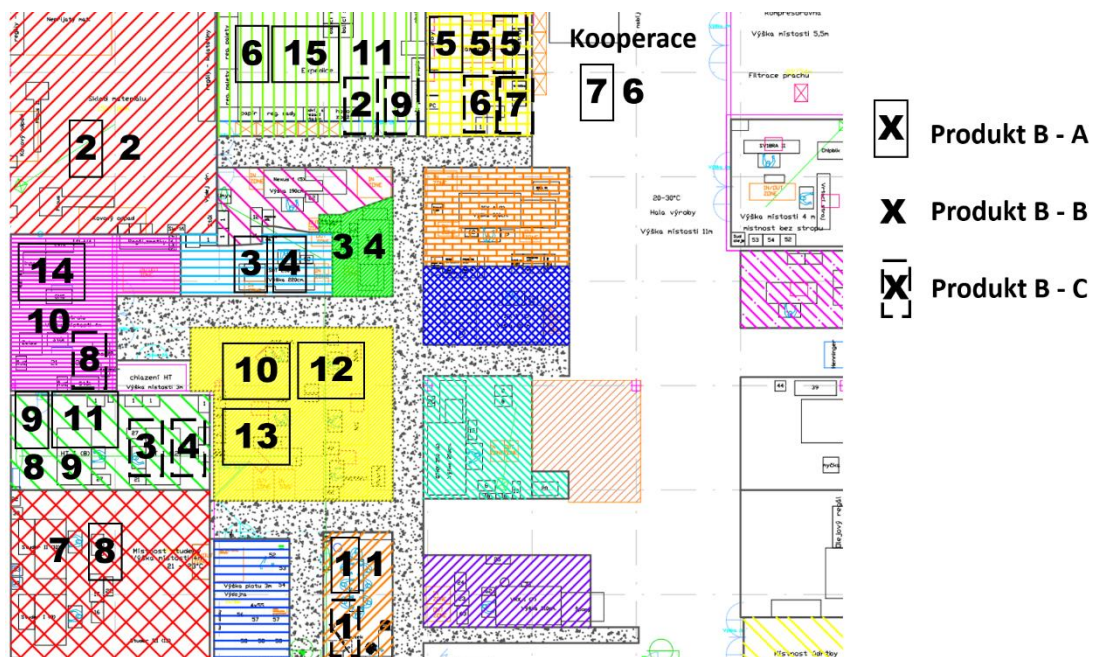
U produktu B byla také provedena analýza hodnotového toku, jejíž výstupem jsou hodnoty časů, které přidávají či nepřidávají hodnotu obrobku (viz Tab. 6).

Tab. 6 VA indexy zakázek produktu B

Popis	Jedn.	Prod. B - A	Prod. B - B	Prod. B - C
VA time	hod.	245,67	161,33	134
Čas práce na zakázce ve výrobě	hod.	493,33	240	150
Čas zakázky ve výrobě	hod.	3560,4	3708	4582,8
Celkový čas zakázky	hod.	4938	5082	5712
NVA time	hod.	3314,73	3546,67	4448,8
VA index - výroba	%	7,41	4,55	3,01

3.5.1 Cesta zakázky výrobou

Tato zakázka se skládá z tří dílčích zakázek. Cesta těchto zakázek výrobou je zobrazena na Obr. 19. Layout výrobní haly s popisy jednotlivých pracovišť je součástí Přílohy 1. Zakázky A i B jsou vyráběny z tyčoviny a mají podobný průběh. Nejprve jsou řezány na požadovaný rozměr na pile a soustruženy z obou stran (operace 3 a 4). Následuje odjehlení na zámečnické dílně, popř. popis dílů na expedici. Další operací je povrchová úprava, která je realizována kooperací. Po návratu z kooperace putují součásti na brusky, nejprve na plocho a následně jsou broušeny vnitřní a vnější plochy. U zakázky A následují operace na konvenčních strojích, kde probíhá honování součástí. Na závěr jsou součásti přeměřeny na pracovišti kontroly a poslány do skladu na pracovišti expedice. Zakázka C má svůj počátek na pracovišti expedice, odkud je poslána na broušení vnitřních a vnějších ploch, kde probíhá také montáž. Následuje operace odjehlení a operace popisu (gravírování) součástí na pracovišti zámečnické dílny. Na závěr je zakázka C zkontrolována kontrolou a poslána na expedici.



Obr. 19 Cesty zakázek produktu B výrobou

3.6 Analýza časového prostoje všech pracovišť

Metrika ztrátových časů, tzv. prostoje, je prováděna operátorem výroby při ukončení každé zakázky. Operátor výroby dostane na začátku směny protokol, výkaz práce, který na konci směny odevzdá. Výkazy jsou následně zpracovány administrativním pracovníkem. Detailně je sledována činnost CNC obráběcích strojů, jejichž prostoje je pro firmu nejnákladnější. Další velkou skupinou jsou ostatní prostoje, mezi kterými lze sledovat prostoje pily, konvenčních soustruhů, brusek a zámečnické dílny. V Tab. 7 jsou zvýrazněny prostoje, které bezprostředně ovlivňují délku zakázky z hlediska zásobovacího procesu.

Tab. 7 Prostoje ve výrobě

Zkratka	Podíl v r. 2018 [%]	Pořadí 2018	Podíl v r. 2017 [%]	Pořadí 2017	Popis
Celkem	100,00%		100,00%		Celkový součet časů
C2	22,01%	1	18,75%	2	C2. řádná dovolená (nebo náhradní volno)
C4	20,69%	2	12,06%	4	C4. není operátor
D	17,95%	3	26,48%	1	D. není práce
B1	7,47%	4	12,17%	3	B1. porucha stroje
C3	5,91%	5	4,74%	6	C3. porada, školení
C1	3,96%	6	1,95%	9	C1. nemoc (nemoc, úraz, návštěva lékaře)
F2	3,93%	7	1,39%	10	F2. delší seřízení
B2	3,90%	8	4,37%	7	B2. pravidelná údržba stroje
F5	2,38%	9	0,01%	19	F5. zkouška technologie
G1	1,82%	10	0,62%	11	G1. jiné (např. pomoc kolegovi, skládání materiálu)
E	1,81%	11	0,52%	14	E. kvalita
F3	0,59%	12	0,04%	18	F3. delší čas na uvolnění 1. kusu než v TP
A5	0,46%	13	0,60%	12	A5. program (není připraven, nebo je chybový)
A3	0,44%	14	0,14%	16	A3. není měřidlo (není připraveno)
A4	0,32%	15	0,54%	13	A4. TP (není připraven, nebo je chybný)
F1	0,29%	16	8,53%	5	F1. delší strojní čas
A2	0,17%	17	0,23%	15	A2. nástroje, nářadí (není připraveno)
A1	0,08%	18	0,13%	17	A1. přímý materiál (chybí, není připraven)
F4	0,04%	19	3,70%	8	F4. delší čas na výměnu kusu než v TP

Z analýzy prostojů, které jsou Firmou A pečlivě sledovány a pravidelně zaznamenávány, vyplývá, že největší prostoje jsou tvořeny nedostatkem práce pro daný stroj. Jedním zdůvodněním může být nedostatek zakázek, což ale nelze říci, jelikož zisk, produkce a obrat firmy za poslední roky neustále roste. Druhým zdůvodněním je špatná organizace zakázek a daný stroj nemá připravenou zakázku k výrobě, resp. všechny zakázky jsou vyráběny na předchozích operacích. Další velké prostoje tvoří nečekaná porucha strojů a jejich odstávka. Některé stroje mají výrobní alternativu, ale některé stroje jsou jediným možným zařízením k výrobě konkrétní zakázky. Tento problém je součástí pracoviště kontroly, kde je sice více měřicích přístrojů schopných pracovat v automatickém režimu, ale pro měření nejpřesnějších rozměrů je možné pouze jedním měřidlem. Tím mohou vznikat prostoje u více strojů zároveň. Třetím prostojem je seřízení stroje. To může být zapříčiněno vyšší fluktuací operátorů a vedoucích směn, kteří nejsou natolik zkušení, aby nastavené časy seřizování splňovali. Mezi další prostoje, které lze vzít v potaz, jsou zpoždění zakázek z důvodu kvality, tzn. delšího měření či opakování měření.

3.7 Nalezení úzkého místa výroby

Management úzkých míst je tvořen pěti kroky [1]:

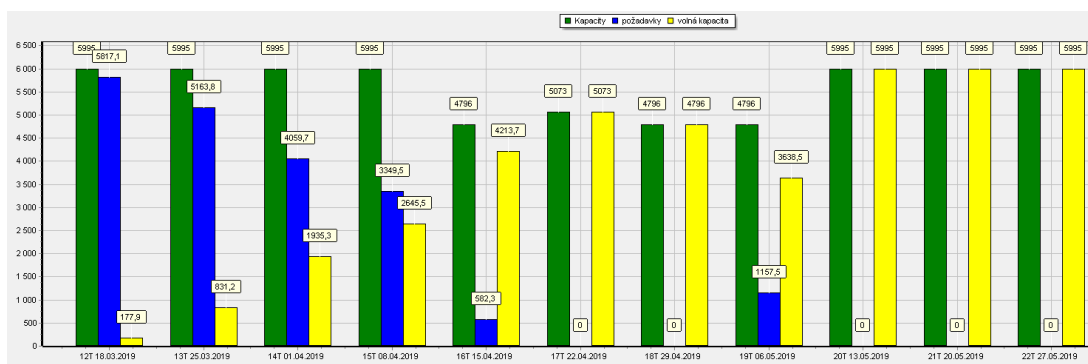
1. Identifikace omezení – analýza systému, kde se nachází omezení, která brání k dosažení maximálního zisku (např. velké zásoby, dlouhé operační časy apod.)

2. Rozhodnutí, jak využít omezení – snaha o nejefektivnější využití slabého místa, odstranění všech ztrát v daném omezení.
3. Podřízení všeho ostatního danému rozhodnutí – soustředění se na zlepšení výkonnosti omezení přizpůsobení prvků systému v okolí úzkého místa (např. přesunutí činnosti na předchozí či následující operaci).
4. Odstranění omezení – hledání řešení, jak odstranit omezení. Toho lze dosáhnout úpravou systému, vylepšení jeho funkcí, investicí do systému či periferií pomáhající zvýšit výkonnost úzkého místa. Nutnou součástí je čas lidí realizujících dané změny.
5. Další akce – tento bod důležitý, aby po nalezení jednoho úzkého místa nenásledovala nečinnost a spokojenost se stávajícím stavem. Tento bod je základem procesu neustálého zlepšování.

Prostoje spojené s výrobou zakázek:

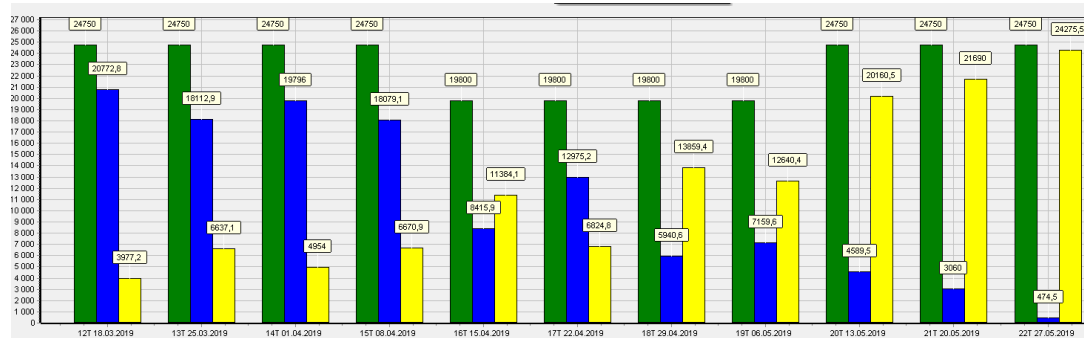
- Není práce – u výrobního stroje není připravena zakázka, na které by se mohlo pracovat.
- Delší seřízení stroje.
- Kvalita, tzn. na pracovišti kontroly vznikají prostoje kvůli delšímu prvnímu uvolnění a delšímu měření vstupní a výstupní kontroly.

Aktuálním pohledem na naplánovanou vytíženost pracovišť lze získat představu o vytíženějších pracovištích. Jsou vybrány tři pracoviště: CNC obráběcí stroj, zámečnická díla a kontrola. Následující obrázky vypovídají o kapacitním plánování a vytíženosti jednotlivých pracovišť. Zelený sloupec představuje časový fond daného

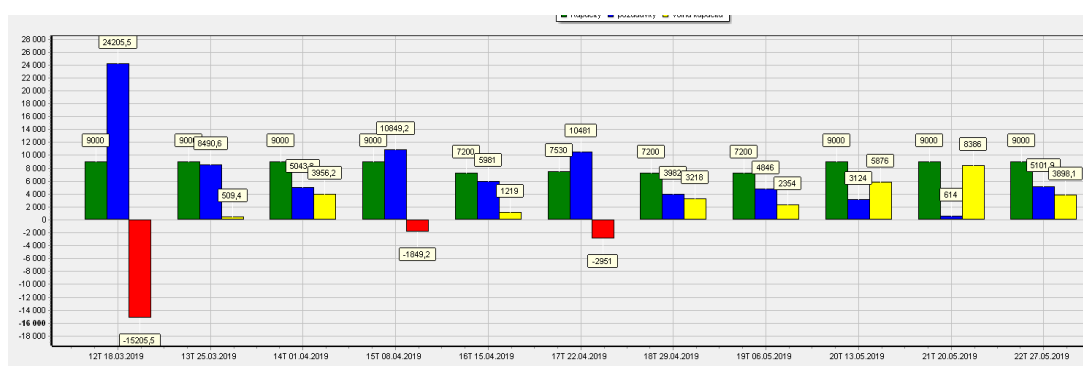


Obr. 20 Plánování kapacity – IGX A

pracoviště, modrý sloupec znamená již zaplánované zakázky, žlutý nebo červený sloupec signalizují volnou kapacitu nebo již přečerpaný fond. Na obrázcích (Obr. 20, Obr. 22, Obr. 21) je znázorněna kapacita po týdnech, tudíž je logické, že s přibývajícím týdny je kapacita méně využitá a očekává se postupný příliv dalších zakázek, popř. potenciál pro další výrobu.



Obr. 21 Plánování kapacity – zámečnická dílna



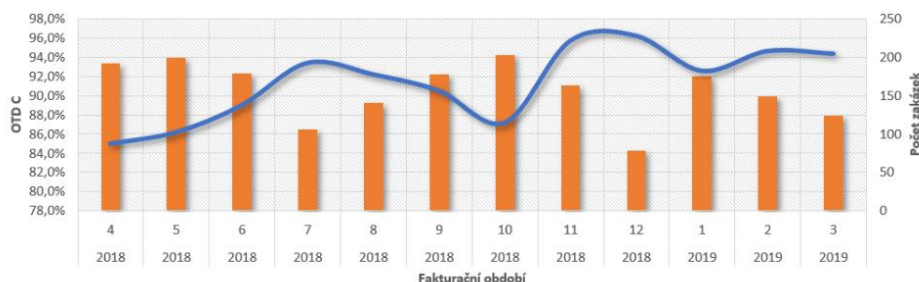
Obr. 22 Plánování kapacity – pracoviště kontroly

3.8 Úzké místo v předávání zakázek

Prostoje spojené s nedostatkem práce na strojích patří mezi největší problémy. Jedná se o velký ušlý zisk z hlediska stojícího stroje a nečinného operátora. Fronta práce se dále neposouvá, tudíž i další zakázky je nutné znovu zkoordinovat s dalšími operacemi. Mezisklad je plný zakázek, které čekají na stejné pracoviště.

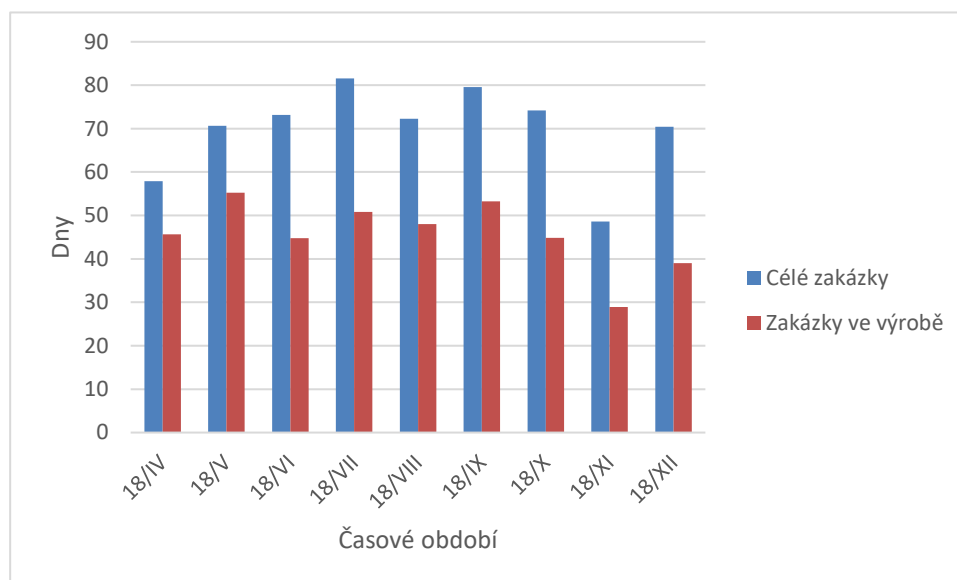
Na základě analýzy dvou zakázek a jejich mezioperačních časů lze říci, že každá zakázka stráví více než dvě směny v meziskladu mezi každou operací. Vzniká velká zásoba rozpracované výroby, kterou je třeba nutně někam umístit. V místě meziskladu se nachází více zakázek a na první pohled není možné určit, která zakázka je na cestě a k jakému stroji, nebo o jakou zakázku se jedná. Pro identifikaci zakázky je nutné přečíst označení každé zakázky zvlášť, což je zdlouhavé a vznikají tak další prostoje.

K prostojům u stojů může také docházet z důvodu individuální časové náročnosti zakázky na každé operaci nebo zdržením kvůli prostojům na předchozí operaci, tudíž výrobní zdroj počítá s další zakázkou, která je vyráběna a další není v meziskladě. Pro přehled objemu výroby je na Obr. 24 uveden počet exportovaných zakázek (oranžové sloupce). Své závazky vůči zákazníkům firma plní, což říká ukazatel OTD (On Time Delivery – modrá křivka).



Obr. 23 Počet expedovaných všech zakázek za dané období (oranžové sloupce), procentuální plnění OTD – export na slíbený čas (modrá křivka)

Ani ukazatel OTD ani počet exportovaných zakázek v daném měsíci nic neříkají o délce zpracování zakázky. V grafu na Obr. 23 jsou znázorněny průměrné časy zakázek v daném měsíci, jak ve výrobě, tak časy zakázek ve firmě.



Obr. 24 Porovnání délky zakázek

3.8.1 Popis operativního řízení zakázek ve výrobě

Zakázky jsou do výroby naplánovány na základě předem definovaných kapacit strojů a jejich možné vytiženosti. Kapacitní plánování probíhá s týdenním předstihem. Den před realizací zakázky jsou koordinátorem výroby z ERP systému vyexportovány fronty práce u všech výrobních zdrojů. Následně jsou upravovány v programu MS Excel, vytištěny a přiřazeny k jednotlivým strojům. Fronty práce musí být připraveny na odpolední směnu, tzn. ve 14 hodin, další aktualizace probíhá ve stejný čas následujícího dne. V případě víkendu je stanovena fronta práce na celý víkend. V průběhu dne realizace zakázek jsou dle nutnosti fronty práce ručně upravovány, je-li to například z důvodu zdržení zakázky na předchozí operaci nutné. Koordinátor výroby má přehled o vyráběných zakázkách, jelikož provádí distribuci palet s obrobky a průvodkou po výrobě, ale přesto jednotná aktualizace probíhá jedenkrát denně. Přeprava je realizována pomocí paletového vozíku. Palety s rozpracovanou výrobou jsou umísťovány do meziskladu, který představuje

ohraničená plocha ve výrobě (viz Obr. 11), kde se skladují palety. Tato oblast není nijak rozčleněna dle zakázek, a tudíž se stává, že paleta je hledána.

Operativní řízení zakázky závisí z velké části na know-how koordinátora výroby. Je to stěžejní člověk pro koordinaci výroby, jelikož má zkušenosti, odhad a cit pro výrobu. Tento stav není ideální v případě výpadku tohoto stěžejního pracovníka. Tímto se stává proces plánování křehkým a není ERP systémem podchycen. Koordinátor výroby pracuje s ERP systémem, ze kterého si bere aktuální fronty práce a operativní řízení probíhá mimo ERP systém. Získání přehledu aktuálního stavu výrobních zakázek a manuální řazení zakázek jsou vzhledem k možnostem výroby a termínům expedice časově náročné úkoly a plně zaměstnávají jednoho člověka. Potenciál plánovacího systému není v operativním řízení zakázek plně využit.

Současné rozložení strojů nabízí lepší přehlednost o výrobě, co se ve výrobě děje, na kterém stroji se pracuje či ne. Přesto tento přehled není na první pohled zřejmý. Stroj se může nejčastěji nacházet ve třech stavech:

1. Stav automatické výroby, kdy stroj pracuje v automatickém režimu, obrábí.
2. Stav seřízení, kdy je stroj nastavován na novou zakázku. Jedná se o technologicky nutný čas na přestavbu stroje.
3. Stav poruchy, kdy stroj nevyrábí a ani není nastavován na další zakázku. Jedná se o akutní stav, který je potřeba řešit pověřenými osobami např. mistry či údržbou.

3.8.2 „Tlačaná“ zakázka

Standardní doručení zakázky od příjmu k expedici jsou tři až čtyři týdny, přičemž záleží na více faktorech, které mohou ovlivnit, že zakázku lze vyrobit v kratším či delším čase. Vše se odvíjí od složitosti výroby, nutnosti kooperace, počtu kusů, případně zda se jedná o prvovýrobu nebo o opakovanou zakázku. Délka zakázky je ovlivněna prioritou doručení pro zákazníka. Pokud je nutné doručit zakázku v co nejkratším termínu, zakázka putuje firmou se zvýšenou prioritou a je tlačena managementem firmy. Prioritu zakázky lze stanovit, a tak se zakázka u každé operace zobrazí na prvním místě ve frontě práce. Také lze měnit prioritu v průběhu zakázky, ale této možnosti se nevyužívá. Priorita je určena manuálně a je pravidelně sledována managementem firmy při každodenní ranní schůzce. Ve výrobě je zakázka sledována koordinátorem výroby, a podle této zakázky řadí fronty práce ke stroji. Tím dochází k minimálním prostojům mezi jednotlivými operacemi. Jedná se o výjimečnou situaci, která není standardem a vyžaduje pozornost koordinátora výroby, který cíleně upřednostňuje zakázku před již naplánovanými zakázkami. Tímto způsobem lze ve výrobě maximálně upřednostňovat až čtyři zakázky současně. Zakázce je v ERP systému přiřazena priorita, ale ve výrobě není zakázka vizuálně odlišena od ostatních.

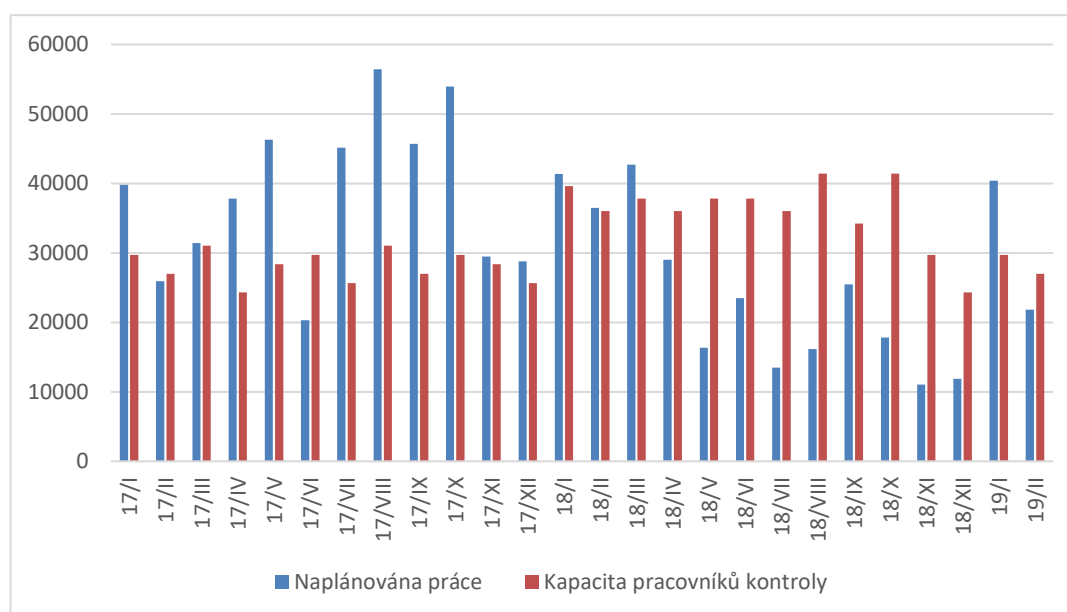
3.9 Úzké místo – kontrola

Kontrola je pracoviště, přes které prochází všechny zakázky několikrát. Dle kapacitního plánování se jedná o přetěžované místo viz Obr. 25, proto je pozornost zaměřena

na identifikaci možných zdržení, popř. eliminaci prostojů ve výrobě způsobené zahlcením pracoviště kontroly.

Zaměstnanci kontroly provádí tyto úkony:

- Vstupní kontrola materiálu od zákazníka, dodavatele.
- Výstupní kontrola:
 - u prvovýroby jde o detailní měření všech rozměrů a následné změření přesných rozměrů pěti náhodně vybraných kusů zakázky,
 - u opakované výroby se měří kritické rozměry (velmi přesné rozměry a geometrické tolerance).
- Kontrolní měření pro uvolnění 1. kusu u každé operace obrábění.
- Kontrola každého broušeného kusu.
- Vytváření programu pro měřicí přístroje.
- Kontrola příchozích kusů z kooperace (povrchové úpravy).
- Z každé operace je vedený protokol nebo potvrzení o správnosti měření.



Obr. 25 Porovnání plánování, časového fondu kontroly a odhadu reálné náplně práce

Všechny činnosti pracoviště nejsou plánovány a kapacita pracoviště kontroly není hlídána. Nastavená kapacita je 100 % času pracovníků pro plánované činnosti: vstupní a výstupní kontroly, mezioperační kontroly. V důsledku toho může docházet k přehlcení pracoviště, kontrolora. Na kontrolu je vyvíjen tlak uzavření odchozích zakázek, uvolnění prvních kusů a dalších akutních měření, kvůli kterým stojí výroba.

Kontrola byla již v nedávné historii exponovaným místem. Kapacita pracoviště (červený sloupec), která je tvořena časovým fondem zaměstnanců kontroly, s naplánovaným objemem práce (modrý sloupec) byla pravidelně překračována.

Časté problémy a časové ztráty na pracovišti kontroly:

- Více prvních uvolnění najednou (pracovník kontroly se musí rozhodnout, kterou zakázku upřednostní, přeměří dříve, a která bude zpožděna).
- Opakované přeměření prvního uvolnění (nezkušenost operátora nastavit stroj na první nebo druhou výrobu).
- Na celou pracovní směnu jsou naplánované závěrečné kontroly, a tudíž není kapacita strojů a pracovníků na uvolňování prvních kusů.

Pracoviště kontroly je nutnou součástí výroby a bez jejího řádného fungování není možné pokračovat v kvalitní výrobě. Kontrola pracoviště není výrobním pracovištěm, a tudíž lze říci, že nepřidává hodnotu na výrobku, pouze verifikuje správnost vyrobených rozměrů a nepouští vadné kusy do další výroby. Pracoviště kontroly je pracovištěm specifickým, jelikož jeden operátor obsluhuje více strojů, tudíž operátor může zvládat více zakázek současně, ale pouze za předpokladu, že se jedná o opakovanou výrobu a na dané zakázky má již naprogramované stroje. Nepřesnost v plánování kontroly je velkým nedostatkem, jelikož se může setkat více faktorů, které kontrolu zásadním způsobem ochromí, např. u konce měsíce, kdy bývá více expedovaných zakázek (viz Obr. 26), tudíž CMM (3D scannery) jsou vytíženy, současně je nutné uvolnit více prvních kusů výroby.



Obr. 26 Exportované zakázky v jednotlivých dnech

3.10 Úzké místo – pracoviště

Třetím největším prostojem ve výrobě je z důvodu seřízení stroje. Samotné seřízení stroje je započítáno do výroby zakázky, a tudíž záznam prostojů je čas, který byl potřeba navíc. Mezi hlavní příčiny prodlevy v seřizování stroje patří:

- Hledání správných přípravků k dané zakázce.
- Chybějící upínací technika na pracovišti.
- Potřeba více stejných velikostí nástrojů, které je nutné si vypůjčit z vedlejšího pracoviště.
- Výroby vlastních přípravků.
- Různorodá pracoviště – každé pracoviště je jinak situováno.

- Krátký čas na seřízení stroje v technologickém postupu.
- Nezaučený operátor.

K eliminaci tohoto úzkého místa mohou napomoci i pravidelné údržby stroje, kdy pracovník údržby či mistr bude mít pracoviště ve standardizovaném pořádku. Operátor výroby nebude ztrácet čas doptáváním se či hledáním přípravků, nástrojů, dokumentace atd. Ukázka typického pracoviště je na obrázku Obr. 27.



Obr. 27 Ukázka pracoviště VRX

4 VYHODNOCENÍ TEORETICKÝCH PŘÍSTUPŮ K NÁVRHU ŘEŠENÍ

Problematika zásobovacího procesu uvnitř výrobní firmy se dotýká několika odborných oblastí. Základní oblastí je logistika, která se za posledních sto let vyvinula v nedílnou součást nejen výrobního procesu. Další nedílnou součástí zásobovacího procesu je samotná výroba, její uspořádání a plánování. Tyto oblasti prostupuje moderní přístup štíhlého podniku. Tento směr se dívá na systém jako celek, ve kterém jsou jednotlivé procesy úzce propojeny. Přístup štíhlého podniku se soustředí na zákazníka, jakým způsobem firma přidává svou činností hodnotu produktu, resp. zákazníkovi, a přitom eliminuje prostoje a zbytečné činnosti.

Štíhlá výroba se opírá o moderní metody, jako např. mapování hodnotového toku, organizace pracoviště pomocí metody 5S nebo nástroj pro neustálé zlepšování – Kaizen. V kapitole 4.3.4 jsou popsány kroky k zeštíhlení výroby inspirované prof. Košturiakem. Jelikož je práce zaměřena na optimalizaci zásobovacího procesu, je zde popsán teoretický přístup k nalezení úzkých míst, resp. management úzkých míst (viz kapitola 4.7).

4.1 Štíhlý a inovativní podnik

Štíhlý a inovativní podnik je jeden z přístupů k optimalizaci celé firmy. Charakteristikou takové firmy je, že se zaměřuje na činnosti, které přidávají hodnotu zákazníkovi a eliminuje všechny prostoje a plýtvání. Součástí štíhlého podniku není pouze štíhlá výroba, ale také štíhlá administrativa, štíhlá logistika a štíhlý vývoj. Tyto oblasti podniku si lze představit jako pilíře (Obr. 28), na kterých podnik stojí. Základem pro štíhlé „pilíře“ je kultura realizace a koncentrace na cíle. [9] [8]



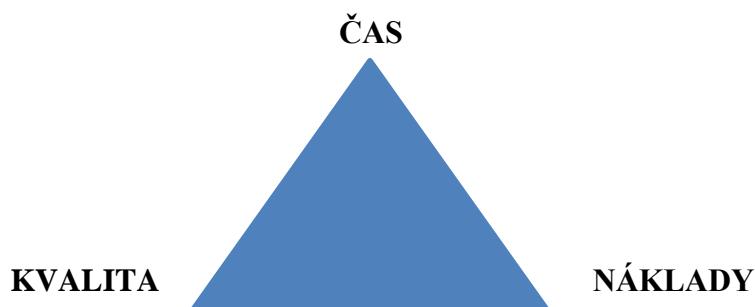
Obr. 28 Štíhlý a inovativní podnik – API [9]

Štíhlý podnik nebo lean management jsou pojmy, které vedou k optimalizaci procesů, redukci nákladů. Jsou to přístupy, které odstraňují zbytečné prostoje a náklady neboli odstraňují plýtvání. Plýtvání je všechno, co zvyšuje náklady výrobku či služby bez toho, aby zvyšovalo jejich hodnotu. Nejčastějšími příklady plýtvání bývá v podnicích [1]:

- krátkodobé skladování,
- nošení součástek,
- počítání dílů,

- zadávání do počítače,
- komplikovaná přeprava,
- pozorování chodu stroje,
- nadvýroba a zbytečná manipulace,
- hromadění zásob,
- čekání na materiál,
- zmetky,
- odstraňování zmetků,
- hledání nástrojů,
- poruchy strojů a zařízení,
- nedostatek komponent na montáž.

Cíl štíhlého podniku může být definován pomocí projektového trojimperativu, který se znázorňuje ve formě trojúhelníku viz Obr. 29, kde každý vrchol představuje jednu dimenzi. Trojimperativ popisuje vztah mezi časem, kvalitou a náklady. Tyto tři dimenze jsou vzájemně úzce spojeny a upřednostnění jedné z nich negativně ovlivní zbylé dvě. Optimální řešení záleží na stanovení priorit. Je-li prioritou čas dodání zakázky a zároveň je cílem ušetřit, je potřeba počítat s nižší kvalitou. Optimalizací procesů touto optikou lze dojít k ideálu, kdy s minimálními náklady uspokojíme včas potřebu zákazníka. [10]



Obr. 29 Trojimperativ [10]

4.1.1 Informační systém

Informační systém – ERP systém (Enterprise Resource Planning) je nástroj, jehož pomocí lze řídit firemní procesy i vztah se zákazníky a obchodními partnery – CRM (Customer Relationship Management). Tento systém má význam ve chvíli, kdy se firma rozroste nad cca 40 lidí, a kdy je potřeba zavést a řídit procesy. Plánování zdrojů a řízení procesů předchází náhodám, jak pozitivním, tak i negativním, a pomáhá být nezávislý na jednotlivcích, kteří drží know-how firemních procesů. Je to nástroj, jehož výstupy slouží pro strategická, ale i operativní rozhodnutí. [11]

4.2 Logistika

Je disciplína, která se bezprostředně dotýká, jak vnitřního prostředí výrobního závodu, tak i jeho vnějšího okolí. Její funkčnost zásadně ovlivňuje rychlost výstupu, a tudíž konkurenceschopnost na trhu. Neustálé přizpůsobování výrobků individuálním požadavkům zákazníků, růstu objednávek prostřednictvím internetu a zkracování dodacích termínů vede k růstu významnosti logistiky ve všech jejích aspektech. Správné nastavení procesů a jejich optimalizace je klíčovým faktorem úspěchu podniku.

Pro správné uchopení logistiky a činností souvisejících byly vybrány následující dvě charakteristiky. První formuloval B.I.Ghosta z Univerzity v Mannheimu [12]:

„Logistika představuje ekonomický postoj, manažerskou a tvůrčí koncepci, která v podmínkách integrovaného řetězce vytváří přidané hodnoty, v kombinaci se slučitelnou organizační realizací, vede k přesné alokaci odpovědnosti za všechny pohyby a zásoby použitých materiálů.“

Americká organizace The Council of Logistics Management (CLM) definuje logistiku jako [13]:

„Proces plánování, realizace a řízení efektivního, výkonného toku a skladování zboží, služeb a souvisejících informací z místa vzniku do místa potřeby, jehož cílem je uspokojit požadavky zákazníka“.

Prof. Košturiak uvádí, že přeprava, manipulace a skladování zaměstnává až 25 % pracovníků, zabírá 55 % ploch a tvoří až 87 % času, který stráví materiál v podniku. Tyto činnosti tvoří někdy 15 % až 70 % celkových nákladů na výrobek a ve značné míře ovlivňují i kvalitu výrobku. Nesprávnou dopravou, manipulací a skladováním se znehodnocuje 3 až 5 % materiálů. [1]

Na základě výše uvedených charakteristik jasně vyplývá, že logistiku je nutné jasně uchopit, řídit a eliminovat ztráty, které mohou vzniknout neefektivním využitím času. Nutná je orientace na zákazníka, jeho potřeby. Jasně si definovat, za co zákazník platí a odstranit činnosti, které nepřidávají hodnotu. Význam je doložen náklady, které jsou způsobeny nutnou přepravou.

4.2.1 Historie a vývoj

Logistika má bohatou historii od dob, kdy se lidstvo začalo organizovat, přemísťovat a válčit. Vývoj hospodářské logistiky již ale nezasahuje do dávné historie. Vývoj lze shrnout do čtyř fází [13]:

1. fáze vývoje – logistika byla omezována pouze na distribuci zboží. Hlavním přístupem byl tlakový systém řízení zásob. Převládal obchodní a marketingový přístup, to způsobovalo nedostatečné zásoby nebo přebytek na skladě.
2. fáze – na uskladněné zboží bylo nahlíženo jako ke zbytečně uloženému kapitálu, který není zhodnocen. Logistika začala být vnímána jako místo, kde je nutné také snižovat náklady přesnějším plánováním. Byly aplikovány matematické optimalizační metody, využití statistiky pro lepší predikci poptávky. Logistika se stala součástí do řízení výroby, ale nebyla řešena komplexně napříč podnikem.

3. fáze – v podnicích se začaly vytvářet ucelené logistické řetězce a systémy propojené od dodavatelů až po zákazníky, tzv. integrovaná logistika („The Total Supply-Chain“). Podniky byly více orientovány na zákazníka. Přechod na tahový systém, kde veškeré procesy jsou realizovány na základě poptávky. Tento krok vedl k vyšší konkurenceschopnosti, větší pružnosti na poptávku a k synchronizaci procesů.
4. fáze – je fází zatím nedokončenou. Systémy integrované logistiky jsou jako celek optimalizovány. Logistické a výrobní systémy využívají počítačové podpory k simulaci a zisku dat pro přesnější rozhodování. Logistika je úzce spojena s výrobou a vnitropodnikovými procesy.

4.2.2 Štíhlá logistika

Štíhlá logistika se zajímá o materiálové a informační toky v podniku. Cílem je zabezpečit co nejkratší dobu výroby bez zásob. Nejedná se pouze o řízení oblasti výroby, ale také o oblast nákupu, prodeje a plánování. Základním kamenem je filozofie JIT (just-in-time), dalšími nástroji jsou např. mapa hodnot VSM (Value Stream Map), metoda 5S, Kaizen, Kanban, milk-run aj. [9]

4.3 Výroba

V této podkapitole je výroba popsána z pohledu operativního řízení. Výroba, jako součást podniku, je hlavním aktérem při vytváření hodnoty pro zákazníka. Pro stanovení úspěšnosti či aktuálního stavu výroby jsou popsány základní normativy procesu výroby. Výroba je široký pojem, který je nutné rozčlenit dle výrobního množství a počtu variant výrobků, jelikož různou kombinací těchto dvou kritérií je vyžadován jiný přístup. Každé uspořádání pracovišť má své výhody a nevýhody. Další částí je definování tzv. štíhlého podniku a moderních nástrojů, které jsou celosvětově rozšířené.

4.3.1 Výrobní kapacitní plánování

Kapacitní plánování se odvíjí od tzv. agregátního plánu, tím je myšlen celkový požadavek na výrobní zdroje v dlouhodobém období. Cíle agregátního plánu jsou totožné s cíli štíhlého podniku popsané v kapitole 4.1. Jedná se o dosažení stanoveného stupně hospodárnosti, rychlosti a kvality produkce. Tento plán je důležitý průnikem výrobního a marketingového managementu. Výsledkem je hlavní plán výroby. Samotné plánování je široký pojem a je nutné jeho význam časově vymezit a stanovit kritéria daného období. Jedná se o krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé plánování. Složení všech plánů dohromady je představa o tom, co a jak vyrábět. Každá úroveň má svá specifika a jiné přístupy k optimalizaci svých procesů. Krátkodobé neboli detailní, výrobní plánování se zabývá množstvím zakázek na pracovišti, pořadím prací, odlišností výrobních úkolů lidí a strojů, využití kapacit strojů. Pro střednědobé výrobní plánování jsou charakteristické vnitropodnikové zaměstnanosti, výkony produkce, snižování zásob výrobků, kooperace s dodavateli a posuv zakázek na další operace. Dlouhodobé výrobní plánování, nebo také strategická úroveň se zabývá optimalizací dlouhodobého využívání kapacit, rozmístění výrobních strojů a zařízení, lokalizací podnikatelských aktivit, konstrukcí výrobků, projektů

výroby a zkracování průběžných dob výroby. Pro naplnění výrobních plánů je v dnešní době samozřejmostí používat systémy MRP II (Manufacturing resource planning), neboli systémy řízení výrobních zdrojů. Pro splnění každodenních potřeb výroby je nutné agregátní plán rozvést, rozdělit [4]:

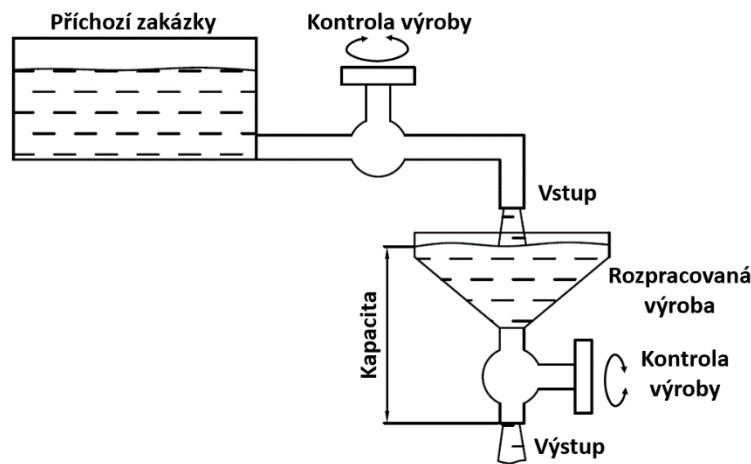
1. Hlavní časový rozvrh (MPS – Master schedule), který v 1 – 2 měsíčním horizontu rozvrhuje množství vyráběných zakázek či jednotek kusů. Tento časový rozvrh slouží nejen manažerům výroby, ale také marketingovému oddělení.
2. Hrubý kapacitní plán (Rough-cut capacity plan) zajišťuje kapacitní splnitelnost výše uvedeného hlavního časového rozvrhu.

4.3.2 Standardní normativy procesu výroby

Výrobní proces je složen ze série činností, které se opakují, mají podobný charakter. Je žádoucí, aby hlediska technicko-ekonomických podmínek byla standardizována. Dát činnostem metriku, která bude mít funkci plánování, stimulování a kontrolování. Plánovací funkci, kde jsou normativy základem pro specifikaci operativních plánů. Stimulační funkci, která slouží jako viditelné vodítko, jako motivační faktor pro dosahování stále stejné výkonnosti. Kontrolní funkci, která slouží jako zpětná vazba vykonané činnosti. Cílem normativů je optimalizovat výrobní proces a poskytovat potřebné informace pro plánování a řízení úkolů z časového, prostorového a věcného hlediska. [8]

Nejčastěji rozšířenými normativy jsou [8]:

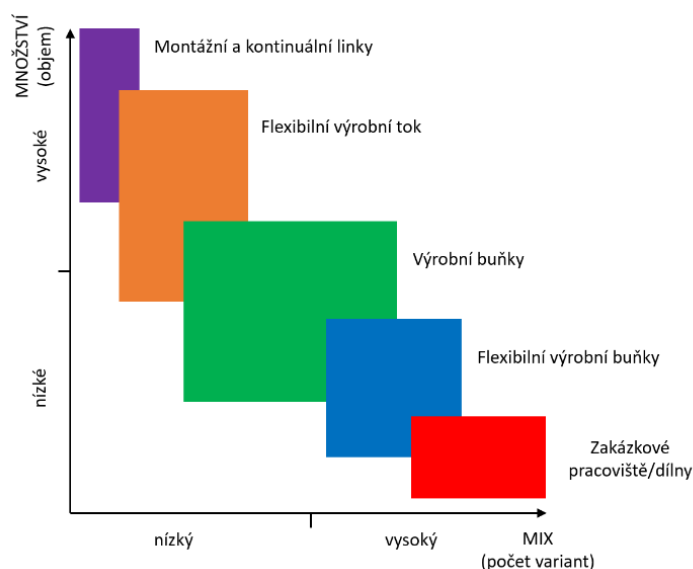
- Výrobní dávka – jedná se o skupinu výrobků, které jsou současně do výroby zadávány a odváděny. Výrobou putují v těsném časovém sledu, na další pracoviště jsou přemisťovány jako jedna skupina, tudíž lze na jednu výrobní dávku počítat s jednorázovým konstantním vynaložením nákladů na přípravu a zakončení dané operace či procesu.
- Zásoby rozpracované výroby – jedná se o veškeré výrobky, které jsou ve výrobním procesu mezi první a poslední operací, a na kterých není právě zvyšována jejich hodnota, tzn. nejsou vyráběny a čekají na další operaci. Objem rozpracované výroby lze určit podle množství polotovarů, dílů, montážních celků, nedokončených výrobků nebo počtem dní, po které jsou tyto prostředky vázány na jednotlivá pracoviště či provozy.
- Výrobní kapacity – je charakterizována maximálním objemem produkce, kterou výrobní jednotka může vyrobit za určitou dobu. Kapacita je také definována jako možný výstup zařízení. Pro znázornění je použit příklad vodní nádrže s ventily viz Obr. 30.
- Průběžné doby výroby – je časem, který zakázka potřebuje od vstupu do výrobního procesu až do okamžiku dokončení dané operace. Celková průběžná doba výroby výrobku je dána součtem doby technologické, manipulační a doby klidu.



Obr. 30 Výrobní kapacita a průběh materiálového toku [8]

4.3.3 Typy výrob a členění uspořádání stojů

Rozmístění pracovišť ve výrobě hraje významnou roli v plynulém průchodu zakázky výrobou. Správným rozmístěním výrobních zařízení lze předejít nákladným změnám a komplikovanou organizací výroby. Rozmístění se odvíjí od závislosti dvou veličin (množství – objem produkce a mix – počet variant výrobků) výrobního systému viz Obr. 31. [14]



Obr. 31 škála výrobních systémů API [14]

Mezi základní rozmístění pracovišť patří [8] [4]:

- technologické uspořádání – charakteristická je orientace na výrobní proces, kde jsou slučovány operace na základě jejich příbuznosti (soustružení, frézování, broušení, kování, ...). Je vhodné pro různorodou výrobu. Toto

rozmístění pracovišť má řadu nevýhod, které je nutné znát pro zavádění štíhlé výroby:

- složité plánování a řízení výrovy, nutnost vyvažovat kapacity,
 - náročná příprava a manipulace,
 - hromadění zásob a rozpracované výroby,
 - dlouhé průběžné časy výroby,
 - složitá identifikace příčin chyb,
 - nerovnoměrný materiálový tok a využití obsluhy.
- předmětné uspořádání – charakteristická je orientace na výrobek. Příkladem mohou být montážní linky, kde je jednotná a kontinuální výroba. Výroba je rozdělena dle výrobních řad a výrobní stroje jsou řazeny za sebou, kde se opakuje stejná činnost. Výhodou je vysoký takt výrobní linky a snadnější optimalizace výroby. Nevýhodou takového uspořádání výroby je změna výrobního programu.
 - buňkové uspořádání – je kombinací předchozích dvou možností uspořádání. Spojuje v sobě výhody vyrábět různorodý mix výrobků linkovým způsobem. Toto uspořádání umožňuje sloučit technologicky rozdílné stroje, které umožňují pracovat na technologicky příbuzných komponentech.

4.3.4 Štíhlá výroba

Pojem štíhlé výroby se začal objevovat v poválečné době v Japonsku. Hlavním průkopníkem je celosvětově známá a úspěšná automobilka Toyota. Prvním krokem bylo zaměření na všechny nevýrobní plýtvání a prostoje (např. zásoby, vadná kvalita, přeprava). Postupem byla vytvořena filozofie štíhlé výroby v reakci na špatné využívání lidských, finančních a materiálových zdrojů. Japonská štíhlá výroba kladla důraz na menší výrobní dávky a včasné doručování (tzv. just-in-time) v průběhu celé výroby. Byl to opačný přístup oproti americké velkosériové výrobě založené na principu tlaku, kde je na prvním místě fronta výrobní dávky. Samotná štíhlá výroba a implementace jejich nástrojů je jen důsledkem nastavení celé společnosti, firmy. Klíčovým faktorem je tzv. štíhlé myšlení lidí v podniku. To klade nevelký důraz vedení firmy, jejich styl myšlení a přístup. Podle štíhlého myšlení musí být podnik řízen od zákaznické definice hodnoty. Zákazník je jediný, kdo určuje, zda výrobek či služba uspokojuje jeho potřeby. [15]

V devadesátých letech pan Womack prezentoval následující koncept štíhlého myšlení, který lze uplatnit nejen ve výrobních společnostech. Tyto principy jsou univerzálně použitelné pro všechny společnosti, které chtějí zlepšit svůj výkon. [16]

- **Hodnota** představuje produkt či službu poskytovanou zákazníkovi ve správný čas a za odpovídající cenu.
- **Hodnotový tok** představuje všechny činnosti potřebné k přivedení produktu či služby od objednávky do rukou zákazníka.

- **Průtok** jsou činnosti potřebné k dokončení produktu či služby. Tyto činnosti mají být organizovány v nepřetržitém toku.
- **Tahový systém** umožňuje výrobu toho, co je skutečně potřeba, co interní nebo externí zákazník vyžaduje.
- Cílem je usilovat o **dokonalost**. Společnosti jsou si vědomy, že odstranění všech forem odpadu je nekonečné. Jinými slovy, vždy budou existovat odpady, které lze ve společnosti odstranit.

Profesor Košturiak definoval deset kroků k zeštíhlení výroby [1]:

1. Vize ve vrcholném vedení, osvojit si principy a metody štíhlé výroby, získat lidi pro implementaci, sestavit postupy pro implementaci.
2. Zjednodušení podnikových procesů, odstranění prostojů a zbytečných činností, zavedení pořádku a standardů např. pomocí metod 5S, vizualizace, stabilizace a standardizace procesů.
3. Definování procesů z pohledu zákazníka, definování toku hodnot pro nové výrobky, pohyb lidí, materiálu, náradí a informací. Jak rychlé a pružné musí kroky být?
4. Budoucí tok hodnot – rozmístění výroby, make or buy, integrace dodavatelů.
5. Program redukce časů přenastavení výrobní zařízení a redukce výrobních dávek.
6. Podnikový program redukce zásob a průběžných časů ve výrobě a v přípravě výroby, uvolnění ploch.
7. Řízení úzkých míst a neustálý proces zlepšování, zavedení prvků TPM, Kaizen, trénink multifunkčních zaměstnanců.
8. Delegování pravomoci na nižší úrovně, řízení podle cílů, nový systém odměňování.
9. Rozvoj tahového systému v podniku a jeho okolí.
10. Simulace a optimalizace celého toku.

4.3.5 Mapování hodnotového toku – Value Stream Mapping

Dle hodnotového managementu je pojem hodnota vnímán jako poměr mezi užitnými vlastnostmi produktu a náklady. Z hlediska štíhlé výroby je hodnota to, za co je zákazník ochoten zaplatit. [7]

Zmapování toku hodnot je nástroj založený na pozorování a pochopení procesu zakázky a identifikování plýtvání. Metoda se snaží odhalit zbytečné činnosti, které mohou být odstraněny a činnosti, které přidávají produktu hodnotu. Value Stream Mapping také může sloužit zaměstnancům k pochopení zavedených standardů ve společnosti. Výhoda metody je, že lze znázornit jednoduchou standardizovanou grafikou, která se skládá z toků informací i materiálu od příjmu zakázky po její expedici. Mapování lze použít při analýze výrobku, návrhu změny výroby produktu, při analýze nevýrobních procesů. Při mapování

hodnotového toku je možné v hodnoceném produkčním systému identifikovat následující aspekty [17]:

- Ekonomická kondice výrobní linky a její největší vliv na náklady a příjmy.
- Struktura příjmů může být změněna upravením výrobní linky v rámci řízení procesů v závislosti na vývoji poptávky na trhu.
- Další významné aspekty organizace.

Hlavními výstupy jsou [7] [8]:

- Hodnota VA indexu (Value Added Index Time) – poměr časů, které přidávají hodnotu (VA – NonValue Added Time) k časům, které nepřidávají hodnotu (NVA – NonValue Added Time).
- Informace o velikosti a stavu rozpracovanosti.
- Procesní časy.
- Sled procesů.
- Množství meziskladů a jejich řízení.

4.3.6 Tlakový a tahový systém řízení

Jedná se o základní dva principy řízení výroby v závislosti na materiálovém toku. Tlakový systém výroby je vytvořen na základě předpokládané poptávky zákazníka, tudíž není počítáno s celkovým odběrem vyrobeného zboží. Je vyráběno na sklad a z aktuálního přebytku zboží na skladě a předešlých objednávek, lze odhadnout budoucí poptávku. Lze říci, že vyrobené kusy jsou tlačeny dodavatelem k odběrateli. Tento systém má výhodu vyrobeného zboží na skladě, které je možné ihned dodat zákazníkovi, ale systém je velice nepružný a při změně požadavku zákazníka může dojít ke zbytečným nákladům. Iniciátorem výroby u principu tahu je zákazník, ten určuje, co bude vyráběno a v jakém množství. Zakázka je tzv. táhnuta zákazníkem. Tím je tempo výroby určeno poptávkou trhu. Výhodou tohoto principu je minimální plocha skladů. Tento princip má několik úskalí [4]:

1. Organizační nedostatky a poruchy výrobního toku. Princip tahu je založen na bezproblémovém výrobním procesu, tudíž každý prostoj, např. nekvalitní operace, oprava zmetků či zdržení logistiky, vyžadují změnu ve výrobě nebo dokonce přepracování.
2. Dlouhé časy přestavby stroje. Vzhledem k výrobní dávce nebo velikosti zakázky je nákladné každé přestavování stroje na novou zakázku. Tento čas je neproduktivní, ale nutný k realizaci samotné zakázky.
3. Závady stroje. Tento problém brzdí plynulost výroby a rychlost dodání zakázky.

4.3.7 Základní nástroje štihlé výroby

Ačkoliv jsou následující nástroje určeny pro sériovou výrobu, lze je uplatnit v prostředí zakázkové výroby, kde se pracuje se zakázkami o více kusech.

5S

Metoda pro nastavení a udržení štihlého pracoviště. [18]

Kanban

Je to metoda založená na principu tahu. Je schopna reagovat na konkrétní situace, vede k plynulým materiálovým tokům a omezením zásob. [18]

Kaizen

Slovo kaizen znamená změna k lepšímu. Je to metoda neustálého zlepšování, do kterého jsou zapojeni nejen pracovníci technologické přípravy výroby, ale také výrobní operátoři. [1]

TPM – totálně produktivní údržba

TPM se orientuje na zapojení všech operátorů ve výrobě do aktivit, které vedou k minimalizaci prostojů zařízení, nehod a zmetků. Tato metoda umožňuje podniku dosáhnout větší využitelnosti strojů a zařízení. [1]

Vizualizace kontroly

Je nástroj zviditelnění a zpřístupnění všech informací důležitých pro výrobu. To vede k jednoduché a účinné komunikaci mezi lidmi napříč celým podnikem. [18]

4.4 Uplatnění štihlé výroby v zakázkové výrobě

Trend zavádění štihlé výroby je motivován snížením výrobních nebo procesních nákladů. Tento směr je převážně aplikován v hromadných výrobach, kde podnik vyrábí ve velkých sériích malý sortiment výrobků. V tomto případě je kladen velký důraz na minimální náklady a jejich racionalizace. Opakem je malosériová až kusová výroba, která je specifická širokým sortimentem produktů. Od toho se také odvíjí jiné uspořádání výrobního procesu, jak je uvedeno v kapitole 4.3.3. U zakázkové výroby nelze optimalizovat práci na jednom produktu, které má svá specifika, ale je třeba komplexně řídit hodnotové toky, kdy je racionalizace zaměřena procesně. Dalším důležitým krokem v zavádění štihlé výroby do zakázkové výroby je optimalizace předvýrobní fáze, do oblasti výzkumu a vývoje, přípravy zakázky a navrhování technologie. Úplná eliminace ztrát a plýtvání není možná. Redukci plýtvání je možné realizovat do určité míry, jelikož zakázkově zaměřená výroba mnohdy znamená, že daná zakázka je výrobním prototypem. [19]

Doporučení pro implementaci štihlé výroby [19]:

- Flexibilita výrobního systému,
- nutná standardizace pracoviště,
- školení zaměstnanců, zisk multifunkčních pracovníků,
- rapid prototyping v TPV,
- nutná softwarová podpora, simulační modely.

4.5 Štíhlé pracoviště – metoda 5S

Charakteristikou štíhlého pracoviště je, že pracovník nevykonává zbytečné pohyby a činnosti, které snižují jeho produktivitu (např. nadbytečná chůze, hledání nástrojů nebo manipulace s materiálem). Na štíhlém pracovišti se nachází pouze to, co je pro výrobu potřebné, na místech tomu určených, to znamená, že na pracovišti jsou pouze předměty, které přidávají hodnotu výslednému produktu. V praxi nejpoužívanější metodou je metoda 5S vyvinutá v Japonsku, která pomáhá odstranit zbytečné předměty z pracoviště, udržovat pořádek na pracovišti, standardizovat uspořádání a organizaci pracoviště. Metoda se skládá z kroků uvedených v Obr. 2. [1] [20]



Obr. 32 - 5S - inspirováno API [20]

Co znamenají jednotlivé kroky je uvedeno v tabulce Tab. 8 a v kapitole 4.5.1.

Tab. 8 Co to je 5S [7]

Japonsky	Anglicky	Česky	Akce
Seiri	Sort	Seřídít, separovat	Definovat položky, které jsou na pracovišti potřebné, a které se musejí z pracoviště odstranit
Seiton	Straighten	Systematizovat	Definovat přesné místo pro položky na pracovišti
Seiso	Shine	Stále čistit	Vyčištění a uspořádání pracoviště
Seiketsu	Standardize	Standardizovat	Standardy uspořádání pracoviště
Shitsuke	Sustain	Sebedisciplína, stále zlepšovat	Audity a zlepšování systému 5S

Hlavní cíle štíhlého pracoviště jsou [1]:

- zvýšit efektivnost,
- snížit úrazovost a zatížení organismu,
- zvýšení autonomnosti a možnost obsluhy více strojů,
- zlepšení kvality a stability procesu.

Mezi hlavní důvody, proč metodu 5S zavádět, lze zařadit vizualizaci a redukci plýtvání. Tím je myšleno odznačení potřebných nástrojů na viditelná, „chyby vzdorná“ místa, vizualizace zásob např. označení minimální a maximální úrovně zásobníků. Technika pomáhá ke zlepšení materiálového toku, zařízení, umístění materiálu a zásob. Dále standardizované prostředí přispívá ke zlepšení kvality, produktivity a bezpečnosti práce. [20]

4.5.1 Jednotlivé kroky uvedení 5S do provozu

Součástí této metody je zasvěcení pracovníků do principů a cílů metody, získání pracovníků na svou stranu, definování zodpovědností formou několika školení. Metoda 5S je systém, který je naplňován lidskou činností. Je to pomůcka, která bez aktivního přístupu operátorů a pracovníků, kterých se bezprostředně týká, nemá smysl. Někteří operátoři na základě této metody budou muset změnit přístup k práci, a to není jednoduché. Metoda 5S obsahuje pět kroků, které jsou následně více popsány [1] [17] [20]:

1. krok – separovat (seiri):

Cílem tohoto kroku je jasná identifikace položek, které jsou na pracovišti potřebné:

- musí být na pracovišti,
- mohou být odstraněny (hledáme alternativní skladovací místo),
- musí být odstraněny.

Při třídění a umístování položek využíváme klasifikaci dle Pareta:

A – denně používané,

B – používané týdně nebo měsíčně,

C – výjimečné použití.

2. krok – systematizovat (seiton):

Účelem druhého kroku je definovat uložení položek, které jsme vytrídili v prvním kroku. Každá položka musí být uspořádána tak, že každý:

- ji může snadno vzít,
- použít,
- vrátit na své místo.

Místo pro položky je určováno z hlediska ekonomie pohybů a frekvence používání (často a občas používané). Pro dané místo předmětu je stanovena kapacita a je vizuálně označena tak, aby bylo zřejmé, že je předmět na správném místě a ve správném množství.

3. krok – stále čistit (seiso):

V tomto kroku jsou stanoveny oblasti, které je potřebné v rámci pracoviště čistit. Cílem je eliminovat zdroje znečištění a stanovení formy kontroly. Je nutné stanovit plán čištění s následujícími údaji: co, kdo, kdy, jak. Tento krok je forma kontroly pracoviště.

4. krok – standardizovat (seiketsu):

Účelem tohoto kroku je vytvoření a dodržování standardu pracoviště tak, aby se zabránilo nedbalostem. Standard je aplikován na další pracoviště, aby při příchodu nového operátora byl eliminován čas se seznámením pracoviště.

5. krok – sebedisciplína (shitsuke):

Účelem pátého kroku je zlepšovat současný stav. Nastavení pravidelných auditů a systém školení. Tímto krokem je u pracovníků pěstován smysl pro pořádek, přesnost a preciznost.

4.6 Kaizen

Metoda Kaizen znamená „změna k lepšímu“. Tato metoda může neustále zlepšovat naše životy, rodiny, společnost a pracovní život. V pracovním prostředí to znamená neustálé zlepšování všech lidí v podniku, ať už se jedná o manažery, inženýry nebo operátory. Metodika Kaizen pracuje se znalostí lidí, kterých se dané procesy týkají. Ze strategického pohledu je Kaizen systematická a dlouhodobá akce zaměřená na akumulaci zlepšení a úspor s cílem porazit konkurenci z hlediska kvality, produktivity, nízkých nákladů a dodacích lhůt. Implementací filozofie Kaizen lze docílit těchto změn [17]:

- Redukce plýtvání: zásoby materiálu, časů čekání, přepravy a pohybů.
- Zlepšení dovedností zaměstnanců.
- Zvýšení produktivity a zlepšení kvality.
- Zlepšení využití prostoru.
- Zvýšení a zlepšení komunikace napříč administrativním oddělením v podniku.

Kaizen neznamena, že výrobní pracovníky zatížíme další administrací, schůzkami či aktuálním řešením kvality. Nejedná se o přenesení odpovědnosti managementu na nepřipravené operátory a mistry ve výrobě. Jde o propracovaný a dokonale organizovaný systém práce, který je používán ve všech světových firmách. Pro implementaci metody kaizen je dobré znát základní zásady systému [1]:

- Každému zlepšení je potřeba věnovat pozornost, i kdyby mělo být málo významné.
- Všichni lidé v podniku se mohou podílet na procesu zlepšování.
- Před každou realizací návrhu zlepšení je potřeba návrh analyzovat a zjistit, jestli přínosy budou pozitivní či negativní.
- Kaizen představuje polovinu práce dobrého manažera.
- Management má dva hlavní úkoly – vytvoření a udržování standardů a jejich zlepšování.
- Podpora iniciativy pracovníků při řešení problému.
- Podpora realizačního týmu zlepšení pomocí pracovních schůzek. Dobrá příprava, vedení schůzky, výběr dílčích kroků realizace a zabezpečení prosazení realizace je důležitou součástí.
- Informovanost o realizovaných změnách ve výrobě, v jakém stavu se stavu se změny nachází, aktuální problémy, úzká místa a úspěšné realizace.
- Metoda Kaizen stojí na aktivitách zdola, ale potřebuje silnou podporu shora, od vedení společnosti.
- Vytvoření podmínek pro sdílení, možnost komunikace mezi pracovníky, např. konzultační místnosti, návštěvy pracovníků managementu ve výrobě, komunikace v průběhu výroby apod.

- Motivace pracovníků – spoluúčast na úspěchu. Nedílnou součástí je ocenění dobrých řešení.
- Podpora zlepšení, která lze rychle vyhodnotit a realizovat, a která nevyžadují vysokých investic.

Metodiku Kaizen není nutné implementovat pod japonským pojmem, ale pro lepší přijetí v podniku je dobré použít volný překlad. Například v Německu se kaizen vžil pod překladem – Kontinuierliche Verbesserungsprozess (KPV) nebo ve Spojených Státech Amerických je používané označení CIP (Continuous Improvement Process) nebo OIP (Ongoing Improvement Process). [21]

4.7 Management úzkých míst

Úzké místo je místem, které výrobnímu systému zabraňuje dosahovat vyšší výkonost. Každý podnik má alespoň jedno omezení, které mu zabraňuje vydělávat více peněz. Omezení v podniku mohou být [1]:

- Výrobní zdroje – chybějící kapacita strojů a lidí, nedostatek financí atd.
- Marketing – nedostatek objednávek způsobující nevyužitou výrobní kapacitu.
- Řízení, směrnice – pravidla, která brání tomu, aby byly činnosti vykonávány lépe.
- Čas – čas dodávky zakázky, zboží nebo příprava výroby je dlouhý a zákazníci odcházejí.
- Postoje lidí – slabá komunikace, neochota, napětí a kooperace.

Všeobecně lze prostoje a omezení rozdělit do následujících třech kategorií [1]:

1. Fyzické omezení – je snadné je identifikovat a odstranit, např. stroje, lidé, hmotné zdroje, zařízení.
2. Manažerské omezení – představují nevhodná kritéria a pravidla, kterými se společnost řídí. Příkladem může být nedostatečně proškolený personál, nevhodná investice nebo výběr nesprávných dodavatelů, špatná personální politika, firemní kultura, která brání procesu neustálého zlepšování. Následkem bývá vznik fyzických omezení.
3. Omezení v chování lidí – jsou domněnky, přesvědčení nebo předpoklady, které zapříčiňují a podmiňují výskyt manažerských omezení.

5 SESTAVENÍ NÁVRHŮ PRO NOVÉ ZAKÁZKY S VAZBAMI NA VÝROBNÍ PROCES, JEJICH PŘÍNOSY A PODMÍNKY REALIZACE

Tato kapitola je založena na analýze podniku, který sice prosperuje, ale má potenciál ke zlepšení. Cílem je optimalizovat zásobovací proces pro nové zakázky. Každý z následujících návrhů a doporučení přispívá k rychlejšímu zpracování zakázky na základě zlepšení zásobovacího procesu, nastavení pracoviště či úpravou pracovní náplně konkrétních pracovníků výroby. Návrhy lze rozdělit do kategorie tzv. tvrdých zlepšení, která vedou k jistému, relativně snadno spočitatelnému výsledku, a do kategorie tzv. měkkých zlepšení, která vedou k lepší firemní kultuře a k idey štíhlého podniku.

Hlavní návrhy:

- A. Operativní plánování ERP systémem.
- B. Kontrola jako úzké místo výroby.
- C. Zavedení metody 5S.
- D. Menší výrobní dávka u čtených zakázek.

5.1 Návrh A – Operativní plánování ERP systémem

Při současném stavu operativního plánování, které je popsáno v kapitole 3.8.1, dochází k velkým ztrátám kvůli nevyužití možností ERP systému. Při kapacitním plánování je zaplánováno až 200 zakázek současně a měsíční export Firmy A dle metriky OTD (On Time Delivery) je v průměru 155 zakázek za měsíc za poslední rok (viz Obr. 24). Operativní plánování probíhá manuálně exportem dat z ERP systému a následně upravováno v MS Excel, jedenkrát za den. Tato činnost je namáhavá, jelikož koordinátor výroby se musí zorientovat v aktuálním rozložení zakázek a výrobních možnostech jednotlivých strojů z hlediska času.

Firma A je schopna vyrobit zakázky v kratším čase. To realizuje nastavením priority zakázky a daná zakázka se automaticky řadí na první místo ve frontách práce u jednotlivých operací. Tuto prioritu lze manuálně měnit v průběhu realizace. ERP systém může pracovat až s pěti úrovněmi priorit, ale této funkce firma nevyužívá. Fronty práce u jednotlivých zdrojů lze vidět pouze formou seznamu zakázek, což je nepřehledné a zdlouhavé pro orientaci v časových možnostech výrobních zdrojů.

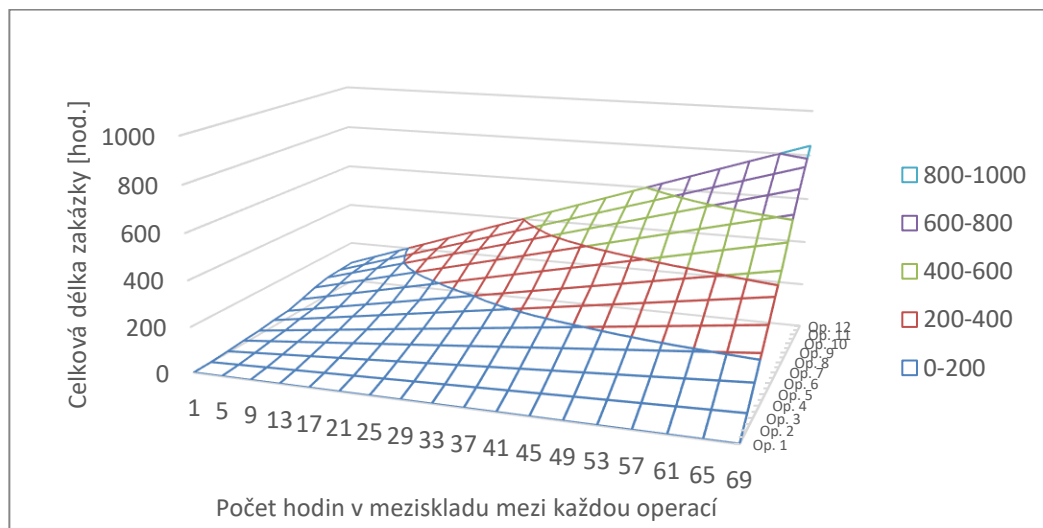
Výrobce ERP systému uvádí, že může přehledně znázorňovat operace a průvodky v čase pomocí Ganttova diagramu. Systém umožňuje funkci tzv. dispečer, která primárně slouží k vytváření výrobních dokladů, plánování a vizualizaci výroby. Prostřednictvím této funkce má obsluha k dispozici aktuální a požadované údaje nejen o pokrytí výroby materiálem a polotovary, ale i o celkovém vytížení výrobních zdrojů. [22]

Při analýze současných zakázek bylo zjištěno, že hodnota VA indexu, což je index přidané hodnoty, je 16 % (viz kapitola 3.4), to znamená, že z celkového času výroby zakázky je 84 % nevyužitého času. Zkoumaná zakázka produktu A absolvuje ve výrobě 12 operací a v průměru stráví 47,5 hodin mezi každou operací. Na Obr. 33 lze zkoumanou zakázku produktu A sledovat při různých délkách mezioperačních časů. V grafu jsou celkové délky

jednotlivých zakázek rozděleny do barevných pásem. Tyto pásma lze použít pro stavení priority realizace zakázky nebo jiné rozdělení (např. viz tabulka Tab. 9). Ačkoliv výroba produktu A je realizována dvanácti operacemi, v grafu je uvedena závislost na menším počtu operací. Je to názorná ukázka závislosti času výroby a mezioperačního čekání u zakázek s menším počtem operací, které se ve firmě A realizují. Celková délka zakázky je dána vztahem Rov. 4. Časy operací jsou použity ze zakázky produktu A (viz Obr. 16).

$$T_n = t_m + t_o + T_{n-1} \quad (\text{Rov. 4})$$

Kde: T_n – délka zakázky
 t_m – čas zakázky v meziskladu mezi každou operací
 t_o – čas práce na zakázce při n-té operaci
 T_{n-1} – čas zakázky u předchozí operace



Obr. 33 Délka zakázky v závislosti na mezioperačním čase při počtu operací

Každá zakázka má na začátku stanovený termín expedice. Každá operace má definovaný čas zpracování, jak ve výrobě (dáno technologickým postupem), tak v administrativě (dáno paušálním příkazem např. 2 dny na vytvoření programu k CNC stroji). Na základě těchto informací lze vypočítat průměrný mezioperační čas. Tento čas bude porovnán se stupnicí stanovení priorit. Stupnice může být stanovena (např. v tabulce Tab. 9).

Tab. 9 Nastavení priorit zakázek

Hodnota priority [-]	Časové rozmezí [hod.]
1	<0 – 8)
2	<8 – 16)
3	<16 – 32)
4	<32 – ∞)

Zakázka s nevyšší prioritou tzn. hodnotou „1“ bude řazena ve frontě práce na první místo, vedle priority může být uvedena hodnota průměrného mezioperačního času pro lepší orientaci v pořadí zakázek.

Automatické řazení zakázek do výroby může probíhat 1x za směnu v čase 2 hodiny před ukončením směny. V tomto čase vedoucí směny zkontroluje vygenerované fronty práce k jednotlivým strojům ve formě seznamu a pro vedoucího další směny ve formě Ganttova diagramu (v časovém rozmezí následující směny s vyznačenými oblastmi uvolnění 1. kusu), tento graf bude sloužit vedoucímu směny pro lepší orientaci v aktuálním rozvržení výroby. ERP systém spočítá optimální řazení zakázek, aby byla splněna podmínka priority, minimálního času prostoje výrobního zdroje (prostoje – není práce) a nepřekrývání časů uvolnění prvního kusu u všech operací (viz kapitola 5.2).

5.1.1 Přenesení práce koordinátora výroby na mistry a operátory

Z výše uvedeného návrhu vyplývá zánik pracovní pozice koordinátor výroby. Zodpovědnost za fronty práce ponесou vedoucí směny. Práci přesunu palet může vykonávat operátor, který bude mít ve frontě práce informaci o předchozí operaci, tzn. ve které části meziskladu se paleta se zakázkou nachází. Zakázku si může operátor nachystat při výrobě předchozí zakázky, jelikož kapacita každé vstupní a výstupní zóny u pracoviště jsou 2 palety. V případě nenalezení zakázky ani v meziskladě či u předchozí operace kontaktuje operátor vedoucího směny.

5.1.2 Vizualizace práce stroje na zakázce

Jak je popsáno v kapitole 3.8.1, každý výrobní zdroj se může nacházet ve třech stavech. Každý stroj může mít maják, který bude dávat všem signál, ve kterém stavu se stroj nachází. Jedná se především o pracoviště výrobních strojů. Sledování stavu stroje lze použít jako kontrolní metriku produktivity práce a strojů. Signalizace bude mít tento význam:

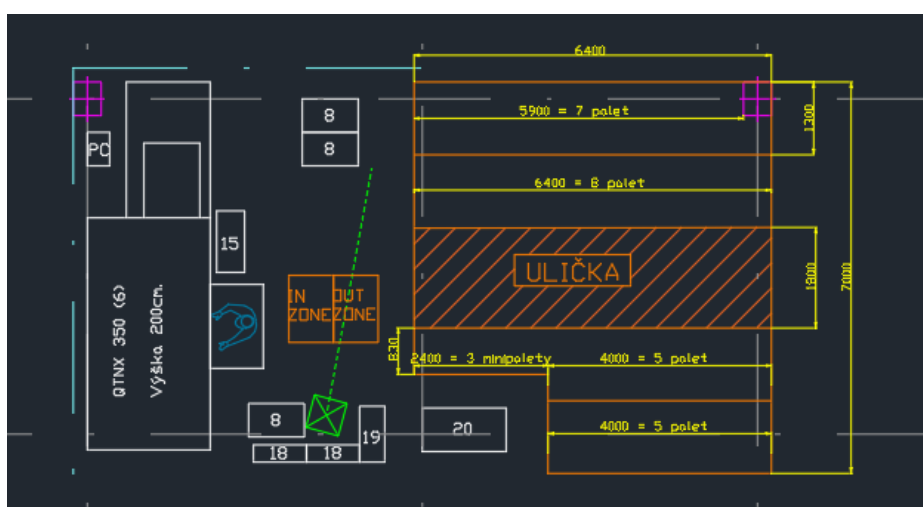
1. Zelené světlo – režim automatické výroby, u CNC strojů operátor kontroluje vyráběnou zakázku.
2. Oranžové světlo – režim nastavování stroje, tzn. stroj je seřizován na novou zakázku, probíhá kontrolní měření, uvolnění 1. kusu nebo výměna obrobku.
3. Červené světlo – stav poruchy. Stroj se nenachází ani v jednom z předchozích režimů. K tomuto stavu může dojít, když má operátor problém se seřizováním stroje, nebo když dojde k poruše stroje, kolizi. Tento stav vyžaduje akutní zásah vedoucího směny, pracovníků údržby nebo školitele.

5.1.3 Organizace meziskladu – rozpracované výroby

Stávající stav meziskladu a jeho fungování je popsán v kapitole 3.2.2. Jedná se o čtvercovou plochu, kde jsou po obvodu umístovány palety s rozpracovanou výrobou. Řazení či organizace palet není definováno. Palety jsou umístovány na volná místa. To není optimální řešení, jelikož koordinátor výroby nebo operátor, který přijde k meziskladu pouze s číslem zakázky, musí nahlédnout do každé dokumentace položené na paletě se zakázkou.

Operátor nemá ani informaci, která operace předcházela, tudíž nenalezení palety řeší s koordinátorem výroby či vedoucím směny.

Návrh řešení je jednoduchý a levný. Je nutné rozšířit frontu práce o informaci přechozího pracoviště. Každé pracoviště má svou zkratku. Upravit layout meziskladu a zvýšit kapacitu meziskladu (viz Obr. 34), dále rozdělit mezisklad na sektory dle buněk ve výrobě, tzn. 6 paletových míst bude pro stroje SQT a Nexus, 6 paletových míst pro stroje s označením IGX, 5 paletových míst pro frézku VRX, 6 paletových míst pro pracoviště CNC brusek, 5 paletových míst pro konvenční stroje. Pracoviště kontroly může mít svůj mezisklad před měřicí laboratoří, kde je na to vyhrazen prostor. Pracoviště pily a zámečnické operace mají vyhrazený prostor na palety před svým pracovištěm.



Obr. 34 Layout nového meziskladu

Mezioperační sklad bude mít rozdělené zóny, které budou viditelně označeny i v případě umístění palety. Jakmile operátor ukončí výrobu, odveze zakázku na místo meziskladu s označením svého pracoviště. Operátor následující operace rychleji najde hledanou zakázku, jelikož již bude mít informaci o předchozí operaci z fronty práce.

Tento dílčí návrh má úskalí v kapacitě jednotlivých sektorů. Možným zlepšením může být označení palety se značkou daného sektoru při přivezení zakázky do meziskladu. Nevýhoda návrhu je ve spoléhání na svědomité označování zakázek (palet) operátory výroby. V současnosti má firma A volné prostory a není pro ni mezisklad přítěží, ale s rozšiřující se výrobou bude nutné přejít na sofistikovanější systém řazení zakázek do meziskladu.

5.1.4 Kalkulace ušlého zisku

Kalkulace je založena na součtu nákladů a zisku zakázky (viz rovnice Rov. 5). Takto rozvržené kalkulace jsou součástí každé zakázky. Výpočet je vztažen k zakázce, jelikož jednicové náklady by mohly být matoucí v prostředí zakázkové výroby, kde každá zakázka obsahuje jiný počet kusů a prochází jinými operacemi s různými výrobními časy.

$$C = FN + VN + M \quad (\text{Rov. 5})$$

Kde: C – cena zakázky

FN – fixní náklady

VN – variabilní náklady

M – marže

Kalkulace ušlého zisku jsou kalkulovány pro analyzované dva produkty, u nichž jsou známy čisté výrobní časy a časy zakázky ve firmě, poměr fixních, variabilních nákladů a marže. Tyto údaje mají jiný poměr u každé zakázky. V případě produktu A je poměr variabilních a fixních nákladů ovlivněn následujícími faktory: materiál zakázky si dodává zákazník, zakázka neprochází žádnou kooperací. U produktu B je tomu přesně naopak, tudíž poměr fixních a variabilních nákladů je opačný. Údaje jsou uvedené v tabulce Tab. 10.

Výpočet vychází z odborného odhadu parametrů vztažených k roku 2018: roční obrat, počet vyrobených zakázek, časy všech vyrobených zakázek, celkové prostoje v dané kategorii. Z těchto údajů lze určit průměrný výrobní čas zakázky a počet nevyrobených zakázek kvůli prostoji.

$$U_z = M_z + FN_z \quad (\text{Rov. 6})$$

Kde, U_z – ušlý zisk

M_z – marže z nevyrobených zakázek kvůli prostoji

FN_z – fixní náklady na nevyrobené zakázky

$$M_z = \frac{O_{18}}{n} \cdot m \cdot n_z \quad (\text{Rov. 7})$$

Kde, O_{18} – obrat firmy v roce 2018

n – počet vyrobených zakázek

m – průměrná marže na zakázku

n_z – počet nevyrobených zakázek kvůli prostoji

$$FN_z = \frac{O_{18}}{n} \cdot FN' \cdot n_z \quad (\text{Rov. 8})$$

Kde, O_{18} – obrat firmy v roce 2018

FN' – průměrné fixní náklady na zakázku vyrobenou v roce 2018

m – průměrná marže na zakázku

$$n_z = \frac{P_{np18}}{t_p} \quad (\text{Rov. 9})$$

Kde, P_{np18} – celkové prostoje v kategorii – není práce u stroje

t_p – čas strávený prací na zakázce (součet čistého výrobního času, seřízení a měření kusů)

V roce 2018 bylo spočítáno celkem 288000 minut (=200 dnů) prostojů z důvodu, že u stroje nebyla zakázka, na které by se mohlo pracovat. Během tohoto času je nutné platit

fixní náklady, které nejsou spjaté s počtem vyrobených kusů. V Tab. 10 je uvedena situace v případě redukce prostojů na poloviční čas, tedy 100 dnů. V takovém případě marže z vyrobených zakázek je rovna marži z nevyrobených zakázek, tudíž ušlý zisk je roven fixním nákladům z nevyrobených zakázek.

Tab. 10 Kalkulace ušlého zisku

Popis	Značka	Jedn.	Produkt A	Produkt B	Produkt A 50% prostoje	Produkt B 50% prostoje
Obrat v roce 2018	O	Kč	84000000	84000000	84000000	84000000
Počet zakázek	n		1800	1800	1800	1800
Průměrná cena zakázky	C	Kč	46666,67	46666,67	46666,67	46666,67
Poměr fixních nákladů	FN'	%	55	35	55	35
Poměr variabilních nákladů	VN'	%	35	55	35	55
Poměr marže	m	%	10	10	10	10
Průměrné fixních náklady	FNz	Kč	25666,67	16333,33	25666,67	16333,33
Průměrné variabilních náklady	VNz	Kč	16333,33	25666,67	16333,33	25666,67
Průměrná marže	Mz	Kč	4666,67	4666,67	4666,67	4666,67
Suma prostojů – není práce	Pnp18	Dny	200	200	100	100
Průměrná délka zakázky ve výrobě	tv	Dny	44	60	44	60
Průměrný čas práce na zakázce	tp	Dny	6,20	11,20	6,20	11,20
Počet nevyrobených zakázek	nz		32,26	17,86	16,13	8,93
Fixní náklad na prostoje	FNz	Kč	827956,99	291666,67	413978,49	145833,33
Marže z nevyrobených zakázek	Mz	Kč	150537,63	83333,33	75268,82	41666,67
Ušlý zisk	Uz	Kč	978494,62	375000,00	413978,49	145833,33

Hodnoty ušlého zisku jsou pro oba produkty různé, a to hlavně z důvodu poměru mezi fixními a variabilními náklady. Výpočet je omezen na 2 typy zakázek, které jsou odlišné, a výpočet bere v potaz výrobu produktu A nebo pouze produktu B, což je v praxi jiné. Reálný ušlý zisk se pohybuje mezi hodnotami 978 495 Kč a 413 979 Kč. Pro přesnou hodnotu ušlého zisku je nutné znát poměr veškerých fixních a variabilních nákladů všech zakázek v daném období. Oportunitní výpočet ušlého zisku předpokládá, že firma má zakázky v zásobě, tzv. má co vyrábět.

5.2 Kontrola jako úzké místo

Pracoviště kontroly je specifické místo. Jedná se o místo, které je stěžejní pro fungování celé firmy, jelikož verifikuje přesnost výroby. Je to místo, kde dochází k největší fluktuaci zakázek (viz kapitola 3.2.3). Součástí pracoviště je několik měřicích přístrojů, z nichž tři mohou pracovat v automatickém režimu, ale je nutné jim vytvořit měřicí

program. Zaměstnanci kontroly provádí několik typů měření (viz kapitola 3.9). Kapacita pracoviště kontroly je stejná jako kapacita pracovníků kontroly, tzn. je zde použit stejný princip jako u CNC výrobních strojů, kde jeden operátor obsluhuje jeden stroj. Plánování pracoviště kontroly probíhá na základě časů vstupních a výstupních kontrol, není zde tedy počítáno s dalšími činnostmi, např. uvolnění prvního vyrobeného kusu, což je činnost, která musí být provedena po každém seřízení stroje na novou zakázku nebo není počítáno s měřením každého kusu, což může být dáno technologií nebo požadavkem zákazníka. Informace o délce zakázky včetně dílčích časů pro seřízení a uvolnění jsou v systému uvedeny, ale při kapacitním plánování se s nimi nepracuje.

Kvůli výše popsaným faktorům může docházet k těmto situacím:

- Měření kusu pro uvolnění výroby je nutné provést na přístroji, na kterém probíhá vstupní nebo výstupní kontrola.
- Nutnost přeměřit více kusů pro uvolnění výroby různých zakázek.
- Kontrola každého kusu bývá často u dokončovacích, brousících operací, kde je nutné měřit velmi přesné rozměry. CMM (3D scanner) může být již vytížen.

Návrhy:

- Zahrnout všechny časy dostupné z technologie do kapacitního plánování kontroly, tzn. pokud je daná operace vyráběna, tak čas měření musí být odečten z kapacity kontroly. Tudiž využití kapacity pro plánování vstupní a výstupní kontroly se bude, dle odborného odhadu, pohybovat v rozmezí 75 % až 95 %. Případně nastavit využití pracoviště kontroly, např. na 85 % pro plánování vstupní a výstupní kontroly. Ve zbylých 15 % počítat se všemi dílčími měřeními.
- Vizualizace zakázek pro koordinátora výroby nebo pro vedoucího směny. Jednotlivé zakázky, které budou zobrazeny ve formě Ganttova diagramu, bude zvýrazněna část měření uvolnění 1. kusu. Vizualizace možné kolize na pracovišti kontroly.

5.3 Návrh C – Nastavení štíhlého pracoviště

Časové prostoje z důvodu delšího seřízení stroje jsou třetím největším problémem (viz kapitola 3.6). Prostoje je způsobem hledáním potřebných přípravků a nástrojů pro danou zakázku. Některé zakázky jsou vyráběny 1x do měsíce, jiné v kratších či delších časových intervalech. Potřebné přípravy jsou na většině pracovišť umístěny ve skříních bez přehlednějšího uspořádání. Metodika 5S je nástroj, který vede k čistému a přehlednému pracovišti, kde využívanější nástroje jsou blíž a méně potřebné dokumenty a přípravy nejsou v aktivní zóně operátora. Implementace 5S je proces, který je popsán v kapitole 4.5.1.

Vyčíslení návratnosti implementace metody 5S do zakázkové výroby je náročné, ale přínosy lze rozepsat do následujících oblastí:

- Předcházení časovým ztrátám při hledání více či méně používaných nástrojů a přípravků. Nejčastěji používané nástroje jsou umístěny v bezprostřední blízkosti operátora, na konkrétním místě.

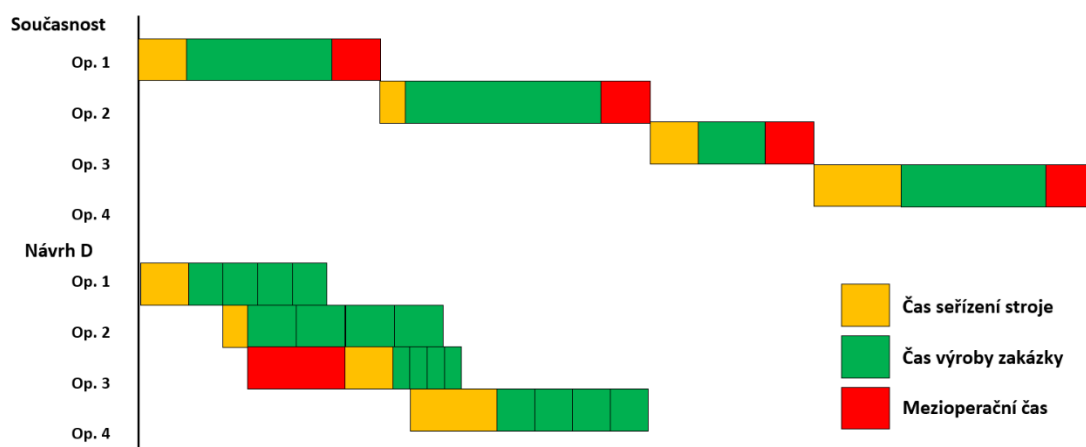
- Standardizované pracoviště je předpokladem pro rychlé zaškolení nových pracovníků.
- Čistota a pořádek jsou pravidelně kontrolovány, tzn. každé pracoviště má svůj standard, který je dodržován.
- Jasně instrukce, jak má pracoviště vypadat. Vizualní přehled, kde jsou potřebné nástroje, přípravky a dokumenty.

Metodu 5S je relativně snadné implementovat, ale důležitější je její začlenění do každodenního používání. Nutným předpokladem je spolupráce s operátory, kteří budou každodenními uživateli této metody. Není to nástroj kritiky operátora, ale způsob, jakým operátorovi přizpůsobit pracoviště, aby práce byla více ergonomická a efektivní.

5.4 Návrh D – Menší výrobní dávka u čtených zakázek

Návrh je založen na analýze produktu B, kde je nastavena výrobní dávka na 400 ks. Ve Firmě A je možné vyrábět zakázky o více než 100 kusech. Při příjmu zakázky má operátor povinnost přepočítat vyrobené kusy, což je nevýrobní čas, kdy výrobní stroj stojí. Přepočítávání kusů ale není velkým problémem. V současné chvíli je systém výroby nastaven tak, že jedna zakázka odpovídá jedné paletě, v případě větších zakázek je zakázka rozdělena do více palet. Ke každé zakázce je vytvořena jedna průvodka, která obsahuje všechny potřebné informace pro výrobu zakázky na všech operacích. Po skočení celé jedné operace je celá zakázka přemístěna na další operaci, jak je znázorněno v obrázku Obr. 35.

Návrh spočívá v rozdělení jedné velké zakázky na více menších, které budou mít podmínku vzájemné návaznosti, tzn. mezi dílčí částí nelze naplánovat jinou zakázku. Zakázku je dobré rozdělit při více než 100 kusech. Dělení zakázky pro menší dávky ztrácí svůj význam. Jakmile je vyrobena první část zakázky na operaci Op.1, je možné pracovat na operaci Op.1 na zbylých částech zakázky a současně může být připravováno pracoviště Op.2. V důsledku lze na jedné zakázce pracovat více operací současně. Což v současnosti není možné kvůli jedné průvodní dokumentaci. Popsaný návrh je znázorněn na obrázku Obr. 35.



Obr. 35 Ganttův diagram postupu zakázky výrobou

5.5 Podmínky realizace a přínosy

Podmínky:

- Investice do ERP systému a jeho optimalizace:
 - Modul s prioritami zakázek,
 - automatické řazení zakázek do Ganttova diagramu (pro přehled vedoucího směny) a možnost měnit pořadí zakázek v zobrazení Ganttova diagramu.
- Zaškolení vedoucích směn pro úkol vytváření front práce ke strojům s automatickým operativním plánováním a úpravou front práce pro další směnu.
- Rozšířit seznam fronty práce u stroje o informaci o předchozí operaci.
- Nákup signalizačního značení ke strojům.
- Upravit rozložení meziskladu a označit zóny dle skupin výrobních strojů.
- CMM (3D scanner) jako vlastní zdroj pro kapacitní plánování.
- ERP systém počítá s časem uvolnění prvního kusu. Nesmí se protínat časy (např. třech uvolnění prvního kusu).
- Zavedení metody 5S na pracoviště.
- U vícečetných zakázek (více než 100 kusů) rozdělit na více menších zakázek, které budou ve výrobě řazeny za sebou.

Přínosy:

- Informace o stavu zakázek ve výrobě (fronty práce) aktualizované 3x denně.
- Snížením prostojů může firma A zvýšit objem zakázek za měsíc.
- Snížením prostojů (není práce) nebude mít firma ušlý zisk z možných nevyrobených zakázek.
- Řazení zakázek v ERP systému dle priority je možné nejen pro výrobu, ale i pro administrativní pracovníky.
- Zánik pracovní pozice koordinátor výroby (úspora cca 500 000 Kč/rok):
 - Přenesením velké části práce na ERP systém – plánování a řazení zakázek,
 - dílčí práce ve výrobě provedou vedoucí směny – dodání front práce na konci své směny pro směnu další,
 - přeprava palet se zakázkami realizována operátory.
- Vyšší konkurenceschopnost, jistota rychlé výroby.
- Možnost cenové diskriminace na základě jistoty rychlé výroby.

5.6 Další návrhy na implementaci štihlé výroby

Vytvoření projektů pro realizaci a implementaci návrhů s odpovědnou osobou (zavedení a nastavení metody 5S, Kaizen – pro každého, systém odměňování návrhů, zlepšení ERP systému – plánování, vizualizace, snadná změna fronty práce, signalizace ke strojům, úprava meziskladu i u kontroly, školení a vzdělávání zaměstnanců) vede ke zlepšení firemní kultury.

Další doporučení pro implementaci principů štihlé výroby:

- Personální posílení úzkého místa – kontroly. Podnik musí být připraven na výpadek jednoho z pracovníků kontroly. Kvalita je jedna ze základních hodnot firmy a bez fungování kvality firma nemůže garantovat své výstupy. Jedná se i o strategické rozhodnutí v případě rozšiřování výrobních kapacit.
- Zavedení metody Kaizen popsané v kapitole 4.6 – forma neustálého zlepšování. Jedná se o metodu, do které jsou pozváni všichni zaměstnanci. Každý může podat návrh na zlepšení. Levná metoda, která může přinést velké úspory a inovace. Je nutné brát v potaz, že to není další administrativní zátěž pro zaměstnance, ale výzva pro všechny, aby zlepšili svůj postup práce či činnosti, které každodenně vykonávají.
- Manažer se má soustředit na optimalizaci, neměl by věnovat většinu času pouze řešení kritických situací. Prof. Košturiak doporučuje, aby 50 % času dobrého manažera bylo věnováno úkolům spojených se zlepšováním. [1]
- Školení zaměstnanců o metodě 5S a Kaizen: význam metody, motivace při úspěšném plnění, vtáhnout zaměstnance do fungování firmy – „ne pouze si odpracovat pracovní dobu, ale myslet při práci“, podávat návrhy na zlepšení.
- Informování o úspěších, motivační systém založený nejen na finanční odměně, více pochval za dobré návrhy na zlepšení (např. vyvěšení návrhů na nástěnku – kde si je kdokoliv může přečíst, informovanost o stavu, zdůvodnění rozhodnutí o realizaci návrhu).

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout zlepšení zásobovacího procesu ve Firmě A.

Na základě analýzy dvou zakázek byly zjištěny velké časové prostoje mezi jednotlivými operacemi. Ačkoliv firma své závazky plní včas (viz Obr. 24), zakázka stráví dvě třetiny času ve výrobě, což v průměru odpovídá 40 dnům (viz Obr. 23). Zkrácení doby výroby má přínos v eliminaci rozpracovaných zakázek a zvýšení konkurenceschopnosti, jelikož kapacita výrobních strojů je neměnná. Návrhy jsou založeny na redukci prostojů, které firma pečlivě zapisuje. Díky tomuto sběru dat z výroby lze spočítat ušlý zisk, který jednotlivé prostoje ve výrobě způsobují. Ušlý zisk způsobený největším prostojem – není práce u stroje (viz Tab. 7), se pohybuje v rozmezí 978 495 Kč (v případě výroby pouze typu produktů A) a 413 979 Kč (v případě výroby pouze typu produktů B). Veliký rozdíl je způsoben rozdílným poměrem variabilních a fixních nákladů u obou produktů A i B. Pro přesnou kalkulaci je třeba znát celkový poměr fixních a variabilních nákladů ze všech zakázek realizovaných v daném období.

Popsané návrhy eliminují prostoje a přispívají ke zkrácení času zakázky ve výrobě. Byly podány tyto hlavní návrhy:

- A. Operativní plánování ERP systémem.
- B. Kontrola jako úzké místo výroby.
- C. Zavedení metody 5S.
- D. Menší výrobní dávka u četných zakázek.

Největším prostojem je absence práce u stroje. Detailní analýzou operativního plánování byla zjištěna příčina vzniku těchto prostojů. Operativní plánování probíhá manuálně koordinátorem výroby, a to jedenkrát denně. Ačkoliv firma využívá ERP systém, pro operativní plánování není využitý plný potenciál informačního systému. Návrh A je založen na lepším využití ERP systému, který dle aktuálních výrobních možností připraví fronty práce jednotlivých zdrojů ve výrobě. Práce koordinátora výroby bude přesunuta z části na vedoucí směny, kteří přichystají fronty práce k jednotlivým strojům pro následující směnu. ERP systém bude řadit zakázky dle priority, která bude stanovena na základě zbývajících průměrného mezioperačního času (např. viz tabulka Tab. 9). Vedoucí směny pouze zkontroluje navržené fronty práce pomocí Ganttova diagramu a vytištěné seznamy front práce roznese ke strojům. Přínos návrhu tkví nejen ve zrušení pracovní pozice koordinátora výroby, ale v automatickém operativním plánování, větší spolupráci s ERP systémem a aktualizaci front práce třikrát denně (vždy na konci směny). Součástí tohoto návrhu je vizualizace práce na stroji a lepší organizace meziskladu. Ušlý zisk je kalkulován ze dvou dostupných zakázek a rozptýl hodnoty ušlého zisku je způsobený rozdílným poměrem variabilních a fixních nákladů u jednotlivých zakázek, kdy jedna je vyráběna ze zákaznickova materiálu bez nutnosti kooperace, u druhé je tomu naopak. Sice není známá položka investice do ERP systému, ale přínos návrhu je zřejmý. Výhodou kratšího času výroby může být navýšení ceny expresní zakázky, čímž vzniká možnost cenově diskriminovat zákazníka.

Další návrh B popisuje úzké místo pracoviště kontroly, které bylo v historii pravidelně přetěžované. Z hlediska plánování není toto pracoviště v ideálním stavu, neboť pracovník kontroly obsluhuje více měřidel pracujících v automatickém režimu, a při plánování je

použit pouze časový fond pracovníka kontroly. Byl podán návrh snížení plánovací kapacity ze 100 % na 85 % kvůli dalším činnostem, které pracovníci kontroly realizují během pracovní doby a není s těmito činnostmi v plánování počítáno. Třetí návrh C popisuje zavedení metody 5S na všechna pracoviště, jelikož častým problémem je hledání nástrojů a přípravků potřebných k výrobě zakázek, tím vznikají prostoje delšího seřízení stroje. Návrh D pak popisuje změnu výrobní dávky u zakázek o velkém počtu kusů. Zakázka bude rozdělena na dílčí zakázky, které budou mít v plánování podmínku vázanosti, tedy projdou výrobou za sebou. Časová úspora je jasně znázorněna na Obr. 35.

Všechny návrhy vedou ke zkrácení času zakázky ve výrobě, aniž by byl upraven čas výroby či seřízení stroje. Tři návrhy vybízí k úpravě operativního plánování s využitím možností ERP systému. Pokud Firma A chce být konkurenceschopnou, musí investovat nejen do lidí, ale také do zlepšení vnitropodnikových procesů. Toho lze dosáhnout investicí do informačního systému, který bude vykonávat operativní plánování výroby.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-868-5138-9.
- [2] *Propagační materiály Firmy A*. Brno, 2019. [cit. 2019-03-05].
- [3] *OS_7_01_08_rev_1_Rizeni_zakazek.doc*. Brno, 2008.
- [4] KAVAN, Michal. *Výrobní a provozní management*. 1 vydání. Praha: Grada, 2002. Expert (Grada). ISBN 80-247-0199-5.
- [5] *Interní dokumenty Firmy A*. Brno, 2019.[cit. 2019-03-06].
- [6] BŁAŻEWICZ, Jacek. *Scheduling computer and manufacturing processes*. 2nd ed. New York: Springer, 2001. ISBN 3-540-41931-4.
- [7] Jednotlivé metody a nástroje (Q - Z). *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. Slaný: API - Akademie produktivity a inovací, s.r.o., 2018 [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24888-jednotlive-metody-a-nastroje-q-z#VSM>
- [8] JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [9] Metody a nástroje. *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. Slaný: API - Akademie produktivity a inovací, s.r.o., 2018 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24882-metody-a-nastroje>
- [10] JEŽKOVÁ, Zuzana. *Projektové řízení: jak zvládnout projekty*. 1. vydání. Kuřim: Akademické centrum studentských aktivit, 2013. ISBN 978-80-905297-1-7.
- [11] Co je to informační systém?. *K2* [online]. Ostrava: K2 atmitec s.r.o., 2019 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.k2.cz/cs/co-je-informacni-system>
- [12] *Logistika*. 1 vydání. Praha: VŠCHT, 1993. ISBN 80-7080-216-2.
- [13] SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. *Logistika: teorie a praxe*. 1. vydání. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0573-3.
- [14] Výrobní mix aneb malá dávka také dávka. *API - Akademie produktivity a inovací* [online]. Slaný: API - Akademie produktivity a inovací, s.r.o., 2018 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25753n-vyrobkovy-mix-aneb-mala-davka-take-davka>
- [15] KOCH, Tomasz. *Lean Business Systems and Beyond*. 1. vydání. New York: Springer, 2008. ISBN 978-0-387-77248-6.
- [16] STOCK, Patricia, Thomas BOGUS a Sascha STOWASSER. *Auswirkungen flexibler Arbeitszeitmodelle auf den Personaleinsatz und die Belastungen des Personals*. 1. vydání. Aachen: Shaker, 2004. ISBN 3-8322-2895-0.
- [17] ALCARAZ, Jorge Luis García, Midiala Oropesa VENTO a Aidé Aracely Maldonado MACÍAS. *Kaizen planning, implementing and controlling*. 1. vydání. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-319-47746-6.
- [18] *Návrh zavedení štíhlé výroby v průmyslovém podniku*. Brno, 2009. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

- [19] Uplatnění leanu v malosériové výrobě. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM Průmyslové spektrum, 2019 [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/uplatneni-leanu-v-maloseriove-vyrobe.html>
- [20] Jednotlivé metody a nástroje (A - CH). *API - Akademie produktivity a inovací, s.r.o.* [online]. Slaný: API - Akademie produktivity a inovací, s.r.o., 2018 [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch#Pet_S
- [21] BOLEDOVIČ, Ľudovít. Quo vadis Kaizen?. *ModerniRizeni.cz* [online]. Praha: Economia, a.s., 2007 [cit. 2019-03-23]. Dostupné z: <https://modernirizeni.ihned.cz/c1-20134770-quo-vadis-kaizen>
- [22] Výroba. *K2* [online]. Ostrava: K2 atmitec s.r.o., 2019 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://www.k2.cz/cs/vyroba>
- [23] *Prezentace pro obchodníky Firmy A: Prezentace_8_2018.pdf*. Brno, 2018.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
5S	Metoda štíhlého pracoviště
API	Akademie produktivity a inovací
CNC	Computer numerical control
CRM	Customer relationship management
ERP	Enterprise resource planning – plánování podnikových zdrojů
JIT	Just in time
KPI	Kritical Performance Indicator
MPS	Master schedule
MRP II	Manufacturing resource planning
OTD	On Time Delivery
TPV	Technologická příprava výroby
VSM	Value Stream Map

Symbol	Jednotka	Popis
C	[Kč]	Cena zakázky
FN	[Kč]	Fixní náklady
FN_z	[Kč]	Fixní náklady na nevyrobené zakázky
M	[Kč]	Marže
m	[Kč]	Průměrná marže na zakázku
M_z	[Kč]	Marže z nevyrobených zakázek kvůli prostoji
n	[Kč]	Průměrné fixní náklady na zakázku vyrobenou v roce 2018
NVA time	[hod.]	Čas, kdy není produktu přidávána hodnota
O₁₈	[Kč]	Obrat firmy v roce 2018
P_{np18}	[hod.]	Celkové prostoje v kategorii – není práce u stroje
t_{mz}	[hod.]	Čas měření zakázky
t_m	[hod.]	Čas zakázky v meziskladu mezi každou operací
T_n	[hod.]	Délka zakázky

T_{n-1}	[hod.]	Čas zakázky u předchozí operace
t_{op}	[hod.]	Čas operace
t_o	[hod.]	Čas práce na zakázce při n-té operaci
t_{prost}	[hod.]	Čas prostojů mezi operacemi
t_p	[hod.]	Čas strávený prací na zakázce (součet čistého výrobního času, seřízení a měření kusů)
t_s	[hod.]	Čas seřízení stroje
U_z	[Kč]	Ušlý zisk
VA index	[%]	Poměr mezi VA time a NVA time
VA time	[hod.]	Čas, kdy je produktu přidávána hodnota
VN	[Kč]	Variabilní náklady

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Rozdělení odpovědnosti ve výrobě

