



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ŠTÍHLÉ ŘÍZENÍ VYBRANÉ ČÁSTI VÝROBNÍHO SYSTÉMU

LEAN MANAGEMENT OF A SELECTED PART OF A PRODUCTION SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adam Schwarz

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Vladimír Bartošek, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Adam Schwarz
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	Ing. Vladimír Bartošek, Ph.D.
Akademický rok:	2019/20

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:

Štíhlé řízení vybrané části výrobního systému

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je prostřednictvím aplikace metod štíhlého řízení vyhodnocení možností úspor a míry plýtvání v logistických tocích ve strojírenské firmě.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza současného konceptu štíhlého řízení materiálového toku ve vybrané části výrobního systému.
2. Návrh zlepšení současného konceptu štíhlého řízení v podmínkách malosériové výroby.
3. Vyhodnocení přínosů vyplývajících z navrhovaných opatření.

Seznam doporučené literatury:

BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matuš VARJAN. Logistické řízení podniku v 21. století. Brno: CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-824-3.

GOBETTO, Marco. Operations management in automotive industries: from industrial strategies to production resources management, through the industrialization process and supply chain to pursue value creation. Dordrecht: Springer, c2014. Springer series in advanced manufacturing. ISBN 978-9-007-7592-3.

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

LAMBERT, Douglas M. a Lisa M. ELLRAM. Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží. Praha: Computer Press, 2000. Business books (Computer Press). ISBN 80-7226-221-1.

LIKER, Jeffrey K. Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce. Praha: Management Press, 2007. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-173-7.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na zlepšení konceptu štíhlého řízení ve vybraném strojírenském podniku, kde jsou s pomocí vybraných metod a nástrojů provedeny analýzy k odhalení současných problémů. Data jsou následně zpracována a na základě nich jsou navržena opatření ke změně s důrazem na minimalizaci míry plýtvání časem a náklady a zvýšení efektivity výroby.

Klíčová slova

štíhlé řízení, štíhlá výroba, procesní analýza, špagetový diagram, plýtvání

ABSTRACT

The work is focused on improving the concept of lean management in a selected engineering company, where analyzes are performed with the help of selected methods and tools to reveal current problems. The data are then processed and based on them, measures for change are proposed with an emphasis on minimizing the rate of waste of time and costs and increasing production efficiency.

Key words

lean management, lean manufacturing, process analysis, spaghetti diagram, waste

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SCHWARZ, Adam. Štíhlé řízení vybrané části výrobního systému. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124561>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Vladimír Bartošek.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Štíhlé řízení vybrané části výrobního systému** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

25.6.2020

Datum

Adam Schwarz

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu práce Ing. Vladimíru Bartoškovi, Ph.D. za rady, připomínky a vstřícnost při konzultacích.

Ze společnosti Karimpex-Strojírny s.r.o. děkuji Renému Kempnému a Ilijovi Popovovi za cenné poznatky, zkušenosti z praxe a především ochotu při zpracování diplomové práce.

Mé díky patří i rodičům za podporu ve studiu.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
CÍLE PRÁCE, METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ	10
1 ŠTÍHLÉ ŘÍZENÍ VE STROJÍRENSKÝCH PODNICÍCH.....	11
1.1 Štíhlý podnik.....	11
1.2 Štíhlá výroba	12
1.3 Štíhlá logistika	15
1.4 Nástroje a metody štíhlého řízení	16
1.4.1 Mapa plýtvání	18
1.4.2 Špagetový diagram	19
1.4.3 Procesní analýza	19
1.4.4 Snímek pracovního dne	20
1.5 Management úzkých míst	23
1.5.1 Charakteristika úzkého místa.....	23
1.5.2 Řešení úzkých míst	23
1.6 Plýtvání	25
1.6.1 Druhy plýtvání	25
1.6.2 Odstraňování plýtvání.....	27
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	29
2.1 Představení společnosti.....	29
2.1.1 Strojní vybavení	30
2.1.2 Výrobní program.....	33
2.2 Analýza vybrané části výrobního systému	34
2.2.1 Vymezení pracoviště.....	34
2.2.2 Popis výrobního postupu na vybraném pracovišti	37
2.2.3 Volba reprezentanta výroby	41
2.2.4 Špagetový diagram	43
2.2.5 Procesní analýza	46
2.2.6 Snímek pracovního dne	50
2.3 Rozbor zjištěných problémů	56
2.3.1 Mapa plýtvání	56

2.3.2	Dílčí problémy	57
3	NÁVRH ZLEPŠENÍ.....	61
3.1	Nákupní činnost	61
3.2	Uspořádání pracoviště.....	61
3.3	Údržba stroje.....	62
3.4	Organizace manipulačních procesů	63
3.5	Organizace polotovarů ve stozích.....	63
4	POPIS PŘÍNOSŮ VYPLÝVAJÍCÍCH Z NÁVRHŮ	65
4.1	Analýza nákladů a přínosů.....	67
	ZÁVĚR	68
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	69
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	72

ÚVOD

Neustálé zlepšování vnitropodnikových procesů je v moderním konkurenčním prostředí pro průmyslové podniky samozřejmostí, pokud je jejich cílem udržet si pozici na trhu a zvyšovat svůj zisk. Jedním z přístupů ke zlepšení těchto mechanismů je štíhlé řízení (lean management). Štíhlé řízení lze dále rozdělit podle částí podniku, na které přístup lean managementu cílí. Takové části se pak mimo jiné označují jako štíhlá výroba (lean manufacturing), štíhlá logistika (lean logistics) nebo je také používán obecnější pojem lean production (štíhlá produkce/výroba).

Cílem tohoto přístupu je zefektivnit vybranou část podniku, při minimálních čistých dodatečných nákladech, což má za následek nejčastěji úsporu času a mnoho dalších výhod. Největším efektem těchto výhod je nárůst přidané hodnoty pro zákazníka a také zvýšení zisku. Myšlenka eliminace zbytečných nákladů a zdrojů plýtvání s využitím nástrojů štíhlého řízení je pro podniky obzvlášť atraktivní, neboť takto mohou docílit znatelných zlepšení bez nutnosti rozsáhlých investic do výrobních kapacit nebo lidských zdrojů.

V této práci bude při zmíněném zefektivnění akcentováno především odstraňování plýtvání, neboť se jedná o méně abstraktní oblast, kterou lze po její identifikaci jasně specifikovat a kvantifikovat. Návrhy na zlepšení procesů se v takovém případě týkají částem výrobního systému, ve kterých je objevena větší míra plýtvání.

I přesto, že filozofie a metody štíhlého řízení vzešly z velkosériových výrobních systémů, je stále častější jejich zavádění v menších podnicích a kusových výroбах. Samotný přístup k řešení závisí na tom, zda podnik již uplatňuje některé zásady a pravidla vycházející z lean managementu nebo stojí teprve před rozhodnutím je zavést.

V případě, že podnik již s některými přístupy štíhlého řízení pracuje, je potřeba si stanovit cíl, kterého má být dosaženo a zvolit nejvhodnější metody, které budou pro jeho naplnění použity. Finálním krokem většiny těchto metod je udržování a stálé zlepšování, což naznačuje, že zefektivnění procesů v rámci podniku pomocí lean managementu není jednorázová záležitost a vyžaduje vždy stálou a dlouhodobou iniciativu pracovníků.

CÍLE PRÁCE, METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Hlavním cílem této práce je přinést firmě návrh zlepšení současného stavu v oblasti řízení výroby a materiálového toku, při zachování co nejnižších nákladů a eliminaci negativních vlivů nového řešení. S tím také souvisí dílčí cíle práce, mezi které patří především analyzování současných podmínek a procesů ve výrobě, odhalení plýtvání a návrh jeho snížení. Nedílnou součástí práce a zároveň přínosem pro podnik je také izolování a identifikace jednotlivých činností a subprocesů pomocí použitých metod, díky kterým lze mít větší přehled o produktivitě práce. Některé z použitých metod mohou také sloužit jako užitečný nástroj pro management firmy v budoucím rozhodování. Návrhy nového řešení by měly vést k zeštíhlení výrobního procesu a zvýšení efektivity výroby pro větší zákaznickou hodnotu. Vedlejšími pozitivními efekty návrhu mohou být také zkrácení průběžných časů a snížení zásob nebo nákladů.

K dosažení cílů budou využity vybrané níže popsané metody. Tyto metody a nástroje poskytují možnosti popsat a analyzovat současný stav, a také vyhodnotit a řešit nalezené problémy. Kromě obecných nástrojů popisné statistiky, které budou použity k vyhodnocení dat, jsou to především procesní analýza a snímek pracovního dne. Mezi další metody patří špagetový diagram a mapa plýtvání. Tyto metody mají spíše popisný a mapovací charakter. Konkrétní použité metody a nástroje byly zvoleny striktně pro naplnění cílů praktické části práce. Zvolené metody musí splňovat řadu podmínek, aby byly aplikovatelné. Mimo jiné musí odpovídat danému druhu provozu, počtu pracovníků, typu výrobních zařízení a pracovní době.

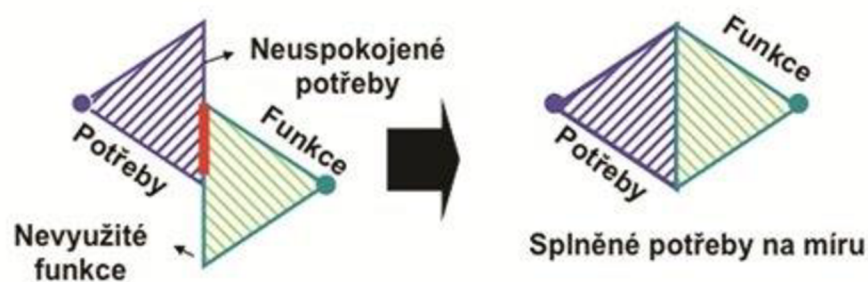
Práce je složena z teoretické části, ve které jsou popsány náležitosti a koncept štíhlého řízení ve strojírenských podnicích v návaznosti na cíl diplomové práce. V této kapitole jsou detailněji popsány metody, které budou použity v praktické části. V analytické části bude představen podnik a budou zkoumány výrobní a logistické procesy. Důraz bude kladen na tu oblast, kterou podnik dosud detailněji nezkoumal, a ve které se mohou vyskytovat dílčí problémy. Dá se tedy očekávat, že zjištěná data budou pro podnik přínosná a návrh bude možné aplikovat v praxi. Postup zpracování bude ctít dosavadní vytížení a provoz ve firmě, aby nedocházelo k plýtvání časem důležitých vedoucích pracovníků, se kterými je práce konzultována. Rozhovory s pracovníky budou věcné a je nutná dobrá znalost dané problematiky. Za takových podmínek povede práce k maximálnímu užítku pro firmu, aniž by na ni firma musela vynaložit významné náklady. Následuje vyhodnocení a návrh řešení na základě zjištěných dat.

1 ŠTÍHLÉ ŘÍZENÍ VE STROJÍRENSKÝCH PODNICÍCH

Štíhlé řízení, je takové řízení podniku, které vede ke zvyšování výstupu při minimálním počtu činností, které nezvyšují hodnotu výrobku nebo služby v očích zákazníka. Firma uplatňující štíhlé řízení by měla dělat přesně to, co chce její zákazník a měla by to dělat kvalitně, rychleji než konkurence a utrácet při tom méně peněz. To neznamená, že by firma měla sledovat pouze redukování nákladů, ale především maximalizovat přidanou hodnotu služby nebo výrobku pro zákazníka ve vztahu k současně dostupným a využitelným prostředkům [1, 2].

1.1 Štíhlý podnik

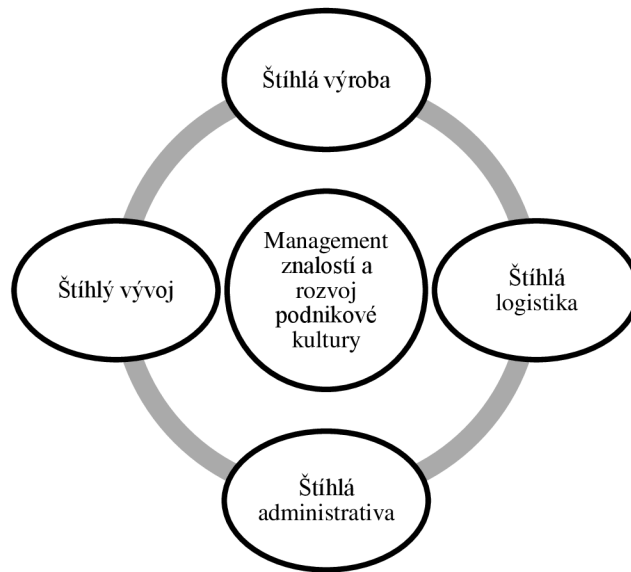
Podstatou štíhlého podniku jsou kvalita, flexibilita a rychlost s minimální mírou plýtvání. Podnik by měl produkovat přesně to, co zákazník chce (hodnota pro zákazníka) bez vykonávání činností, které hodnotu nepřidávají. Z tohoto popisu vyplývá, že štíhlý podnik by měl začínat v oblasti inovací – návrhu hodnoty pro zákazníka. Jedná se o rozdíl mezi tím, co zákazník dostal z produktu a co vydal za to, aby ho získal (viz obr. 1) [1, 3].



Obr. 1 Hodnota pro zákazníka [4].

O tom, co je přidaná hodnota pro zákazníka, rozhoduje on sám. Zákazník definuje, v jaké kvalitě, kvantitě, za jakou cenu a v jakém časovém horizontu je ochoten koupit daný výrobek nebo službu. Existuje mnoho podniků, které umí splnit požadavek svých zákazníků, štíhlý podnik by to však měl dokázat bez plýtvání. To je definováno jako činnost, při které se spotřebovávají zdroje, ale netvoří se hodnota [1, 3].

Koncept štíhlého podniku je znázorněn v obr. 2. Častou chybou ve strojírenských podnicích je omezení implementace prvků štíhlého podniku pouze na prvky štíhlé výroby. Výroba má sice značný vliv na tvorbu přidané hodnoty pro zákazníka, ale o tom, s jakou efektivitou a produktivitou podnik pracuje, rozhodují i další podnikové oblasti. Nedílnou součástí štíhlého podniku je i management znalostí firmy, jenž patří k jejímu nejhodnotnějšímu vlastnictví. K té patří i celá podniková kultura, jenž je vzorcem základních návyků pracovníků firmy, které byly vytvořeny k řešení problémů a přizpůsobování se okolí. Snaha podporovat a vykonávat pouze procesy, které přidávají hodnotu a eliminovat plýtvání se rovněž uplatňuje i ve dvou dalších oblastech štíhlého podniku – oblasti štíhlého vývoje a štíhlé administrativy. Z částí uvedených na obr. 2 bude pro účely konkrétního praktického úkolu kladen důraz na oblast štíhlé výroby a štíhlé logistiky.



Obr. 2 Štíhlý podnik – podle [1].

1.2 Štíhlá výroba

Koncept štíhlé výroby by se dal prakticky shrnout výše již uvedenými pravidly a obecnou filozofií zeštíhlování procesů (lean). Ve štíhlé výrobě se uplatňují flexibilní pracovní týmy a co nejmenší počet na sebe navazujících technologických postupů. Každý pracovník má přitom plnou odpovědnost za průběh výroby a její kvalitu. Štíhlá výroba je opět maximálně orientovaná na uspokojení potřeb zákazníka.

Pro zachování přehlednosti a účelnosti bude štíhlá výroba popsána jako soubor následujících prvků [1]:

a) Štíhlé pracoviště

Štíhlé pracoviště je základním prvkem štíhlé výroby. V praxi se ještě stále ukazuje, že spousta podniků má z hlediska stavu pracovišť velké nedostatky. Mezi nejčastější nedostatky patří špatná organizace a ergonomie pracoviště, nevhodné a opotřebované pracovní pomůcky, nánosy špíny a nepořádek na pracovních plochách a závady, které mají vliv na bezpečnost práce (rozvody energií atd.) [5].

Od konkrétních pohybů na pracovišti se odvíjí finální spotřeba času, výkonové normy a další parametry výroby. Jako základní stavební kámen štíhlého pracoviště lze chápat zásadu 5S, která má původ v Japonsku. Hesla „pěti S“ jsou vysvětleny v tabulce 1.

K těmto základním pěti pravidlům je vhodné začlenit navíc prvky [1]:

- vizualizace a schémata pracovních postupů na pracovišti,
- vhodná ergonomie pracoviště,
- zastavení a signalizace při abnormalitách,
- ochranné prvky pro předcházení chybám člověka a ohrožení zdraví.

Tab. 1 Zásady 5S [1].

Japonsky	Česky	Akce
seiri	seřadit, separovat	Definovat potřebné položky na pracovišti a nepotřebné odstranit.
seiton	systematizovat	Definovat přesné místo pro položky tak, aby byly připraveny k použití ve sledu operací.
seiso	společně čistit	Vyčistit a uspořádat pracoviště.
seiketsu	standardizovat	Dbát na proškolení pracovníků.
shitsuke	stále zlepšovat	Dbát na udržování pravidel výše a v případě změny procesu aktualizovat.

b) Týmová práce

Týmová práce je dalším důležitým prvkem štihlé výroby. Toto platí především v podnicích, ve kterých je velká míra plýtvání z důvodu špatné komunikace a spolupráce mezi lidmi. Reálná týmová práce by měla znamenat hlavně souhru a součinnost jednotlivců. Aby byla výroba ve štihlém podniku produktivní, musí být organizovaná v týmech, které jsou odpovídající práci samotné i jejímu postupu. Cílem těchto týmů pro zlepšování procesů ve štihlé výrobě jsou [1, 5]:

- eliminace plýtvání ve výrobních procesech,
- využití všestranných schopností pracovníků a jejich tvořivého a inovačního potenciálu.

Práce v týmech může být časově omezena nebo neomezena. Na základě toho je dělíme na [5]:

- týmy na dobu určitou (zlepšovací, simultánního inženýrství, projektové)
- týmy na dobu neurčitou (výrobní, procesní)

c) TPM

Total Productive Maintenance (TPM), v češtině totálně produktivní údržba, někdy také překládáno jako management produktivity výrobních zařízení je program, který u strojů ve výrobě využívá schopností a dovedností všech pracovníků s cílem výrazně snížit prostoje a ostatní ztráty ve využití strojů. TPM se staví proti zastaralému konceptu provozu strojů, kdy se rozdělují pracovníci mezi ty, kteří stroj obsluhují a ty, kteří ho přijdou opravit, když dojde k poruše. TPM do údržby zapojuje i obsluhu stroje a techniky, kteří stroj konstruují a modernizují [1, 5, 6, 7].

Pokud chce podnik vyrábět štihle, nemůže si dovolit přehlížet a podceňovat abnormality v provozu stroje, proto je nutné, aby operátor stroje dokázal takový abnormální chod rozlišit, uměl na něj vhodně zareagovat (měl schopnost jej napravit) a udržoval stroj ve vhodném stavu. Takovými činnostmi jsou například [5, 6, 7]:

- čištění strojů a nástrojů,
- seřizování a výměna nástrojů,
- monitorování a identifikace zdrojů chyb a poruch,
- provádění procedur mazání,
- kontrola provozních kapalin a plynů.

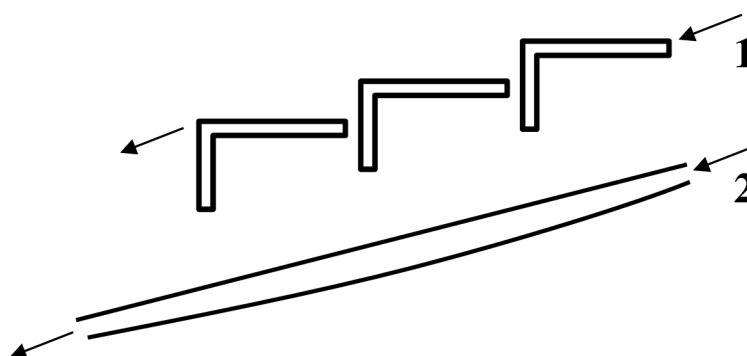
d) Procesy kvality a standardizovaná práce

Procesy kvality hrají klíčovou roli v konceptu štihlé výroby, neboť čím později se ve výrobním procesu odhalí nekvalita, tím více peněz a času podnik ztrácí. Nekvalita, která by byla objevena až při výstupní kontrole, by mohla znamenat nesplnění termínu zákazníkovi [6]. Právě proto, jak už z názvu vyplývá, je potřeba se zaměřit na dva podstatné prvky, které zabezpečují kvalitu ve štihlé výrobě:

- **kvalita u zdroje** – mělo by být zabezpečeno, aby se chyba v procesu zachytila co nejrychleji a okamžitě se řešila. Toho je možné dosáhnout například tlačítky pro okamžité zastavení výroby (popř. automatickými detektory abnormalit) nebo soustředěním se pouze na jeden kus (one piece flow), přičemž pozastavení výroby pro účely eliminace neshodného výrobku nelze chápat jako nežádoucí nebo negativní jev. Následně je příčina vzniku nekvality vyhledána a definitivně odstraněna [1 ,6],
- **standardizace práce** – standardy ve štihlé výrobě pomáhají udržet podmínky kvality, nákladů, produktivity a bezpečnosti. Je proto nutné standardizovat veškeré rutinní operace pro co nejefektivnější využití pracovníků, strojů a materiálu. Standardy by měly být maximálně stručné (nezbytné instrukce pro operátora), jednoduché, vizualizované (obrazovka nebo tištěné schéma) a jednoznačné (každý je musí chápat stejně) [1 ,6].

e) Vyvážený tok

Podstatou plynulého a vyváženého toku ve výrobě je tahový systém, tedy výroba podřízená kapacitou a vytížením následujícího pracoviště. Celý výrobní systém je zároveň maximálně orientován na zákazníka, takže se vyrábí pouze to, co chce zákazník v požadovaném množství (zákazník „táhne“ výrobu). Tento systém je opakem zastaralého tlakového systému výroby, kdy se vyrábí dle stanoveného plánu a odbyt je zajištěn díky nedostatku zboží a slabé konkurenci [8]. Cílem systému tahu je výroba, ve které jsou operace rozděleny rovnoměrně tak, aby se na žádném místě nehromadila rozpracovaná výroba a nedocházelo k časovým ztrátám. Na obrázku 3 je graficky znázorněno porovnání systému výroby se zásobami a vyváženého toku bez zásob [1].



Obr. 3 Toky ve výrobě – podle [1]. 1 – tradiční tok (kaskáda zásob a čekání);
2 – plynulý tok (minimální zásoby a krátké průběžné časy).

1.3 Štíhlá logistika

Oblast skladování, přepravy a manipulace tvoří až 87 % celkového času, který materiál stráví v podniku [1]. Štíhlý podnik proto musí budovat štíhlé logistické procesy, bez kterých není možné reálně rozvíjet ani štíhlou výrobu. Moderní a štíhlá logistika je klíčovou součástí řízení podniku a zároveň jedním z jeho hlavních zdrojů konkurenceschopnosti. Štíhlá logistika se zaměřuje především na pohyb materiálu a informační tok. Cílem je zabezpečit co nejkratší průběžný čas ve výrobě, eliminovat zbytečné zásoby, redukovat úzká místa a efektivně využívat čas pracovníků. Při zeštíhlování logistických procesů se mimo jiné využívá výše zmíněný princip tahu (pull) a snaha snižovat zásoby, přičemž zde je potřeba zhodnotit, zda je to v konkrétním případě účelné a uskutečnitelné. V tomto ohledu je důležité zaměřit se i na lepší využití dostupných zdrojů podniku, omezit zbytečnou manipulaci, nakupování přebytečného materiálu a přebytky ve výrobě. Jedním z možných způsobů, jak toho dosáhnout, je zavedení, případně zlepšení podnikového informačního systému [9, 10].

Důležitou oblastí štíhlé logistiky je materiálový tok. Součástí materiálového toku jsou všechny hotové výrobky, rozpracovaná výroba, polotovary, součásti a díly, které je potřeba zpracovat nebo uspořádat, než se dostanou k cílovému zákazníkovi [9].

Řízení materiálového toku lze shrnout do čtyř základních oblastí [9]:

- výběr dodavatelů a zajištění zdrojů pro výrobu,
- doprava a manipulace s materiálem,
- přehled nad aktuálním stavem materiálu,
- predikce požadavků materiálu a jejich plánování.

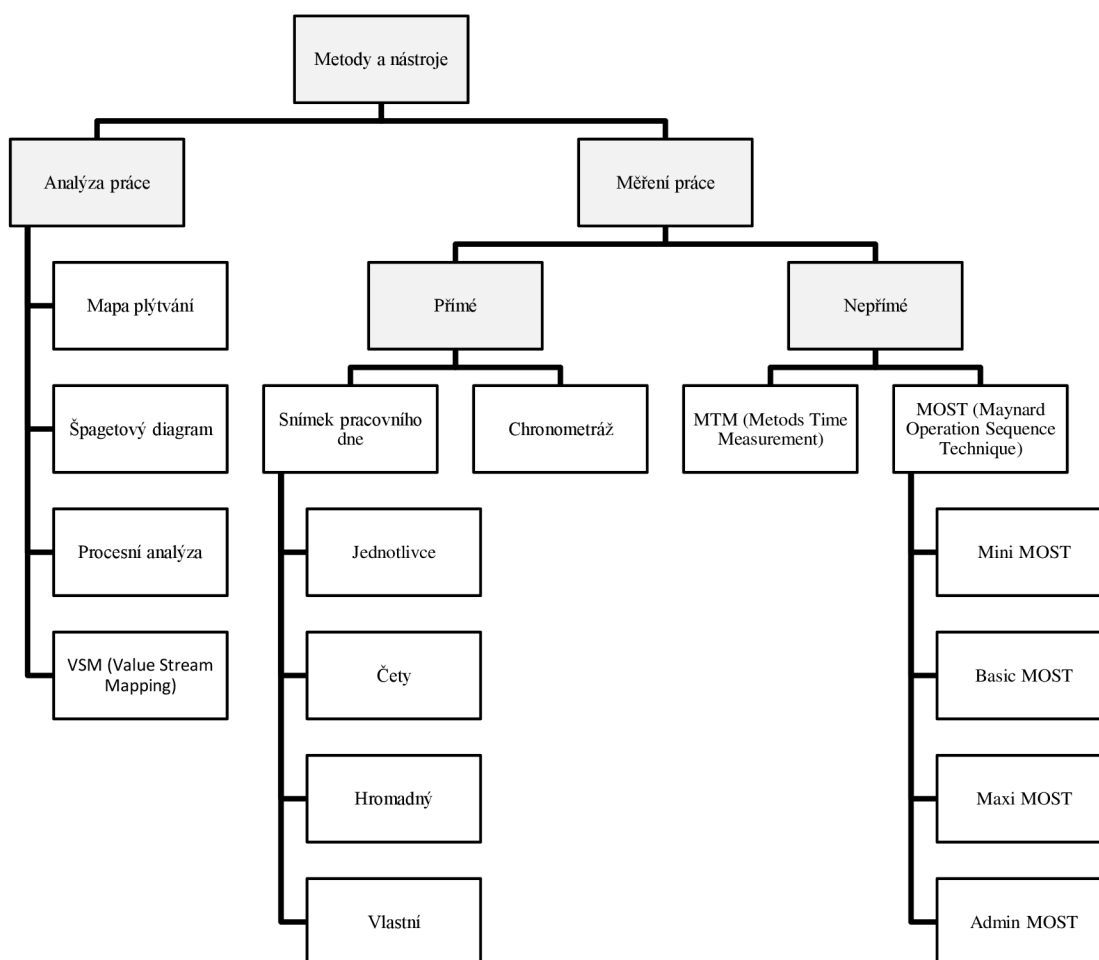
Požadovaným stavem je plynulý a vyvážený tok, zmíněný výše. V takovém případě je výrobek zpracován a ihned přesunut na další pracoviště, což vede ke zkrácování průběžné doby výroby.

1.4 Nástroje a metody štíhlého řízení

Zatímco zde vyjmenované prvky štíhlé výroby a lean managementu definují co a jakým způsobem se má provádět, nástroje a metody štíhlého řízení, které budou použity v praktické části, slouží pro analýzu a měření probíhajících procesů. Cílem těchto metod a nástrojů je především identifikovat plýtvání a tím odhalit potenciál ke zlepšení, zvýšení produktivity a kvality. Další přínosy a výhody těchto metod [11, 12]:

- nenařování investic,
- definování časových norem,
- zvýšení bezpečnosti na pracovišti,
- zlepšení ergonomie pracoviště,
- podklady pro kapacitní plánování,
- prověření systému údržby,
- možnost zachytit příčiny výskytu vad.

Analýza a měření práce jsou základními znalostmi průmyslového inženýrství. Obecně jde o systematické a plánované zkoumání pracovních postupů s cílem zlepšit jejich efektivnost. Analýza i měření práce jsou tedy nástroji managementu. V případě měření práce, do kterého spadá například zpracování snímku pracovního dne, je výstupem norma spotřeby času. Metody tohoto typu se zaměřují na racionalizaci pracovních procesů a odstranění ztrátových činností s využitím technik vytvořených pro určení času potřebného k vykonání dané práce na definované úrovni výkonu. Naproti tomu metody analýzy práce jsou obecnější postupy, jejichž cílem je vyšší využití zdrojů, techniky a pracovníků. Při jejich aplikaci se získávají data o pracovních procesech, které jsou následně analyzovány s cílem objevit plýtvání. Výstupem je přepracovaný a optimální pracovní postup. [11, 12]



Obr. 4 Rozdělení vybraných metod a nástrojů pro analýzu a měření práce [11].

V diagramu na obrázku 4 jsou uvedeny často používané techniky pro analýzu a měření práce. Dle správné metodiky je nutné se nejprve zabývat analýzou práce, tedy zkoumáním pracovních postupů s cílem identifikovat produktivní a neproduktivní činnosti. V druhé fázi se provádí měření práce, tedy určení spotřeby času jednotlivých činností. Posledním krokem je návrh zlepšení pracovního procesu.

V tabulce níže lze vidět, jaké konkrétní výstupy lze očekávat u jednotlivých metod včetně aktivit, které k nim vedou. Pro zachycení skutečné situace a příčin plýtvání je nutná maximální objektivita a snaha zachytit co nejširší množství procesů v rámci jedné části výrobního systému. Z tohoto důvodu je nejvhodnější kombinace metod měření a analýzy práce. Vždy je nutné brát ohled na cíl zlepšení a požadavek podniku. Každá metoda má své specifika a uplatnění v určité části produkčního řetězce. V případě vhodného výběru metod a nástrojů jsou tyto poměrně jednoduchým a velmi účinným prostředkem v boji proti plýtvání a neefektivnosti v podnicích.

Tab. 2 Použití metod a nástrojů štíhlého řízení (upraveno) [11].

Metoda	Aktivita	Výstup
Value Stream Mapping (VSM)	Analýza materiálových a informačních toků	Mapa VSM
Identifikace plýtvání	Analýza pracoviště z pohledu plýtvání	Mapa plýtvání
	Analýza činnosti strojních zařízení	
Chronometráž	Analýza činnosti pracovníků	Spotřeba času
MOST (Maynard Operation Sequence Technique)	Analýza činnosti pracovníků	MOST analýza
Snímek pracovního dne	Analýza činnosti pracovníků	Činnosti přidávající/nepřidávající hodnotu
	Analýza logistiky a zásobování	
Špagetový diagram	Analýza logistiky a zásobování	Pohyb pracovníka a materiálu

Pro účely zpracování praktické části budou podrobněji rozebrány metody a nástroje vhodné pro aplikaci v cílové firmě.

1.4.1 Mapa plýtvání

Jedná se o velmi jednoduchý nástroj – tabulku o sedmi sloupcích, které představují 7 základních druhů plýtvání. Do nich se v závislosti na druhu zaznamenává konkrétní předmět plýtvání, jeho četnost, počet kusů, doba trvání a další. Zdrojem těchto poznatků mohou být rozhovory s pracovníky, managementem, analýza a vlastní pozorování. Smyslem mapy je zařadit konkrétní případy plýtvání do kategorií a tím přinést ucelený přehled o problémech v pracovním procesu a činnostech, které se provádějí i přesto, že nepřidávají hodnotu. Mapa plýtvání proměňuje seznam sedmi druhů plýtvání Taiichiho Ohna v užitečný nástroj vhodný k doplnění ostatních analytických a měřících metod [11, 12].

Výhodou je, že se tento nástroj dá uplatňovat nejen v rámci analýzy, měření a vyhodnocení výsledků, ale také v běžné praxi a provozu. Vedoucí pracovníci, manažeři a pracovníci kvality tabulku mohou využívat jako protokol, do něhož lze zapisovat odhalené problémy v oblasti plýtvání. Dále mapa poslouží jako podklad k odstranění daného případu plýtvání a poté ho lze z tabulky vyškrtnout.

1.4.2 Špagetový diagram

Tento typ diagramu slouží k zachycení pohybu pracovníka, prostředku nebo materiálu v určitém časovém období. Tyto pohyby jsou poté přeneseny v podobě trajektorií do layoutu pracoviště. Špagetový diagram je příhodné sestavit společně se snímkováním práce, neboť obě metody spočívají ve sledování činnosti a měření času. Cílem špagetového diagramu je odhalení množství času stráveného mimo pracoviště. Díky tomu se jeví jako dobrý podklad pro případné přepracování (re-layout) pracovního prostoru. Běžně se s pomocí špagetového diagramu odhalí nedostatky v oblasti vnitropodnikové přepravy, plýtvání zbytečnými pohyby a uspořádání strojů, zásob a pracovišť. Metoda je vhodná všude tam, kde je nutné kromě časového sledu zaznamenat pohyb i graficky [11, 13].

Výstupem špagetového diagramu je layout pracoviště se zakreslenými trajektoriemi pohybu, které jsou dále podrobeny analýze, návrhu změny a vyhodnocení. Přínos této změny pak představuje každý metr pohybu, který se reálně ušetří. Špagetový diagram se zpravidla kreslí v provozu tužkou kvůli možnosti rychlé opravy a následně se digitalizuje.

1.4.3 Procesní analýza

Procesní analýza je základní metoda pro mapování výrobních a logistických procesů v podniku. Jedná se o metodu, která popisuje účinnost a výkonnost operací obvykle v souvislosti s jedním konkrétním výrobkem. Metoda je obzvláště účinná v procesech, kde je velké množství operací, přesunů, prostojů a překážek. Slouží jako vhodný nástroj k identifikaci a eliminaci úzkých míst a plýtvání. Jejím výstupem je procesní diagram, v jehož řádcích jsou chronologicky seřazeny jednotlivé činnosti, zatímco sloupce představují typ činnosti a parametry těchto činností (vzdálenost, doba trvání a další) [11, 14].


Pro identifikaci typu činnosti se používají schématické značky uvedené v tabulce níže. Cílem při zlepšování procesů s pomocí procesní analýzy je minimalizace skladování a čekání, což je zároveň jeden ze stěžejních cílů v rámci štíhlé výroby. Procesní diagram je schopen velmi efektivně odhalovat druhy plýtvání, které nemusí být zřejmé ze špagetového nebo Sankeyova diagramu. Jedná se o nadbytečné zásoby, prostoje, manipulace a skladování, ale také se zde mohou ukázat problémy v příliš velké rozpracované výrobě a špatné organizaci práce. Výhodou procesní analýzy je možnost vidět souvislosti a návaznosti jednotlivých kroků, činností a překážek (plýtvání) mezi nimi [11, 14].

Procesní analýza naopak není příliš vhodná pro výrobní procesy skládající se z malého počtu technologických procesů. V těchto provozech bývá plýtvání jasně viditelné a procesní analýza by nemusela přinést žádný výsledek. V případě, že byla posouzena vhodnost použití metody, je možné přistoupit k jednotlivým krokům zpracování [11].

1. **Předběžná studie** – zjištění informací o objemu výroby, popisu produktu, standardech kvality, kontrole, organizaci pracoviště, procesních tocích a toku materiálu.
2. **Analýza toku** – zkoumání pohybu materiálu, produktu nebo informací.
3. **Záznam všech relevantních informací**
4. **Analýza současného stavu**
5. **Navržení plánu zlepšení**
6. **Implementace a zhodnocení**

7. Standardizace

Tab. 3 Symboly procesní analýzy (upraveno) [11, 14].

Symbol	Typ úkonu	Popis
	Operace	Změna tvaru nebo charakteristiky materiálu, polotovaru, produktu.
	Transport	Změna umístění materiálu, polotovaru nebo produktu.
	Skladování	Plánované shromažďování materiálu, polotovarů, součástí a produktů.
	Čekání	Neplánované shromažďování materiálu, polotovarů, součástí a produktů.
	Kontrola množství	
	Kontrola kvality	

1.4.4 Snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne je technika spadající do metod přímého měření práce, která spočívá v nepřetržitém pozorování veškeré spotřeby času během směny. Pozorování probíhá v celém rozsahu směny (například od 6:00 do 14:00). Jedná se o univerzální metodu, široce využívanou v managementu, pomocí které lze pozorovat práci zaměstnanců i strojních zařízení. Zpracování snímku pracovního dne přináší objektivní informace o [11, 12, 15]:

- plynulosti provozu a vyvážených tocích,
- využití času zaměstnanců,
- časových ztrátách strojů a zařízení,
- problémech v organizaci práce na daném pracovišti, ale i mezi pracovišti navzájem,
- chybovosti procesu a příčinách výroby neshodných výrobků.

Cílem metody je získat komplexní přehled o spotřebě času, rozeznat plýtvání a odlišit VA a NVA činnosti (z angličtiny Value Added, Non Value Added – činnosti přidávající a nepřidávající hodnotu). Snímkování lze použít jako nástroj k definici a vymezení nepravidelných činností nebo také k získání dat o vytíženosti pracovníků pro možnost sestavení vícestrojové obsluhy [11, 12].

Existují čtyři druhy snímků pracovního dne. Těmi jsou [11, 16]:


- a) **Snímek pracovního dne jednotlivce** – tento způsob je všestranný a přináší nejpodrobnější výsledky. Pozorovatel zaznamenává veškerou spotřebu času jednoho pracovníka pracujícího samostatně. Jeho nevýhodou je vysoká pracnost a nákladnost.
- b) **Snímek pracovního dne čtyř** – předmětem pozorování je skupina pracovníků, kteří pracují na společném úkolu. Zaměstnanci pracují v rámci čtyř se společným pracovním příkazem. Jejich práce může na sebe také navazovat. Při zhodnocení se zjišťuje úroveň dělby práce, kooperace, struktury času směny a stupeň využití jednotlivých pracovníků. Do pozorovacího listu se zaznamenávají změny činností celé čtyř i změny činností jednotlivců. Tento způsob je velmi náročný na pozorování.
- c) **Hromadný snímek pracovního dne** – snímkuje se spotřeba času skupiny pracovníků, z nichž každý má rozdílné pracovní pokyny. Pozorovatel prochází v pravidelných krátkých intervalech vybraná pracoviště a zapisuje výskyt probíhající činnosti. Metoda používá hrubší časové členění než výše uvedené, přičemž spotřeba času jednotlivých dějů se stanoví jako součin výskytů děje a intervalů obchůzky nebo procentuálním podílem. Interval obchůzky má svoji předem zvolenou délku, která se v závislosti na počtu pracovníků pohybuje mezi 1 až 5 minutami. Odvozená spotřeba času je tím přesnější, čím kratší je interval obchůzky.
- d) **Vlastní snímek pracovního dne** – tento druh se liší od výše uvedených tím, že jej nezpracovává nezávislý pozorovatel, ale sám pracovník. Vlastní snímkování je méně všeobecné, neboť se pracovník soustředí pouze na zaznamenávání technických a organizačních časových ztrát. Pozorování se tedy dá označit jako jednoúčelové.

Metodika zpracování snímku pracovního dne lze rozdělit do tří základních kroků, obsahující další podkroky [11, 12, 14, 16].

1. **Příprava** – cílem prvního kroku je vytvořit takové podmínky, které umožňují objektivní a nezkreslené pozorování. Klíčové je projednat s jednotlivými pracovníky důvody snímkování a měření jejich činnosti. Pracovníci by měli chápat, že účelem metody není personální hodnocení, které by je podněcovalo k nepřírozenému a nestandardnímu pracovnímu tempu, ale zefektivnění pracovních procesů a eliminace plýtvání. Po výběru pracovního procesu a pracovníka, kterých se bude snímek týkat je nezbytné zvolit cíl, kterého se má dosáhnout. Dalším krokem je vymezení doby, v rámci které bude pozorování probíhat. Součástí kroku přípravy je také zvolení kompetentního pozorovatele, který by měl být seznámen s objektem pozorování a pracovními procesy.
2. **Měření a zaznamenávání** – v tomto kroku je pozorována a zaznamenávána činnost pracovníka po celou dobu směny. Do předem připraveného protokolu zapisuje pozorovatel po sobě jdoucí stejné druhy činností a k nim časové záznamy odečtené ze stopek. Po ukončení měření je na základě časových záznamů vypočteno trvání jednotlivých činností. Tento krok je také nejvíce citlivý na výskyt chyb, které mohou ovlivnit, případně úplně znehodnotit výsledek. Je nutné dbát především na konzistentní rozdělení všech měřených operací na jednotlivé úkony. Nelze v určité chvíli slučovat související operace

do jedné a v jiném časovém úseku takové operace naopak zapisovat rozděleně. Z tohoto důvodu je měření tím náročnější, čím více různorodých úkonů a operací se zaznamenává.

3. **Vyhodnocení** – cílem posledního kroku, stejně jako cílem celé metody je rozlišení činností, které nepřidávají hodnotu od činností, které hodnotu přidávají. Toho se docílí postupnou kategorizací stejnorodých činností a sestavením bilance spotřeby času. Velmi používaným grafickým vyjádřením této bilance je koláčový graf spotřeby času. Ten vyjadřuje, kolik procent z celkového času směny připadá na jednotlivé kategorie činností. Vyhodnocení by mělo obsahovat navíc identifikaci jednotlivých druhů plýtvání a také pozitivní výstupy.

	Datum: 20. 8. 2010			POZOROVACÍ LIST PRO SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE A SNÍMEK PRŮBĚHU PRÁCE	List č: 1
	Směna: ranní				Pozoroval:
	Od do: 6:00 - 14:00				Pozorovaný:
Pracoviště: Montáž (linka 2)		Název stroje (ev. číslo):			
Výrobek 1 (název, číslo): AH 330		Dosažený výr. výkon:			
Výrobek 2 (název, číslo)		Dosažený výr. výkon:			
Výrobek 3 (název, číslo)		Dosažený výr. výkon:			
Postupný čas	Výpočet času			Symbol	Popis
	od	do	čas		
0:00:00	0:00:00	0:00:01	0:00:01	MP	Mimo pracoviště - hledání prázdné přepravky Práce na vlastním pracovišti - montáž Dokumentace - zápis počtu vyrobených kusů Čekání na díly z lakovny
0:00:01	0:00:01	0:00:02	0:00:01	PVP	
0:00:02	0:00:02	0:00:03	0:00:01	DOK	
0:00:03	0:00:03	0:00:04	0:00:01	Č	
postupný čas odečítaný ze stopek vždy při změně činnosti operátora	čas zahájení a ukončení činnosti (dva pod sebou uvedené postupné časy)		vypočítaná doba trvání činnosti (od - do)	symbol pro popis dané činnosti	vysvětlení daného symbolu či poznámka k vykonávané činnosti

Obr. 5 Pozorovací list pro snímek pracovního dne [17].

Nevýhodami metody snímku pracovního dne jsou značná pracnost a možné zkreslení výsledků z důvodu psychické zátěže pozorovatele i pozorovaných pracovníků. Klasická časová studie snímku pracovního dne je ve srovnání s předchozími metodami časově nejnáročnější. Pozorovatel totiž musí sledovat nepřetržitě práci jiného pracovníka, zapisovat si jeho činnosti a stopovat čas. V tomto ohledu je výhodnější pověřit externího pracovníka, a proto je metoda vhodná pro zařazení do praktické části práce [11].

1.5 Management úzkých míst

Výstup podniku bude vždy limitován jeho slabými místy a omezeními. V případě uceleného výrobního systému bude tento výrobní systém pouze tak výkonný, jak moc mu to dovolí jeho nejslabší (kritický) článek. Tyto mohou být ve všech oblastech podniku – například v lidských zdrojích, marketingu, výrobě, managementu, logistice. Pro účely daného tématu bude věnována pozornost pouze úzkým místům v oblasti výrobních zdrojů a logistiky [1, 18].

1.5.1 Charakteristika úzkého místa

Úzké místo je takové místo v systému, které limituje celkový tok systémem. Ve výrobě a v oblasti manipulace s materiálem platí, že před úzkým místem se hromadí rozpracovaná výroba. Stabilitu systému lze navýšit pouze zvětšováním kapacity kritických (úzkých) míst, zvětšování kapacity míst s dostatečným tokem je v tomto případě kontraproduktivní [1, 18].

Úzká místa lze obecně rozdělit do třech kategorií [1]:

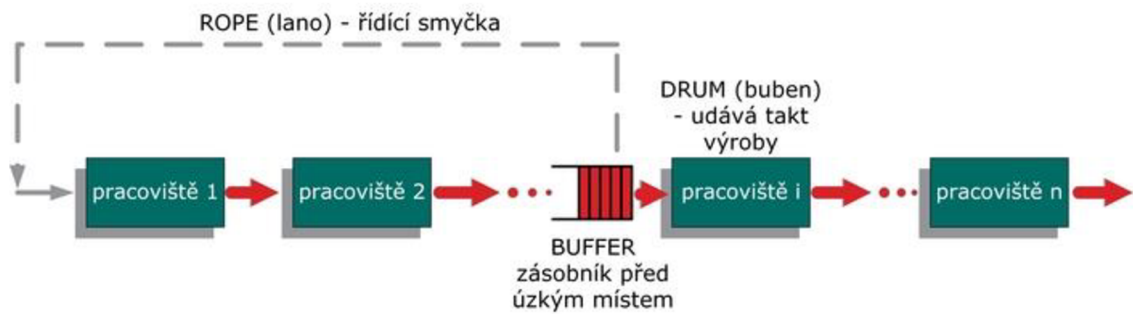
- a) **Fyzická omezení** – nejjednodušeji identifikovatelná. Patří mezi ně stroje, pracovníci a hmotné zdroje.
- b) **Omezení v řízení** – neproškolení pracovníci, špatný výběr dodavatelů, nevhodná pravidla a kritéria, kterými se podnik řídí. Právě management podniku zodpovídá například za to, jaký bude zvolen informační systém a jakým způsobem bude používán. To má následně vliv na využití hmotných zdrojů v podniku, a proto se mohou k omezením v řízení postupně přidat i fyzická omezení.
- c) **Omezení v chování lidí (paradigmata)** – jsou to domněnky a přesvědčení pracovníků, které způsobují existenci omezení v řízení. Velmi často právě chování lidí zabrání odhalení omezení v řízení a to následně, jak už bylo uvedeno, vede k fyzickým omezením.

1.5.2 Řešení úzkých míst

Po identifikaci úzkého místa lze přistoupit k postupnému odstraňování omezení, které je založeno na TOC (Theory of Constraints – teorie omezení). TOC je univerzální analytická technika, kterou definoval Eliyahu M. Goldratt a pomocí které lze zlepšit výkonnost a efektivnost procesních a výkonových toků. Základními třemi kroky této techniky při hledání nejlepšího řešení jako celku je nejprve maximalizace průtoku, poté minimalizace zásob a nakonec minimalizace provozních nákladů. V rozšířené podobě jde o pět následujících kroků [1]:

1. **Identifikace úzkého místa** – pro nalezení omezení v systému je možné použít různé druhy technik. Vyhledávání úzkého místa podle příznaků je vhodné, pokud má analytik potřebné zkušenosti a intuici v souvislosti s chodem podniku. Například úzké místo ve výrobě je možné rozpoznat podle hromadění zásob před ním. V takovém případě je vhodné zaznamenávat četnost opožděných procesů do Paretova diagramu pro jednotlivé zdroje. Další technikou jsou kapacitní výpočty, které kvantifikují úzké místo a statisticky vyjadřují jeho vytížení za určitou časovou jednotku. Počítačové simulace umožňují i dynamickou analýzu úzkých míst [1].

- 2. Využití úzkého místa** – využít úzké místo znamená vytěžit ze současného omezení co nejvíce bez investic navíc nebo podřizování okolí úzkému místu. V takovém případě je nutné zajistit, aby pracovníci úzkého místa byli maximálně proškoleni a chápali význam využívání úzkého místa v podniku. Dále musí být odstraněno veškeré plýtvání v úzkém místě a minimalizován čas seřizování strojů. Seřizování je jednorázová opakovaná činnost, proto na ní z velké části závisí využití pracoviště. Souvisejícím tématem je i minimalizace poruch na strojích. Poruchy snižují efektivní časový fond stroje, zapříčiňují vznik neshodných výrobků a vnášejí do systému nejistotu. V tomto ohledu má velký potenciál využití program TPM (Total Productive Maintenance), který má v sobě již obsaženou snahu o minimalizaci seřizovacích časů. Poslední aktivitou nutnou při snaze využít úzké místo na maximum je měření využití a průtoku v úzkém místě. Prostřednictvím vhodně nastavených ukazatelů je možné monitorovat využívání úzkého místa a prostoje. Ukazatele by měly být vizualizovány pro management, ideálně i pro ostatní pracovníky [1].
- 3. Podřizení všeho ostatního danému omezení** – nejdůležitější část v procesu zlepšení výkonu úzkého místa. Tento krok znamená podřizení funkce celého systému danému úzkému místu. Přesně s tímto případem pracuje metoda **DBR (Drum-Buffer-Rope)**, která definuje řešení pomocí tří základních prvků. Prvním z nich je Drum (buben) – ten si lze představit jako zástupce daného úzkého místa. Pojmenování buben právě proto, že úzké místo udává tempo a takt výroby. Buffer (zásobník) je zásobovací zdroj materiálu, který umožňuje pokračovat v práci a zabezpečuje, aby úzkému místu nikdy nedošel vstupní materiál. Rope (lano) představuje signál nebo informační vazbu z bufferu na začátek celého procesu. V chvíli, kdy je na úzkém místě dokončeno zpracování výrobku, který je poslán dál ve směru toku materiálu, doplní se úzké místo materiálem z bufferu. Metoda DBR se stará o omezování rozpracované výroby, zavádí rozvrh výroby na úzkém místě a zabezpečuje dostatečné množství materiálu před úzkým místem (aby nedošlo k „hladovění“ úzkého místa). Další výhodou metody DBR je možnost práce s různými velikostmi výrobních dávek a typy výrobků při zachování plynulého toku. Nevýhodou metody je předpoklad neměnnosti úzkého místa. Pokud by se v podniku měnila pozice úzkého místa, znamenalo by to značné komplikace pro využití metody. Možnou kompenzací je navyšování kapacit bufferů, ale tato možnost by zároveň zvětšovala objem rozpracované výroby [1, 18, 19, 20].
- 4. Odstranění omezení** – v případě, že se nepodaří zajistit plynulý tok úzkým místem ve třech předchozích krocích, pak je stále možnost zvýšit kapacity úzkého místa. Zvýšením kapacit se rozumí navýšení počtu strojů, rozšíření směnnosti, větší počet pracovníků. Zde už neplatí zásada zlepšování současných procesů za využití dostupných kapacit a zdrojů, ale vždy je nutné investovat prostředky navíc. Z tohoto důvodu je klíčové zhodnotit, jaký bude mít investice vliv na průtok a jaká bude její návratnost. Jestliže je návratnost investice nízká, pak je ve většině případů vhodnější ponechat úzké místo v původním stavu [1].



Obr. 6 Grafické znázornění metody DBR se směrem toku materiálu [21].

- 5. Pokračování krokem 1, dodržování pravidel** – tento krok je důležitý hlavně proto, aby nedocházelo k přesunu úzkého místa na jiný zdroj. Zdánlivě by se vyřešil původní problém, přitom stav výroby podniku by mohl být horší, než byly výchozí podmínky. Snaha analyzovat a odstraňovat úzká místa ve výrobě a logistických tocích by neměla končit jednorázovým zlepšením stavu, ale mělo by se v ní v budoucnu pravidelně pokračovat na dalších místech [1].

1.6 Plýtvání

Pod pojmem plýtvání si lze představit vše, co nepřidává hodnotu produktu nebo služby nebo je nepřibližuje k zákazníkovi. Opakem plýtvání je práce s nárůstem hodnoty nebo práce přibližující produkt nebo službu k zákazníkovi, tedy ta činnost, za kterou je ochoten zákazník zaplatit. Do plýtvání spadají i činnosti, které je za současného stavu sice nutné vykonat, ale přitom by mohly být tyto činnosti eliminovány nebo redukovány zlepšením pracovní metody či zlepšenou organizací práce. V každém podniku se v určité míře plýtvá zdroji při tvorbě výstupu. Pokud chce podnik zvyšovat produktivitu, je pro něj klíčové minimalizovat míru plýtvání [1 ,6].

1.6.1 Druhy plýtvání

Taiichi Ohno (1988) rozlišil 7 různých zdrojů plýtvání. Jsou jimi nadvýroba, čekání, doprava, zbytečné zásoby, nevhodné zpracování, vady a zbytečné pohyby [2, 6, 9, 13]:

- 1. Nadprodukce** – váže finanční prostředky za nakoupený materiál, vyžaduje dodatečné náklady, místo pro skladování a často i dodatečnou práci na výrobcích, které nebyly prodány. Obecně plýtvání způsobené nadvýrobou vzniká výrobou produktů ve větším množství, než požaduje zákazník. Nejčastěji vzniká za účelem vyššího využití výrobních kapacit nebo z důvodu výroby do zásoby pro případ, že nastanou výpadky ve výrobě nebo výkyvy poptávky. Problémem tohoto druhu plýtvání je, že bývá často přehlížen a vykonáván záměrně v úmyslu naplnit výrobní cíle nebo kvóty. Podnik by měl zodpovědně přistupovat k limitu využití výrobních kapacit a zbytečně jej nepřekračovat.

- 2. Nadbytečné zásoby** – vznikají při skladování jakéhokoliv typu materiálu přes rozpracovanou výrobu, polotovary až po hotovou výrobu. Všechn tento materiál vyžaduje skladovací místo a dodatečné náklady na udržování, čímž zatěžuje hospodaření podniku. Další vlastností nadbytečných zásob je, že často zakrývají množství jiných problémů, které jsou řešeny právě pomocí polštáře zásob, místo pracování na jejich odstranění. Takovými problémy jsou hlavně dlouhé časy výměn nástrojů, vadné výrobky, časté poruchy strojů a špatné plánování. Pokud firma se zásobami pracuje, pak by měla mít přesně stanoveno jejich množství pro různé případy, aby nevznikaly zbytečné náklady na držení zásob a zároveň byla výroba zabezpečena pro případ výpadku stroje nebo nedostatku náhradních dílů.
- 3. Opravy a neshodné výrobky** – samotná výroba neshodného výrobku je ztráta a v případě neopravitelnosti je její výše rovna hodnotě výrobku. V případě opravitelnosti jsou to pak náklady na odstranění vady. Neshodný výrobek může také poškodit výrobní zařízení a mohou vzniknout další náklady. Největší ztráta pro podnik nastává, pokud se neshodný výrobek dostane až k zákazníkovi. Potom se k dodatečným nákladům připočítávají i náklady na reklamaci, možné ztráty budoucích tržeb a poškození dobrého jména.
- 4. Zbytečné pohyby** – dle filozofie štíhlé výroby vzniká hodnota výrobku pro zákazníka jen provedenou operací. Zbytečné pohyby se tedy dají označit jako všechny pohyby při výrobě a manipulaci, které nezvyšují hodnotu výrobku. Mezi zbytečné pohyby může patřit dlouhá chůze pro polotovar na špatně uspořádaném pracovišti nebo dlouhá chůze mezi vzdálenými stroji při vícestrojové obsluze.
- 5. Špatné zpracování** – špatným zpracováním z hlediska plýtvání se rozumí takové zpracování výrobku, které nezvyšuje jeho hodnotu. Může jít například o lakování částí, které nepůjdou vidět, a u kterých to nepřidá na funkčnosti nebo vyšší přesnost rozměru, než požaduje zákazník. V tomto ohledu může mít špatné zpracování velký vliv na celkové plýtvání a vynaložené náklady. Důležité je postupovat důsledně už v prvních fázích přípravy výroby a tvorbě technologického postupu. Nesprávná volba materiálu, technologie, či nářadí mohou výrazně zvýšit náklady na výrobu, přičemž výrobek nebude mít o nic větší hodnotu, než kdyby byly zvoleny správně.
- 6. Prostoje a čekání** – k tomuto typu plýtvání dochází, pokud kvůli čekání nelze pokračovat v následující operaci, která přidává hodnotu. Dochází k němu zejména při poruchách strojů, čekání na materiál, nerovnoměrné výrobě, ale i při absenci informací nebo pokynů.
- 7. Manipulace a doprava** – v celém logistickém řetězci probíhá doprava mezi jeho jednotlivými články. Zatímco při dopravě externí (vně podniku) jsou náklady a časy dobře známy, doprava vnitropodniková bývá často skryta a nepříliš často analyzována. Mezioperační dopravní časy někdy figurují v informačním systému podniku, nicméně pokud se nejedná o automatizovanou dopravníkovou manipulaci, pak jsou většinou neznámé. Přitom každý pohyb materiálu je obecně plýtvání – činnost, která nepřidává

hodnotu. Bez manipulace s materiálem si nelze představit výrobu, je ale potřeba dbát na to, aby jí bylo co nejméně a vzdálenosti byly co nejkratší.

Těchto 7 základních druhů plýtvání bývá často rozšiřováno o další zdroj. Tím je plýtvání způsobené nevyužitým potenciálem pracovníků. Dohromady se pak celý koncept označuje jako 7+1 druhů plýtvání. Plýtvání způsobené nevyužitým potenciálem pracovníků zahrnuje především plýtvání tvůrčím potenciálem, schopnostmi, znalostmi a talentem pracovníků. Absence jasných pravidel a individuálního manažerského přístupu zapříčiňuje, že i schopný a kvalifikovaný personál pracuje s nevyužitým potenciálem, což je pro podnik nezanedbatelná ztráta. Naproti tomu neznalost činností a nezáměr o další růst a zlepšování jsou selháním v manažerské činnosti, které negativně ovlivňují podnikovou produktivitu [1, 9, 15].

1.6.2 Odstraňování plýtvání

Odstraňování plýtvání ve výrobě a v logistice úzce souvisí s již popsanými metodami. Pro zjednodušení jsou níže uvedeny možná řešení a manažerské nástroje, které lze použít při eliminaci plýtvání. Metody pro odstraňování plýtvání mají však v lean managementu sekundární význam. Primární je zaměření podniku na zákazníka a pochopení, že zaměstnanci obdrží svou mzdu pouze, pokud má podnik zakázky a zákazník je spokojen. Klíčový je také důraz na vhodnou aplikaci metod, neboť například usilovná snaha o redukci zásob může zapříčinit vysoké náklady, které se negativně projeví na produktivitě [2].

Tab. 4 Metody a nástroje pro odstraňování plýtvání [2, 6, 9].

Kategorie plýtvání	Použitelné nástroje	Vlastnosti
Nadprodukce	Drum-Buffer-Rope	zavádí rozvrh výroby
	SMED (Single Minute Exchange of Die)	redukuje čas seřízení strojů
Nadbytečné zásoby	Plynulý tok	redukuje nebo odstraňuje přestávky mezi kroky
	Drum-Buffer-Rope	zajišťuje optimální množství materiálu před pracovištěm
	Just in Time	výroba jen toho, co zákazník potřebuje a v čase, ve kterém to potřebuje
	SMED	synchronizuje výrobní toky a zajišťuje nižší rozpracovanost výroby

Opravy a neshodné výrobky	Poka Yoke	vytváření procesů tak, aby minimalizovaly neúmyslné chyby
	Jidoka	autonomní odhalování abnormalit a jejich včasné odstraňování
	Standardizovaná práce	vizualizace a přesné pokyny pracovního postupu
Zbytečné pohyby	5S	zajišťuje správnou organizaci pracoviště
	VSM (Value stream mapping)	navrhuje alternativní uspořádání pro snížení zbytečného pohybu
Špatné zpracování	Kaizen	kontinuální zlepšování procesů s ohledem na odstranění plýtvání
Prostoje a čekání	Plynulý tok	redukce a odstranění přestávek mezi kroky
	Standardizovaná práce	standardizované kroky zajišťující nejlepší možné vykonání činnosti v dané chvíli
Manipulace a doprava	Drum-Buffer-Rope	eliminuje zbytečné zásoby pro menší zatížení manipulace a dopravy
	Plynulý tok	rovnoměrné rozvržení operací
	VSM	analyzuje sekvenční tok od vstupu po výstup

Vzhledem k zaměření praktické části této práce na oblast výroby a manipulace s materiálem, nebyla věnována větší pozornost oblasti štihlé administrativy a odstraňování plýtvání v této oblasti, byť se jedná o důležitou část každého podniku. Dalšími neodmyslitelnými oblastmi podniku jsou například vývoj a obchod, respektive mezipodniková komunikace a doprava. I v těchto částech lze za pomoci vhodných metod aplikovat přístupy lean managementu a vylepšovat procesy v podniku jako celku.

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Praktická část diplomové práce je zpracována ve spolupráci se společností KARIMPEX-STROJÍRNY, s.r.o., která se zabývá převážně malosériovou a kusovou zakázkovou výrobou v oblasti strojírenství. Podmínky v podniku jsou velmi vhodné pro zpracování analýzy a návrhu možného zlepšení hlavně díky tomu, že v kusové a malosériové výrobě je kladen velký důraz na pružnost, bezchybnost a rychlost procesů a také se zároveň jedná o vysoce konkurenční prostředí. V podniku se tedy předpokládá částečná zavedenost principů lean managementu, které bude možné zkoumat, analyzovat a posléze vylepšit. Z důvodu velmi konkurenčního prostředí je také nutné akcentovat tendenci snižování nákladů a jednoduchý průchod zakázky podnikem, přičemž u každé zakázky musí mít management k dispozici dostatečná data jako zpětnou vazbu pro budoucí rozhodování.

2.1 Představení společnosti

Společnost KARIMPEX-STROJÍRNY, s.r.o. vznikla v roce 2006 při rozdělení firmy KARIMPEX, a.s. Jako samostatná firma zabývající se strojírenskou výrobou produkuje a dodává ocelové konstrukce, svařované strojní součásti, strojní komplexy, důlní stroje a jejich komponenty. Firma působí v Orlové Porubě v Moravskoslezském kraji a její prostory jsou umístěny v místě bývalého provozu podniku BASTRO, a.s., jenž byl pokračovatelem Orlovských strojíren – společnosti založené na počátku minulého století se značným vlivem v tomto regionu [22].

Firma je držitelem certifikátů ISO 9001 pro výrobu, prodej a servis vybraných důlních zařízení a TUV CZ pro výrobu ocelových konstrukcí a svařovaných strojních součástí dle ČSN EN ISO 3834-2:2006 [22].



Obr. 7 Administrativní budova a obrobna [22].



Obr. 8 Hlavní hala [22].

Zákazníky podniku jsou především další firmy působící v oblasti strojírenské výroby, kterým podnik zajišťuje zejména předvýrobu hrubých konstrukcí, výpalků, částí strojů, tvarově složitějších výrobků a nadměrně objemných strojních součástí. Ve spolupráci s významnou polskou společností KOPEX GROUP S.A. je také výhradním prodejcem důlních strojů, zařízení a jejich náhradních dílů. V této oblasti zaručuje krátké dodací lhůty a nepřetržitou servisní službu [22].

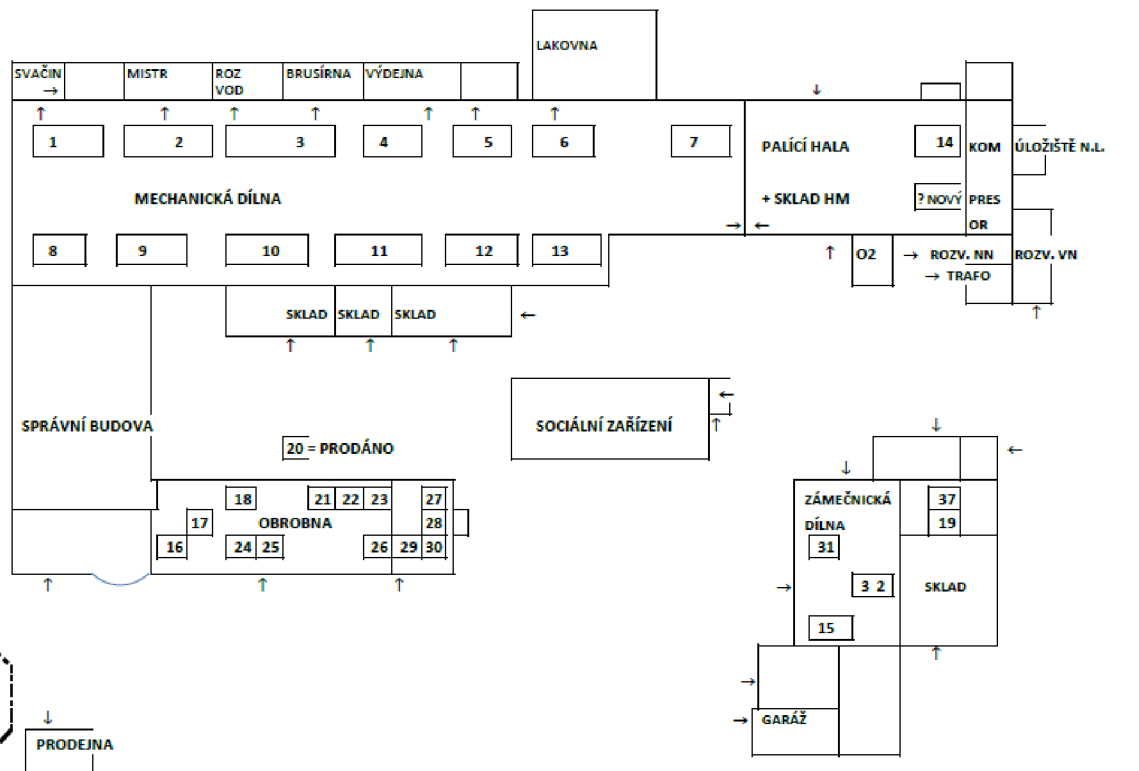
2.1.1 Strojní vybavení

Podnik má kapacity k provádění velkého množství druhů technologických operací zajišťovaných dostatečným počtem strojů. Mezi ty nejvýznamnější a nejčastěji zastoupené kategorie strojů patří frézky, svíslé soustruhy, vodorovné vyvrtávačky, svařovací agregáty a pálicí stroje. Strojový park, kterým firma disponuje je zobrazen ve schématickém nákresu na obrázku 9 [22, 23].

Schéma rozmístění výrobního zařízení ve strojní výrobě

Poř.č	Stroj	Poř.č	Stroj
1	Soustruh SU 125/3000	23	Soustruh R5
2	Hor. WHN 110	24	Obrážka (svíslá) ST7A 420
3	Hor. W100A	25	Bruska (na kulato) BU 28/1000
4	Frézka FS 80 G/A2	26	Frézka FG 32 U
5	Hor. WHN 13.12ITNC	27	Štředofrekvenční ohřivač
6	Hor. WHN 13.8CNC	28	Lis kovací LKL 250 A
7	Hor. WHN 13.8ITNC	29	Pásova pila STG 200
8	Karusel SKJ 12A	30	Pásova pila STG 260 DG
9	Karusel SK 10-1512	33	Soustruh SU 80/5000
10	Karusel SKJ 12A / R	34	Lis rovnací CDM
11	Frézka FGSH 50	36	Lis WAPO 2001
12	Vrtačka VO 50	37	Nůžky profilové NB 5222
13	Vrtačka VR 6A	38	Bruska rovinná BPH 300
14	Řezací stroj Pierce RUR 3000		Bruska BT 300 3K234
15	Řezací stroj Forest 2000		Bruska (odsávač) BT500
16	Soustruh SV 18RD-regulátor RSU01		Bruska stolová MB 350
17	Vrtačka VR2		Bruska BT 300 (3GG 33)
18	Soustruh SV 18RD		Bruska diamant-BNNK 32
19	Soustruh SU 63A		Bruska Kameníček 3E642
20	Soustruh SU 50A/2000		Bruska (3K634) BT 400
21	Soustruh SUK 50A		Strojní nůžky ST 10
22	Soustruh SUI 50/2000		Nůžky profilové TN 65221
			Soustruh SV 18RA

SVÁŘEČKY : LORCH 5ks + MIGATRONIC 9+1malá ks



Obr. 9 Schéma rozmístění výrobních zařízení – podle [23].

Ze schématu lze vypožorovat, že podnik má pracoviště, respektive strojní zařízení rozmístěna technologicky. U technologického uspořádání jsou pracoviště rozmístěna podle jejich technologické příbuznosti a podobnosti. Typickými pro toto uspořádání jsou názvy výrobních úseků pojmenované po druhu technologie, která je v nich realizována – např. obrobna, svařovna, montovna, brusárna, zámečnická dílna. Rozpracovaná výroba při tomto uspořádání putuje od jednoho pracoviště ke druhému dle výrobního postupu. Z toho vyplývá, že technologické rozmístění je vhodné pro kusovou výrobu, případně kusovou výrobu s občasnými výrobními sériemi, a především vysokou variantnost výrobků. To je případ zvoleného podniku, neboť se v něm z většiny vyrábí zakázková kusová výroba v množství maximálně několika jednotek kusů. V následujícím výčtu výhod a nevýhod je zvolený způsob rozmístění pracovišť porovnáván s dalšími třemi běžně používanými v praxi (předmětné, pevné, buňkové) [24, 25].

Výhody technologického uspořádání:

- pružný výrobní proces (možnost změny množství, sortimentu, výrobních časů),
- univerzálnost (lze snadněji a levněji měnit výrobní program),
- snazší údržba a vyšší odolnost vůči poruchám [24].

Nevýhody technologického uspořádání:

- náročnější manipulace s rozpracovanou výrobou,
- složitější organizace práce,
- delší výrobní cyklus,
- potřeba kvalifikovaných pracovníků [24].

Jak již bylo zmíněno, existují další alternativy při rozmístování pracovišť. Prvním z nich je předmětný layout. Předmětné uspořádání pracovišť spočívá v seskupení technologicky odlišných strojů, určených k výrobě jednoho nebo více podobných druhů výrobků. Typickým příkladem takového layoutu jsou výrobní linky v hromadné výrobě [24].

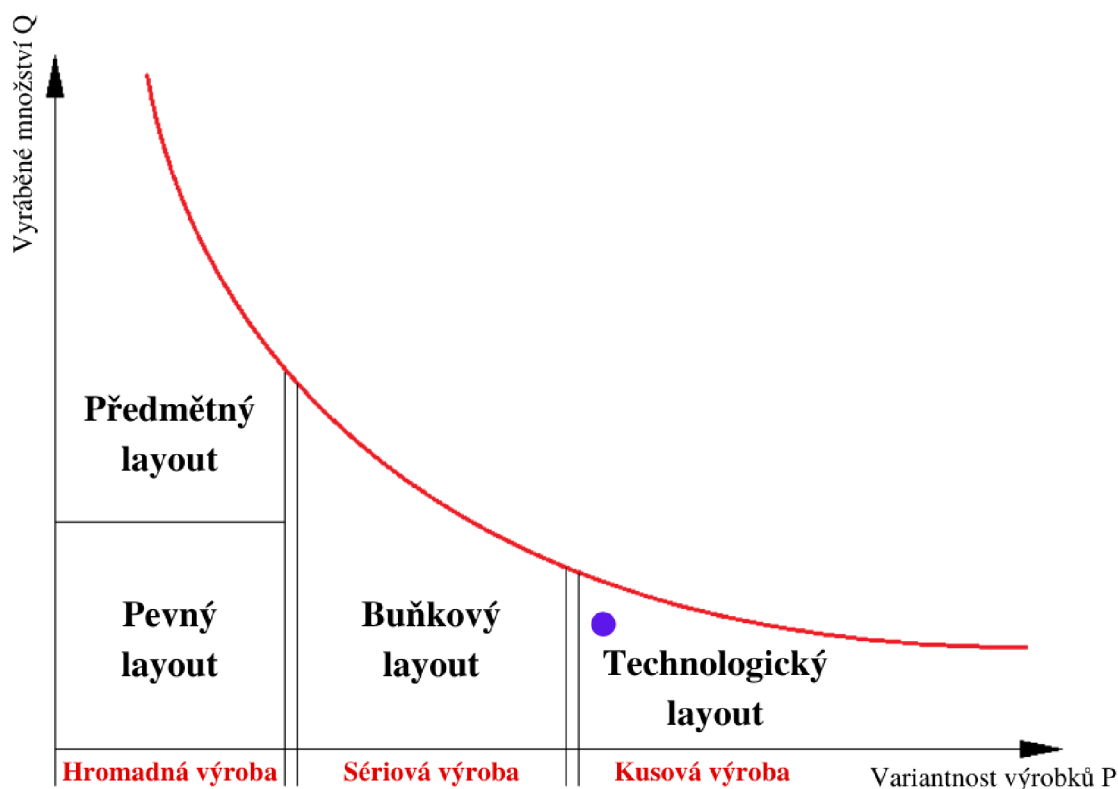
Méně častým, ale důležitým případem uspořádání strojů je pevný layout. Jedná se o netypickou situaci ve výrobě, kdy s výrobkem nelze standardně manipulovat kvůli jeho rozměrům. V tomto layoutu je výrobek statický, přičemž výrobní zařízení a stroje jsou dopravovány k němu postupně dle výrobního postupu [24].

Posledním druhem uspořádání je layout buňkový. Ten kombinuje výhody technologického a předmětného layoutu a provozovat jej lze pouze za podmínky správně fungujícího podnikového informačního systému výroby. Při výrobě v buňkovém layoutu jsou pracoviště seřazena do jednotlivých skupin, které vyrábí různé výrobky [24].

Při správné volbě typu výrobního layoutu je nutné zahrnout v potaz objem výroby, variantnost výrobků, prostorové dispozice, počet zaměstnanců, jejich kvalifikaci a počet strojů. Po základní analýze procesů v podniku je jasné, že charakter výroby je typickým kandidátem pro technologické uspořádání strojů. Variantnost produktů je vysoká – není výjimkou, že v jednom výrobním cyklu se zde vyrábí zároveň například malá série výpalků

z tlustého plechu a objemné rotační součásti nad 1 tunu. Zároveň je ale variantnost dostatečně nízká, aby byl strojový park schopen realizovat většinu zakázek (s výjimkou povrchových úprav atd.). Výrobní prostory podniku jsou rozděleny do pěti různě velkých hal, z nichž je každá využita z většiny. Podnik má také vysoce kvalifikované pracovníky, především v úseku svařovny, kde je kladen velký důraz na přesnost kompletovaných sestav a kvalitu svárů u konstrukčně komplikovaných součástí. Tyto a další technologické operace v současnosti není reálné zautomatizovat nebo standardizovat, a proto je technologické uspořádání pracovišť v podniku vhodným řešením [24, 25].

Obrázek 10 ukazuje grafické zobrazení druhu rozmístění (layout) v závislosti na vyráběném množství a variantnosti produktu, přičemž fialovým bodem je označena přibližná poloha zvolené firmy.



Obr. 10 Druh layoutu v závislosti na množství a variantnosti produktu – podle [24].

2.1.2 Výrobní program

Výrobní program společnosti je vždy závislý na přijatých zakázkách v dané chvíli. Z tohoto důvodu se zde neprodukují výrobky, které by sdílely jednotlivé součásti nebo byly ve větší míře technologicky příbuzné. Firma zvolila strategii širokého strojního parku (viz kap. 2.1.1), který jí zajišťuje schopnost přijmout větší škálu zakázek a udržet si pozici na trhu. Nicméně toto se často v praxi projevuje provozem méně než poloviny výrobních zařízení v jednu chvíli, přičemž mezi nejvytíženější pracoviště patří konvenční obráběcí stroje a CNC řezací stroj. Součástí zmíněné strategie také musí být kvalifikovaní pracovníci, kteří jsou schopni obsluhovat různé druhy strojů.

Některé příklady zakázkové výroby už byly zmíněny výše. Obecně se jedná z technologického hlediska o široké spektrum výrobků svařovaných, frézovaných, soustružených, broušených, řezaných, lisovaných, ohýbaných a lakovaných.

Typově jsou nejvíce ve výrobním programu společnosti zastoupeny komponenty pro důlní zařízení. Výchozím polotovarem pro tyto komponenty bývají typicky různé jakosti a tloušťky plechových tabulí, které následně prochází úpravou na dalších pracovištích k docílení požadovaných rozměrů, povrchu, tvaru atd. Dalšími používanými polotovary jsou tyče, trubky a různé druhy ocelových profilů. Výsledným produktem je v takovém případě svařovaná sestava více dílců (z nichž si některé může dodat sám zákazník hotové).

Další částí výrobního programu jsou rozměrné obrobky opracovávané na karuselových soustruzích a portálových frézkách. Tyto výrobky neprochází tak velkým počtem různých pracovišť jako výše zmíněné výrobky, nicméně jejich výroba zabere velké množství času z důvodu charakteru použité technologie. U těchto dílů je dán vysoký důraz na přesnost rozměrů a kvalitu povrchu. Na druhou stranu lze mít celkový čas výroby těchto zakázek relativně snadno pod kontrolou, neboť čas strávený provedením této zakázky se prakticky rovná strojnímu času (je zde minimum manipulace a skladování).

Kromě okrajových čistě kusových zakázek je vhodné zmínit také část výrobního programu, která je prováděna jako kooperace s dalšími strojírenskými podniky. V rámci kooperace firma přijímá zakázky z celého spektra svých výrobních možností, nicméně nejvíce zastoupeným typem těchto zakázek jsou výpalky z plechu. Toto je pro firmu zvláště výhodné, neboť řezací stroj je díky velké ložné ploše a více hořákům připraven vyrábět větší série. Náklady na pracovníka řezacího stroje jsou také nižší než náklady na např. svářeče a příprava technologického zázemí a programu pro vedení dráhy řezání je poměrně rychlá díky kompletní komunikaci na dálku přes podnikový informační systém.

Výrobní systém společnosti odpovídá ve většině vlastností typologii štíhlé výroby [2]. Těmito vlastnostmi jsou především:

- důraz na investice do technologií,
- redukce plýtvání,
- odstraňování nepotřebných úrovní řízení,
- závislost na dodavatelích,
- vysoká kvalita výrobku.

2.2 Analýza vybrané části výrobního systému

Jak je patrné ze schématu na obrázku 9, podnik disponuje několika desítkami pracovišť, z nichž většina jsou konvenční obráběcí stroje. Řada z nich ale nepracuje v nepřetržitém provozu a jsou používány pouze pokud jejich použití vyžaduje daná zakázka. Z tohoto pohledu je potřeba vybrat k analýze pracoviště, které je v provozu po dostatečně dlouhou část celkové pracovní doby a zároveň se na něm už v současnosti uplatňují některé zásady štíhlé výroby. Výběr pouze jednoho pracoviště také umožní provést zevrubnější analýzu procesů na tomto úseku a také jeho vztahů k celému výrobnímu systému.

2.2.1 Vymezení pracoviště

Pro účely praktické části práce bylo vybráno jedno konkrétní pracoviště, ke kterému se budou vztahovat dále použité analytické nástroje. Vybraným pracovištěm je CNC řezací stroj, který je určen k přesnému tvarovému řezání plechových tabulí. Pracoviště bylo pro vyhotovení praktické části práce vybráno z následujících důvodů:

- jedná se o pracoviště, kterým projde procentuálně největší množství výrobků určených pro další zpracování,
- jedná se o pracoviště s největším kusovým objemem výroby,
- pracoviště vyrábí téměř výlučně rozpracovaný materiál pro další kroky výrobního postupu v podniku a jsou na něm tedy závislá další pracoviště,
- ve stavu většího vytižení kapacit spoléhá na toto pracoviště řada dalších úseků a může se tak jednat o potenciální úzké místo,
- částečná automatizace pracoviště umožňuje snadnější aplikaci některých metod štíhlého řízení oproti čistě ručním pracovištím (TPM, Plynulý tok, Drum-Buffer-Rope, Just in Time).



Obr. 11 CNC řezací stroj PIERCE RUR 3000 [26].

Hlavním článkem pracoviště je řezací stroj RUR 3000 CNC. Jedná se o částečně automatizovaný horizontálně pracující stroj, určený ke strojnímu řezání všech kovových materiálů. Jeho součástí jsou tři kyslíko-acetylenové hořáky a jeden plazmový hořák se samostatným plazmovým agregátem ForCut203W [22].

V podniku je využíván pro tvarové řezání výpalků z plechových tabulí o tloušťce 1–200 mm. Tyto výpalky jsou pak využity k další výrobě a svařování sestav nebo jsou určeny k finálnímu opracování a expedovány jako hotové výrobky v závislosti na typu zakázky.

Volba druhu technologie probíhá v závislosti na tloušťce plechu a typu materiálu. Tuto volbu provádí technologové, přičemž přenastavení a kalibraci stroje má na starosti obsluha. Poměr využití kyslíko-acetylenových hořáků a plazmových hořáků v celkovém objemu výroby je přibližně 90:10. Standardně platí, že při tloušťce materiálu do 15 mm lze docílit s plazmovým hořákem výborné kvality řezu, a to u více druhů materiálů, než při řezání kyslíko-acetylenovým hořákem. Ten je omezen prakticky pouze na řezání konstrukčních ocelí [27, 28].

Tab. 5 Druhy technologií řezání a jejich použití [27, 28].

Typ materiálu	Tloušťka	Druh technologie
Konstrukční ocel	1–5 mm	Plazma
	5–35 mm	Plazma/Kyslík-acetylen
	35–200 mm	Kyslík-acetylen
Vysokolegované oceli	1–35 mm	Plazma
Al slitiny	1–35 mm	Plazma

Podnik má na tomto pracovišti za normálního vytížení připraveno více než 30 jakostí plechových tabulí o tloušťce 3–150 mm, přičemž více než 75 % tabulí nemá větší tloušťku než 35 mm. Z těchto informací na první pohled vyplývá, že převládající technologií bude řezání plazmou, nicméně do volby technologie ve velké míře promlouvá fakt, že při řezání kyslík-acetylenovým plamenem lze použít simultánně tři hořáky. Další výhodou kyslíko-acetylenového hořáku je jeho jednoduché použití pro všechny dostupné tloušťky konstrukční oceli, která je v současnosti jediným základním materiálem pro výrobu na tomto pracovišti a není tak potřeba měnit druh technologie v závislosti na tloušťce [27, 28].

Dělení materiálu plazmou by bylo jasnou volbou v případě požadavku na jiný materiál, než je konstrukční ocel. Dalším možným důvodem k upřednostnění řezání plazmovým hořákem by bylo získání zakázky na velký počet výpalků z plechu o tloušťce menší než 15 mm, kde by se mohl tento druh technologie projevit jako celkově hospodárnější při vyšší kvalitě řezu a výrazně vyšší řezné rychlosti. Takovému rozhodnutí by ale musel předcházet propočet nákladů a technologické zhodnocení. Podrobnější srovnání těchto dvou technologií lze vidět v tabulce 6 [27, 28].

Tab. 6 Výhody a nevýhody technologií řezání [27, 28].

Druh technologie	Výhody	Nevýhody
Plazma	<ul style="list-style-type: none"> • Vyšší řezná rychlost (až 10x), • schopnost řezat všechny elektricky vodivé materiály, • vysoká kvalita řezu do 60% maximální tloušťky dané výrobcem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Omezení použití do 35 mm u daného stroje, • širší řezná mezera, • obtížnější propalování otvorů nad 15 mm, • produkce škodlivých plynů, • větší úhel řezné hrany.
Kyslík-acetylen	<ul style="list-style-type: none"> • Hospodárné použití více hořáků, • nízké pořizovací a provozní náklady, • široký rozsah využití u konstrukčních ocelí. 	<ul style="list-style-type: none"> • Větší tepelně ovlivněná oblast a tím větší deformace, • nevyhovující kvalita řezu pro tloušťku <5 mm • nízká rozměrová stálost u opakovaných řezů vlivem tepla.



Obr. 12 Řezání kyslík-acetylenovým hořákem na stroji PIERCE RUR 3000.

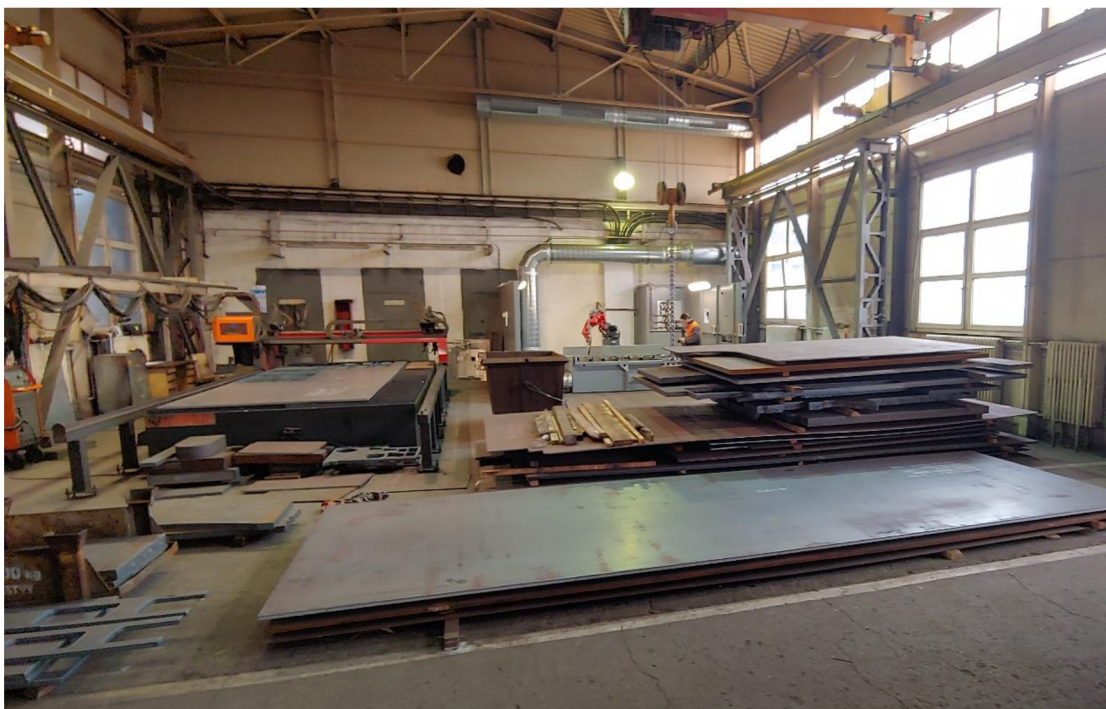
Pracoviště standardně obsluhuje jeden kvalifikovaný pracovník, a to v jedné až dvou směnách. Úplná automatizace zde není možná ze dvou hlavních důvodů. Tím prvním je nutnost dohledu pro zachování bezpečnosti provozu (především kontrola tlaku technických plynů a korekce plamene). Druhým důvodem je nutnost ruční regulace rychlosti a výšky hořáku pro zachování čistoty a kvality řezu. Toho může být v současných podmínkách docíleno pouze tak, že pracovník proces sleduje a v případě potřeby reaguje změnou řezných parametrů na ovládacím panelu.

2.2.2 Popis výrobního postupu na vybraném pracovišti

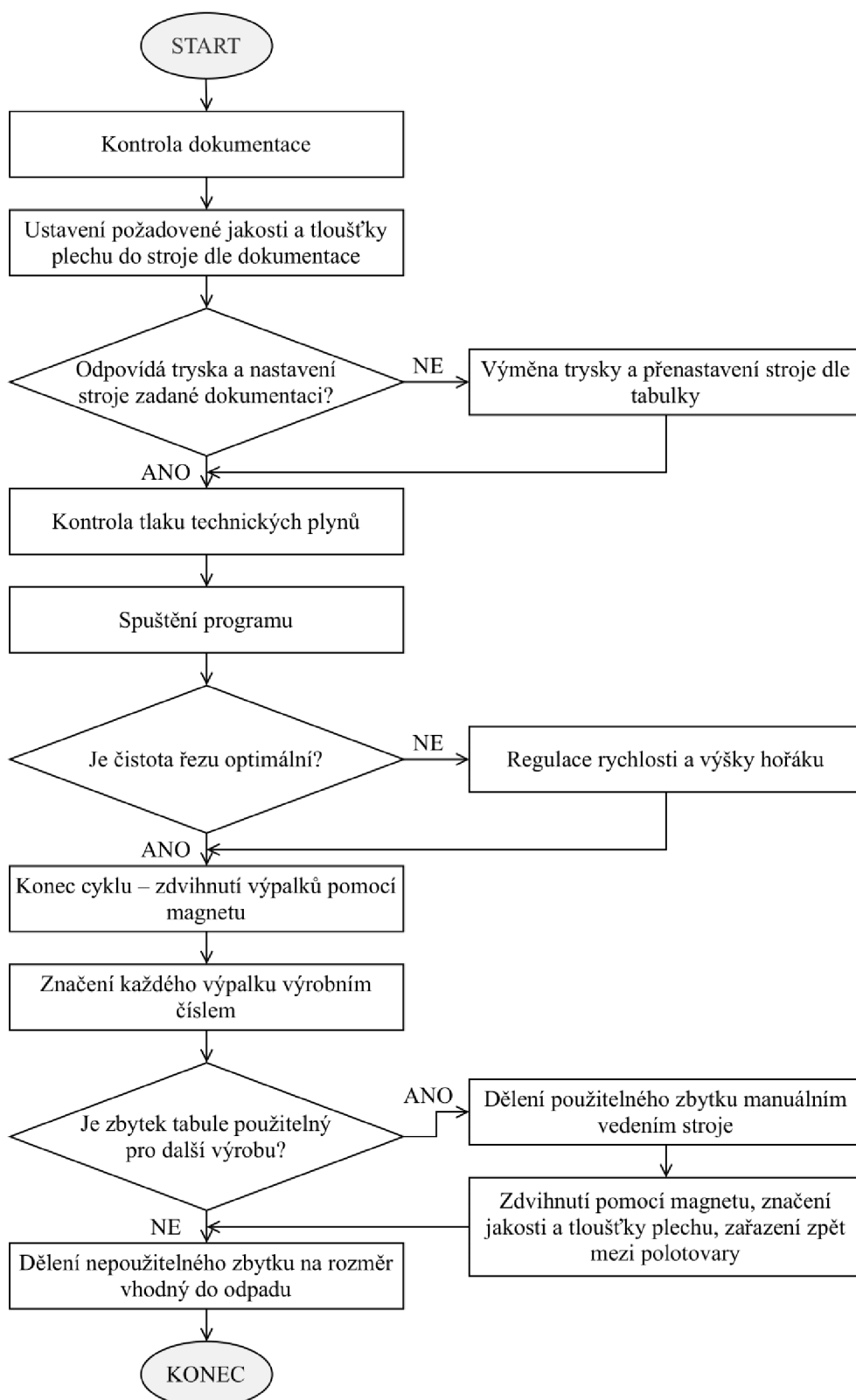
Na pracovišti je zadán obecný pracovní postup, který obsluha stroje zná, a který je doplněn o další kroky v případě nutnosti změny technologie řezání například z důvodu změny materiálu. Obecný postup byl zpracován do vývojového diagramu na obrázku 14.

U pracovníka je dán požadavek na vyšší úroveň kvalifikace a zkušeností, neboť musí být schopen odpovědně a pružně reagovat na nenadálé situace v průběhu řezání. Nejčastějšími situacemi, které nastávají během procesu řezání, a které se odchyľují od obecného pracovního postupu jsou především:

- selhání plamene z důvodu ucpání dýzy (zpětný propal u tlustých plechů),
- zanesení dýzy nečistotami, což se projeví vychýlením plamene a špatnou kvalitou řezu,
- potřeba zvolení správného předehřevu v závislosti na materiálu.



Obr. 13 Pálicí hala se stroji a stohy plechů.



Obr. 14 Obecný pracovní postup na pracovišti.

Především komplikace spojené se zanášením dýzy jsou dány charakterem této technologie a nelze určit obecné řešení, jak jim předcházet. Je vyžadován individuální přístup pracovníka založený na jeho zkušenostech. Na základě zkušeností pracovník zvládne odhadnout, pro které tloušťky a jakosti plechu v kombinaci s daným průměrem trysky existuje riziko ucpání dýzy a může těmto problémům předcházet. Důležité je také preventivní čištění v průběhu směny. Čím dříve operátor odhalí problém s dýzou a jejím vlivem na kvalitu řezu, tím větší je šance, že výrobek půjde opravit a firma neztratí značnou část zisku ze zakázky.

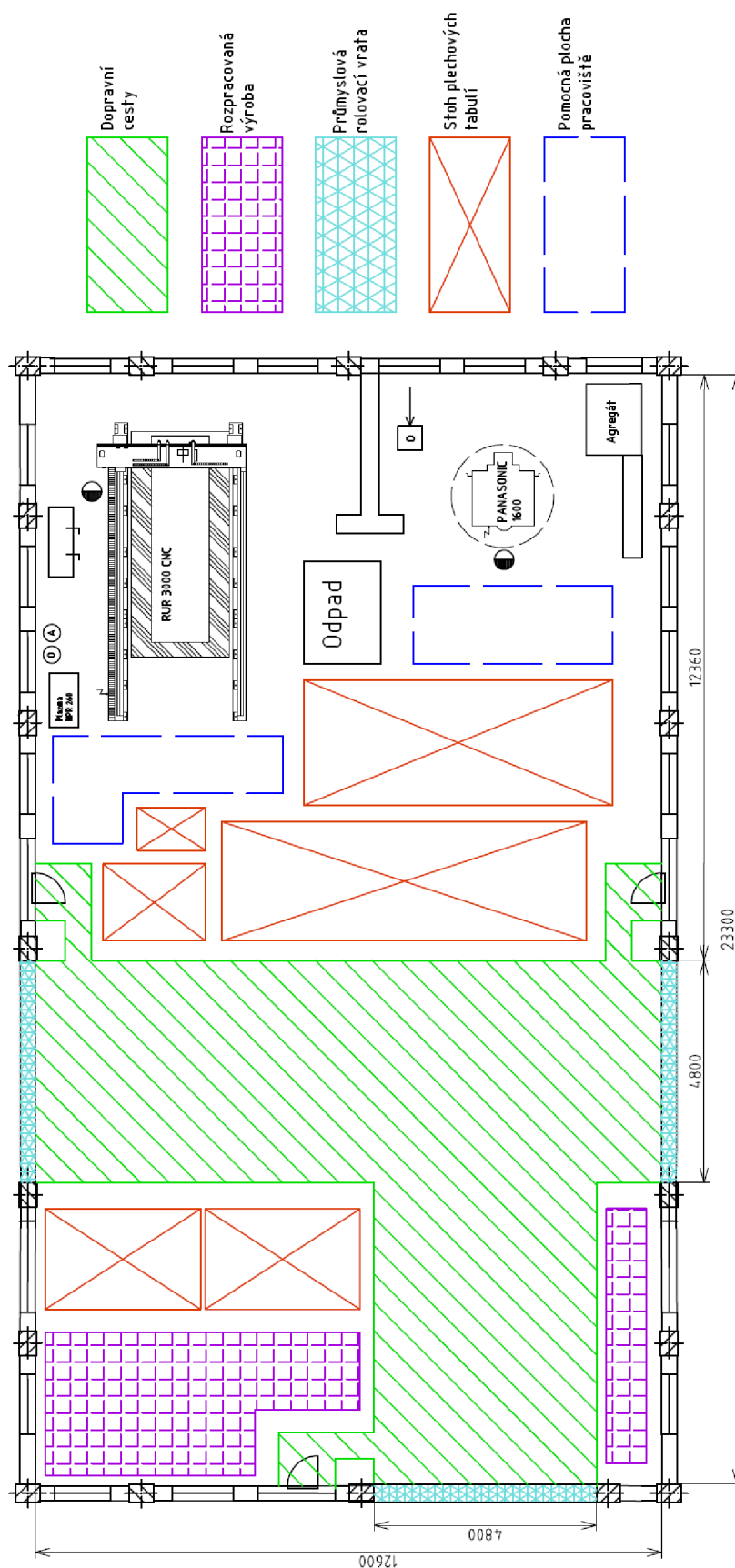
Součástí pracovního postupu operátora stroje je také manipulace s výpalky. Manipulace probíhá ručně pro výpalky, u kterých je to ergonomicky vhodné (do několika jednotek kilogramů) a břemenovým magnetem pro hmotnější výpalky. Tato část procesu je časově náročná v závislosti na tvarové složitosti výpalků a jejich tloušťce. Je vyžadován velký důraz na opatrnost pracovníka pro jeho vlastní ochranu a ochranu vybavení. I přesto, že jsou stanoviště pro stohování zbytků plechových tabulí a odpad (viz obr. 15) velmi blízko pracovišti, tak je manipulace pomocí jeřábu relativně pomalá a zabírá značnou část celého pracovního procesu. Nenabízí se tak možnost, jak tuto činnost urychlit, neboť z velké části je časová náročnost určena právě charakteristikou této činnosti.

V layoutu pálicí haly na obrázku 15 lze vidět, že při projektování byl správně kladen důraz na to, aby stanoviště zásob materiálu (zvýrazněno červeně) a odpadu byla co nejbližší rezačím stroji, přičemž je potřeba zachovat dostatečný volný prostor pro obsluhu stroje (zvýrazněno modře). Tento prostor pracovník využívá jako rezervu pro manévrování s jeřábem a také jaké odkládací plochu pro dosud neoznačené výpalky, případně pro bedny s menšími kusy výpalků. Mezi dvěma stroji je také bezpečnostní přepážka a dostatečný prostor pro údržbu a práci se strojem.

Pozitivně lze také hodnotit umístění rozpracované výroby na opačném konci haly, jenž navazuje na podstatně větší mechanickou dílnu (obrobnu), která tyto skladovací prostory využívá. Rozpracovaná výroba nepřekáží pracovníkům v práci a není ji tedy potřeba přesouvat.

Dopravní cesty leží v bezprostřední blízkosti zásob materiálu a vrata do haly jsou přizpůsobena pro přímý vjezd nákladních vozů s polotovary. Proces naskladnění je opět pouze záležitostí práce s jeřábem.

Problémověji se jeví rozmístění stohů plechových tabulí a způsob práce s nimi. V layoutu lze vidět, že stohy prakticky vyplňují volný prostor v hale, což je pozitivní z hlediska využití výrobních prostor, nicméně mezi tabulemi je velmi málo manévrovacího prostoru, což ztěžuje přístup k nim (naskladňování a odbyt), zpomaluje tyto pracovní procesy a má také negativní vliv na bezpečnost práce. Možným řešením by bylo využití alternativního způsobu stohování nebo rozšíření prostor pro stohování na úkor jiných prostor. Toto bude dále rozebráno v kapitole 2.3



Obr. 15 Výkres s layoutem pálicí haly.

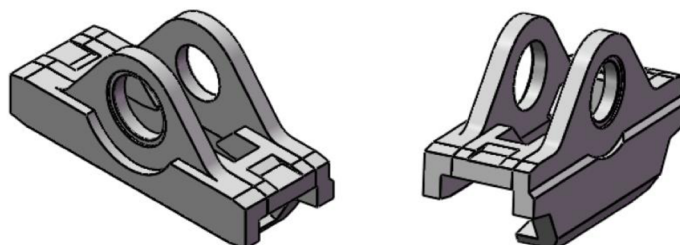
2.2.3 Volba reprezentanta výroby

Správné zvolení výrobkového reprezentanta, kterému se bude analýza věnovat je klíčové pro zajištění maximální relevance a objektivitu měření a vyhodnocení. Níže jsou vypsané požadavky, které má tento typ výrobku (zakázky) splňovat. Tyto požadavky byly zformulovány na základě všech předchozích charakteristik podniku a druhů zakázek, které vyrábí.

- **Zakázka o objemu několika jednotek kusů (5 až 20 kusů)** – z hlediska velikosti výrobní dávky je vhodné zvolit kompromis mezi velkosériovými zakázkami, které bývají pro tento účel často příliš jednoduché (např. pouze tvarové výpalky z plechu) a jednodukovými zakázkami, které jsou zpravidla naopak složité a časově náročné (rozměrné obrobky).
- **Uplatnění nepoužívanějších druhů technologií** – výroba reprezentanta by měla co nejlépe reflektovat reálnou a běžnou výrobní činnost. Výsledky by mohla zkusit skutečnost, že se například odhalí rozsáhlé plýtvání při používání technologie, která je ale používána pouze při jedné z patnácti zakázek. Vliv takového plýtvání by byl v celkovém objemu zakázek minimální.
- **Vyšší počet operací (vyšší zátěž výrobního řetězce)** – čím více vybraný reprezentant zatíží výrobní řetězec, tím větší je šance nalezení možného úzkého místa ve výrobě, případně špatné organizace práce. V tomto případě by bylo nevhodné zvolit zakázku, která projde nízkým počtem jednoduchých operací, a kde je velká časová rezerva pro dokončení zakázky.
- **Vlastní výroba (nikoliv kooperace)** – tento bod souvisí s výše uvedenými. Zakázka, kterou firma vyrábí v kooperaci s jinými podniky, je specifická, neboť prochází zpravidla jednou, či dvěma technologickými operacemi a poté je odeslána zpět partnerské firmě. Jedná se také většinou o již rozpracovanou výrobu, nikoliv výrobu z polotovaru.
- **Využití řezacího stroje (zvolené pracoviště)** – v kapitole 2.2.1 bylo již vybráno pracoviště, na něhož se bude praktická část práce zaměřovat. Je nutné, aby část výrobního procesu výrobku proběhla právě na tomto pracovišti a bylo tak možné v souvislosti s tímto výrobkem provést plánovaná měření.

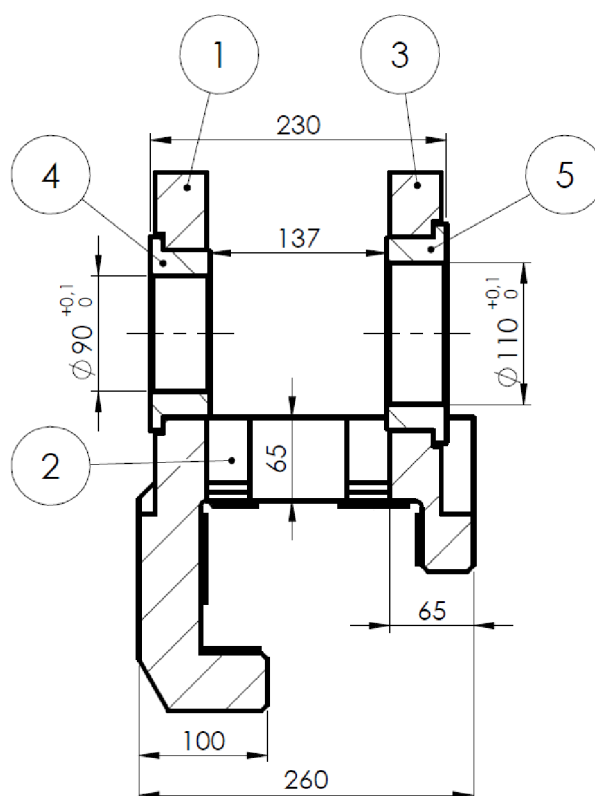
Na základě výše uvedených požadavků byl jako výrobkový reprezentant vybrán malosériově produkováný výrobek pro polského zákazníka v počáteční výrobní dávce 6 kusů. Výrobek je určen pro použití v důlních provozech jako konstrukční součást stropní podpory. Jedná se o svařovanou sestavu z ořevuzdorné oceli, skládající se z šesti dílů o celkové hmotnosti 151,7 kg.

Jednotlivé díly budou postupně zpracovávány několika, převážně konvenčními technologiemi, přičemž první operací u dílů BOČNICE 1, BOČNICE 2 a VÝZTUHA je tvarové řezání kyslík-acetylenovým hořákem. Následují obráběcí a dokončovací operace, svařování a nátěr.



Obr. 16 3D modelace výrobku – podle [29].

Přesný sled operací u jednotlivých dílů sestavy je rozebrán v části 2.2.5. Sestava je kompletována kromě výjimek (lisování pouzdra) až v jedné z posledních operací – svařování sestavy. Jednotlivé díly sestavy jsou uvedeny v kusovníku v tabulce 7 a vyznačeny v obrázku 17. Na výrobku nebude prováděna žádná kooperace, jedná se o vlastní výrobu.



Obr. 17 Čelní řez s označením součástí – podle [29].

Tab. 7 Zjednodušený kusovník sestavy [11].

5	1	POUZDRO 110	KR170-52	15 142+QT	3,3 kg
4	1	POUZDRO 90	KR150-52	15 142+QT	2,8 kg
3	1	BOČNICE 2	P65(70)-310x695	BRINAR 400	52,4 kg
2	2	VÝZTUHA	P65(70)-142x258	BRINAR 400	12,6 kg
1	1	BOČNICE 1	P100-418x695	BRINAR 400	74,2 kg
Pozice	Ks	Název	Polotovar	Materiál	Hmotnost

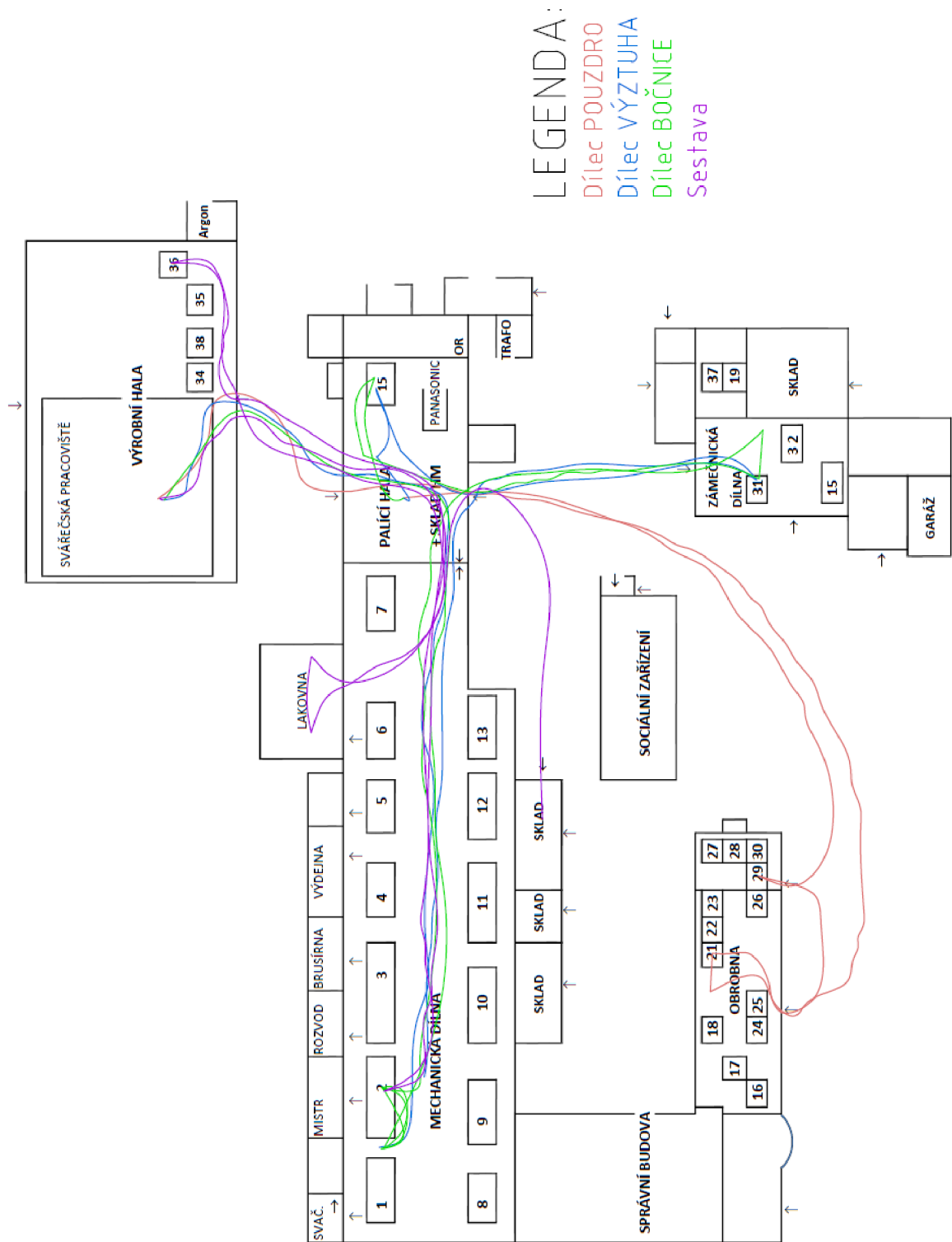
2.2.4 Špagetový diagram

První použitou metodou pro analýzu současného stavu a nedostatků je zobrazení materiálových toků pomocí špagetového diagramu. V této části bylo potřeba rozhodovat mezi dvěma přístupy ke tvorbě špagetového diagramu – špagetový diagram obsluhy vybraného pracoviště nebo špagetový diagram toku všeho materiálu v podniku v průběhu zakázky.

Po provedení měření a důkladném sledování procesů na vybraném pracovišti byla zvolena druhá varianta, neboť vyhotovení špagetového diagramu pouze vybraného pracoviště v průběhu směny by znamenalo zaznamenání velkého počtu čar na malém prostoru s nízkou relevancí. Vybrané pracoviště nemá vážné nedostatky v oblasti rozmístění nástrojů a stanovišť a špagetový diagram by neposkytoval příliš užitečné informace. Také pracovník se zde pohybuje pouze účelově po krátkých trasách a nedochází zde k výraznému plýtvání v oblasti zbytečného pohybu.

Špagetový diagram toku veškerého materiálu během kompletace zakázky dává prostor pro reálné zhodnocení současného umístění pracovišť a volby sledu operací. Právě zde se projeví především nedostatky v plánování logistických toků a z toho plynoucí zbytečně vynaložené náklady na vnitropodnikovou dopravu. Na druhou stranu ze špagetového diagramu nelze vyzorovat problémy s dlouhým nebo nevhodným skladováním, protože zde nikde nejsou uvedena časová data.

Toky materiálu odpovídají fyzickým trajektoriím, po kterých se jednotlivé díly v průběhu výroby budou pohybovat a všechny budou zaznamenány do jednoho grafického zobrazení s odlišnými barvami pro každý díl a odlišnou barvou pro procesy, kterými bude procházet kompletní sestava (viz legenda). Začátkem trajektorií je místo přijetí výchozího materiálu a koncem je prostor pro skladování hotových výrobků. Podkladem pro špagetový diagram je layout areálu podniku.



Obr. 18 Špagetový diagram.

Trajektorie materiálových toků jednotlivých dílců začínají v pálicí hale na pravé straně schématu, odkud výroba postupuje dle posloupnosti v procesní analýze níže. Jednotlivé dílce se potkávají na svařovně, kde dochází ke kompletaci sestavy a dále je pak mapován pohyb celé sestavy označené fialovou barvou. Dráha pohybu sestavy končí ve skladu dokončené výroby. Kontroly kvality byly prováděny vždy na daných pracovištích.

Ve schématu nebyly zjištěny zásadní nedostatky a dráhy odpovídají charakteru zakázkové výroby s technologickým rozmístěním pracovišť.

Pozitivně lze hodnotit fakt, že veškeré skladování rozpracované výroby probíhá bezprostředně u daného pracoviště, což úplně eliminuje nutnost transportu výroby jen za účelem skladování. Firma k tomuto kroku přistoupila už dříve a téměř všechna pracoviště jsou vybavena dostačující skladovací plochou. Výjimku by mohla tvořit některá pracoviště v mechanické dílně, kde se pracuje také s objemnými obrobky v počtu několika kusů, a kde je skladovací plocha pro rozpracovanou výrobu u některých pracovišť nedostatečná, přičemž dochází k zasahování do dopravních cest. To sice v praxi není velký problém, nicméně může to být potenciální bezpečnostní hrozba.

Většina přesunů probíhá v přepravkách nebo na paletách pomocí vysokozdvížného vozíku, který má podnik pouze jeden. V podniku se vyrábí několik jednotek zakázek zároveň, což znamená vysoký tlak na maximální zeštíhlení vnitropodnikové přepravy a eliminaci všech nepotřebných přeprav. Z tohoto pohledu lze říct, že dráhy pohybu jsou účelné a nelze žádnou z nich vynechat nebo omezit.

Jasným zdrojem plýtvání v tomto ohledu ale zůstává nutnost přepravy neshodných dílců BOČNICE zpět na svařovnu, kde dojde k návaru chybějícího materiálu a dále přepravě zpátky. Tato mimořádná situace nebyla v diagramu vyznačena, protože se týká pouze tří kusů. Kvůli tomuto problému v technologii řezacího plánu se významně plýtvá nejen přepravou, ale také svářečským materiálem, lidskými zdroji a časem.

2.2.5 Procesní analýza

Vyhotovení procesní analýzy pro zvolený výrobek bylo do praktické části práce vybráno, aby poskytlo údaje a výstupy, které ostatní metody zohlednit nedokážou. Takovými výstupy jsou zejména časová data. Zatímco špagetový diagram ukazuje přesnou stopu pohybu materiálu a odkrývá možné plýtvání v logistických tocích, procesní analýza zkoumá stejný úsek pohybu materiálu, ale zaměřuje se na dobu jeho trvání.

Klíčovou částí procesní analýzy je její výstup. Výstupem je souhrnné statistické vyjádření procentuálního zastoupení činností, které přidávají a nepřidávají hodnotu. S těmito daty se dále pracuje a posuzuje se, do jaké míry a v jakých oblastech se během vyhotovení zakázky plýtvalo.

K vyhotovení výstupu je potřeba rozdělit činnosti do pěti kategorií (viz níže) a dále rozhodnout o tom, zda se jedná o činnost, která přidává hodnotu pro zákazníka (VA), nepřidává hodnotu (NVA) nebo jde o činnost, která sice nepřidává hodnotu, ale je nutné ji provést (ENVA).

Pro zachování maximální objektivity a minimalizaci zkreslení dat je nejlepší měřit spotřebu času jednotlivých procesů přímo na daných pracovištích. Vedoucí pracovníci mají zpravidla data o časech výroby, manipulace a skladování, nicméně při porovnání těchto časových údajů s realitou byly zjištěny velké odchylky. Časové údaje, které mají k dispozici vedoucí pracovníci jsou totiž často pouze holé technologické časy, bez započtení prostojů, příprav a dalších činností při předpokladu, že nedojde k žádné nenadále události nebo poruše stroje. Přitom jsou to právě tyto činnosti, na něž je nutné se ve zvolených metodách zaměřit. Z tohoto důvodu budou časová data čerpána přímo z pracovišť a odborných úseků (sklad, plánování výroby).

Stejně jako v případě špagetového diagramu je celý výrobní proces obsažen v jednom grafickém zobrazení. Jednotlivé činnosti jsou seřazeny chronologicky a jejich barva označuje, o který díl sestavy se jedná. Řádky zobrazeny bíle pak popisují kroky prováděné na výrobku jako celku. Uražená vzdálenost v případě transportu byla odečtena webovým nástrojem ze satelitní mapy v katastru nemovitostí.

Při započítání reálných časů skladování rozpracované výroby bude docházet k velkému zkreslení výsledků, a proto je nutné tyto časy u finálního vyhodnocení procesní analýzy vynechat. Zahrnutí časů meziskladování by dávalo smysl v případě hromadné výroby v podmínkách JIT (Just-in-time), nicméně v podmínkách zakázkové výroby nejsou tyto časy relevantní. Lhůta pro dokončení zakázky je celkem 78 dní, což znamená, že skladování rozpracované výroby je samozřejmě a v rámci štíhlého řízení je prioritní se zaměřit spíše na eliminaci plýtvání ke snížení nákladů a ke vhodnému naplánování posloupnosti výrobních procesů.

Procesní analýza

Projekt: Šlapa (sestava)

Proces: Výroba

Typ vstupu: Material

Krok	Popis aktivity	Čas (minuty)	Vzdál. (metry)	Operace	Transport	Kontrola	Čekání	Skladování	VA,ENVA,NVA
				○	⇒	□	D	▽	Kategorie
1	Přijem materiálu	60		X					NVA
2	Transport	9	69		X				NVA
3	Dělení - pásová pila	102		X					VA
4	Transport	2	7		X				NVA
5	Skladování	26194						X	NVA
6	Skladování	3720						X	NVA
7	Řezání - Pierce RUR	54		X					VA
8	Kontrola	5				X			NVA
9	Manipulace	50			X				NVA
10	Transport	7	44		X				NVA
11	Broušení	42		X					VA
12	Skladování	9360						X	NVA
13	Řezání - Pierce RUR	16		X					VA
14	Kontrola	5				X			NVA
15	Manipulace	32			X				NVA
16	Transport	7	44		X				NVA
17	Broušení	23		X					VA
18	Soustružení	50		X					VA
19	Kontrola	2				X			NVA
20	Transport	4	92		X				NVA
21	Skladování - obrobna	10080						X	NVA
22	Frézování	250		X					VA
23	Kontrola	2				X			NVA
24	Odjehlení	12		X					VA
25	Skladování	12210						X	NVA
26	Transport	5	92		X				NVA
27	Frézování	357		X					VA
28	Kontrola	2				X			NVA
29	Odjehlení	15		X					VA
30	Skladování	16464						X	NVA
31	Transport	5	90		X				NVA
32	Transport	5	90		X				NVA
33	Transport	7	91		X				NVA
34	Svařování - kompletace	716		X					VA
35	Kontrola	30				X			NVA
36	Transport	10	90		X				NVA
37	Frézování	462		X					VA
38	Kontrola	2				X			NVA
39	Transport	10	98		X				NVA
40	Lisování pouzder	71		X					VA
41	Transport	11	82		X				NVA
42	Nástřik barvy	66		X					VA
43	Schnutí barvy	1440					X		ENVA
44	Výstupní kontrola	15				X			NVA
Počet celkem:				15	14	8	1	6	
Čas celkem:				2296	164	63	1440	78028	

Popis:

 Dílec POUZDRO
 Dílec BOČNICE
 Dílec VÝZTUHA
 Sestava

Celkem všech VA 14

Celkem všech NVA 29

Celkem všech ENVA 1

Čas všech VA 2236

Minut Čas NVA 78315

Minut Čas ENVA 1440

Minut

Vzdálenost celkem 889

Metrů Celkový čas 81991

Minut VS Ratio 2,727%

Obr. 19 Procesní analýza.

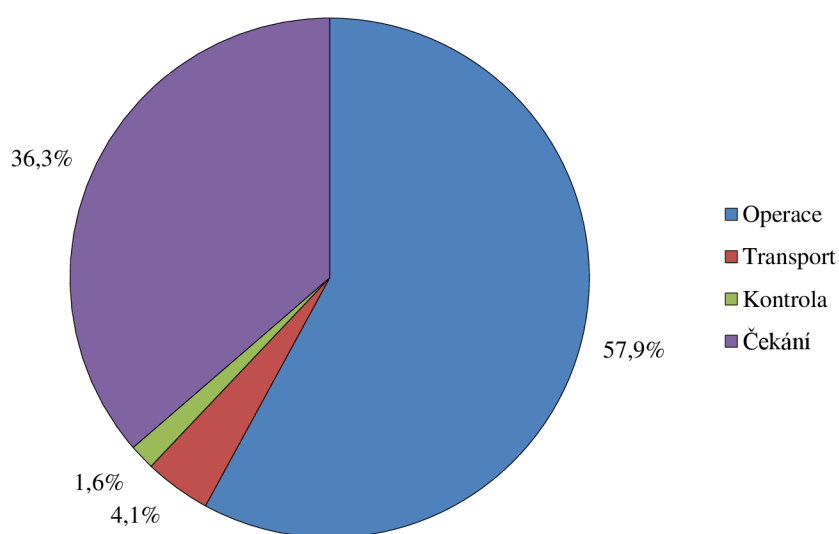
Vyhodnocení po odečtení skladovacích časů:

Celkem všech VA	14		Celkem všech NVA	23		Celkem všech ENVA	1	
Čas všech VA	2236	Minut	Čas NVA	287	Minut	Čas ENVA	1440	Minut
Vzdálenost celkem	889	Metrů	Celkový čas	3963	Minut	VS Ratio	56,422%	

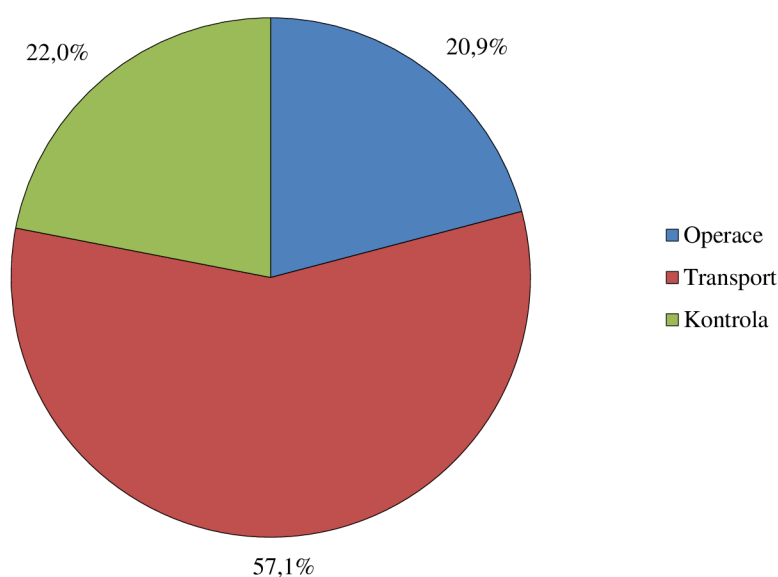
Obr. 20 Vyhodnocení procesní analýzy bez skladovacích časů.

Po odečtení skladovacích časů se posunul poměr mezi VA činnostmi a celkovým časem na 56,42 % z původních 2,73 % při zohlednění skladování. To znamená, že nadpoloviční většina celkového času zpracování zakázky je spotřebována aktivitami, které přímo přidávají hodnotu výrobku (změna tvaru materiálu, nanesení vrstvy, spojování).

Velké množství času zde zabírá také celodenní schnutí barvy, což je jediná aktivita při zpracování zakázky, která sice nepřidává hodnotu, ale nelze ji eliminovat. Po odečtení této aktivity zůstává zakázka omezena na výrobní operace, transport a kontrolu. V takovém případě vychází poměr mezi VA činnostmi a celkovým časem 88,63 %.



Obr. 21 Podíl typů činností na celkovém času zakázky po odečtení skladovacích časů.



Obr. 22 Procentuální rozdělení NVA činností.

Při důkladnějším rozboru NVA činností v grafu výše lze vidět, že většina těchto aktivit připadá na transport. U technologického rozmístění pracovišť se dají větší časy transportu předpokládat, nicméně část lze vždy ušetřit plánováním vhodné posloupnosti jednotlivých operací v závislosti na vzdálenosti pracovišť, především u objemných dílců, které je nutné přepravovat pomocí vozíků a je nutné využít dalšího pracovníka. V praxi to často znamená zpoždění výroby z důvodu čekání na vozík, případně hledání skladníka, a proto je vhodné sestavovat pro podobné zakázky alespoň provizorní předběžnou posloupnost činností a jejich předpokládanou dobu trvání.

Jedinou NVA aktivitou v kategorii operace je příjem materiálu, který trvá přibližně 60 minut a probíhá přímo na místě následného skladování materiálu a také u pracoviště řezacího stroje, což je velkou výhodou.

Další NVA aktivitou zabírající přibližně pětinu všech NVA aktivit jsou kontroly, u nichž velký prostor pro zeštíhlení nebo eliminaci není, neboť jsou voleny především na základě technologických norem a zkušeností technologů a pracovníků kvality.

Pozitivně lze hodnotit, že v podniku je rozmístěno více menších skladových ploch pro rozpracovanou výrobu, což znamená, že není potřeba po každé operaci znovu transportovat materiál do skladu rozpracované výroby. To by znamenalo významný nárůst časů transportu.

Do procesní analýzy nebyla zahrnuta oprava 3 kusů dílce bočnice z důvodu chyby v technologickém návrhu řezacího plánu. Toto bude blíže rozebráno v kapitole 2.3.

2.2.6 Snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne bude nejpodrobnějším prováděným měřením v rámci analýzy současného stavu. Vhodně doplňuje ostatní vybrané analytické metody, neboť zužuje zaměření na jediné, předem vybrané pracoviště a tím zvyšuje šanci objevení dalších zdrojů plýtvání.

Metodika zpracování a postupu měření se bude řídit kapitolou 1.4.4, ve které byla tato metoda teoreticky popsána.

a) Příprava

Pracoviště, na kterém bude měření probíhat, bylo již popsáno v kapitole 2.2.1. V této fázi zbývá tedy zvolit následující parametry:

- **Druh snímku** – v kapitole 1.4.4 byly jmenovány čtyři druhy snímku pracovního dne. Na volbě druhu snímku závisí především typ výsledků a výstupů, které z měření vzejdou, přičemž existují pracoviště, které umožňují provádět více než jeden druh snímkování. Pro zjednodušení lze ihned eliminovat vlastní snímek pracovního dne a hromadný snímek pracovního dne. Vlastní snímkování v tomto případě není vhodné, neboť obsluha se plně věnuje pracovní činnosti a hromadný snímek pracovního dne nelze provést, neboť ten předpokládá, že se snímkuje práce skupiny pracovníků, kteří pracují na odlišných úkolech, což není případ zvoleného pracoviště. Použitelným je v tomto případě snímek pracovního dne čtyř, který se zaměřuje na práci více pracovníků se stejnými úkoly. Na pracovišti sice je standardně jeden pracovník, nicméně v případě náročnějších operací při překládání plechových tabulí je potřeba asistence dalšího pracovníka, případně obsluhy vysokozdvizných vozíků. Tento druh snímkování by poskytl data o stupni využití dalšího pracovníka, nicméně jeho použitelnost naráží na fakt, že relevance jeho výsledků je nízká při snímkování činností pracovníka, který na pracovišti pouze vypomáhá. Problémové by bylo také zohlednění jeho primární pracovní činnosti, a proto byl jako nejvhodnější druh snímkování zvolen snímek pracovního dne jednotlivce.
- **Doba snímkování** – dalším krokem je vymezení doby, v rámci které bude snímkování probíhat. V podmínkách pravidelné výroby je tímto myšlena především volba pracovní směny. V praxi je zřejmé, že rozdílné směny budou vykazovat rozdílnou úroveň produktivity na základě vnějších, či vnitřních faktorů a tento fakt je také potřeba zahrnout do rozhodování. Na zkoumaném pracovišti se pracuje maximálně ve dvou směnách, a to sice ranních a odpoledních. Odpolední směny bývají dle potřeby výrobního plánu na rozdíl od ranních zkracovány, a proto se jeví ranní směna od 6 hodin do 14 jako nejvhodnější pro provedení měření.
- **Cíl měření** – nezbytným krokem přípravy je definovat cíl, kterého se má měřením dosáhnout. V tomto případě je důvodem provádění měření snaha získat nové informace o reálně prováděných činnostech na pracovišti, které lze kvantifikovat a vyhodnotit. Cílem je tedy získat vyhodnocená data o množství a druzích plýtvání na daném pracovišti, která se budou opírat o základní rozdělení činností do VA, NVA a ENVA.

b) Měření a zaznamenávání

Pozorovací list č. 1 pro snímek pracovního dne

Datum: Směna: Začátek měření:
 Pozorovatel: Pracoviště: Konec měření:
 Pracovník:

Krok	Postupný čas	Výpočet času			Symbol	Popis	Kategorie
		od	do	čas			
1	6:02:00	6:02:00	6:04:00	0:02:00	TD	Příchod na pracoviště	NVA
2	6:04:00	6:04:00	6:12:00	0:08:00	TC1	Organizace pracoviště	ENVA
3	6:12:00	6:12:00	6:17:00	0:05:00	TA1	Seřizování nulového bodu	ENVA
4	6:17:00	6:17:00	6:18:20	0:01:20	TA1	Obsluha programu	VA
5	6:18:20	6:18:20	6:19:40	0:01:20	TA1	Spuštění hořáku	VA
6	6:19:40	6:19:40	6:22:11	0:02:31	TA1	Kalibrace stroje	ENVA
7	6:22:11	6:22:11	6:22:30	0:00:19	TA1	Propalování	VA
8	6:22:30	6:22:30	6:24:06	0:01:36	TB1	Vypnutí hořáku, očištění	ENVA
9	6:24:06	6:24:06	6:25:55	0:01:49	TA1	Znovuspuštění	VA
10	6:25:55	6:25:55	6:26:40	0:00:45	T3	Pohyb po pracovišti	NVA
11	6:26:40	6:26:40	6:27:32	0:00:52	TA1	Regulace	VA
12	6:27:32	6:27:32	6:28:55	0:01:23	T3	Čekání na dokončení	ENVA
13	6:28:55	6:28:55	6:29:12	0:00:17	TA1	Propalování	VA
14	6:29:12	6:29:12	6:30:11	0:00:59	TB1	Konec cyklu, manuální čištění	ENVA
15	6:30:11	6:30:11	6:30:36	0:00:25	TA1	Spuštění, regulace	VA
16	6:30:36	6:30:36	6:31:14	0:00:38	T3	Pohyb po pracovišti	NVA
17	6:31:14	6:31:14	6:32:10	0:00:56	T3	Čekání na dokončení	ENVA
18	6:32:10	6:32:10	6:35:41	0:03:31	T3	Chůze po pracovišti, čekání	NVA
19	6:35:41	6:35:41	6:36:23	0:00:42	TE	Hledání nářadí	NVA
20	6:36:23	6:36:23	6:39:40	0:03:17	T3	Čekání na dokončení	ENVA
21	6:39:40	6:39:40	6:41:21	0:01:41	TA1	Regulace, konec cyklu	VA
22	6:41:21	6:41:21	6:42:03	0:00:42	TA1	Spuštění cyklu	VA
23	6:42:03	6:42:03	6:42:30	0:00:27	T3	Čekání	ENVA
24	6:42:30	6:42:30	6:43:40	0:01:10	TA1	Regulace	VA
25	6:43:40	6:43:40	6:44:35	0:00:55	T3	Čekání na dokončení	ENVA
26	6:44:35	6:44:35	6:49:04	0:04:29	TB1	Čištění	ENVA
27	6:49:04	6:49:04	6:50:20	0:01:16	TD	Rozhovor s pracovníkem	NVA
28	6:50:20	6:50:20	6:53:27	0:03:07	TA1	Regulace	VA
29	6:53:27	6:53:27	6:56:20	0:02:53	TA1	Spuštění cyklu, regulace	VA
30	6:56:20	6:56:20	7:04:50	0:08:30	T3	Čekání, chůze	NVA
31	7:04:50	7:04:50	7:06:12	0:01:22	TA1	Regulace	VA
32	7:06:12	7:06:12	7:12:01	0:05:49	TB1	Konec cyklu, obsluha jeřábu	ENVA
33	7:12:01	7:12:01	7:34:26	0:22:25	TA1	Start, kalibrace	VA
34	7:34:26	7:34:26	7:35:20	0:00:54	TD	Rozhovor s pracovníkem	NVA
35	7:35:20	7:35:20	7:39:14	0:03:54	TA1	Start nového cyklu, kalibrace	VA
36	7:39:14	7:39:14	7:52:40	0:13:26	T3	Čekání	ENVA

Obr. 23 Pozorovací list č. 1 pro snímek pracovního dne.

Pozorovací list č. 2 pro snímek pracovního dne

Datum: 14.04.2020 Směna: ranní Začátek měření: 6:00
 Pozorovatel: Adam Schwarz Pracoviště: Pierce RUR 3000 Konec měření: 13:52
 Pracovník: Pracovník 1

Krok	Postupný čas	Výpočet času			Symbol	Popis	Kategorie
		od	do	čas			
37	7:52:40	7:52:40	7:54:30	0:01:50	TB1	Konec cyklu, rozhovor s nadřízeným	NVA
38	7:54:30	7:54:30	8:06:01	0:11:31	TB1	Práce s jeřábem	ENVA
39	8:06:01	8:06:01	8:13:51	0:07:50	TA1	Start cyklu, propalování, regulace	VA
40	8:13:51	8:13:51	8:22:04	0:08:13	T3	Čekání, chůze	NVA
41	8:22:04	8:22:04	8:42:24	0:20:20	TA1	Regulace, propalování	VA
42	8:42:24	8:42:24	8:47:31	0:05:07	TD	Konec cyklu, rozhovor s pracovníkem	NVA
43	8:47:31	8:47:31	8:57:20	0:09:49	TB1	Obsluha programu, práce s jeřábem	NVA
44	8:57:20	8:57:20	9:01:23	0:04:03	TD	Rozhovor s pracovníkem	NVA
45	9:01:23	9:01:23	9:21:32	0:20:09	TE	Čištění zapalovací svíčky	ENVA
46	9:21:32	9:21:32	9:37:20	0:15:48	TA1	Start cyklu, propalování, regulace	VA
47	9:37:20	9:37:20	9:58:40	0:21:20	TB1	Práce s jeřábem	ENVA
48	9:58:40	9:58:40	10:32:10	0:33:30	T2	Polední přestávka	-
49	10:32:10	10:32:10	10:39:52	0:07:42	TB1	Přehřev, příprava	ENVA
50	10:39:52	10:39:52	10:47:20	0:07:28	T3	Čekání na přehřátí	ENVA
51	10:47:20	10:47:20	10:50:17	0:02:57	TA1	Propalování	VA
52	10:50:17	10:50:17	10:51:42	0:01:25	T3	Čekání	ENVA
53	10:51:42	10:51:42	10:59:20	0:07:38	TA1	Regulace, čištění, popisování	VA
54	10:59:20	10:59:20	11:11:17	0:11:57	T3	Čekání	ENVA
55	11:11:17	11:11:17	11:14:32	0:03:15	TA1	Regulace manuální	VA
56	11:14:32	11:14:32	11:18:31	0:03:59	TB1	Čištění dýzy	ENVA
57	11:18:31	11:18:31	11:21:41	0:03:10	TB1	Přehřev, čekání	ENVA
58	11:21:41	11:21:41	11:28:51	0:07:10	TB1	Regulace, čištění dýzy s demontáží	ENVA
59	11:28:51	11:28:51	11:35:20	0:06:29	T3	Čekání na přehřátí	ENVA
60	11:35:20	11:35:20	11:39:11	0:03:51	TA1	Regulace	VA
61	11:39:11	11:39:11	11:49:11	0:10:00	T3	Čekání	ENVA
62	11:49:11	11:49:11	11:58:20	0:09:09	TB1	Nastavování přehřevu	ENVA
63	11:58:20	11:58:20	12:00:52	0:02:32	T3	Čekání na přehřátí	ENVA
64	12:00:52	12:00:52	12:08:03	0:07:11	TB1	Regulace, čištění, propalování	VA
65	12:08:03	12:08:03	12:19:51	0:11:48	T3	Čekání	ENVA
66	12:19:51	12:19:51	12:23:38	0:03:47	TB1	Čištění dýzy, regulace	ENVA
67	12:23:38	12:23:38	12:34:25	0:10:47	TB1	Práce s jeřábem	ENVA
68	12:34:25	12:34:25	12:39:50	0:05:25	TB1	Rozhovor s technologem	NVA
69	12:39:50	12:39:50	12:52:10	0:12:20	TB1	Práce s jeřábem, čištění plochy	ENVA
70	12:52:10	12:52:10	13:17:28	0:25:18	TC1	Čištění stroje, přenastavení na další směnu	ENVA
71	13:17:28	13:17:28	13:26:11	0:08:43	TE	Čištění zapalovací svíčky	ENVA
72	13:26:11	13:26:11	13:51:20	0:25:09	TC1	Příprava tabule na další směnu	ENVA
73	13:51:20					Konec směny	

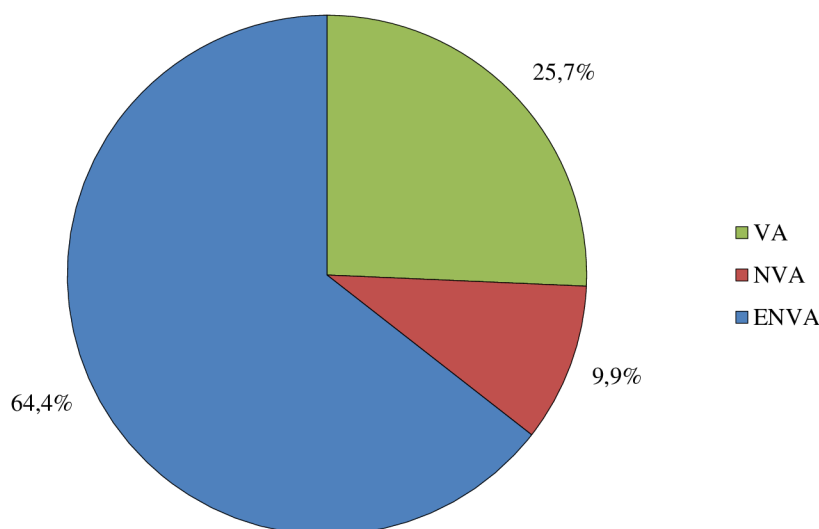
Celkem všech VA	23	Celkem všech NVA	13	Celkem všech ENVA	35
Čas všech VA	112	Čas NVA	43	Čas ENVA	281
	Minut		Minut		Minut
		Celkový čas bez přestávky	469	VS Ratio	25,797%
			Minut		

Obr. 24 Pozorovací list č. 2 pro snímek pracovního dne.

Během měření bylo dbáno na konzistentní rozdělení všech operací na jednotlivé úkony, nicméně některé technologicky velmi podobné úkony byly slučovány do jedné operace, neboť se tato metoda zaměřuje především na odhalení plýtvání a jejím cílem není podrobný rozbor technologických postupů. Zjednodušeně – čas, během kterého pracovník vykonává pracovní úkon je časem, který přidává hodnotu. Rozdělení úkonů tak, aby mohly být správně zařazeny mezi práci jednotkovou, dávkovou a směnovou zůstalo zachováno.

c) Vyhodnocení

Snímek pracovního dne se zaměřuje na kvantifikaci činností pracovníka, nikoliv stroje, a proto jsou jako ENVA činnosti klasifikovány i ty, kdy stroj provádí výrobní operaci a přidává produktu hodnotu, nicméně pracovník v tuto chvíli pouze čeká na dokončení cyklu.



Obr. 25 Grafické zobrazení podílu VA, NVA a ENVA činností na celkovém času směny.

Z grafu výše je patrné, že většina času připadá na ENVA činnosti, což je dáno charakterem pracoviště. Jedná se o stroj, který velkou část svého pracovního cyklu funguje bez potřeby zásahu pracovníka. Čekání na dokončení automatizovaného cyklu je také největší částí všech ENVA aktivit. Další významnou ENVA činností je práce s jeřábem, která zabírá přibližně čtvrtinu čas tohoto druhu aktivity.

Mezi NVA aktivitami nebyly zjištěny významné nedostatky. Byla naměřena přibližně minutová ztráta způsobená hledáním náradí, která se dá z hlediska hodnocení výsledků zanedbat, nicméně poukazuje na částečně nevhodnou organizaci pracoviště a v jiných situacích by mohla zapříčinit mnohem větší ztráty času. Je nutné zmínit, že velká část NVA aktivit připadá na rozhovory s pracovníky, nicméně tyto činnosti byly naměřeny téměř pokaždé během automatického chodu stroje, což znamená, že nemají reálný dopad na výkonnost výroby.

Mezi VA aktivity byly zařazeny ty činnosti, kterými se pracovník aktivně podílí na práci na pracovišti a zároveň tato práce zvyšuje hodnotu výrobku. Jsou to především obsluha řídicího panelu, startování plamene, regulace řezání.

Při předpokladu, že ENVA činnosti nelze eliminovat a zároveň, že se nebudou do NVA aktivit počítat nežádoucí činnosti pracovníka prováděné během automatického chodu stroje, zůstává 10 minut a 51 sekund čistých NVA aktivit, což odpovídá 2,3 % celkového času směny. V porovnání s dosavadními 9,9 % celkového času je to značný úbytek.

Pro detailnější rozbor byly naměřené časy rozděleny do kategorií dle tabulky 8.

Tab. 8 Charakteristika spotřeby času [30].

Typ času	Označení	Popis	Příklad
Čas jednotkové práce	T_{A1}	Pracovní činnost vztahující se k jednotce produkce.	Frézování dílce.
Čas dávkové práce	T_{B1}	Pracovní činnost vztahující se k jedné výrobní dávce.	Transport palety s dokončenou dávkou, čtení dokumentace.
Čas směnové práce	T_{C1}	Pracovní činnost vztahující se k celé směně.	Příprava pracoviště na směnu, porada.
Čas práce	T_1	Všechny činnosti směřující ke splnění pracovního úkolu u dané operace nebo činnosti.	–
Čas obecně nutných přestávek	T_2	Nutné časy přerušení pracovní činnosti upravené zákoníkem práce.	Polední přestávka.
Čas podmíněně nutných přestávek	T_3	Nečinnost pracovníka podmíněně používanou technikou a technologií.	Čekání na dokončení automatického cyklu.
Osobní ztráty času	T_D	Časové ztráty zaviněné pracovníkem.	Pozdní příchod, telefonování.
Čas technicko-organizačních ztrát	T_E	Ztráty způsobené nedostatky v technickém a organizačním zajištění pracoviště.	Vada stroje, špatně zorganizované pracoviště.
Čas ztrát celkem	T_Z	Součet časových ztrát.	–
Čas směny	T	Součet tučně zvýrazněných časů.	–

Tab. 9 Vyhodnocení naměřených časů.

Typ času	Označení	Bilance celkového času	
		Minuty	Procentuální podíl na směně
Čas jednotkové práce	T _{A1}	113	24,0 %
Čas dávkové práce	T _{B1}	128	27,3 %
Čas směnové práce	T _{C1}	58	12,5 %
Čas práce	T₁	299	63,8 %
Čas obecně nutných přestávek	T₂	34	7,1 %
Čas podmíněně nutných přestávek	T₃	94	20,0 %
Osobní ztráty času	T _D	13	2,8 %
Čas technicko-organizačních ztrát	T _E	30	6,3 %
Čas ztrát celkem	T_Z	43	9,1 %
Čas směny	T	469	100,0 %

Pomocné ukazatele založené na naměřených časech byly vypočteny dle vztahů [31, 32]:

Možné zvýšení produktivity práce při odstranění zbytečné spotřeby času pracovníka:

$$K_5 = \frac{T_2 - T'_2 + T_D}{T - (T_2 - T'_2 + T_D + T_E)} \cdot 100 \quad (1)$$

$$K_5 = \frac{34 - 44 + 13}{469 - (34 - 44 + 13 + 30)} \cdot 100 = 0,69 \%$$

kde:

T_2 ... čas obecně nutných přestávek [min]

T'_2 ... čas přestávky + čas na osobní potřebu = $T_2 + 10$ min = 44 min

T_D ... osobní ztráty času [min]

T ... čas směny [min]

T_E ... čas technicko-organizačních ztrát [min]

Možné zvýšení produktivity práce při odstranění zbytečné spotřeby času technicko-organizačními ztrátami:

$$K_6 = \frac{T_E}{T - (T_2 - T'_2 + T_D + T_E)} \cdot 100 \quad (2)$$

$$K_6 = \frac{30}{469 - (34 - 44 + 13 + 30)} \cdot 100 = 6,88 \%$$

Celkové možné zvýšení produktivity práce:

$$K_7 = K_5 + K_6 \quad (3)$$

$$K_7 = 0,69 + 6,88 = 7,57 \%$$

Výsledek výpočtů potvrzuje vyhodnocení VA, NVA, ENVA činností, a sice že nedochází k významnému plýtvání vinou pracovníka, ale spíše technicko-organizačních ztrát. Ve vztahu 1.1 byl navíc zohledněn pomocný čas T'_2 , do kterého se promítá čas osobní potřeby pracovníka, což znamená, že výsledek se bude více blížit realitě.

2.3 Rozbor zjištěných problémů

V této části budou vyjmuty a blíže rozebrány nedostatky, které byly nalezeny v provedených analýzách.

2.3.1 Mapa plýtvání

Nástrojem, který pomůže lépe separovat a kategorizovat zjištěné nedostatky je mapa plýtvání. V mapě jsou zjištěné nedostatky posuzovány ve vazbě k plýtvání. Eliminace plýtvání je jedním z hlavních klíčů ke štíhlému podniku, proto je plýtvání považováno za největší negativum vybraných problémů.

V mapě plýtvání lze také rozpoznat silné stránky podniku podle oblastí, v nichž se plýtvá méně, či vůbec. Tyto silné stránky opět korespondují s charakterem výroby v podniku. Absence nadprodukce je pochopitelná, neboť podnik produkuje kusově a malosériově vyráběné produkty na zakázku a počet vyrobených kusů se rovná počtu požadovaných kusů plus jeden, či dva testovací prototypy.

Nedostatky nebyly zjištěny ani v oblasti špatného zpracování, i když zde je nutné zmínit, že pouze v případě vybraného výrobního reprezentanta. Nelze vyloučit, respektive je pravděpodobné, že k tomuto plýtvání bude v menší míře vždy docházet, nicméně předcházení tomuto problému nelze standardizovat a fakt, že toto plýtvání nebylo v případě vybraného produktu odhaleno, je dobrým indikátorem.

Tab. 10 Mapa plýtvání.

Mapa plýtvání		
Druh plýtvání	Popis	Příčina
Nadprodukce	–	–
Zásoby	Nadměrné zásoby plechových tabulí	Plánování výroby – nákup materiálu
Opravy a neshodné výrobky	Špatně navržený řezací plán – neshodné výrobky	Technologický návrh
Zbytečné pohyby	Uspořádání pracoviště Pierce RUR – nářadí	Organizace pracoviště
Špatné zpracování	–	–
Prostoje a čekání	Problém se zapalovací svíčkou	Závada stroje
	Čekání na obsluhu vysokozdvížného vozíku	Plánování výroby
Manipulace a doprava	Organizace plechových tabulí ve stozích	Plánování výroby – odbyt materiálu

2.3.2 Dílčí problémy

a) Nadměrné zásoby plechových tabulí

Na obrázku 13 a na layoutu dílny na obrázku 15 lze vidět umístění stohů plechových tabulí. Plechové tabule, které slouží jako výchozí vstupní materiál pro vybrané pracoviště, jsou stohovány na sobě a odděleny dřevěnými klíny. Tento nedostatek byl zařazen mezi plýtvání způsobené zásobami, neboť se ve stozích nachází velké množství jakosti tabulí, které jsou nevyužity, ani není jejich využití plánováno v příštích zakázkách.

Tento problém je do velké míry ovlivněn nabídkou dodavatele plechových tabulí a spadá pod problematiku činnosti oddělení nákupu. Nadměrné zásoby tabulí vznikají téměř výhradně tak, že se nakoupí větší množství (rozměr nebo více kusů) jakosti polotovaru, než je potřeba pro kompletaci zakázky. To se děje především ze dvou důvodů:

- atraktivnější ceny u dodavatele při odběru většího množství,
- podmínka odběru minimálního množství materiálu, které je podstatně větší, než je požadováno.

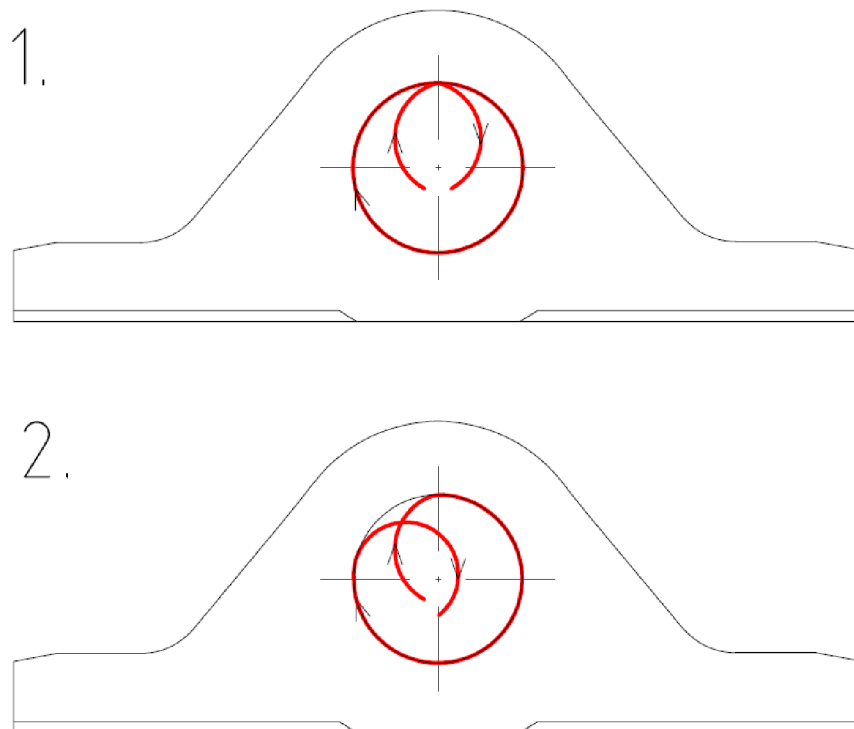
Tyto nadměrné zásoby se sice v některých případech v blízké době spotřebují na další zakázce, nicméně po pozorování a konzultaci s pracovníky bylo zjištěno, že některé jakosti tabulí mohou být uskladněny několik měsíců, přičemž náklady ušetřené zakoupením levnějšího materiálu jsou již dávno převáženy náklady na dodatečnou manipulaci při překládání těchto tabulí.

b) Špatně navržený řezací plán – neshodné výrobky

Tento problém spadá pod kompetenci technologa, který má na starost navrhnout řezací plán pro stroj na základě výkresové dokumentace. Zde je potřeba do velké míry předvídat průběh operace a předcházet tak možným neshodným výrobkům. V tomto případě došlo ke špatnému navržení dráhy hořáku při řezání otvoru. Na obrázku 26 lze vidět porovnání navržené trajektorie a správného typu trajektorie pro řezání otvoru.

Po propalu skrz materiál se pohybuje hořák po obloukové dráze, aby se napojil na dráhu výřezu otvoru. Správně navržený plán počítá s tím, že v důsledku částečného natavení materiálu musí hořák ukončit pohyb po kružnici o něco dříve a vrátit se zpět dovnitř kruhu. Vznikne tak malý přebytek materiálu a s jeho úběrem se počítá v příští operaci frézování.

Pokud se bude hořák pohybovat jako v 1. variantě, dojde k nadměrnému natavení materiálu v exponovaném místě na vrcholu kružnice, čímž vznikne trhlina, kterou je následně nutné opravit svařováním.



Obr. 26 Trajektorie pohybu hořáku. 1. – neshodný výrobek; 2. – správná varianta.

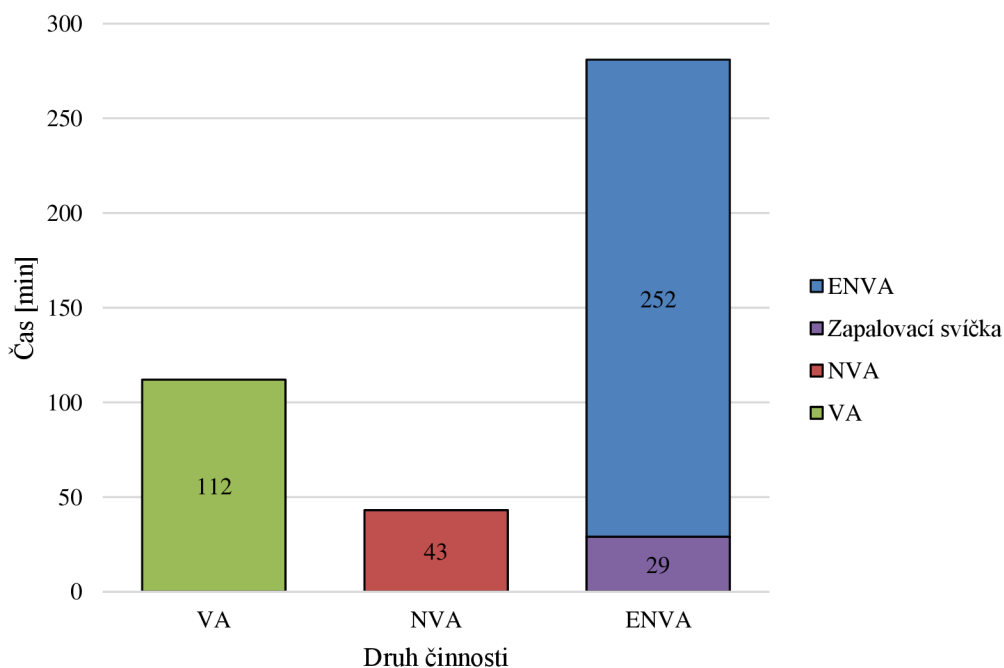
c) Uspořádání pracoviště Pierce RUR – nářadí

Na výše zmíněném pracovišti bylo zjištěno špatné uspořádání pracovních pomůcek a nářadí, které má vliv nejen na plynutí časem, ale i bezpečnost práce. Jedná se především o nástroje potřebné k údržbě stroje – čisticí ocelové kartáče, šroubováky a klíče pro demontáž hořáku nebo svíčky. Tyto nástroje jsou umístěny jednak u stolu obsluhy a také v zadní části stroje, přičemž ani jedno z těchto umístění nemá pracovník po ruce a musí si nástroje nosit přímo k ovládacímu panelu. Zde není dostatečný prostor pro umístění těchto nástrojů, dochází k pokládání na pracovní plochu během chodu stroje, což narušuje bezpečnost pracovníka a práce.

d) Problém se zapalovací svíčkou

Tento problém byl nejvýznamnější z hlediska spotřeby času při měření snímku pracovního dne. Jeho příčinou je závada na stroji (kontakt spoje zapalovací svíčky a kabeláže). V důsledku této chyby musí pracovník spouštět opakovaně plamen hořáku, přičemž v některých případech musel použít externí zápalné zařízení. I v případě úspěšného zažehnutí se zapalovací svíčka nadměrně zanáší a musí se čistit, což není normální jev a spotřebovává se tak dodatečný čas demontáží systému zapalování.

V grafu na obrázku níže lze vidět, jaký podíl má řešení problému se zapalovací svíčkou na celkovém času ENVA aktivit a jeho srovnání s činnostmi VA a NVA. Obzvláště při srovnání s časem NVA aktivit je jasné, že se jedná o nezanedbatelné množství časové ztráty. Pokud by se podařilo tuto ztrátu úplně eliminovat, zvýšila by se produktivita na tomto pracovišti o 6,88 %, jak je uvedeno ve vztahu 1.2. v kapitole 2.2.6.



Obr. 27 Srovnání naměřených časů snímku pracovního dne.

e) Čekání na obsluhu vysokozdvížného vozíku

K tomuto druhu plýtvání dochází při transportu objemných výrobků, které je nutné dopravovat pomocí vysokozdvížného vozíku na jiné pracoviště nebo v rámci jednoho pracoviště. V takovou chvíli jsou materiál i obsluha na pracovišti připraveni, ale musí čekat, případně shánět pracovníka vysokozdvížného vozíku. Dochází k plýtvání aktivním směnovým časem pracovníků a zpoždění výroby.

Jádrem problému je nedostatečná organizace práce obsluhy VZV, která funguje prakticky na pokyn z daného pracoviště. Tento pokyn přichází často až ve chvíli, kdy je materiál připraven, nikoliv v předstihu a není výjimkou, že pokyn přijde z více pracovišť zároveň, čímž se zpoždění prodlužuje.

f) Organizace plechových tabulí ve stozích

Tento zjištěný nedostatek je nejsložitějším logistickým problémem v rámci manipulace a skladování v podniku. Jak již bylo zmíněno – plechové tabule se skladují v šesti stozích, přičemž čtyři z nich jsou primární pro nové tabule od dodavatele a dva menší sekundární pro zbytkový materiál. Tabule jsou mezi sebou oddělené dřevěnými špalíky a nejčastěji používaným prostředkem pro manipulaci s nimi je břemenový magnet. Pro hmotnější tabule se používá vysokozdvížný vozík.

Hlavním problémem je zde pořadí tabulí ve stozích. Pořadí není nijak standardizováno ani určováno oddělením plánování výroby a dochází tak často k velkým časovým ztrátám při překládání tabulí za účelem získání přístupu k níže umístěným tabulím. Počet tabulí ve stohu je zpravidla 3–10, což znamená, že byly zpozorovány až dvouhodinové ztráty při manipulaci s větším počtem polotovarů.



Obr. 28 Stohování plechových tabulí.

3 NÁVRH ZLEPŠENÍ

3.1 Nákupní činnost

Tento bod zlepšení se týká nadměrných zásob polotovarů. V kapitole 2.1 bylo zmíněno, že nedílnou součástí štíhlé logistiky je výběr dodavatelů a zajištění zdrojů pro výrobu. Po splnění podmínek štíhlé logistiky je požadovaným stavem plynulý a vyvážený tok, popsáný ve stejné kapitole.

Princip vyváženého toku říká, že zásoby by měly být podřízeny kapacitě a vytížení následujícího pracoviště. Tímto pracovištěm je řezací stroj, na němž je pořadí pracovních činností jasně dáno podnikovým systémem. Zároveň by měl být celý výrobní systém maximálně orientován na koncového zákazníka, což je v rozporu s objednáváním většího množství polotovarů do zásoby, byť jsou podmínky k nákupu výhodné.

V rámci filozofie štíhlé logistiky by mělo oddělení nákupu dodržovat následující pravidla:

- pokud není podmínka minimálního odběru, nakupovat vždy pouze potřebné množství pro danou zakázku a s nevyužitým zbytkem ihned po dokončení naložit, jak je uvedeno níže,
- v případě podmínky minimálního odběru materiálu nakoupit toto množství a nevyužitý zbytek separovat na samostatnou skladovací plochu k tomuto účelu (rozebráno v kapitole 3.4) nebo v případě nepoužitelného zbytku recyklovat do odpadu.

3.2 Uspořádání pracoviště

Na základě zjištěných nedostatků v rámci organizace pracoviště se jeví jako velmi vhodné uplatnění zásad 5S, zmíněných v kapitole 1.2. Výhodou této metody je, že poskytuje konkrétní kroky ke zlepšení produktivity, bezpečnosti a celkovému zeštíhlení pracoviště. Hlavními zjištěnými slabinami jsou:

- špatné uspořádání pracovních pomůcek,
- nedostatečně vyčištěné pracovní plochy,
- nepotřebné věci na pracovních a pomocných plochách.

Naopak nedostatky nebyly zjištěny v oblasti ochranných prvků nebo použití vizualizace a schémat pracovních postupů.

Návrh zlepšení založený na metodě 5S:

1. **Seiri (setřídít)** – zvolit potřebné položky a nástroje a zbytek odstranit nebo odložit na určené místo. V tomto ohledu je potřeba především rozšířit dosavadní základní pracovní nástroje o méně používané, ale přesto využívané. V současnosti používá pracovník jen základní nástroje pro čištění pracovní plochy a komponent stroje – doporučuje se rozšířit o nástroje pro demontáž trysky, hořáku. Jejich hledání je nezanedbatelnou součástí celkové ztráty času.

2. **Seiton (systematizovat)** – v tomto kroku je potřeba pro výše uvedené pomůcky zvolit jasně dané umístění. Doporučuje se použít současný plechový box pro nářadí, který je velikostně dostatečný.
3. **Seiso (společně čistit)** – na plochách pracovního stolu (určený ke čtení dokumentace atd.) a ploše plechového boxu, stejně jako uvnitř něho, bylo zjištěno velké množství nepotřebných věcí (prázdných krabic s nářadím, použité rukavice, neuspořádané pomůcky). V dalších částech pracoviště byly nalezeny zbytky plechových tabulí. Třetím krokem je výše zmíněné uspořádat a vyčistit plochy.
4. **Seiketsu (standardizovat)** – proškolit oba pracovníky řezacího stroje o novém uspořádání pracoviště a nástrojů.
5. **Shitsuke (stále zlepšovat)** – dohlížet na dodržování nových pravidel.

3.3 Údržba stroje

Zatímco nejvýznamnější hrozby na řezacím stroji jsou vyřešeny dobře (zanesení trysky hořáku a možné znehodnocení celého výrobku) a personál jim důsledně předchází, snímkování pracovní činnosti odhalilo méně závažné, ale stále nebezpečné nedostatky, které jsou přehlíženy.

Tento návrh reaguje především na zjištěný problém se zapalovací svíčkou hořáku. Příčina i řešení této chyby jsou shrnuty v metodě TPM, rovněž zmíněné v kapitole 1.2. Výrobní provoz v klasickém pojetí počítá s oddělením údržby a pevně danými intervaly kontroly a opravy strojů. Bohužel dochází k tomu, že závada vznikne na části stroje, kterému se údržba normálně nevěnuje (v tomto případě se údržba především zaměřuje na trysky hořáku, rošt hlavní pracovní plochy a vyčištění prostoru pod roštem). Obsluha stroje v praxi není nijak motivována řešit tyto závady a není to ani v její kompetenci.

Způsob předcházení takovému problému ukazuje metoda TPM, která přímo předpokládá, že pracovník stroje, jakožto osoba, která u něho tráví nejvíce času, je nejpovolavější k tomu, aby dokázal rozlišit a ihned nahlásit abnormalitu. Čím dříve se závada začne řešit, tím menší časové ztráty nastanou a podstatně se sníží možnost úplného výpadku stroje.

Body pro zavedení zlepšení s využitím TPM:

- vyhodnocení vážnosti závady zapalování a její urychlené odstranění,
- určení a zajištění potřebných prostředků (nástrojů, náhradních dílů) pro řešení poruchy zapalování v budoucnu,
- zavedení systému okamžitého upozornění v případě vážnější závady, u které se předpokládá, že bude mít vliv na zpoždění výroby (telefon již na pracovišti je),
- zavedení pravidelného reportu o stavu stroje pro méně vážné závady.

3.4 Organizace manipulačních procesů

Při řešení problému s čekáním na obsluhu VZV lze opět využít prvky štihlého podniku zmíněné v kapitole 1.2 a 1.3. Těmito prvky jsou týmová práce, vyvážený tok a štihlá logistika.

Zapojení prvku týmové práce je důležité pro odstranění nežádoucích individualit, zejména v případech, kdy pracovníkův hlavní cíl je zajistit co nejrychlejší odbyt materiálu pro jeho vlastní pracoviště v zájmu plnění výrobního plánu, ale přitom je přehlížena zásada plynulého toku v rámci celého výrobního systému. Pokud není jasně stanoven plán práce pro pracovníky manipulační techniky, dochází v praxi k velkým prostojům a nepotřebným přesunům mezi pracovišti.

Štihlá logistika se zaměřuje na materiálový a informační tok a jedním z cílů je právě efektivní využívání času pracovníků.

Řešením je využít principu tahu (pull) a pro každou směnu vyhotovit dle podnikového informačního systému rozpis časů (alespoň orientační), ve kterých bude na jednotlivých pracovištích končit výroba dávky a bude potřeba transportovat materiál na další pracoviště nebo sklad. Stejně tak se do tohoto rozpisu zaznamenají časy, ve kterých bude potřeba v dostatečném předstihu vyzvednout materiál ze skladovacích prostor pro další výrobu.

Možné kolize časů se vyřeší rovnou, přičemž vyšší prioritu dostávají operace, u nichž je větší míra plýtvání podnikovými prostředky (čekání se zapnutým strojem, prostoje více pracovníků).

Druhy pracovních činností obsluhy VZV rozdělené podle důležitosti:

- **primární** – pracovní úkony dle rozpisu práce. Jsou spjaté především s výrobními operacemi.
- **sekundární** – pracovní úkony mimo rozpis práce. Pomocné činnosti (překládání materiálu, uvolňování místa ve skladu), dodatečná manipulace.

3.5 Organizace polotovarů ve stozích

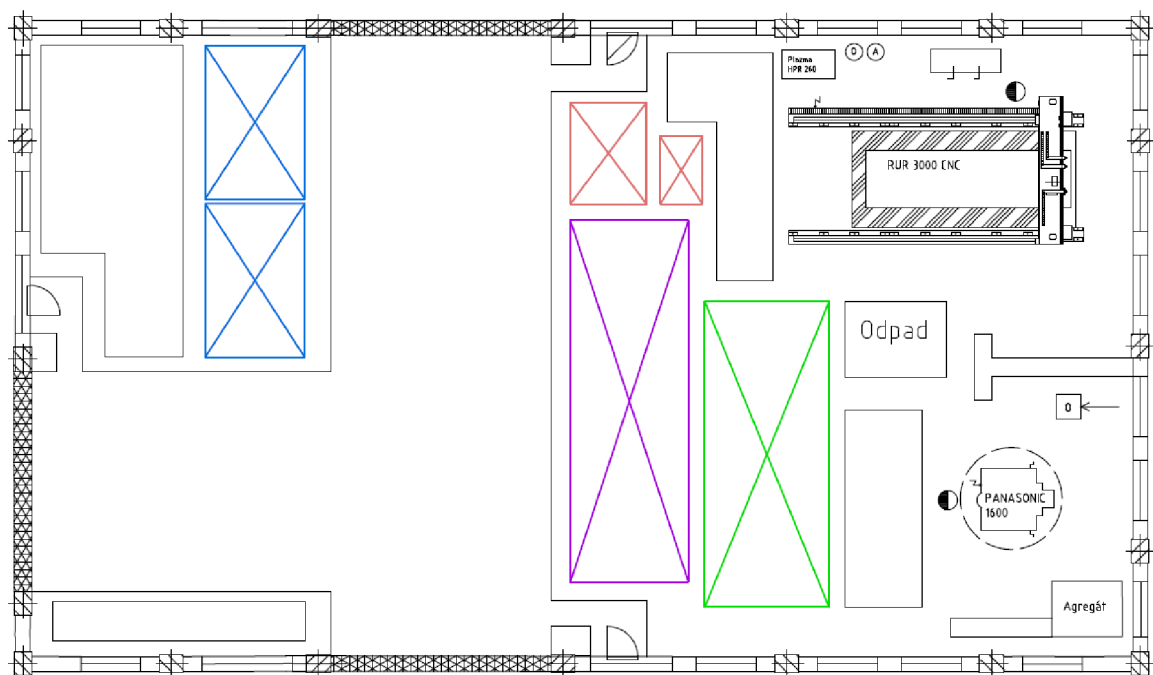
Tento návrh přímo reaguje na poslední bod v kapitole 2.3.2, tedy problém s uspořádáním tabulí ve stozích. Návrh komplikuje fakt, že kdykoliv je potřeba dostat se k níže umístěné tabuli, znamená to značné časové ztráty způsobené překládáním tabulí.

Při navrhování nového řešení je vhodné využít principy štihlé logistiky, konkrétně metody LIFO (Last In First Out), v překladu poslední dovnitř – první ven, variace známé metody FIFO (First In First Out – první dovnitř, první ven), což je elementární zásada štihlé logistiky v případě skladování. Ve zjednodušeném pojetí LIFO znamená zásobník. V jakém pořadí jsou do zásobníku položky vloženy, v takovém pořadí jsou odebírány, počínaje poslední vloženou položkou [33].

Podnik již v současnosti aktivně využívá pro plánování výroby informační systém a plán výroby na pracovišti vždy naplánován na přibližně 14 dní. Z těchto dat lze sestavit pořadí typů a jakostí polotovarů a v takovém pořadí je vložit do zásobníku. Ze zásobníku budou polotovary odebírány v daném pořadí, k čemuž stačí pouze obsluha řezacího stroje. Do výše zmíněného plánu pracovní činností obsluhy VZV budou pravidelně zaváděny pokyny doplnění zásobníku tak, aby tento proces proběhl s dostatečnou časovou rezervou.

Na základě těchto předpokladů bylo navrženo změnit současný systém šesti stohovacích míst, který byl tvořen dvěma místy pro zbytkový materiál a čtyřmi neseřazenými pro všechny ostatní tabule. Nově navržený systém, zobrazený níže, má následující vlastnosti:

- **Zbytkový materiál** – zůstává nezměněno. Dva menší stohy pro zbytkové tabule menších rozměrů.
- **Hlavní zásobník** – z tohoto stohu bude odebírán primární materiál na pracoviště. Polotovary v něm již budou v pořadí, ve kterém probíhá výroba.
- **Vedlejší zásobník** – slouží jako zdroj materiálu pro hlavní zásobník a zároveň jako místo pro složení přijatých polotovarů od dodavatele. Tabule zde nejsou seřazeny.
- **Nepoužívané tabule** – zbytkový materiál větších rozměrů a méně používané jakosti polotovarů, u nichž se nepředpokládá, že budou v blízké době používány.



LEGENDA:



Zbytkový materiál



Hlavní zásobník



Vedlejší zásobník



Nepoužívané
tabule

Obr. 29 Návrh nového uspořádání stohů plechových tabulí.

4 POPIS PŘÍNOSŮ VYPLÝVAJÍCÍCH Z NÁVRHŮ

V této části budou popsány benefity plynoucí z jednotlivých navržených řešení. U jednotlivých, výše uvedených bodů návrhu bude posouzena užitečnost a základní podmínky realizace.

a) Nákupní činnost

Hlavní přínosy nové organizace nákupní činnosti spočívají především ve snížení vázanosti kapitálu v zásobách a ve standardizování procesu nákupu. Standardizací se zamezí možným budoucím pochybením pracovníků nákupního oddělení, jejichž rozhodování je v současnosti založeno na zkušenostech a odhadu. Celý pracovní proces bude zjednodušen a potenciální ztráta, která by firmě vznikla tím, že nenakoupí materiál s množstevní slevou, se s přesahem vykompenzuje ušetřením nákladů za zbytečnou manipulaci a logistické problémy s nadbytečným materiálem.

Návrh je také úzce spjat s posledním bodem návrhu (nová organizace tabulí ve stozích) a přímo počítá s jeho využitím. Pokud se sníží množství nadbytečných zásob tabulí, sníží se také potřebný čas a náklady na manipulaci s nimi při překládání.

b) Uspořádání pracoviště

Nová organizace pracoviště s využitím metody 5S vede ke zlepšení bezpečnosti a jednoduchosti pracoviště, čímž napomáhá ke zvýšení produktivity v rámci výrobního řetězce.

Při bližším rozboru každého prvku tohoto návrhu je jasné, že náklady na jeho zavedení jsou minimální a rovnají se nákladům na čas pracovníků, kteří budou angažováni v uspořádání pracoviště (uspořádání, čištění, školení, standardizace), případně lze přičíst náklady na pořízení nového boxu na nářadí.

V případě setřídění a doplnění pracovních nástrojů se předpokládá nezanedbatelná časová úspora v hledání nářadí pracovníkem. Systematizace a standardizace zase napomůže k vyšší bezpečnosti práce. Skutečnost, že pracovník nebude muset improvizovat a hledat pracovní pomůcky, případně je nahrazovat jinými, povede k eliminaci nevynucených pauz výrobního cyklu během chodu stroje.

c) Údržba stroje

Současný model údržby stroje je založen na zapisování hodin provozu stroje a servisních zásazích v pravidelných intervalech založených na tomto zápisu.

Návrh nového způsobu údržby stroje je doplňkem k dosavadnímu stavu. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3, současný model vhodně řeší nejčastější a typické závady, ale nebere v potaz minoritní závady, takže pro tyto problémy není vytvořena jasná metodika postupu a jak jim předcházet.

Náklady návrhu budou na čas pracovníků (proškolení, určení a zajištění potřebných prostředků, vedení pravidelného reportu) a na samotné zakoupení náhradních dílů a prostředků.

Předpokládá se, že nový způsob údržby stroje založený na metodě TPM bude zvyšovat produktivitu pracoviště v jednotkách procent, bude značně snižovat riziko úplného výpadku stroje z důvodu zanedbání vady a zlepšovat komunikaci mezi pracovníky a managementem.

Důležitá je důslednost v dodržování nového způsobu údržby stroje, a to v pravidelném sepisování reportu o vadách a udržování aktuálních prostředků a náhradních dílů na pracovišti.

d) Organizace manipulačních procesů

Kromě prostředků ruční manipulace s materiálem (vozíky, pojízdné palety) disponuje podnik jedním vysokozdvížným vozíkem. Po provedených měřeních a zhodnocení nebyla shledána nutnost rozšiřování o další VZV nebo pracovníka. Problémy s časovými ztrátami při čekání mají příčinu v plánování práce obsluhy VZV a bylo doporučeno zavést novou metodiku organizace práce v této oblasti.

Hlavním přínosem nového návrhu organizace manipulačních procesů s VZV je jasná standardizace a zjednodušení práce, která byla do současnosti nesystematická. Pokud budou činnosti pracovníka VZV dopředu naplánované a jasně definované, uspoří se značné množství času zbytečné manipulace a eliminuje se riziko, že bude jakékoliv pracoviště čekat na odbyt nebo příjem materiálu. Pracovník bude přesně vědět, jaké činnosti v jakém čase má provést a výrazně se sníží množství možných problémů v komunikaci.

Jediným reálným nákladem tohoto návrhu je čas pracovníka plánování, který vyhotovuje rozpis časů pro obsluhu VZV. Stejně jako u předcházejícího návrhu i zde je velmi důležitá důslednost v dodržování zavedeného postupu, především v plánování a vyhotovování rozpisu časů.

e) Organizace polotovarů ve stozích

Tento návrh zlepšení se opírá o zásady štíhlé logistiky a zásady LIFO. Šest současných stohovacích míst bude rozčleněno mezi čtyři kategorie zásobníků (viz kapitola 3.4).

Náklady na zavedení řešení se opět budou rovnat pouze času pracovníků, kteří budou zodpovědní za pravidelné zásobování hlavního zásobníku materiálem pomocí zařazení této činnosti do rozpisu činnosti obsluhy VZV (viz výše). Náklady na provoz a amortizaci VZV při reorganizaci stohů lze zanedbat, neboť jsou jednorázové.

Naopak benefity plynoucí z nové organizace tabulí plechu jsou především rozsáhlé časové úspory při překládání materiálu za účelem vyskladnit níže umístěné tabule v neorganizovaném stohu. Dalším přínosem je opět zjednodušení metodiky práce na pracovišti řezacího stroje. Pracovník řezacího stroje bude již plně nezávislý na obsluze VZV, neboť materiál pro svoji práci má v pořadí nachystán v zásobníku, z něhož si tabule přesouvá s pomocí jeřábu na pracovní plochu. Větší množství nepravidelných manipulačních úkonů obsluhy VZV bude sloučeno do jednoho delšího, u kterého se předpokládá, že v součtu bude časově pro jedno naplnění zásobníku minimálně o polovinu kratší než u dosavadního pracovního postupu.

Možnou hrozbou a rizikem nového modelu je situace, kdy v hlavním zásobníku dojde materiál a pracoviště bude další tabuli potřebovat ještě před tím, než bude zásobník doplněn. Ani v tomto případě ale nedojde k vážnějšímu dopadu na výrobní produktivitu – postup bude

stejný jako před zavedením zlepšení. Obsluha VZV vychystá cíleně jednu tabuli pro pracoviště a pokračuje dál ve svém harmonogramu práce.

Podmínky pro realizaci jsou splněny – návrh počítá se současnou podobou plánování výroby pomocí podnikového systému a horizontem 14 dní (v případě řezacího pracoviště). Objem výroby se nemění, takže není potřeba prozatím počítat s rozšiřováním kapacit zásobníků.

4.1 Analýza nákladů a přínosů

Při posuzování finančního užítku navrhovaných řešení je vhodné použít metodu CBA (Cost – Benefit Analysis), tedy analýza nákladů a přínosů. Metoda je jednoduchá a velmi dobře použitelná právě u projektů, které spočívají v navržení zlepšení nebo investice do nových prostředků, tedy porovnávání stavu před a poté [34].

Problémem v případě zde navrhovaných řešení je vyčíslení nákladů na navrhovaná zlepšení a provozních nákladů v ustáleném stavu po zavedení opatření (v řádech měsíců). Navrhovaná zlepšení se všechna dotýkají oblasti organizace a standardizace práce, přičemž, jak už bylo zmíněno, majoritní podíl na vynaložených nákladech má čas pracovníků, kteří budou návrhy realizovat. Čistě finanční náklady na vynaložené prostředky (zakoupení náhradních dílů ke stroji, vytvoření schémat pro standardizaci práce atd.) jsou zanedbatelné.

Větší překážkou při kvantifikaci finančního užítku je vyčíslení provozních nákladů v ustáleném stavu po zavedení návrhů. Návrhy v podniku zatím nebyly realizovány a vyčíslení pomocí předpokládaných nákladů po zavedení opatření by nemělo žádnou relevanci. Pro zevrubný přehled o přínosnosti nových návrhů by bylo zároveň vhodné provést znovu již prováděné analýzy spotřeby času a plýtvání v ustáleném stavu po zavedení opatření a porovnat oba stavy.

Metoda CBA s tímto případem počítá a definuje neocenitelné položky Cost & Benefits, jako takové položky, které nelze interpretovat a vyjádřit v konkrétních peněžních tocích, přičemž snaha o jejich zahrnutí do cash flow a nákladů by vedla k nerelevantním výsledkům bez možnosti stanovit míru nepřesnosti. Toto je případ ocenění provozních nákladů v ustáleném stavu po zavedení, pro které nejsou k dispozici žádná data. V takovém případě je vhodné slovně popsat pro přibližnou představu postup pro vyčíslení [34].

K nejjednodušší formě analýzy jsou zapotřebí čtyři údaje [34]:

- provozní příjmy před realizací návrhu,
- provozní příjmy po realizaci návrhu,
- provozní náklady před realizací návrhu,
- provozní náklady po realizaci návrhu.

Z rozdílu prvních dvou údajů se vypočte hotovostní tok příjmu plynoucí z investice a z rozdílu nákladů se získá hotovostní tok nákladu plynoucí z investice. Pokud je hotovostní tok příjmu větší než nákladu, znamená to zisk z navrhovaného řešení. Čistý finanční užitek je pak získán odečtením hotovostního toku nákladu od příjmu [34].

ZÁVĚR

Hlavním úkolem práce v návaznosti na požadavek firmy bylo přinést konkrétní návrhy zlepšení současných prvků štihlého řízení výroby a logistických procesů, při vynaložení minimálních dodatečných nákladů. Jako podklad a zdroj dat pro návrhy sloužily předem zvolené nástroje pro analýzu současného stavu. Nástroje pro analýzu byly voleny tak, aby odpovídaly charakteru výrobního systému firmy, kvantitě vyráběných produktů a požadavkům odpovědných pracovníků, s kterými byla tato problematika konzultována.

Primárně bylo cíleno na vyhledávání zdrojů plýtvání zejména v oblastech výrobních a logistických procesů. Metody a nástroje založené na měření spotřeby času pomohly plýtvání kvantifikovat a vymezit prostor pro zlepšení, přičemž v celé analytické části práce byl kladen důraz na reálné praktické využití finálních návrhů. Toho bylo docíleno konzultacemi vždy přímo s odpovědnými pracovníky daného pracoviště nebo oddělení v podniku, kteří mohou relevantnost navrhovaného řešení posoudit na základě svých zkušeností.

Výsledkem je pět konkrétních řešení, u nichž je vždy uvedeno, o které metody a principy štihlého řízení se opírají. U všech návrhů jednotlivě jsou v oddělených kapitolách popsány zvlášť problémy, které vedly k návrhům, popis navrhovaného řešení a zhodnocení benefitů, které plynou z jejich zavedení včetně možných rizik a hrozeb.

Navrhovaná zlepšení jsou v souladu s dalším požadavkem podniku, kterým bylo vyhnout se nákladnějším investicím do výrobních zařízení a lidských zdrojů. Po provedených měřeních a analýzách bylo zjištěno, že k takovému kroku nebude potřeba přistupovat a pro zefektivnění procesů nejsou zapotřebí větší investice nebo náklady.

Navržená zlepšení mají managementu podniku sloužit jako konkrétní postupy k eliminaci a snížení plýtvání ve vymezených oblastech a také jako podklad pro další inovace a zlepšování procesů založené na principech lean managementu a lean production.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.
2. BARTOŠEK, Vladimír, Josef ŠUNKA a Matuš VARJAN. *Logistické řízení podniku v 21. století*. Brno: CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-824-3.
3. KOŠTURIÁK, Ján. *Štíhlý podnik – iluze a realita*. MM Průmyslové spektrum [online]. 2014, 15.4.2014 [cit. 2019-12-25]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/stihly-podnik-iluze-a-realita.html>
4. KOŠTURIÁK, Ján. *Hodnota pro zákazníka*. In: MM Průmyslové spektrum [online]. 2014 [cit. 2019-12-25]. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/004_2014_85_1397225284/kosturiak_inovace_obr_01.jpg
5. VYTLAČIL, Milan, Ivan MAŠÍN a Miroslav STANĚK. *Podnik světové třídy: geneze produktivity a kvality*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1997. ISBN 80-902235-1-6.
6. MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996. ISBN 80-902235-0-8.
7. SINGH, Ranteshwar, Ashish GOHIL, Dhaval SHAH a Sanjay DESAI. *Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study* [online]. 2013 [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813000854#!> Vědecký článek. Institute of Technology, Nirma University.
8. ŠIMON, Michal a Antonín MILLER. *Kanban – výroba tahem*. SystemOnline [online]. 21.5.2014 [cit. 2019-12-26]. Dostupné z: <http://m.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>
9. ZEMANOVÁ, Barbora. *ŠTÍHLÁ LOGISTIKA* [online]. [cit. 2019-12-26]. Dostupné z: https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/67442/%C5%A1t%C3%ADhl%C3%A1_logistika_%C4%8D1%C3%A1nek_Barbora_Zemanov%C3%A1.docx?sequence=1&isAllowed=y. Akademický článek. Univerzita Pardubice.
10. *Logistika pro štíhlý podnik*. SystemOnline [online]. 15.8.2007 [cit. 2019-12-26]. Dostupné z: <http://m.systemonline.cz/rizeni-vyroby/logistika-pro-stihly-podnik.htm>
11. *Jednotlivé metody a nástroje (I - P)*. Academy of Productivity and Innovations [online]. [cit. 2020-01-25]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p#Plytvani_ve_vyrobe
12. DLABAČ, Jaroslav. *Techniky analýzy a měření práce*. Academy of Productivity and Innovations [online]. 2017 [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/wcd/docs/vzdelavani/cespi-xvii/blok-2/technikyanalzyamenprcei_tiskupravene.pdf
13. JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 9788024757179.
14. DLABAČ, Jaroslav. *Analýza a měření práce*. Academy of Productivity and Innovations [online]. 2015 [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
15. PAVELKA, Marcel. *Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání*. Academy of Productivity and Innovations [online]. 2015 [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25781n-naucte-se-videt-a-odstranovat-plytvani>

16. VAŠKŮ, Michaela. *Návrh standardizace práce vybraných vedoucích pracovníků ve společnosti Continental Automotive, s.r.o., Frenštát pod Radhoštěm*. 2014. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
17. DLABAČ, Jaroslav. *Formulář pro snímek pracovního dne*. In: Academy of Productivity and Innovations [online]. [cit. 2020-02-02]. Dostupné z: https://www.e-api.cz/wcd/articles/odborne-clanky/amp/analyza_a_mereni_prace_obrazek2.jpg
18. VAVRUŠKA, Jan. *Řízení výroby na základě úzkého místa* [online]. 2011 [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: http://educom.tul.cz/educom/inovace/PI/VY_03_032-%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20v%C3%BDroby%20na%20z%C3%A1klad%C4%9B%20%C3%BAzk%C3%A9ho%20m%C3%ADsta_p%C5%99_MZ_5.pdf. Prezentace. Technická univerzita v Liberci.
19. THÜRER, Matthias, Mark STEVENSON, Cristovao SILVA a Ting QU. *Drum-buffer-rope and workload control in High-variety flow and job shops with bottlenecks: An assessment by simulation* [online]. 2017 [cit. 2020-02-22]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527317301196#ab0010>. Vědecký článek. CEMUC - University of Coimbra, Mechanical Engineering Department
20. ROSER, Christoph. *A Critical Look at Goldrath's Drum-Buffer-Rope Method*. AllAboutLean [online]. 23.11.2014 [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/drum-buffer-rope/>
21. *Illustration of Drum Buffer Rope for Material*. In: Allaboutlean.com [online]. [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: <https://i1.wp.com/www.allaboutlean.com/wp-content/uploads/2014/11/DBR-for-Material-Flow.png>
22. *KARIMPEX-STROJÍRNY, s.r.o.* [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <http://www.karimpex-strojirny.cz/>
23. *Schéma rozmístění výrobního zařízení ve strojní výrobě*. Orlová Poruba, 2019.
24. KAVAN, Michal. *Výrobní a provozní management*. Praha: Grada, 2002. Expert (Grada). ISBN 80-247-0199-5.
25. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN isbn80-214-2871-6.
26. *CNC řezací stroj RUR*. In: Pierce Control Automation [online]. [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <https://www.pierce.eu/foto-produkty/stredni/202-20190919082329-1.jpg>
27. MRŇA, Libor. *Dělení a svařování svazkem plazmatu* [online]. Brno, 2013 [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hsv_specialni_metody_svarovani_dele ni_a_svarovani_plasmou_2013_mrna.pdf. Studijní materiál. Vysoké učení technické v Brně.
28. *Plazma přednosti a nevýhody*. PLAZMACZ s.r.o. [online]. [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <http://www.plazmacz.cz/plazma-prednosti-a-nevyhody/>
29. NYCZ, Marek. *Výkres sestavy ŠLAPA*. 3.4.2020. Karimpex strojírna, s.r.o., Orlová.
30. LHOTSKÝ, Oldřich. *Organizace a normování práce v podniku*. Praha: ASPI, 2005. Lidské zdroje. ISBN 8073570955.
31. ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení výroby: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2775-9.
32. NOVÁK, Josef. *Organizace a řízení* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2020-06-05]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/organizace-a-rizeni.pdf>. Učební text. VŠB – Technická univerzita Ostrava.

33. LAMBERT, Douglas M. a Lisa M. ELLRAM. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Praha: Computer Press, 2000. Business books (Computer Press). ISBN 80-722-6221-1.
34. SIEBER, Patrik. *Analýza nákladů a přínosů* [online]. 2004 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: https://www.praha.eu/public/29/e4/9e/471317_62687_Priloha_B1.pdf. Metodická příručka.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
TPM	Total Productive Maintenance
VSM	Value Stream Mapping
MTM	Methods Time Measurement
MOST	Maynard Operation Sequence Technique
VA	Value Added
NVA	Non Value Added
ENVA	Essential Non Value Added
TOC	Theory of Constraints
DBR	Drum-Buffer-Rope
SMED	Single Minute Exchange of Die
CNC	Computer Numerical Control
JIT	Just in Time
VZV	Vysokozdvížený vozík
LIFO	Last In First Out
FIFO	First In First Out
CBA	Cost – Benefit Analysis

Symbol	Jednotka	Popis
T_{A1}	[min]	Čas jednotkové práce
T_{B1}	[min]	Čas dávkové práce
T_{C1}	[min]	Čas směnové práce
T₁	[min]	Čas práce
T₂	[min]	Čas obecně nutných přestávek
T₃	[min]	Čas podmíněně nutných přestávek
T_D	[min]	Osobní ztráty času
T_E	[min]	Čas technicko-organizačních ztrát
T_Z	[min]	Čas ztrát celkem
T	[min]	Čas směny