



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

NÁVRH METODY MĚŘENÍ ÚROVNĚ ŠTÍHLosti VÝROBNÍCH PROCESŮ

DESIGN OF A METHOD FOR MEASURING THE LEANNESS LEVEL OF PRODUCTION
PROCESSES

DIZERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Michal Medonos

ŠKOLITEL

SUPERVISOR

prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

BRNO 2022

Zadání dizertační práce

Ústav: Ústav managementu
Student: **Ing. Michal Medonos**
Vedoucí práce: **prof. Ing. Marie Jurová, CSc.**
Akademický rok: 2022/23
Studijní program: Ekonomika a management
Studijní obor: Řízení a ekonomika podniku

Návrh metody měření úrovně štíhlosti výrobních procesů

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Cíle disertační práce
Teoretické pozadí disertační práce
Současný stav vědeckého poznání v oblasti měření štíhlosti výrobního procesu
Výzkumné otázky a hypotézy
Metodologie disertační práce
Ukazatel štíhlosti Lead time leanness indicator
Dotazníkové šetření
Případová studie
Přínosy disertační práce
Závěr
Použitá literatura
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Hlavním cílem disertační práce je vytvoření metody měření úrovně štíhlosti, která umožní snadné a efektivní hodnocení efektivity výrobních procesů v podmínkách průmyslové praxe.

Základní literární prameny:

COCCA P., MARCIANO F., ALBERTI M. and SCHIAVINI D. 2019. Leanness measurement methods in manufacturing organisations: a systematic review, International Journal of Production Research. Vol. 57, No. 15-16, pp. 5103-5118.

HOPP, W.J. and SPEARMAN, M.L. 2011. Factory physics - 3rd edition. Waveland Press.

JUROVÁ, M.; KORÁB, V.; JUŘICA, P.; VIDECKÁ, Z.; BARTOŠEK, V. 2016. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada.


LITTLE, J.D.C. 2011. Little's Law as Viewed on Its 50th Anniversary. Operations Research. Vol. 59, No. 3, pp. 536-549.

SANIDAS, E. and SHIN, W. 2017. Lean production system and economic development across the world today. International Journal of Economics & Management Sciences. Vol. 6, No. 6.

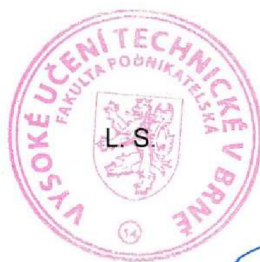
TODOROV, M., JOVANOSKI, B. and MINOVSKI, R. 2019. Key Performance Indicators for Lean: Literature Review and Recommendations. International Journal of Modern Studies in Mechanical Engineering. Vol. 5, No. 1, pp. 27-36.

Termín odevzdání dizertační práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23.

V Brně, dne 9. 11. 2017



prof. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.
předseda oborové rady



doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Dizertační práce se zabývá hledáním vhodné metody pro měření štihlosti výrobního procesu. V rámci literární rešerše je nastíněna historie vývoje přístupů k optimalizaci výrobních systémů. Dále je popsána metoda štíhlé výroby, je definován pojem štihlost výrobního procesu a také shrnuty současné přístupy a metody měření štihlosti výrobního procesu. V další části je představen vyvinutý ukazatel Lead Time Leanness Indicator jako návrh vhodného způsobu měření štihlosti výrobního procesu. V rámci primárního výzkumu jsou pomocí dotazníkového šetření získány potřebné podklady a data od výrobních podniků pro otestování využitelnosti tohoto ukazatele v praxi. Na základě vyhodnocení výsledků tohoto šetření jsou všechny stanovené hypotézy potvrzeny, a tudíž lze prohlásit, že definovaný ukazatel a jeho metoda jsou vhodným nástrojem pro měření štihlosti výrobního procesu. Dále je potvrzeno, že tento ukazatel lze využít pro stanovení cílů implementace metody štíhlé výroby a také pro vzájemné hodnocení a porovnávání efektivity výrobních procesů různých podniků mezi sebou. Další přínosem získaným z dotazníkového šetření je zmapování aktuálního stavu úrovně štihlosti výrobních procesů a intenzity využívání nástrojů štíhlé výroby ve výrobních podnicích nejen v České republice, ale také v zahraničí. V závěru práce je představena případová studie, která demonstruje využití tohoto ukazatele pro zjištění aktuálního stavu štihlosti výrobního procesu a definování potenciálů ke zlepšení na konkrétním výrobním podniku.

Klíčová slova

Výrobní systém, Štíhlá výroba, Měření štihlosti, Efektivita výrobního procesu, Lead Time Leanness Indicator

Abstract

Focus of this dissertation thesis is to find suitable methodology for measuring the leanness of the production process. The history of approaches to the optimization of production systems is outlined in the literature search. Furthermore, the methodology of lean production is described, the concept of leanness of the production process is defined and also the current approaches and methods of measuring the leanness of the production process are summarized. The next section presents developed Lead Time Leanness Indicator as a proposal for a suitable way to measure the leanness of the production process. Within the primary research, the necessary data are obtained from production companies using a questionnaire survey to test the usability of this indicator in practice. Based on the evaluation of the results of this survey, all established hypotheses are confirmed, and it can be stated that the defined indicator and its methodology is a suitable tool for measuring the leanness of the production process. It is further confirmed that this indicator can be used to set goals for the implementation of the lean production methodology also for a mutual evaluation and comparison of the efficiency of production processes of different companies. Another benefit obtained from the questionnaire survey is the mapping of the current state of the level of leanness of production processes and the intensity of the use of lean production tools in production companies not only in the Czech Republic but also abroad. At the end of the work, a case study is presented, which demonstrates the use of the indicator to determine the current state of leanness of the production process and to define any potential for improvement in a particular manufacturing company.

Key words

Production system, Lean manufacturing, Leanness measurement, Production process efficiency, Lead time Leanness Indicator

Bibliografická citace práce:

MEDONOS, Michal. Návrh metody měření úrovně štíhlosti výrobních procesů. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/149916>. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Marie Jurová.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení autora: Ing. Michal Medonos
VUT ID autora: 173305
Typ práce: Dizertační práce
Akademický rok: 2022/2023
Téma závěrečné práce: Návrh metody měření úrovně štíhlosti výrobních procesů

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Jihlavě dne

.....
Ing. Michal Medonos

Poděkování

V první řadě moc děkuji mé manželce Veronice, rodičům, sestře a celé mé rodině za maximální podporu, pomoc, pochopení a trpělivost v průběhu mého studia, a hlavně při psaní této dizertační práce. Dále děkuji mé školitelce prof. Ing. Marii Jurové, CSc. za metodické a odborné vedení a rady, které jsem využil při mém výzkumu a psaní dizertační práce. Děkuji firmě Hettich ČR a jejím jednatelům Mgr. Oldřichu Pólovi a Dipl. Ing. Andre Eckholtovi za podporu a poskytnutí potřebných dat. V neposlední řadě také děkuji všem podnikům a jejich zástupcům, kteří se zapojili do mého výzkumu, byli ochotni poskytnout potřebné informace a data, a umožnili tak vznik této dizertační práce.

Obsah:

ÚVOD.....	9
1 CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE.....	11
1.1 Vymezení problému.....	11
1.2 Cíle výzkumu.....	13
2 TEORETICKÉ POZADÍ DIZERTAČNÍ PRÁCE.....	14
2.1 Výrobní systém – historický vývoj a moderní přístupy.....	14
2.1.1 Historie výrobních systémů.....	14
2.1.2 Současné přístupy k řízení výroby.....	15
2.1.3 Budoucnost řízení výroby – Průmysl 4.0.....	22
2.2 Filozofie štihlé výroby.....	24
2.2.1 Přínosy štihlé výroby pro podnik.....	25
2.2.2 Nástroje a metody štihlé výroby.....	26
2.2.3 Implementace štihlé výroby.....	28
2.2.4 Vztah štihlé výroby a Průmyslu 4.0.....	31
2.2.5 Vliv štihlé výroby na hospodářský růst státu.....	34
3 SOUČASNÝ STAV VĚDECKÉHO POZNÁNÍ V OBLASTI MĚŘENÍ ŠTIHLosti VÝROBNÍHO PROCESU.....	38
3.1 Štihlost.....	38
3.2 Kvalitativní metody měření štihlé výroby.....	40
3.3 Kombinované metody.....	48
3.4 Kvantitativní metody měření štihlé výroby.....	49
3.4.1 Komplexní metody.....	49
3.4.2 Metody využívající pouze jednu metriku.....	52
3.4.3 Metody využívající výpočetně náročné algoritmy.....	54
3.5 Teorie front a matematický pohled na produkční systémy.....	54
4 VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY.....	59
4.1 Výzkumné otázky.....	59
4.2 Hypotézy.....	59
4.3 Očekávané přínosy.....	60
5 METODOLOGIE DIZERTAČNÍ PRÁCE.....	62
5.1 Metodologie vědecké práce.....	62
5.2 Sekundární výzkum.....	63

5.3	Primární výzkum.....	64
5.3.1	Empirické metody.....	64
5.3.2	Logické metody.....	67
5.3.3	Využití vědeckých metod ve výzkumu.....	68
6	UKAZATEL ŠTÍHLosti LEAD TIME LEANNESS INDICATOR.....	70
6.1	Princip ukazatele štíhlosti LTLI.....	70
6.2	Výpočet ukazatele LTLI.....	76
6.2.1	Získání dat.....	78
6.2.2	Dílec versus linka.....	82
6.2.3	Výpočet v případě více technologií.....	82
6.2.4	Používání přírážek.....	83
6.2.5	Definování optimální velikosti dávky.....	83
6.3	Provázání nástrojů štíhlé výroby a LTLI.....	84
7	DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ.....	92
7.1	Dotazník.....	93
7.2	Výsledky výzkumu.....	95
7.2.1	Analýza struktury podniků.....	96
7.2.2	Analýza využívání nástrojů štíhlé výroby.....	98
7.2.3	Analýza štíhlosti pomocí ukazatele LTLI.....	101
7.3	Ověření hypotéz.....	102
7.3.1	Hypotéza H1.....	103
7.3.2	Hypotéza H2.....	105
7.3.3	Hypotéza H3.....	108
7.4	Diskuze k dotazníkovému šetření.....	111
7.4.1	Interpretace výsledků.....	113
7.4.2	Odpovědi na výzkumné otázky.....	115
7.4.3	Zjištění z výzkumu.....	116
7.4.4	Omezení výzkumu.....	119
7.4.5	Možnosti další výzkumné činnosti.....	121
8	PŘÍPADOVÁ STUDIE NA KONKRÉTNÍM PODNIKU.....	124
8.1	Představení firmy Hettich.....	124
8.2	Popis současného stavu.....	127
8.2.1	Dodavatelský řetězec zinkových dílů.....	127
8.2.2	Zinková výroba v Hettichu ČR.....	131

8.2.3	Analýza výrobního procesu	136
8.3	Analýza úrovně štíhlosti výrobního procesu	148
8.3.1	Stanovení aktuální štíhlosti výrobního procesu pomocí LTLI	149
8.3.2	Využívání nástrojů štíhlé výroby v Hettichu ČR.....	150
8.4	Definování potenciálů ke zlepšení	152
8.4.1	Modifikovaná Value Stream Map.....	153
8.4.2	Budoucí stav	155
8.5	Závěr případové studie	156
9	PŘÍNOSY DIZERTAČNÍ PRÁCE.....	157
9.1	Přínosy v oblasti teorie.....	157
9.2	Přínosy pro praxi	158
9.3	Přínosy pro pedagogiku.....	159
	ZÁVĚR	161
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	163
	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	179
	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	180
	SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ	181
	SEZNAM ZKRATEK	182
	SEZNAM PŘÍLOH.....	184

ÚVOD

Ekonomiky moderních států jsou propojeny v jediný světový trh. Výrobní podniky nemohou spoléhat na svou lokální přítomnost a z ní plynoucí konkurenční výhodu. Jednotliví výrobci jsou svými zákazníky porovnáváni a srovnáváni na globální úrovni, kde panuje tzv. hyper-konkurence (D'Aveni, 1994). V tomto srovnání uspěje pouze ten, kdo dosahuje excelentních výsledků. Úspěch u zákazníků vyžaduje mít dobře nastavené podnikové procesy.

Jedním z klíčových procesů je výroba. Správně fungující výrobní systém je samozřejmost, ale systém, který dokáže maximalizovat svou efektivitu, je často tím atributem, který rozhoduje v těžkých konkurenčních bojích. Štíhlá výroba je jedním z možných přístupů k optimalizaci výrobních procesů. Výsledky, kterých dosahují podniky, které tuto metodu úspěšně zavedly, jsou příčinou enormního zájmu o tuto metodu. Tento fakt je dále podložen dominantním zájmem akademiků z oblasti operačního výzkumu (Voss, 1995; Shah a Ward, 2003).

I přes velký celosvětový zájem o tuto tematiku existuje několik oblastí, které nejsou dostatečně popsány a vysvětleny. Jednoduchý návod nebo postup, jak zavést principy a nástroje štíhlé výroby, neexistuje. I proto mnoho podniků při zavádění štíhlé výroby selhalo nebo nedokázalo vytěžit maximum z potenciálu této metody. Pro úspěšnou implementaci jakéhokoliv nového systému je důležitá schopnost měřit pokrok v rámci procesu zavádění a přínosy, které nové metody přinesly. Pro oblast štíhlé výroby se používá pojem měření štíhlosti výrobního systému. Z pohledu autora ale pojem štíhlost nepředstavuje pouze měření přínosů nasazení nástrojů štíhlé výroby, ale obecně je tento pojem chápán jako měřítko efektivnosti procesu přeměny vstupů na výstupy. Tento proces může obsahovat mnoho neefektivních činností a jejich eliminace je cílem optimalizačních metod výrobních procesů.

Cílem této dizertační práce je představení způsobu měření efektivity výrobních procesů, tedy jejich štíhlosti. Je navržen ukazatel, jehož hodnota kvantifikuje na základě objektivních dat z výroby její štíhlost. Za pomoci dotazníkového šetření je tento ukazatel testován na vybraném vzorku výrobních podniků a podroben srovnání s úrovní zavedení nástrojů štíhlé výroby. Dále je představena případová studie na konkrétním podniku, kde je za pomoci navrženého ukazatele analyzována štíhlost vybraného výrobního procesu.

Získané výsledky jsou konfrontovány s detailní analýzou fungování měřeného výrobního procesu. Na základě této analýzy je následně proveden návrh budoucí optimalizace výrobního procesu k budoucímu zvýšení štíhlosti tohoto procesu.

Práce má následující strukturu. V první kapitole je popsáno teoretické pozadí dizertační práce, je stanoveno vymezení problému a cíl výzkumu. Následující dvě kapitoly představují rešerši literatury. Nejdříve jsou popsány metody řízení výrobních procesů, včetně nástinu historického vývoje a moderních přístupů k řízení výroby. Následuje kapitola zaměřující se speciálně na způsoby měření štíhlosti výrobních procesů. Ve čtvrté kapitole jsou představeny výzkumné otázky a jsou definovány hypotézy. Pátá kapitola se věnuje metodologii výzkumu a popisuje použité metody. Další kapitola je prezentací vytvořeného ukazatele pro měření štíhlosti výrobních procesů. Šestá kapitola popisuje dotazníkové šetření, včetně prezentace a analýzy získaných dat a ověření hypotéz. Následující kapitola popisuje případovou studii provedenou na konkrétním podniku s využitím vytvořeného ukazatele pro měření štíhlosti výrobního procesu. Poslední kapitola shrnuje dosažené přínosy této dizertační práce.

1 CÍLE DIZERTAČNÍ PRÁCE

Problematika štíhlé výroby a měření štíhlosti v praxi výrobních podniků je velmi komplexní téma, kterým se zabývalo již mnoho autorů. Je tedy nutné jasně omezit a vydefinovat cíle výzkumu. Tato definice byla rozdělena do dvou podkapitol. V první kapitole Vymezení problému je představena obecná motivace k řešení tohoto tématu. A v následující kapitole Cíle výzkumu je konkretizováno zaměření a směřování výzkumu a této dizertační práce.

1.1 Vymezení problému

Problematika štíhlé výroby je velice populární jak mezi akademiky, tak v manažerské praxi. Navíc má její obliba v posledních letech stále rostoucí tendenci (Jasti a Kodali, 2015). Díky tomu existuje k tomuto tématu velké množství názorů a přístupů, prezentujících různé definice, strategie, klíčové nástroje, způsoby implementace a další. Přesto nebo možná právě proto hodně podniků při její implementaci selhává. Uběhlo více než třicet let, kdy se západní země začaly učit od Japonska metody štíhlé výroby, přesto je úroveň úspěšného zavedení stále velmi nízká (Chay a kol., 2015). Jadhav s týmem (2014) dokonce uvádí následující: „*Výzkum mezi praktiky ukázal, že pouze 30 % změn je úspěšných, zatímco 70 % se vrátí do původního stavu*“. Bhamu a Sangwan (2014) ve své analýze článků došli k následujícím hlavním příčinám neúspěšných implementací:

1. Použití špatného nástroje.
2. Použití pouze jednoho nástroje pro vyřešení všech problémů.
3. Neporozumění a špatné prostředí pro vytváření rozhodnutí.

Velký vliv na úspěšnost má i měření štíhlosti výrobního procesu v průběhu procesu zavádění štíhlé výroby. Pokud podnik tuto vlastnost výrobního procesu neměří, pak může docházet k ztroskotání těchto aktivit nebo nenaplnění očekávání od této metody (Bidhendi a kol., 2019).

Na druhou stranu ale existuje i mnoho podniků, které se svou implementací úspěšly. Zavedení štíhlé výroby jim přineslo výrazné zefektivnění procesů, s tím i ekonomické efekty a díky tomu se mohou řadit mezi štíhlé podniky. Toyota je průkopníkem této metody a světově nejproslulejší štíhlý podnik a je často prezentována jako vzor pro

všechny ostatní. Ale v dnešní době snad již všechny výrobce automobilů, a i mnohé z jejich dodavatelů, můžeme řadit do této elitní skupiny. Letecký a elektronický průmysl nezůstávají pozadu, následovány dalšími průmyslovými odvětvími. Z toho tedy přirozeně vyplývá otázka, proč někteří uspějí a jiní ne? A jakým způsobem lze tuto úspěšnost zvýšit?

Při hledání odpovědi je nutné se zabývat prostředím, ve kterém implementace probíhá. Jedná se o prostředí výrobního systému. To je charakteristické vysokou komplexností. Je to bod, kde se potkávají téměř veškeré podnikové procesy, reprezentující různé zájmové skupiny se svými rozličnými požadavky, obsahující často vysokou míru variability. Jedná se především o zákaznické požadavky, materiálové vstupy ze strany dodavatelů, zaměstnanecké zájmy reprezentující lidskou práci, technologické aspekty ve formě strojního vybavení, politické vlivy, jako jsou soubory zákonů a pravidel, a další. Jedná se tedy o složité prostředí, jež dostat do harmonie je velmi náročné a udržet jej v ní ještě náročnější. A do tohoto prostředí je potřeba provést poměrně zásadní změnu celkové koncepce fungování, často se také mluví v těchto případech o změně podnikové kultury. A samozřejmě jak nositeli, tak realizátory této změny jsou vždy lidé. Často je uváděno, že úspěšnost implementace je silně závislá na lidech a jejich znalostech a motivaci (Jadhav a kol., 2014).

Lidská motivace je opět velmi komplexní téma a její detailní analýza není předmětem této práce. Obecně ale lze konstatovat, že pro vytvoření a udržení dostatečné pozitivní motivace je kromě jiného při procesu změny důležitým bodem jasné vydefinování cíle a možnost průběžného zjišťování pokroku v dosahování stanoveného cíle (Cocca a kol., 2019). Cíl by měl být jednoduše měřitelný tak, aby každý měl možnost snadno zjistit aktuální stav a určit si pomyslnou vzdálenost k jeho splnění. To vše způsobuje, že takové vydefinování cíle v případě zavádění štihlé výroby je poměrně složitý problém. Vyplývá to ať už z nejednoznačnosti definice, nebo z komplexnosti prostředí, ve kterém změna probíhá, nebo širě problematiky představující zavádění štihlé výroby. To může vést k situaci, kdy cíl není jednoznačně definovaný nebo objektivně měřitelný, a tudíž v průběhu procesu implementace dojde k odklonění od záměru, nebo hůře vůbec nedojde k nalezení cesty směřující ke splnění cíle. To pak může vést až k frustraci a demotivaci lidí, což může způsobit selhání celého projektu implementace.

1.2 Cíle výzkumu

Cílem výzkumu je nalézt takové řešení, které bude předchozímu negativnímu scénáři předcházet a pomůže předejít situacím, kdy nedojde k úspěšné implementaci štihlé výroby. Předpokládá se, že při existenci jasně definovaného a měřitelného cíle roste úspěšnost naplnění tohoto cíle. Pak zůstává otázkou, jestli existuje taková metrika, která by dokázala popsat úroveň štíhlosti podniku, a mohla tak definovat cílovou úroveň, díky níž by bylo možné zefektivnit proces implementace štihlé výroby. Výpočet této metriky by měl splňovat několik požadavků:

1. Měl by vycházet z objektivních dat - tedy z veličin, představujících určitou měřitelnou hodnotu jednoduše vypovídající o stavu podniku.
2. Neměl by zahrnovat subjektivní hodnocení, která mohou být zkreslena různými faktory - pak by nebyla zaručena opakovatelnost tohoto měření a jeho nezávislost na lidském úsudku.
3. Výpočet by měl být jednoduchý - preferovanou variantou je tedy jeden ukazatel před složitější soustavou ukazatelů. Tato podmínka vychází hlavně z požadavku na operativní využití ukazatele pro každodenní práci.
4. Měl by být spočitatelný z rychle dostupných a aktuálních podnikových dat - ukazatele vycházející z historických, případně účetních dat nedokážou definovat aktuální stav procesu a budou obsahovat nežádoucí zpoždění.

U ukazatele, který by splňoval takové požadavky, se dá předpokládat, že jeho využívání by mohlo výrazně pomáhat při projektech implementace štihlé výroby ve výrobních podnicích, ale také v každodenním měření a sledování efektivnosti výrobního procesu. Způsobů měření štíhlosti podniku bylo vytvořeno již více, ale v době psaní této práce neexistoval takový, který by byl všeobecně uznávaný a používaný v praxi.

Jako důkaz využitelnosti takového nástroje v praxi bude představeno jeho možné využití k analýze konkrétního výrobního procesu. Bude popsán způsob jeho použití v praxi a způsob nakládání se získanými výsledky. Na jejich základě bude navržen budoucí postup, jak přistoupit k optimalizaci výrobního procesu s cílem zvýšit jeho efektivnost, tedy štíhlost.

2 TEORETICKÉ POZADÍ DIZERTAČNÍ PRÁCE

Oblast, které se věnuje tato dizertační práce, jsou výrobní podniky a aplikace štíhlé výroby ve výrobních procesech. Na tento pohled bude zaměřena i rešerše literatury, kde se jedná v první řadě o definici výrobních systémů a přístupů k jejich optimalizaci v historii. Dále pak bude definována štíhlá výroba, jednotlivé nástroje spadající do této metody a způsoby měření štíhlé výroby, respektive štíhlosti výrobních procesů.

2.1 Výrobní systém – historický vývoj a moderní přístupy

Obecně lze výrobní systém definovat jako soubor technických prostředků obsluhovaných lidmi, který je řízen na základě metod, postupů a principů s cílem přetvářet vstupy na výstupy, a naplnit tak vize a strategie firmy. Askin a Goldberg (2007) definují výrobní systém jako „*soubor zdrojů a postupů přetvářející suroviny na výrobky*“. Výrobní systémy v tomto pojetí začaly vznikat na přelomu 19. a 20. století. Od té doby prošly několika vývojovými etapami a nyní existuje více způsobů, jak přistupovat k řízení výroby.

2.1.1 Historie výrobních systémů

První princip řízení výroby se vlastně ani nedá nazývat systémem. Jedná se o řemeslnou výrobu, kdy se produkt vytvářel na základě přání zákazníka a s vysokými náklady (Hu, 2013). S revoluční změnou přišel Henry Ford v roce 1913, kdy jako první zavedl pohyblivou montážní linku. Tento mechanismus otočil dosavadní praxi, kdy se operátoři přesouvali od jednoho výrobku k druhému, k systému, kdy se výrobky přesouvaly od operace k operaci. To umožnilo specializaci činností, která výrazně zvýšila produktivitu práce a snížila náklady na montáž. Aby toho bylo možné dosáhnout, musela fungovat zaměnitelnost komponent a jejich výroba ve velkých sériích. Díky tomu bylo dosahováno úspor z rozsahu a zlevňování výsledného produktu. V této době také přišel Fredrick Taylor (1911) s vědeckým řízením výroby. Byla to jedna z prvních snah o zlepšení efektivity výroby, převážně ve formě zvyšování produktivity práce. Hlavní nevýhodou masové výroby byla nezbytná malá variabilita produktů. To způsobovalo, že požadavky zákazníků nebyly uvažovány a výrobce diktoval, co bude na trh uváděno a co si zákazníci koupí.

Odpovědí na tyto nedostatky byla štíhlá výroba. Tento produkční systém vznikl v Japonsku, které v 70. a 80. letech začalo na světových trzích dosahovat se svými produkty lepších výsledků než západní podniky. Principy štíhlé výroby byly poprvé popsány v knize "The machine that changed the world" (Womack a kol., 1990). V této knize autoři vychází z produkčního systému Toyoty, který se zaměřuje na maximalizaci tvorby hodnoty pro zákazníka a minimalizaci plýtvání.

Neustálý tlak ze strany zákazníků a rostoucí počet variant produktů dal vzniknout principu orientovaného na customizaci výrobků, se zaměřením uspokojit co největší škálu požadavků zákazníků. Aby toho mohlo být dosaženo při udržení nízkých nákladů produkce, musely být zavedeny specifické metody. Jednou z nich jsou produktové rodiny. Ty umožňují, že základní funkční prvky produktu jsou identické, ale rozšiřující prvky jsou variabilní a mohou se kombinovat dle přání zákazníka. Další metodou jsou rekonfigurovatelné výrobní systémy (Koren a kol., 1999). Ty umožňují pružně reagovat na výkyvy na trzích a přizpůsobení výrobních kapacit aktuálním požadavkům zákazníků. Poslední metodou je odkládání diferenciací produktu v rámci výrobního postupu. Zde je cílem sjednotit co nejvíce výrobních kroků tak, aby diferenciací produktu probíhala v rámci výrobního procesu co nejpozději. Tento nástroj snižuje náklady a zvyšuje reakční schopnosti montážních procesů na požadavky trhu (Lee a Tang, 1997).

V posledních letech se hojně rozšiřuje a v budoucnu bude nabývat na významu princip personalizace. Vyznačuje se tím, že zákazníci spolupracují s výrobcem a sami si definují výsledné produkty. Mezi metody umožňující tento princip patří otevřená architektura produktu. Ta umožňuje vlastní design jednotlivých modulů, které používají standardizované rozhraní pro montáž. Také nové typy produkčních a logistických systémů, které dokáží flexibilně reagovat na personalizované požadavky zákazníků a nákladově efektivně vyrábět a dodávat na zakázku, budou v budoucnu nezbytné.

2.1.2 Současné přístupy k řízení výroby

Současné systémy řízení výroby lze dělit do dvou základních skupin. Jsou to systémy založené na principu tlaku a systémy založené na principu tahu. Venkatesh (1996) uvádí: „V systému tlaku je předchozí operace provedena bez požadavku následující operace, zatímco v systému tahu může být předchozí operace vykonána až na základě obdržení požadavku následující operace.“ Dle Goddard a Brooks (1984) „tlak znamená provedení

akce na základě potřeby, tah provedení akce na základě požadavku“. Britské standardy (BS 5192, 1993) uvádí, že „*system tlaku je takový systém, kdy objednávky jsou vystaveny podle specifických termínů dodání vzniklých na základě očekávané doby výroby*“. Systém tahu je naopak takový systém, který udržuje stabilní hladinu zásob pro jednotlivé položky, a objednávky jsou vystaveny pro okamžité doplnění ve chvíli, kdy je některá z položek odebrána ze skladu. Mezi základní představitele tlakových systémů patří MRP (Material Requirements Planning). Mezi tahové systémy je nejčastěji uváděna štíhlá výroba a nástroje, které jsou využívány, například systém JIT (Just-in-time), kanban a další (Tardif a Maaseidvaag, 2001). Existují i systémy, které mixují oba přístupy. Sem je přiřazován systém TOC (Theory Of Constraints). Nicméně v moderní praxi jsou nejčastěji aplikovány tzv. hybridní systémy založené na kombinaci jak tlakových, tak tahových systémů (Bonney a kol., 1999).

Informační systémy – MRP, ERP, APS

Systém MRP, jako hlavní představitel systému tlaku, vznikl v 60. letech a jeho tvůrcem byl Joseph Orlicky. Tento systém je kvůli zpracování velkého množství dat úzce spojen s výpočetní technikou. Základním principem je rozlišení poptávky na závislou a nezávislou. Nezávislá poptávka je dána požadavky zákazníků a je těžko predikovatelná. Závislá poptávka vychází z nezávislé poptávky rozpadem kusovníku na jednotlivé komponenty. „*Východiskem je, že výroba závislé poptávky musí být rozplánována tak, aby uspokojila nezávislou poptávku*“ (Hopp a Spearman, 2008). Tento systém obsahuje dva základní prvky. Prvním je hlavní výrobní rozvrh (Master Production Schedule - MPS), který obsahuje nezávislou poptávku, tedy požadavky zákazníků. Pomocí druhého prvku, kterým je kusovník (Bill Of Materials – BOM), se tyto požadavky rozpadají přes potřeby jednotlivých komponent až na požadavky na materiál. MRP systém pracuje na principu množství a času. To znamená, že generuje požadavky představující požadované množství materiálu a termín, kdy musí být dodán. Díky tomu tyto požadavky formou objednávek „*tlačí*“ do výroby tak, aby byly splněny požadavky zákazníků.

I když se jedná o již poměrně starý systém, stále představuje jeden z nejrozšířenějších produkčních systémů používaných v současných výrobních podnicích. K tomu přispělo i jeho rozšíření na systém MRP II (Manufacturing Resources Planning), který řeší problém původního MRP, které neumělo počítat s kapacitním omezením jednotlivých

pracovišť. MRP II bylo integrováno do podnikových informačních systémů, tzv. ERP systému (Enterprise Resources Planning). Dle Muscateilo (2003) se „*ERP systém skládá ze softwarových modulů, kdy typicky každý modul podporuje určitý podnikový proces nebo skupinu podnikových procesů*“. ERP systém v sobě zahrnuje všechny funkcionality potřebné pro efektivní řízení podniku a v dnešní době se bez něj neobejde téměř žádný podnik.

Další nástavbou, která určitým způsobem konkuruje tahovým systémům a dále zlepšuje plánovací procesy ERP systému, je APS (Advanced Planning and Scheduling system). Ten využívá optimalizační algoritmy pro co nejefektivnější rozplánování výroby s přihlédnutím ke všem omezením na straně zdrojů a požadavků zákazníků. Nevýhodou tohoto systému je enormní náročnost na kvalitu vstupních dat a také výpočetní náročnost.

TOC

Systém TOC (Theory Of Constraints) je často uváděn jako kombinace tlakového a tahového systému (např. Taylor, 2002). Jeho autorem je Goldratt a nyní je také označován jako systém Drum-Buffer-Rope (DBR). Filosofie tohoto principu je taková, že „*výrobní proces je rozvrhnut tak, aby fungoval v souladu s potřebami úzkého místa, kdy úzké místo definuje výkon celého výrobního systému*“ (Stevenson, 2005). Spearman (1989) uvádí, že tento systém může být použit na výroby typu "job shop" v malých podnicích nebo firmách vyrábějících na zakázku. Mabin a Balderstone (2003) dokázali, že podniky mohou díky této metodě dosáhnout pomocí redukce výrobních časů zvýšených tržeb. V porovnání s MRP systém TOC dosahuje lepších výsledků ve chvíli, kdy má výrobní proces dominantní úzké místo, naopak MRP funguje lépe ve chvílích, kdy jsou hodně customizované produkty, v porovnání s JIT je TOC více komplexnější (Plenert, 1999).

Štíhlá výroba

Pojem štíhlá výroba poprvé použil autor Krafcik v roce 1988 jako popis systému používaného firmou Toyota. „*Pojem "štíhlý" byl použit z důvodu vyjádření podstaty, že tento produkční systém vyžaduje mnohem méně zdrojů než běžné systémy*“ (Samuel a kol., 2015). Tento systém začal vznikat v 50. letech a jako tvůrce je označován Taiichi Ohno. K velkému rozšíření přispěli autoři Womack a Jones. Ti ve své knize "The Machine That

Changed The World" (1990) poprvé detailně popsali principy výrobního systému, který vytvořila Toyota. Výsledky, kterých dosáhla, jsou připisovány právě jejímu produkčnímu systému. „*Ten je založen na principu minimalizace všech forem plýtvání pro zajištění plynulého toku přidané hodnoty pro zákazníka*“ (Samuel a kol., 2015). Rok 1990 nelze ale považovat za počátky tohoto hnutí. Toyota svůj výrobní systém budovala po desetiletí, proto autoři často směřují počátky do padesátých a šedesátých let dvacátého století (například Liker, 2004 nebo Schonberger, 2007). Ale jsou i tací autoři, kteří tvrdí, že základy byly položeny v USA už během 2. světové války (Dinero, 2005 nebo Huntzinger, 2002).

Womack a Jones (1996) definují štíhlou výrobu jako „*strategii, která podporuje využívání praktik jako je kanban, TQM (Total Quality Management) a JIT k minimalizaci plýtvání a zvýšení firemní výkonnosti*“. Význam pojmů JIT a štíhlá výroba je často zaměňován a jejich výklad je téměř identický. U obou je základní myšlenkou eliminace plýtvání. Přínosem štíhlé výroby je i myšlenka, že je možno dosahovat dlouhodobých pozitivních výsledků bez zásadních investic do organizačních změn pouze za pomoci filosofie neustálého zlepšování. „*Díky drobným na sebe navazujícím změnám se pak podnik rozvíjí a přizpůsobuje stavu na trzích*“ (Santos Bento a Tontini, 2018).

Mezi nejdůležitější nástroje patří kanban, díky kterému se řadí štíhlá výroba mezi tahové systémy. „*Tato metoda byla vytvořena za účelem kontroly úrovně zásob a dodávek komponent a materiálu do výroby*“ (Junior a Filho, 2010). Podle Graves (1995) „*je to mechanismus řídicí materiálové toky, který zabezpečuje kvalitu a včasnost výroby*“. Nejčastěji se tento nástroj objevuje ve formě karet. Karta představuje jednu výrobní dávku konkrétního produktu. Počet karet v systému definuje maximální velikost rozpracované výroby. Předcházející operace může začít vykonávat činnost až ve chvíli, kdy obdrží potřebnou kartu z následující operace nebo skladu. Tento mechanismus tedy zajišťuje, že operace se vykonávají až ve chvíli, kdy vznikne potřeba od následujícího článku materiálového řetězce, a tím se udržuje nízká hladina zásob. Někdy jsou karty nahrazovány jinými signály, jako jsou třeba prázdné přepravní obaly, nebo se využívá informační systém a elektronická verze kanbanu. Jednou ze zmiňovaných nevýhod kanbanu je vazba jednotlivých karet na konkrétní produkt. V případě složitějších výrobních procesů s větším výrobním sortimentem může být alternativou ke kanbanu tzv. systém CONWIP (Constant Work In Process). Principy jsou stejné jako u kanbanu, pouze

karty v tomto systému nereprezentují konkrétní výrobní produkt, ale obecně výrobní dávku (Hopp a Spearman, 2008). Fowler (2002) uvádí, „že *kanban* je zaměřen na kontrolu výstupu z produkčního systému, zatímco *CONWIP* je přirozeně zaměřen především na kontrolu rozpracované výroby v rámci materiálového toku“.

Dalším důležitým nástrojem je TQM. Kanji (1990) definuje tento nástroj následujícím způsobem: „*Kvalita představuje uspokojení požadavků zákazníka, totální kvalita znamená dosáhnout kvality za co nejnižších nákladů a management totální kvality představuje každodenní zapojení všech zaměstnanců do totální kvality.*“ Vzhledem ke snaze štíhlé výroby operovat s co nejnižší hladinou rozpracované výroby je pro tento systém kritická vysoká úroveň kvality. V systému fungujícím s malými dávkami blízcími se jednomu kusu a minimálními zásobami představuje výpadek v podobě nekvalitního výrobku velké nebezpečí zastavení výroby a ohrožení zákazníka. Proto je kvalitě věnována velká pozornost, ale ne pouze z pohledu statistického sledování a vyhodnocování již vyrobených kusů, ale dochází zde k cílení na prevenci a předcházení nekvalitě. Zde je důležité vyhodnocování příčin nekvality a jejich eliminace a zamezení opakování chyby. K tomu se často používá tzv. Demingův (1986) cyklus neboli PDCA (Plan-Do-Check-Act).

Neméně důležitým nástrojem je i TPM (Total Productive Maintenance). Bhadury (2000) definuje TPM jako „*inovativní přístup k údržbě, který optimalizuje efektivitu strojů, eliminuje výpadky a zavádí autonomní údržbu vykonávanou operátory mezi každodenní aktivitou.*“ „*Hlavním cílem implementace TPM je zvýšení produktivity, zvýšení administrativní efektivity a eliminace šesti velkých výrobních ztrát, kterými jsou poruchy, přeseřizovací a nastavovací časy, nečinnost a menší odstávky, snížená rychlost, procesní vady a ztráty výkonu*“ (Nakajima, 1989). Důležitost TPM pro štíhlou výrobu je podobná jako u TQM. Pokud výrobní systém funguje s minimální rozpracovanou výrobou, nemůže si dovolit výpadky strojní kapacity. Tudíž i v této sféře došlo k přesunu od reaktivní údržby k proaktivní, jejíž úlohou je preventivní údržba strojů takovým způsobem, aby se předcházelo jejich výpadkům.

Mezi další základní nástroje se řadí i 5S. Tato metoda se zabývá organizací pracoviště tak, aby bylo co nejefektivněji uspořádáno. Jedná se často o jednu z prvních metod, která

se v rámci implementace štíhlé výroby zavádí. Její přínosy jsou rychlé a dobře „viditelné“. Obsahuje pět fází:

1. Vytřídit – odstranit nepotřebné věci z pracoviště (materiál, nástroje, měřidla atd.).
2. Vyčistit – vytvořit pořádek na pracovišti.
3. Uspořádat – vydefinovat, co a kde má být na pracovišti; vytvořit a označit prostor pro potřebný materiál.
4. Standardizovat – vytvořit standard, jak má pracoviště vypadat.
5. Systematizovat – nastavit systém tak, aby byly standardy dlouhodobě udržitelné.

Kaizen je jak nástrojem štíhlé výroby, tak určitým způsobem reprezentuje filosofii nebo kulturní změnu během implementace. Jedná se o metodu, která využívá drobných změn pro celkové zlepšení systému. Základní princip tkví v myšlence, že pracovníci, kteří každý den přichází do styku s určitým procesem, o něm vědí nejvíce a dokáží ho nejlépe vylepšovat a že každý v podniku se může zapojit do zlepšování procesů. Z filosofického pohledu jde zejména o myšlenku vybudovat kulturu, která má v sobě zabudovanu snahu neustálého zlepšování. Nelze očekávat, že po ukončení implementace štíhlé výroby dojde k ukončení všech aktivit týkajících se zlepšování procesů. Naopak jedním ze základních cílů této implementace je vytvořit takovou organizační strukturu a systém, aby se tyto zlepšovateľské aktivity staly pravidelnou pracovní náplní všech zaměstnanců v podniku.

Štíhlá výroba a její nástroje mají ale také svá omezení a ne vždy je vhodná jejich implementace. Například Stevenson s kolektivem (2005) uvádí, že *„předpoklady pro efektivní zavedení tohoto systému jsou kontinuální tok nebo velké dávky, omezené množství produktů, málo přeseřizování a nízká variabilita poptávky“*. Plenert (1999) dodává, že *„JIT není vhodné řešení pro výrobu typu "job shop"“*.

SCM

V 80. letech 20. století, když požadavky zákazníků neustále rostly, stejně tak jako rostla komplexnost a globalizace dodavatelských řetězců, se začala objevovat potřeba řešit efektivitu nejen interních procesů, ale také těch externích. Spolupráce všech subjektů účastnících se dodavatelského řetězce začala být klíčová. Proto *„v 90. letech otevřela integrovaná logistika cestu k růstu produktivity a ke zvyšování konkurenceschopnosti“*

podniků“ (Pernica, 2005). Dle Li (2006) „rozvoj a implementace Supply Chain Managementu (SCM) může maximalizovat hodnotu pro zákazníka, vytvořit konkurenční výhodu na trhu a zvednout zisky“. Hofmann (2010) zase uvádí, že „dle posledních výzkumů SCM je klíčovým podnikovým zdrojem pro získání vynikajících výsledků na globálních trzích“. Z toho vyplývá, že velký vliv na výkonnost podniku nemají jen produkční systémy, ale také logistické. Definice logistiky dle Council of Logistics Management je následující: „Logistika je proces plánování, realizace a řízení efektivního, výkonného toku a skladování zboží, služeb a souvisejících informací z místa vzniku do místa spotřeby, jehož cílem je uspokojit požadavky zákazníků.“ Supply Chain Management má za úkol koordinaci celého dodavatelsko-odběratelského řetězce. „Jedná se tedy o provázanou posloupnost všech činností (aktivit), jejich uskutečnění je nutnou podmínkou k dosažení daného konečného efektu, který má synergickou povahu“ (Pernica, 2005). Obsahuje jak vnitřní logistiku, tedy logistiku uvnitř jednoho podniku, tak vnější logistiku mezi více podniky v rámci řetězce. Z tohoto pohledu je komplexnější než produkční systém.

Dávno již nepředstavuje logistika pouze fyzickou manipulaci a skladování, tedy řízení materiálových toků. V posledních letech nabývá velkého významu řízení informačních toků. Zde vyvstává koordinační role logistiky. Ta obsahuje sběr a analýzu dat ze všech článků řetězce. Následuje zpracování dat formou plánování. To se již dnes v naprosté většině případů neobejde bez podpory informačních technologií. Ty mohou využívat různé plánovací algoritmy. Běžně se setkáváme s výše uvedeným MRP plánovacím mechanismem, ale rozmáhají se i sofistikovanější plánovací systémy, jako je například APS.

Slovo management v názvu této metody poukazuje na manažerský pohled na způsob řízení. Logistická strategie je základem pro funkční systém této složitosti. Moderní zákazníci mají vysoké nároky a očekávání. Dobře fungující logistika může zajistit spokojeného zákazníka. Proto jsou dobře nastavené logistické procesy nezbytností. Pro jejich správné fungování je nezbytná dobrá spolupráce s ostatními podnikovými procesy. Úzká vazba většinou bývá s výrobou. Ta pro své správné fungování musí být dobře zásobena veškerým materiálem. Ten může přicházet z vnějších zdrojů, tedy od dodavatelů, ale také z vnitřních, tedy z jiných částí výroby. Oboje má na starosti logistika. Nicméně z původního podpůrného procesu, který měl za úkol fyzické zajištění

materiálových toků, se role v posledních letech obrací. Logistika se stává hlavním procesem, který koordinuje výrobu s ostatními procesy uvnitř i vně podniku. Spolupráce v rámci dodavatelských řetězců je tak kritická, že výroba se podřizuje plánování a musí plnit požadavky, které na ni uplatňuje logistika. Trend posledních let je takový, že hranice mezi výrobou a logistikou se ztenčují a prakticky téměř mizí.

2.1.3 Budoucnost řízení výroby – Průmysl 4.0

Výrazný pokrok v oblasti IT technologií a digitalizace se promítá i do oblasti organizace a řízení výrobních procesů. Tyto rozšířené možnosti a nástroje daly za vznik nové koncepci směřující k vytvoření chytrých továren. Často se o této koncepci mluví jako o čtvrté průmyslové revoluci neboli digitální revoluci. *„Ta je na jedné straně tažena vývojem potřeb zákazníků a na straně druhé tlačena technologickými změnami“* (Lasi a kol., 2014). Na straně zákazníků se jedná především o krátké inovativní a vývojové cykly, vysokou individualizaci produktů dle přání zákazníka, velké požadavky na flexibilitu (hlavně ve výrobě), decentralizace v organizačních hierarchiích kvůli rychlé reakci a efektivní nakládání se zdroji (ekonomický, ale také ekologický vliv). Z pohledu technologických změn se jedná hlavně o tlak na zvyšování mechanizace a automatizace ve výrobě, digitalizace a komunikace (tedy propojení všech součástí výroby a využití získaných dat pro její optimalizaci) a miniaturizace.

Podle Mrugalska a Wyrwicka (2017) *„i přes velký celosvětový zájem o koncept Průmyslu 4.0 neexistuje jeho jednotná obecně uznávaná definice“*. Podle Tortorella a Fettermanna (2018) *„Průmysl 4.0 reprezentuje průmysl charakterizovaný propojenými stroji, inteligentními systémy a produkty a vzájemně souvisejícím řešeními.“* *„Průmysl 4.0 má za cíl propojit fyzický a virtuální svět“* (Leyh a kol., 2017). *„Průmysl 4.0 reprezentuje integraci automatizačních technologií (např. kyber-fyzických systémů), kolaboratorních robotů a big data ve výrobě“* (Hermann a kol., 2016). *„Průmysl 4.0 využívá principů kyber-fyzických systémů, internetu a technologií orientovaných na budoucnost a chytrých systému s paradigmaty zdokonalených interakcí mezi člověkem a strojem“* (Sanders a kol., 2016). *„Průmysl 4.0 může být popsán jako 3 paradigmat: chytrý produkt, chytrý stroj a zdokonalený operátor“* (Mrugalska a Wyrwicka, 2017).

Hlavní myšlenka chytré továrny je vytvořit systém, jehož fyzické součásti jsou vybaveny elektronikou, která je připojena k internetu. Základní prvky jsou tedy chytré

objekty a chytré sítě (Miragliotta, 2012). „*Nástrojem k dosažení zvýšené automatizace jsou kyber-fyzické systémy, vybavené mikrokontrolery, aktuátory, senzory a komunikačním rozhraním, které mohou pracovat samostatně a komunikovat v rámci výrobního prostředí*“ (Broy, 2010). „*Tyto kyber-fyzické systémy jsou výsledkem uzavřené smyčky složené z dat získaných z procesů sledovaných senzory, softwarového zpracování získaných informací a automatického řízení fyzických procesů pomocí aktuátorů komunikujících skrze Internet*“ (Broy, 2013). Součinnost více kyber-fyzických systémů v rámci chytré továrny vytváří kyber-fyzický produkční systém. „*Ten díky získávání dat, jejich zpracování, komunikaci mezi stroji a interakci mezi stroji a operátory umožňuje decentralizované autonomní řízení výroby*“ (Siepmann, 2016). „*Díky internetu věci jsou tyto chytré prvky začleněny do informační sítě, kde se stávají aktivními účastníky v podnikových procesech, komunikují informace o svém stavu, okolí, výrobním procesu, rozvrhu údržby a spoustu dalších*“ (Shrouf, 2014). Dochází tedy ke sběru velkého množství dat o aktuálním stavu systému a všech jeho součástí. Tato data jsou okamžitě zpracována podle definovaných algoritmů a výsledky jsou buď předány zase zpět do systému, nebo manažerům, kteří na základě nich mohou dělat rozhodnutí. Díky těmto datům může být vytvořena digitální verze daného výrobního systému (tzv. digitální dvojče). V této digitální verzi se pak mohou provádět pomocí simulačních metod testy různých scénářů, které by mohly nastat, a lze vyhodnotit jejich dopad, případně vybrat vhodnou reakci na danou situaci. Díky úrovni moderní výpočetní techniky mohou tyto testy probíhat prakticky okamžitě v reálném čase. Pak budou výrobní systémy i přes svoji rostoucí komplexnost neustále využívat veškeré své zdroje optimálním způsobem napříč celým dodavatelským řetězcem.

Z výše uvedených definic vyplývá, že Průmysl 4.0 v tuto chvíli představuje hlavně nové technologie, které díky pokroku a také díky snižující se finanční náročnosti na pořízení umožňují jejich masivnější nasazení ve výrobních procesech. Některé technologie jsou již výrazněji využívány průmyslovými podniky (např. RFID, 3D tisk, rozšířená realita apod.). Zde se jedná spíše o evoluci než o revoluci. Co může způsobit revoluci, je vzájemné propojení a komunikace jednotlivých prvků ve výrobním systému, a hlavně jejich autonomní reakce na aktuální stav systému. K tomuto stavu je ale ještě cesta velmi daleká a bude se jednat o vysoce komplikované a nákladné systémy, které nebude vždy efektivní zavádět.

2.2 Filozofie štíhlé výroby

Pro práci s pojmem štíhlá výroba je potřeba si jej vydefinovat. Na začátek je nutné uvést, že jednotná definice štíhlé výroby neexistuje (Karlsson a Ahlstrom, 1996). Nikdy nebylo jednoduché ji jednoznačně definovat, a proto existuje mnoho různých interpretací štíhlé výroby jak mezi akademiky, tak mezi praktiky (Qing Hu a kol., 2015). Není autorita, která by ze své formální pozice dokázala definovat tento pojem takovým způsobem, který by byl jednohlasně přijat vědeckou obcí a měl celosvětovou platnost. Je to zapříčiněno i tím, že problematika spojená se štíhlou výrobou je velmi komplexní a obsáhlá. Autoři se například rozcházejí už právě ve vymezení oblasti působnosti štíhlé výroby. Někteří se zaměřují pouze na výrobní procesy (Narasimhan a kol., 2006), jiní na veškeré procesy uvnitř podniku (Womack a Jones, 1994) a někteří dokonce tvrdí, že štíhlá výroba se zabývá celými dodavatelsko-odběratelskými řetězci (Naylor a kol., 1999). Jsou autoři, kteří označují štíhlou výrobu jako filosofii (Liker, 2004), další jako systém (Hopp a Spearman, 2004), proces (Womack a kol., 1990) anebo nástroj (Bicheno, 2004). Autoři Bhamu a Sangwan (2014) ve své analýze 209 článků z let 1988 až 2012 došli k následujícím závěrům ohledně pojmu štíhlá výroba:

1. Neexistuje jednotná obecně uznávaná definice.
2. Štíhlá výroba může být definována jako: cesta, proces, souhrn principů, souhrn nástrojů a technik, přístup, koncept, filosofie, postup, systém, program, výrobní paradigma nebo model.
3. Rozsah definic obsahuje: vývoj produktu, výrobní management, odběratelské řetězce, lidský aspekt, výrobní paradigma, tržní poptávku a změny prostředí.
4. Cíle implementace mohou být: získat větší různorodost produktů s méně vadami; integrovat vývoj produktu, dodavatelské řetězce a výrobní management; redukovat náklady; zkrátit dobu dodání; vyvážit výrobní plánování; zvýšit kvalitu při nižších nákladech; odstranit ze systému plýtvání; maximalizovat kapacity nebo minimalizovat zásoby; zvýšit produktivitu a kvalitu; dosáhnout flexibility; a další.

Podle Krafcika (1988) podniky, které dodržovaly principy štíhlé výroby, byly schopné vyrábět širší spektrum výrobků při udržování vysoké úrovně kvality a produktivity. Mezi populární definice štíhlé výroby patří: „*Štíhlá výroba je integrovaný*

socio-technický systém, jehož hlavním cílem je eliminace plýtvání pomocí neustálého snižování a minimalizace dodavatelské, zákaznické a interní variability“ (Shah a Ward, 2007); „Štíhlá výroba je definována jako eliminace plýtvání“ (Liker, 2004); „Štíhlá výroba je strategie nebo filosofie podněcující využívání praktik, jako je kanban, total quality management a just-in-time k minimalizaci plýtvání a zlepšení výkonu podniku“ (Womack a kol., 1990), „Štíhlá výroba je výrobní strategie, která usiluje o minimalizaci plýtvání, a tím zvyšuje efektivitu“ (Hofer a kol., 2012) nebo „Štíhlá výroba je soubor synchronizovaných metod a principů pro kontrolu výrobních podniků. Popisuje způsob nezávislý na technologiích, jak organizovat výrobu, aby procesy dosahovaly co nejkratších dob výroby při minimálních nákladech a maximální kvalitě“ (Ohno, 1988).

Je prokázáno, že štíhlá výroba v posledních desetiletích ovlivnila velké množství podniků a že je hlavním nástrojem využívaným pro zvyšování výkonnosti podniku. Přesto z článků vyplývá, že dochází neustále k vývoji tohoto fenoménu a že „z původního zaměření na jednotlivé nástroje přerůstá v podnikovou filosofii“ (Samuel a kol., 2015). Na základě počtu publikovaných článků v jednotlivých letech je vidět exponenciální nárůst literatury zabývající se štíhlou výrobou (Jasti a Kodali, 2015).

2.2.1 Přínosy štíhlé výroby pro podnik

Úspěchy firmy Toyota ve druhé polovině 20. století se přikládají vytvoření a nasazení principů a metod štíhlé výroby. Po tomto velkolepém úspěchu byla Toyota následována mnohými podniky různých velikostí a z různých odvětví, které se snažily její úspěch napodobit za pomoci využívání stejných metod. Ne všechny podniky ale uspěly.

Přesto se obecně mluví o prospěšnosti štíhlé výroby na výkonnost podniku. Hlavní tři oblasti jsou dodávky zákazníkům (kratší dodací doby, lepší termínové plnění apod.), kvalita (snižování spotřeby materiálu a zmetkovitosti, snižování počtu reklamací apod.) a náklady (lepší využití strojového parku a plochy, vyšší produktivita apod.). Například Gröbner (2007) uvádí, že „*štíhlá výroba zvyšuje produktivitu o 25 %*“.

Za poslední desetiletí byly realizovány různé empirické studie zaměřující se na přínosy štíhlé výroby. Například Santos Bento a Tontini (2018) statisticky prokázali, že štíhlá výroba má pozitivní vliv na provozní výkonnost podniku. To samé dokázali ve svém výzkumu i Wickramasinghe a Wickramasinghe (2017) a zároveň ukázali, že

s délkou zavedení nástrojů štihlé výroby rostou i její pozitivní přínosy pro výkonnost podniku.

Na druhou stranu existují i negativní efekty, hlavně u těch podniků, kde implementace štihlé výroby z různých důvodů nebyla úspěšná. Takové podniky nedosáhly výše zmíněných výsledků a zároveň vynaložily nemalé náklady na proces implementace. Štihlá výroba s sebou většinou nepřináší významné investice do technického nebo informačního systému, takže neúspěšná implementace nebývá jako taková pro podniky likvidační. Ale musí být vynaloženy nemalé personální náklady pro realizaci změn a tyto náklady pak společně s dalšími souvisejícími náklady generují negativní efekt na finanční výsledky podniku. Často ale větší ztrátou může být ztráta konkurenceschopnosti na trhu a také demotivace pracovníků.

2.2.2 Nástroje a metody štihlé výroby

Jak bylo uvedeno výše, základní principy štihlé výroby vychází z výrobního systému Toyoty. Ten byl zaměřen na minimalizaci plýtvání. „*Plýtvání je vše, co zvyšuje náklady a nepřidává hodnotu zákazníkovi*“ (Tuček a Dlabač, 2012). V Toyotě vydefinovali sedm základních druhů plýtvání (Liker, 2004):

1. Zbytečná doprava – rozložení pracovního procesu na velkou vzdálenost, vyvolání potřeby neefektivní přepravy, přesunu materiálu, dílů nebo hotového zboží do skladu a ze skladu či mezi procesy.
2. Nadměrné zásoby – nadbytečné zásoby surovin, rozpracované výroby či hotového zboží bývají příčinou delších průběhových dob, zastarávání, poškození zboží, dopravních a skladovacích nákladů a prodlev; nadbytečné zásoby také mohou zakrývat problémy, jako jsou nevyváženost výroby, opožděné zásilky od dodavatelů, vady, prostoje zařízení a dlouhé seřizovací časy.
3. Nepotřebný pohyb – každý ztrátový pohyb, který zaměstnanci musí vykonávat při práci, jako je vyhledávání dílů, nástrojů atd., natahování se pro ně nebo jejich urovnávání či skládání na sebe; ztrátou je také zbytečná chůze.
4. Čekání (disponibilní čas) – operátoři, kteří v podstatě jen dohlížejí na automatizovaná zařízení nebo musí postávat a čekat na další krok zpracovatelského procesu, nástroj, dodávku, součást atd., popřípadě prostě nemají

co dělat v důsledku vyčerpání zásob, četných zpoždění procesu, prostojů a poruch zařízení a kapacitních problémů.

5. Nadvýroba – výroba položek, na něž nejsou objednávky, která vyvolává ztráty v podobě přezaměstnanosti a skladovacích a dopravních nákladů v důsledku nadměrných zásob.
6. Nekvalita – výroba vadných dílů či jejich úpravy; opravy, předělávky, vyřazené zmetky, náhradní výroba, kontrola a dohled znamenají ztrátovou manipulaci, ztrátové časy a zbytečné úsilí.
7. Nadbytečné opracování – podnikání nepotřebných kroků ke zpracování dílů; neefektivní zpracování vinou špatných nástrojů a chybného konstrukčního řešení výrobku, které jsou příčinou zbytečných pohybů a způsobují vady; ztráty vznikají i tehdy, když se poskytují výrobky vyšší jakosti, než je nezbytné.

Každý výrobní systém je jedinečný a obsahuje kombinaci různých druhů a množství plýtvání. Principem štíhlé výroby je pomocí rozličných nástrojů tyto druhy plýtvání identifikovat, případně kvantifikovat a následně se je pomocí dalších nástrojů snažit eliminovat nebo alespoň minimalizovat. Je-li podnik v tomto snažení úspěšný, měly by se dostavit úspěchy v podobě zvýšení efektivity celého výrobního systému, což se projevuje v podobě zvýšené kvality výrobků, zkrácení doby dodání zákazníkům nebo zvýšení flexibility výroby v podobě výroby většího sortimentu produktů anebo snížení zásob a snížení nákladů na výrobu. Celkově by výsledná kombinace všech těchto efektů měla přispět ke zlepšení finančních ukazatelů podniku. Autoři Jasti a Kodali (2015) zkoumali vědecké články a četnost zmínění jednotlivých druhů plýtvání v nich a došli k výsledku, že nadměrné zásoby a nekvalitní výroba jsou nejzmiňovanější typy plýtvání a že pouze 12 % empirických článků se zaměřuje na všech sedm typů plýtvání.

Jak bylo uvedeno výše, k eliminaci a snižování plýtvání ve výrobě se využívají rozličné nástroje a metody. Podle Buera s kolektivem (2018) je štíhlá výroba ve svém základu oprostěna od informačních technologií, tudíž její nástroje slouží především k lepší organizaci práce, transparentnosti a jako metodika k řešení problémů. Výčet těch nejčastějších nástrojů seřazených podle četnosti výskytu ve vědeckých článcích ve svém článku uvedli autoři Bhamu a Sangwan (2014). Jejich žebříček je následující (Bhamu a Sangwan, 2014):

1. VSM (Value Stream Mapping) - mapování hodnotového řetězce
2. Kanban/Systém tahu
3. JIT (Just-In-Time)
4. TPM (Total Productive Maintenance) - totálně produktivní údržba
5. 5S - pořádek a organizace pracoviště
6. Buňková výroba
7. Neustálé zlepšování
8. TQM (Total Quality Management) - komplexní systém kvality
9. Kaizen - systém drobných zlepšení
10. SMED (Single Minute Exchange of Die) - rychlé přeseřizování strojů
11. Multifunkční týmy/zapojení zaměstnanců
12. Vyrovnaná výroba (Heijunka)
13. Vizuální kontrola
14. Vztahy s dodavateli
15. Poka Yoke (Chybu-vzdorné operace)
16. Standardizovaná práce
17. Simulace
18. Automatizace a další

Podobnou analýzu provedli i další autoři, jako například Jasti a Kodali (2015). Ti uvádí jako nejčastěji zmiňovaný nástroj Value Stream Mapping (mapování hodnotového toku) s počtem 179 článků (32,78 %). Následován byl redukcí přeseřizovacích časů (SMED) a nástrojem kaizen. Naopak jako nejméně uváděné nástroje vyšly uspořádání pracovišť do buněk, vizualizace a rovnoměrná pracovní zátěž (Jasti a Kodali, 2015).

2.2.3 Implementace štihlé výroby

Cíle implementace štihlé výroby mohou být především tyto:

1. Redukovat náklady
2. Zkrátit dobu výroby
3. Vyvážit výrobní plánování
4. Zvýšit kvalitu
5. Odstranit plýtvání
6. Zvýšit produktivitu

7. Maximalizovat využití kapacit
8. Minimalizovat zásoby
9. Zvýšit flexibilitu
10. Zajistit větší různorodost produktů pro zákazníky
11. Integrovat vývoj produktu
12. Integrovat dodavatelské řetězce

„Existuje velké množství přístupů k implementaci a každý se určitým způsobem odlišuje a zaměřuje se na jiný nástroj, praktiku nebo oblast“ (Bhamu a Sangwan, 2014). Dokonce se autoři ani neshodují, jestli může existovat univerzální postup, který by se dal aplikovat na všechny podniky, nebo jestli každá implementace je jedinečná a pak takový postup slouží jen jako určitý rámec jednotlivých kroků, které se ale musí přizpůsobit podmínkám konkrétního podniku. Jednoznačné je, že zatím neexistuje taková metoda, která by byla jednomyslně přijata jako funkční a která by mohla sloužit jako univerzální návod na úspěšnou implementaci štihlé výroby. Fakt, že žádná metoda neobsahuje přesně definovanou posloupnost činností nebo návod, jak zavést štihlou výrobu v podniku, způsobuje, že ne všechny podniky jsou s implementací úspěšné a dosáhnou očekávaných výsledků (Bhamu a Sangwan, 2014). Tento problém je v odborné literatuře často zmiňován, a proto se hodně autorů zabývá analýzou příčin, které rozhodují o úspěšnosti a neúspěšnosti zavádění štihlé výroby. Z těchto analýz vznikají rozličné faktory ovlivňující a rozhodující o úspěšnosti implementace. Někteří autoři zmiňují, že malé a střední podniky mají větší problémy s implementací štihlé výroby, nebo dokonce některá celá odvětví zaostávají s úspěšným využíváním principů štihlé výroby (Sanders a kol., 2016).

Autoři Jasti a Kodali (2015) upozorňují na fakt, *„že podniky by se při implementaci štihlé výroby neměly soustředit na zavádění jednotlivých elementů štihlé výroby, ale měly by k ní přistupovat jako ke komplexní filosofii“*. Jadhav (2014) se svým týmem vytvořili seznam 24 identifikovaných bariér na cestě za úspěšnou implementací štihlé výroby:

1. Resistance managementu
2. Nedostatečný leadership ze strany vyššího managementu
3. Nedostatečná angažovanost a podpora ze strany vyššího managementu
4. Špatná komunikace mezi managementem a pracovníky

5. Nedostatečné zplnomocnění zaměstnanců
6. Resistence ze strany pracovníků
7. Málo vytrvalosti
8. Nedostatek konzultantů a lektorů v oboru
9. Nedostatečné proškolení manažerů
10. Špatné proškolení pracovníků
11. Kulturní rozdílnosti
12. Špatná spolupráce a nedůvěra mezi manažery a zaměstnanci
13. Mezi-útvárové konflikty
14. Nezapojení štihlé výroby do systému motivace
15. Nedostatek zdrojů
16. Pomalá reakce na trh
17. Nedostatečné sdílení informací a komunikace s dodavateli a zákazníky
18. Nespolupracující dodavatelé
19. Nedostatečný vliv na dodavatele nebo jejich zapojení do implementace
20. Špatná spolupráce v rámci dodavatelsko-odběratelského řetězce
21. Kvalitativní problémy s dodávaným materiálem
22. Špatné strategické plánování implementace
23. Nedostatečná logistická podpora
24. Problémy se stroji a jejich rozmístěním

Často se také autoři zabývají kritikou metodik jako takových. Například autor Chay se svým týmem (2015) uvádí, že *„pro udržitelnost zavedených efektů a pro schopnost podniku reagovat na neustále se měnící podmínky na trhu je důležité, aby postup popisoval důvody a principy fungování jednotlivých nástrojů, pak teprve dokáže organizace pružně reagovat na změny a budovat učící se organizaci“*. K tomu dodávají, že *„bohužel jen málo postupů dává odpovědi na tyto otázky, a to je často spojováno s nízkým podílem úspěšných aplikací štihlé výroby“* (Chay a kol., 2015). Schonberger (2019) upozorňuje, že *„často se podniky při zavádění štihlé výroby zaměřují více na formu (přemíra analýz, studií a dokumentů) a zapomínají/nezvládají pak realizovat konkrétní aktivity, které ještě často mohou být špatně pochopeny, a tudíž nesprávně využívány“*. Autoři Jasti a Kodali (2015) uvádí, že *„v člancích jsou prezentovány metodiky a rámce implementace štihlé výroby, které ale nejsou verifikovány empirickým výzkumem a není*

doložen pozitivní dopad na výkonnost podniku“. Z toho vyplývá, že vytvoření metodiky, která by byla univerzálně použitelná, a bylo by prokazatelné, že jejím následováním dojde k úspěšnému zavedení štíhlé výroby se všemi jejími pozitivními efekty na efektivitu výrobního systému, je velmi složité.

Jako příčina častých neúspěšných implementací metody štíhlé výroby je uváděn nesoulad mezi využíváním jednotlivých nástrojů a reálných dosažených přínosů a efektů těchto nástrojů na výkonnost podniku (Cocca a kol., 2019). Proto jako aspekt pozitivně ovlivňující výsledek implementace štíhlé výroby je uváděno měření štíhlosti v průběhu tohoto procesu (Wong a kol., 2014, Bidhendí a kol., 2019).

2.2.4 Vztah štíhlé výroby a Průmyslu 4.0

Štíhlá výroba vznikla v druhém pololetí 20. století. I když jsou principy, na kterých byla tato metoda postavena, stále platné a funkční, za tu dobu se změnilo nejen prostředí, ve kterém se výrobní podniky pohybují, ale došlo i k rozvoji moderních technologií, které podniky využívají. V dnešní době by podniky bez moderních IT technologií nemohly fungovat. Nástroje pro komunikaci, jako jsou e-maily a Internet, jsou využívány denně. Informační systémy podporující podnikové procesy existují v různých podobách. Účetní a mzdové systémy mají v současnosti téměř všechny podniky. Ale většina firem má již i určitou formu komplexního ERP systému se zakomponovaným MRP plánovacím modulem. V logistice se využívají scannery čárových kódů a někde i RFID čipy. Vývojové a konstrukční činnosti probíhají v CAD (Computer Aided System). A tak by se daly najít příklady běžně používaných IT nástrojů pro všechny podnikové procesy.

Doposud tyto technologie a štíhlá výroba většinou fungovaly paralelně a musely být vymezené hranice působnosti. Štíhlá výroba se zaměřuje primárně na organizaci a přístup zaměstnanců k vykonávání jejich činností. V převážné většině případů nemá ambice na technické zajištění konkrétních činností, jako je třeba účetnictví, konstrukční práce apod. Proto zde nebývají třecí plochy. Jsou ale oblasti, kde se štíhlá výroba střetává s technologiemi. Typickým příkladem je výrobní plánování. Štíhlá výroba je postavena na tahovém principu, zatímco MRP plánování je systémem tlaku. Podnik si pak musí vybrat, který systém použije. Jelikož tahový systém má své přednosti, a tím získává navrch, IT sektor na to reagoval a přišel se systémy APS, které mají zakomponované ve svých algoritmech tahové principy. Rozdíl mezi štíhlou výrobou a APS je ale v složitosti

daných řešení. „*Jednoduchost štihlé výroby je jedním z důvodů, proč se o ní mluví jako o status quo produkčních systémů*“ (Gröbner, 2007). „*Ve své nejčistší podobě je štihlá výroba zbavena všech informačních technologií*“ (Buer a kol., 2018). Dobře nastavený a fungující APS systém bude pravděpodobně přinášet o něco lepší výsledky. Ale není mnoho firem, které by dokázaly zavést a efektivně využívat APS systém pro své plánování.

Na druhou stranu ani štihlá výroba nemůže ignorovat nové trendy, a tak se již delší dobu hledají možné synergie s moderními IT technologiemi. Kolberg a Zühlke (2015) poukazují na pojem štihlá automatizace, která vznikla v polovině 90. let jako kombinace automatizačních technologií se štihlou výrobou. Nicméně také upozorňují, že poslední desetiletí tato oblast neměla příliš pozornosti vědecké obce a nerozvíjela se (Kolberg a Zühlke, 2015). Více úspěšné jsou dílčí nástroje a metody štihlé výroby, které využívají nové technologie. Mezi autory asi nejvíce zmiňovaná oblast je e-kanban. Kdy klasické fyzické kanbanové karty jsou nahrazeny elektronickou formou v informačním systému, nebo speciálními technologiemi přímo na pracovišti, které nahrazují princip řízení tahem pomocí kanbanových karet. Dále se dají zmínit technologie na podporu zlepšení kvality, jako například moderní kamery a software, který dokáže automaticky detekovat nekvalitu. Nebo technologie, které dokáží predikovat možnou poruchu stroje (termokamery, systémy analyzující vibrace nebo hluky ze stroje apod.).

Jak bylo uvedeno výše, jedná se spíše o dílčí synergie, které postupně vznikaly a hledaly si svoje uplatnění v organizaci výrobních procesů. O Průmyslu 4.0 se ale mluví jako o nové revoluci v řízení výrobních procesů a celých podniků. Stejně se mluvilo i o štihlé výrobě jako představiteli třetí průmyslové revoluce z pohledu organizace výroby (Tommelein, 2014). Otázkou tedy je, jestli Průmysl 4.0 může nahradit štihlou výrobu?

Odpověď přinese budoucnost, ale již nyní se někteří autoři zabývají analýzou vztahu štihlé výroby a Průmyslu 4.0. Například Wagner a kol. (2017) uvádí, že „*koncept štihlé výroby je postaven mimo jiné na tom udržovat procesy a zařízení jednoduché, snadné na ovládání a údržbu, přičemž přístup implementace komplexních složitých IT řešení na propojení strojů, lidí a procesů vytváří určité nevyřešené dilema mezi štihlou výrobou a Průmyslem 4.0*“. Kolberg a Zühlke (2015) tvrdí, že „*v současném vědeckém poznání nejsou specifikovány dopady Průmyslu 4.0 na zavedené štihlé produkční systémy a chybí*

rámeč, který by kombinoval tyto dva přístupy“. Sartal s kolektivem (2017) uvádí, že *„vědecké důkazy o vzájemné vazbě mezi Průmyslem 4.0 a štihlou výrobou jsou teprve v počátcích a je potřeba důkladného bádání pro pochopení jejich vzájemného vztahu a jaký tento vztah má dopad na výkon podniků“.* Rossini s kolektivem (2019) upozorňují, že *„více autorů zmiňuje pozitivní vztah mezi štihlou výrobou a Průmyslem 4.0, ale že v literatuře není dostatečně tento vztah empiricky prověřen. Technologie Průmyslu 4.0 cílí na principy komunikace, flexibility a reálného času, zatímco „soft“ principy zaměřující se na komunikaci mezi zaměstnanci a kreativitu zůstávají stranou, a tudíž Průmysl 4.0 nepokrývá a nenahrazuje veškeré principy, které management štihlé výroby přináší - jako je reflexe, představitivost nebo hledání zlepšení“* (Rosin a kol., 2020).

I přes tvrzení Tortorella (2019), že *„kvůli společným i protichůdným charakteristikám je nejasné, zdali společná implementace povede k zlepšení výkonu“*, se některé podniky pouští do využívání technologií Průmyslu 4.0. Díky tomu může vědecká obec začít zkoumat reálné dopady těchto aktivit a také jejich interakci se štihlou výrobou. Kromě několika případových studií zabývajících se jednotlivými podniky byly provedeny dvě empirické studie zkoumající vztah štihlé výroby a Průmyslu 4.0 na větším souboru podniků.

První se zabývala průmyslovými podniky v Brazílii. Zde autoři došli k závěru, že pozitivní vliv Průmyslu 4.0 na výkonnost podniku není zřejmý. Je ale uvedeno, že v kombinaci se štihlou výrobou jsou efekty prokazatelnější (Tortorella a kol., 2019). Poukazují na fakt, že *„zavedení samotných informačních systémů bez dodatečných tahových principů vyústí v běžný tlakový systém, čímž nedojde ke zlepšení výkonnosti podniku“.* To zmiňuje i David s kolektivem (2016) nebo Landscheidt a Kans (2016), že pouze investice do nejnovějších technologií nestačí, a pokud nejsou doplněny systematickými zlepšeními procesů, nepřináší zlepšení výkonnosti.

Druhá empirická studie se zabývala evropskými podniky, které zavádí Průmysl 4.0 a zároveň již mají zavedenu metodu štihlé výroby. Její autoři Rossini s kolektivem (2019) došli k závěru, že štihlá výroba má výraznější pozitivní efekt na výkonnost než Průmysl 4.0 a poukazují na tyto tři závěry, které přinesla jejich studie:

- 1. Implementace štihlé výroby doplněná o zavedení Průmyslu 4.0 přináší výrazné zlepšení výkonnosti podniku.*

2. *Podniky dosahující vynikajících výsledků mají velmi často zavedenu metodu štihlé výroby, zatímco u Průmyslu 4.0 tento vliv na zlepšení výkonnosti nebyl prokázán.*
3. *Zavádění Průmyslu 4.0 je silně navázáno na štihlou výrobu, zatímco štihlá výroba nevyžaduje implementaci Průmyslu 4.0.*

Závěr z těchto dvou studií je takový, že v současné době nemůže Průmysl 4.0 nahradit štihlou výrobu. Při vhodném začlenění může ale umocnit pozitivní efekty štihlé výroby na výkonnost podniku. Na tuto skutečnost upozornil již před zmíněnými studiemi Leyh s kolektivem (2017), kdy uvádí, že *„štihlá výroba není příliš zmiňována ve spojitosti s modely Průmyslu 4.0, i když je jasné, že musí být základem pro jeho implementaci“*. Rosin s kolektivem (2020) doplňuje, že *„mezi autory převažují dva pohledy na tento vztah, první skupina tvrdí, že štihlá výroba je nezbytný předpoklad pro zavádění Průmyslu 4.0, a druhá skupina míní, že Průmysl 4.0 zlepšuje efektivnost štihlé výroby“*. Podle Kolberga a Zühlke (2015) může být implementace Průmyslu 4.0 do štihlého produkčního systému méně riziková z pohledu případného neúspěchu. Jedná se o to, že zavádění štihlé výroby samo o sobě vyžaduje velké zásahy do systému a změny v přístupu zaměstnanců. Pokud si podnik takovou změnou úspěšně projde, tak lze očekávat, že je jeho systém připraven absorbovat nové principy a zaměstnanci jsou zvyklí na zásadní změny. Také se nesmí opomenout důležitý fakt, na který poukazuje Sanders s kolektivem (2016), že riziko zavádění Průmyslu 4.0 souvisí i s výrazným objemem potřebných investic do nových technologií. Z těchto důvodů Rosin s kolektivem (2020) doporučuje, vzhledem k nejistému efektu zavádění Průmyslu 4.0 na výkonnost podniku, zavedení a měření vhodných ukazatelů měřících přínos této iniciativy pro podniky v průběhu tohoto procesu.

2.2.5 Vliv štihlé výroby na hospodářský růst státu

Přínosy štihlé výroby pro podnik byly detailně analyzovány v mnoha odborných článcích a byly podpořeny velkým množstvím rozličných výzkumů (např. Fullerton, 2003; Hofer a kol., 2012; Jayaram a kol., 2008). Má-li štihlá výroba pozitivní vliv na výkon podniku, pak by měla mít pozitivní vliv i na celé hospodářství státu. *„Nicméně významu vlivu štihlé výroby na ekonomický růst v makroekonomickém pojetí autoři ekonomických článků nepřikládají velkou váhu“* (Sanidas a Shin, 2017). Přitom samotné téma hospodářského růstu státu a aspektů, jež jej ovlivňují, patří mezi populární u autorů

odborných článků (např. Hall a Jones 1999; Marelli a Signorelli 2010, Sachs a Vial 2001).

Japonsko, které je kolébkou štíhlé výroby, prošlo v druhé polovině 20. století významným hospodářským růstem, který válkou zuboženou zemi dokázal dostat mezi nejvyspělejší ekonomiky světa. „*V roce 2008 Toyota překonala General Motors v objemu prodaných automobilů*“ (Bunkley, 2009). Jedná se pouze o shodu náhod, že k tomuto růstu došlo ve stejném období, kdy vznikala a začala se v Japonsku zavádět metoda štíhlé výroby?

Jak bylo uvedeno výše, je nezpochybnitelné, že výrobní procesy prochází evolucí. „*Model masové výroby je nahrazován vizí flexibilního multiproduktového podniku, který upřednostňuje kvalitu a rychlou odezvu na podmínky a požadavky na trhu, při využívání technologicky vyspělého zařízení a nových forem organizace*“ (Milgrom a Roberts, 1990). Dá se ale tento pohled přenést i na makroekonomickou úroveň a tvrdit, že tato evoluce s sebou přináší i hospodářský růst celé země?

Hospodářský růst souvisí kromě právního a společenského systému daného státu hlavně s rozvojem technologie a akumulace kapitálu. Podle United Nations Centre on Transnational Corporations je definice technologie pro účely této práce následující (UNCTC, 1985, p. 119): „*Technologie může být v hmotné podobě kapitálových statků, jako jsou stroje a zařízení (technologické inovace), nebo v nehmotné podobě, jako jsou průmyslová práva, know-how, management, organizace a design (organizační inovace).*“

Historicky hospodářský růst zemí iniciovaly odlišné podněty. Dříve jím byl hlavně růst technologické vybavenosti, což způsobovalo růst produktivity práce. Dále k hospodářskému růstu přispívalo nerostné bohatství států, zejména paliva, jako je uhlí nebo ropa. Přesto hlavně ve 20. století najdeme velké množství států, které nejsou bohaté na nerostné suroviny a zažily velký hospodářský růst.

Tento fakt autoři vysvětlují tak, že moderní výroba je silně založena na organizačních inovacích (např. štíhlá výroba apod.) oproti technickým inovacím (Edquist a kol., 2001). Nelze říct, že by technologie nebyly důležité. Ale současná vybavenost technologiemi a otevřenost dnešních trhů způsobuje, že nestačí mít pouze technologie a zdroje, ale je potřeba k nim mít i odpovídající organizaci. Například Menard (1996) uvedl, že

produkční funkce by měla mít tři vstupy: kapitál, práci a organizační schopnosti. Denison (1962) výslovně rozlišuje mezi organizačními a technologickými inovacemi a uvádí možný velký vliv organizačních inovací na hospodářský růst. Mansfield (1968) jmenuje organizační inovace, konkrétně nové techniky organizace, marketing a management jako zdroje růstu. Lucas (1993) uvádí, že akumulace lidského kapitálu může přinést hospodářský růst ve chvíli, kdy organizace správně funguje. Stiglitz (1996) vysvětluje zázračný růst východoasijských zemí pomocí inovací v organizaci vlády. Chandler (1997) rozebírá manažerské aspekty organizačních inovací. Pack (1994) vidí organizační inovace formou znalostí (organizační rutiny, přeuspořádání materiálových toků v podniku, lepší management zásob a další změny, jež nevyžadují nové technologické vybavení), které dokážou ovlivnit roční míru produktivity.

Z toho vyplývá, že organizační struktura a organizace výroby jako takové může mít velký vliv na růst jak podniku, tak v makroekonomickém pohledu na hospodářský růst celé země, jsou-li organizační změny prováděny plošně. *„Obecně jsou organizační inovace spojeny s produkčními systémy a mají důležitou roli v hospodářském růstu“* (Sanidas, 2002). Štíhlá výroba je jednou z těch organizačních změn v podnicích, která získala na globální oblibě a prosazuje se v managementu podniků po celém světě.

Autoři Sanidas a Shin (2017) se pokusili prokázat, že technický pokrok a strukturální změny, akumulace lidského kapitálu a reformy trhu práce jsou více efektivní, když jsou doplněné odpovídajícími inovacemi v organizaci a provedli empirický výzkum zabývající se vlivem zavedení metod štíhlé výroby v podnicích na hospodářský růst země využívající data z databáze Světové banky. Zkoumali základní makroekonomické ukazatele 88 států v období mezi roky 1978 a 2008 (Sanidas a Shin, 2017). Pro zkoumání tohoto vztahu použili růst hrubého domácího produktu jednotlivých států a ukazatel zásoby v poměru k hrubému domácímu produktu.

Ukazatel velikosti zásob v poměru k velikosti hrubého domácího produktu byl použit jako zástupný ukazatel reprezentující úroveň zavedení štíhlé výroby. Hofer s kolektivem (2012) ve svém článku prokázali pozitivní vliv zavádění štíhlé výroby na finanční výkonnost podniku a dokázali, že zprostředkující proměnnou je velikost zásob. Miltenburg (1993) dokázal ve svém teoretickém modelu, že štíhlá výroba snižuje náklady a zásoby v podniku. Sanidas (2004) ve své práci uvádí, že *„dva nejvíce evidentní*

a měřitelné efekty zavádění štihlé výroby korespondují s neustálým snižováním zásob a neustálým zvyšováním kvality“.

Do svého modelu také autoři Sanidas a Shin (2017) zakomponovali investice, vzdělání a populační růst jako reprezentanty technologických inovací. Jejich výsledky ukázaly, že na hospodářský růst země mají vliv jak technologické inovace, tak i organizační inovace. To koresponduje s tvrzeními jiných autorů uvedených výše. Výstupem empirického výzkumu je tedy tvrzení, že státy, které mají nižší hladinu zásob, vykazují vyšší hospodářský růst. Dále výsledky jejich výzkumu prokázaly, že v časovém období 30 let státy, které v tomto období snižovaly svou hladinu zásob, vykazovaly významnější hospodářský růst. Pokud se uzná, že hladina zásob je adekvátní ukazatel reprezentující úroveň zavedení metody štihlé výroby, dá se říct, že výsledky prokázaly tvrzení, že úroveň zavedení štihlé výroby má pozitivní vliv na hospodářský růst státu.

3 SOUČASNÝ STAV VĚDECKÉHO POZNÁNÍ V OBLASTI MĚŘENÍ ŠTÍHLOSTI VÝROBNÍHO PROCESU

Měření výkonnosti systému nebo procesu je jednou z klíčových manažerských činností. Pokud této oblasti není věnována dostatečná pozornost, je velmi obtížné zjistit aktuální stav, historický vývoj, případně budoucí potenciály produkčního systému, a tudíž dělat správná rozhodnutí. Protože štihlá výroba je metoda organizace výrobního systému a zavádění štihlé výroby je proces, tak i zde platí nutnost měřit jak aktuální stav systému, tak vývoj v rámci procesu změny. V neposlední řadě je také velmi důležité dokázat definovat cílový stav, ke kterému při zavádění směřujeme. K tomu všemu slouží měření štihlé výroby. Přestože se jedná o důležitou součást metodiky štihlé výroby, je otázkám, jak je systém štihlý, přikládána menší pozornost než otázkám, jak udělat systém štihlejší (Wan a Chen, 2008, Cocca a kol., 2019). Anvari s kolektivem (2013) uvádí, že *„existuje bezpočet teoretických a praktických studií poukazujících na nástroje a techniky spadající do oblastí štihlé výroby, ale málo těch, které se zaměřují systematicky na měření jejich vlivu na štihlost podniku“*, a dodává, *„že není možné zvládnout zavádění štihlé výroby bez identifikace způsobu, jak měřit tento vliv“*. Cocca s kolektivem (2019) došli v rámci jejich rešerše literatury zabývající se měřením štihlosti výrobních podniků k výslednému počtu pouze 31 článků, zabývajících se touto problematikou do roku 2015.

3.1 Štihlost

Aby bylo možné měřit štihlou výrobu, je důležité nejdříve vydefinovat pojem "štihlost". *„Definice štihlosti se opět liší autor od autora“* (Anvari a kol., 2013). Comm a Mathaisel (2000) popisují štihlost jako *„relativní metriku definující, jestli podnik je nebo není štihlý“*. Jiná definice štihlosti uvádí, že určuje úroveň adopce a implementace štihlé filosofie v organizaci (Wong a kol., 2014, Naylor a kol., 1999). Pojem "totální štihlost" použil McIvor (2001) pro popis štihlého řetězce s perfektně štihlými klíčovými oblastmi. Mnoho autorů přiřazuje štihlost k úrovni využívání jednotlivých nástrojů spojených se štihlou výrobou. S touto definicí se ale moc neztotožňujeme. Spíše se přikláníme k definicím, které staví na tom, že štihlost je určitá vlastnost výrobního systému, která poukazuje na úroveň efektivnosti přeměny vstupů na výstupy. Obecně se

dá na tuto efektivnost nahlížet z různých pohledů. „*Přínos štihlé výroby není pouze o redukci plýtvání, ale o menším využívání všech zdrojů, z čehož plynou benefity, jako jsou kratší výrobní časy, menší náklady na skladování, méně nekvalitní výroby a další*“ (Sun, 2011). Z pohledu štihlé výroby se tato efektivnost dá definovat jako míra efektivního využití zásob rozpracované výroby. Tato definice se blíží té od autorů Wan a Chen (2008), kteří štihlost definují jako „*úroveň výkonnosti hodnotového toku ve srovnání s ideálním stavem*“. Anvari s kolektivem (2013) uvádí, že „*doba výroby je klíčové měřítko štihlosti*“. Jak bude uvedeno níže, platí, že zásoby hlavně v podobě rozpracované výroby úzce souvisí s dobou výroby. Z našeho pohledu je štihlost úroveň efektivity výrobního procesu. Na tuto efektivitu lze nahlížet z různých pohledů, ale jako jedno z velmi důležitých měřítek efektivity a potažmo štihlosti uvažujeme dobu výroby.

Důležitou vlastností štihlosti je její měřitelnost. „*Ta je daná porovnáním současného stavu systému s nejlepším možným stavem, případně s nejhorším možným stavem*“ (Anvari a kol., 2013). Vzhledem k rozdílným definicím štihlosti se dělí i názory na způsob jejího měření. Někteří autoři se přiklání k myšlence, že se jedná o kvalitativní metriku, ostatní ji prezentují jako kvantitativní veličinu (Wong a kol., 2014).

Problematika měření štihlé výroby zůstává stále otevřená a plno autorů tvrdí, že ještě nebyl objeven vhodný způsob měření (např. Tayaksi a kol. 2020). Wan a Chen (2008) tvrdí, že „*objektivní, kvantitativní a integrované měřítko celkové štihlosti pro praktické využití stále nebylo vytvořeno*“. Nastavení vhodných ukazatelů pro měření štihlosti stále nebylo dostatečně prozkoumáno, a tak autoři používají různé způsoby měření štihlosti ve svých případových studiích (Todorov a kol., 2019). Tento nedostatek je pak řešen tak, že jsou využívány takové způsoby měření, které nemusejí mít přímou vazbu na štihlou výrobu. Dle Sangwa a Sangwan (2018) „*komplexní, složitě provázané a neflexibilní ukazatele (jako například ty finanční) nemohou sloužit k modernímu řízení výroby*“. Takto získané údaje mohou ve svém důsledku fungovat třeba i kontraproduktivně při procesu implementace nástrojů štihlé výroby. Nebo je měření zajišťováno složitými výpočetními mechanismy kombinujícími různé přístupy, které jsou v běžné praxi neuchopitelné. Anvari s kolektivem (2013) tvrdí, že „*mnoho organizací po celém světě se pokoušelo o implementaci štihlé výroby, ale často ztroskotaly kvůli nedostatečnému pochopení hlavních atributů štihlosti, štihlé výkonnosti a jejího měření*“. Yadav s kolektivem (2019) uvádí, že „*některé vytvořené komplexní indikátory měření štihlosti*

výrobního procesu se dají použít pro velké korporace, ale nejsou použitelné pro malé a střední podniky“.

Metody měření štihlosti výrobního procesu se dají rozdělit do dvou základních oblastí podle způsobu získávání potřebných informací a dat pro vyhodnocení výsledku. Jedná se o kvalitativní metody založené nejčastěji na dotazníkovém sběru dat a kvantitativní metody založené na výpočtu (Cocca a kol., 2019).

3.2 Kvalitativní metody měření štihlé výroby

Kvalitativní metody jsou většinou postaveny na subjektivním způsobu získávání dat o aktuální situaci ve výrobním procesu a mezi autory vědeckých článků jsou populárnější. Dle Cocca s kolektivem (2019) je 68 % metod postaveno na základě určité formy průzkumu. Formou vhodně zvolených otázek jsou dotazovány subjekty obeznámené s fungováním výrobního procesu na potřebné informace o aktuální situaci. Tyto informace jsou posléze porovnány s obecně uznávanými projevy chování výrobního procesu, který představuje optimální stav s maximální úrovní štihlosti. Na základě vyhodnocení odchylek těchto dvou stavů je určena štihlost výrobního procesu. Pro kvalitativní měření úrovně štihlosti se nejčastěji používají různé formy dotazníků (Wan a Chen, 2008). Fungují na principu srovnání aktuálního stavu výrobního procesu a úrovně využívání principů štihlé výroby v něm s ideálním stavem. Cílem pak je na základě kvantifikace rozdílů těchto dvou stavů usuzovat na úroveň štihlosti.

LESAT

Jednou z nejpoužívanějších kvalitativních metod je "Lean Enterprise Self-Assessment Tool" (LESAT) vyvinutý na MIT (Massachusetts Institute of Technology). Tento nástroj posuzuje úroveň štihlosti podniku na základě úrovně dosažení stanovených cílů v rozličných oblastech podnikového managementu (Nightingale a Mize 2002). Obsahuje tři základní sekce, které se dále rozpadají do jednotlivých podsekcí. Jeho struktura je následující (Lean Enterprise Self-Assessment Tool (LESAT) Version 1.0, <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/81903>):

Sekce 1 – Štihlá transformace/Leadership

1. Podnikové strategické plánování (3 praktiky)
2. Adopce štihlého paradigmatu (4 praktiky)

3. Zaměření na hodnotový tok (4 praktiky)
4. Rozvoj štíhlé struktury a chování (7 praktik)
5. Tvorba a zlepšování transformačního plánu (3 praktiky)
6. Implementace lean iniciativ (2 praktiky)
7. Zaměření na neustálé zlepšování (5 praktik)

Sekce 2 – Proces životního cyklu

1. Rozvoj podnikání a dlouhodobé plány (4 praktiky)
2. Definice potřeb (2 praktiky)
3. Rozvoj produktů a procesů (3 praktiky)
4. Řízení Supply Chainu (3 praktiky)
5. Výroba produktu (2 praktiky)
6. Distribuce a servis produktu (4 praktiky)

Sekce 3 – Vhodná infrastruktura

1. Štíhlá organizace (5 praktik)
2. Štíhlé procesy (3 praktiky)

Každá praktika se hodnotí na stupnici o pěti úrovních. V roce 2012 došlo k aktualizaci na verzi 2 na základě zkušeností z praktického využívání. Základní formát zůstal zachován, jen došlo k některým změnám v jednotlivých sekcích.

Mnoho autorů tento model dále rozšiřuje a přizpůsobuje, např. Martínez Sánchez a Pérez Pérez (2001), kteří vytvořili checklist s 36 ukazateli rozdělenými do šesti skupin, hodnotícími úroveň zavedení štíhlé výroby. Těchto šest skupin vychází z obecně uznávaných principů štíhlé výroby a jsou následující:

1. Eliminace aktivit nepřidávajících hodnotu
2. Neustálé zlepšování
3. Multifunkční týmy
4. Just-In-Time výroba a dodání
5. Integrace dodavatelů
6. Flexibilní informační systém

Dotazováním se zjišťuje, zda má příslušný podnik ve svých procesech zavedeno sledování a vyhodnocování příslušných ukazatelů, a podle toho se posuzuje úroveň zavedení štíhlé výroby.

Pavnaskar s kolektivem (2003) vytvořili klasifikační schéma pro hodnocení nástrojů štíhlé výroby (Obrázek č. 1). Použili je na zmapování a zhodnocení 101 nástrojů štíhlé výroby. Dále tvrdí, že toto schéma se dá použít i na hodnocení problémů ve výrobě a k přiřazení správných nástrojů pro jejich odstranění.

Systémová úroveň	Podnik	Dodavatelé	Závod	Linka	Buňka	Operace		
Materiálová úroveň	Suroviny	Rozpracovaná výroba	Hotové výrobky					
Operativní úroveň	Zpracování	Kontrola	Doprava	Skladování				
Úroveň aktivit	Management	Výkon						
Úroveň zdrojů	Informace	Materiál	Výrobní nástroje	Stroje	Lidi	Prostor	Čas	Peníze
Úroveň charakteru	Špatná morálka	Neschopnost	Nespolehlivost	Neefektivnost				
Aplikační úroveň	Identifikace plýtvání	Měření plýtvání	Eliminace plýtvání					

Obrázek č. 1: Schéma hodnocení nástrojů štíhlé výroby. Zdroj: Vlastní zpracování dle: Pavnaskar a kol., 2003, s. 3081

PMQ

Další možností je využít model PMQ (Performance Measurement Questionnaire). Ten byl vyvinut Dixonem a jeho týmem (1990) a zaměřuje se na tři základní oblasti:

1. Kvalita
2. Efektivita lidské práce
3. Efektivita využití strojního vybavení

Na tyto oblasti se dívá ze dvou pohledů. První je zhodnocení již realizovaných a zavedených opatření ke zlepšení efektivity. Druhou je zhodnocení potřebných dlouhodobých opatření, ke kterým podnik směřuje. Tato metoda pomáhá hlavně s nalezením potenciálů ke zlepšení v řízení podniku a jeho výkonnosti.

WCM (World Class Manufacturing)

Tato metoda neměří primárně štiřlost výrobního procesu, ale měří efektivitu všech základních procesů v podniku. Ale protože hlavním předpokladem WCM je optimalizace procesů prostřednictvím odstranění všech ztrát a plýtvání, dá se využít i pro měření štiřlosti podniku. Využívá principu porovnání s nejlepšími podniky v daném odvětví, jelikož podnik, který minimalizuje náklady na své činnosti, je považován za benchmark v daném odvětví. „*Ve snaze dosáhnout konkurenční výhody se jiné podniky snaží přiblížit úspěchům světového lídra v technickém pokroku v oblasti provozních i marketingových aktivit*“ (Emilian, 2002). Základním principem je tzv. deset technologických a deset manažerských pilířů. Technologickými pilíři jsou:

1. Bezpečnost
2. Analýza nákladů
3. Organizace pracovišť
4. Kontrola kvality
5. Cílené zlepšování
6. Rozvoj lidí
7. Zákaznický servis a logistika
8. Autonomní a profesionální údržba
9. Řízení projektů
10. Životní a sociální prostředí

Manažerskými pilíři jsou:

1. Odpovědnost
2. Angažovanost
3. Komunikace
4. Porozumění
5. Měření
6. Analýza
7. Implementace
8. Hodnocení
9. Standardizace a vizualizace
10. Dokumentace

Každý z pilířů je dále detailně rozpracován do sedmi konkrétních kroků. Během WCM auditu je každý pilíř hodnocen v šesti úrovních. Podle výsledků auditu může podnik dostat bronzové, stříbrné, zlaté nebo vrcholové „World Class“ ocenění. Murino (2012) prezentuje sedm klíčových faktorů pro úspěšné zavedení WCM:

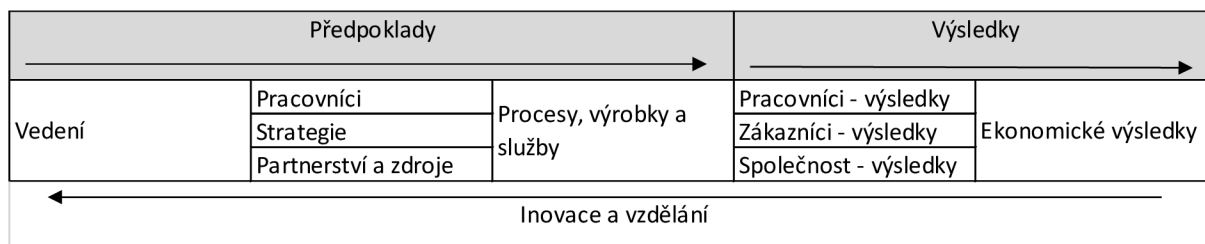
1. Redukce výrobních časů
2. Rychlá reakce na změny na trhu
3. Redukce nákladů na výrobu
4. Překonávání očekávání zákazníků
5. Globální řízení podniku
6. Řízené procesy v outsourcingu
7. Vizualizace výkonnosti podniku

Model excellence EFQM

Tato metoda byla vytvořena neziskovou organizací European Foundation for Quality Management (EFQM), jejíž základy vznikly v roce 1988. Jejím cílem bylo pomocí expertů z různých průmyslových odvětví vytvořit univerzální metodu, která by byla schopná ohodnotit jakýkoliv podnik. Tato metoda byla postavena tak, aby každý podnik byl schopný s její pomocí ohodnotit sám sebe. Skládá ze tří integrovaných prvků – základní koncepce; model excellence EFQM; logika RADAR (Zdroj: Model excellence EFQM na <https://www.efqm.org/>). Základní koncepce obsahuje osm principů, jež pomáhají ke zvyšování výkonnosti podniku:

1. Vytváření hodnoty pro zákazníky
2. Vytváření trvale udržitelné budoucnosti
3. Rozvíjení schopností organizace
4. Využívání kreativity a inovací
5. Vedení na základě vize, inspirace a integrity
6. Agilní řízení
7. Dosahování úspěchu díky schopnostem pracovníků
8. Trvalé dosahování vynikajících výsledků

Model excellence EFQM obsahuje devět kritérií, z nichž pět patří do skupiny „Předpokladů“ a čtyři do skupiny „Výsledků“ (Obrázek č. 2).



Obrázek č. 2: Model excellence EFQM. Zdroj: Vlastní zpracování dle: Česká společnost pro jakost - Model excellence EFQM 2013, s. 9

Logika RADAR představuje strukturovaný přístup ke zkoumání výkonnosti podniku. Obsahuje tyto čtyři fáze uspořádané do cyklu:

1. Plánování a rozvíjení přístupů
2. Aplikace přístupů
3. Hodnocení a zdokonalování přístupů a jejich aplikace
4. Požadované výsledky

Další kvalitativní metody

Goodson (2002) přišel s metodou rychlého komplexního hodnocení podniku pomocí svého dotazníku, který se používá během prohlídky ve výrobě. Soriano-Meyer a Forrester (2002) vytvořili metodu hodnocení štíhlosti pomocí dotazníku na základě 9 principů štíhlé výroby (eliminace plýtvání, neustálé zlepšování, nulová chybovost, just-in-time, princip tahu, multifunkční týmy, decentralizace, integrace, vertikální informační systémy) a ten posléze aplikovali na 33 podniků. Podobně postavili svůj dotazník na základě 6 oblastí (výrobní vybavení a procesy, dílenský management, vývoj nového produktu, vztahy s dodavateli, vztahy se zákazníky a řízení lidských zdrojů) a s pomocí 29 otázek hledají štíhlost Doolen a Hacker (2005). Dotazník otestovali na 13 podnicích. 9 oblastí (zásoby, týmový přístup, procesy, údržba, layout/manipulace, dodavatelé, seřizování, kvalita a plánování/kontrola) a 40 otázek použil Taj (2005) pro hodnocení 65 podniků. Měření štíhlosti pomocí zjišťování hodnoty 4 dimenzí (štíhlé investice, štíhlý design a konstrukce, štíhlá organizace a systémy a štíhlé využití zdrojů) použili Sanati a Seyedhoseini (2008). Svůj postup demonstrovali na 1 podniku.

Elektronickou formu dynamického dotazníku se 118 otázkami rozdělenými do 12 oblastí (systém tahu, balancování linek, standardizace práce, automatizace, produktivita, SMED, VSM, kvalita, vizuální kontrola, souběžný vývoj, výrobní buňky a flexibilní pracovníci) vytvořil Wan a Chen (2009). Dotazník se 100 otázkami

v 8 kategoriích (celkový přehled, kvalita, standardizace, dodavatelé, řízení výroby a zásob, zaměstnanci, oceňování a implementace štihlé výroby) vytvořený pomocí nástroje MS Excel využil Shetty s kolektivem (2010). Metodu auditu zvolil Bhasin (2011) a použil 104 indikátorů rozdělených do 12 kategorií (bezpečnost a čistota, výroba a tok materiálu, procesy, vizuální management, kvalita v designu produktu, neustálé zlepšování, strategie štihlé změny, štihlá udržitelnost, kultura zaměřená na zaměstnance, kultura v organizaci, štihlost zabudovaná do podnikání, štihlá filozofie). Tento audit byl aplikován na 20 podnicích. Dotazník na základě 52 komponent v 6 oblastech dle standardu SAE J4000 (management/důvěra, lidé, informace, dodavatelsko-odběratelský řetězec, produkt a procesy) vytvořil Lucato s kolektivem (2014). Použili jej na hodnocení 51 podniků. Dotazník o 28 otázkách ohledně štihlé kultury a organizace vytvořil Urban (2015).

Mezi autory kvalitativních metod je velmi populární využívání fuzzy logiky pro převod slovních subjektivních odpovědí a hodnocení na kvantitativní výstup/hodnocení výsledné štihlosti podniku. Patří sem například dotazník od Zanjirchiho a kolektivu (2010) obsahující 3 dimenze (dodavatelská, zákaznická a interní), rozdělené do 10 subdimenzí (dodavatelská zpětná vazba, JIT od dodavatele, rozvoj dodavatelů, zapojení zákazníků, princip tahu, kontinuální tok materiálu, redukce přeseřizování, statistická kontrola procesů, zapojení zaměstnanců a TPM). Tato metoda byla demonstrována na 1 podniku. Vinodh a Balaji (2011) a Vinodh a Vimal (2012) použili fuzzy logiku u svého modelu hodnocení obsahujícího 5 aktivátorů (zodpovědnost managementu, výrobní management, výrobní technologie, pracovní síla a výrobní strategie). Ten aplikovali na 1 podnik. Vimal a Vinodh (2012) doplnili předchozí dotazník o metodu IF-THEN a opět ji testovali na 1 podniku. Výše uvedenou metodu od Goodsona doplnili autoři Alemi a Akram (2013) o fuzzy TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) logiku a aplikovali ji na 1 podnik. Anvari s kolektivem (2013) využívají fuzzy logiku k hodnocení 4 štihlých atributů (doba výroby, náklady, nekvalita a hodnota). Kumar s kolektivem (2013) využili fuzzy TOPSIS metodu u svého dotazníku rozděleného do 5 oblastí štihlé výroby (dodavatelé, investice, štihlé praktiky, organizace a zákazníci). Použili jej pro porovnání 3 podniků. Matawale s kolektivem (2014) rozpracovali metodu od Vinodh a Vimal s využitím fuzzy logiky a 5 aktivátorů. Azadeh s kolektivem (2015) zkombinovali fuzzy metodu s metodou DEA

(Data Envelopment Analysis) a pomocí 5 aktivátorů (zodpovědnost managementu, výrobní štihllost, zaměstnanecká štihllost, technologická štihllost a strategie výrobní štihllosti) a 20 faktorů štihllosti hodnotili 40 podniků. Agrawal a kol. (2017) použili pro hodnocení za pomoci fuzzy logiky a metody ANFSI (Adaptive neuro-fuzzy inference system) strukturu 5 aktivátorů (dílenský management, výrobní procesy, výrobní strategie, management pracovní síly a management zákazníků a dodavatelů), 30 kritérií a 90 atributů. Svou metodu testovali na 1 podniku. Saleeshya a Binu (2019) použili fuzzy metodu společně s neural network modelingem. Pro hodnocení podniku v rámci případové studie použili třístupňový systém hodnocení. Tier 1 úroveň představuje 10 atributů (zásoby, rozvrhování, flexibilita, ergonomie, produkt, proces, management, pracovní síla, vztahy s dodavateli a vztahy se zákazníky), ty se rozpadají na 39 tier 2 atributů a ty dále na 138 tier 3 atributů. Dahda s kolektivem (2020) využili fuzzy logiku ve svém dotazníku o 26 štihlých attributech rozdělených do 5 dimenzí (kvalita, zákazník, proces, lidské zdroje a dodavatelé). Metodu demonstrovali na hodnocení 1 podniku.

Chauhan a Singh (2012) vychází z modelu od Soriano-Meyer a Forrester (2002) a použili pro stanovení vah 53 otázek v dotazníku metodu AHP (Analytical Hierarchy Process). Tento dotazník aplikovali na 52 podnicích. Wong s kolektivem (2014) použili metodu ANP (Analytic Network Process) pro hodnocení štihllosti 1 podniku v oblasti nákladů, termínového plnění a kvality. Vimal a Vinodh (2013) použili metodu ANN (Artificial Neural Network) společně s výše uvedenou fuzzy logikou u jejich modelu na základě 5 aktivátorů. Narayanamurthy a Gurumurthy (2016) použili metodu GTA (Graph-theoretic approach), kterou aplikovali na 5 elementů (vztahy s dodavateli, management, lidské zdroje, procesy a vztahy se zákazníky), které se dále rozpadají na 73 sub-elementů. Svoji metodu otestovali na 1 podniku z praxe. Metodu ANP použil Farias s kolektivem (2019) pro hodnocení nejen štihllosti, ale také ekologického fungování podniku. Na 1 podniku otestovali svůj systém založený na posuzování vlivu 8 štihlých aktivátorů a 5 ekologických aktivátorů na 6 výkonnostních determinantů a 5 determinantů udržitelnosti.

Někteří autoři se zaměřují s navrženými metodami pouze na některé oblasti štihlé výroby nebo na některé procesy. Například Silvéro s kolektivem (2020) vytvořili index štihllosti pro proces vývoje produktu na základě sebehodnotícího dotazníku.

Obecným problémem dotazníků je vysoká míra subjektivity a závislosti na individuálním posouzení (Wan a Chen, 2008; Wong a kol., 2014, Cocca a kol., 2019).

3.3 Kombinované metody

Na pomezí kvalitativních a kvantitativních metod jsou kombinované přístupy založené na dotazníkovém šetření, ale využívající i kvantitativní metriky. Kojima a Kaplinsky (2004) vytvořili svůj Lean Production Index na základě 3 subindexů (index flexibility, index kvality a index neustálého zlepšování). Hodnoty těchto subindexů se zjišťují pomocí dotazníku, který kombinuje otázky ohledně hodnot výrobních parametrů a úrovně metod štíhlé výroby. Tato metoda byla otestována na 50 podnicích. Hongliang a Ershi (2009) použili podobný přístup s využitím metody ANP, kdy kombinovanými otázkami zjišťují úroveň 5 základních faktorů (vztah s dodavateli, výrobní zlepšování, kvalita zaměstnanců, hodnota pro zákazníka a zlepšování obchodního efektu). Svou metodu otestovali na 1 podniku. Metodu benchmarkingu 2 podniků vůči Toyotě pomocí dotazníku o 65 praktikách štíhlé výroby doplněných o 89 ukazatelů použili Gurumurthy a Kodali (2009). Metodu AHP spolu s párovým porovnáním použil Niu s kolektivem (2010) pro hodnocení štíhlosti na základě 4 hlavních indexů (provozní zlepšování, finanční výkonnost, kultura zlepšování a prostředí pro zlepšování), kdy každý obsahuje 4 subindexy. Sezen s kolektivem (2012) vytvořili dotazník obsahující hodnocení 15 atributů štíhlé výroby doplněných o 8 finančních ukazatelů. Tuto svoji kombinovanou metodu otestovali na 207 podnicích. Pakdil a Leonard (2014) rozdělili svůj dotazník na 8 kvantitativních oblastí (časová efektivita, kvalita, proces, náklady, lidské zdroje, dodávky, zákazník a zásoby) obsahujících 63 ukazatelů a 5 kvalitativních oblastí (kvalita, zákazník, proces, lidské zdroje a dodávky) zahrnujících 51 otázek. Pro hodnocení využívá fuzzy logiku. Fuzzy logiku použil i Amin s kolektivem (2021) pro hodnocení štíhlosti 1 podniku pomocí 11 kombinovaných ukazatelů. Kombinaci 119 kvalitativních a kvantitativních KPI použili autoři Sangwa a Sangwan (2018) pro návrh rámce pro hodnocení štíhlosti podniku. Ukazatele byly rozděleny do 7 hlavních kategorií (výrobní proces, vývoj nového produktu, lidské zdroje, finance, administrativa, zákazníci a dodavatelé) a 26 výkonnostních dimenzí. Darestani a Shamami (2019) použili jako základ pro své hodnocení metodu Balanced Scorecard (BSC), kterou ale doplnili o hodnocení principů štíhlé výroby pomocí ANP metody. Vznikla tak metoda založená

na 4 hlavních kritériích (zákazník, finance, interní procesy a inovace a učení), které se dále dělí na 20 sub-kritérií. Svou metodu otestovali na 1 podniku.

3.4 Kvantitativní metody měření štihlé výroby

Kvantitativní metody využívají objektivní data o výrobním procesu pro hodnocení jeho štihlosti. Základním zdrojem těchto dat je informační systém podniku, ale mohou se využívat i finanční výkazy a další zdroje. Velmi často se v těchto metodách využívají poměrové ukazatele, které se obecně nazývají KPI (Key Performance Indicator – klíčový ukazatel výkonnosti). Todorov s kolektivem (2019) provedli rešerši článků obsahující nějakou formu měření štihlosti výrobního procesu a došli k celkovému počtu 51 rozličných ukazatelů, které byly použity pro měření štihlosti. *„Často jsou tyto metody postaveny na principu benchmarkingu, tedy porovnávání naměřené hodnoty s ideální hodnotou, respektive s hodnotou vedoucího/vzorového podniku v rámci daného odvětví“* (Cocca a kol., 2019). Kvantitativní metody se dále dělí na komplexní přístupy využívající soustavu ukazatelů pro hodnocení výkonnosti všech klíčových podnikových procesů, nebo na přístupy využívající pro hodnocení pouze jednu metriku.

3.4.1 Komplexní metody

Komplexní metody představují takové metody, které analyzují a měří podnik jako celek, tedy všechny jeho oblasti a procesy. *„Výhodou těchto metod je, že dokáží měřit všechny aspekty vlivu štihlé výroby na podnikové procesy a také mohou podchytit i různé kompromisy (trade-off) způsobené aplikací různých nástrojů mezi sebou“* (Bidhendi a kol., 2019).

BSC (Balanced Scorecard)

Mezi základní kvantitativní metody využívající komplexní přístup patří Balanced Scorecard, který vytvořili Kaplan a Norton. Jedná se o souhrn ukazatelů, které dávají vrcholovým manažerům rychlý a souhrnný pohled na podnik. Obsahuje jak finanční ukazatele vypovídající o důsledcích rozhodnutí, které již byly udělány, tak operativní ukazatele o spokojenosti zákazníků, interních procesech a aktivitách v oblasti inovací a rozvoje, které ovlivňují vývoj finančních ukazatelů v budoucnu (Kaplan a Norton,

1992). Balanced Scorecard tedy obsahuje ukazatele, které hodnotí naplňování podnikové strategie, rozdělené do čtyř základních oblastí:

1. Finanční – jak si podnik vede z pohledu majitelů
2. Zákaznická – jak podnik vnímají zákazníci
3. Interní procesy – jak je podnik efektivní
4. Učení a růst – jak se daří podnik dlouhodobě rozvíjet

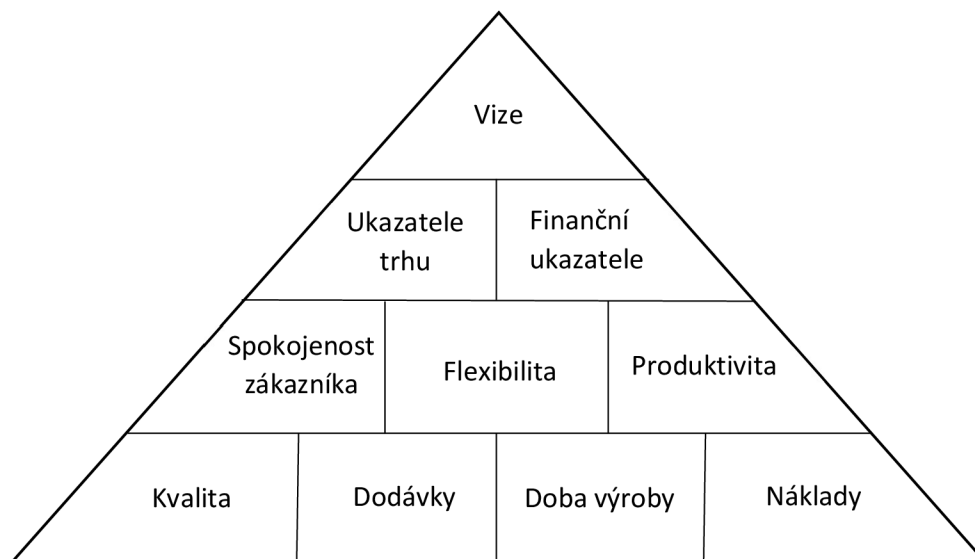
Tato metoda se primárně nezaměřuje pouze na hodnocení efektivnosti, respektive štihlosti, výrobního procesu, ale na podnik jako celek. Stala se však velmi populární a rychle se rozšířila napříč různými průmyslovými odvětvími. Proto začaly vznikat různé úpravy této metody, které se zaměřovaly na její obsah nebo jej rozšiřovaly o specifické oblasti.

SMART (Strategic Measurement Analysis and Reporting Technique)

Autoři Cross a Lynch (1988) přišli s metodou SMART, která vzešla z požadavku vrcholových manažerů na vytvoření způsobu měření podnikové efektivity splňujícímu následující potřeby:

- Měřit, jak přispívají jednotlivá oddělení a funkce samostatně i společně k plnění strategické mise.
- Provázat operativní řízení se strategickými cíli.
- Integrovat finanční i nefinanční informace tak, aby mohly být využívány operativními manažery.
- Zaměřit všechny podnikové aktivity na budoucí potřeby požadované zákazníky.
- Změnit pobídkový a motivační systém.

Podle těchto požadavků vytvořili „Výkonnostní pyramidu“ (Obrázek č. 3), která představuje základní strukturu nové informační sítě, na základě které je postaven systém



Obrázek č. 3: Výkonnostní pyramida. Zdroj: Vlastní zpracování dle: Cross a Lynch, 1988, s. 25

SMART. Jedná se o čtyř úrovnovou pyramidu, která schematicky znázorňuje propojení mezi strategií a operativním řízením podniku.

PMIS (Performance Measurement and Improvement System)

Susilawati s kolektivem (2013) vytvořili model PMIS (Performance Measurement and Improvement System), který obsahuje systém kritérií pro měření štihlosti. Skládá se z osmi základních oblastí štíhlé výroby:

1. Zákaznická oblast
2. Dodavatelská oblast
3. Oblast výrobního managementu
4. Oblast interního managementu
5. Oblast výzkumu a vývoje
6. Oblast výrobní efektivity
7. Oblast učení a rozvoje
8. Oblast investic

K těmto oblastem přiřadili 66 dílčích ukazatelů, které byly pomocí dynamického multidimenzionálního výkonnostního modelu ohodnoceny, jak přispívají v rámci zavádění štíhlé výroby ke zlepšení v následujících tématech:

1. Finance
2. Zákazník/trh
3. Proces
4. Pracovníci
5. Budoucnost

Ostatní

Tayaksi s kolektivem (2020) vytvořili metodu postavenou na 8 kritériích (dodavatelská témata, výrobní aktivity, marketing, Just-In-Time, nákladový a finanční management, pracovní síla, zodpovědný management a řízení kvality), která obsahuje 23 subkritérií a 209 metrik. Bayou a de Korvin (2008) využili veřejně dostupné výkazy 2 významných automobilek pro zjištění, která je štíhlejší na základě srovnání vůči Toyotě pomocí fuzzy logiky a 8 ukazatelů.

Některé metody vychází z principu komplexních metod, tedy využívají širší spektrum ukazatelů a parametrů, které popisují různé podnikové oblasti a procesy, ale výsledky konsolidují do jednoho výsledného indikátoru, který definuje štíhlost daného podniku. Srinivasaraghavan a Allada (2006) použili metodu mahalanobis distance a pomocí 5 ukazatelů (rozdíl maximální a minimální poptávky, čas přeřizení, podíl zmetkovitosti na prodejích, podíl včasných dodávek a počet kaizen zlepšení) měří štíhlost podniku. Behrouzi a Wong (2011) počítají výkonnost štíhlé výroby na základě 8 ukazatelů rozdělených po dvou do 4 kategorií (kvalita, náklady, čas a dodávky). Yadav s kolektivem (2019) použili hybridní metodu ISM-ANP (Interpretive Structural Modelling – Analytical Network Process) pro vytvoření indexu štíhlosti zaměřeného hlavně na malé a střední podniky. Gáspár s kolektivem (2022) vytvořili index štíhlosti s využitím fuzzy logiky a vycházející ze 32 ukazatelů. Tento index otestovali na 1 podniku.

3.4.2 Metody využívající pouze jednu metriku

Druhou skupinou jsou přístupy využívající pouze jednoho ukazatele, který dokáže vhodným způsobem kvantifikovat úroveň štíhlosti. Základním takovým ukazatelem, ze kterého vychází i metoda popisovaná v této dizertační práci, je MCE (Manufacturing Cycle Efficiency index) a jeho modifikace od Fogartyho (1992) VAE (Value Added

Efficiency index). Oba tyto ukazatele vychází z obecného principu, kdy porovnávají efektivní výrobní čas s celkovou dobou výroby. Liší se ale v definici efektivního výrobního času. MCE definuje efektivní výrobní čas jako součet času nutného pro seřízení stroje a času zpracování celé výrobní dávky. VAE uvažuje jako efektivní výrobní čas pouze dobu zpracování jednoho kusu. VAE je z tohoto pohledu přísnější a staví na principu, že jednokusový tok je nejefektivnější forma organizace výroby. Výstupem obou výpočtů je procentuální hodnota v rozmezí 0 % až 100 %, přičemž čím je hodnota bližší 100 %, tím je výrobní proces efektivnější, protože obsahuje minimum času představujícího neefektivní operace (nepřidávající hodnotu). Zajímavý přístup zvolil Kajdan (2008), který zavedl v 1 podniku na konkrétní výrobní lince real-time sledování doby přidávající hodnotu vůči optimální (nejkratší) době. Deif (2012) použil nástroj VSM pro mapování úrovně variability ve výrobním systému a vytvořil variability index pro měření štíhlosti. Použití této metody demonstroval na 1 podniku.

Swamidass (2007) použil poměr celkových podnikových zásob k celkovým prodejmům podniku k zhodnocení dlouhodobého vývoje amerických výrobních firem. Pomocí něho poukázal na fakt, že podnikům, které ve sledovaném období zaváděly principy štíhlé výroby a jejich výkonnost rostla, hodnota tohoto ukazatele kontinuálně klesala. Hofer s kolektivem (2012) na základě tohoto poměru prokázali pozitivní vliv zavádění principů štíhlé výroby na finanční výkonnost podniku.

Tyto přístupy jsou často ostatními autory kritizovány za přílišné zjednodušování problematiky. Jako důvod uvádí, že výrobní proces je tak komplexní a ovlivňuje jej tolik aspektů, že je nelze všechny obsáhnout jedním ukazatelem. Také je zmiňováno, že tyto přístupy zcela opomíjí lidský aspekt. Štíhlá výroba je často popisována jako určitá forma podnikové filosofie nebo kultury. Pak je zavádění těchto principů o změně myšlení lidí a jejich motivaci, a to zde není zohledněno. Na druhou stranu se vyznačují jednoduchostí výpočtu a možností snadného porovnávání výsledků mezi různými společnostmi. Důležitým argumentem pro použití těchto jednoduchých ukazatelů je fakt, že ve svém důsledku, pokud je metoda štíhlé výroby správně implementována, tak by se všechny zmiňované efekty měly projevit právě pozitivním vývojem měřeného ukazatele. A pokud tomu tak není, není implementace správně vedena.

3.4.3 Metody využívající výpočetně náročné algoritmy

Poslední skupinou jsou metody využívající výpočetní systémy. Často jsou pro měření využívány simulační modely (např. Detty a Yingling, 2000, Krishnamurthy a Chan, 2013, Ali a Deif, 2014, Omogbai a Salonitis, 2016). Zde jsou použity specializované počítačové programy, které umožňují vytvářet modely výrobních systémů a na nich pomocí počítačové simulace hodnotit různé podoby organizace pomocí nastavení různých parametrů a uspořádání výrobního procesu. Je tak možno porovnávat aktuální a budoucí stav výrobního procesu. U obou stavů se pak porovnávají výsledné sledované hodnoty, jako je doba výroby, velikost rozpracované výroby a zásob, obsazená výrobní plocha apod. Tvorba těchto modelů je hlavně v počátku velmi náročná na čas a sběr dat. Ve chvíli, kdy je ale vytvořen věrohodný model reálného výrobního procesu, je už poměrně snadné jej modifikovat a testovat na něm různé zvažované změny a scénáře. Výsledky testování umožňují zhodnotit přínosy jednotlivých změn a pomáhají managementu v rozhodování, kterým směrem se vydat. Také šetří neefektivně vynaložené náklady v průběhu realizace.

Další možností spadající do této skupiny je využití metody DEA (Data Envelopment Analysis), např. Wan a Chen (2008). DEA je metoda lineárního programování využívaná v operačním výzkumu, která umožňuje měřit efektivnost rozhodování v případě většího množství vstupů a výstupů. Porovnává aktuální stav výrobního procesu vůči křivce maximálně efektivního výrobního systému. Autoři použili historická data k definování křivky maximální štíhlosti výrobního systému. Vůči ní pak srovnávají aktuální stav, případně vliv zavádění jednotlivých praktik z pohledu nákladů, doby výroby a hodnoty.

3.5 Teorie front a matematický pohled na produkční systémy

Pro účely měření a také optimalizaci výrobních procesů je důležitý matematický pohled na produkční systémy. Tento pohled umožňuje matematické vyjádření vazeb a zákonitostí uvnitř systému. Díky tomu pak lze analyzovat výrobní proces pomocí objektivních údajů a dat, a tudíž kvantifikovat rozličné parametry a jejich vazby na různé ukazatele. Také se pak dají predikovat dopady různých změn a zásahů do organizace výrobního systému. Tím lze odhadnout vliv na sledované ukazatele, nebo v ideálním případě najít optimální nastavení výrobního systému z pohledu nejlepších požadovaných hodnot měřených ukazatelů.

Produkční systém je speciální formou systému hromadné obsluhy. Obsluhou požadavků se zde rozumí zpracování vstupního materiálu na jednotlivých pracovištích. Většina produkčních systémů je vícestupňová, to znamená, že produkt je zpracován postupně ve více na sebe navazujících operacích na několika různých pracovištích. Při tomto zpracovávání dochází na základě daných parametrů a z důvodu omezených kapacit pracovišť ke tvorbě front před pracovišti. U produkčních systémů se hovoří o tvorbě rozpracované výroby nebo zásob. *„Při zkoumání objektů pomocí modelů hromadné obsluhy je často cílem měření vzájemných vazeb mezi základními ukazateli charakterizujícími kvalitu a efektivnost systému hromadné obsluhy a nalezení optimálního provozního režimu vzhledem ke zvolenému kritériu“* (Kořenář, 2002).

Jak bylo uvedeno výše, základním příznakem systémů hromadné obsluhy je tvorba front neboli zásob. Cílem modelů hromadné obsluhy je pak hledání optimálního nastavení tak, aby byly fronty minimalizovány. Pro minimalizaci front je nutné navyšovat kapacity jednotlivých pracovišť. To ale s sebou přináší nežádoucí efekt v podobě nízké úrovně vytižení zdrojů, tedy strojních kapacit, případně i těch lidských. Hledání optimálního stavu takového systému je tedy komplexnější úloha vyžadující využití matematického aparátu používaného v oblasti operačního výzkumu pro vybalancování protichůdných požadavků.

Pro analýzu a výpočty takového systému je důležité si vydefinovat a popsat základní parametry a vazby. Jednou ze základních charakteristik systémů hromadné obsluhy je střední hodnota intenzity provozu ρ . Ta se vypočítá následujícím způsobem:

$$\rho = \lambda / \mu$$

ρ – intenzita provozu

λ – intenzita vstupu

μ - intenzita obsluhy

Hodnota ρ by neměla být vyšší než 1, jinak dochází k exponenciálnímu růstu front (zásob) v systému. Tato podmínka bývá někdy u produkčních systémů krátkodobě opomíjena a pak dochází ke kumulaci rozpracované výroby, aniž by došlo k navýšení výstupu ze systému. Vzniklá situace má za následek nejen zvýšení zásob, ale podle další důležité vazby, kterou dokázal J.D. Little v roce 1961, také prodloužení doby strávené v systému, tedy doby výroby, podle následujícího vztahu:

$$L = \lambda W$$

L – dlouhodobý průměrný počet požadavků (zákazníci, kusy apod.) v systému

λ – intenzita vstupu

W – průměrná doba, kterou požadavek stráví v systému

Tento vztah je velmi zásadní pro systémy hromadné obsluhy. Nazývá se Littlův zákon a dokazuje, že existuje přímá úměra mezi množstvím požadavků v systému a dobou strávenou jednotlivými požadavky v něm. Jinak řečeno, čím více požadavků se v systému nachází, tím delší bude doba strávená požadavkem v něm, než bude obsloužen a systém opustí.

Komplikace nastává, pokud se upustí od deterministického pohledu na produkční systém a začne se uvažovat jeho stochasticita. Tedy v modelech se projeví náhodná složka, která se v realitě projevuje následujícími způsoby:

1. Náhodné rozložení požadavků zákazníků
2. Náhodná doba zpracování jednoho kusu na pracovišti – hlavně způsobená lidským faktorem
3. Náhodná frekvence a délka poruch strojního zařízení
4. Náhodná frekvence a doba výpadku lidských kapacit – nemoci apod.
5. Náhodné rozložení výskytu nekvality – vliv vstupního materiálu, strojních poruch, lidského faktoru apod.
6. Další

Tato problematika se do modelů zanáší pomocí využití pravděpodobnostních rozložení pro dané parametry, které mají za úkol „simulovat“ náhodnost jednotlivých jevů. Tím ale výrazně roste výpočetní náročnost takových modelů. Pro hledání optima u těchto modelů je již zapotřebí výpočetní technika a specializované programy.

Kromě náhodné složky ovlivňuje složitost výpočtu i velké množství rozličných parametrů, které v reálném světě produkčních systémů definují jejich podobu a chování. Jsou to následující parametry:

1. Výstupy v podobě hotových produktů – množství druhů výrobků a jejich variant, množství zákazníků apod.

2. Materiálové vstupy – různé typy materiálů vstupující v různých fázích výrobního procesu – surový materiál, komponenty, polotovary, počet dodavatelů těchto materiálů, jejich kapacity apod.
3. Lidské zdroje – počet pracovníků, jejich kvalifikace apod.
4. Strojní zdroje – počet strojů, technické možnosti, rychlost a kapacity apod.
5. Další – transportní vzdálenosti, skladovací možnosti a kapacity, plánování apod.

Všechny tyto parametry ve finále definují daný produkční systém a jeho chování. Změna kteréhokoliv z nich přinese větší nebo menší změnu fungování celého systému. Většinu těchto parametrů je také možno upravovat a nastavovat (liší se v době, která je potřebná na realizaci této změny). Cílem řízení produkčních systémů je pak hledání takového nastavení těchto parametrů, které přinese požadovaný výsledek. Jak bylo uvedeno výše, tento výsledek se může definovat různými způsoby a pohledy. Vždy je ale dobré znát, jak jsou požadované výsledky provázané s různými parametry a které parametry a jakým způsobem výsledek ovlivňují. U takto složitých systémů, které ještě obsahují významnou náhodnou složku a v neposlední řadě také lidský faktor, toto provázání nemusí být jednoznačné. Proto vznikají rozličné přístupy k řízení produkčních systémů.

Z obecného pohledu optimalizace produkčních systémů se rozlišují dva základní přístupy. První přístup je založen na hodnocení současného stavu systému. Jedná se o rozličné způsoby sledování, měření a hodnocení chování produkčního systému. Sem se řadí výše uvedené metody měření štíhlé výroby, ale také samostatné ukazatele měřící dílčí projevy systému, jako je termínové plnění, OEE (Overall Equipment Effectiveness), PPM (Parts Per Million) a další. Cílem tohoto přístupu je monitoring systému za účelem zjistit, zdali systém naplňuje požadované výsledky, případně kde a jak moc velká je odchylka od požadovaného stavu. Tento přístup ukáže, jak systém funguje, ale už většinou neřekne, co konkrétně je potřeba udělat pro změnu a dosažení požadovaného stavu.

K tomu slouží druhý přístup. Ten se dá rozdělit na teoretickou rovinu, kdy je snaha popsat vazby mezi parametry a výstupy systému. Cílem pak je pomocí těchto vazeb definovat, jak různé hodnoty parametrů systému ovlivňují požadované výstupy. Sem se řadí kompletní problematika systémů hromadné obsluhy, Littlův zákon jako jejich speciální aplikace na produkční systémy, různé modely zásob a další. Praktická rovina

představuje již konkrétní nástroje a metody, jak dojít ke správným hodnotám parametrů, které zajišťují optimální nebo požadovanou hodnotu výstupu.

Tato praktická rovina se dá ještě rozdělit na specifické a komplexní nástroje. Specifické nástroje představují metody, které se zaměřují na optimalizaci většinou jedné konkrétní části produkčního systému. Sem patří jednotlivé nástroje štíhlé výroby jako je 5S, SMED, Systém tahu apod. Ale také nástroje operačního výzkumu, jako je výpočet optimální dávky, optimální rozmístění strojů, rozvrhovací problémy a další. Využití těchto specifických nástrojů může ale způsobit, že se optimalizuje pouze jeden konkrétní výstup nebo charakteristika produkčního systému, což ale může způsobit, že jiná se zhorší (např. snížení počtu strojů může přinést lepší využití strojového parku, a tedy zlepšení OEE, ale na druhé straně může způsobit zvyšování rozpracované výroby a pozdní dodávky zákazníkům).

Komplexní nástroje představují většinou soubor více specifických nástrojů nebo takové nástroje a metody, které dokáží pojmout komplexní problematiku produkčních systémů. Sem se řadí celková metoda štíhlé výroby nebo třeba simulační modely. Tyto metody se snaží optimalizovat systém jako celek. Tedy hledat takové hodnoty parametrů, které zajistí nejlepší možné výsledky ze všech pohledů.

4 VÝZKUMNÉ OTÁZKY A HYPOTÉZY

Rešerše literatury odhalila, že tématem měření štihlosti výrobního procesu se za posledních 30 let zabývalo více autorů. V porovnání s ostatními oblastmi štihlé výroby se ale i tak jedná o minoritní oblast zájmu akademiků. Dále bylo zjištěno, že v rámci metod měření štihlosti převažují kvalitativní metody postavené na dotazníkovém šetření a využívající subjektivní hodnocení respondentů. V případě využití kvantitativních metod se jedná často o přístupy kombinující kvalitativní a kvantitativní metody, nebo výpočetně náročné metody. Výpočetně jednoduché a rychlé metody se v odborné literatuře vyskytují velmi zřídka. To vše přináší vysokou míru komplexnosti a určitou míru nedůvěry, která brání plošnějšímu proniknutí metod měření štihlosti do praxe.

4.1 Výzkumné otázky

Na základě rešerše literatury byly vydefinovány následující výzkumné otázky, na které byly v průběhu vědeckého bádání hledány odpovědi:

Výzkumná otázka č. 1 (VO1):

Lze měřit štihlost výrobního procesu?

Výzkumná otázka č. 2 (VO2):

Jaká je aktuální úroveň štihlosti výrobních podniků?

Výzkumná otázka č. 3 (VO3):

Lze měřením štihlosti výrobního procesu přispět k lepším výsledkům při implementaci štihlé výroby?

4.2 Hypotézy

Pro dosažení výše uvedených cílů a odpovědí na definované výzkumné otázky byly stanoveny hypotézy, jejichž potvrzení, případně vyvrácení, je cílem této dizertační práce. První hypotéza definuje cíl nalezení jednoduchého ukazatele splňujícího veškeré výše uvedené požadavky, který by byl schopen měřit úroveň štihlosti výrobního procesu.

H1: Existuje metrika, která dokáže určit úroveň štihlosti výrobního procesu z aktuálních podnikových dat vycházející z doby výroby.

Druhá hypotéza se zaměřuje na fakt, že hodnota vycházející z tohoto ukazatele může být využita jako definice cíle procesu implementace štíhlé výroby. A dále že hodnoty získané tímto výpočtem mohou sloužit pro sledování vývoje procesu implementace a k ověření, že zavedené principy směřují k dosažení cíle.

H2: Existuje metrika, jejíž hodnota se dá použít pro stanovení cíle implementace štíhlé výroby a k měření rozvoje procesu zvyšování přidané hodnoty.

Poslední hypotéza reprezentuje cíl, aby nalezený výpočet byl nezávislý na průmyslovém odvětví nebo na specifikách určitého podniku a jeho výrobního procesu. Tím by bylo dosaženo univerzálnosti využití ukazatele pro porovnávání různých výrobních podniků mezi sebou a podniky s nejvyšší dosaženou úrovní štíhlosti by mohly sloužit jako benchmark pro ostatní podniky.

H3: Existuje metrika měření štíhlosti podniku, která dokáže mezi sebou porovnávat různé výrobní podniky z různých odvětví podle dosažené úrovně štíhlosti výroby.

4.3 Očekávané přínosy

Měření úrovně štíhlé výroby v dosavadním vědeckém poznání není přikládána taková důležitost, jako je přikládána jednotlivým technikám a nástrojům spadajícím do této oblasti. Přitom pro samotný proces a jeho úspěšnost je to klíčový nástroj. Způsoby, které zatím byly popsány pro měření úrovně štíhlosti, jsou často poměrně složité, vycházejí z historických dat nebo ze subjektivních hodnocení. Cocco s kolektivem (2019) došli k závěru, že pouze 26 % dosavadních popsaných metod měření štíhlosti výrobního procesu v rámci jejich rešerše literatury je postaveno čistě na objektivních vstupech. Bhamu a Sangwan (2014) uvádí, že „často se pro měření používají obecné metriky bez výraznější vazby na nástroje štíhlé výroby, což může vést v extrémních případech až protichůdně vůči strategii implementace štíhlé výroby“. Někteří autoři se pokouší vytvořit systém měření úrovně štíhlosti, ale často se jedná o složité a na data náročné výpočetní mechanismy, takže zde stále zůstává potřeba vyvinout některé kritické metriky hodnotící úroveň zavedení štíhlé výroby před, během a po implementaci (Bhamu a Sangwan, 2014). Nejčastěji se ale setkáváme s metodami stanovování úrovně štíhlosti, které se neopírají o objektivní data a výpočet, ale o různé formy dotazníků, které jsou většinou

ovlivněny vysokou mírou subjektivity. Nalezení ukazatele, který by vycházel z aktuálních dat a byl by schopen rychle určit úroveň štíhlé výroby, by proto mohlo představovat určitou menší revoluci v této tématice. To by mělo hned několik pozitivních přínosů.

Prvním takovým je rozšíření současného vědeckého poznání ohledně problematiky štíhlé výroby. Vědecká obec se stále intenzivně věnuje tomuto tématu a přichází s novými objevy, hypotézami a výzkumy. Oblast měření štíhlosti podniku je z pohledu vědeckého bádání zanedbávána a je zde zajímavý prostor pro nalezení a ověření nových poznatků. Funkční ukazatel se pak může dále zakomponovat do různých metodik, postupů a principů zavádění štíhlé výroby a stát se tak součástí vyššího celku, který může být předmětem dalšího výzkumu, případně se může stát komplexním návodem pro použití v praxi reálných podniků.

Z pohledu využití v praxi může takový ukazatel v první řadě sloužit k objektivnímu zhodnocení aktuální situace v podniku. Tedy stanovit úroveň štíhlosti výrobního procesu. Ta může sloužit jako součást komplexnějšího hodnocení výkonnosti podniku nebo jako metrika sloužící pro rozhodování o dalších krocích managementu v oblasti optimalizace výrobního procesu. Tedy jestli uvažovat o zavádění nástrojů štíhlé výroby nebo ne, respektive zhodnotit naléhavost potřeby realizovat změny ve výrobním procesu. V optimální situaci bude ukazatel také schopen porovnat různé podniky mezi sebou. Bude tedy možné stanovit úroveň štíhlosti podniků, které jsou nejvíce pokročilé při zavádění štíhlé výroby, jejich výsledky ustanovit jako určitý benchmark a s těmi porovnávat ty ostatní. Dále může ukazatel sloužit jako zhodnocení potenciálního přínosu zavádění této metody, pomoci při rozhodování o výši nákladů, které budou alokovány na implementaci, a také jako zhodnocení dosavadních přínosů a výsledků předešlých aktivit v rámci implementace změn. Ukazatel by měl být také schopen vyhodnotit přínosy jednotlivých nástrojů a metod ke zvyšování štíhlosti podniku, a tudíž přiřadit priority při vytváření harmonogramu implementace změn, na které by se měli zaměřit manažeři při snahách o optimalizaci svých produkčních systémů. To vše by mělo napomoci při projektech implementace štíhlé výroby tak, aby tyto projekty byly úspěšné a přinesly očekávané benefity.

5 METODOLOGIE DIZERTAČNÍ PRÁCE

Vědecké bádání obsahující rešerši odborné literatury, dotazníkové šetření a případovou studii, stejně tak jako zpracování výstupů formou vědeckých článků a této dizertační práce bylo realizováno podle principů a metodiky vědecké práce. Teorie popisující vědu, její metody a principy je velmi široká. Existuje mnoho publikací specializujících se na možné přístupy k vědecké práci a popisem metodiky a metod vědecké práce. Následující kapitola je stručným popisem základních použitých principů a metod v rámci vědeckého bádání ohledně problematiky měření štihlosti výrobních procesů a při realizaci výzkumu v této oblasti.

5.1 Metodologie vědecké práce

Věda je velmi obecný a komplexní pojem. Je součástí mnoha dalších disciplín a její kořeny pochází z filosofie. Neexistuje tudíž jednoznačná obecně uznávaná definice vědy. *„Hlavním cílem vědy je vytvořit množinu ověřených poznatků o určitém subjektu, které umožňují vysvětlit, předpovídat a pochopit empirické jevy, které nás zajímají“* (Chava a David, 1996). Dle Molnára s kolektivem (2012) jsou jádrem „standardního modelu“ vědy následující body:

- Výzkumné otázky, na které hledá vědec odpověď.
- Hypotézy, kterými si vytváří myšlenkové předpoklady o možných odpovědích na tyto otázky.
- Metody vědeckého zkoumání, kterými potvrzuje nebo vyvrací tyto odpovědi.
- Teorie a zákony, kterými zobecňuje výsledky svého zkoumání.

V rámci vědeckého zkoumání je důležitý způsob, jakým jej realizujeme. Definicemi těchto postupů se zabývá metodologie a jednotlivé způsoby nazýváme metodami. Metodologie je disciplína, která se zabývá metodami, jejich tvorbou a aplikací, naukou o vědeckých metodách v určité oblasti zkoumání čili zabývá se výkladem metod určitého vědního oboru. *„Úlohou metodologie je zejména systematické vytváření, formulace a řazení metod, kritické posouzení předností a nedostatků různých metod, jejich možnosti a omezení a diskuze vhodnosti metod pro daný účel nebo zkoumání“* (Molnár a kol., 2012). Podle Saunderse s kolektivem (2009) *„metodologie představuje teorii, jak by měl být realizován vědecký výzkum“*.

„Metoda je vědomý a plánovitý postup, jak dosáhnout nějakého teoretického i praktického cíle“ (Molnár a kol., 2012). „Metody představují techniky a procedury používané k získání a analýze dat“ (Saunders a kol., 2009). Metoda je tedy základní nástroj vědeckého výzkumu. Výzkum můžeme definovat jako „způsob, kterým lidé získávají systematicky o něčem informace, aby si tím rozšířili své znalosti“ (Saunders a kol., 2009). Kerlinger (1972) definuje vědecký výzkum jako „systematické, kontrolované, empirické a kritické zkoumání hypotetických výroků o předpokládaných vztazích mezi přirozenými jevy“.

Jak bylo uvedeno výše, vědecké bádání je o sběru a zpracování dat. V různých fázích vědeckého bádání, ale také v různých oblastech vědeckého zkoumání, se pracuje s jinými daty a jinými metodami jejich zpracování. Vzhledem k této komplexnosti je metodologie vědecké práce velmi obšírná a obsahuje široké spektrum metod pro sběr odlišných typů dat z odlišných zdrojů a také různé možnosti zpracování z těchto dat tak, aby získané výsledky byly dobře interpretovatelné a využitelné pro vědecké bádání.

Podle toho, z jakých zdrojů se získávají informace, jsou rozlišovány dva základní typy výzkumu, a to primární a sekundární. Jaký typ dat je sbírán a jak je s nimi pracováno rozlišuje výzkumy na kvantitativní a kvalitativní.

5.2 Sekundární výzkum

V rámci sekundárního výzkumu jsou zdrojem informací již publikované výzkumy a data. Jejich sběr a zpracování provedli jiní autoři v rámci jejich vlastního bádání. Tyto zdroje dat jsou relativně dostupné, a tudíž se dá rychle dojít k požadované informaci. Tento výzkum je důležitý hlavně z pohledu základní orientace v dané problematice a získání povědomí o aktuálním stavu vědeckého poznání v oblasti zkoumání. Je to základní stavební kámen, na kterém by měl být postaven vlastní vědecký výzkum.

Sekundární výzkum má i své nevýhody. První je aktuálnost dat. Výzkumy jsou publikovány s určitým zpožděním, a tudíž mohou být uvedené informace a závěry zastaralé. Další nevýhodou může být problém neznalosti dat, ze kterých byly odvozovány výsledky. V datech mohou být chyby nebo nepřesnosti, metoda jejich zpracování také není vždy známá a nemůže pak být ověřena, nebo dokonce opakována. Také se může ve výsledcích projevit subjektivita autora.

Nejčastějším zdrojem dat pro sekundární výzkum jsou vědecké časopisy z dané oblasti zkoumání. Moderním zdrojem vědeckých článků z vědeckých časopisů jsou elektronické vědecké databáze/knihovny. Další zdrojem jsou odborné publikace, odborné konference a sborníky z těchto konferencí.

V rámci dizertační práce byl sekundární výzkum použit pro sestavení aktuálního vědeckého stavu poznání v oblasti štíhlé výroby, štíhlosti a měření štíhlosti. Ten sloužil jako základ k vytvoření teoretické části práce a také jako východisko pro hledání vhodného způsobu měření štíhlosti výrobního procesu. Byly použity přední elektronické vědecké databáze (EBSCO, Emerald, IEEE, ProQuest, Science Direct, Taylor & Francis, a další) obsahující odborné články z časopisů zaměřujících se na optimalizaci výrobních procesů. Hledaná klíčová slova byla: "štíhlá výroba", "implementace štíhlé výroby", "štíhlost podniku", "měření štíhlosti podniku", "měření štíhlé výroby" a další.

5.3 Primární výzkum

Primární výzkum slouží ke sběru dat a jejich zpracování takovým způsobem, aby bylo možné rozhodnout o pravdivosti definovaných hypotéz. Existuje více metod, jak k primárnímu výzkumu přistoupit. Tyto metody rozdělujeme podle několika hledisek. Podle způsobu získání dat rozdělujeme empirické metody a logické metody.

5.3.1 Empirické metody

Empirické metody jsou založeny na bezprostředním živém obrazu reality. Do nich se zahrnují takové metody, v nichž se odraz jevů uskutečňuje prostřednictvím smyslových počítků a vjemů zdokonalovaných úrovní techniky (Molnár a kol., 2012). Tyto metody dále rozdělujeme na kvantitativní a kvalitativní výzkum.

Kvantitativní výzkum

Tento výzkum spočívá v analýze dat, která mohou být získána buď přímým pozorováním nebo dotazováním (Molnár a kol., 2012). Jeho cílem je nejčastěji potvrzení nebo vyvrácení hypotéz. Metody, které sem spadají, spočívají ve vhodném způsobu sběru potřebných dat a dále v postupech jejich zpracování. Při tomto typu výzkumu se hojně využívá matematický a statistický aparát. Z matematického pohledu musí být jednotlivé proměnné a jejich hodnoty jasně definovány, což vyžaduje vysokou míru standardizace,

a tím dochází ke ztrátě některých informací. Tento typ výzkumu se vyznačuje nízkou validitou (Molnár a kol., 2012). Ze statistického pohledu je zase vyžadováno velké množství dat tak, aby výsledky byly vypovídající.

Pro získání potřebných dat pro výzkum štihlosti výrobního procesu a pro ověření definovaných hypotéz byly použity následující metody z oblasti kvantitativního výzkumu:

Dotazník

Dotazník je jednou z nejběžnějších vědeckých metod pro získávání většího množství potřebných dat od většího množství respondentů. Jedná se o seznam otázek, které jsou v určité struktuře předány respondentovi. Velmi se podobá strukturovanému rozhovoru. V tomto případě ale není fyzicky přítomen iniciátor. Otázky jsou tudíž zaznamenány v papírové formě nebo dnes již častěji se využívají různé elektronické formy dotazníků. Díky tomu jsou náklady a čas potřebný pro získání dat výrazně nižší. Má ale i své nevýhody. Velký problém je návratnost vyplněných dotazníků. Dále nemožnost upřesnit jednotlivé otázky nebo zodpovědět dotazy respondenta. Nutná je standardizace a zjednodušení otázek, což omezuje možnost získání doplňujících a rozšiřujících informací. Na kvalitu získaných dat má velký vliv i to, jak je dotazník sestaven.

V rámci výzkumu bylo dotazníkové šetření využito pro ověření hypotéz o využitelnosti ukazatele štihlosti výrobního procesu v různých typech podniků v různých odvětvích. Detailnější informace o dotazníku budou v následujících kapitolách.

Pozorování

Jedná se o jednu ze základních vědeckých metod. Od běžného pozorování se to vědecké odlišuje tím, že má jasně definovaný cíl. „*Vědecké pozorování je definováno jako technika sběru informací založená na zaměřeném, systematickém a organizovaném sledování smyslově vnímatelných projevů aktuálního stavu prvků, které jsou objektem zkoumání*“ (Reichel, 2009). Pozorování se dá zařadit jak do kvantitativního výzkumu, tak i do kvalitativního. Rozhodující je, k jakému výsledku je metoda pozorování použita a jaký typ dat je získáván. Typy pozorování mohou být přímé a nepřímé nebo také strukturované, polostrukturované a nestrukturované.

V rámci výzkumu metody měření štíhlosti výrobních procesů bylo pozorování použito zejména ke zkoumání reálných výrobních procesů ve firmách Motorpal, a.s. a Hettich ČR, k.s. Z pohledu kvantitativního výzkumu bylo cílem získat potřebná data ohledně sledovaných procesů (doba výroby, velikost rozpracované výroby a další). Z pohledu kvalitativního výzkumu bylo cílem zkoumat různé vlivy na tyto výrobní procesy, proniknout do logiky jejich fungování a obecně porozumět principům produkčních systémů.

Kvalitativní výzkum

„Cílem kvalitativního výzkumu je vytváření nových hypotéz“ (Disman, 2002). „Jedná se o proces hledání, kdy jeho cílem je nové porozumění, respektive nová teorie“ (Molnár a kol., 2012). Tento typ výzkumu není postaven primárně na využívání matematických a statistických metod. Slouží ke generování nových myšlenek, hledání principů, jak svět funguje a jak lidé myslí. Často se jedná o sociální průzkum. Standardizace u tohoto typu výzkumu je malá, a proto je i nízká reliabilita, na druhou stranu vysoká volnost přináší potenciálně vyšší validitu (Molnár a kol., 2012).

Rozhovor

Jedná se o jednu ze základních vědeckých metod sloužící hlavně pro získávání informací od lidí. Představuje interakci dvou nebo více osob za pomoci verbálních prostředků. Můžeme ho dělit na strukturovaný, polostrukturovaný a nestrukturovaný.

V rámci výzkumu byl rozhovor využit v první řadě při zkoumání výrobních procesů konkrétních podniků. Zde se jednalo o získání informací od lidí, kteří aktivně řídili nebo se zapojovali a ovlivňovali fungování výrobních procesů. V druhé řadě byl využit v rámci dotazníkového šetření. Výsledkem bylo zjištění, že když byl dotazník vyplňován společně s respondentem formou rozhovoru, byla větší ochota poskytnout informace. Takto získané informace také byly relevantnější díky tomu, že mohly být jednotlivé dotazy upřesněny, případně zodpovězeny nejasnosti a dotazy jednotlivých respondentů.

Případová studie

„V případové studii jde o detailní studium jednoho případu nebo několika málo případů. Zatímco ve statistickém šetření shromažďujeme relativně omezené množství dat

od mnoha jedinců (nebo případů), v případové studii jde o zachycení složitosti případu, o popis vztahů v jejich celistvosti“ (Hendl, 2016). Často dochází ke kombinaci případové studie s dalšími metodami, jako například pozorování nebo rozhovor.

V oblasti štihlé výroby se většinou případová studie využívá pro analýzu konkrétního podniku za účelem hledání potenciálů. Stejným způsobem byla využita i ve výzkumu metody měření štihlosti výrobních procesů k demonstraci použití ukazatele štihlosti pro analýzu reálného výrobního procesu a také pro návrh na budoucí optimalizaci výroby.

5.3.2 Logické metody

Logické metody představují metody zpracování informací a zahrnují množinu metod využívající principy logiky a logického myšlení. Patří sem trojice párových metod: abstrakce – konkretizace, analýza – syntéza, indukce – dedukce.

Abstrakce a konkretizace

„Abstrakce je myšlenkový proces, v jehož rámci se u různých objektů vydělují pouze jejich podstatné charakteristiky (nepodstatné se neuvažují), čímž se ve vědomí vytváří model objektu obsahující jen ty charakteristiky či znaky, jejichž zkoumání nám umožní získat odpovědi na otázky, které si klademe“ (Molnár a kol., 2012).

„Konkretizace je opačný proces, kdy vyhledáváme konkrétní výskyt určitého objektu z určité třídy objektů a snažíme se na něj aplikovat charakteristiky platné pro tuto třídu objektů“ (Molnár a kol., 2012).

Analýza a syntéza

Analýza je základní logickou vědeckou metodou. Je to proces faktického nebo myšlenkového rozčlenění celku (jevu, objektu) na části. Postupuje se od celku k částem a umožňuje rozbor vlastností a vztahů. Umožňuje oddělit podstatné od nepodstatného.

Syntéza je opačný přístup, respektive doplňující, kdy postupujeme od části k celku. *„Jedná se o spojování poznatků získaných při analýze (a nejen při ní), a tím odhalování nových vztahů, mechanismů a zákonitostí“* (Molnár a kol., 2012). Analýza a syntéza mohou probíhat na více úrovních, proto je vždy důležité uvědomit si, do jaké hloubky chceme postupovat.

Indukce a dedukce

Indukce je přístup typický pro sociální vědy a pracuje především s kvalitativními daty. Sběr dat se využívá k získání několika různých pohledů na daný problém a na základě zjištěných poznatků se vytváří hypotézy. Jejich testováním pak vznikají nové teorie (Molnár a kol., 2012). Výsledkem indukce je, že na základě jednotlivých informací usuzujeme o obecném principu (od konkrétního k obecnému).

Dedukce je opačný přístup, kdy na základě teorie se formuluje hypotéza a ta se posléze testuje. Neboli testujeme, zda je vyslovená hypotéza schopná vysvětlit zkoumaný fakt (Molnár a kol., 2012). K tomu se využívají především kvantitativní data.

5.3.3 Využití vědeckých metod ve výzkumu

V rámci primárního výzkumu byla použita kombinace několika vědeckých metod. Metodou dedukce byly vybrány závěry jiných autorů, které byly vyhodnoceny jako potenciálně přínosné pro hledání vhodného ukazatele štíhlosti podniku. Z těchto poznatků byly vytvořeny návrhy na možné způsoby měření štíhlosti výrobního procesu, jež byly podrobeny experimentu formou jejich testování a zjišťování přínosů v prostředí reálného výrobního podniku. Průběh experimentu a výsledky byly podrobeny analýze, ze které vyplynuly závěry představující návrh podoby ukazatele štíhlosti podniku.

Stěžejní částí celého výzkumu pak byl průzkum cílicí na přijetí, případně vyvrácení hypotéz týkajících se vytvořeného výpočtu. Průzkum byl realizován formou dotazníku a je kombinací kvantitativních a kvalitativních otázek. Proto je dotazník složen ze tří částí. První část představuje identifikaci a kategorizaci podniku. Druhá část představuje sérii kvalitativních otázek na úroveň zavedení základních nástrojů a metod spojovaných se štíhlou výrobou. Ohodnocením jednotlivých odpovědí byl získán souhrnný index reprezentující úroveň využívání nástrojů štíhlé výroby. Poslední část představuje kvantitativní otázky na jednotlivé parametry výrobního procesu nutné pro výpočet ukazatele štíhlosti. Dosazením získaných hodnot do výpočtu bylo možné dostat výslednou hodnotu reprezentující štíhlost výrobního procesu. Vyhodnocení bylo následně provedeno formou statistického zpracování výsledného souboru dat získaných výpočtem s analýzou odpovědí na otázky ohledně úrovně zavedení jednotlivých nástrojů a metod. Pomocí korelační analýzy bylo zjišťováno, jestli existuje vztah přímé úměry mezi

indexem reprezentujícím úroveň využívání nástrojů štihlé výroby a výslednými hodnotami ukazatele štíhlosti.

6 UKAZATEL ŠTÍHLOSTI LEAD TIME LEANNESS INDICATOR

Cílem výzkumu bylo vytvořit takovou metriku, která dokáže měřit štihllost výrobního procesu a splňuje stanovené požadavky. Nakonec jsem jako nevhodnější metodou navrhl měření štihllosti výrobního procesu za pomoci doby výroby. Proto jsem pojmenoval nově vzniklý ukazatel Lead Time Leanness Indicator (LTLI).

Následující kapitoly popisují průběh mé výzkumné činnosti od konstrukce ukazatele pro měření štihllosti výrobních procesů, přes způsob provázání jednotlivých nástrojů štíhlé výroby na tento ukazatel až po prezentaci praktického nástroje pro výpočet tohoto ukazatele.

6.1 Princip ukazatele štihllosti LTLI

Jak již bylo uvedeno výše, první část mého výzkumu se zaměřovala na hledání vhodného způsobu měření štihllosti výrobních procesů. Definice štíhlé výroby se často zaměřují na eliminaci plýtvání a minimalizaci využívání zdrojů. Z toho přirozeně vyplývá, že štihllost podniku by se dala měřit pomocí stanovení úrovně plýtvání ve výrobním procesu. Po hlubší analýze této myšlenky jsem ale došel k závěru, že takový výpočet by byl velmi komplikovaný. Zaprvé je vydefinováno sedm základních typů plýtvání, tudíž pro každé takové plýtvání bych musel stanovit samostatný výpočet, čímž by nebyla dosažena podmínka jednoduchosti. Zadruhé výrobní procesy jsou často velmi komplexní a úspěšně dohledat a spočítat nebo změřit všechna plýtvání by bylo časově velmi náročné a ani zde bychom nedokázali dodržet podmínku, aby byl výpočet rychle realizovatelný, a tudíž by ho nebylo možné využívat pro operativní řízení.

Musel jsem tedy zanalyzovat, co se ve výrobním procesu stane, když dojde k odstranění některého plýtvání. Obecně lze říci, že se bude využívat méně zdrojů. Měřit spotřebu určitých zdrojů se jeví jako snazší způsob výpočtu. Při pozorování výrobních procesů v praxi jsem si uvědomil, že pro kompenzaci, respektive částečnou redukci efektů plýtvání se ve výrobním systému vytváří rezervy. Hopp a Spearman (2008) uvádí, že v produkčním systému vznikají přirozeně tři druhy rezerv, které slouží jako ochrana před různými typy plýtvání. Jsou jimi:

1. Zásoby
2. Časové rezervy
3. Kapacitní rezervy

Zásoby jsou nejčastějším nástrojem využívaným jako ochrana před negativními důsledky variability vzniklé jak z externích, tak interních procesů ovlivňujících podnik a jeho výrobní proces (Sangwa a Sangwan, 2018). Časové rezervy jsou druhým nejčastějším nástrojem a kapacitní rezervy využívají většinou již podniky s vyšší úrovní optimalizace výrobního systému. Z toho vyplývá, že když by bylo možno stanovit množství vytvořených rezerv pokrývajících různé formy plýtvání, bylo by možné z nich zjistit úroveň štíhlosti podniku. Pak by platila úměra, že čím méně rezerv podnik potřebuje pro své fungování, tím je štíhlejší, a tudíž efektivnější.

Dalším krokem bylo, jak stanovit množství využívaných rezerv. Jak bylo uvedeno výše, nejčastější forma rezerv, a tudíž i plýtvání, je ve formě zásob. V případě výrobního procesu to představuje hlavně rozpracovanou výrobu mezi operacemi, ale patří sem i zásoby vstupního materiálu a komponent nebo zásoby polotovarů a finálních výrobků. Časové rezervy vznikají tak, že se při plánování výroby uvažuje s určitou časovou rezervou před termínem dodání požadovaným zákazníkem. Ve svém důsledku, pokud nedojde k využití této rezervy, dojde i v tomto případě k vytvoření rezervní zásoby, nejčastěji v podobě zásob hotových výrobků. Poslední typ rezervy, kapacitní, představuje držení volných výrobních kapacit pro případ jejich neočekávané potřeby. Na rozdíl od dvou předchozích, pokud nenastane nečekaná situace vyžadující využití této rezervy, nedochází k fyzické tvorbě jejích negativních efektů (například netvoří se žádné přebytečné zásoby), ale projevuje se nižším využitím strojového parku. Na druhou stranu se tato forma rezervy na rozdíl od zásob nedá akumulovat a pak využít v budoucnu. To znamená, že se nekumuluje neefektivita ve formě nepotřebných zásob, které v sobě drží zdroje, hlavně ty finanční.

Pro rezervu v podobě zásob (rozpracované výroby) i časovou rezervu ve formě zásob hotových výrobků platí, že ve chvíli, kdy nevznikne potřeba využití těchto rezerv, dochází k jejich kumulaci a neefektivnímu čerpání zdrojů. Proto jsem se rozhodl se zaměřit právě na měření těchto dvou typů rezerv.

Jak již bylo uvedeno výše, zásoby a časové rezervy se v určitých momentech dají zaměnit. V tento moment se jako vhodný nástroj jeví použití Littlova zákona. Ten dokázal, že existuje přímá úměra mezi časem, tedy dobou strávenou v systému, a množstvím obsluhovaných jednotek v systému (Little, 1961). Autoři Hopp a Spearman (2008) tento vztah uzpůsobili pro výrobní systémy, z čehož vznikl následující vztah:

$$\mathbf{WIP = TH \times CT}$$

WIP – velikost rozpracované výroby (Work In Process)

TH – výstup ze systému za časovou jednotku (Throughput)

CT – doba strávená ve výrobě (Cycle Time)

Tento jednoduchý vzorec představuje velmi zajímavý pohled na vztah doby výroby a velikosti rozpracované výroby, který výrazně přispěl k tvorbě ukazatele LTLI. Mezi Littlovým zákonem a upraveným vztahem pro výrobní systémy od Hopp a Spearmana je jeden zásadní rozdíl. U vztahů pro obecné systémy hromadné obsluhy je jako hlavní parametr uvažována intenzita vstupů, zatímco u aplikace Littlova zákona pro výrobní systémy je použita intenzita výstupů. Z pohledu modelů hromadné obsluhy je intenzita vstupů považována jako nezávislá proměnná, která definuje vlastnosti a chování systému. Výstupní intenzita je pak odvozená proměnná, která je definována vlastnostmi systému a intenzitou vstupů.

U produkčních systémů se cílí na výstup, jelikož se jedná o základní požadavek, který od systému očekáváme, a většina hodnotících ukazatelů, a hlavně těch finančních, je na něj zaměřena. Je potřeba si ale uvědomit, že i zde se jedná o odvozenou proměnnou, která je navázána na vstup. V tomto případě musíme odlišovat materiálové a informační toky. Materiálové toky jsou v podobě fyzický produktů to, co požaduje zákazník a co je výstupem ze systému. Materiálovým tokům ale předchází informační toky, které reprezentují požadavky zákazníků a které jsou skutečným vstupem pro produkční systém. Požadavky zákazníků jsou nezávislou proměnnou, která spouští celý výrobní proces, na jehož konci je výstup v podobě finálního produktu, který je tudíž odvozenou proměnnou. Tohoto jevu si všiml i sám Little a v roce 2011 uvedl, že pouze za podmínek striktního dodržování principů FIFO v celém výrobním procesu se dá v jeho vztahu aplikovaném pro výrobní systémy použít parametr Throughput, tedy intenzita výstupu, jinak by se správně měla použít intenzita vstupů (Little, 2011).

Rozhodl jsem se tedy vztah pro výrobní systémy od Hopp a Spearmana vyzkoušet v praxi reálného podniku. Pro tento test jsem vytypoval jeden výrobní proces a začal jsem měřit tři základní parametry výpočtu. Všechny tři parametry v reálném výrobním systému kolísají a neustále se mění jejich hodnoty. Po několika sledováních došlo k vyhodnocení, kdy se průměrná hodnota velikosti rozpracované výroby pohybovala kolem 5 000 kusů, denní výstup byl 200 kusů a průměrná doba výroby byla 5 týdnů (pracovní týden byl pětidenní, tedy bez víkendů). Z těchto hodnot vyplynulo, že vzorec v praxi opravdu funguje a s poměrně vysokou přesností. Provedl jsem další pokus, jehož cílem bylo snížení velikosti rozpracované výroby a jejího vlivu na dobu výroby. Pomocí optimalizace plánování a snížení výrobních dávek se podařilo snížit rozpracovanou výrobu na cca 2 500 kusů, kdy denní výstup zůstal zachován na 200 kusech. Poté jsem zjistil, že i průměrná doba výroby klesla pod 3 týdny. Opět se prokázalo, že vzorec funguje a že se na něm dá stavět výpočet budoucího ukazatele štíhlosti.

Těmito pokusy jsem potvrdil, že platí přímá úměra mezi dobou výroby a velikostí rozpracované výroby. Dále jsem dokázal, že pokud se sníží velikost rozpracované výroby, zkrátí se i doba výroby. Těmito pokusy jsem si potvrdil správnost úvahy o tom, že doba výroby je vhodným atributem pro hodnocení štíhlosti výrobního procesu. Když se podařilo zkrátit dobu výroby na polovinu, a přitom zachovat velikost výstupu z výroby, je logické, že ten čas, o který se doba výroby zkrátila, byl čas nepřidávající hodnotu, a tedy zbytečné plýtvání. V důsledku toho se také snížila velikost potřebné rezervy výrobního procesu v podobě zásob rozpracované výroby.

Doba výroby a velikost rozpracované výroby jsou celkem snadno zjistitelné parametry z podnikového informačního systému. To je dobré pro splnění podmínky jednoduchosti a opakovatelnosti výpočtu. Posledním zbývajícím problémem bylo, jak stanovit velikost podílu rezerv na těchto parametrech. Dospěl jsem k tomu, že k hledané hodnotě se dostanu přes rozdíl mezi optimálními hodnotami těchto parametrů a reálně naměřených hodnot. Zkoušel jsem několik přístupů k stanovení optimální doby výroby, mezi které patřil například populární nástroj štíhlé výroby Value Stream Design (VSD), počítačové simulace nebo plánovací a rozvrhovací algoritmy. Všechny metody přinášely velmi podobné výsledky, ale jejich složitost a časová náročnost na stanovení výsledných hodnot byla velká a nesplňovala požadavek rychlého a snadného výpočtu.

Přistoupil jsem tedy k vytvoření heuristiky, která výrazně zjednodušila výpočet a přinášela na testovaném výrobním procesu velmi podobné výsledky v porovnání se složitějšími metodami. Tato metoda je postavena na myšlence, že všechny operace výrobního procesu jsou nahrazeny operací, která je úzkým místem celého výrobního procesu. Úzké místo je taková operace, která představuje kapacitní omezení a definuje maximální výrobní kapacitu celého procesu. Z pohledu vztahu WIP a LT toto místo definuje hodnotu parametru Throughput. Pokud se přijme tato myšlenka, lze pak jednoduše stanovit optimální dobu výroby jako násobek počtu operací představujících výrobní proces a doby zpracování výrobní dávky na úzkém místě. Velmi důležitý atribut v tomto výpočtu představuje právě velikost výrobní dávky. Při výpočtu lze využít aktuální velikost dávky využívanou ve výrobě. Pak se ale nezíská ideální doba výroby (tedy maximálně efektivní), ale optimální při daném nastavení výrobního procesu a při dané výrobní dávce. Pro získání ideální doby výroby (OLT), neboli nejkratší dosažitelné z pohledu technologického omezení, by se nabízelo použít jednodukusovou dávku, tedy jednodukusový tok. Ten je považován za vrcholný stupeň štíhlé výroby (Wan a Chen, 2008). V praxi se ale jeví jako lepší přístup stanovit optimální velikost výrobní dávky vzhledem k danému výrobnímu procesu (Hopp a Spearman, 2008).

$$\mathbf{OLT = T \times D \times O}$$

OLT – Optimální doba výroby

T – Čas zpracování 1 kusu na operaci představující úzké místo

D – Optimální velikost dávky

O – Počet operací daného výrobního procesu

Tímto zjednodušeným výpočtem se velmi rychle získá hodnota optimální doby výroby. Optimální velikost rozpracované výroby je pak získána pomocí upraveného Littlova zákona pro produkční systémy. Tedy vynásobením optimální doby výroby požadovaným denním výstupem. Když se spočítá rozdíl takto vypočtených optimálních hodnot s reálně naměřenými, vyjde hodnota množství zásob, které jsou nadbytečné. A když se dá do poměru optimální hodnota doby výroby vůči reálné, vyjde hodnota, která se dá definovat jako procentuální vyčíslení štíhlosti měřeného výrobního procesu. Ukazatel představující tuto hodnotu jsem pojmenoval Lead Time Leanness Indicator (LTLI).

$$\text{LTLI} = \text{OLT} / \text{LT}$$

LTLI – Lead Time Leanness Indicator

OLT – Optimální doba výroby

LT – Reálná doba výroby

Při tomto způsobu výpočtu výsledky blížící se k hodnotě LTLI okolo 100 % představují optimální situaci, kdy je dosaženo maximální štíhlosti vzhledem k daným parametrům výpočtu. Vzhledem k použití zjednodušující heuristiky pro výpočet optimální doby výroby může vyjít hodnota LTLI i lehce přes 100 %. Ale výsledky výrazně převyšující hodnotu 100 % jsou nepravděpodobné a budou spíše poukazovat na chybu ve výpočtu nebo špatně použitých parametrech pro výpočet. Zespoda se hodnoty mohou limitně blížit k 0 %, ale vždy bude výsledná hodnota vyšší než 0. Čím více se bude LTLI blížit k 0 % tím je štíhlost výrobního procesu nižší.

Tím jsem se dostal k výpočtu a výsledku, který jsem na začátku hledal a který splňuje všechny požadované vlastnosti. Vychází z objektivních dat, jelikož využívá veškerá data a parametry, které jsou jasně definované a měřitelné. Také splňuje požadavek na jednoduchost a rychlost výpočtu. Parametry jsou lehce a rychle zjistitelné, výpočet sám o sobě obsahuje jednoduché matematické operace a výsledkem je pouze jedna hodnota.

Takto vytvořený ukazatel na základě doby výroby je také v souladu s názory a zjištěními dalších autorů. Například Todorov s kolektivem (2019) při rešerši literatury zabývající se měřením štíhlosti výrobního procesu došli k zjištění, že nejčastější a nejrelevantnější způsoby měření štíhlosti vychází z těchto pěti parametrů:

1. WIP
2. Doba výroby
3. Zásoby
4. Cycle time
5. Čas přidávající hodnotu

Todorov s kolektivem (2019) také shrnují poznatky autorů tak, že „*doba výroby je klíčový ukazatel, který dokáže provázat různé aspekty ovlivňující výrobní proces na celkovou výkonnost podniku*“.

6.2 Výpočet ukazatele LTLI

Pro výpočet ukazatele LTLI jsem vytvořil nástroj v programu Microsoft Excel, který zjednodušuje a automatizuje výpočet. Tento nástroj obsahuje formulář pro zadávání vstupních dat. Kromě základní identifikace pomocí jména podniku a sledovaného dílce (někdy se může jednat o celou linku, ale o tom detailněji níže), se zde zadávají hodnoty základních metrik, vůči kterým je následně porovnávána vypočítaná hodnota. Těmi jsou aktuální Lead time (tedy doba výroby) ve dnech, dále pak aktuální WIP (Work In Process – velikost rozpracované výroby) v kusech a aktuální velikost dávky v kusech (Obrázek č. 4).

Stanovení štihlosti - Vstupy					
Firma					
Dílec					
Aktuální stav linky					
Aktuální Lead Time:				dny	
Aktuální WIP:				ks	
Aktuální velikost dávky:				ks	
Specifikace linky					
Technologie	Počet operací	Doba zpracování 1 ks na úzkém místě (min)	Označení úzkého místa	Směnnost	OEE
1					
2					
3					
Parametry:		Množství	Jednotka	Odpovědnost	
Požadovaný denní výstup			ks		
Velikost dávky					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)			ks		
- Kapacita palety			ks		
- Transportní množství mezi operacemi			ks		
Výsledná dávka		0	ks		
Přirážky k Lead time					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)			dny		
- Transporty mezi závody/pracovišti			dny		
- Technologicky nutná čekání			dny		
Výsledná přirážka		0,0	dny		
Přirážky k WIP					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)			ks		
- Úzké místo - pojistná zásoba			ks		
- Ostatní			ks		
Výsledná přirážka		0	ks		

Obrázek č. 4: Formulář pro zadání vstupních dat pro výpočet ukazatele LTLI. Zdroj: Vlastní zpracování

Další sekce slouží pro zadání parametrů potřebných pro samotnou realizaci výpočtu ukazatele. V principu zde jde o identifikaci daného výrobního procesu. Ve většině případů výrobní proces představuje jednu technologii. Během výzkumu a aplikace

ukazatele LTLI v reálných podnicích jsem se několikrát setkal i se situací, kdy jeden výrobek mohl být vyroben vícero technologiemi. Například existovala stará technologie (využívaná třeba pouze jako záložní), která se skládala z více operací realizovaných na jednoúčelových strojích, a pak nová technologie, v rámci které stačil třeba pouze jeden víceúčelový stroj pro výrobu kompletního výrobku. Samozřejmě pak nastává situace, že takové technologie mají rozdílné parametry. Nyní se zaměříme na případ, kdy existuje pouze jedna technologie. Postup v případě více technologií je popsán níže. Do této sekce patří především tyto parametry: počet operací, doba zpracování jednoho kusu na úzkém místě (v minutách), označení úzkého místa (pouze informativní charakter), směnnost na úzkém místě a OEE úzkého místa.

Další důležité parametry jsou požadovaný denní výstup v kusech a velikost dávky v kusech. Zde je zohledněno, že v rámci výrobního procesu může existovat více dávek využívaných v různých fázích výrobního procesu. A nakonec se zadávají přírážky k Lead time a WIP. Používání přírážek se věnuje samostatná kapitola níže.

Druhá část tohoto nástroje představuje prezentaci výsledků (Obrázek č. 5). Zde jsou v první řadě uvedeny vypočtené cílové hodnoty Lead time a WIP a velikost dávky, která byla použita pro výpočet. Dále pak stanovená úroveň štíhlosti pro výše uvedenou dávku a také pro případ, že by byl nastaven jednokusový tok (to proto, že mnohými teoretiky i praktiky je považován jednokusový tok za vrcholnou formu štíhlé výroby). A na závěr jsou uvedeny dvě citlivostní tabulky. První ukazující vliv různých hodnot velikosti dávky na hodnoty Lead time a WIP. Druhá zobrazující vliv různé hodnoty požadovaného denního výstupu na hodnoty Lead time a WIP.

Stanovení štihlosti - Report			
Výsledná cílová hodnota LT:			dny
Výsledná cílová hodnota WIP:			ks
Výsledná cílová velikost dávky:			ks
Úroveň štihlosti:			%
Úroveň 1-kusové štihlosti:			%
Analýza vlivu velikosti dávky			
%	Dávka (ks)	LT (dny)	WIP (ks)
-	1		
10%			
25%			
50%			
100%			
200%			
Analýza vlivu velikosti denního výstupu			
%	Denní výstup (ks)	LT (dny)	WIP (ks)
70%			
80%			
90%			
100%			
110%			
120%			
130%			

Obrázek č. 5: Výsledky výpočtu ukazatele LTLI. Zdroj: Vlastní zpracování

6.2.1 Získání dat

Pro získání relevantních výsledků je naprosto zásadní správné stanovení jednotlivých parametrů potřebných pro výpočet ukazatele LTLI. Níže je ke každému parametru uveden popis s doporučením, jak správně stanovit dané hodnoty:

1. **Aktuální Lead time** – stanovit správně aktuální reálnou dobu výroby není jednoduchý úkol a zároveň se jedná o zásadní parametr, který výrazně ovlivňuje výslednou hodnotu štihlosti. Standardně jsou pro Lead time nastaveny jako jednotka dny. Setkal jsem se ojediněle se situací, že výrobní proces byl tak rychlý, že dávalo větší smysl použít kratší časovou jednotku, například hodiny. V principu to není problém, jen je potřeba zajistit soulad časových jednotek u všech parametrů v rámci celého výpočtu. Obecně se dá přistoupit k stanovení parametru aktuálního Lead time třemi různými postupy:
 - a) Plánovaná doba výroby z informačního systému – naprostá většina moderních informačních systémů potřebuje mít pro plánování výroby (generování výrobních objednávek) nastaven parametr plánované doby

výroby. Ten lze pak většinou celkem snadno ze systému získat a použít pro výpočet. Zásadní problém tohoto způsobu je, že tato hodnota nemusí být správně udržována v informačním systému, a tak se může odlišovat od reality.

- b) Skutečná doba výroby z informačního systému – pokud je informační systém využíván pro zaznamenávání provedených činností/operací ve výrobě, většinou se dají získat data začátku a konce operací a z nich pak dopočítat celkovou dobu výroby. Tento přístup je silně závislý na kvalitě dat zadávaných do systému. Buď může velmi dobře prezentovat realitu ve výrobním procesu, pak se jedná o ideální způsob získání hodnot tohoto parametru. Nebo může být zkreslený, pak získané hodnoty mohou být nepřesné.
- c) Skutečná doba výroby manuálně dosledovaná přímo ve výrobě – jedná se o nejkomplicovanější přístup, ale zároveň, pokud je pečlivě realizován, tak nejpřesnější a také se během měření dají získat i další důležité informace a poznatky o sledovaném výrobním procesu.

2. Aktuální WIP – prakticky všechny podniky sledují velikost zásob z finančního pohledu. Pro potřeby výpočtu je ale nutné mít tuto hodnotu v kusech produkce. Některé podniky mají standardně i tuto informaci, ale není to běžné a většinou je potřeba ji získat ad hoc. Zde můžeme použít dva způsoby získání:

- a) Z informačního systému – pomocí výrobních objednávek, které se aktuálně nachází ve výrobním procesu. Zde je potřeba si dát pozor na správnost dat a správnou identifikaci výrobních objednávek, které se opravdu nachází v procesu.
- b) Manuálně inventurou ve výrobním procesu – v principu přesnější přístup, který ale může mít svá úskalí v pečlivosti, složitosti u komplexních výrobních procesů apod.

3. Aktuální velikost dávky – velikost dávky je velmi důležitým parametrem pro výpočet a většinou není jednoduché jej stanovit. Některé podniky mají vcelku jasně definovanou a dodržovanou výrobní dávku, ale většina ji má spíše plovoucí na základě různých okolností (zákaznické požadavky, technologie, aktuální

vytížení apod.). Většinou se musí přistoupit k stanovení určité průměrné hodnoty na základě jednoho z následujících pohledů, případně i jejich kombinace:

- a) Zákazník – kolik kusů objednává zákazník – použitelné v případě, že výrobní dávka kopíruje požadavky zákazníků.
 - b) Velikost výrobních objednávek v systému – použitelné v případě, že dochází ke slučování, nebo naopak štěpení požadavků zákazníků, výroba pak zpracovává kompletní výrobní objednávky naráz.
 - c) Dávková technologie – někdy se ve výrobním procesu nachází technologie, která z různých důvodů (technologický, ekonomický apod.) probíhá dávkově na pevně definovaném počtu kusů. Pak je často tato dávka přejímána v celém výrobním procesu.
 - d) Transportní nebo manipulační množství – množství, které se vejde na paletu, do přepravního boxu nebo na různé manipulační přípravky.
 - e) Stanovení na základě pozorování – nejnáročnější a zároveň nejpřesnější způsob, který ale může být také zkreslený, jelikož dost často není velikost dávky pevně definována, a tak se často mění v čase i v průběhu procesu samotného na základě výše uvedených aspektů.
- 4. Počet operací** – počet samostatně oddělitelných činností v rámci výrobního procesu. Nejčastěji lze získat buď z technologického postupu nebo z výrobních objednávek v informačním systému.
- 5. Doba zpracování jednoho kusu na úzkém místě** – zde je důležité nejdříve správně určit operaci, která je úzké místo. Nejčastěji se jedná o takovou operaci, která má nejdelší dobu zpracování (většinou získáme z technologického postupu, případně z informačního systému). Může se ale stát, že úzkým místem je jiná operace, která je rychlejší. Nejčastěji tomu tak je, když pro pomalejší operaci máme více strojů, na které se může rozložit daná produkce, funguje ve vícesměnném režimu nebo má výrazně lepší OEE. Proto preferuji pohled přes kapacity, a tudíž se jedná o operaci, která dokáže při aktuálním nastavení výrobního režimu nabídnout nejmenší výrobní kapacity. U této operace se pak definuje doba zpracování jednoho kusu dle technologického postupu. Standardně jsou jako jednotky použity minuty.

6. **Označení úzkého místa** – pouze informativní údaj k výše uvedenému parametru, aby bylo jasné, která operace byla použita jako úzké místo (může se v průběhu času měnit tak, aby bylo jasné, z čeho vycházel daný výpočet).
7. **Směnnost** – jedná se o směnný režim, který funguje na vybraném úzkém místě:
 - a) 1 – jednosměnný provoz (nejčastěji PO-PÁ 6:00 – 14:00)
 - b) 2 – dvousměnný provoz (nejčastěji PO-PÁ 6:00 – 14:00 a 14:00 – 22:00)
 - c) 3 – směnný provoz (nejčastěji PO-PÁ 6:00 – 14:00, 14:00 – 22:00 a 22:00 – 6:00)
 - d) 4 – nepřetržitý provoz (nejčastěji PO-NE 6:00 – 18:00 a 18:00 – 6:00)
8. **OEE** – procentuální hodnota ukazatele OEE dosahovaná na vybraném úzkém místě. Tedy hodnota, která říká, jaký podíl disponibilního výrobního času je reálně využíván k produkci kvalitních produktů. Ideální je, pokud má podnik nastaveno sledování hodnot OEE na dané operaci. Pokud tomu tak není, je potřeba tuto hodnotu buď ručně změřit, nebo odhadnout.
9. **Požadovaný denní výstup** – počet kusů daného produktu, který je denně (pokud Lead time definujeme ve dnech) vyprodukován. Můžeme použít buď zprůměrované historické hodnoty o produkci z informačního systému, nebo budoucí očekávané požadavky zákazníků.
10. **Velikost dávky použítá pro výpočet** – jak bylo uvedeno výše, jedná se o velmi důležitý parametr, na který je výpočet citlivý. Proto nástroj obsahuje citlivostní tabulku s hodnotami tohoto parametru. Nejjednodušší pro tento parametr je vzít stejnou hodnotu, jaká je uvedena u parametru aktuální velikost dávky. Nicméně zde už víme, že se velmi často jedná o určitou zprůměrovanou hodnotu nebo vybranou hodnotu z více variant, která se také hodně v čase mění. Proto je vhodné se zde zamyslet, kterou hodnotu pro výsledný výpočet použijeme. Pokud to znalosti daného výrobního procesu umožňují, je dobré sem vložit optimální hodnotu. Nástroj je nastaven tak, že ze tří uvedených možností bere tu nejnižší.
11. **Přirážky k Lead time** – tento parametr neovlivňuje výpočet jako takový, ale umožňuje k výsledné hodnotě připočítat součet tří uvedených časů, čímž ovlivňuje výslednou hodnotu štihlosti. Jedná se o situace, které není princip výpočtu, tak jak je nastaven (z důvodu maximální jednoduchosti), schopen postihnout. Například situace, kdy mezi operacemi musí být produkty přesunuty mezi různými závody

podniku, které jsou od sebe vzdálené. Pak se v porovnání s časem zpracování na úzkém místě jedná o výrazné zdržení. Údaje se zadávají ve stejné časové jednotce jako Lead time, tedy standardně ve dnech.

- 12. Přírážky k WIP** – princip tohoto parametru je stejný, jako v případě přírážek k Lead time, ale místo časových údajů zadáváme údaje v podobě velikosti potřebných zásob, tedy v kusech.

6.2.2 Dílec versus linka

Před zahájením určování parametrů potřebných pro výpočet ukazatele LTLI je potřeba jasně vydefinovat výrobní proces, na který se bude výpočet vztahovat, a produkty, kterých se bude týkat. Pokud má podnik technologii, na které se vyrábí pouze jeden produkt v jedné variantě, je situace jednoduchá a použijí se parametry tohoto produktu. Může ale nastat situace, že určitá technologie produkuje více variant produktu, nebo dokonce rozličné produkty. Pak lze použít obecně tři postupy:

1. Výpočet se realizuje na všechny jednotlivé produkty/varianty a poté se výsledná hodnota štíhlosti zprůměruje.
2. Na základě skladby produktů se vybere buď jeden, nebo více převažujících produktů (např. na základě objemu výroby pomocí pareto analýzy), ty se zvolí jako zástupce reprezentující daný výrobní proces a na ně se použije výpočet.
3. Výpočet se použije na danou technologii jako celek na základě souhrnných parametrů – pro hodnotu aktuálního Lead time se použije průměrná hodnota všech produktů za určité období, pro WIP souhrnná hodnota pro celý proces, jako velikost dávky se použije zprůměrovaná hodnota apod.

6.2.3 Výpočet v případě více technologií

Někdy v podniku existuje více technologií pro výrobu jednoho produktu. Například z kapacitních důvodů nebo z důvodu postupného rozvoje mohou vedle sebe fungovat původní a nová technologie, nebo například z důvodu specifčnosti či velikosti produkce některých typů je potřeba držet dvě technologie. Zde je důležité, zdali jsou technologie na sobě nezávislé, nebo jestli se prolínají a mají některé operace společné. V prvním případě je asi nejlepší spočítat ukazatel LTLI pro každou technologii zvlášť a pokud je potřeba celkový výsledek, jednotlivé výsledky se zprůměrují váženým průměrem,

například na základě objemů produkce na jednotlivých technologiích. Ve chvíli, kdy se technologie prolínají, je vhodnější provést jeden výpočet na základě zprůměrovaných parametrů pro všechny technologie společně.

6.2.4 Používání přírážek

Ukazatel LTLI je z důvodu maximálního zjednodušení postaven tak, že všechny operace v technologickém procesu aproximuje úzkým místem. U většiny výrobních procesů je tato aproximace vhodná a výsledky jsou dostatečně přesné. Ale jsou výrobní procesy, které zahrnují specifické technologie, operace nebo činnosti, které tato aproximace nedokáže pojmout, a pak může dojít ke zkreslení výsledku. V ten moment je potřeba pro zajištění dostatečné vypovídající přesnosti ukazatele použít tzv. přírážky.

Tyto přírážky mohou být dvojího charakteru. Zaprvé přírážky k Lead time, tedy čas, o který má být výsledná kalkulovaná hodnota Lead time navýšena. Zadruhé to jsou přírážky k WIP, tedy počet kusů, o které má být navýšena výsledná hodnota rozpracované výroby. Jelikož jak bylo uvedeno výše, mezi Lead time a WIP existuje přímá úměra, použití obou typů přírážek má tedy stejný efekt na výsledek. Rozhodnutí o použití jednoho nebo druhého typu přírážky závisí spíše na charakteru situace, kvůli které je daná přírážka použita. Například přírážka z důvodu transportu mezi závody se bude lépe definovat jako doba, po kterou transport trvá. Ale dá se definovat i počtem kusů, které jsou v průměru transportovány, respektive v transitu. Na druhé straně pojistná zásoba držená u úzkého místa bude zase spíše definována počtem kusů, ale také se dá použít doba výpadku stroje, kterou by daná pojistná zásoba dokázala pokrýt.

Vždy je však nutné se před použitím přírážky zamyslet, zdali je opravdu nutné danou přírážku vůbec použít. Veškeré přírážky jsou formou plýtvání nepřidávající přidanou hodnotu, a proto by měla být snaha je minimalizovat.

6.2.5 Definování optimální velikosti dávky

Velikost dávky je klíčovým parametrem výrazně ovlivňujícím výsledky výpočtu ukazatele LTLI. Proto je velmi důležité, jak je stanovena. Obecně je považován za vrcholné stádium štíhlé výroby jednokusový tok. Tudíž dávka o velikosti jeden kus by měla být optimální. Z toho důvodu výsledek na základě této velikosti dávky dáváme jako určitou referenční hodnotu a součást citlivostní analýzy. Nicméně dá se dokázat, že často

jednokusová dávka může způsobit naopak výrazné prodloužení celkové doby výroby (například v případě dlouhých přeseřizovacích časů – viz Hopp a Spearman, 2008), a tudíž reálně bude taková dávka velmi těžko dosažitelná. V průběhu výzkumu jsem se setkal s výrobním procesem postaveným na jednokusové dávce pouze ojediněle.

Ve chvíli, kdy nelze použít jednokusový tok, je potřeba přihlédnout ke specifickým daného výrobního procesu a využívaných technologií a definovat optimální výrobní dávku, která je efektivní a ekonomická. Při jejím stanovování je potřeba zohlednit přeseřizovací časy klíčových strojů, balicí a transportní jednotky a další. Takto definovaná dávka se poté použije pro výpočet. Je vhodné zde připomenout, že výrobní proces se v průběhu času většinou vyvíjí a optimalizuje a při každém takovém zásahu je potřeba znovu stanovit optimální velikost výrobní dávky a při její změně zaktualizovat i výpočet ukazatele LTLL.

6.3 Provázání nástrojů štíhlé výroby a LTLL

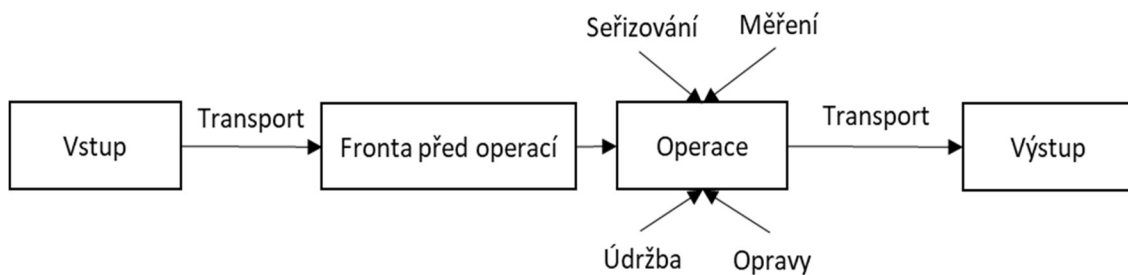
V kapitole 6.1 jsem vysvětlil, proč jsem se rozhodl použít dobu výroby jako nástroj pro měření efektivity výrobního procesu. Nyní vysvětlím, jakým způsobem jednotlivé nástroje štíhlé výroby (zaměřím se na TOP 10, které jsem použil v mém dotazníkovém šetření) ovlivňují dobu výroby a zároveň jakým mechanismem ovlivňují vytvořený ukazatel štíhlosti LTLL. Tím prokážu, že doba výroby je vhodná pro měření úrovně zavedení nástrojů štíhlé výroby.

Pochopení principů, jak se použití každého jednotlivého nástroje štíhlé výroby projevuje na optimalizaci výrobního procesu, je zásadní pro správné nasazení a využívání těchto nástrojů. Pokud podnik správně využívá jednotlivé nástroje, měl by v relativně krátkém časovém období zaznamenat požadované pozitivní efekty. Pokud se tyto efekty nedostaví, proces implementace probíhá špatně, a tím dochází ke zbytečnému čerpání podnikových zdrojů a ve finále i k frustraci a demotivaci zapojených zaměstnanců. Taková implementace štíhlé výroby se pak zařadí mezi zástup neúspěšných pokusů.

V předchozí kapitole vysvětluji, jakým způsobem dokáže zkracování doby výroby reflektovat pozitivní efekty zavádění nástrojů štíhlé výroby. Nástroje štíhlé výroby mají i další pozitivní efekty, které se projevují paralelně. Ve finále nejdůležitějším a nejžádanějším efektem vždy bývá zlepšení ekonomických ukazatelů. Ale z pohledu

metodiky měření štihlosti výrobního procesu se nyní chci zaměřit právě na vliv jednotlivých nástrojů na zkracování doby výroby.

Pro vysvětlení vlivů jednotlivých nástrojů použiji schématické zobrazení obecného výrobního procesu a hlavních aktivit, které v něm probíhají (Obrázek č. 6). Pro každý nástroj popíšu, které aktivity ovlivňuje, jaké ze sedmi plýtvání se snaží odstraňovat nebo alespoň redukovat a jakým způsobem se jeho úspěšné nasazení projeví na zkrácení doby výroby. Dále také objasním, jak ovlivní navržený ukazatel LTLI.



Obrázek č. 6: Schéma výrobního procesu. Zdroj: Vlastní zpracování

Pro výpočet doby výroby použiji následující vztah:

$$ODV = \sum_i^n (Z_i \times K_i + T1_i + T2_i + S_i + U_i + M_i + O_i + L_i + C_i)$$

ODV – obecná doba výroby

Σ - součet všech operací v daném výrobním procesu

n – počet operací

Z – čas zpracování jednoho kusu na dané operaci

K – počet kusů (výrobní dávka)

T1 – doba transportu na operaci

T2 – doba transportu z operace

S – doba seřízení stroje

U – doba pravidelné údržby stroje

M – doba strávená úkony spojenými s kvalitou výroby (včetně řešení neshodných výrobků)

O – doba strávená řešením oprav a dalších neplánovaných technických problémů

L – doba nepřítomnosti obsluhy nebo jiných lidských zdrojů potřebných pro výrobu

C – čekání na uvolnění kapacity daného pracoviště

1. 5S – organizované pracoviště

- **Popis:** Nástroj 5S patří k jedněm z těch základních v rámci metodiky zavádění štíhlé výroby. Jeho cílem je vytvořit uspořádané a organizované pracoviště, kde panuje pořádek a čistota. Takové pracoviště vytváří ideální prostředí k dosažení maximálních výkonů, eliminaci zbytečných pohybů a prostojů, zlepšení kvality výroby a v neposlední řadě k zvýšení bezpečnosti takového pracoviště.
- **Eliminace plýtvání:** Nepotřebný pohyb, čekání.
- **Vliv na dobu výroby:** V první řadě tento nástroj ovlivňuje dobu potřebnou ke zpracování jednoho kusu na operaci a pomáhá zkrátit dobu nepřítomnosti obsluhy. Díky tomu, že obsluha má systém a organizaci potřebných nástrojů, přípravků a dalšího potřebného příslušenství a vybavení a také že má racionálně zorganizované celé pracoviště pro danou operaci, může maximálně zefektivnit svou práci a dobu strávenou nad výrobou jednoho kusu. Dále se touto metodou eliminují situace, kdy je potřebný nástroj nebo nářadí nedostupný a nemůže být operace vůbec vykonávána. Také tento nástroj může do určité míry zkrátit dobu seřízení stroje, dobu pravidelné údržby, dobu strávenou nad měřením kvality výroby a dobu řešení neplánovaných technických problémů. A ve finále může také zredukovat dobu nepřítomnosti obsluhy na pracovišti z důvodu chybějícího vybavení.
- **Vliv na LTLI:** Výsledky implementace tohoto nástroje by se měly projevit zaprvé ve zkrácení doby výroby jednoho kusu na úzkém místě a dále pak na souhrnném ukazateli OEE na úzkém místě.

2. SMED – rychlé přeseřizování

- **Popis:** Tento nástroj si dává za cíl maximálním způsobem zkrátit potřebnou dobu pro seřízení pracoviště z výroby jednoho typu produktu na jiný typ. V rámci jeho implementace se využívají různé metody pro analýzu současného způsobu přeseřizování, hledání možných řešení pro zkrácení této doby a jejich následné zavedení do praxe.
- **Eliminace plýtvání:** Nadměrné zásoby, nepotřebný pohyb, čekání, nadvýroba.

- **Vliv na dobu výroby:** Tento nástroj má velmi významný vliv na velikost výrobní dávky. Existuje přímá úměra mezi dobou potřebnou na přeřazení pracoviště z jednoho produktu na druhý a velikostí výrobní dávky tak, aby se optimalizovalo kapacitní využití daného pracoviště. Zkrácení doby přeřazení s sebou přináší možnost zmenšení výrobní dávky. To má velký efekt na zkrácení doby výroby (hlavně v podobě doby strávené čekáním ve frontě před operací, ať z důvodu velikosti dávky daného produktu nebo čekání na uvolnění pracoviště jinou výrobou). Dalším efektem je zkrácení samotné doby přeřazení, která je součástí doby výroby.
- **Vliv na LTLI:** Hlavní efekt cílí na velikost výrobní dávky a dále na OEE na úzkém místě.

3. Systém tahu

- **Popis:** Systém tahu je komplexní nástroj pro plánování a organizaci výroby. Základním předpokladem tahového systému je, že je řízen požadavky zákazníka. Tedy minimalizuje se podíl anonymní výroby na sklad. Dalším důležitým principem tohoto systému je řízení a organizace pracoviště v úzké vazbě na následující operace. Tím by mělo být dosaženo optimálního průchodu výrobní zakázky výrobním procesem a měla by být minimalizována tvorba front před pracovišti. Posledním důležitým aspektem je schopnost držet stabilní hladinu rozpracované výroby. Pod tento nástroj pak spadají další nástroje, jako např. kanban nebo CONWIP, které pomáhají tento systém přenést do reálné praxe řízení výroby.
- **Eliminace plýtvání:** Nadměrné zásoby, nadvýroba.
- **Vliv na dobu výroby:** Systém tahu má dva základní výrazné efekty na dobu výroby. Zaprvé má vliv na velikost výrobní dávky tím, že impulsem pro spuštění výroby je zákaznický požadavek. Tím se výrazně eliminuje nadvýroba na sklad. Druhým zásadním vlivem je omezování velikosti rozpracované výroby ve výrobním systému tím, že provazuje kapacitní vytížení pracovišť s organizací zakázek. Neboli předešlá operace je řízená následující operací (systém kanbanu). Na základě Littlova zákona platí, že doba výroby je přímo úměrná velikosti rozpracované výroby, proto snížením rozpracované výroby dochází i ke zkrácení výrobní doby.

- **Vliv na LTLI:** Přímý efekt je na velikost výrobní dávky. Obecně je výpočet cílové doby výroby postaven na předpokladu funkčního systému tahu. Tudíž odchylka reálné doby výroby od té vypočtené představuje z převážné části potenciál ve zlepšení systému tahu.

4. Kaizen – systém zlepšování

- **Popis:** Kaizen je nástroj, který upřednostňuje postupné, malé, ale neustálé změny před velkou jednorázovou změnou ve výrobním systému. Tento nástroj je zaměřen na lidi a pomocí něj se všichni zaměstnanci učí, jak neustále hledat potenciály ke zlepšení a také jak tyto změny rychle implementovat v praxi.
- **Eliminace plýtvání:** Všechny typy plýtvání.
- **Vliv na dobu výroby:** Tento nástroj může zlepšovat všechny aspekty ovlivňující výslednou dobu výroby. Nejviditelnější efekt je na zkrácení doby samotných operací, dále na zlepšení OEE díky tomu, že se zlepší kvalita výroby, tedy bude se ztrácet méně času výrobou nekvalitních produktů, zrychlí se přeseřizování, údržba bude efektivnější, tudíž se bude ztrácet méně času poruchami a podobně. Může mít pozitivní vliv na velikost dávky, způsob transportu a dále.
- **Vliv na LTLI:** Všechny parametry mohou být tímto nástrojem ovlivněny.

5. Vizualizace na dílně

- **Popis:** Nástroj vizualizace pomáhá lidem lépe organizovat svoji práci. Pomocí dílčích nástrojů a pravidel vytváří systém, který pomáhá efektivněji a rychleji předávat potřebné aktuální informace, ale i zkušenosti mezi pracovníky. Důležitým efektem tohoto nástroje je také pomocí zveřejnění a názorného zobrazení aktuálních výsledků lépe motivovat zaměstnance ke kvalitnější práci.
- **Eliminace plýtvání:** Čekání, nadvýroba, nekvalita.
- **Vliv na dobu výroby:** Vizualizace pomáhá s organizací materiálových toků, tedy pozitivně ovlivňuje tvorbu front před pracovišti. Dále pomáhá jako motivační faktor pro maximalizaci výkonů operátorů, tedy dodržování normovaných časů dané operace. Pozitivně ovlivňuje OEE z pohledu kvality (vizualizace vad a chyb tak, aby se jim v budoucnu

předešlo) a také údržby a oprav (rychlejší reakce a lepší organizace údržby).

- **Vliv na LTLI:** Hlavní efekt je na parametr OEE.

6. TPM – totálně produktivní údržba

- **Popis:** Tento nástroj se zaměřuje na technický stav pracovišť. Jeho cílem je dlouhodobě udržovat vysokou úroveň dostupnosti strojů, tedy snažit se předcházet poruchám pomocí systému preventivní a prediktivní údržby a případné prostoje z důvodu poruchy snižovat na minimum.
- **Eliminace plýtvání:** Čekání, nekvalita.
- **Vliv na dobu výroby:** Tento nástroj má hlavní vliv na dobu oprav, tedy dostupnost daného pracoviště pro výrobu produktů. Čím efektivnější údržba, tím by mělo docházet k méně poruchám, nebo by měly poruchy trvat kratší dobu. Paradoxně může mít negativní dopad na délku údržby, kdy může čas strávený údržbou prodlužovat, ale výsledný efekt v podobě výrazné redukce oprav by měl být ve finále pozitivní. Také z pohledu organizace výroby je údržba plánovaný prostoje, zatímco porucha neplánovaný.
- **Vliv na LTLI:** Hlavní efekt je na parametr OEE.

7. TQM – komplexní řízení kvality

- **Popis:** TQM je souhrnné označení nástrojů, které společně pomáhají zlepšovat kvalitu produktů. Tento nástroj zasahuje i do procesů na úrovni top managementu a ovlivňuje strategii podniku. Na úrovni výrobních procesů pak pomáhá předcházet nekvalitní výrobě a v případě, že se objeví neshodný výrobek, používá sofistikované analytické nástroje, které hledají příčiny a z nich vyvozují poučení a budoucí zlepšení výrobních procesů a postupů.
- **Eliminace plýtvání:** Nekvalita.
- **Vliv na dobu výroby:** Primární vliv je na eliminaci nekvalitní výroby. Ta působí negativně na dobu výroby dvěma způsoby. Zaprvé nekvalitní výrobou se ztrácí produktivní čas na daném pracovišti (daný produkt se musí vyrobit vícekrát, než bylo původně plánováno). Zadruhé v případě

opravitelných vad se prodlužuje doba výroby o další neplánovanou operaci.

- **Vliv na LTLI:** Hlavní efekt je na parametr OEE.

8. Poka-yoke – chybuvedorné operace

- **Popis:** Cílem tohoto nástroje je eliminace lidských chyb. Ideálně dochází již při návrhu produktu a výrobních postupů k předvídání možných lidských chyb, a tak je konstrukce a technologie uzpůsobena tím způsobem, aby k chybě nemohlo technicky dojít. Případně formou analýz již vzniklých chyb dochází k úpravě konstrukce nebo již používané technologie.
- **Eliminace plýtvání:** Nepotřebný pohyb, nekvalita.
- **Vliv na dobu výroby:** Tím, že tento nástroj zefektivňuje práci operátorů, pomáhá dodržovat normovaný čas operace. Dalším důležitým efektem je, že eliminuje nebo výrazně redukuje nekvalitu, tudíž má podobný efekt jako předchozí nástroj TQM, tedy zamezuje opakované výrobě, případně předchází neplánovaným opravám produktu.
- **Vliv na LTLI:** Hlavní efekt je na parametr OEE.

9. VSM – mapování hodnotového toku

- **Popis:** Velmi důležitý nástroj, který si dává za úkol mapovat celý výrobní proces z pohledu tvorby přidané hodnoty. Cílem je zanalyzovat průběh reálného výrobního procesu a zaměřit se na identifikaci činností, které přidávají hodnotu (tedy ty, které přispívají ke vzniku produktu takového, jaký si ho přeje zákazník), a na činnosti, které nepřidávají hodnotu. Tím tento nástroj poukazuje na oblasti, kde je potenciál pro zlepšení. Na tento nástroj pak velmi často navazuje nástroj VSD (Value Stream Design), který na základě předešlé analýzy navrhuje a vytváří optimální podobu výrobního procesu tak, aby se eliminovalo množství činností bez přidané hodnoty.
- **Eliminace plýtvání:** Zbytečná doprava, nadměrné zásoby, čekání, nadvýroba.
- **Vliv na dobu výroby:** Z pohledu doby výroby má VSM vliv na optimalizaci transportních časů, a hlavně na tvorbu front před operacemi.

Tím může být dosaženo velmi výrazného zkrácení doby výroby. Také pomáhá sladit výrobní dávky v jednotlivých fázích výrobního procesu a optimalizovat tvorbu zásob v průběhu výrobního procesu, což se pozitivně projevuje na velikosti výrobních dávek.

- **Vliv na LTLI:** Princip výpočtu ukazatele uvažuje nulové transportní časy, takže tento aspekt může ovlivnit výsledek výpočtu pomocí přírážek k době výroby. Co se týče velikosti front před operacemi, výpočet zde uvažuje pouze frontu vytvořenou z důvodu výrobní dávky. Správné použití VSM by tedy mělo mít primárně efekt přibližování reálné doby výroby k vypočtené době. V neposlední řadě ovlivňuje velikost výrobní dávky.

10. Standardizovaná práce

- **Popis:** Tento nástroj slouží k sjednocení pracovních postupů tak, aby bylo dosaženo maximálního výkonu při minimálních nákladech a minimální nekvalitě. Důležitým bodem je vytvoření stabilního procesu, který bude vždy vytvářet stejné produkty. Součástí je ale i neustálé zlepšování a hledání potenciálů u současných postupů a jejich přenášení do nových standardů.
- **Eliminace plýtvání:** Nepotřebný pohyb, čekání, nekvalita, nadbytečné opracování.
- **Vliv na dobu výroby:** Standardizovaná práce v první řadě pomáhá zkrátit dobu operace a dále pomáhá předcházet nekvalitě, tudíž omezuje opakovanou výrobu a předchází neplánovaným opravám produktu.
- **Vliv na LTLI:** Ovlivňuje dobu zpracování na úzkém místě a dále OEE.

Jak v rámci metodiky štíhlé výroby, tak i jiných metodik k optimalizaci výrobních procesů existuje mnoho dalších nástrojů ke zlepšení efektivity výroby. U všech by se pak jistě dala najít vazba na dobu výroby a její zkrácení. Je důležité si uvědomit, že jakákoliv forma neefektivnosti neboli plýtvání, se ať přímo či nepřímo projevuje ve zvýšené tvorbě rezerv, nejčastěji zásob. Zvýšená nekvalita často způsobuje, že se již při plánování výroby navyšují zakázky, aby se „pokryly“ neshodné výrobky, strojní výpadky způsobují, že se plánuje začátek výroby s větším předstihem nebo se opět rovnou plánují větší zakázky, které pokryjí více zákaznických požadavků, případy poruchy apod. To vše ve svém důsledku způsobuje prodlužování doby výroby.

7 DOTAZNÍKOVÉ ŠETŘENÍ

Abych mohl prohlásit, že navržený ukazatel štíhlosti LTLI lze univerzálně využít a že jeho výsledky skutečně vypovídají o stavu štíhlosti měřeného výrobního procesu, rozhodl jsem se provést výzkum pomocí dotazníkového šetření. Primárním cílem výzkumu bylo ověřit možnost využití vytvořeného ukazatele v širším měřítku v prostředí rozličných výrobních podniků vyrábějících odlišné produkty. Sekundárním cílem bylo pomocí ukazatele LTLI zjistit obecný stav úrovně štíhlosti, respektive úrovně využívání nástrojů štíhlé výroby mezi výrobními podniky.

Tento výzkum byl koncipovaný tak, že pomocí elektronického dotazníku byly získány od oslovených firem potřebné informace ohledně využívání nástrojů štíhlé výroby a také data potřebná k provedení výpočtu štíhlosti pro vybraný výrobní proces z daného podniku. Hned na začátku výzkumu jsem ale zjistil, že navzdory předpokladu, že data pro ukazatel LTLI jsou v podnicích běžně k dispozici, jsem došel k závěru, že tomu tak úplně není a potřebná data oslovení zástupci podniků obvykle nemají v takové podobě, která je vhodná pro výpočet ukazatele. Musel jsem tedy využít k vyplňování dotazníků formu řízeného rozhovoru s jednotlivými zástupci. Během těchto rozhovorů jsem vysvětloval princip výpočtu a také jak přistoupit k získání potřebných dat. Tento složitější sběr dat způsobil velkou časovou náročnost získávání jednotlivých vyplněných dotazníků a také určitou neochotu podniků se do výzkumu zapojit, jelikož vyžadoval intenzivnější zapojení ze stran jejich zástupců. Výsledný soubor zapojených podniků není tedy obsáhlý, ale i tak věřím, že je dostatečný pro základní otestování ukazatele LTLI. Podařilo se mi získat data podniků z různých odvětví a odlišných velikostí. Díky možnosti potkat se a vést rozhovory přímo s některými zodpovědnými manažery, jsem získal informace, které bych pouhým vyplněním dotazníků nezískal, a tak jsem si mohl udělat ucelenější obrázek o stavu zavedení principů štíhlé výroby ve výrobních podnicích.

Z důvodu co nejširšího portfolia podniků bylo jediným omezujícím faktorem požadavek, aby se jednalo o výrobní podniky. Další faktory jako velikost podniku, lokalita nebo například průmyslové odvětví jsem neaplikoval, abych mohl otestovat výpočet na co nejroznorodějším vzorku podniků. Díky tomu základní soubor představuje všechny výrobní podniky po celém světě. V tento moment je jasné, že statisticky vypovídající výběrový soubor není možné získat. Přesto jsem přesvědčen o tom, že šíře

záběru, a i výsledný získaný soubor podniků je natolik zajímavý, že se dají výsledky aproximovat na celý segment výrobních podniků.

7.1 Dotazník

Jak bylo uvedeno výše, základem mého výzkumu byl elektronický dotazník. Ten jsem rozdělil do tří sekcí. První sekce se věnuje identifikaci a kategorizaci dotazovaného podniku. Obsahuje otázky na následující informace:

1. Název podniku
2. Jméno a e-mail kontaktní osoby
3. Odvětví, ve kterém podnik působí - výběr ze seznamu
4. Velikost podniku - výběr z možností malý, střední, velký
5. Typ podniku ve smyslu lokální nebo nadnárodní působnost
6. Lokace podniku - stát a město

Druhá sekce je zaměřena na zjištění úrovně využívání základních nástrojů spojovaných se štíhlou výrobou. Jedná se o subjektivní posouzení úrovně zavedení těchto metod příslušným zástupcem podniku. Vybráno bylo 10 nejpoužívanějších metod na základě rešerše literatury. Jako odpověď byl vždy výběr jedné ze tří možností úrovně zavedení dané metody - plně zavedeno, částečně zavedeno, nezavedeno. K dotazníku byl dodán i stručný popis jednotlivých metod a popis, jak se projevují jednotlivé úrovně zavedení. Tento popis vychází ze zkušeností s testovacím vzorkem podniků, na kterém byl dotazník validován. Metody obsažené v dotazníku jsou následující:

1. 5S - organizované pracoviště
2. SMED - rychlé přeseřizování
3. Systém tahu - plánování dle požadavků zákazníků
4. Kaizen - systém zlepšování
5. Vizualizace na dílně
6. TPM - totálně produktivní údržba
7. TQM - komplexní systém řízení kvality
8. Poka-yoke - chybuvedorné operace
9. VSM - mapování hodnotového toku
10. Standardizovaná práce

Poslední, třetí sekce slouží k získání parametrů potřebných pro výpočet ukazatele štíhlosti LTLI. Tato sekce je rozdělena do dvou částí. První je identifikace a zjištění základních parametrů výrobního procesu. Obsahuje dotazy na následující hodnoty:

1. Název výrobního procesu
2. Typ - montáž nebo výroba
3. Název výsledného produktu
4. Aktuální doba výroby - ve dnech
5. Aktuální velikost rozpracované výroby - v kusech
6. Počet vyráběných variant produktu
7. Počet operací
8. Velikost dávky - v kusech
9. Součet časů všech operací - v sekundách
10. Požadovaný denní výstup - v kusech
11. Průměrná doba transportu mezi operacemi - v minutách
12. Průměrná zmetkovitost - v procentech

Druhá část obsahuje dotazy na identifikaci a základní parametry úzkého místa:

1. Doba zpracování jednoho kusu - v sekundách
2. Směnnost - výběr z 1, 2, 3 směn nebo nepřetržitého provozu
3. OEE - využití strojové kapacity v procentech
4. Průměrná doba přeseřízení - v minutách
5. Průměrná doba opravy - v minutách

Oslovováni byli výrobní, případně supply chain manažeři. U podniků, které měly specializovanou pozici lean specialisty, byl dotazník směřován na tohoto zástupce. Rozhovor ve většině případů začínal úvodním seznámením. Ze strany respondenta byl představen zkoumaný podnik, z mé strany byl vysvětlen smysl a cíl výzkumu. Druhá část rozhovoru se týkala otázek obsažených v dotazníku a principů ukazatele LTLI. U otázek ohledně nástrojů štíhlé výroby byla představena a vysvětlena stupnice, aby respondent mohl správně určit úroveň využívání jednotlivých nástrojů v podniku. V sekcích týkajících se parametrů výpočtu ukazatele LTLI bylo vysvětleno, jak daný parametr správně stanovit. Pokud respondent znal nebo měl okamžitý přístup k potřebným datům, byla zanesena do dotazníku. Někdy se stávalo, že data musela být nejdříve připravena

a pak docházelo až k jejich dodatečnému doplnění do dotazníku. V několika případech byla součástí rozhovoru i návštěva výroby a prohlídka měřeného výrobního procesu. To pro mě byla dobrá příležitost udělat si obrázek o stavu organizace daného výrobního procesu.

Všichni respondenti projevili zájem o výsledné hodnoty ukazatele LTLI. Po zpracování dotazníku a stanovení štihlosti výrobního procesu pomocí LTLI byli respondenti zpětně informováni o výsledcích jejich podniku. V pozdější fázi výzkumu, když jsem měl k dispozici výsledky z většího vzorku podniků, jsem přikládal i porovnání s průměrnými hodnotami dosavadních výsledků. Samozřejmě vše bylo anonymní, jelikož se jedná o interní citlivá data. V průběhu výzkumu jsem vytvořil z průběžných výsledků informační leták, který jsem využíval jako propagaci výzkumu a motivaci firem k jejich účasti ve výzkumu (viz Příloha č. 9).

7.2 Výsledky výzkumu

Pro získání vyplněných dotazníků jsem zvolil přímé kontaktování zodpovědných manažerů, nejčastěji elektronickou formou komunikace. Pokusil jsem se i o hromadnější oslovení většího počtu podniků skrze dvě poradenské firmy, zaměřující se na optimalizaci podnikových procesů, a dvě sdružení firem, ale ani jedna z těchto aktivit nepřispěla k navýšení počtu vyplněných dotazníků. Proto jsem se zaměřil na využití kontaktů z mé profesní praxe, kde se ukázaly přímé vztahy a doporučení jako úspěšnější strategie pro získávání potřebných dat. Tento způsob se také ukázal jako ten nejvhodnější z důvodu specifčnosti zaměření výzkumu a jeho technické složitosti. Ideální způsob vyplnění dotazníku byl formou osobního setkání a získávání odpovědí skrze řízený rozhovor. Bohužel tento způsob byl velmi časově náročný, a jelikož závěrečná fáze sběru dat probíhala ve vrcholném období epidemie koronaviru, bylo v této době i nemožné se s jednotlivými zástupci firem potkávat osobně. Přesto často po obdržení vyplněného dotazníku docházelo k dodatečné komunikaci s respondentem a vyjasňování jednotlivých odpovědí a případně zpřesnění dat na základě této komunikace. Hodně podniků se obávalo o svá data, proto jsem musel přislíbit, že s poskytnutými údaji bude zacházeno jako s citlivými, jména zúčastněných podniků nebudou zveřejněna a nebude možno ze zpracovaných výsledků vyčíst parametry a údaje jednotlivých podniků.

Nakonec bylo napřímo osloveno 90 podniků. Počty nepřímo oslovených firem (skrze prostředníky), které nebyly ochotné se do výzkumu zapojit, nelze zjistit. Z oslovených podniků jich 50 vyplnilo dotazník (Tabulka č. 1). Z nich 11 bylo nekompletně vyplněných. U těchto dotazníků ve většině případů data potřebná pro výpočet nebyla ve stavu, aby se dal provést výpočet ukazatele LTLI nebo nebyl podnik ochoten tato data vůbec poskytnout. Ve všech těchto případech ale byla vyplněna sekce ohledně využívání jednotlivých nástrojů štihlé výroby, tudíž alespoň pro analýzy využívání těchto nástrojů se daly zjištěné informace použít. 39 dotazníků bylo tedy vyplněno kompletně a mohly být plně zapojeny do výzkumu ohledně ukazatele LTLI.

Počet oslovených podniků	90
Počet vyplněných dotazníků	50
- z toho neúplně	11
- z toho úplně	39

Tabulka č. 1: Počty podniků účastnících se průzkumu. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

7.2.1 Analýza struktury podniků

Z 50 podniků bylo 14 s lokální přítomností, tedy mělo výrobu pouze v jednom státu. Z těchto 14 podniků byl pouze jeden zahraniční. Zbývajících 36 podniků se vyznačovalo mezinárodní přítomností, tedy mělo výrobní závod alespoň ve dvou státech. Zde 21 dotazníků se týkalo výrobního závodu v ČR a zbývajících 15 bylo v zahraničí (Tabulka č. 2).

Přítomnost podniku	Absolutní četnost	Relativní četnost
Lokální - přítomnost pouze v 1 státu	14	28%
- z toho ČR	13	26%
- z toho zahraniční	1	2%
Nadnárodní - pobočky ve více státech	36	72%
- z toho ČR	21	42%
- z toho zahraniční	15	30%
Celkem	50	

Tabulka č. 2: Rozdělení podniků dle přítomnosti. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

Z pohledu velikosti podniku dle počtu zaměstnanců byly do výzkumu zapojeny 2 malé podniky, 17 středně velkých a 31 velkých podniků (Tabulka č. 3).

Velikost podniku	Absolutní četnost	Relativní četnost
Malý (1-49 zam.)	2	4%
Střední (50-249 zam.)	17	34%
Velký (250 a více zam.)	31	62%
Celkem	50	

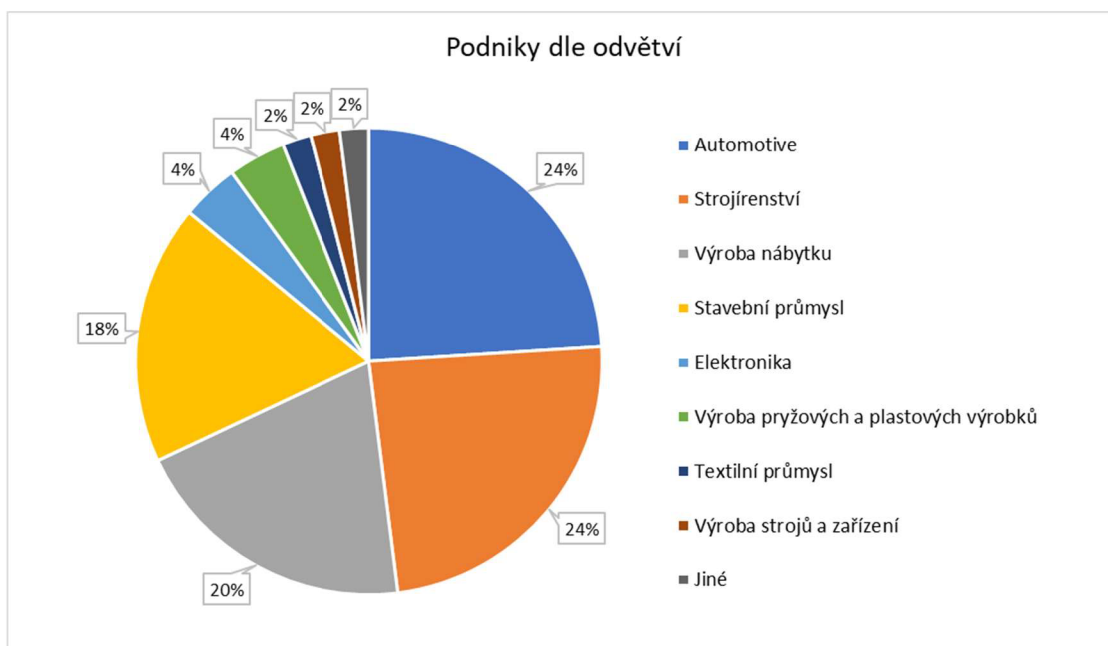
Tabulka č. 3: Rozdělení podniků dle velikosti podle počtu zaměstnanců. Zdroj: Vlastní zpracování

Z pohledu odvětví bylo zastoupeno 8 vyspecifikovaných výrobních odvětví a 1 podnik se nedal přiřadit k žádnému z nabízených odvětví (Tabulka č. 4).

Zastoupená odvětví	Absolutní četnost	Relativní četnost
Automotive	12	24%
Strojírenství	12	24%
Výroba nábytku	10	20%
Stavební průmysl	9	18%
Elektronika	2	4%
Výroba pryžových a plastových výrobků	2	4%
Textilní průmysl	1	2%
Výroba strojů a zařízení	1	2%
Jiné	1	2%
Celkem	50	

Tabulka č. 4: Rozdělení podniků dle odvětví průmyslu. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

Odvětví s největším zastoupením byla automotive a strojírenství, následovány byly výrobou nábytku a stavebním průmyslem (Graf č. 1).



Graf č. 1: Procentuální zastoupení typu průmyslu ve výzkumu. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

7.2.2 Analýza využívání nástrojů štíhlé výroby

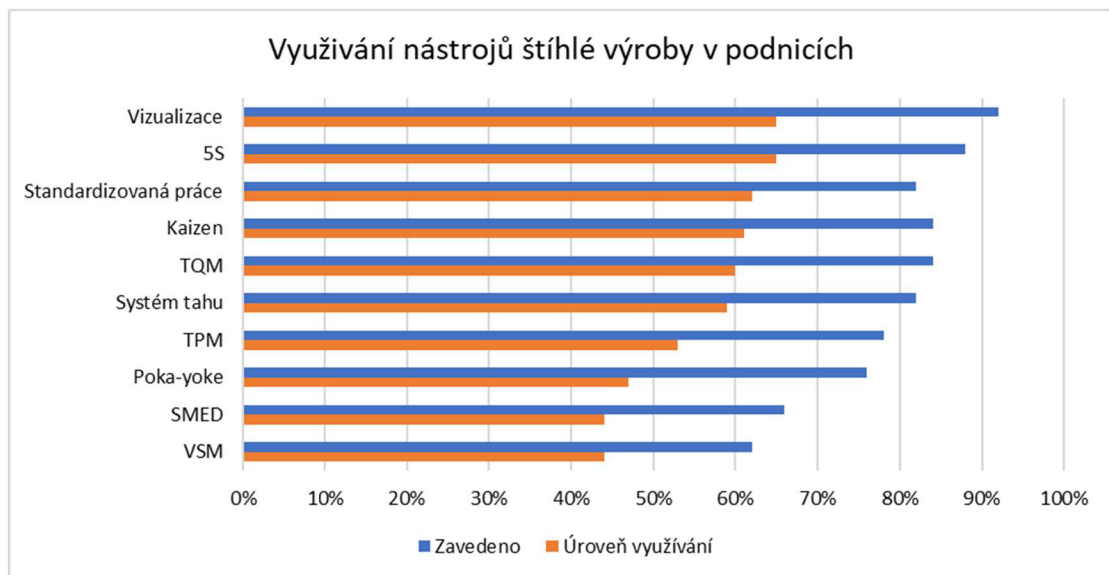
V rámci mého výzkumu jsem se dotazoval na úroveň zavedení 10 nejčastějších nástrojů štíhlé výroby. Pro zachování jednoduchosti jsem použil škálu pouze o třech úrovních, tedy pro každý nástroj byla zvolena jedna z těchto hodnot: „Nezavedeno“, „Částečně zavedeno“ a „Úplně zavedeno“. V tabulce č. 5 je přehled četnosti odpovědí pro jednotlivé nástroje.

Nástroj štíhlé výroby	Plně zavedeno	Částečně zavedeno	Nezavedeno
5S	21	23	6
SMED	11	22	17
System tahu	18	23	9
Keizen	19	23	8
Vizualizace	19	27	4
TPM	14	25	11
TQM	18	24	8
Poka-yoke	9	29	12
VSM	13	18	19
Standardizovaná práce	21	20	9

Tabulka č. 5: Využívání nástrojů štíhlé výroby. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

Dále jsem pro každý nástroj spočítal, jaký podíl podniků má daný nástroj zaveden (tedy má vyplněno buď „Plně zavedeno“ nebo „Částečně zavedeno“). A dále jaká je

relativní úroveň využití každého nástroje v procentech (na základě přiřazení následujících hodnot k jednotlivým odpovědím: Plně zavedeno – 2 body, Částečně zavedeno – 1 bod, Nezavedeno – 0 bodů). Výsledky jsou v grafu č. 2.



Graf č. 2: Využívání nástrojů štíhlé výroby. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

Nejvyšší úroveň využívání, a to 65 %, vykazují nástroje Vizualizace na dílně a 5S, kde Vizualizace dosáhla přes 90 % zavedení mezi sledovanými podniky. Nad úroveň 60 % využívání se dostaly ještě nástroje Standardizovaná práce, Kaizen a TQM. Společně se systémem tahu se drží nad 80 % úrovní zavedení v podnicích. Naopak nejhorších výsledků dosáhly nástroje SMED a VSM, oba s úrovní využívání 44 %. Nástroj VSM má nejhorší výsledek i co se týče úrovně zavedení, a to 62 %. Osobně mě překvapuje právě umístění nástroje VSM. V teorii se o tomto nástroji mluví jako o jednom ze základních, na kterém se pak často staví celá implementace štíhlé výroby.

Na závěr jsem provedl analýzu úrovně využití všech 10 nástrojů pro každý podnik a na základě výše uvedeného bodového ohodnocení vypočetl souhrnnou úroveň využívání nástrojů štíhlé výroby. Výsledná průměrná hodnota souboru 50 podniků účastnících se výzkumu je 56 %. Rozložení podle velikosti podniku a také podle přítomnosti podniku je v tabulce č. 6.

Velikost/přítomnost podniku	Úroveň využívání nástrojů štihlé výroby
Malý (1-49)	42,5%
Střední (50-249)	44,7%
Velký (250 a více)	63,1%
Lokální - přítomnost pouze v 1 státu	49,3%
Nadnárodní - pobočky ve více státech	58,6%
Celkem	56,0%

Tabulka č. 6: Využívání nástrojů štihlé výroby dle velikosti a přítomnosti podniku. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

Z tabulky č. 6 vyplývá, že velké podniky dosahují výrazně vyšší úrovně využívání nástrojů štihlé výroby oproti středním a malým podnikům. Stejně tak nadnárodní podniky vykazují vyšší úroveň oproti lokálním. Oba tyto výsledky nejsou překvapující, jelikož větší a mezinárodní podniky mají více zdrojů a také větší základnu specialistů, kteří mohou tyto nástroje implementovat.

Pohled na úroveň využívání nástrojů štihlé výroby dle odvětví je v tabulce č. 7. Zde je potřeba upozornit na to, že z důvodu anonymity výsledků jsem ta odvětví, kde byl pouze jeden podnik, sloučil pod souhrnné odvětví Ostatní.

Odvětví	Úroveň využívání nástrojů štihlé výroby
Automotive	75,4%
Výroba pryžových a plastových výrobků	67,5%
Výroba nábytku	57,5%
Ostatní	56,7%
Elektronika	47,5%
Stavební průmysl	45,6%
Strojírenství	42,5%
Celkem	56,0%

Tabulka č. 7: Využívání nástrojů štihlé výroby dle odvětví průmyslu. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

Automotive jako odvětví, které táhne iniciativy zaměřující se na optimalizaci procesů a zvyšování efektivity, vykazuje nejvyšší úroveň využívání nástrojů štihlé výroby. Na opačném konci tabulky se nachází strojírenství, které se vyznačuje svou tradičností a implementace nových metod zde probíhají pomalu.

7.2.3 Analýza štihlosti pomocí ukazatele LTLI

V této analýze využívám výsledky výpočtu ukazatele štihlosti LTLI, tudíž jsou zde výsledky pouze těch podniků, které vyplnily kompletní dotazník. Kromě průměrných hodnot dosažených výsledků LTLI uvádím pro porovnání i hodnoty získané z úrovně využívání nástrojů štihlé výroby. V tabulce č. 8 jsou výsledné hodnoty podle velikosti podniku a jeho přítomnosti. Z důvodu chybějících dat pro výpočet ukazatele u malých podniků tato kategorie v tomto pohledu vůbec nefiguruje.

Velikost/přítomnost podniku	Úroveň štihlosti - LTLI	Úroveň využívání nástrojů štihlé výroby
Střední (50-249)	45,9%	43,6%
Velký (250 a více)	60,4%	63,8%
Lokální - přítomnost pouze v 1 státu	48,1%	49,5%
Nadnárodní - pobočky ve více státech	57,9%	59,3%
Celkem	55,2%	56,5%

Tabulka č. 8: Úroveň štihlosti dle velikosti a přítomnosti podniku. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu.

Průměrné hodnoty ukazatele LTLI se v jednotlivých kategoriích liší od úrovně využívání nástrojů štihlé výroby jen nepatrně a celkové hodnoty jsou téměř identické. To na první pohled dává dobrý signál, že výsledky získané pomocí ukazatele LTLI korespondují s využíváním nástrojů štihlé výroby. Další pohled je na průměrné hodnoty podle odvětví (Tabulka č. 9).

Odvětví	Úroveň štihlosti - LTLI	Úroveň využívání nástrojů štihlé výroby
Automotive	67,3%	78,0%
Výroba nábytku	58,9%	57,5%
Ostatní	55,4%	60,0%
Stavební průmysl	53,4%	44,2%
Strojírenství	40,2%	40,5%
Celkový součet	55,2%	56,5%

Tabulka č. 9: Úroveň štihlosti dle odvětví průmyslu. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu

V této kategorizaci vidíme větší rozdíly mezi získanými průměrnými hodnotami v odvětví automotive, kde ukazatele LTLI dává nižší hodnoty, než je uváděná úroveň využívání nástrojů štihlé výroby. Mohu pouze spekulovat, čím je to zapříčiněno. Vysvětlením může například být to, že automotive je obecně hodně zaměřeno na využívání rozličných nástrojů štihlé výroby, tudíž míra jejich nasazení je výrazně vyšší

než v jiných odvětvích, ale reálně dosažené přínosy jejich zavedení nejsou na takové úrovni, která by odpovídala udávané intenzitě využívání. V odvětví stavebního průmyslu vidíme zase opačný efekt, kdy úroveň štihlosti je vyšší než úroveň využívání nástrojů štíhlé výroby. V této oblasti to bude pravděpodobně opačný případ než v automotive, respektive může docházet k častějšímu využívání jiných nástrojů, ať z metodiky štíhlé výroby (které nebyly součástí dotazníku v rámci TOP 10 nástrojů) nebo jiných metod pro optimalizaci výrobního procesu, na které jsem se v mém výzkumu nedotazoval, ale které se projevují na výsledné štihlosti.

7.3 Ověření hypotéz

Na základě získaných dat z dotazníků jsem přistoupil k ověření, případně vyvrácení jednotlivých vydefinovaných hypotéz v úvodu této dizertační práce.

Pro statistické zpracování dat jsem použil software STATISTICA Cz od firmy StatSoft ve verzi 12. Před provedením statistické analýzy jsem musel nejdříve připravit datový soubor. K této přípravě jsem použil software MS EXCEL od firmy Microsoft. Do připravené tabulky jsem zanesl veškerá data získaná z jednotlivých dotazníků. Řádky v této tabulce reprezentují jednotlivé podniky a sloupce pak odpovědi na jednotlivé otázky z dotazníku. V rámci přípravy datového souboru muselo dojít k několika úpravám získaných dat, které neměly vliv na výsledky, ale umožňovaly strojní zpracování dat. Zaprvé vzhledem k tomu, že byly zapojeny i zahraniční firmy, a tudíž i dotazník měl dvě jazykové mutace (česká a anglická), muselo dojít k překladu anglických odpovědí do českého jazyka tak, aby se mohly jednotlivé odpovědi mezi sebou porovnávat. Dále musely být upraveny některé odpovědi, hlavně na otevřené otázky týkající se jednotlivých parametrů výrobního procesu (například musely být odstraněny vysvětlující textové poznámky k vyplněným hodnotám některých parametrů apod.).

Také došlo k určité transformaci datového souboru. Například odpovědi týkající se úrovně zavedení jednotlivých nástrojů štíhlé výroby byly ohodnoceny následujícím způsobem:

- Nezavedeno → 0 bodů
- Částečně zavedeno → 1 bod
- Plně zavedeno → 2 body

Na základě těchto hodnot pak bylo dopočítáno výsledné procento úrovně využívání nástrojů štíhlé výroby následujícím způsobem:

$$U = \frac{\sum_{i=1}^{10} N_i}{20}$$

U – Úroveň využívání nástrojů štíhlé výroby

N_i – Bodové ohodnocení úrovně zavedení příslušného nástroje štíhlé výroby (dle předchozího ohodnocení)

Dále došlo na základě vyplněných parametrů k výpočtu výsledné štíhlosti daného výrobního procesu pomocí ukazatele LTLI a cílových hodnot Lead time a WIP. Tyto hodnoty byly doplněny ke každému podniku, který poskytl potřebná data.

Takto transformovaná a připravená data byla posléze zanesena do software STATISTICA Cz a použita pro potřebné statistické analýzy. Pro otestování jednotlivých hypotéz byla vždy vydefinována nulová hypotéza H_0 a k ní příslušná alternativní hypotéza H_1 . Pomocí vhodných statistických metod jsem testoval, zda je možné zamítnout nulovou hypotézu ve prospěch alternativní hypotézy nebo ne. Ve všech případech jsem použil hladinu významnosti $\alpha = 0,05$.

7.3.1 Hypotéza H1

První hypotéza byla definována následujícím způsobem:

H1: Existuje metrika, která dokáže určit úroveň štíhlosti výrobního procesu z aktuálních podnikových dat vycházející z doby výroby.

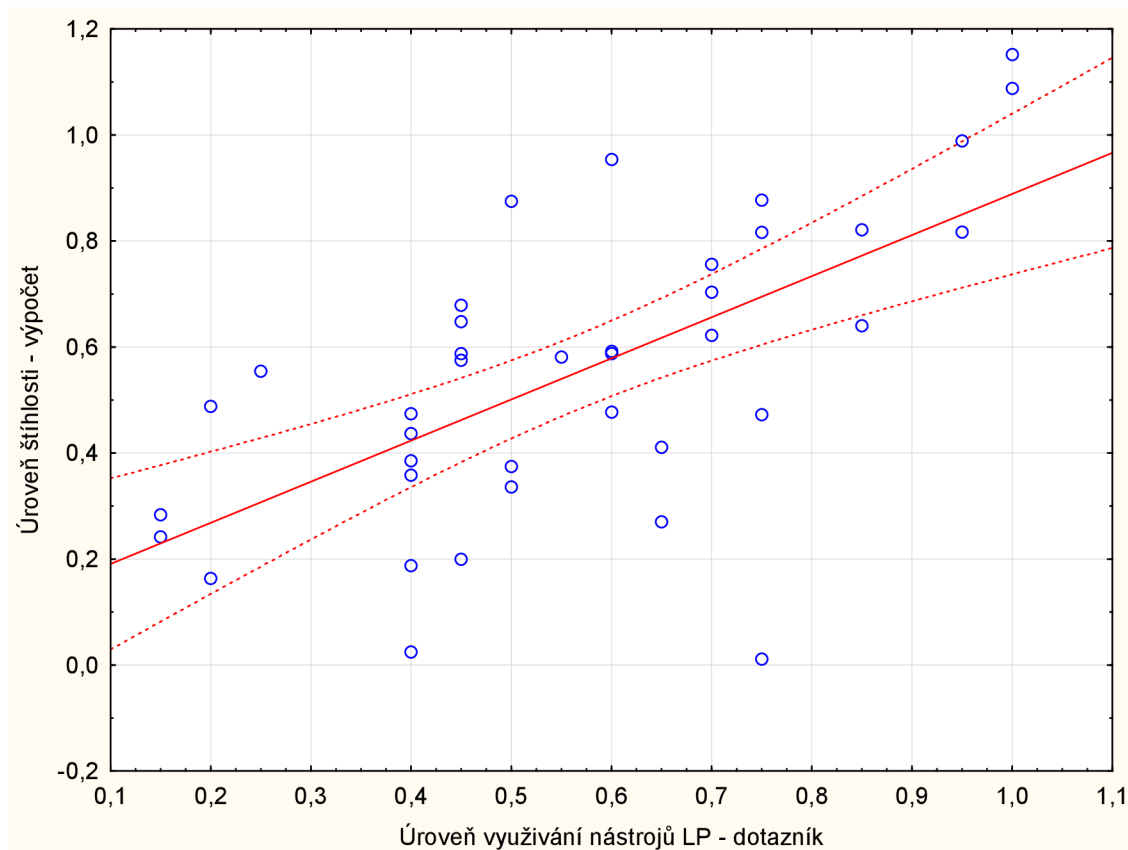
Navrženou metodu výpočtu štíhlosti jsem představil a popsal v předchozích kapitolách. Tento výpočet ukazatele LTLI jsem použil pro každý podnik, který v rámci výzkumu poskytl v dotazníku potřebná data. Výsledky výpočtu jsem zanesl do datového souboru.

Aby bylo možné posoudit, zdali vytvořený ukazatel LTLI poskytuje vypovídající informaci o úrovni zavedení nástrojů štíhlé výroby, musel jsem porovnat výsledky výpočtu se skutečnou úrovní využívání nástrojů štíhlé výroby. Proto jsem jako statistickou metodu zvolil korelační analýzu mezi výsledky výpočtu a úrovní využívání nástrojů štíhlé výroby. Výstupem z korelační analýzy je hodnota korelačního koeficientu

ρ . Hodnoty korelačního koeficientu byly předmětem nulové a alternativní hypotézy následujícím způsobem:

- Jako nulovou hypotézu jsem použil $H_0: \rho = 0$
- Alternativní hypotéza byla stanovena následovně $H_1: \rho > 0$
- Hladina významnosti byla zvolena $\alpha = 0,05$

Grafické znázornění výsledků získané pomocí programu STATISTICA Cz je vidět na grafu č. 3.



Graf č. 3: Výsledek korelační analýzy mezi úrovní štiřlosti a úrovní využívání nástrojů štiřlé výroby. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu pomocí programu STATISTICA Cz

Pro potvrzení nebo vyvrácení nulové hypotézy je potřeba získat výběrový korelační koeficient výběrového souboru dat a hodnotu p , pomocí které budu moci usuzovat o hledaném korelačním koeficientu. Výsledky korelační analýzy jsou následující:

- Výběrový korelační koeficient vyšel $r = 0,63799$
- Výsledná p -hodnota $p = 0,000012$

Výběrový korelační koeficient o hodnotě $r = 0,63799$ udává celkem silnou pozitivní korelaci mezi hodnotami získanými výpočtem a hodnotami získanými na základě úrovně využívání jednotlivých nástrojů štíhlé výroby. To znamená, že čím více a intenzivněji jsou využívány nástroje štíhlé výroby, tím vyšší hodnotu dává navržený výpočet.

Díky tomu, že p hodnota je velmi nízká ($p = 0,000012$), mohu na hladině významnosti 0,05 zamítnout nulovou hypotézu a prohlásit, že korelační koeficient bude nabývat kladné hodnoty, a tudíž první hypotéza byla ověřena a navržený výpočet ukazatele LTLI lze použít pro měření štíhlosti výrobního procesu.

Pro ověření testu jsem provedl test reliability pomocí metriky cronbachovo alfa. Výsledná hodnota 0,77 poukazuje na poměrně vysokou reliabilitu, a tudíž podporuje správnost použití tohoto testu.

7.3.2 Hypotéza H2

Druhá hypotéza byla definována takto:

H2: Existuje metrika, jejíž hodnota se dá použít pro stanovení cíle implementace štíhlé výroby a k měření rozvoje procesu zvyšování přidané hodnoty.

Pro její ověření mohu použít výsledky předchozí korelační analýzy. Z té totiž vyplývá, že štíhlost zjištěná pomocí výpočtu koreluje s úrovní využívání nástrojů štíhlé výroby. To znamená, že čím více nástrojů štíhlé výroby a čím intenzivněji je bude podnik využívat, tím vyšší bude výsledná hodnota ukazatele štíhlosti LTLI.

Proto pokud si podnik před započítím implementace nástrojů štíhlé výroby provede výpočet ukazatele LTLI, zjistí tím výchozí hodnotu definující aktuální štíhlost výrobního procesu. Na základě této hodnoty pak může stanovit cílovou hodnotu štíhlosti, které by chtěl v budoucnu pomocí zavádění principů štíhlé výroby dosáhnout. Z provedené korelační analýzy vyplývá, že ve chvíli, kdy začne podnik nasazovat nástroje štíhlé výroby nebo zvyšovat intenzitu jejich využívání, bude úměrně tomu růst hodnota štíhlosti získaná výpočtem pomocí ukazatele LTLI. Samozřejmě za předpokladu, že se bude jednat o úspěšnou implementaci, která bude přinášet očekávané výsledky. Po aplikaci dílčích nástrojů může podnik znovu provést stanovení LTLI a zjistit tak, jestli se blíží definovanému cíli nebo ne, a tudíž jestli je implementace účinná.

Mechanismus, jakým způsobem jednotlivé nástroje štihlé výroby ovlivňují efektivitu výrobního procesu a také jakým způsobem zkracují dobu výroby a jak se projevují na výpočtu LTTL, byl popsán v kapitole 6.3. Díky získaným datům z reálných podniků mohu provést regresní analýzu, pomocí které zjistím, jak intenzivně jednotlivé nástroje štihlé výroby ovlivňují výslednou štihlost podniku.

Jako nezávislé proměnné jsem pro regresní analýzu použil úroveň zavedení jednotlivých nástrojů štihlé výroby. Závislou proměnnou je hodnota štihlosti LTTL. Lineární model pak vypadá takto:

$$L = \beta_0 + \beta_1 N_1 + \beta_2 N_2 + \beta_3 N_3 + \beta_4 N_4 + \beta_5 N_5 + \beta_6 N_6 + \beta_7 N_7 + \beta_8 N_8 + \beta_9 N_9 + \beta_{10} N_{10}$$

L – hodnota štihlosti LTTL

β_0 – absolutní člen lineární rovnice

$\beta_1 - \beta_{10}$ – regresní koeficienty pro jednotlivé nástroje

N_1 – úroveň využívání nástroje 5S

N_2 – úroveň využívání nástroje SMED

N_3 – úroveň využívání nástroje Systém tahu

N_4 – úroveň využívání nástroje Kaizen

N_5 – úroveň využívání nástroje Vizualizace na dílně

N_6 – úroveň využívání nástroje TPM

N_7 – úroveň využívání nástroje TQM

N_8 – úroveň využívání nástroje Poka-yoke

N_9 – úroveň využívání nástroje VSM

N_{10} – úroveň využívání nástroje Standardizovaná práce

Takto formulovanou lineární přímku mohu otestovat pomocí koeficientu determinace. Jeho hodnoty pak byly předmětem nulové a alternativní hypotézy následujícím způsobem:

- Jako nulovou hypotézu jsem použil $H_0: R^2 = 0$
- Alternativní hypotéza byla stanovena následovně $H_1: R^2 > 0$
- Hladina významnosti byla zvolena $\alpha = 0,05$

Pro regresní analýzu a získání odhadů jednotlivých parametrů regresní přímky, stejně jako pro hodnotu koeficientu determinace, jsem použil program STATISTICA Cz (Tabulka č. 10). Výsledkem je následující přímka:

$$L = 0,249 + 0,085N_1 + 0,119N_2 + 0,132N_3 - 0,071N_4 - 0,091N_5 + 0,127N_6 - 0,016N_7 - 0,046N_8 + 0,036N_9 + 0,026N_{10}$$

- Hodnota koeficientu determinace vyšla $R^2 = 0,61073411$
- Výsledná p-hodnota je $p = 0,00093$

Hodnota koeficientu determinace 0,61073411 říká, že 61 % variability závislé proměnné je vysvětlována nezávislými proměnnými. Vzhledem k většímu počtu nezávislých proměnných je důležité se zabývat i upraveným koeficientem determinace, který nabývá hodnoty 0,47171057. Díky výsledné hodnotě $p = 0,00093$ mohu na hladině významnosti 0,05 zamítnout nulovou hypotézu, a tudíž prohlásit, že zvolený regresní model vysvětluje variabilitu hodnoty získané výpočtem LTLI pomocí úrovně zavedení nástrojů štíhlé výroby, druhá hypotéza byla tudíž ověřena.

Při detailnějším pohledu na tento regresní model je vidět, že některé regresní koeficienty jsou záporné. To by poukazovalo na fakt, že zavádění některých nástrojů štíhlé výroby by mělo teoreticky způsobovat snižování hodnoty štíhlosti. Když se ale podívám na p-hodnoty získané pro jednotlivé koeficienty, tak zjistím, že pouze pro absolutní člen a pro nástroje Systém tahu a TPM je odhad regresních koeficientů na hladině významnosti 0,05 statisticky prokazatelný. Vzhledem k počtu 11 odhadovaných koeficientů a celkového počtu 39 prvků v datovém souboru, získávám 28 stupňů volnosti, což není příliš vysoká hodnota pro tuto analýzu. Pro relevantnější výsledky by bylo lepší získat potřebná data od většího počtu podniků.

	b*	Sm. Chyba z b*	b	Sm. Chyba z b	t(28)	p-hodnota
Abs.člen			0,249005	0,117937	2,11133	0,043800
5S - Organizované pracoviště	0,201532	0,187554	0,084866	0,078979	1,07453	0,291757
SMED - rychlé přeseřizování	0,321988	0,193809	0,119132	0,071707	1,66136	0,107799
Systém tahu - plánování dle požadavků zákazníka	0,339937	0,151665	0,131522	0,058679	2,24137	0,033112
Kaizen - systém zlepšování	-0,181184	0,151956	-0,071314	0,059810	-1,19234	0,243135
Vizualizace na dílně	-0,193356	0,151417	-0,091385	0,071564	-1,27698	0,212100
TPM - totálně produktivní údržba	0,345091	0,153513	0,126779	0,056398	2,24795	0,032639
TQM - komplexní řízení kvality	-0,039596	0,161228	-0,015887	0,064689	-0,24559	0,807789
Poka-yoke - chybuvedomé operace	-0,106711	0,158852	-0,046010	0,068492	-0,67176	0,507240
VSM - mapování hodnotového toku	0,106738	0,146536	0,036274	0,049799	0,72841	0,472412
Standardizovaná práce	0,077613	0,184981	0,026456	0,063054	0,41957	0,678002

Tabulka č. 10: Výsledky regresní analýzy. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu pomocí programu STATISTICA Cz

Z pohledu praxe se bude projevovat velké množství vlivů, které nemohou být v dotazníku, a tudíž v této analýze podchyceny. Jako příklad takových vlivů může být uvedena posloupnost zaváděných nástrojů, intenzita implementace, zkušenosti týmu se zaváděním těchto metod i to, v jaké fázi implementace dochází k měření štihlosti. V počátečních fázích budou mít větší vliv na štihlost jiné nástroje než v těch pokročilejších. Zajímavé v tomto případě je tedy spíše pořadí jednotlivých nástrojů podle významnosti na základě jejich získaných koeficientů a srovnání se zjištěnou úrovní intenzity využívání v podnicích (Tabulka č. 11).

Nástroj	b	b*	Úroveň využívání
Systém tahu - plánování dle požadavků zákazníka	0,131522	0,339937	59%
TPM - totálně produktivní údržba	0,126779	0,345091	53%
SMED - rychlé přeseřizování	0,119132	0,321988	44%
5S - Organizované pracoviště	0,084866	0,201532	65%
VSM - mapování hodnotového toku	0,036274	0,106738	44%
Standardizovaná práce	0,026456	0,077613	62%
TQM - komplexní řízení kvality	-0,015887	-0,039596	60%
Poka-yoke - chybu zdorné operace	-0,046010	-0,106711	47%
Kaizen - systém zlepšování	-0,071314	-0,181184	61%
Vizualizace na dílně	-0,091385	-0,193356	65%

Tabulka č. 11: Porovnání výsledku regresní analýzy s úrovní využívání nástrojů štíhlé výroby.

Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu pomocí programu STATISTICA Cz

7.3.3 Hypotéza H3

Třetí hypotéza byla definována takto:

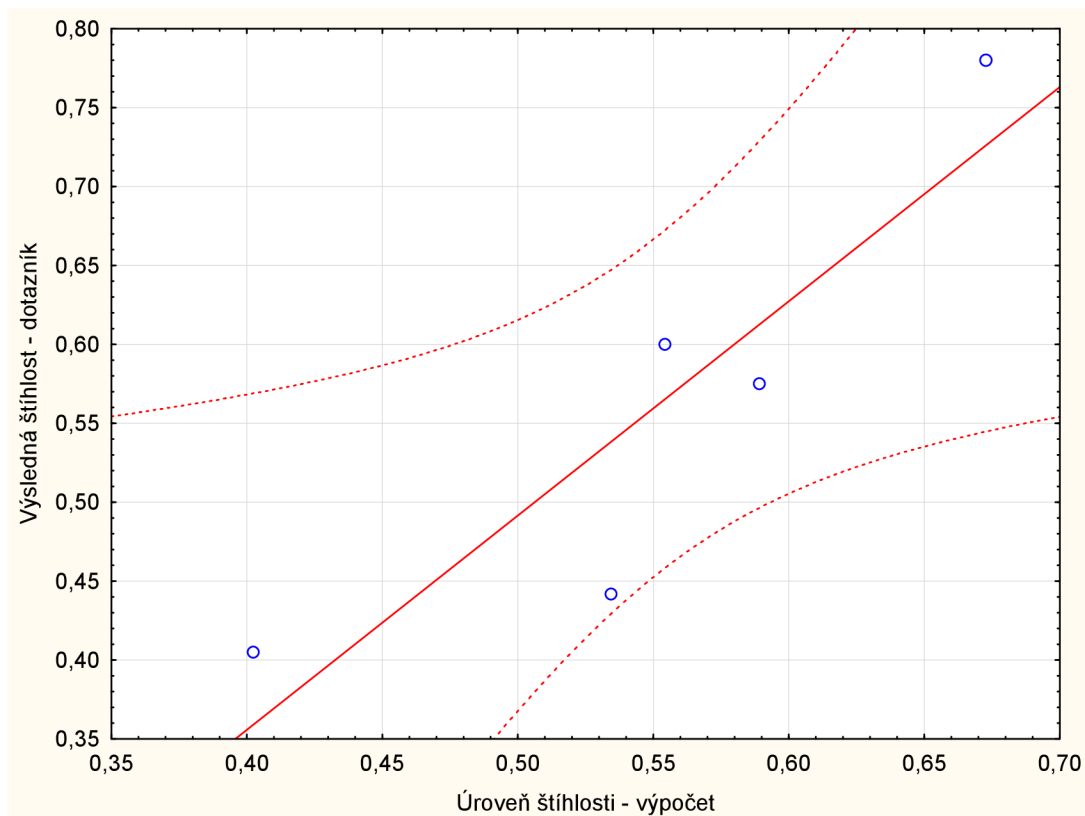
H3: Existuje metrika měření štihlosti podniku, která dokáže mezi sebou porovnávat různé výrobní podniky z různých odvětví podle dosažené úrovně štihlosti výroby.

V průběhu dotazníkového šetření jsem neobjevil odvětví, pro které by se daný výpočet nedal obecně použít. Limitující byl spíše vlastní charakter výrobního procesu, ale tomuto tématu se věnuji v následujícím rozboru poznatků z výzkumu. Tím, že výsledek výpočtu LTLI je bezrozměrová veličina, lze výsledky pro různé podniky mezi sebou jednoduše porovnávat. Obor hodnot se zesponu limitně blíží k 0. Horní hranice není fixně dána, ale vzhledem k logice výpočtu se horní hranice pohybuje okolo 1. V průběhu dotazníkového šetření vyplynulo, že v ojedinělých případech může výsledek nabývat hodnoty i větší než 1. Hodnoty výrazněji přesahující tuto hodnotu ale znamenají chybu v provedení výpočtu nebo spíše špatně zvolené parametry.

Pro statistické ověření této hypotézy jsem použil korelační analýzu středních hodnot získaných pro jednotlivá odvětví. V případě, že souhrnné výsledky výpočtu LTLI pro jednotlivá odvětví korelují se souhrnnými hodnotami úrovně využívání nástrojů štíhlé výroby, pak mohu tvrdit, že odvětví nemá vliv na výsledky výpočtu. Pro tuto analýzu jsem tedy použil stejnou nulovou a alternativní hypotézu jako u první hypotézy a testoval na stejné hladině významnosti.

- Jako nulovou hypotézu jsem použil $H_0: \rho = 0$
- Alternativní hypotéza byla stanovena následovně $H_1: \rho > 0$
- Hladina významnosti byla zvolena $\alpha = 0,05$

Grafické znázornění výsledku je vidět v grafu č. 4:



Graf č. 4: Výsledek korelační analýzy středních hodnot štíhlosti a úrovně využívání nástrojů štíhlé výroby dle odvětví průmyslu. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu pomocí programu STATISTICA Cz

Výsledky korelační analýzy jsou následující:

- Výběrový korelační koeficient vyšel $r = 0,89899$
- Výsledná p-hodnota je $p = 0,038004$

Výběrový korelační koeficient odpovídá velmi silné pozitivní závislosti mezi výsledky. Hodnota p je vzhledem k výrazně menšímu počtu prvků relativně vysoká ($p = 0,038004$) přesto na zvolené hladině významnosti 0,05 mohu nulovou hypotézu zamítnout a tím ověřit tvrzení o univerzálnosti použití zvoleného výpočtu ukazatele LTLI.

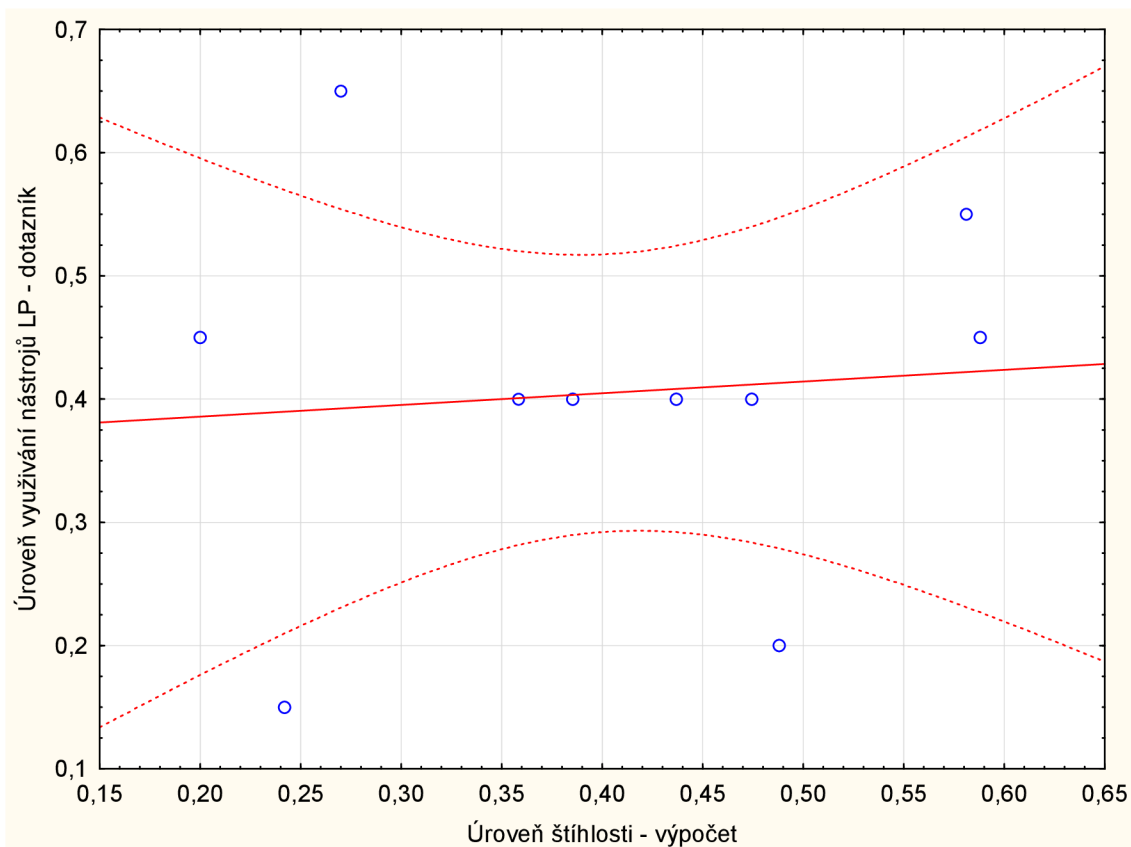
Pro zajímavost jsem ještě provedl korelační analýzu v rámci jednotlivých skupin odvětví. Použil jsem stejné parametry analýzy jako v předchozím případě. Výsledky jsou shrnuté v tabulce č. 12.

Odvětví	Uroveň štíhlosti - výpočet	Výsledná štíhlost - dotazník	Počet podniků	Korelační koeficient r	p -hodnota
Automotive	67,3%	78,0%	10	0,804376	0,005022
Ostatní	55,4%	60,0%	3	0,373307	0,756448
Stavební průmysl	53,4%	44,2%	6	0,5118	0,29933
Strojírenství	40,2%	40,5%	10	0,088358	0,808218
Výroba nábytku	58,9%	57,5%	10	0,655073	0,039798

Tabulka č. 12: Výsledky korelační analýzy v rámci jednotlivých odvětví průmyslu. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu pomocí programu STATISTICA Cz

Z celkových pěti odvětví pouze v rámci dvou odvětví (automotive a výroba nábytku) mohla být na stanovené hladině významnosti 0,05 zamítnuta nulová hypotéza o neexistenci korelace mezi výsledky. Bude to pravděpodobně dáno hlavně nízkým počtem prvků v jednotlivých analyzovaných odvětvích. Nicméně u všech odvětví vyšel korelační koeficient kladný.

Nejnižší hodnoty dosáhl korelační koeficient u strojírenství, i když zrovna zde střední hodnoty jak pro výpočet LTLI, tak pro využívání nástrojů štíhlé výroby vyšly téměř identické. Z výsledků je vidět, že toto odvětví dosahuje výrazně nejhorších výsledků a na základě informací získaných během dotazování se dá usuzovat, že toto odvětví teprve začíná s masivnějším nasazováním nástrojů štíhlé výroby. Pro lepší pochopení této situace je názorný graf č. 5 s výsledky pro toto odvětví.



Graf č. 5: Výsledek korelační analýzy pro odvětví strojírenství. Zdroj: Vlastní zpracování dat z výzkumu pomocí programu STATISTICA Cz

Dle hodnot zanesených v tomto grafu vidíme, že až na pár výjimek je intenzita využívání nástrojů štíhlé výroby na velmi podobné úrovni (okolo 40 %). Na druhé straně vypočtená štíhlost pomocí LTLI se velmi odlišuje (pohybuje se v rozmezí 20 % až 60 %). Tudiž jsou zde podniky, které se prezentují, že nástroje štíhlé výroby již celkem intenzivně využívají, ale pravděpodobně v době provádění výzkumu ještě nedosahovaly očekávaných efektů (může se také jednat o podniky, které k implementaci přistoupily špatně a nedaří se jim dosáhnout pozitivních efektů). A naopak jsou zde podniky, které o sobě tvrdí, že jsou teprve na začátku implementace nástrojů štíhlé výroby, ale efekty se již v jejich výrobním procesu projevují.

7.4 Diskuze k dotazníkovému šetření

I přes nepříliš velký počet podniků ve výzkumu se podařilo získat zajímavý datový soubor, který umožňuje nahlédnout do fungování výrobních procesů daných podniků. Společně s relativně častou možností osobní návštěvy těchto firem (do příchodu

pandemie koronaviru) a v některých případech i prohlídky výrobních prostor to byla pro mě velmi přínosná sonda do aktuálního stavu výrobních společností.

Jak je vidět z analýzy podniků, jedná se o soubor rozličných výrobních společností, ať co se týče velikosti, odvětví, druhu vlastnictví nebo i třeba historie. Všechny podniky jsou ale etablované a často i s dlouhou historií. Přesto se velmi liší svým přístupem k metodice štihlé výroby a úrovni využívání jejích nástrojů. A i přesto jsou všechny podniky ziskové a prosperující. Není mi známo, že by v průběhu mého výzkumu a psaní dizertační práce jakákoliv ze zapojených firem měla finanční problémy, nebo dokonce zbankrotovala. Co jsem ale pozoroval, bylo, že ve všech společnostech je určitá snaha o optimalizaci a zefektivňování výrobních procesů. V některých podnicích je vidět důsledné postupování podle metodiky vytvořené před desetiletími ve firmě Toyota, včetně japonských popisků jednotlivých nástrojů štihlé výroby, jinde byl zvolen volnější přístup nebo se využívají i jiné metody než klasická štihlá výroba. Také jsem se setkal s manažery, kteří používají přístup dle jejich slov „selského rozumu“.

Posouzení, který přístup nebo která metoda je efektivnější nebo která přináší lepší a rychlejší výsledky, je na jiný výzkum. Osobně si myslím, že nezáleží na tom, která metoda je zvolena, ale právě na tom, jestli přináší požadované výsledky. Proto jsem svůj výzkum zaměřil právě na měření těchto výsledků optimalizace a zefektivňování výrobních procesů.

I když můj výpočet vznikl původně pro měření efektů zavádění metody štihlé výroby, považuji jej za univerzálně použitelný. Používám sice pojem měření štihlosti výrobního procesu, což může evokovat vazbu na štihlou výrobu a její nástroje. Já ale pod pojmem štihlost vidím obecnější pojem, který definuje obecný stav výrobní efektivnosti. Tento duální přístup k pojmu štihlost výrobního procesu uvádí i Cocca s kolektivem (2019) ve svém článku. Princip výpočtu ukazatele LTPI a přístup k získání potřebných dat je nezávislý na použité metodě optimalizace výrobního procesu. Pro výpočet se používají základní běžně využívané parametry výroby. Tudíž je jedno, jakou metodu podnik používá, nebo dokonce i pokud žádnou nepoužívá, tak se dá výpočet použít a získat hodnotu štihlosti daného výrobního procesu pomocí ukazatele LTPI. A výsledná štihlost může být i na relativně vysoké úrovni, aniž by podnik musel nutně využívat určitou předdefinovanou metodu.

Nicméně zavádět již vytvořené a napříč různými podniky a odvětvími otestované metody, které jsou prověřené léty využívání v praxi a s průkaznými výsledky, je většinou jednodušší a efektivnější, než vymýšlet od začátku vlastní novou metodu nebo nástroje. Proto i já jsem se zaměřil ve svém výzkumu na měření štihlosti výrobního procesu ve spojitosti se zaváděním nástrojů štihlé výroby jakožto asi nejznámější a nejrozšířenější metody optimalizace výrobního procesu.

7.4.1 Interpretace výsledků

Všechny tři hypotézy, vydefinované na začátku mého výzkumu, se podařilo na hladině významnosti 0,05 potvrdit. To znamená, že hodnoty štihlosti, získané pomocí vytvořeného a popsánoho výpočtu ukazatele LTLI, jsou tím vyšší, čím vyšší je intenzita využívání nástrojů štihlé výroby. Jinak řečeno, tento ukazatel dokáže měřit úroveň zavedení metody štihlé výroby. Dále se podařilo prokázat, že ukazatel LTLI je nezávislý na odvětví, ve kterém se měřený podnik pohybuje. Respektive, že výsledné hodnoty pro podniky z různých odvětví se dají mezi sebou porovnávat. Pokud tedy podnik 1 z odvětví A má vyšší hodnotu štihlosti než podnik 2 z odvětví B, je vysoce pravděpodobné, že podnik 1 bude intenzivněji využívat nástroje štihlé výroby než podnik 2. V neposlední řadě se také potvrdilo, že lze pomocí ukazatele LTLI definovat budoucí cílovou hodnotu, které by podnik chtěl pomocí implementace metody štihlé výroby dosáhnout a průběžně sledovat pokrok v těchto aktivitách. Jinak řečeno, dají se porovnávat různé hodnoty štihlosti LTLI získané v průběhu času pro stejný podnik (nebo výrobní proces) a na základě nich usuzovat, zdali došlo k zefektivnění výrobního procesu nebo ne.

Díky těmto poznatkům lze prohlásit, že výzkum splnil svůj účel a naplnil mé očekávání. Podařilo se prokázat, že výpočet štihlosti, postavený na době výroby jako hlavního kritéria a vycházející z principů Littlova zákona, dokáže podávat věrohodný obraz o efektivitě výrobního procesu, která je zvyšována pomocí nástrojů štihlé výroby. Až na ojedinělé výjimky, které jsou popsány v kapitole o omezeních výzkumu, je tento výpočet univerzálně použitelný pro všechny výrobní podniky.

Díky tomu může naplnit všechny podmínky, které byly na začátku od tohoto ukazatele vyžadovány:

- 1. Využití objektivních dat** – pro výpočet se používají pouze parametry výrobního procesu, které jsou měřitelné a dají se zjistit buď pozorováním, nebo z podnikového informačního systému.
- 2. Jednoduchost výpočtu** – ukazatel představuje výpočet jedné hodnoty pomocí základních matematických operací. Jednoduchost je lehce narušena na základě zjištění, ke kterému jsem došel v průběhu výzkumu ohledně dostupnosti potřebných dat v některých podnicích.
- 3. Rychlost výpočtu** – když jsou zajištěna potřebná data a parametry, samotný výpočet zabere minimum času. Pro automatizaci výpočtu a prezentaci výsledků se dá použít například vytvořený a popsáný nástroj v MS Excel.
- 4. Opakovatelnost výpočtu** – při zadání stejných parametrů dává výpočet stejný výsledek a je možné jej kdykoliv opakovat na základě průběžného vývoje nebo i za účelem simulace nebo třeba citlivostní analýzy na jednotlivé parametry.

Ukazatel LTLI díky splnění výše uvedených vlastností a na základě potvrzených hypotéz může pak sloužit k následujícím účelům:

- 1. Měření štihlosti výrobního procesu** – ukazatel dokáže stanovit objektivní hodnotu aktuální štihlosti měřeného výrobního procesu.
- 2. Stanovení cíle implementace metody štíhlé výroby** – pomocí ukazatele se dá zjistit aktuální stav štihlosti výrobního procesu a na základě ní stanovit cílovou budoucí hodnotu, které by mělo být dosaženo pomocí implementace nástrojů štíhlé výroby.
- 3. Měření průběhu optimalizace výrobního procesu** – v průběhu zavádění nových metod a nástrojů lze pomocí ukazatele sledovat, jaký mají tyto aktivity vliv na štihlost výrobního procesu.
- 4. Benchmarking** – pomocí výsledných hodnot ukazatele lze porovnávat mezi sebou různé výrobní procesy a usuzovat tak o jejich štihlosti a dělat závěry, který je z pohledu štihlosti efektivnější. Porovnání lze využít v rozličných případech, jako například:
 - a) Porovnání podniků z různých odvětví
 - b) Porovnání podniků v rámci jednoho odvětví
 - c) Porovnání vůči lídrovi/konkurentovi na trhu
 - d) Porovnání sesterských závodů v rámci většího uskupení podniků

- e) Porovnání různých výrobních procesů v rámci jednoho podniku
- f) Porovnání interního výrobního procesu s externím – například v případě outsourcingu výroby k dodavateli

5. Hodnocení – hodnota ukazatele se dá použít také jako jedno z hodnotících kritérií v případech, kdy je potřeba získat pohled na výkonnost výrobního podniku. Jako například v těchto situacích:

- a) Akvizice podniku
- b) Výkonnostní ukazatel pro management podniku/výroby
- c) Hodnocení současných dodavatelů
- d) V rámci procesu výběru nového dodavatele

Díky datům pořízeným v průběhu výzkumu jsem jako sekundární informaci získal pohled na stav štíhlosti, respektive intenzitu využívání nástrojů štíhlé výroby ve sledovaných podnicích. Výsledná hodnota, pohybující se okolo 55 %, pro mě vzhledem k tomu, že se ve své profesní kariéře pohybuji ve výrobních podnicích, není překvapivá. Na základě těchto výsledků se dá poukázat na fakt, že štíhlá výroba je stále aktuální téma, jen málo podniků ve výzkumu se blížilo ideální hodnotě štíhlosti 100 %, a tudíž je štíhlá výroba stále pro převážnou část podniků výzvou.

7.4.2 Odpovědi na výzkumné otázky

VO1: Lze měřit štíhlost výrobního procesu?

Potvrzením první hypotézy H1 se podařilo prokázat, že ukazatel LTLI dokáže měřit štíhlost výrobního procesu ve smyslu úrovně využívání jednotlivých metod štíhlé výroby. Principiálně se dá předpokládat, že pokud podnik využívá nástroje štíhlé výroby, bude směřovat k zefektivňování svého výrobního procesu. Jak bylo uvedeno výše, na základě výzkumů mnohých autorů to není vždy pravda. Ideálním důkazem by pak bylo provázání měření štíhlosti s výkonností podniku. V rámci mého výzkumu jsem neměl k dispozici finanční a další potřebná data o podnicích tak, abych mohl zhodnotit celkovou výkonnost daných podniků. Nicméně pokud předpokládáme, že jedním ze základních projevů štíhlé výroby je nízká úroveň zásob a s tím související krátká doba výroby, pak ukazatel LTLI měří právě tyto projevy a na základě nich vyhodnocuje štíhlost výrobního procesu. Tudíž lze odpovědět, že štíhlost výrobního procesu se dá opravdu měřit.

VO2: Jaká je aktuální úroveň štíhlosti výrobních podniků?

Na základě měření pomocí ukazatele LTLI vyšlo, že průměrná úroveň štíhlosti sledovaných podniků byla 55,2 %. Z výsledků je patrné, že úroveň štíhlosti se mezi podniky liší. Některé podniky se vyznačují vysokou úrovní štíhlosti, jiné jsou naopak velmi málo štíhlé. Bylo zjištěno, že výsledky se liší na základě odvětví, ve kterém daný konkrétní podnik působí, a také na základě velikosti podniku. Z celkového pohledu lze konstatovat, že prostor k zeštíhlení výrobních podniků je poměrně velký. Na základě výsledků některých podniků lze také tvrdit, že dosažení lepší štíhlosti je reálné. Jak velké úsilí a v jakých konkrétních oblastech je zapotřebí k dosažení vyšší štíhlosti, nebylo zkoumáno, ale z výsledků je vidět, že využívání nástrojů štíhlé výroby tomu může výrazně napomoci.

VO3: Lze měřením štíhlosti výrobního procesu přispět k lepším výsledkům při implementaci štíhlé výroby?

Najít odpověď na tuto otázku není úplně snadné. Díky tomu, že se podařilo dokázat, že ukazatel LTLI lze využít pro měření štíhlosti výrobního procesu, lze jej použít pro měření průběhu procesu implementace štíhlé výroby. Z pohledu psychologického, a hlavně manažerského, procesy, které se dají měřit, jsou lépe říditelné a lze snáze měřit pokrok při jejich zefektivňování. Pak lze tvrdit, že díky měření štíhlosti v průběhu implementace štíhlé výroby se dají očekávat lepší výsledky. K tomu přispívá i možnost stanovit kvantifikovatelný cíl celého procesu pomocí ukazatele LTLI a také jej využít pro porovnání výsledků s jinými podniky. Pro exaktnější odpověď by ale bylo potřeba provést výzkum na podnicích, které by využívaly ukazatel LTLI v průběhu jejich implementace štíhlé výroby a jejich výsledky porovnat s výsledky podniků, které jej nevyužívají.

7.4.3 Zjištění z výzkumu

V průběhu sběru dat pro výzkum se objevilo několik témat, která mě překvapila nebo zaujala. První takové téma byla dostupnost dat potřebných pro výpočet ukazatele LTLI. Před zahájením výzkumu jsem předpokládal, že dotazy směřující ke zjištění hodnot parametrů potřebných pro výpočet ukazatele nebude problémem prakticky okamžitě zodpovědět. Nedá se to paušalizovat, ale v relativně velkém počtu případů byl problém přesná data získat okamžitě v průběhu dotazování a někdy byl problémem tato data

specifikovat i dodatečně. Například samotný dotaz na aktuální dobu výroby patřil k jedněm z problematických. K mému překvapení byl dost často odpovědí na tuto otázku (v dotaznících vyplněných elektronicky) počet dní v týdnu, kdy běží výroba, nebo dokonce jak dlouho je daný typ výroby v podniku nasazený. V tomto případě je pro mě poučením do budoucna lépe specifikovat nebo formulovat některé otázky v dotazníku. Nicméně i když došlo k objasnění smyslu této otázky, okamžitá přesná odpověď byla problematická. Někdy došlo k určitému odhadu na základě zkušeností daného zástupce podniku nebo byla později doplněna přesná odpověď získaná z dat z informačního systému. Poznatkem ale zůstává, že aktuální doba výroby není úplně běžná hodnota, která by se ve výrobních podnicích sledovala. V několika případech byl také problém zjistit hodnotu OEE příslušného úzkého místa z toho důvodu, že daný podnik neměl zavedenou metodu měření a sledování tohoto ukazatele. Občas byl problém vydefinovat správně výrobní dávku, ale zde šlo spíše o metodický problém, kdy bylo potřeba vyjasnit, jakou výrobní dávku použít pro výpočet ukazatele LTPI.

Samotná velikost výrobní dávky je dalším tématem, kterým jsem se zabýval v průběhu výzkumu. Její významný vliv na výslednou hodnotu ukazatele LTPI jsem popisoval v kapitole věnující se charakteristice fungování výpočtu. V průběhu výzkumu jsem rozmýšlel, jakou hodnotu použít pro výpočet cílové doby výroby. Ta totiž figuruje při výpočtu výsledné štíhlosti jako hodnota, vůči které se porovnává současná doba výroby. Dochází tak k určitému paradoxu, že čím vyšší hodnota výrobní dávky se pro výpočet použije, tím lepší hodnota štíhlosti vyjde. Což jde proti smyslu štíhlé výroby. Z toho důvodu se musí nakládat s tímto parametrem velmi citlivě. Ideální situace by byla, kdyby byla stanovena určitá standardizovaná velikost výrobní dávky. To by ale bylo možné pouze pro technologicky stejné nebo podobné výrobní procesy. V případě různorodosti podniků, které se účastnily mého výzkumu, ale tento způsob nešlo použít. Druhou možností bylo použít jako standard jednokusový tok, tedy dávku o velikosti 1. To má svoji logiku z pohledu filosofie štíhlé výroby, která tvrdí, že jednokusový tok je vrcholným stádiem štíhlé výroby. Nicméně tato dávka je pro velké množství výrobních procesů nedosažitelná a dost často bude i značně neekonomická. Poměrně detailně se tomuto tématu věnuje např. Hopp a Spearman (2008). Proto jsem tento způsob také neshledal jako ideální řešení. Přesto jsem výpočet štíhlosti za použití jednokusové dávky zakomponoval do mého výpočetního formuláře a pro každý podnik hodnotu štíhlosti na

základě této dávky stanovil. Výsledné hodnoty ale byly samozřejmě diametrálně odlišné oproti výsledkům při použití aktuální výrobní dávky. Pro představu průměrná štíhlost při použití současné výrobní dávky byla 55,2 % a průměrná štíhlost při použití jednokusové dávky vyšla 13,7 %. Pro potřeby výzkumu jsem se rozhodl použít hodnoty štíhlosti získané při použití aktuální velikosti dávky, která je reálně využívána v daném výrobním procesu, pro výpočet cílové doby výroby. Pak je ale důležité správně interpretovat takovou štíhlost, která v ten moment nevyjadřuje hodnotu štíhlosti vůči ideálnímu stavu (tedy jednokusového toku, respektive optimální velikosti dávky), ale štíhlost vůči aktuálnímu nastavení daného výrobního procesu (tedy aktuální velikost dávky). Pokud se takto vydefinovaná štíhlost blíží hodnotám 100 %, neznamená to, že již není možno takový výrobní proces optimalizovat z pohledu štíhlosti. Je pak potřeba analyzovat, zdali nelze výrobní proces optimalizovat tak, aby bylo možno zmenšit velikost dávky. Pokud ano, pak je potřeba stanovit novou hodnotu štíhlost pomocí ukazatele LTLI za použití nové menší dávky a tato hodnota pak může sloužit jako nový cíl pro další optimalizaci (za pomoci symboliky se jedná o určité posouvání cílové laťky). Pokud podnik chce znát hodnotu štíhlosti vycházející z ideálního nastavení výrobního procesu, měl by použít dávku o velikosti 1 kus, nebo ještě lépe přistoupit ke stanovení optimální velikosti dávky. Tato hodnota se dá stanovit výpočtem na základě dat získaných z výroby (viz například metoda od Hopp a Spearmana (2008)).

Další téma, které jsem několikrát diskutoval s respondenty, bylo ve spojitosti se stanovením rozsahu procesu, který se bude analyzovat a pro který se bude stanovovat výsledná štíhlost. Jinak řečeno, jak vydefinovat začátek a konec takového procesu a co vše do něj zahrnout. Tuto problematiku jsem také zmínil při představování principů výpočtu. Obecně lze výpočet použít na celý podnik, nebo dokonce na výrobní řetězec skládající se z více podniků. Pro potřeby mého výzkumu jsem se snažil získávat parametry pro konkrétní výrobní proces, který představuje výrobu určitého konkrétního produktu v rámci operací realizovaných v jednom podniku. Jelikož jsem porovnával výsledné hodnoty s úrovní zavedení nástrojů štíhlé výroby v daném podniku, nechtěl jsem, aby výsledky zkreslovaly procesy, do kterých je zapojeno více podniků s odlišnou úrovní zavedení nástrojů štíhlé výroby. Také stanovit parametry výrobního procesu představujícího jednotlivé operace pro výrobu konkrétního produktu je pro většinu zástupců firem výrazně jednodušší a přesnější než pro komplexní dodavatelský řetězec.

Občas jsem vedl diskuze nad tím, jestli zahrnout do procesu různé přípravné operace nebo třeba předmontáže apod. V těchto případech to bylo na posouzení dané konkrétní situace, a hlavně na zájmu, jak rozsáhlou část daného procesu chce podnik měřit. Nejčastěji jsme definovali výrobní proces tak, aby začátek i konec byl „ve skladu“ a v průběhu operací se ideálně nenacházel žádný příjem na sklad ani výdej ze skladu do výroby nebo nějaká externí operace.

Na závěr bych chtěl zmínit jednu inspiraci, které se mi dostalo od zástupce jednoho z dotazovaných podniků. V průběhu naší diskuze nad výsledky daného podniku, který patřil k těm, které má metoda výpočtu zaujala, došlo k zamyšlení ze strany zástupce podniku nad využitím mého výpočtu v případech, kdy daný podnik outsourcuje nějakou ze svých výrob k dodavateli. Tedy jde o případ, kdy má daný podnik vlastní zkušenosti s určitým výrobním procesem a může si tedy sám spočítat štihlost výrobního procesu pomocí ukazatele LTLI, když si jej sám zajišťoval. Poté, co dojde k vymístění daného výrobního procesu k dodavateli, může podnik požadovat po dodavateli stanovení ukazatele LTLI a na základě porovnání zjistit, jestli dodavatel dosahuje požadované výrobní efektivity a tím tohoto dodavatele hodnotit. Jednalo se z mého pohledu o zajímavou konkrétní aplikaci a využití ukazatele LTLI, které mě osobně na začátku výzkumu nenapadlo. Věřím, že v budoucnu se podaří vymyslet i další přínosné možnosti využití ukazatele LTLI v praxi.

7.4.4 Omezení výzkumu

Hlavním omezením výzkumu je jeho statistická nereprezentativnost. Kvůli velmi široce zvolenému základnímu souboru výrobních podniků nebylo možné získat data od takového výběrového souboru, který by umožňoval statistické zobecnění výsledků na celý základní soubor. Hlavním cílem výzkumu ale bylo otestovat ukazatel LTLI na co nejširším spektru výrobních podniků tak, aby se dala posoudit jeho funkčnost a využitelnost výsledků v praxi. Myslím si, že se to podařilo prokázat.

V průběhu mého výzkumu jsem narazil i na určitá zjištění ohledně omezujících faktorů využití vytvořeného ukazatele LTLI. Jak bylo uvedeno výše, ukazatel byl na počátku vytvořen pro potřeby jednoho konkrétního výrobního podniku. V tomto prostředí se osvědčil, a i proto bylo jedním z cílů mého výzkumu ověřit jeho univerzální využití v podmínkách odlišných výrobních podniků. Jak jsem uvedl dříve, podařilo se v rámci

výzkumu prokázat možnost využití ukazatele LTLI pro podniky různých velikostí a odvětví. Přesto jsem narazil na určité specifické případy, kdy byla aplikace tohoto ukazatele buď nemožná, nebo komplikovaná.

Kontinuální výrobní procesy jsou typem výrobního procesu, na který se dle mého zjištění nedá vytvořený ukazatel aplikovat. Takové procesy se často objevují například v potravinářství (výroba nápojů apod.) nebo ve zpracovatelském průmyslu (zpracování ropy apod.). Já osobně jsem se s takovým procesem potkal v nábytkářském průmyslu. Tento typ výrobního procesu je specifický v tom, že je zpracovaný materiál neustále v pohybu. Tudíž tvorba front v podobě, kterou známe z diskretních výrobních procesů, prakticky neexistuje. Ohraničení a rozlišení jednotlivých operací také může být problematické. Operace se v principu mohou i překrývat a identifikace začátku a konce operací nemusí být jednoznačná. Definice výrobní dávky tak, jak je používána u diskretních výrobních procesů, také nemusí být možná. Všechny tyto aspekty způsobují, že stanovení parametrů potřebných pro výpočet může být velmi problematické a často i nemožné. Na druhou stranu se tyto výrobní procesy vyskytují tam, kde probíhá výroba velkého objemu daného produktu ve velmi malém sortimentu, a tak jsou tyto procesy a technologie už od své podstaty navrhovány a budovány s vysokou mírou úrovně štíhlosti a jejich další zeštíhlování může být značně komplikované, náročné a bez zásadnější přidané hodnoty.

Dalším typem výrobního procesu, který přinášel komplikace při aplikaci výpočtu, byly výrobní linky. Pojem výrobní linka zde používám pro takovou výrobu, kde jsou jednotlivé operace jasně od sebe oddělené, vyráběný produkt většinou není v neustálém pohybu, ale jednotlivé operace jsou společně úzce provázány většinou formou nějaké automatické formy přesunu materiálu a velmi často je mezi operacemi nastaven jednokusový tok. V principu je takový výrobní proces vrcholnou formou štíhlého výrobního procesu, a pokud jsou použity správné parametry pro výpočet, měla by vyjít hodnota štíhlosti 100 %. Tudíž pro tento výrobní proces se výpočet dá použít, ale bude vždy udávat hodnotu štíhlosti 100 %. Pokud by byl zájem analyzovat daný výrobní proces více do hloubky a zjistit přesněji jeho štíhlost, musel by se výpočet modifikovat následujícím způsobem:

$$SL = \frac{\sum_i^n CP_i}{TT * n + DP * n}$$

SL – štíhlost linky

CP_i – čas operace – normovaný čas pro jednotlivé operace

n – celkový počet operací, které jsou součástí výrobní linky

TT – takt time – doba mezi výstupem dvou po sobě jdoucích produktů

DP – doba přesunu mezi operacemi – čas, než se přesune materiál z jedné operace na druhou

Takto vypočítaná štíhlost pro linkové výrobní procesy bude opět udávat, jak se daný výrobní proces vzdaluje určitému ideálu, za který lze považovat linku s plně vybalancovanými (se stejnými normovanými časy) operacemi a minimálním časem přesunu z operace na operaci. Nesmí se ale zapomenout, že takto získaná štíhlost se nedá porovnávat s výsledky získanými standardním výpočtem ukazatele LTLI.

Poslední speciální případ, se kterým jsem se v průběhu výzkumu setkal, byl zakázkový výrobní proces. Tento proces se v mnohém podobá předchozí linkové výrobě. Výrobní dávka je často 1 kus. Operace na sebe většinou ihned navazují. Rozdíl je ale v sériovosti takové výroby. Na linkové výrobě většinou probíhá výroba větších sérií, a tudíž na každém pracovišti v rámci linky se vždy nachází nějaký výrobek ze série. Oproti tomu zakázková výroba probíhá maximálně v dávkách o velikosti jednotek kusů a ve velkém sortimentu, a tak často dochází k tomu, že pracoviště/operace zůstávají prázdné, pokud probíhá výroba na jiném pracovišti/operaci. Také zde většinou nedochází k vybalancování jednotlivých operací, a tak rozdíly v době zpracování mohou být velmi výrazné. Použití výpočtu pro tento typ výroby je v principu možné, ale výsledky mohou být značně zavádějící. Vzhledem k výše zmíněné povaze takového procesu může výsledná štíhlost nabývat velmi vysokých hodnot (např. i 400 % apod.). V těchto případech bych tedy nedoporučoval použití uvedeného výpočtu. Obecně je otázkou, jestli vůbec dává smysl u takového výrobního procesu měřit štíhlost.

7.4.5 Možnosti další výzkumné činnosti

V průběhu výzkumu a při vyhodnocování výsledků se objevily podněty pro další rozvoj a bádání v oblasti měření štíhlosti výrobního procesu. V první řadě by bylo

zajímavé provést stejný výzkum na větším souboru podniků. Získání kompletně a relevantně vyplněných dotazníků od dalších podniků, které by byly různorodější, co se týče odvětví, ve kterém se pohybují, případně typů výrobních procesů, by mohlo silněji potvrdit hypotézu o univerzálním využití výpočtu. Nebo naopak by se mohly objevit další speciální případy, na které použití výpočtu není vhodné. Určitě by se tím získala větší základna výsledků pro případný benchmark mezi podniky ze stejného odvětví nebo mezi odvětvími navzájem.

Na větším datovém souboru by se také prováděla lépe analýza vlivu jednotlivých nástrojů štíhlé výroby na výslednou štíhlost výrobního procesu. Princip, jakým jednotlivé nástroje štíhlé výroby ovlivňují štíhlost výrobního procesu skrze vliv na dobu výroby, byl popsán, ale jak silný je tento vliv u jednotlivých nástrojů na výslednou štíhlost, zůstává z mého pohledu otevřená. Budou nástroje, které budou zvyšovat štíhlost intenzivněji než jiné, a síla tohoto vlivu bude jistě ovlivněna charakterem výrobního procesu, jeho složitostí, fází implementace štíhlé výroby (počáteční nebo pokročilá fáze), technologiemi, podnikovou kulturou a dalšími faktory. Také vliv samotných nástrojů mezi sebou v případě paralelní implementace více nástrojů bude mít jistě svůj vliv. Všechny tyto aspekty by se daly na větším datovém souboru lépe analyzovat a vytvářet tak určitá doporučení pro strategii implementace štíhlé výroby.

Zajímavý pohled by také byl, kdyby se podařilo získat časovou řadu dat vztahující se k jednomu podniku v průběhu implementace metody štíhlé výroby. Mohl by se takto vytvořit časový průběh vývoje štíhlosti výrobního procesu a provázat ho s úrovní zavedení jednotlivých nástrojů v daném časovém okamžiku. V případě takto detailních dat od více podniků by se pak dal vytvořit doporučený průběh implementace s ideální posloupností jednotlivých nástrojů tak, aby se maximalizovala štíhlost a minimalizoval čas potřebný k jejímu dosažení.

V rámci větších dodavatelsko-odběratelských řetězců by mohla být přínosná analýza všech zapojených článků z pohledu jejich štíhlosti. Mohlo by se pak zkoumat, jak jednotlivé podniky v různých stupních supply chainu ovlivňují štíhlost celého řetězce, jaký mají vliv na celkovou výkonnost z pohledu zákazníka a jak se navzájem ovlivňují a motivují k dosažení vyšší úrovně štíhlosti.

V neposlední řadě by také bylo vhodné provést výzkum zaměřený na vliv ostatních optimalizačních metod na štihlou výrobu. V mém výzkumu jsem se zaměřoval čistě na metody a nástroje štíhlé výroby jako nejrozšířenější metody pro optimalizaci výrobních procesů. Jsou ale mnohé další a také populární metody, které se zaměřují na zvyšování výkonu výrobních procesů (např. Six sigma, respektive Lean Six sigma, agilní výrobní systémy apod.). Také by bylo zajímavé analyzovat vliv zavádění IT nástrojů, jako je například podnikový informační systém (ERP) nebo systémy pokročilého plánování (APS), na výslednou štihlou výrobu. Na závěr by bylo velmi zajímavé analyzovat vliv v poslední době hojně propagované a ve vědecké obci diskutované iniciativy Průmysl 4.0 a jeho přínosy ke zvyšování štihlou výroby.

8 PŘÍPADOVÁ STUDIE NA KONKRÉTNÍM PODNIKU

V následujících kapitolách praktické části mé dizertační práce demonstruji ukázkou možného využití navržené metody měření štihlosti výrobního procesu pomocí ukazatele LTLI na konkrétním výrobním procesu v reálném podniku. Pro tuto demonstraci jsem si vybral firmu Hettich ČR k.s. Jelikož jsem zaměstnancem této firmy, mám možnost bezprostředního přístupu k potřebným informacím a ze své pozice působit na fungování jejich procesů. Také je zde zájem ze strany vedení k hledání takových opatření, která přispějí k optimalizaci výrobních procesů.

8.1 Představení firmy Hettich

Firma Hettich (logo na obrázku č. 7) patří k předním světovým výrobcům nábytkového kování. Jedná se o německou rodinnou firmu řízenou již čtvrtou generací rodiny Hettich. Byla založena Karlem Hettichem v roce 1888 v Schwarzwaldu v Německu. Tehdy se zabývala výrobou kotevních háčků do kukačkových hodin. V roce 1928 vyvinul August Hettich první linku na výrobu pantů do pian. Tím dal vzniknout budoucí orientaci na výrobu kování pro nábytkový průmysl. Od roku 1966 je centrála společnosti umístěna v německém Kirchlengernu, tedy v centrální oblasti německého nábytkového průmyslu.



Obrázek č. 7: Logo firmy Hettich. Zdroj: Interní materiály firmy Hettich

Společnost má aktuálně 38 poboček a více než 100 zastoupení po celém světě. Celosvětově má okolo 6 700 zaměstnanců. Výrobní závody se nacházejí v Německu, Španělsku, USA, Číně, Indii a České republice. V roce 2020 dosáhla obrátu 1,1 mld. EUR a investovala 119 mil. EUR. Je držitelem certifikátu ISO 9001:2015 a EMAS EN ISO 14001:2015.

Hlavní produktové zaměření je nábytkové kování. Sem patří závěsy, systémy zásuvek, výsuvy a systémy pro posuvné a skládané dveře. Mimo hlavní obor dodává řešení pro polohování pohovek a postelí a také v poslední době hodně se rozvíjející řešení pro automotive sektor a elektromobilitu.

Hettich Česká republika

Závod v České republice s halou o rozloze 23.000 m² se nachází ve Žďáře nad Sázavou, kde má aktuálně cca 650 zaměstnanců a obrat okolo 2 mld. Kč ročně. Primárně dodává komponenty sesterským závodům hlavně v Německu, ale například i do Španělska. Dále vyrábí finální produkty převážně v menších sériích, které přes centrální sklad odcházejí k zákazníkům. Zodpovídá také za prodejní a marketingové aktivity na českém a slovenském trhu. Důležitá je i sociální zodpovědnost, firma Hettich ČR patří k významným zaměstnavatelům v regionu Žďár nad Sázavou, a tak se podílí na jeho rozvoji. Kromě podpory samotných zaměstnanců a jejich rodin rozličnými benefity a aktivitami podporuje také kulturní akce, dobročinné aktivity a v neposlední řadě i rozvoj mladých talentů formou spolupráce se středními i vysokými školami.

I když v rámci skupiny funguje úzké partnerství a propojení, je český závod v naprosté většině aktivit samostatný. Kromě vývoje, který je centralizován v Německu, má vlastní personální útvar, útvar IT, účetní oddělení a controlling, dále vlastní facility management, specialistu na bezpečnost a environment a také útvar logistiky. Lokální oddělení nákupu, které spadá pod centrální skupinový nákup a které se dříve zaměřovalo hlavně na lokální trh a dodavatele, nyní rozšiřuje svoji působnost na oblast centrální a východní Evropy, kde zajišťuje nákupní aktivity pro celou skupinu Hettich. Hodně významná je vlastní nástrojárna, kde dochází k vývoji a výrobě nástrojů hlavně pro předvýrobu – tedy zinkovou a plastovou výrobu, dále pro lisy na ocel a také pro některé montážní segmenty. V poslední době je významná i výroba nástrojů pro sesterské závody ve skupině. Dlouhá historie výroby těchto nástrojů a tím získané zkušenosti jsou důležitým předpokladem pro velmi kvalitní výrobu finálních produktů. Jak bylo uvedeno výše, součástí české pobočky je i oddělení prodeje a marketingu s působností na českém a slovenském trhu.

Co se týče počtu zaměstnanců, největší oblastí je výroba a s ní provázané útvary. Těmi jsou útvar kvality, údržba, dispozice (neboli výrobní plánování) a projektová

inženýři, kteří se starají hlavně o náběhy nových výrob. Také sem patří procesní inženýři, kteří mají na starosti technické zajištění výrobních postupů a technologií. Sama výroba je členěna na předvýrobní a montážní segmenty.

Předvýrobní segmenty jsou tři:

1. Zinková výroba
2. Plastová výroba
3. Výroba z oceli

Montážní segmenty jsou čtyři:

1. Závěsy
2. Výsuvy
3. Spojovací kování
4. Posuvné kování

Zinková výroba

Pro účely demonstrace použití navržené metody výpočtu štíhlosti pomocí ukazatele LTLI jsem si vybral zinkovou výrobu. Jedná se o jednu z klíčových výrobních oblastí v Hettichu ČR, jelikož se v nedávné době místní závod stal tzv. kompetenčním centrem v rámci celé skupiny pro oblast tlakového lití zinku. To znamená, že je zodpovědný za všechny aktivity související s technologií lití zinku. Kromě výroby jako takové, která byla centralizována do České republiky, se dále jedná o rozvoj, budování a šíření know-how, technické zlepšování, výchovu specialistů tohoto výrobního procesu, rozvoj potřebných dodavatelů, rozvoj dlouhodobé spolupráce se školami apod.

Dalším důvodem je komplexnost a složitost této výroby. Oproti montážním segmentům se tato výroba vyznačuje technologickou složitostí hlavně v podobě technologie tlakového lití zinku jako takového, ale také v podobě nutné kombinace s dalšími technologiemi. Kromě již zmíněného tlakového lití se jedná o různé povrchové úpravy, činnosti spojené s odlamováním vtoků, omíláním dílců a další. Vzhledem k této komplexnosti výroby je do dodavatelského řetězce zapojeno několik další externích subjektů, což dále přidává na složitosti celého výrobně-dodatelského řetězce. Vysoké kvalitativní požadavky a technologie zpracování tekutého kovu vytváří i speciální požadavky na výrobu forem pro zinkové lisy. Výroba těchto forem je tak sofistikovaný

a náročný proces, že si jej firma Hettich ČR zajišťuje převážně vlastními zdroji ve vlastní nástrojárně.

Kvůli všem těmto aspektům je zinková výroba velmi materiálově a nákladově náročným procesem. Průměrná doba výroby se pohybuje v řádech týdnů a v zásobách je drženo velké množství finančních prostředků. To vše ještě umocňuje situace, kdy byly do České republiky přemístěny zinkové technologie ze sesterských závodů. V této situaci je samozřejmě vyvíjen velký tlak na optimalizaci tohoto procesu za využití moderních principů k řízení výrobních procesů.

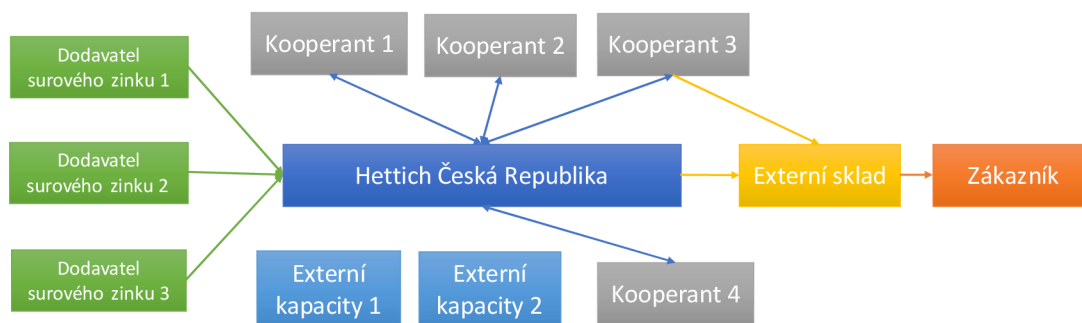
Rozhodl jsem se v této situaci využít metodu měření štihlosti výrobního procesu k zmapování současného stavu a definování potenciálu pro zlepšení.

8.2 Popis současného stavu

Než se započne proces optimalizace výrobního procesu, je důležité si jej důkladně zmapovat a popsat. Je potřeba si definovat vstupy procesu, tedy jaké vstupní materiály se využívají (jak primární, tak případně ty, které do procesu vstupují v pozdějších fázích výroby), dodavatele těchto materiálů a logistiku těchto vstupů do výroby. Další popisovanou oblastí je výroba samotná. Zde se jedná o popis samotného výrobního procesu, případně pokud do něj vstupují nebo jsou využívány externí zdroje, tak jejich charakteristiku a také materiálův logistiku (jak interní, tak externí). Poslední oblastí jsou výstupy. Tady se jedná o definici hotových výrobků, popis zákazníků a jejich požadavků a také logistiku hotových výrobků.

8.2.1 Dodavatelský řetězec zinkových dílů

Velmi obecně lze technologii zinkové výroby popsat tak, že se surový zinek roztaví a za pomoci lisů na tlakové lití se odlijí produkty o požadovaných tvarech a rozměrech. Poté se provádí podle typu dílu následné operace, nebo případně jejich různé kombinace. Těmito následnými operacemi jsou např. odlamování vtoků, tryskání nebo omílání dílců a také různé typy povrchových úprav. Takto připravené díly odchází buď na montážní segmenty, nebo přímo k zákazníkovi (Obrázek č. 8). Jelikož se tato případová studie zaměřuje na zinkovou výrobu, další montážní procesy nejsou cílem této práce.



Obrázek č. 8: Schéma dodavatelského řetězce zinkové výroby. Zdroj: Vlastní zpracování

Vstupy

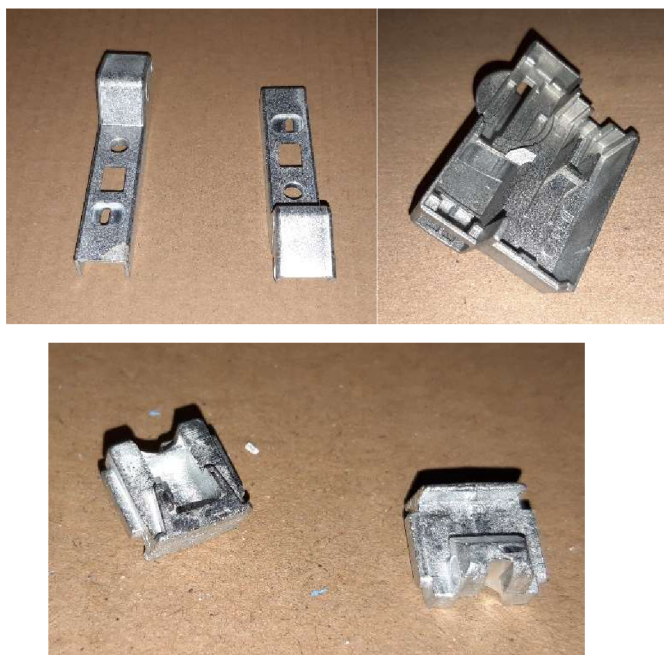
Vstupní materiál je surový zinek, který je dodáván ve formě cihel ze sléváren (Obrázek č. 9). Jedná se o slitinu zinku a dalších prvků o definovaných poměrech a tím daných vlastnostech. Hettich ČR využívá dvě zinkové slitiny (s označením 410 a 430), každou o jiných vlastnostech a s jiným využitím. Dodavateli tohoto materiálu jsou slévárny a aktuálně jsou využíváni tři různí výrobci, mezi které jsou rozdělována potřebná množství. Ročně se spotřebuje přes 4 500 tun surového zinku, v poměru přibližně 35:65 mezi typem 430 a 410. Vzhledem k tomuto enormnímu množství a provozu zinkové výroby v nepřetržitém režimu probíhá zásobování surovým zinkem téměř na denní bázi. V průměru čtyřikrát týdně přijíždí kamion se surovým zinkem tak, aby nebyla výroba ohrožena nedostatkem materiálu a byl zajištěn jeho dostatek i na víkendový provoz. Ve standardním režimu je držena pojistná zásoba v rozsahu cca jednoho kamionu pro případ nenadálé situace, která by mohla způsobit nedostatek materiálu (zpoždění kamionu, navýšení potřeb apod.).



Obrázek č. 9: Surový zinek ve formě cihel. Zdroj: Vlastní dokumentace z firmy Hettich ČR

Výroba

Převážná část výrobních operací probíhá přímo v Hettichu ČR. Detailněji bude výrobní proces popsán v následující kapitole. Nicméně existují zde dva druhy externí spolupráce. První je z kapacitních a bezpečnostních důvodů. Firma Hettich ČR spolupracuje s podniky, které mají podobné technické vybavení a jsou schopné tlakového lití zinku v požadované kvalitě. Do těchto podniků se outsourcuje menší část výrobních kapacit tak, aby byla zajištěna určitá flexibilita z důvodu výkyvů zakázkové naplněnosti a také v případě neočekávaných výpadků tak, aby zákazníci nebyli ohroženi. Produktem je odlitý zinkový díl bez povrchové úpravy (Obrázek č. 10).



Obrázek č. 10: Díly před povrchovou úpravou. Zdroj: Vlastní dokumentace z firmy Hettich ČR

Druhá forma spolupráce je s podniky, které disponují technologiemi, které nemá Hettich ČR k dispozici. Jedná se především o různé formy povrchových úprav nebo speciální typy omílání nebo tryskání dílců. V této oblasti funguje spolupráce s několika podniky z celé Evropy. Hlavně oblast povrchových úprav je klíčová. Přibližně 75 % dílů potřebuje nějakou formu povrchové úpravy, jelikož surový zinek je hodně náchylný na korozi. Zde jsou správně fungující spolupráce a sladění logisticko-výrobních aktivit kritické pro efektivní zásobování zákazníků.

Výstupy

Výstupním produktem je zinkový díl, převážně s povrchovou úpravou o požadovaných rozměrech. Aktuálně Hettich ČR vyrábí něco přes 250 různých zinkových dílů. Naprostá většina těchto dílů následně vstupuje do dalších montáží, ať přímo v Hettichu ČR, v sesterských závodech po celém světě, nebo u externích zákazníků (Obrázek č. 11). Přímými zákazníky jsou většinou firmy z oblasti automotive nebo výrobci elektroniky. V rámci skupiny funguje pravidelná distribuce materiálu (několik kamionů denně) a speciálně pro zinkové díly se využívá i externí sklad pro zásobování sesterských podniků těmito díly. Externí zákazníci jsou obsluhováni napřímo a frekvence je dána objemem zakázek a jejich požadavky.



Obrázek č. 11: Ukázka hotového výrobku vzniklého montáží několika zinkových dílů a dalších komponent. Zdroj: Vlastní dokumentace z firmy Hettich ČR

8.2.2 Zinková výroba v Hettichu ČR

Zinková výroba v rámci Hettichu ČR spadá do oblasti předvýroby. Obecně je výrobní proces znázorněn na obrázku č. 12.



Obrázek č. 12: Schéma zinkového výrobního procesu. Zdroj: Vlastní zpracování

Výroba začíná tlakovým litím zinku. Pomocí specializovaných lisů se roztavený surový zinek tlakově odlévá do nasazené formy, která musí být temperována na požadovanou teplotu. Roztavený zinek se pak ve formě rychle ochlazuje a tím díl získává požadovaný tvar. Produkt vzniklý v lisu vypadá jako na obrázku č. 13.



Obrázek č. 13: Produkt vzniklý na zinkovém lisu. Zdroj: Vlastní dokumentace z firmy Hettich ČR

Konkrétní podoba tohoto produktu je dána použitou formou. Převážná část používaných forem v Hettichu ČR je vlastní výroby a jedná se o vysoce precizní výrobu. Tyto formy musí odolávat vysokým teplotám, tlakům a opotřebením a zaručovat přesné tvary s malým polem tolerance. Každá forma dokáže vyprodukovat definovaný počet dílů na jeden cyklus, jedná se o tzv. počet kavit. Například výše zobrazená forma je čtyřkavitová. Používají se ale formy s až 56 kavitami. Důležitým parametrem, definujícím kvalitu forem, je jejich životnost, neboli počet cyklů (odborně zdvihů), které je schopna forma zvládnout, než se musí nahradit. Formy z produkce nástrojárny v Hettichu ČR jsou stavěny na více než 1 200 000 zdvihů, ale reálně zvládnou většinou výrazně více. Tato dlouhá životnost je dána nejen precizní výrobou forem, ale také jejich pravidelnou údržbou a péčí.

Přirozeně dalším krokem v technologickém postupu je tzv. separace. V tomto kroku dochází k oddělení požadovaného dílu od zbytku zinkových částí vzniklých při samotném procesu tlakového lití. Jedná se především o vtoky přivádějící roztavený zinek do formy a uvnitř formy a dále pak odpadní ledvinky. Tento krok může být prováděn ručně, což je ale velmi neefektivní, a tak je snaha využívat strojní řešení převážně formou různých vibračních zařízení. To ale zase může u některých dílů způsobovat nekvalitu (hlavně různé formy deformací), a tak se vždy hledá pro konkrétní produkt nejvhodnější způsob separace. Odpadní zinek může být znovu roztaven. Musí se ale míchat v poměru 20:80 s čistým surovým zinkem, aby byla zaručena požadovaná kvalita pro další výrobu.

Následujícím krokem je omílání nebo tryskání dílců. Každá z těchto operací se používá pro jiné typy dílců s jiným výsledkem z pohledu funkčnosti dílu a jeho vzhledu.

Omílání funguje buď třením jednotlivých dílců vzájemně o sebe, nebo pomocí speciálních omílacích kamenů, kdy dochází za pomoci speciálních saponátů a chemie k fyzickému obrušování hran dílců. U tryskání se používá k tomu určené abrazivo, které je pod tlakem aplikováno na díly a tím dochází k odstranění otřepů a sjednocení drsnosti povrchu dílců před finální povrchovou úpravou.

Poslední ze základních operací je povrchová úprava. Jak bylo uvedeno výše, tento krok se neprovádí přímo v Hettichu ČR, ale využívají se externí kooperanti. Smyslem této operace je hlavně ochrana dílů před korozi a dále pak estetický aspekt. Nejčastěji se používá zinkování či niklování.

Tyto základní operace, až na ojedinělé výjimky, jsou potřebné pro výrobu všech typů zinkových dílů. Některé díly mají ještě určité další specifické operace, jako vrtání otvorů, řezání závitů apod. Ale zde se jedná už o specifika konkrétních dílů na základě požadavků zákazníků.

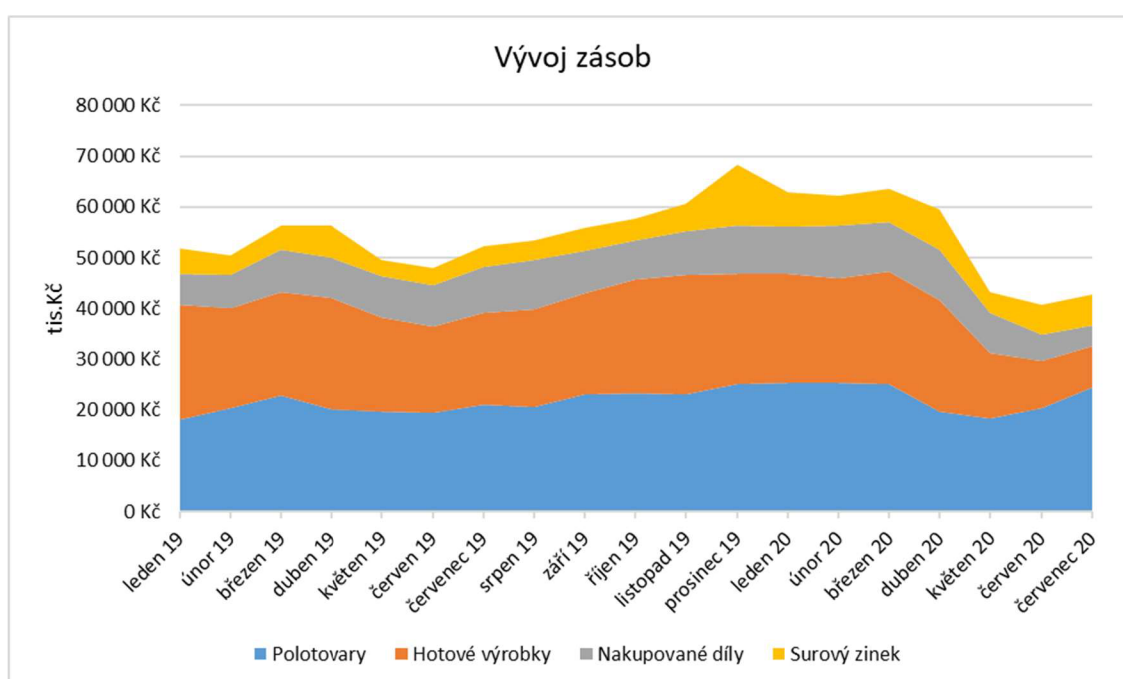
Vyráběné díly

Výrobní sortiment skýtá aktuálně 258 hotových výrobků z pohledu zinkové výroby. Celkově je zde pracováno s 685 artiklovými čísly. Vstupním materiálem pro všechny tyto výrobky je surový zinek. Kolem 25 % finálních artiklů je bez povrchové úpravy. Zbývajících 75 % má nějakou formu povrchové úpravy, a tudíž prochází formou polotovaru. Téměř 50 % všech artiklů má pouze jeden polotovar. Tedy vznikne nejdříve surový díl, ten se povrchově upraví a tím vznikne finální produkt. Cca 25 % dílů prochází více formami polotovaru. Tedy má více povrchových úprav, nebo se v jeho výrobním postupu využívá spolupráce s více kooperanty, kteří na daném díle provádí speciální operace. Celkově se vyrábí téměř 300 různých polotovarů (Tabulka č. 13).

	Počet artiklů	% z celkem
Hotové výrobky	258	37,7%
Nakupované díly	133	19,4%
Surový zinek	2	0,3%
Polotovary	292	42,6%
Celkem	685	

Tabulka č. 13: Počty artiklů dle skupin. Zdroj: Vlastní zpracování dat z firmy Hettich ČR

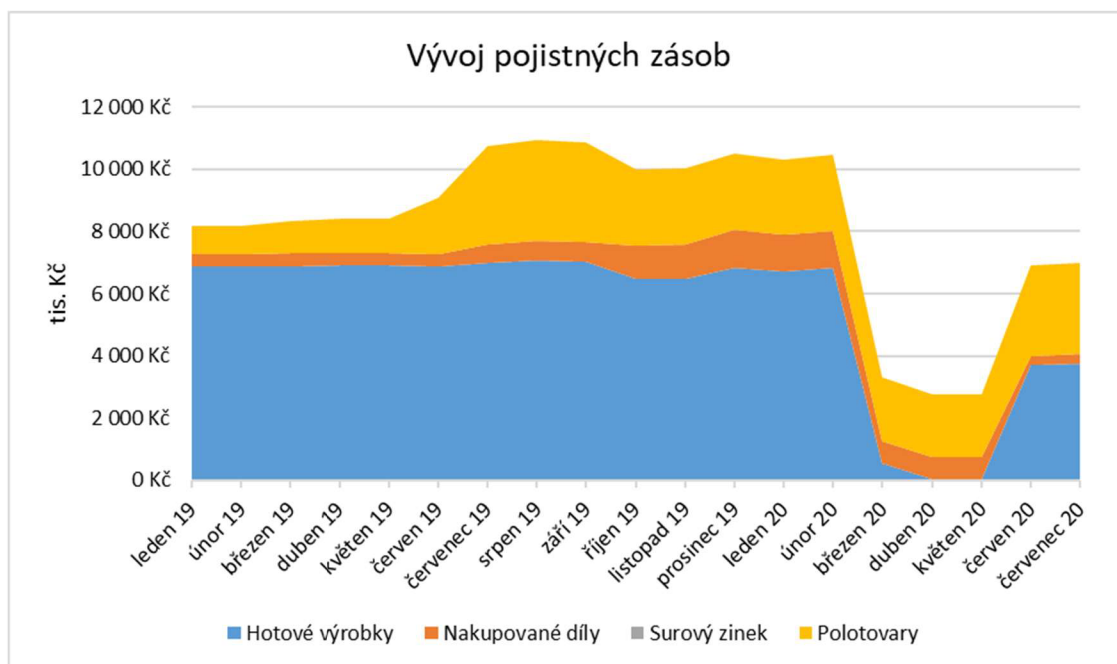
Z pohledu zásob je cca 10 % hodnoty drženo v surovém zinku. Kolem 35 % hodnoty zásob představují hotové výrobky. Zbývajících 55 % je rozloženo mezi polotovary (40 %) a nakupované díly (15 %). Na grafu č. 6 je vidět vývoj zásob za rok 2019 a první polovinu roku 2020. Je patrný celkem stabilní vývoj hodnot mezi 50 a 60 mil. Kč. Nárůst ke konci roku 2019 je způsoben vrcholem sezóny nábytkářského průmyslu, a tudíž navýšenými objemy výroby. Naopak výrazný pokles zásob v druhém kvartálu roku 2020 je způsoben krizí vlivem pandemie koronaviru. V důsledku čehož došlo k výraznému poklesu výroby (o více než 50 %), a tím byl způsoben pokles zásob. Z grafu je také patrné jedno z výrazných opatření tohoto období, které bylo přijato, a to rozpuštění pojistných zásob hotových výrobků z důvodu optimalizace cashflow.



Graf č. 6: Vývoj zásob. Zdroj: Vlastní zpracování dat z firmy Hettich ČR

U tohoto typu výroby představují poměrně významnou část pojistné zásoby. Konkrétně přes 20 % celkových zásob je drženo jako pojistných, a to ve všech formách (surový zinek, polotovary i finální výrobky). Vývoj hodnoty pojistných zásob v roce 2019 a první polovině 2020 je vidět na grafu č. 7. Z grafu lze vyčíst, že hodnota pojistných zásob se v roce 2019 chovala celkem stabilně, pouze přibližně v polovině roku 2019 došlo k mírnému navýšení v oblasti polotovarů. To bylo způsobeno změnou plánování a politiky dodávek jednoho z významných zákazníků této výroby. Naopak v roce 2020 je opět vidět významný dopad pandemie koronaviru a s ní spojená opatření v podobě

snížení pojistných zásob (v oblasti hotových výrobků dokonce jejich úplné zrušení). Po odeznění krize došlo k určitému návratu k politice pojistných zásob, ale ne v původní výši.



Graf č. 7: Vývoj pojistných zásob. Zdroj: Vlastní zpracování dat z firmy Hettich ČR

Strojní vybavení

Zinková výroba se rozkládá na ploše 1 930 m². Součástí této výroby je následující strojní park:

1. 35 zinkových lisů v následujícím složení

- 9x 20t lis
- 2x 40t lis
- 6x 50t lis
- 18x 80t lis

2. Zařízení pro následné operace

- 12x separátor
- 5x vibrační separátor
- 2x omílací zařízení
- 6x zařízení na tryskání
- 1x vrtačka
- 1x řezání závitů

Důležitou součástí celé předvýroby v Hettichu ČR je centralizovaný sklad nástrojů. Zde jsou skladovány a evidovány veškeré formy a nástroje potřebné pro tuto výrobu. Tento sklad splňuje přísná kritéria na skladování týkající se manipulace, bezpečnosti a požární ochrany.

8.2.3 Analýza výrobního procesu

Z popisu výše je patrné, že zinková výroba představuje poměrně komplexní výrobní proces, který v porovnání s ostatními výrobními procesy v Hettichu ČR patří k těm komplikovanějším. V následující části budou představeny základní charakteristiky a analýzy, které popisují tento výrobní proces tak, jak funguje nyní. To bude sloužit jako prvotní pohled na efektivitu výroby a jako základ pro analýzu štíhlosti a z ní vyplývající potenciály na optimalizaci.

Velký vliv na následující charakteristiky má způsob plánování a organizace této výroby. Proto je důležité popsat systém plánování výrobních zakázek a jejich řízení v průběhu procesu výroby.

K plánování výrobních zakázek se využívá jeden z celosvětově nejrozšířenějších podnikových systémů, a tím je podnikový software SAP. Tento nástroj má dlouholetou historii a spousty aplikací po celém světě. Jedná se o klasický ERP systém, který dokáže pokrýt prakticky všechny podnikové procesy. Jeho plánovací mechanismy fungují na principu MRP plánování. Tento algoritmus požadavky ze strany zákazníků na finální produkty rozpadá na základě nastavené doby výroby a definovaného kusovníku vstupních materiálů na potřeby (zakázky) na jednotlivé komponenty a materiály. Protože v 95 % případů je zákazníkem zinkové výroby buď interní montáž v rámci Hettichu ČR, nebo sesterský závod v rámci skupiny, kde jsou jednotlivé systémy SAP propojeny, požadavky na finální produkty se generují automaticky, a to rozpadem potřeb vložených do systému SAP těchto interních zákazníků.

Zde dochází k celkem zásadní komplikaci z pohledu plánování výroby. Jelikož jsou požadavky na finální komponenty odvozené od požadavků interní montáže, respektive sesterského závodu, je plánování zinkové výroby hodně závislé na způsobu plánování následných výrobních procesů (montáží) a je zde omezená informovanost ohledně reálných potřeb finálních zákazníků. Dochází zde tedy ke značnému zpoždění v reakci na

dění na trhu a také se často objevuje takzvaný „bullwhip“ efekt (tedy relativně malý výkyv v poptávce na trhu, způsobuje výraznější výkyvy v požadavcích na zinkovou výrobu, a ještě s určitým časovým odstupem). K tomu se ještě musí připočítat plánovací politika sesterského závodu, který sice poskytuje určité střednědobé výhledy potřeb, ale ty vykazují poměrně vysokou volatilitu. Zároveň ale vyžaduje dodání jakéhokoliv výrobku na základě odvolávkového systému s dodací dobou tří dnů. Vzhledem k tomu, že výroba některých zinkových dílů může trvat až několik týdnů, tento časový nesoulad musí být kompenzován držením poměrně vysokých zásob.

Zákaznické požadavky na základě MRP rozpadu vygenerují výrobní zakázky s definovaným začátkem výroby jednotlivých komponent. Je důležité připomenout, že MRP plánovací mechanismus trpí jedním obecně známým zásadním nedostatkem, a tím je absence kapacitního plánování. Z důvodu zanesení alespoň nějaké, i když manuální, formy kapacitního plánování a zohlednění specifčnosti zinkové výroby je nastaven horizont 1-2 týdnů, ve kterém se generují budoucí požadavky na výrobu a plánovači zinkové výroby tyto zakázky slučují a řadí do výroby na základě technických a kapacitních možností. Vzhledem k dlouhé době výroby tyto požadavky vychází z určitého předplánování a predikce budoucích potřeb. V minimální míře se v moment zaplánování výrobní zakázky jedná již o potvrzené potřeby zákazníků (s přesně známým datem dodání a požadovaným množstvím kusů). Ty se v systému specifikují až v průběhu samotné výroby.

Technické požadavky na plánování výroby představují hlavně z pohledu první operace, tedy tlakového lití zinku, požadavek na tonážní skupinu strojů, kde se daný výrobek může vyrábět. Každý výrobek má svoji formu, na které se vyrábí, a ta má definovaný typ stroje, kam může být upnuta. Proto plánovači spolu s mistrem určují pořadí výrobních zakázek na jednotlivé tonážní skupiny strojů dle jejich aktuálního vytížení a také na základě dostupnosti formy (údržba, opravy apod.). Takto je vytvořen výrobní plán jednotlivých lisů. Po první operaci produkty přechází na další pracoviště, kde pořadí výroby již určuje mistr na základě aktuální situace – tedy podle aktuální fronty požadavků a priorit daných stavem zakázek a potřeb zákazníků. Z tohoto popisu vyplývá, že se jedná o typický systém tlaku za použití MRP plánovacího mechanismu a manuálního kapacitního plánování na první operaci. Tudíž tento systém pro své správné fungování a zajištění termínových požadavků zákazníků vyžaduje vyšší úroveň zásob.

Doba výroby

Doba výroby je jedním z nejdůležitějších parametrů výroby. Společně s požadovanou dobou dodání od zákazníka jsou to základní charakteristiky definující způsob fungování dodavatelského řetězce. Doba výroby je do značné míry definována technickými aspekty daného výrobního procesu. A i když se dá významně ovlivňovat způsobem organizace a plánování, stále existují určité limity, které nelze překročit. Na druhé straně očekávání a přání zákazníků jsou bez limitu. Nesoulad těchto dvou veličin se dá z obecného pohledu řešit následujícími způsoby:

- 1. Neuspokojení přání zákazníka** – toto řešení bylo běžné v dřívějších dobách, kdy měli výrobci dominantní postavení na trhu, konkurence byla malá a zákazníci neměli jinou možnost než si na zboží počkat. I v dnešní době existují odvětví, kde je možné tento přístup aplikovat, ale z dlouhodobé perspektivy a ve většině běžných odvětví není toto řešení možné praktikovat, a přitom dlouhodobě na trhu existovat.
- 2. Tvorba zásob** – v dnešní době asi stále nejběžnější způsob řešení, pomocí držení zásob na různých úrovních dodavatelského řetězce, nejčastěji ve formě hotových výrobků. Na velikost těchto zásob a také na efektivitu tohoto řešení má vliv hodně aspektů. Z těch interních jimi jsou velikost prodáváného sortimentu, doba výroby, disponibilní kapacity, flexibilita a spolehlivost výroby a další. Externími pak jsou hlavně predikovatelnost poptávky zákazníků, její volatilita a sezónnost, množství konkurentů apod. Všechny tyto aspekty pak společně vytváří určitý neustálý soubor mezi výší zásob a úrovní uspokojení zákazníků. Správné vybalancování je pak náročný proces, který rozhoduje o udržitelnosti fungování podniku.
- 3. Sladění požadavků zákazníků a výroby** – každá výroba má své limity, které je těžké překračovat. Ale velmi často a z různých důvodů se stává, že reálné fungování výrobního procesu je dost vzdálené od svých limitů. Proto již delší dobu existují různé přístupy, jak přiblížit výrobní proces k jeho limitům (jedním z nich je například metoda štíhlé výroby). Tím je docíleno, že držení potřebných zásob pro vybalancování nesouladu doby výroby a požadované doby dodání zákazníků je minimalizováno a zároveň úroveň uspokojení požadavků zákazníků je buď stejná, nebo dokonce lepší. Toto řešení je obecně nejefektivnější, ale také

nejnáročnější na realizaci. Ti, co jej dlouhodobě úspěšně aplikují, se dost často stávají lídry na trhu.

Jak bylo uvedeno výše, zinková výroba je poměrně technologicky náročný výrobní proces. Ten s sebou přináší i poměrně dlouhou dobu výroby. Primárním zdrojem dat pro tuto analýzu je informační systém podniku. Zkušenosti i z jiných výrobních podniků ale ukazují, že kvalita těchto dat nemusí být vždy ideální. Jedním z důvodů, o kterém se domnívám, že může být příčinou, je, že na rozdíl od velikosti zásob není doba výroby součástí finančních výkazů, které jsou auditovány a veřejně prezentovány. Tudiž tlak na její přesnou evidenci není tak výrazný.

Pro detailní analýzu doby výroby jsem zvolil měsíc srpen 2020. V tu dobu jsem z informačního systému získal všechny údaje o zakázkách, které byly vydány pro zinkovou výrobu. Zároveň proběhla ve spolupráci s kolegy v tomto období „manuální“ evidence průběhu zakázek výrobou. To znamená, že na denní bázi se zaznamenávaly informace o každé zakázce ve výrobě a jejím statusu. Z následné analýzy takto získaných dat vyplývají dále popsané výsledky (Tabulka č. 14).

Doba výroby (ve dnech)	Plánovaná doba v		Skutečná doba v SAP	Normovaná doba
	Manuální sledování	SAP	(odvádění z výroby)	
Sledované zakázky	5,81	5,66	9,95	2,89
% vůči normované době	201%	196%	344%	X
Všechny zakázky	X	7,32	11,64	2,99
% vůči normované době	X	245%	390%	X

Tabulka č. 14: Výsledky manuálního sledování doby výroby. Zdroj: Vlastní zpracování dat získaných ve firmě Hettich ČR

Celkem v tomto období prošlo výrobou 397 zakázek. Z toho 242 zakázek bylo zahrnuto do manuálního sledování (ostatní zakázky buď začaly již v červenci a nebyl zaznamenán jejich začátek, nebo naopak konec spadl do září, a tudíž nemohl být zaznamenán konec v rámci manuálního sledování). Naměřené hodnoty říkají, kolik dnů v průměru jedna zakázka strávila ve výrobě. Je důležité zde zmínit, že měření se týkalo pouze operací realizovaných přímo v Hettichu ČR. K získání celkové doby výroby by se musel připočítat čas kooperantů, kde se vychází z průměrné doby 1 týden (7 dní) na jednu kooperaci.

Pro každou zakázku jsem zjistil normovaný čas, tedy technologický čas výroby jednoho kusu vynásobený velikostí dávky a takto byly sečteny všechny operace představující jednotlivé zakázky. Pak jsem z informačního systému zjistil plánovanou

dobu výroby (tedy rozdíl plánovaného data ukončení a plánovaného data zahájení jednotlivých operací) a také skutečnou dobu výroby zaznamenanou v systému (rozdíl data prvního zaevidování práce na operaci a data ukončení operace). A také u těch zakázek, kde to bylo možné, jsem zjistil dobu výroby dle manuálního sledování (tedy rozdíl dat první a poslední evidence zakázky).

Z výsledků vyplývá, že pro obě skupiny zakázek se průměrná normovaná doba blíží k 3 dnům. Plánovaná doba byla při zahrnutí všech zakázek 7,3 dnů (což představuje 2,5krát delší dobu než podle normy) a u zakázek s manuálním sledováním to bylo 5,7 dnů (2násobek normované doby). Rozdíl těchto dvou hodnot byl nejspíše způsoben tím, že v manuálním sledování byl menší podíl zakázek s extrémně dlouhou dobou výroby přesahující sledované období jednoho měsíce (některé zakázky se vyrábí až 6 týdnů), a tudíž tyto zakázky nemohly být zohledněny.

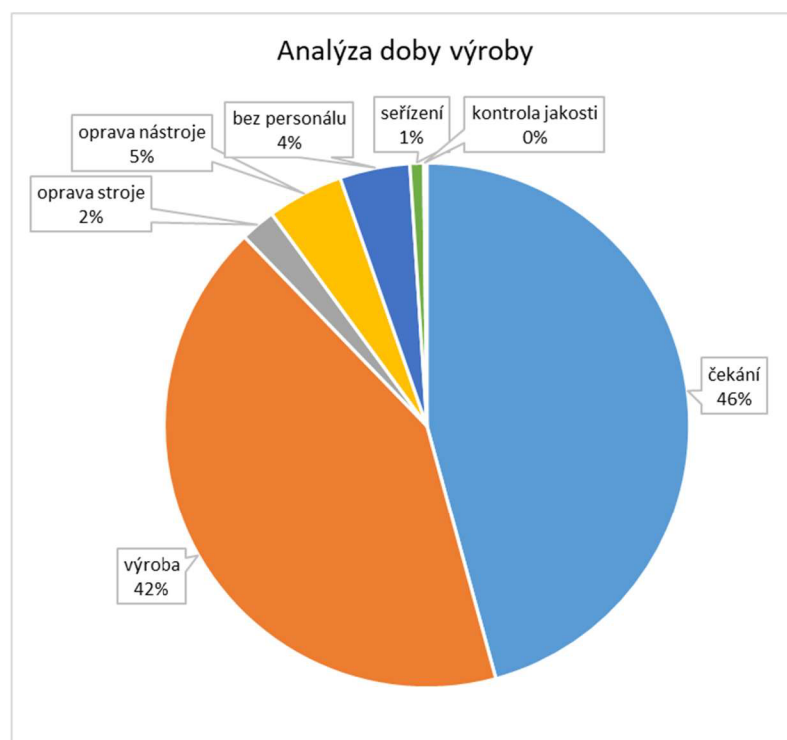
Průměrná skutečná doba výroby evidovaná v systému pro všechny zakázky vychází na 11,6 dnů (což představuje téměř 4krát delší dobu než podle normy), u zakázek i s manuálním sledováním vychází průměrná skutečná doba výroby na 10 dnů (3,5násobek normované doby). Důvod rozdílných hodnot bude stejný jako u průměrné plánované doby výroby.

U zakázek s manuálním sledováním vyšla na základě tohoto sledování průměrná skutečná doba výroby na 5,8 dnů (2násobek normované doby). Zde je zajímavý rozdíl oproti skutečné době výroby na základě informačního systému činící 4 dny. Zde se domnívám, že bude pravděpodobně důvodů tohoto rozdílu více. Na straně informačního systému bude mít svůj vliv lidský faktor. Data jsou do systému zadávána jednotlivými operátory a může dojít k určitým nepřesnostem. Občas se tedy musí data zpětně manuálně opravovat a systém je pak často vyhodnocuje tak, že bylo na operaci ještě pracováno a upravuje (odsouvá) data ukončení operace. Stejně tak pokud dojde v průběhu výroby například k nějaké nekvalitě, operace zůstává v systému otevřená, dokud nedojde k vyřešení problému, a tudíž se zase odsouvá datum ukončení dané operace. Na straně manuálního sledování jistě docházelo také k nepřesnostem. Primárním zdrojem nepřesností bude nepřetržitý režim této výroby. Manuální sledování probíhalo dvakrát denně (začátek a konec ranní směny) v pracovní dny. Takže pokud došlo k ukončení operace během noční směny nebo v průběhu víkendu, poslední záznam (tedy ukončení

zakázky) v manuálním sledování byl předešlý den, nebo dokonce i dva dny zpátky v případě víkendu. Skutečná doba výroby bude tedy někde mezi hodnotou z manuálního sledování a hodnotou z informačního systému.

Ze získaných dat vyplývá, že průměrná doba výroby se pohybuje v rozmezí 6 až 10 dnů. Jedna zakázka obsahuje v průměru tři operace (bez operací realizovaných kooperanty). Normovaná doba při daných velikostech dávek byla necelé 3 dny, tedy de facto čas generující přidanou hodnotu představuje něco mezi 30-50 % z celkového výrobního času.

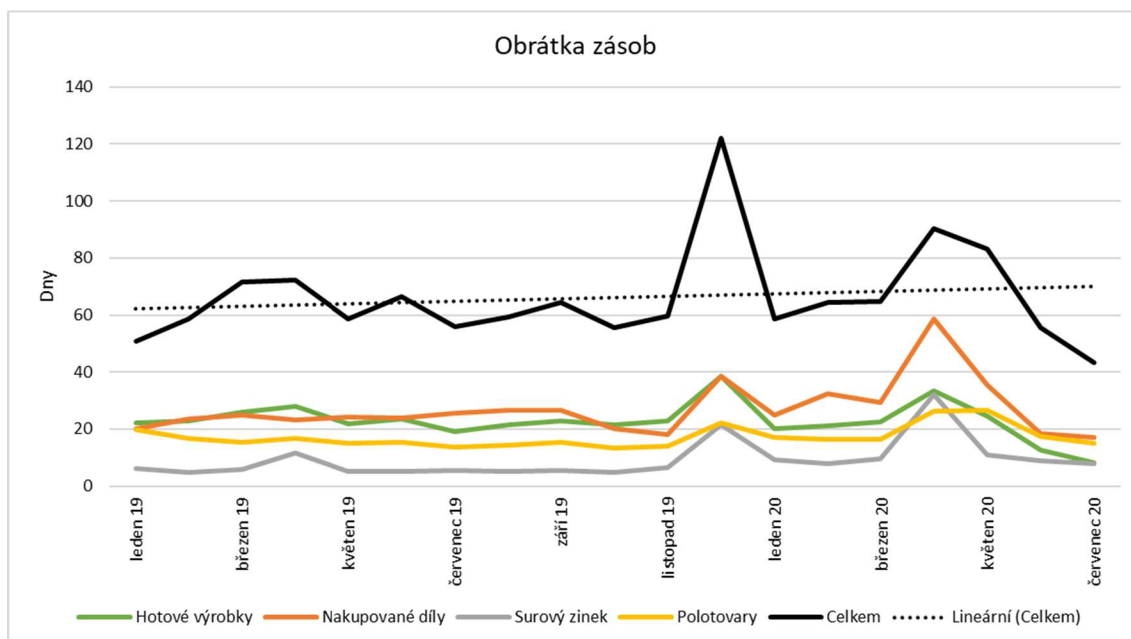
Tomu odpovídá i další analýza, která byla získána při manuálním sběru dat (Graf č. 8). Z této analýzy vyplývá, že ve 42 % případů probíhala na sledovaných zakázkách výroba a v 58 % případů zakázka stála. Přičemž celých 46 % bylo z důvodu čekání na další operaci, 5 % vlivem opravy nástroje, 4 % z důvodu chybějícího personálu, 2 % případů kvůli opravě stroje, 1 % seřizením stroje a kontrola jakosti způsobila naprosté minimum případů zastavení zakázky.



Graf č. 8: Analýza doby výroby. Zdroj: Vlastní zpracování dat získaných ve firmě Hettich ČR

Obrátka zásob

Obrátka zásob je další důležitý ukazatel vypovídající o relativní úrovni zásob vztahované ke spotřebě/obratům. Tento ukazatel definuje, kolik dní spotřeby pokrývají zásoby. Z grafu č. 9 lze vyčíst, že celková obrátka se dlouhodobě pohybuje okolo 60 dní. To není ideální hodnota a je to jeden z hlavních důvodů, proč chce firma Hettich ČR pracovat na optimalizaci této výroby.



Graf č. 9: Vývoj obrátky zásob. Zdroj: Vlastní zpracování dat získaných ve firmě Hettich ČR

Ve vývoji obrátky zásob jsou dva momenty, které způsobují odchylku od normálního stabilního průběhu. Prvním je prosincová hodnota, která je zkrácena výrazně nižším objemem výroby než v ostatních měsících. To je způsobeno obdobím Vánoc, kdy je zaprvé výroba utlumená, a na několik dní dokonce úplně odstavená, a zadruhé zákazníci v období od Vánoc do ledna nového roku neodebírají zboží. Nicméně ve výši držených zásob nedochází k výraznějšímu poklesu, který by kompenzoval pokles obrátů, a proto obrátka významně roste. Se začátkem nového roku se ale vrací na původní hodnoty.

Druhým momentem je opět období druhého kvartálu roku 2020, kdy je patrný vliv pandemie koronaviru. Nejdříve se tato krize projevila nárůstem obrátky zásob z důvodu náhlého výraznějšího propadu prodejů a dlouhé reakční doby na tuto situaci. To je následováno poklesem obrátky, způsobené zpožděnou reakcí v podobě ponížení zásob

a dále přijetím opatření, která reagovala na nastalou situaci, hlavně výrazné snížení držených pojistných zásob. To způsobilo dokonce takový efekt, že celková obrátka klesla k 40 dnům. Zde je vidět, jaký negativní efekt má z pohledu obrátky zásob tvorba a držení pojistných zásob.

Dále z grafu můžeme vyčíst obrátku jednotlivých druhů zásob, a tudíž jakou část z celkové obrátky reprezentují. Zde vidíme, že nejmenší, a tudíž nejlepší obrátku zásob má vstupní materiál, tedy surový zinek (dlouhodobý průměr je 9 dnů – 14 % z celkové obrátky zásob, ale v roce 2019 to bylo i okolo 5 dnů). Druhou nejlepší obrátku zásob mají polotovary. I když z pohledu absolutní hodnoty představují nejvyšší zásoby, z pohledu obrátky zásob dosahují průměrné hodnoty 17 dnů, což je 26 % celkové obrátky zásob. Nejhorší dvě skupiny zásob jsou hotové výrobky s obrátkou zásob 23 dnů (35 % z celkové obrátky zásob) a nakupované díly s obrátkou zásob 27 dní (41 % z celkové obrátky zásob). Z tohoto rozložení je patrné, proč mělo snížení pojistných zásob hotových výrobků tak výrazný pozitivní vliv na celkovou obrátku zásob.

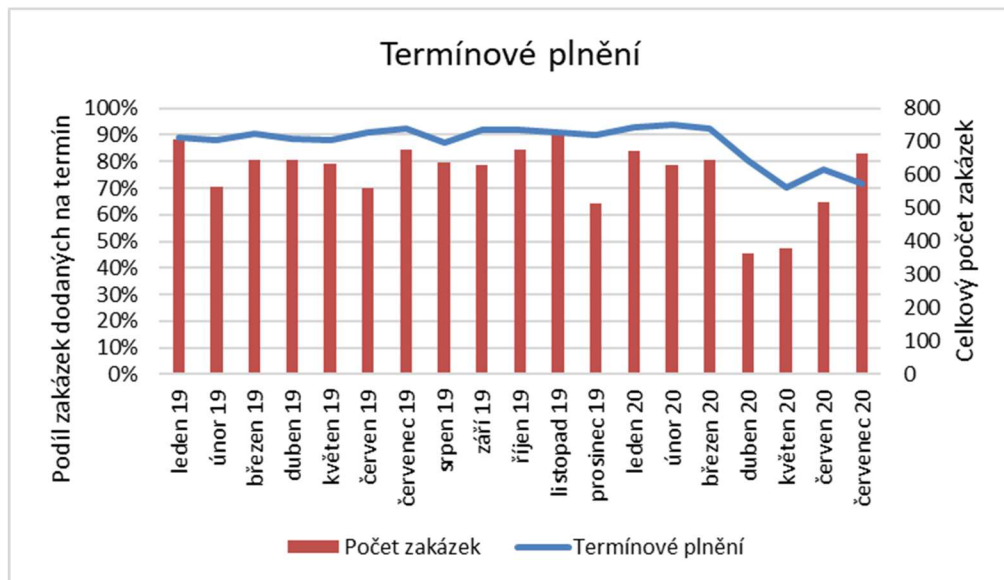
Termínové plnění

Důležitým ukazatelem z pohledu zákazníka je termínové plnění jeho požadavků. Tedy jaké procento objednaných zakázek je dodáno v požadovaném termínu. Na grafu č. 10 je vidět vývoj tohoto ukazatele v roce 2019 a 2020. Z grafu je patrné, že hodnota termínového plnění se v roce 2019 a v prvním kvartálu roku 2020 pohybovala celkem stabilně okolo 90 %. Což není špatný výsledek, ale je zde určitě potenciál pro zlepšení. Je potřeba také zmínit, že tento pohled zohledňuje pouze ty zakázky, které jsou požadovány externími partnery (sesterskými společnostmi) a nezohledňuje plnění interních zakázek (požadavky interních montáží).

V druhém kvartále roku 2020 je vidět výrazný propad tohoto ukazatele. Příčinou je opět pandemie koronaviru. Zprvce to bylo způsobeno výraznějším poklesem lidských kapacit a změnou režimu výroby z nepřetržitého režimu na třísměnný, čímž došlo ke ztrátě určité flexibility. Zadruhé, jak již bylo uvedeno výše, došlo ke zrušení pojistných zásob hotových výrobků, které slouží k vykrývání výkyvů v poptávce a případných výpadků ve výrobě.

Je zde dobře vidět vliv, jaký má výše zásob v systému plánování postaveném na principu „tlaku“. Toto snížení zásob způsobené poklesem pojistných zásob sice vyvolalo

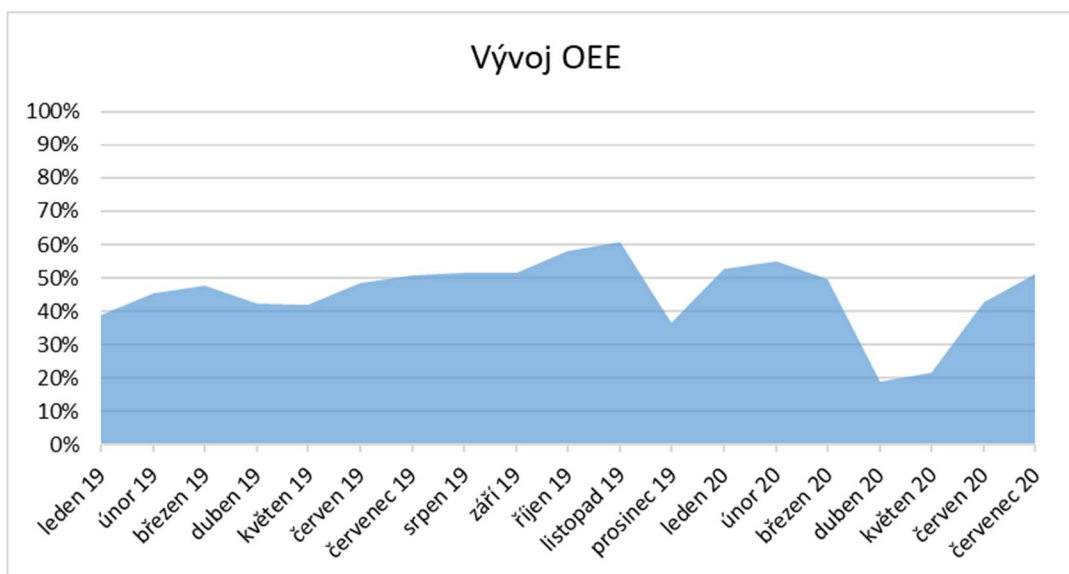
pozitivní efekt v podobě zlepšení obrátky zásob, ale přineslo výrazný negativní efekt z pohledu termínového plnění zákazníků. Tento efekt upozorňuje na skutečnost, že pouhé snížení zásob bez zásahu do principů fungování produkčního systému nepřináší požadované účinky a může s sebou přinést naopak zhoršení výsledků a odliv zákazníků. Na tento efekt se musí brát zřetel při zavádění změn z pohledu optimalizace výrobního procesu a hladiny zásob tak, aby se předešlo problémům a demotivaci lidí.



Graf č. 10: Vývoj termínového plnění. Zdroj: Vlastní zpracování dat získaných z firmy Hettich ČR

OEE

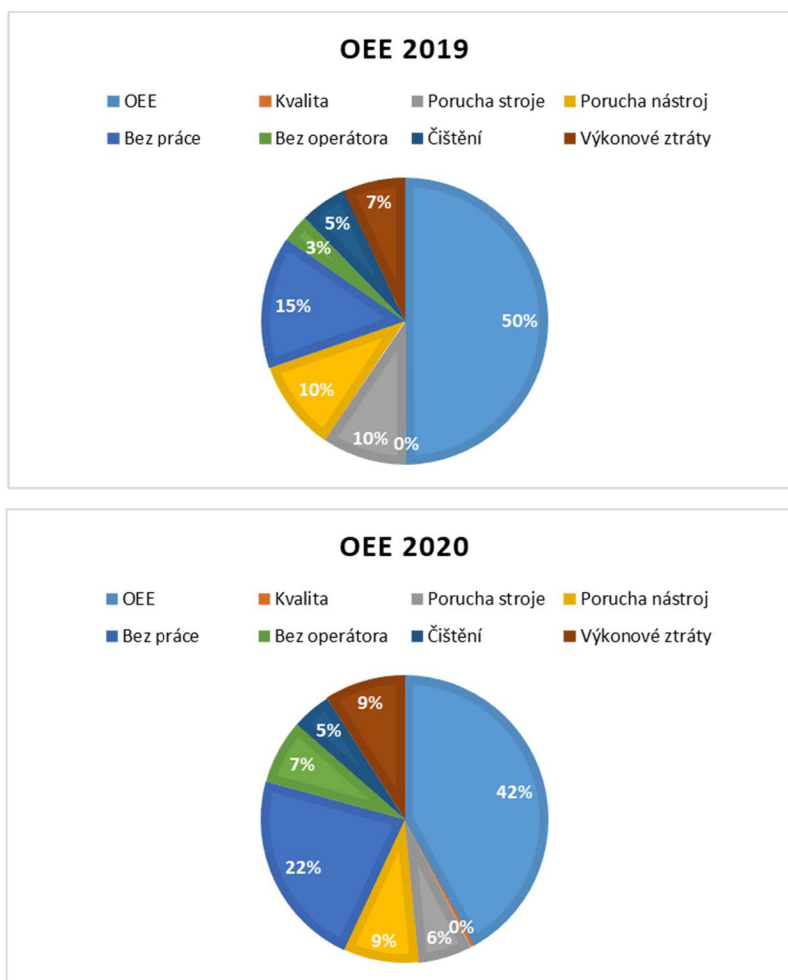
Ukazatel vypovídající o efektivitě využití strojního vybavení je OEE. Zjednodušeně řečeno, tento ukazatel říká, jaké procento z celkového disponibilního času je reálně využito na výrobu požadované produkce v požadované kvalitě. I tento ukazatel je v Hettichu ČR sledován. Na grafu č. 11 je vidět vývoj od začátku roku 2019 do července 2020.



Graf č. 11: Vývoj OEE. Zdroj: Vlastní zpracování dat z firmy Hettich ČR

V grafu je vidět pozitivní tendence růstu OEE v roce 2019, kdy se tento ukazatel dostal z hodnot okolo 40 % na maximální hodnotu 60 %. I zde je ale vidět negativní dopad pandemie koronaviru na tento ukazatel, kdy v druhém kvartále roku 2020 došlo k velmi výraznému propadu ukazatele OEE až k hodnotě 20 %. Nicméně vývoj v červnu a červenci byl předzvěstí k návratu k hodnotám ze začátku roku.

Srovnání roků 2019 a 2020 dle jednotlivých sledovaných složek OEE je znázorněno na grafu č. 12. Na těchto grafech je vidět, že největší nárůst položek snižujících OEE bylo „Bez práce“ (+ 7 %) a „Bez operátora“ (+ 4 %). To přesně vystihuje situaci způsobenou pandemií, kdy její nečekaný příchod způsobil výrazný pokles zakázek, a tudíž nedostatek práce pro zinkovou výrobu. Poté co došlo v reakci na tuto situaci ke snížení lidských kapacit, zakázky se začaly vracet k normálu. V ten moment došlo zase k nedostatku operátorů k obsluze strojů.



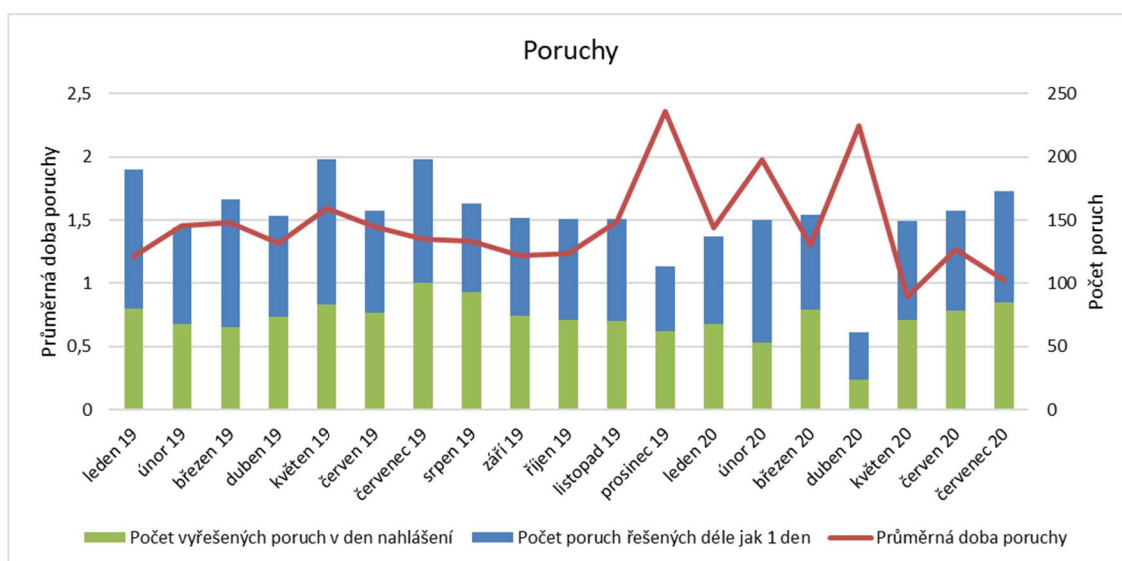
Graf č. 12: Porovnání struktury OEE v roce 2019 a 2020. Zdroj: Vlastní zpracování dat z firmy Hettich ČR

I přes pozitivní vývoj v roce 2019 a očekávaný podobný vývoj v druhém pololetí roku 2020 je průměrná roční hodnota OEE pod 50 %, což obecně není dobrý výsledek. Různí autoři a praktici specializující se na výkonnost výrobního procesu uvádí ideální hodnoty OEE u špičkových podniků v rozmezí 80 % a 85 %. Nicméně zinková výroba má svá specifika, a hlavně svoji technickou náročnost na strojový park, a tudíž očekávat zde hodnoty přesahující 80 % je velmi nereálné.

Poruchy

Jednou z důležitých položek, negativně ovlivňujících hodnotu ukazatele OEE, jsou poruchy strojů. Z přehledu OEE je patrné, že v roce 2019 z celkového disponibilního času celých 10 % strojní kapacity na zinkové výrobě chybělo kvůli poruchám. To je významná hodnota.

Na grafu č. 13 je vidět vývoj poruchovosti strojů v roce 2019 a do července 2020. Je patrné, že vývoj počtu poruch je celkem stabilní okolo hodnoty 150 za měsíc. Výjimkou zde je prosinec 2019, kdy byla přes vánoční svátky odstávka výroby, a duben 2020, kdy je opět patrný vliv pandemie koronaviru a výrazný útlum výroby. Důležitým aspektem je, že necelých 50 % všech poruch se podaří vyřešit ještě ten den, kdy byla porucha nahlášena. Celkově se průměrná doba poruchy pohybuje okolo 1,5 dne. To není špatná hodnota, zvláště když se vezme v úvahu, že tato výroba funguje v nepřetržitém provozu, tedy i přes víkendy.



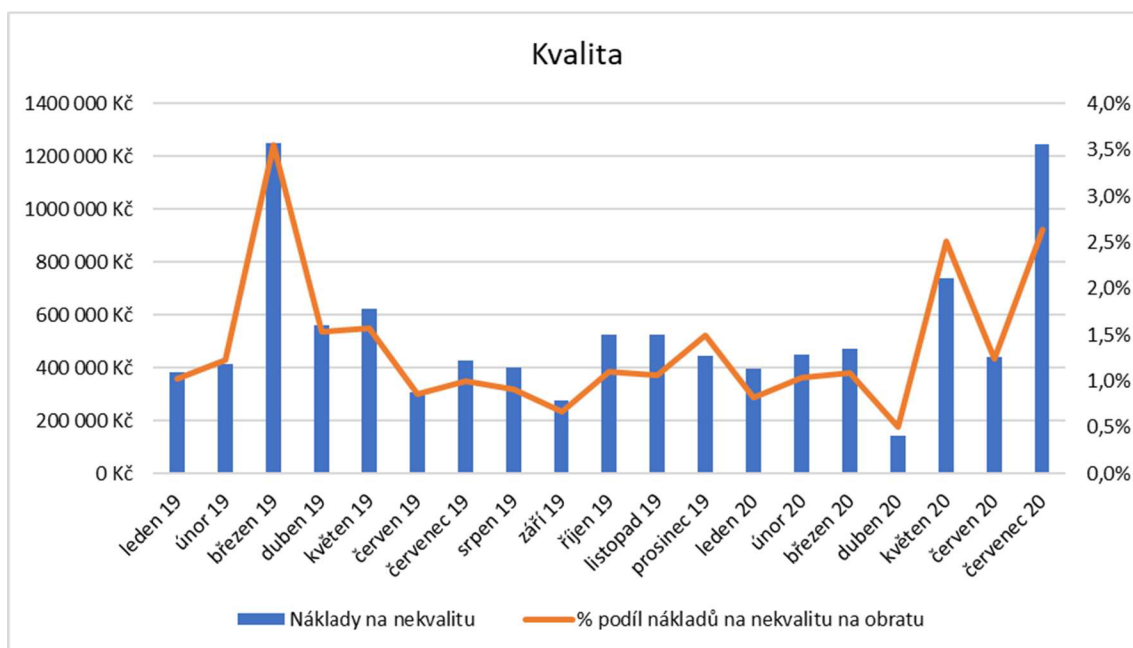
Graf č. 13: Vývoj poruchovosti strojů. Zdroj: Vlastní zpracování dat z firmy Hettich ČR

Kvalita

Kvalita je také velmi důležitý parametr výrobního procesu. V dnešní době vysoké celosvětové konkurence se bez excelentní kvality nemůže podnik udržet dlouhodobě na trhu. Dokonce je někdy v rámci filosofie štíhlé výroby propagována jako klíčový aspekt metodiky zavádění štíhlé výroby. Proto i v Hettichu ČR se sleduje úroveň kvality, vyhodnocují se náklady na nekvalitu a neustále se pracuje na zlepšování výsledků v této oblasti.

Zinková výroba je technologicky náročný proces, který s sebou přináší plno komplikací a výzev v oblasti kvality. Na grafu č. 14 je vidět vývoj absolutní hodnoty nákladů na nekvalitu a jejich poměr vůči tržbám zinkové výroby. Kromě dvou výjimečných měsíců, kdy se objevily jednorázové větší reklamace od zákazníků, se

průměrně náklady na nekvalitu pohybují mezi 1 % a 1,5 %. Obecně vzato to nejsou ideální výsledky, ale pokud se přihledne ke specifčnosti zinkové výroby, tento výsledek se dá hodnotit celkem pozitivně. Svůj přínos na tomto výsledku jistě má i vlastní nástrojárna, která vyrábí formy pro zinkové lisy. Dlouholeté zkušenosti lidí v tomto útvaru a preciznost výroby nástrojů přináší také pozitivní výsledky v oblasti kvality zinkové výroby.



Graf č. 14: Vývoj nákladů na nekvalitu. Zdroj: Vlastní zpracování dat z firmy Hettich ČR

8.3 Analýza úrovně štíhlosti výrobního procesu

V předešlé sekci jsem provedl analýzu zinkové výroby v Hettichu ČR z pohledu klasických ukazatelů a veličin, jako je obrátka zásob, OEE, kvalita apod. Z těchto ukazatelů, pokud má člověk určité zkušenosti, se dá vyvodit, jak na tom bude podnik z pohledu efektivity výrobního procesu a využívání specializovaných optimalizačních metod. Nicméně exaktnější kvantifikace úrovně štíhlosti výrobního procesu je minimálně problematická, ne-li nemožná. V následující sekci se proto zaměřím na analýzu tohoto aspektu výrobního procesu.

K této analýze použiji dva postupy, které následně porovnáám. První postup využívá vytvořený ukazatel LTLI, který byl popsán výše a který využívá reálná data získaná z výrobního procesu. Druhý postup pak zastupuje klasický způsob hodnocení štíhlé výroby pomocí dotazníku s otázkami zaměřenými na jednotlivé nástroje spojované se

štíhlou výrobou. Zde se budu opírat o zkušenosti a znalosti jak dotazujícího, tak dotazovaného, kterým byl zástupce výrobního managementu. Dále také použiji jeden ze základních nástrojů štíhlé výroby, a to Value Stream Mapping k detailnější analýze zkoumaného výrobního procesu a kvantifikaci potenciálu ke zlepšení.

8.3.1 Stanovení aktuální štíhlosti výrobního procesu pomocí LTII

Pro výpočet ukazatele LTII pro zinkovou výrobu v Hettichu ČR jsem vzhledem k velkému množství produktů s rozličným průběhem technologických procesů zvolil metodu stanovení ukazatele pro nejčastější produkty a následné vytvoření celkové průměrné hodnoty z dílčích hodnot ukazatele LTII.

Na základě analýzy četnosti jsem vybral čtyři nejfrekventovanější produkty zastupující odlišné technologické postupy. Pro každý produkt jsem si zjistil parametry potřebné pro výpočet ukazatele LTII. Nejvíce jsem využíval data z informačního systému (historický průběh výrobních zakázek, objemy výroby, technologické postupy apod.), dále jsem využíval další interní nástroje pro řízení výroby, jako třeba reporting OEE nebo reporting údržby. V neposlední řadě jsem také potřebná data diskutoval přímo se zástupci vedení zinkové výroby v Hettichu ČR.

Získaná data jsem použil pro výpočet ukazatele štíhlosti LTII pomocí nástroje vytvořeného v programu MS Excel. Souhrnné výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 15. Detailní reporty z nástroje v MS Excel jsou v následujících přílohách: Příloha č. 10, Příloha č. 11, Příloha č. 12, Příloha č. 13.

	Aktuální LT (dny)	Cílový LT (dny)	Rozdíl LT (dny)	LTII
Produkt 1	16,43	11,67	4,76	71,01%
Produkt 2	21	11,20	9,80	53,33%
Produkt 3	16,06	13,59	2,47	84,62%
Produkt 4	5,36	1,40	3,96	26,12%
Průměr	14,71	9,46	5,25	58,77%

Tabulka č. 15: Výsledky stanovení ukazatele štíhlosti LTII. Zdroj: Vlastní zpracování dat získaných ve firmě Hettich ČR

Z výsledků je vidět rozmanitost jednotlivých produktů z pohledu doby výroby, ale také z pohledu dosažených hodnot LTII. Výsledná průměrná hodnota 58,77 % koresponduje s průměrnými hodnotami získanými pomocí výzkumu mezi výrobními

podniky. Tedy dá se říct, že zinková výroba firmy Hettich ČR dosahuje z pohledu štíhlosti výrobního procesu v porovnání s ostatními podniky účastnicími se výzkumu průměrné efektivity. Existují tedy potenciály pro zlepšení. Ohledně doby výroby jsou tyto potenciály vidět v tabulce č. 15. V průměru je zde potenciál zkrátit dobu výroby o 5,25 dne.

8.3.2 Využívání nástrojů štíhlé výroby v Hettichu ČR

V rámci analýzy využívání nástrojů štíhlé výroby v Hettichu ČR jsem použil stejnou metodiku jako při dotazníkovém šetření. Využil jsem vytvořený dotazník a požádal výrobního manažera zodpovědného za zinkovou výrobu o zodpovězení otázek ohledně úrovně zavedení jednotlivých nástrojů štíhlé výroby. Následují odpovědi k jednotlivým nástrojům s krátkým komentářem.

5S – Organizované pracoviště – Plně zavedeno

Využívání nástroje 5S je obecně ve firmě Hettich ČR na velmi vysoké úrovni. Všechna pracoviště mají jasně definované layouty a uspořádání. Na pracovištích se udržuje pořádek a pravidelně probíhají audity 5S, které se následně vyhodnocují a přijímají se nápravná opatření.

SMED – Rychlé přeseřizování – Částečně zavedeno

Technologie zinkové výroby je hodně náročná na přeseřizování. Při změně vyráběného výrobku na lisu musí dojít k výměně celé formy. I když výroba společně s nástrojárnou hledají a zavádějí opatření na zrychlení tohoto procesu (jako například nahřívání forem před zapojením do stroje), i přesto tato činnost zabere několik hodin a ztrácí se tak cenné kapacity.

System tahu – Plánování dle požadavků zákazníka – Částečně zavedeno

Zakázky pro zinkovou výrobu jsou generovány v systému SAP rozpadem požadavků koncových zákazníků. Nicméně vzhledem k časové náročnosti na výrobu zinkových dílů a náročnosti na přeseřizování je část produkce vyráběna na sklad v podobě pojistných zásob, které jsou využívány pro vykrývání náhlých výkyvů v potřebách zákazníků. Dále samotný proces zinkové výroby je spíše plánován formou tlaku, kdy jsou poměrně detailně plánovány první operace tlakového lití zinku, ale následné operace již tak

detailně podle kapacit plánovány nejsou a dochází zde ke tvorbě front. Aktivní řízení množství rozpracované výroby neexistuje.

Kaizen – Systém zlepšování – Plně zavedeno

Systém kontinuálního zlepšování je v rámci celého Hettichu ČR zaveden na slušné úrovni. Na roční bázi jsou stanovovány pro každou výrobu cíle ohledně zvyšování výrobní produktivity a ty jsou průběžně měřeny a vyhodnocovány. Také zde existuje poměrně propracovaný systém motivace všech zaměstnanců na hledání úspor a tvorbu zlepšovacích návrhů i se systémem odměňování za tyto návrhy.

Vizualizace na dílně – Částečně zavedeno

V rámci vizualizace na dílně celkem dobře fungují nástěnky, kde jsou prezentovány základní ukazatele, komunikována je aktuální situace ve výrobě včetně například reklamací a dalších důležitých informací. Na zinkové výrobě je speciálně zavedeno automatické sledování stavu strojů a grafická prezentace výsledků aktuálního OEE jednotlivých lisů pomocí televizorů přímo ve výrobě. Chybí ale vizualizace toku materiálu výrobou, stav rozpracovanosti, aktuální vytížení kapacit apod.

TPM – Totálně produktivní údržba – Plně zavedeno

Poruchy strojů a nástrojů mají v rámci zinkové výroby významný vliv na kapacity a celkovou produktivitu tohoto procesu. Proto je této oblasti věnovaná velká pozornost. Je zaveden systém hlášení a evidování poruch. Pro každý stroj jsou vytvořeny plány úklidu a údržby a také jsou vytipovány kritické náhradní díly, které se drží skladem buď přímo v Hettichu ČR, nebo u dodavatelů. Speciální oblastí jsou formy, kde je společně s nástrojárnou zaveden systém evidence a sledování životnosti jednotlivých forem. Jsou nastaveny pravidelné kontroly forem, výměny náhradní dílů a také generálních oprav. Tam, kde jsou vysoké požadavky zákazníků, existují také duplicitní formy, které lze okamžitě nasadit v případě poruchy.

TQM – Komplexní řízení kvality – Částečně zavedeno

Kvalita je důležitá oblast, která je detailně sledovaná a vyhodnocovaná. Všichni zaměstnanci jsou motivováni k neustálému zlepšování kvality. Využívají se klasické nástroje, jako jsou vzorníky vad, 8D reporty a další. Hodně se také pracuje s dodavateli a kvalitou dodávaných materiálů a komponent. Nicméně i vzhledem k faktu, že firma

Hettich nepatří do automotive sektoru, zde nefunguje určitá nadřazenost kvality a některé oblasti by mohly být důkladněji a systematictěji řešeny.

Poka-yoke – Chybu vzdorné operace – Částečně zavedeno

Obecně lze říci, že se v rámci Hettichu ČR věnuje pozornost hledání řešení, jak eliminovat možnosti lidských chyb. Více lze tuto aktivitu vidět v rámci montáží, kde převažuje manuální práce, a tedy riziko těchto chyb je vyšší. V rámci zinkové výroby ale není manuální práce tak intenzivní. Chybí zde také určitá systematickosti přístupu k této problematice.

VSM – Mapování hodnotového toku – Nezavedeno

Mapování hodnotového toku v Hettichu ČR téměř úplně chybí. Občas se řeší v rámci nových projektů a nových výrob, ale jedná se pouze o sporadické aktivity.

Standardizovaná práce – Částečně zavedeno

Ke každé operaci existují návodky a Hettich ČR má celkem sofistikovaný nástroj pro sledování plnění norem. Jak bylo uvedeno výše, je nastaven systém stanovování cílů zvyšování produktivity a motivace ke zlepšování. Nicméně je zde prostor pro větší systematickosti v této oblasti.

8.4 Definování potenciálů ke zlepšení

Z pohledu úrovně zavedení nástrojů štíhlé výroby vychází štíhlost zinkové výroby na úrovni 60 %. Při použití průměrné hodnoty ukazatele LTLI ze čtyř hlavních produktů vychází průměrná štíhlost na 58,77 %. Tím, že jsou si obě hodnoty velmi podobné, mohou brát hodnotu štíhlosti na úrovni okolo 60 % jako směrodatnou. Tato hodnota přibližně odpovídá zjištěné celkové průměrné hodnotě podniků účastnících se mého výzkumu. Nejedná se tedy o špatný výsledek, ale poukazuje na určité potenciály ke zlepšení.

Při pohledu na úroveň využívání jednotlivých nástrojů štíhlé výroby se jednoznačně jeví jako základní nedostatek prakticky úplně chybějící využití nástroje VSM, tedy mapování hodnotového toku. Tento nástroj je často zmiňován jako jeden z těch základních v rámci metodiky zavádění štíhlé výroby a jako nástroj, se kterým by se mělo začínat při implementaci. Jedním z důvodů, proč není využíván, je jeho časová náročnost. Tvorba Value Stream Map vyžaduje náročnou přípravu v podobě důkladného seznámení

se s procesem pomocí pozorování a dotazování, sběru potřebných dat z výrobního procesu a posléze samotné tvorby výsledné mapy. Její přínosy jsou ale významné, hlavně z důvodu detailní analýzy daného výrobního procesu a odкрыtí potenciálů ke zlepšení. V následujícím kroku, kdy se vytváří Value Stream Design, tedy budoucí optimalizovaná podoba hodnotového toku, se generují benefity formou potenciálu pro zlepšení daného procesu.

Dalším významným potenciálem pro zlepšení je systém tahu. Jak bylo uvedeno v rámci dotazníku, částečně je tato metoda zavedena, ale spíše z pohledu generování celkového výrobního plánu na základě požadavků zákazníků. Co se týče vnitřní organizace a plánování dílny, tedy posloupnosti jednotlivých operací a jejich kapacitního využití, jedná se spíše o klasický systém tlaku. To znamená, že se kapacitně plánuje první operace, ale následující operace již nejsou řízeny z pohledu optimálního využití kapacit a neexistuje jejich provázání na první operaci. Takže dochází k tvorbě front, kde funguje prioritní řízení na základě velikosti skluzu a urgencí od zákazníků. Není žádným způsobem nastavena kontrola a řízení hladiny rozpracované výroby.

VSM metodu a systém tahu může podpořit zlepšení vizualizace procesu, hlavně z pohledu podpory organizace toku jednotlivých zakázek dílnou. Zkrácení doby přeseřizování metodou SMED by zase pomohlo v oblasti větší flexibility výroby, a tudíž možnosti zmenšení výrobních dávek. To by mělo pozitivní vliv na snížení množství rozpracované výroby, a tedy i na zkrácení celkové doby výroby.

8.4.1 Modifikovaná Value Stream Map

Na základě hodnot zjištěných pomocí ukazatele LTPI jsem se rozhodl provést analýzu tvorby front pomocí modifikované Value Stream Map. Pojem modifikovaný zde reprezentuje zaměření na analýzu rozpracované výroby a velikost front před jednotlivými pracovišti. Cílem bylo získat obraz o aktuálním stavu toku materiálu a jeho hromadění v různých fázích výrobního procesu.

Protože zinková výroba v Hettichu ČR představuje několik set produktů, rozhodl jsem se před započítím sběru dat provést kategorizaci jednotlivých produktů do skupin podle posloupnosti operací. Jako zdroj dat pro tuto analýzu jsem využil výrobní postupy jednotlivých produktů. Provedl jsem dvě kategorizace. První zohledňovala nejen interní

operace, ale i externí povrchové úpravy. Pomocí této kategorizace jsem došel k celkovému počtu 50 různých kategorií výrobních postupů (viz Příloha č. 5). Vzhledem k tomu, že se má analýza zaměřuje primárně na interní část zinkové výroby v Hettichu ČR, provedl jsem ještě druhou kategorizaci bez zahrnutí povrchových úprav. Takto jsem získal 22 skupin výrobních procesů (viz Příloha č. 6).

Následně jsem přistoupil k samotnému sběru dat. Jeho cílem bylo vytvoření obrazu o aktuálním množství a stavu jednotlivých produktů v rámci materiálového toku. Musel jsem tedy společně s kolegy zodpovědnými za zinkovou výrobu projít kompletně výrobní proces a zaznamenat veškerý materiál, který se v daný moment ve výrobě nacházel. Zaznamenával jsem identifikaci produktu, množství produktů a stav (tedy poslední operaci, která byla na produktu provedena). Souhrnné výsledky prezentuje tabulka č. 16.

Následující operace	Strojní separace		Ruční separace		Apretace - Externí		Apretace - omílání		Apretace - tryskání		Povrchové úpravy		Celkem	
	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy	Bedny	Kusy
Lisy	256	1 233 786	5	3 200			70	5 550 000	62	1 050 397			393	7 837 383
Strojní separace							70	627 000	8	33 500		60 000	78	660 500
Ruční separace							17	6 700	22	17 500			39	24 200
Apretace - externí												67 450	0	0
Apretace - omílání												1 755 000	0	0
Apretace - tryskání												251 190	0	0
Celkem	256	1 233 786	5	3 200	0	0	157	6 183 700	92	1 101 397	0	2 133 640	510	8 522 083
Kapacita (za 1 hodinu)	4,5		0,5				4		5			65 563		
Fronta (ve dnech)	2,59		0,45				1,78		0,84			1,48		7,14

Tabulka č. 16: Výsledky mapování materiálových toků. Zdroj: Vlastní zpracování dat získaných ve firmě Hettich ČR

Cílem bylo zjistit, před kterými operacemi se kumuluje rozpracovaná výroba, a stanovit, jak dlouho musí přibližně produkty strávit čekáním ve frontě, než na ně na dané operaci přijde řada. Protože se jedná o obsáhlý sortiment produktů, které se liší nejen posloupností operací, ale také dobou zpracování na jednotlivých operacích, rozhodl jsem se použít jako standardizovanou jednotku rozpracované výroby velkou schaefer bednu, která se využívá pro interní transport materiálu mezi operacemi (počet kusů rozpracované výroby je zde použit jako sekundární jednotka). Pro externí transport, hlavně na povrchové úpravy, dochází k přebalení zboží, nejčastěji do gitterboxů, tudíž zde již nelze tato standardizovaná jednotka použít. Detailní výsledky jsou v příloze č. 7.

Z výsledků vyplývá, že na zinkové výrobě se při analýze nacházelo 510 beden s celkovým množstvím cca 8,5 mil. kusů produktů v různých fázích rozpracovanosti. K tomu se ale musí připočít dalších 6,5 mil. kusů na skladě čekajících na odvoz na povrchové úpravy. Fronty ve výrobě dohromady představují čekací dobu 7,14 dnů.

Společně i se stavem na skladě to dělá dohromady 10,14 dnů. Celkový přehled je v příloze č. 8.

Pro výpočet ukazatele LTIL jsem použil data týkající se pouze interní části zinkové výroby bez povrchových úprav a došel k průměrnému potenciálu na zkrácení doby výroby o 5,25 dne. Z modifikované VSM vyšla doba strávená ve frontách na zinkové výrobě bez produktů čekajících na povrchovou úpravu 5,66 dne. Z toho vyplývá, že kdyby byly veškeré fronty před pracovišti eliminovány, mělo by být dosaženo o něco málo kratší doby výroby, než byla získaná optimální doba výroby výpočtem pomocí LTIL.

8.4.2 Budoucí stav

Určité minimální fronty se budou vždy tvořit, a i pro plynulost výroby jsou vhodné. Na základě dat získaných modifikovanou metodou VSM je vidět, že změna v organizaci a plánování výroby může přinést poměrně zásadní zefektivnění materiálových toků. Tato změna by měla představovat hlavně přechod z tlakového na tahový způsob řízení zinkové výroby.

Navrhovaný způsob řízení výroby na základě tahu by měl obsahovat dva základní principy. První princip je průběžné řízení, respektive limitování množství rozpracované výroby. Vzhledem ke komplexnosti této výroby a rozsáhlosti sortimentu si nemyslím, že klasický kanbanový systém by byl funkční. Ale dal by se například použít princip omezování množství transportních obalových jednotek – zde velkých schaefer beden. Během analýzy zinkové výroby jsem došel k počtu cca 500 beden ve výrobě. Pokud by se například stanovilo, že maximální počet disponibilních beden je 400 a v případě jejich naplnění nedochází k započetí žádné další výrobní zakázky, dokud se některé bedny nevyprázdní, mělo by přirozeně dojít ke snížení množství rozpracované výroby o 20 %.

Druhý princip navrhovaného způsobu řízení výroby je nasazení hrubého kapacitního plánování na všech pracovištích. Aktuálně funguje kapacitní plánování pouze na první operaci tlakového lité zinku na lisech. Následující operace nejsou kapacitně plánovány. Zde by se mohla využít vytvořená kategorizace produktů a při plánování započetí výrobních zakázek plánovat budoucí kapacitní vytížení následujících operací pomocí skupin výrobních postupů. Při znalosti aktuálního stavu rozpracovaných zakázek ve

výrobě by se dal vhodně naplánovat start nové zakázky tak, aby na některé operaci nedocházelo ke kumulaci materiálu. Tím by bylo dosaženo rovnoměrného využití kapacit všech operací, zároveň by se minimalizovala tvorba front před pracovišti, a tím by nedocházelo k zbytečnému prodlužování doby výroby.

8.5 Závěr případové studie

Cílem této případové studie bylo ukázat, jak lze přistoupit k analýze výrobního procesu za účelem hledání potenciálů k jeho zeštíhlení. Nejedná se o komplexní analýzu využívání nástrojů štíhlé výroby a úrovně zavedení metod štíhlé výroby. Tyto analýzy a jejich aplikace jsou popsány v odborné literatuře poměrně obsáhle a nebylo cílem je zde nasazovat. Snahou bylo pohlédnout na štíhlost z obecného hlediska s využitím objektivních kvantifikovatelných metrik. A hlavně demonstrovat možnosti využití ukazatele LTLI v praxi reálného podniku a ověřit aplikovatelnost jeho výsledků pro budoucí zefektivňování výrobního procesu skrze zvyšování štíhlosti.

Domnívám se, že bylo dosaženo stanoveného cíle. Výsledky analýz mezi sebou navzájem potvrzují, že zjištěná výsledná hodnota štíhlosti výrobního procesu okolo 60 % odpovídá realitě zinkové výroby ve firmě Hettich ČR. Detailnější analýza materiálového toku následně ukázala, kde přesně se generuje neefektivita z pohledu doby výroby a zásob rozpracované výroby. Odstraněním těchto neefektivních míst dojde ke zkrácení doby výroby a snížení zásob rozpracované výroby, díky tomu dojde k zeštíhlení celého výrobního procesu. K odstranění těchto neefektivit pak lze využít například metodu štíhlé výroby a jejich nástrojů. Při jejich správném nasazení a využívání by pak nový výpočet ukazatele LTLI měl prokázat zlepšení štíhlosti tohoto procesu.

9 PŘÍNOSY DIZERTAČNÍ PRÁCE

Cílem této dizertační práce bylo rozšířit současné poznání v oblasti optimalizace výrobních procesů, zavádění principů štihlé výroby, a hlavně přinést nový pohled na možnost měření štihlosti výrobních procesů. Jak moc se podařilo dostat těmto cílům, musí posoudit vědecká obec. Já se nyní pokusím shrnout svůj pohled na dosažené přínosy ze tří různých pohledů – přínosy pro teorii, praxi a pedagogiku.

9.1 Přínosy v oblasti teorie

Štihlá výroba je metoda, která je známa už více než půl století. Na toto téma byla napsána spousta vědeckých článků a mnoho odborných knih. Každý autor nahlíží na štihlou výrobu z jiného úhlu pohledu a zabývá se rozličnými aspekty této obsáhlé tematiky. I přes tak bohatou historii této metody zůstává téma měření štihlosti opomíjeno. Jak bylo v mé práci představeno, hned z několika důležitých důvodů si myslím, že se jedná o významnou součást této metodiky zavádění štihlé výroby.

Vytvořil jsem výpočet, o kterém jsem přesvědčen, že lze použít pro stanovení ukazatele sloužícího k měření štihlosti výrobních procesů. Cocca s kolektivem (2019) na základě své rešerše literatury uvádí, že méně než polovina analyzovaných metod měření štihlosti je univerzálně použitelná napříč různými odvětvími a pouze malá část těchto metod byla testována v praxi na více podnicích. Díky mému výzkumu a získaným datům z reálných výrobních podniků se mi podařilo prokázat použitelnost tohoto výpočtu v praxi napříč různými odvětvími a typy výrobních procesů. A i přes určitá omezení u specifických typů výrobních procesů se domnívám, že se jedná o ve své podstatě univerzální nástroj.

Sám o sobě tento nástroj nezajistí úspěšnou implementaci principů štihlé výroby a nezvýší výkonnost podniku. Dokáže ale tento proces významně podpořit, udělat jej více transparentním a vytvořit motivaci pro lidi, kteří jej řídí a podílejí se na něm, a tím zvýšit pravděpodobnost úspěchu a efektivnost tohoto procesu. Proto si myslím, že by se měl stát součástí metodik zavádění štihlé výroby.

Také díky možnosti měřit efekty zavádění nových nástrojů ve výrobním procesu se dají hodnotit jejich reálné přínosy. Pro mnohé autory by mohl sloužit jako nástroj pro

ověřování a hodnocení jimi navržených metodik nebo nových nástrojů pro optimalizaci výrobních procesů. Jedná se o dobrý nástroj pro ověřování hypotéz na téma štíhlá výroba. Mohl by se také stát součástí komplexnějších nástrojů pro měření souhrnné výkonnosti a stavu podnikových procesů.

Je zde také potenciál pro další bádání. Ověření výpočtu na větším souboru dat nebo úprava, případně doplnění, výpočtu tak, aby byl opravdu plně univerzální a použitelný na všechny typy výrobních procesů. Případně i možnost vědeckého bádání v oblasti použitelnosti principu výpočtu pro nevýrobní procesy a jejich měření a hodnocení.

9.2 Přínosy pro praxi

Z pohledu praxe je hlavním přínosem vytvoření nástroje, který dokáže relativně jednoduše vypočítat úroveň štíhlosti na základě objektivních podnikových dat. Pokud podnik použije štíhlost jako jeden z měřených ukazatelů, získá tím hned několik benefitů:

- 1. Komplexnější pohled na efektivnost svých výrobních procesů** – jak bylo popsáno v předchozích částech práce, štíhlost měřená pomocí doby výroby v sobě obsahuje ucelený pohled na výrobní proces zahrnující různé dílčí aspekty. Zároveň dochází k měření v dnešní době velmi důležité vlastnosti (hlavně z pohledu zákazníků), a tou je, jak moc dochází v daném výrobním procesu k plýtvání, respektive jaké je procento činností představují činnosti nepřidávající hodnotu.
- 2. Možnost měřit postup/efekt při zavádění nových nástrojů ve výrobě** – ve výzkumu jsem se zaměřil na zavádění metody štíhlé výroby, ale jak bylo zmíněno dříve, obecně lze měřit efekty z pohledu štíhlosti výrobního procesu u jakékoliv implementace nové metody nebo nástroje. Lze změřit počáteční stav, na základě něho vydefinovat cílový stav, měřit průběžné výsledky a také finální výsledek, který se může porovnávat s požadovaným výsledkem. To vše lze použít pro motivaci lidí podílejících se na implementaci, ale i k motivaci udržení stávajícího stavu.
- 3. Benchmarking** – schopnost měřit různé výrobní procesy a porovnávat dosažené výsledky přináší možnost srovnání. A to srovnání jak jednoho procesu v průběhu času, tak i různých výrobních procesů mezi sebou. Pomocí LTLI lze srovnávat různé výroby v rámci jednoho podniku nebo v rámci většího holdingu.

Dají se porovnávat různé podniky v rámci odvětví nebo mezi odvětvími. Lze tak vydefinovat TOP podniky v určitém segmentu a vůči nim provádět srovnání. Mohou se také hodnotit a porovnávat externí dodavatelé, kooperanti apod.

V průběhu výzkumu a komunikace s manažery z různých podniků jsem se setkal s odlišnými přístupy k mému ukazateli a mému bádání. Jednal jsem s manažery, kteří o tuto problematiku neprojevovali výraznější zájem, ale našlo se celkem dost takových, kteří projevíli zájem o tuto metodu. Zajímal je princip výpočtu, aspekty, které jej ovlivňují, a hlavně dosažené výsledky, případně porovnání s ostatními podniky. Někteří dokonce uvažovali o další spolupráci a širším využití výpočtu v jejich podniku. Dokonce se stalo, že v rámci těchto diskuzí byla objevena další možnost využití výpočtu v praxi. Osobně věřím, že souhrnné zveřejnění výsledků a ověření hypotéz tento zájem do budoucna ještě více podpoří.

V průběhu výzkumu jsem se také setkal se zájmem o propojení výpočtu s finančními výsledky podniku, respektive o vytvoření vazby mezi zvýšením štíhlosti výrobního procesu a zlepšením finančních výsledků. Určitou dobu jsem nad touto vazbou uvažoval, ale nakonec jsem se rozhodl ji do mého výzkumu nezahrnovat. Určitě se ale jedná o oblast, která by stála za větší bádání a která by přitahovala pozornost hlavně vyšších manažerů výrobních podniků, případně poradenských firem.

Sekundárním přínosem pro praxi bylo zmapování současného stavu štíhlosti výrobních podniků. Jak jsem již zmínil výše, je to oblast, o kterou projevílo zájem hodně dotazovaných manažerů. Vytvoření rozsáhlé databáze s hodnotami štíhlosti různých výrobních podniků by jistě bylo vítáno. Zároveň jsou zjištěné výsledky určitým signálem jak pro praktiky, tak i teoretiky, že z pohledu štíhlosti je stále v podnicích co zlepšovat a potenciály pro úspory jsou velké.

9.3 Přínosy pro pedagogiku

Přínosem pro pedagogiku je rozšíření oblasti hodnocení výrobních podniků o nový přístup zaměřený na výrobní procesy. Měření štíhlosti výrobních procesů může být netradiční způsob analýzy jejich efektivnosti. Zaměření na měření přínosů moderních metod optimalizace výroby může sloužit jako doplněk ke klasickým metodám analýzy produkčních systémů, a dokonce může aspirovat i na jejich náhradu.

Dále může případová studie sloužit jako vzorový postup, jak analyzovat reálné výrobní systémy s cílem hledat potenciály na zlepšení ve formě zvýšení štihlosti. Navržený postup, jak přistoupit k budoucímu zefektivnění výrobního procesu, se na základě mých zkušeností z praxe dá aplikovat na různé typy výrobních podniků. Tím by mohl sloužit jako určitý standard ve výuce, jak docílit relativně rychlých a významných pokroků směrem k zefektivnění výrobního procesu.

Lead Time Leanness Indicator společně s postupem, jak zefektivňovat výrobní procesy, mohou sloužit například při cvičeních v předmětu Strategické řízení výroby v magisterském studiu programu Strategický rozvoj podniku, dále může sloužit v předmětech Operativní management výroby, Řízení zásob, Procesní management a Projektový management v bakalářském studiu.

ZÁVĚR

Zaměření této dizertační práce je na oblast měření štihlosti výrobních procesů. Pojem štihlost vychází v odborné literatuře primárně z metody štihlé výroby, jako způsob měření pokroku ve využívání nástrojů této metody a jejich přínosů pro podnik. Nicméně v této práci je pojem štihlost používán v širším pojetí, kdy je považována za vlastnost výrobního procesu, která definuje míru jeho efektivity.

Práce vychází ze sekundárního výzkumu, kdy byla provedena rešerše odborné literatury v oblasti štihlé výroby a měření štihlosti výrobního procesu. Doplňkovou oblastí této rešerše byla stručná historie přístupů k řízení výroby, dále vliv štihlé výroby z pohledu makroekonomie na rozvoj státu a v neposlední řadě také vzájemné působení a ovlivňování štihlé výroby a Průmyslu 4.0.

Z rešerše literatury ve spojitosti s vlastními zkušenostmi z výrobní praxe vznikl ukazatel štihlosti postavený na době výroby - Lead Time Leanness Indicator. V dizertační práci je detailně popsán princip tohoto ukazatele, postup jeho výpočtu a také rozličné aspekty, které jej ovlivňují. Dále je prezentována provázanost ukazatele s některými základními nástroji štihlé výroby.

V další fázi bylo přistoupeno k primárnímu výzkumu, kdy za pomoci dotazníkového šetření byly získány odpovědi od 50 výrobních podniků. Na základě těchto dat došlo k testování možnosti používání ukazatele v širším měřítku. Byly zvoleny tři hypotézy tak, aby na jejich základě mohlo být rozhodnuto o univerzálnosti využití ukazatele LTLI napříč odlišnými typy výrobních podniků. Všechny tři hypotézy se podařilo na vzorku 50 podniků potvrdit.

Potvrzení hypotéz i celkový průběh dotazníkového šetření ukázal, že ukazatel LTLI je vhodným nástrojem pro měření štihlosti výrobních procesů. I když existují určité oblasti, kde nasazení tohoto ukazatele má svá omezení, u většiny běžných výrobních procesů se dá použít jako benchmark pro porovnávání různých podniků mezi sebou, může sloužit jako hodnotící kritérium při rozhodování o úrovni efektivity výrobních procesů a také pro stanovení cílové úrovně pro různé projekty zaměřené na zavádění nástrojů štihlé výroby nebo obecně optimalizaci výrobního procesu.

Pro ukázkou použití ukazatele LTLI v praxi byla zvolena forma případové studie, kdy byl na konkrétním výrobním podniku demonstrován možný přístup k analýze výrobního procesu. Za použití ukazatele LTLI byla stanovena současná úroveň štíhlosti a zároveň potenciály ke zlepšení. Tyto výsledky byly podpořeny analýzou za použití klasických ukazatelů a také za použití modifikované Value Stream Map, která potvrdila úroveň zjištěných potenciálů ke zlepšení. Na základě takto získaných informací byl navržen postup, jak by se mohl tento výrobní proces v budoucnu zlepšit.

Štíhlá výroba je celosvětový fenomén v oblasti optimalizace podnikových procesů. I když se nejedná o žádnou novinku, jsem přesvědčen, že její potenciály nejsou stále plně využity, a i na základě získaných informací z rozhovorů v průběhu výzkumu vím, že mnoho podniků nejen v České republice má velké rezervy v oblasti efektivity svých výrobních procesů. Věřím, že navržený ukazatel Lead Time Leanness Indicator může výrazně pomoci při odhalování těchto rezerv a že dokáže přispět ke zvýšení celkové efektivnosti výrobních podniků.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- AGRAWAL, R., ASOKAN, P. and VINODH, S. 2017. Benchmarking fuzzy logic and ANFIS approaches for leanness evaluation in an Indian SME: a case study. *Benchmarking: An International Journal*. Vol. 24, No. 4, pp. 973-993.
- ALEMI, M.A. and AKRAM, R. 2013. Measuring the leanness of manufacturing systems by using fuzzy TOPSIS: A case study of the 'Parizan Sanat' company. *South African Journal of Industrial Engineering*, Vol. 24, No. 3, pp. 166-174.
- ALI, R.M. and DEIF, A.M., 2014. Dynamic lean assessment for takt time implementation. *Procedia Cirp*, 17, pp. 577-581.
- AMIN, M.A., ALAM, M.R., ALIDRISI, H. and KARIM, M.A. 2021. A fuzzy-based leanness evaluation model for manufacturing organisations. *Production Planning & Control*, Vol. 32, No. 11, pp. 959-974.
- ANVARI, A., ZULKIFLI, N. and YUSUFF, R.M. 2013. A dynamic modeling to measure lean performance within lean attributes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 66, No. 5-8, pp. 1-15.
- ASKIN, R.G. and GOLDBERG, J.B. 2007. Design and analysis of lean production systems. *John Wiley & Sons*.
- AZADEH, A., ZARRIN, M., ABDOLLAHI, M., NOURY, S. and FARAHMAND, S., 2015. Leanness assessment and optimization by fuzzy cognitive map and multivariate analysis. *Expert Systems with Applications*, Vol. 42, No. 15-16, pp. 6050-6064.
- BAYOU, M.E. and DE KORVIN, A. 2008. Measuring the leanness of manufacturing systems—a case study of Ford Motor Company and General Motors. *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 25, No. 4, pp. 287-304.
- BEHROUZI, F. and WONG, K.Y. 2011. Lean performance evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach. *Procedia Computer Science*, Vol. 3, pp. 388-395.
- BHADURY, B, 2000. Management of productivity through TPM. *Productivity*. Vol. 41, No. 2, pp. 240-251.

- BHAMU, J. and SANGWAN, K.S., 2014. Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 34, No. 7, pp. 876-940.
- BHASIN, S. 2011. Measuring the Leanness of an organisation. *International journal of lean six sigma*, Vol. 2, No. 1, pp. 55-74.
- BICHENO, J. 2004. *The Lean Toolbox, Buckingham: PICSIE books.*
- BIDHENDI, S.S., GOH, S. and WANDEL, A. 2019. Development of a weighted leanness measurement method in modular construction companies. *Journal of Industrial Engineering International*. Vol. 15, No. 4, pp. 603-625.
- BONNEY, M.C., ZHANG, Z., HEAD, M.A., TIEN C.C. and BARSON, R.J. 1999. Are push and pull systems really so different?. *International Journal of Production Economics*, Vol. 59, No. 1-3, pp. 53-64.
- BROY, M. 2010. *Cyber-Physical Systems: Innovation durch softwareintensive eingebettete Systeme, Springer Verlag.*
- BROY, M. 2013. Engineering Cyber-Physical Systems: Challenges and Foundations. In: Aiquier M, Caseau Y, Krob D, Rauzy A, editors. *Complex Systems Design & Management*. Berlin: Springer; 2013. pp. 1-13.
- BS 5192: Guide to production Control Part I: 1993, *British Standards Institution*, London.
- BUER, S. V., STRANDHAGEN, J.O., and CHAN, F.T.S. 2018. The Link Between Industry 4.0 and Lean Manufacturing: Mapping Current Research and Establishing a Research Agenda. *International Journal of Production Research*. Vol. 56, No. 8, pp. 2924–2940.
- BUNKLEY, N. 2009. Toyota ahead of GM in 2008 sales. *The New York Times*, 21 January.
- CHANDLER, A.D., Jr. 1997. *The visible hand; the managerial revolution in American business*, Cambridge, MA: *Bellknap Press.*
- CHAUHAN, G. and SINGH, T.P. 2012. Measuring parameters of lean manufacturing realization. *Measuring Business Excellence*, Vol. 16, No. 13, pp. 57-71.

- CHAVA, F.N. and DAVID, N. 1996. Research methods in the social sciences. *University of Wilsconsin*, London.
- CHAY, T., TIWARI, Y. and CHAY, F. 2015. Towards lean transformation: the analysis of lean implementation frameworks, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 66 No. 26, pp. 1031-1052.
- COCCA P., MARCIANO F., ALBERTI M. and SCHIAVINI D. 2019. Leanness measurement methods in manufacturing organisations: a systematic review, *International Journal of Production Research*. Vol. 57, No. 15-16, pp. 5103-5118.
- COMM, C.L. and MATHAISEL, D.F. 2000. A paradigm for benchmarking lean initiatives for quality improvement. *Benchmarking: An International Journal*. Vol. 7, No. 2, pp. 118-128.
- CROSS, K. F. and LYNCH, R. L. 1988. The SMART way to define and sustain success. *National productivity review*. Vol. 8, No.1, pp. 23-33.
- DAHDA, S.S., ANDESTA, D. and WICAKSONO, A.S. 2020. Measuring leanness index using fuzzy logic approach. *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1469, No. 1, 012040.
- D'AVENI, R.A. 1994. Hyper-Competition. *Simon & Schuster*. New York, NY.
- DAVID, R., STAHRÉ, J., WUEST, T., NORAN, O., BERNUS, P., FAST-BERGLUND, Å. and GORECKY, D. 2016. Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies. *Proceedings of International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE46)*. Tianjin. pp. 29-31.
- DEIF, A., 2012. Assessing lean systems using variability mapping. *Procedia Cirp*, 3, pp. 2-7.
- DEMING, W.E. 1986. Out of the crisis. *Massachusetts Institute of Technology*. MIT Press. Cambridge, MA.
- DENISON, E.F. 1962. The sources of economic growth in the United States and the alternatives before us. *New York: Comittee for economic development*.

- DARESTANI, S.A. and SHAMAMI, N.H. 2019. Performance evaluation of lean production based on balanced score card method using ANP and SIR: a case from Iranian home appliance industry. *Opsearch*. Vol. 56, No. 3, pp. 717-738.
- DETTY, R.B. and YINGLING, J.C. 2000. Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: a case study. *International Journal of Production Research*. Vol. 38, No. 2, pp. 429-445.
- DINERO, D. 2005. Training Within Industry: The Foundation of Lean. *Productivity Press*, New York, NY.
- DISMAN, M. 2002. Jak se vyrábí nová sociologická znalost. *Karolinum*, Praha.
- DIXON, J.R., NANNI, A.J. and VOLLMAN, T.E. 1990. The new performance challenge: measuring operations for world class competition. *Dow Jones-Irwin, Homewood*.
- DOOLEN, T.L. and HACKER, M.E. 2005. A review of lean assessment in organizations: an exploratory study of lean practices by electronics manufacturers. *Journal of Manufacturing systems*, Vol. 24, No. 1, pp. 55-67.
- EDQUIST C., HOMMEN, L. and MCKELVEY, M. D. 2001. Innovation and employment: Process versus product innovation. *Edward Elgar Publishing*.
- EMILIAN B., STEC D., GRASSO L. and STODDER J. 2002. Better Thinking, Better Results: Using the Power of Lean as a Total Business Solution. *Center for Lean Business Management*, Kensington Connecticut.
- FARIAS, L.M.S., SANTOS, L.C., GOHR, C.F. and ROCHA, L.O. 2019. An ANP-based approach for lean and green performance assessment. *Resources, Conservation and Recycling*. 143, pp. 77-89.
- FOGARTY, D.W. 1992. Work in process: performance measures. *International Journal of Production Economics*. Vol. 26, No. 1-3, pp. 169-172.
- FOWLER, J.W., HOGG, G.L. and MASON, S.J. 2002. Workload control in the semiconductor industry. *Production Planning and Control*, Vol. 13, No. 7, pp. 568-578.

- FULLERTON, R.R., MCWATTERS, C.S. and FAWSON, C. 2003. An examination of the relationships between JIT and financial performance. *Journal of Operations Management*. Vol. 21, No. 4, pp. 383–404.
- GÁSPÁR, S., THALMEINER, G., BARTA, Á. and ZÉMAN, Z. 2022. Development of a Fuzzy Controlling Model to Measure the Leanness of Manufacturing Systems. *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 19, No. 4, pp. 189-207.
- GODDARD, W.E. and BROOKS, R.B. 1984. Just-in-time: a goal for MRP II. *Readings in Zero Inventory*, Conference Proceedings APICS, 1984.
- GOODSON, R.E. 2002. Read a plant-fast. *Harvard business review*, Vol. 80, No. 5, pp. 105-113.
- GRAVES, R., KONOPKA, J.M. and MILNE, R.J. 1995. Literature review of material flow control mechanisms. *Production Planning and Control*, Vol. 6, No. 5, pp. 395–403.
- GRÖBNER, M. 2007. Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Just-in-time-, Just-in-sequence und One-piece-flow-Fertigungskonzepten. In Dickmann, P. (ed) *Schlanker Materialfluss: mit Lean Production, Kanban und Innovationen*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Vieweg. pp. 14–17.
- GURUMURTHY, A. and KODALI, R. 2009. Application of benchmarking for assessing the lean manufacturing implementation. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 16, No. 2, pp. 274-308.
- HALL, R.E. and JONES, C.I. 1999. Why do some countries produce so much more output per worker than others? *Quarterly Journal of Economics*. Vol. 114, No. 1, pp. 83-116.
- HENDL, J. 2016. Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace - čtvrté, přepracované a rozšířené vydání. *Praha: Portál*.
- HERMANN, M., PENTEK, T. and OTTO, B. 2016. Design principles for Industrie 4.0 scenarios. *Proceedings of 2016 49th Hawaii international conference on systems science*. January 5–8, Maui, Hawaii.
- HOFER, C., EROGLU, C. and HOFER, A.R. 2012. The effect of lean production on financial performance: The mediating role of inventory leanness. *International Journal of Production Economics*. Vol. 138, No. 2, pp. 242-253.

- HOFMANN, E. 2010. Linking corporate strategy and supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 40, No. 4, pp. 256-276.
- HONGLIANG, Z. and ERSHI, Q. 2009. Appraisal of lean production's implementation. *2009 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 771-774.
- HOPP, W.J. and SPEARMAN, M.L. 2004. To pull or not to pull: what is the question? *Manufacturing and Service Operations Management*. Vol. 6, No. 2, pp. 133-148.
- HOPP, W.J. and SPEARMAN, M.L. 2008. Factory physics - 3rd edition. *New York: The McGraw-Hill/Irwin*.
- HU, S.J. 2013. Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization. na konferenci *Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems 2013*, Procedia CIRP 7. pp. 3–8.
- HUNTZINGER, J. 2002. The roots of lean – training within industry: the origin of Japanese management and Kaizen. *Target*. Vol. 18, No. 4, pp. 6-9.
- JADHAV, J.R., MANTHA, S.S. and RANE, S.B. 2014. Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 5, No. 2, pp. 122-148.
- JASTI, N.V.K and KODALI, R. 2015. Lean production: literature review and trends. *International Journal of Production Research*, Vol. 53, No. 3, pp. 867-885.
- JAYARAM, J., VICKERY, S. and DROGE, C. 2008. Relationship building, lean strategy and firm performance: an exploratory study in the automotive supplier industry. *International Journal of Production Research*. Vol. 46, No. 20, pp. 5633–5649.
- JUNIOR, M.L. and FILHO, M.G. 2010. Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal Production Economics*, Vol. 125, No. 1, pp. 13-21.
- KAJDAN, V. 2008. Bumpy road to lean enterprise. *Total Quality Management*, Vol. 19, No. 1-2, pp. 91-99.
- KANJI, G.K. 1990. Total quality management: the second industrial revolution. *Total quality management*. Vol. 1, No. 1, pp. 3-11.

- KAPLAN, R.S., and NORTON, D.P. 1992. The balanced scorecard: measures that drive performance. *Harvard Business Review*, January-February 1992, pp. 71-79.
- KERLINGER, F.N. 1972. Základy výzkumu chování: pedagogický a psychologický výzkum. *Academia*.
- KOJIMA, S. and KAPLINSKY, R. 2004. The use of a lean production index in explaining the transition to global competitiveness: the auto components sector in South Africa. *Technovation*, Vol. 24, No. 3, pp. 199-206.
- KOLBERG, D. and ZÜHLKE, D. 2015. Lean automation enabled by industry 4.0 technologies. *IFAC-PapersOnLine*. Vol. 48, No. 3, pp. 1870-1875.
- KOREN, Y., JOVANE, F., HEISEL, U., MORIWAKI, T., PRITSCHOW, G., ULSOY, A.G. and VAN BRUSSEL, H. 1999. Reconfigurable Manufacturing Systems. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*. Vol. 48, No. 2, pp. 6-12.
- KOŘENÁŘ, V. 2002. Stochastické procesy. *Vysoká škola ekonomická v Praze*.
- KRAFCIK, J. 1988. The triumph of the lean production system. *Sloan Management Review*, Vol. 30, No. 1, pp. 41-52.
- KRISHNAMURTHY, A. and CHAN, W.K.V. 2013. Investigating the impact of the dynamics associated with increasing responsiveness level on leanness. *Proceedings of the 2013 industrial and systems engineering research conference*, San Juan, 18-22 May.
- KUMAR, S., SINGH, B., QADRI, M.A., KUMAR, Y.S. and HALEEM, A. 2013. A framework for comparative evaluation of lean performance of firms using fuzzy TOPSIS. *International Journal of productivity and quality management*, Vol. 11, No. 4, pp. 371-392.
- LANDSCHEIDT, S. and KANS, M. 2016. Automation practices in wood product industries: lessons learned, current practices and future perspectives. *Proceedings of the 7th Swedish Production Symposium SPS*, Lund, October 25–27.
- LASI, H., FETTKE, P., KEMPER, H-G., FELD, T. and HOFFMANN, M. 2014. Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*. Vol. 6, No. 4, pp. 239-242.
- LEE, H. and TANG, C. 1997. Modelling the Costs and Benefits of Delayed Product Differentiation. *Management Science*. Vol. 43, No. 1, pp. 40-53.

- LEYH, C., MARTIN, S. and SCHÄFFER, T. 2017. Industry 4.0 and Lean Production— A matching relationship? An analysis of selected Industry 4.0 models. In 2017 *Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*. p. 989-993. IEEE.
- LI, S., RAGU-NATHAN, B., RAGU-NATHAN, T. S. and SUBBA, R. S. 2006. The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance. *Omega*. Vol. 34, No. 2, pp. 107-124.
- LIKER, J. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill, NY.
- LITTLE, J.D.C. 1961. A proof for the queuing formula: $L=\lambda W$. *Operations Research*. Vol. 9, No. 3, pp. 383-387.
- LITTLE, J.D.C. 2011. Little's Law as Viewed on Its 50th Anniversary. *Operations Research*. Vol. 59, No. 3, pp. 536-549.
- LUCAS, R.E. 1993. Making a miracle. *Econometrica*. Vol. 61, No. 2, pp. 21-72.
- LUCATO, W.C., CALARGE, F.A., JUNIOR, M.L. and CALADO, R.D. 2014. Performance evaluation of lean manufacturing implementation in Brazil. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 63, No. 5, pp. 529-549.
- MABIN, V.J. and BALDERSTONE, S.J. 2003. The performance of the theory of constraints methodology: analysis and discussion of successful TOC applications. *International Journal of Operations and Production Management*. Vol. 23, No. 6, pp. 568-595.
- MANSFIELD, E. 1968. *The economics of technological change*. New York: Norton.
- MARELLI, E. and SIGNORELLI, M. 2010. Employment, productivity and models of growth in the EU. *International Journal of Manpower*. Vol. 31, No. 7, pp. 732-754.
- MARTÍNEZ SÁNCHEZ, A. and PÉREZ PÉREZ, M. 2001. Lean indicators and manufacturing strategies. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 21, No. 11, pp.1433-1452.
- MATAWALE, C.R., DATTA, S. and MAHAPATRA, S.S. 2014. Leanness estimation procedural hierarchy using interval-valued fuzzy sets (IVFS). *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 21, No. 2, pp. 150-183.

- MCIVOR, R. 2001. Lean supply: the design and cost reduction dimensions. *European Journal of Purchasing & Supply Management*. Vol. 7, No. 4, pp. 227-242.
- MENARD, C. 1996. Why organizations matter: a journey away from the fairytale. *Atlantic Economic Journal*. Vol. 24, No. 4, pp. 281-300.
- MILGROM, P. and ROBERTS, J. 1990. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization. *The American Economic Review*. Vol. 80, No. 3, pp. 511-528.
- MILTENBURG, J. 1993. A theoretical framework for understanding why JIT reduces cost and cycle time and improves quality. *International Journal of Production Economics*. Vol. 30, No. 31, pp. 195-204.
- MIRAGLIOTTA, G., PEREGO, A. and TUMINO, A. 2012. Internet of things: smart present or smart future. *Proceedings of XVII Summer School Francesco Turco*.
- MOLNÁR, Z., MILDEOVÁ, S., ŘEZANKOVÁ, H., BRXÍ, R. and KALINA, J. 2012. Pokročilé metody vědecké práce. *Zeleneč: Profess Consulting*.
- MRUGALSKA, B. and WYRWICKA, M.K. 2017. Towards lean production in industry 4.0. *Procedia engineering*, 182, pp. 466-473.
- MUSCATEILO, J.R., SMALL, M.H. and CHEN, I.J. 2003. Implementing Enterprise Resource Planning (ERP) systems in small and midsize manufacturing firms. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 23, No. 8, pp. 850-871.
- MURINO, T., NAVIGLIO, G., ROMANO, E., GUERRA, L., REVETRIA, R., MOSCA, R. and CASSETTARI, L.C. 2012 *Conference: Applied Mathematics in Electrical and Computer Engineering*, pp. 371-376.
- NAKAJIMA, S. 1989. TPM development Program: Implementing Total Productive Maintenance. *Productivity Press*. United States of America.
- NARASIMHAN, R., SWINK, M. and KIM, S.W. 2006. Disentangling leanness and agility: an empirical investigation. *Journal of Operations Management*. Vol. 24, No. 1, pp. 440-457.

- NARAYANAMURTHY, G. and GURUMURTHY, A. 2016. Systemic leanness: an index for facilitating continuous improvement of lean implementation. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 27, No. 8, pp. 1014-1053.
- NAYLOR, J.B., NAIM, M.M. and BERRY, D. 1999. Leagility: integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International Journal of Production Economics*. Vol. 62, No. 1, pp. 107-118.
- NIGHTINGALE, D.J. and MIZE, J.H. 2002. Development of a lean enterprise transformation maturity model. *Information Knowledge Systems Management*. Vol. 3, No. 1, pp. 15-30.
- NIU, Z.W., ZUO, B. and LI, W.H. 2010. Lean production and its application assessment using Set Pair Analysis. *IEEE 17th international conference on industrial engineering and engineering management*, pp. 532-536.
- OHNO, T. 1988. Toyota production system: Beyond large-scale production. *CRC Press*.
- PACK H. 1994. Endogenous growth Theory: intellectual appeal and empirical shortcomings. *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 8, No. 1, pp. 55-72.
- OMOGBAI, O. and SALONITIS, K. 2016. A lean assessment tool based on systems dynamics. *Procedia CIRP*, 50, pp. 106-111.
- PAKDIL, F. and LEONARD, K.M. 2014. Criteria for a lean organisation: development of a lean assessment tool. *International Journal of Production Research*, Vol. 52, No. 15, pp. 4587-4607.
- PAVNASKAR, S.J., GERSHENSON, J.K. and JAMBEKAR, A.B. 2003. Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*. Vol. 41, No. 13, pp. 3075-3090.
- PERNICA, P. 2005. Logistika pro 21. století (Supply chain management). *Praha: Radix*.
- PLENERT, G. 1999. Focusing material requirements planning (MRP) towards performance. *European Journal of Operational Research*. Vol. 119, No. 1, pp. 91-99.
- QING HU, MASON, R., WILLIAMS, S.J. and FOUND, P. 2015. Lean implementation within SMEs: a literature review. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 26, No. 7, pp. 980-1012.

- REICHEL, J. 2009. Kapitoly metodologie sociálních výzkumů. vyd. 1. *Praha: Grada*.
- ROSIN, F., FORGET, P., LAMOURI, S. and PELLERIN, R. 2020. Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research*. Vol. 58, No. 6, pp. 1644-1661.
- ROSSINI, M., COSTA, F., TORTORELLA, G.L. and PORTIOLI-STAUDACHER, A. 2019. The interrelation between Industry 4.0 and lean production: an empirical study on European manufacturers. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 102, No. 9, pp. 3963-3976.
- SACHS, J., and VIAL, J. 2001. Can latin america compete? *The latin american competitiveness report, 2001-2002*, edited by J. Vial and P. Cornelius, pp. 10-29.
- SALEESHYA, P.G. and BINU, M., 2019. A neuro-fuzzy hybrid model for assessing leanness of manufacturing systems. *International Journal of Lean Six Sigma*. Vol. 10, No. 1, pp. 473-499.
- SAMUEL, D., FOUND, P. and WILLIAMS, S.J. 2015. How did the publication of the book *The Machine That Changed The World* change management thinking? Exploring 25 years of lean literature. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 35, No. 10, pp. 1386-1407.
- SANATI, F. and SEYEDHOSEINI, S.M. 2008. New concept in leanness development and assessment in plant life cycle (PLC). *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, Vol. 19, No. 1, pp. 57-65.
- SANDERS, A., ELANGESWARAN, C. and WULFSBERG, J.P. 2016. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*. Vol. 9, No. 3, pp. 811-833.
- SANGWA, N.R. and SANGWAN, K.S. 2018. Development of an integrated performance measurement framework for lean organizations. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 29, No. 1, pp. 41-84.

- SANIDAS, E. 2002. Manufacturing Sectoral Growth in the USA and Japan: Relevance to SMEs. Organizational Innovations (OIs), and Recent Economic Growth. Working paper, *University of Wollongong, Department of Economics, and Proceedings of the Second Conference on 'SMEs in a Global Economy'*, 12-13 July, 2002, Wollongong.
- SANIDAS, E. 2004. Impact of the Lean Production System on Economic Growth: Evidence from US Manufacturing Industries. *International Journal of Applied Business and Economic research*. Vol. 2, No. 1, pp. 21-45.
- SANIDAS, E. and SHIN, W. 2017. Lean production system and economic development across the world today. *International Journal of Economics & Management Sciences*. Vol. 6, No. 6.
- SANTOS BENTO, G.D. and TONTINI, G. 2018. Developing an instrument to measure lean manufacturing maturity and its relationship with operational performance. *Total Quality Management & Business Excellence*. Vol. 29, No. 9-10, pp. 977-995.
- SARTAL, A., LLACH, J., VÁZQUEZ, X.H. and de CASTRO, R. 2017. How much does Lean Manufacturing need environmental and information technologies? *Journal of Manufacturing Systems*. Vol. 45, pp. 260-272.
- SAUNDERS, M., LEWIS, P. and THORNHILL, A. 2009. Research methods for business students. 5. vydání, *New York: Prentice Hall*.
- SCHONBERGER, R.J. 2007. Japanese production management: an evolution – with mixed success. *Journal of Operations Management*. Vol. 25, No. 2, pp. 403-419.
- SCHONBERGER, R.J. 2019. The disintegration of lean manufacturing and lean management. *Business Horizons*. Vol. 62, No. 3, pp. 359-371.
- SEZEN, B., KARAKADILAR, I.S. and BUYUKOZKAN, G. 2012. Proposition of a model for measuring adherence to lean practices: applied to Turkish automotive part suppliers. *International Journal of Production Research*, Vol. 50, No. 14, pp. 3878-3894.
- SHAH, R. and WARD, P.T. 2003. Lean manufacturing: context, practice bundles, and Performance. *Journal of Operations Management*. Vol. 21, No. 2, pp. 129-149.
- SHAH, R. and WARD, P.T., 2007. Defining and developing measures of lean production. *Journal of operations management*. Vol. 25, No. 4, pp. 785-805.

- SHETTY, D., ALI, A. and CUMMINGS, R. 2010. Survey-based spreadsheet model on lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1, No. 4, pp. 310-334.
- SHROUF, F., ORDIERES, J. and MIRAGLIOTTA, G. 2014. Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In *2014 IEEE international conference on industrial engineering and engineering management*. pp. 697-701.
- SIEPMANN, D. and GRAEF, N. 2016. Industrie 4.0–Grundlagen und Gesamtzusammenhang. In *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0*. pp. 17-82.
- SILVÉRIO, L., TRABASSO, L.G. and PEREIRA PESSÔA, M.V. 2020. A roadmap for a leanness company to emerge as a true lean organization. *Concurrent Engineering*. Vol. 28, No. 1, pp. 3-19.
- SORIANO-MEIER, H. and FORRESTER, P.L. 2002. A model for evaluating the degree of leanness of manufacturing firms. *Integrated manufacturing systems*, Vol. 13, No. 2, pp. 104-109.
- SPEARMAN, M.L., HOPP, W.J. and WOODRUFF, D.L. 1989. A hierarchical control architecture for CONWIP production systems. *Journal of Manufacturing and Operations Management*. Vol. 2, No. 3, pp. 147-171.
- SRINIVASARAGHAVAN, J. and ALLADA, V. 2006. Application of mahalanobis distance as a lean assessment metric. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 29, No. 11, pp. 1159-1168.
- STEVENSON, M., HENDRY, L.C. and KINGSMAN, B.G. 2005. A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. *International Journal of Production Research*. Vol. 43, No. 5, pp. 869-898.
- STIGLITZ, J.E. 1996. Some lessons from the east asian miracle. *The World Bank Research Observer*. Vol. 11, No. 2, pp. 15-77.
- SUN, S. 2011. The strategic role of lean production in SOE's Development. *International Journal of Business and Management*, Vol. 6, No. 2, pp. 160-168.

- SUSILAWATI, A., TAN, J., BELL, D. and SARWAR, M. 2013. Develop a framework of performance measurement and improvement system for lean manufacturing activity. *3rd International Conference on Trends in Mechanical and Industrial Engineering*, January. pp. 8-9.
- SWAMIDASS, P.M. 2007. The effect of TPS on US manufacturing during 1981–1998: inventory increased or decreased as a function of plant performance. *International Journal of Production Research*. Vol. 45, No. 16, pp. 3763-3778.
- TAJ, S. 2005. Applying lean assessment tools in Chinese hi-tech industries. *Management Decision*, Vol. 43, No. 4, pp. 628-643.
- TARDIF, V. and MAASEIDVAAG., L. 2001. An adaptive approach to controlling Kanban systems. *European Journal of Operational Research*. Vol. 132, No. 2, pp. 411-424.
- TAYAKSI, C., SAGNAK, M. and KAZANCOGLU, Y. 2020. A New Holistic Conceptual Framework for Leanness Assessment. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*. Vol. 5, No. 4, pp. 567-590.
- TAYLOR, F.W. 1911. The principles of scientific management. New York: *Harper & Brothers*.
- TAYLOR, L.J. 2002. A comparison of buffer management systems and associated equipment utilizations. *Work Study*. Vol. 51, No. 6, pp. 287-296.
- TODOROV, M., JOVANOSKI, B. and MINOVSKI, R. 2019. Key Performance Indicators for Lean: Literature Review and Recommendations. *International Journal of Modern Studies in Mechanical Engineering*. Vol. 5, No. 1, pp. 27-36.
- TOMMELEIN, I.D. 2014. Journey towards lean construction: pursuing a paradigm shift. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 141, No. 6.
- TORTORELLA, G.L. and FETTERMANN, D. 2018. Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*. Vol. 56, No. 8, pp. 2975-2987.

- TORTORELLA, G.L., GIGLIO, R. and VAN DUN, D.H. 2019. Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvement. *International journal of operations & production management*. Vol. 39, No. 6/7/8, pp. 860-886.
- TUČEK, D and DLABAČ, J. 2012. Lean production systems in practice. In *Proceedings of the 6th international conference on Applied Mathematics, Simulation, Modelling*. pp. 161-166.
- URBAN, W., 2015. The lean management maturity self-assessment tool based on organizational culture diagnosis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Vol. 213, pp. 728-733.
- VENKATESH, K., ZHOU, M.C., KAIGHOBADI, M. and CAUDILL, R. 1996. A Petri net approach to investigating push and pull paradigms in flexible factory automated systems. *International Journal of Production Research*. Vol. 34, No. 3, pp. 595-620.
- VIMAL, K.E.K. and VINODH, S. 2012. Leanness evaluation using IF–THEN rules. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 63, No. 1, pp. 407-413.
- VIMAL, K.E.K. and VINODH, S., 2013. Application of artificial neural network for fuzzy logic based leanness assessment. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 24, No. 2, pp. 274-292.
- VINODH, S. and BALAJI, S.R. 2011. Fuzzy logic based leanness assessment and its decision support system. *International Journal of Production Research*. Vol. 49, No. 13, pp. 4027-4041.
- VINODH, S. and VIMAL, K.E.K. 2012. Thirty criteria based leanness assessment using fuzzy logic approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 60, No. 9, pp. 1185-1195.
- VOSS, C.A. 1995. Alternative paradigms for manufacturing strategy. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 15, No. 4, pp. 5-16.
- WAGNER, T., HERRMANN, C. and THIEDE, S. 2017. Industry 4.0 impacts on lean production systems. *Procedia Cirp*. Vol. 63, pp. 125-131.

- WAN, H.D. and CHEN, F. F. 2008. A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives. *International Journal of Production Research*. Vol. 46, No. 23, pp. 6567-6584.
- WAN, H., and F. F. CHEN. 2009. Decision Support for Lean Practitioners: A Web-Based Adaptive Assessment Approach. *Computers in Industry*. Vol. 60, No. 4, pp. 277–283.
- WICKRAMASINGHE, G.L.D. and WICKRAMASINGHE, V. 2017. Implementation of lean production practices and manufacturing performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 28, No. 4, pp. 531-550.
- WOMACK, J.P., JONES, D.T. and ROOS, D. 1990. *The Machine That Changed The World*. Rawson Associates, NY.
- WOMACK, J.P. and JONES, D.T. 1994. From Lean Production to the Lean Enterprise. *Harvard Business Review*. Vol. 72, No. 2, pp. 93–103.
- WOMACK, J.P. and JONES, D.T. 1996. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster, New York, NY.
- WONG, W.P., IGNATIUS, J. and SOH, K.L. 2014. What is the leanness level of your organisation in lean transformation implementation? An integrated lean index using ANP approach. *Production Planning & Control*. Vol. 25, No. 4, pp. 273-287.
- YADAV, V., KHANDELWAL, G., JAIN, R. and MITTAL, M.L. 2019. Development of leanness index for SMEs. *International Journal of Lean Six Sigma*. Vol. 10, No. 1, pp. 397-410.
- ZANJIRCHI, S.M., TOORANLO, H.S. and NEJAD, L.Z. 2010. Measuring organizational leanness using fuzzy approach. *Proceedings of the 2010 international conference on industrial engineering and operations management, Dhaka, January 9-10*, pp. 144-156.

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Schéma hodnocení nástrojů štíhlé výroby	42
Obrázek č. 2: Model excellence EFQM.....	45
Obrázek č. 3: Výkonnostní pyramida	51
Obrázek č. 4: Formulář pro zadání vstupních dat pro výpočet ukazatele LTLI	76
Obrázek č. 5: Výsledky výpočtu ukazatele LTLI.....	78
Obrázek č. 6: Schéma výrobního procesu	85
Obrázek č. 7: Logo firmy Hettich	124
Obrázek č. 8: Schéma dodavatelského řetězce zinkové výroby	128
Obrázek č. 9: Surový zinek ve formě cihel.....	129
Obrázek č. 10: Díly před povrchovou úpravou.....	130
Obrázek č. 11: Ukázka hotového výrobku vzniklého montáží několika zinkových dílů a dalších komponent	131
Obrázek č. 12: Schéma zinkového výrobního procesu.....	131
Obrázek č. 13: Produkt vzniklý na zinkovém lisu	132

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

TABULKA Č. 1: POČTY PODNIKŮ ÚČASTNÍCÍCH SE PRŮZKUMU	96
TABULKA Č. 2: ROZDĚLENÍ PODNIKŮ DLE PŘÍTOMNOSTI	96
TABULKA Č. 3: ROZDĚLENÍ PODNIKŮ DLE VELIKOSTI PODLE POČTU ZAMĚSTNANCŮ	97
TABULKA Č. 4: ROZDĚLENÍ PODNIKŮ DLE ODVĚTVÍ PRŮMYSLU	97
TABULKA Č. 5: VYUŽÍVÁNÍ NÁSTROJŮ ŠTÍHLÉ VÝROBY	98
TABULKA Č. 6: VYUŽÍVÁNÍ NÁSTROJŮ ŠTÍHLÉ VÝROBY DLE VELIKOSTI A PŘÍTOMNOSTI PODNIKU	100
TABULKA Č. 7: VYUŽÍVÁNÍ NÁSTROJŮ ŠTÍHLÉ VÝROBY DLE ODVĚTVÍ PRŮMYSLU	100
TABULKA Č. 8: ÚROVEŇ ŠTÍHLosti DLE VELIKOSTI A PŘÍTOMNOSTI PODNIKU	101
TABULKA Č. 9: ÚROVEŇ ŠTÍHLosti DLE ODVĚTVÍ PRŮMYSLU	101
TABULKA Č. 10: VÝSLEDKY REGRESNÍ ANALÝZY	107
TABULKA Č. 11: POROVNÁNÍ VÝSLEDKU REGRESNÍ ANALÝZY S ÚROVNÍ VYUŽÍVÁNÍ NÁSTROJŮ ŠTÍHLÉ VÝROBY	108
TABULKA Č. 12: VÝSLEDKY KORELAČNÍ ANALÝZY V RÁMCI JEDNOTLIVÝCH ODVĚTVÍ PRŮMYSLU	110
TABULKA Č. 13: POČTY ARTIKLŮ DLE SKUPIN	133
TABULKA Č. 14: VÝSLEDKY MANUÁLNÍHO SLEDOVÁNÍ DOBY VÝROBY	139
TABULKA Č. 15: VÝSLEDKY STANOVENÍ UKAZATELE ŠTÍHLosti LTLI	149
TABULKA Č. 16: VÝSLEDKY MAPOVÁNÍ MATERIÁLOVÝCH TOKŮ	154

SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

Graf č. 1: Procentuální zastoupení typu průmyslu ve výzkumu	98
Graf č. 2: Využívání nástrojů štihlé výroby	99
Graf č. 3: Výsledek korelační analýzy mezi úrovní štihlosti a úrovní využívání nástrojů štihlé výroby	104
Graf č. 4: Výsledek korelační analýzy středních hodnot štihlosti a úrovně využívání nástrojů štihlé výroby dle odvětví průmyslu	109
Graf č. 5: Výsledek korelační analýzy pro odvětví strojírenství	111
Graf č. 6: Vývoj zásob	134
Graf č. 7: Vývoj pojistných zásob	135
Graf č. 8: Analýza doby výroby	141
Graf č. 9: Vývoj obrátky zásob	142
Graf č. 10: Vývoj termínového plnění	144
Graf č. 11: Vývoj OEE	145
Graf č. 12: Porovnání struktury OEE v roce 2019 a 2020	146
Graf č. 13: Vývoj poruchovosti strojů	147
Graf č. 14: Vývoj nákladů na nekvalitu	148

SEZNAM ZKRATEK

5S

AHP - Analytical Hierarchy Process

ANFSI - Adaptive neuro-fuzzy inference system

ANN - Artificial Neural Network

ANP - Analytic network process

APS - Advanced Planning and Scheduling system

BOM - Bill Of Materials

BSC - Balanced Scorecard

CAD - Computer Aided System

CONWIP - Constant Work In Process

CT - Cycle time

DBR - Drum-Buffer-Rope

DEA - Data envelopment analysis

EFQM - European Foundation for Quality Management

ERP - Enterprise resources planning

ISM-ANP - Interpretive structural modelling – analytical network process

JIT - Just-in-time

KPI - Key Performance Indicator – klíčový ukazatel výkonnosti

LESAT - Lean enterprise self-assessment tool

LT - Lead time (doba výroby)

LTLI - Lead Time Leanness Indicator

MCE - Manufacturing cycle efficiency index

MIT - Massachusetts Institute of Technology

MPS - Master Production Schedule

MRP – Material Requirements Planning

MRP II - Manufacturing resources planning

OEE - Overall Equipment Effectiveness

PDCA - Plan-Do-Check-Act

PMIS - Performance Measurement and Improvement System

PMQ - Performance Measurement Questionnaire

PPM - Parts Per Million

SMART - Strategic Measurement Analysis and Reporting Technique

SMED - Single Minute Exchange of Die
TH - Throughput
TOC - Theory of Constraints
TOPSIS - Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
TPM - Total Productive Maintenance
TQM - Total quality management
VAE - Value Added Efficiency index
VSD - Value Stream Design
VSM – Value Stream Mapping
WCM - World Class Manufacturing
WIP – Work In Process (někdy také Work In Progress)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Hodnoty zásob v měsících.....	185
Příloha č. 2: Hodnota pojistných zásob v měsících	186
Příloha č. 3: Hodnoty obrátky zásob v měsících	187
Příloha č. 4: Pomocná tabulka pro vyplňování sekce o úrovni využívání jednotlivých nástrojů štihlé výroby v dotazníku	188
Příloha č. 5: Kategorizace produktů podle technologického postupu (s povrchovými úpravami).....	189
Příloha č. 6: Kategorizace produktů podle technologického postupu (bez povrchových úprav).....	190
Příloha č. 7: Přehled rozpracované výroby dle skupin produktů a operací	191
Příloha č. 8: Modifikovaná Value Stream Map pro zinkovou výrobu.....	192
Příloha č. 9: Informační leták s průběžnými výsledky využitý pro propagaci výzkumu	193
Příloha č. 10: Výpočet LTLI pro produkt č. 1	194
Příloha č. 11: Výpočet LTLI pro produkt č. 2	195
Příloha č. 12: Výpočet LTLI pro produkt č. 3	196
Příloha č. 13: Výpočet LTLI pro produkt č. 4	197
Příloha č. 14: Životopis.....	198
Příloha č. 15: Publikační činnost	200

Příloha č. 1: Hodnoty zásob v měsících

Vývoj zásob (tis. Kč)	leden 19	únor 19	březen 19	duben 19	květen 19	červen 19	červenec 19	srpen 19	září 19	říjen 19	listopad 19	prosinec 19
Hotové výrobky	22 699 Kč	19 753 Kč	20 470 Kč	21 751 Kč	18 601 Kč	17 029 Kč	18 042 Kč	19 347 Kč	19 838 Kč	22 352 Kč	23 425 Kč	21 713 Kč
Nakupované díly	6 112 Kč	6 553 Kč	8 244 Kč	7 935 Kč	8 083 Kč	8 028 Kč	9 182 Kč	9 752 Kč	8 550 Kč	7 794 Kč	8 638 Kč	9 372 Kč
Surový zinek	4 846 Kč	3 805 Kč	4 772 Kč	6 369 Kč	3 199 Kč	3 400 Kč	3 999 Kč	3 675 Kč	4 477 Kč	4 255 Kč	5 541 Kč	12 129 Kč
Polotovary	18 074 Kč	20 265 Kč	22 761 Kč	20 229 Kč	19 675 Kč	19 475 Kč	21 030 Kč	20 541 Kč	23 048 Kč	23 334 Kč	23 142 Kč	25 196 Kč
Celkem	51 812 Kč	50 515 Kč	56 474 Kč	56 413 Kč	49 761 Kč	48 055 Kč	52 389 Kč	53 574 Kč	56 074 Kč	57 944 Kč	60 957 Kč	68 835 Kč

Vývoj zásob (tis. Kč)	leden 20	únor 20	březen 20	duben 20	květen 20	červen 20	červenec 20
Hotové výrobky	21 639 Kč	20 452 Kč	22 284 Kč	21 993 Kč	12 883 Kč	9 184 Kč	8 132 Kč
Nakupované díly	9 168 Kč	10 391 Kč	9 763 Kč	9 871 Kč	8 067 Kč	5 197 Kč	4 197 Kč
Surový zinek	6 829 Kč	6 022 Kč	6 484 Kč	7 901 Kč	3 976 Kč	5 871 Kč	5 976 Kč
Polotovary	25 292 Kč	25 421 Kč	25 038 Kč	19 636 Kč	18 271 Kč	20 429 Kč	24 395 Kč
Celkem	63 200 Kč	62 493 Kč	63 833 Kč	59 731 Kč	43 393 Kč	40 787 Kč	42 775 Kč

Příloha č. 2: Hodnota pojistných zásob v měsících

Vývoj pojistných zásob (tis. Kč)	leden 19	únor 19	březen 19	duben 19	květen 19	červen 19	červenec 19	srpen 19	září 19	říjen 19	listopad 19	prosinec 19
Hotové výrobky	6 857 Kč	6 855 Kč	6 884 Kč	6 900 Kč	6 901 Kč	6 875 Kč	6 977 Kč	7 054 Kč	7 051 Kč	6 490 Kč	6 475 Kč	6 847 Kč
Nakupované díly	412 Kč	419 Kč	430 Kč	427 Kč	424 Kč	413 Kč	620 Kč	631 Kč	627 Kč	1 042 Kč	1 090 Kč	1 196 Kč
Surový zinek	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Polotovary	891 Kč	891 Kč	1 023 Kč	1 071 Kč	1 074 Kč	1 787 Kč	3 147 Kč	3 251 Kč	3 180 Kč	2 454 Kč	2 454 Kč	2 462 Kč
Celkem	8 160 Kč	8 165 Kč	8 337 Kč	8 398 Kč	8 399 Kč	9 075 Kč	10 744 Kč	10 937 Kč	10 857 Kč	9 986 Kč	10 019 Kč	10 505 Kč

Vývoj pojistných zásob (tis. Kč)	leden 20	únor 20	březen 20	duben 20	květen 20	červen 20	červenec 20
Hotové výrobky	6 732 Kč	6 839 Kč	551 Kč	43 Kč	43 Kč	3 697 Kč	3 731 Kč
Nakupované díly	1 151 Kč	1 164 Kč	711 Kč	720 Kč	706 Kč	309 Kč	322 Kč
Surový zinek	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0 Kč
Polotovary	2 420 Kč	2 452 Kč	2 048 Kč	2 009 Kč	2 009 Kč	2 917 Kč	2 945 Kč
Celkem	10 302 Kč	10 455 Kč	3 311 Kč	2 772 Kč	2 759 Kč	6 923 Kč	6 998 Kč

Příloha č. 3: Hodnoty obrátky zásob v měsících

Obrátka zásob (dny)	leden 19	únor 19	březen 19	duben 19	květen 19	červen 19	červenec 19	srpen 19	září 19	říjen 19	listopad 19	prosinec 19
Hotové výrobky	22,19	22,91	25,99	27,89	21,87	23,60	19,26	21,48	22,83	21,43	22,90	38,46
Nakupované díly	20,29	23,64	24,80	23,05	24,30	23,86	25,52	26,52	26,44	19,97	18,24	38,68
Surový zinek	6,17	4,94	5,81	11,62	5,25	5,11	5,37	5,19	5,54	4,76	6,34	21,36
Polotovary	19,75	16,70	15,35	16,87	15,01	15,30	13,70	14,46	15,52	13,47	14,05	22,03
Celkem	50,66	58,58	71,69	72,33	58,49	66,59	55,91	59,47	64,52	55,55	59,58	121,93

Obrátka zásob (dny)	leden 20	únor 20	březen 20	duben 20	květen 20	červen 20	červenec 20
Hotové výrobky	20,02	21,07	22,56	33,30	24,69	12,48	8,24
Nakupované díly	24,85	32,29	29,34	58,55	35,63	18,48	17,20
Surový zinek	9,08	7,71	9,71	32,08	10,94	9,01	7,71
Polotovary	17,11	16,24	16,43	26,28	26,64	17,37	15,12
Celkem	17,13	17,12	18,15	32,59	24,14	14,29	11,78
Celkem	58,49	64,38	64,63	90,43	83,16	55,44	43,34

Příloha č. 4: Pomocná tabulka pro vyplňování sekce o úrovni využívání jednotlivých nástrojů štihlé výroby v dotazníku

Sekce 2 - Lean metody

Obecně	Plně zavedeno	Metodika uvedena v oficiálním dokumentu popisující strategické směřování optimalizace výrobních procesů. Dochází k pravidelnému využívání metodiky v podniku
	Částečně zavedeno	Metodika byla za poslední 2 roky v podniku alespoň 1x použita a existuje evidence o efektech vyplývajících z uplatnění metodiky
	Nezavedeno	Metodika není v žádném oficiálním dokumentu uvedena; nebyla za poslední 2 roky ani jednou využita
5S	Plně zavedeno	Detailně popsána metodika auditování 5S na pracovištích, vytvořeny vizuální vzory správného uspořádání pracoviště a jejich systematická kontrola
	Částečně zavedeno	Nezavedena kompletní metodika všech fází 5S, existuje důkaz o systémové kontrole/auditů pořádku na pracovištích
SMED	Plně zavedeno	Systematická optimalizace přeseřizovacích časů, zapojení multioborového týmu do časových úspor
	Částečně zavedeno	Důkaz o realizovaném projektu na úsporu přeseřizovacího času, chybí důkaz o systematické optimalizaci
Systém tahu	Plně zavedeno	Plánování výroby řízeno požadavky zákazníka. Vytvořen aktivní systém omezující velikost rozpracované výroby, využívání nástrojů kanban, CONWIP nebo podobných. Řízení toků podle úzkého místa
	Částečně zavedeno	Plánování řízeno podle požadavků zákazníka
Kaizen	Plně zavedeno	Vytvořena a popsána metodika pro systematickou realizaci drobných zlepšení. Zavedena motivace pro účast zaměstnanců v této iniciativě
	Částečně zavedeno	Existuje evidence o realizaci některých drobných zlepšení
Vizualizace	Plně zavedeno	Vytvořena jednotná metodika pro vizualizaci výsledků výroby přímo na pracovišti. Zaveden systém pro on-line sledování výkonu linky/výroby. Probíhají pravidelné denní schůzky na pracovišti
	Částečně zavedeno	Vizualizovány některé důležité ukazatele na pracovišti
TPM	Plně zavedeno	Zavedena a prováděna metodika preventivní a prediktivní údržby. Sledování a optimalizace prostojů strojů kvůli poruše. Zaměstnanci motivováni na preventivní údržbě
	Částečně zavedeno	Operátoři mají definovány pravidelné kontroly a čištění strojů
TQM	Plně zavedeno	Součástí strategie podniku je analýza potřeb zákazníků na kvalitu produktů a jsou definovány metody a cíle, kterých má být dosaženo v rámci řízení kvality. Celá metodika a požadavky jsou kontinuálně aktualizovány. Zaměstnanci jsou motivováni na zvyšování kvality
	Částečně zavedeno	Jsou sledovány a vyhodnocovány základní kvalitativní ukazatele
Poka-yoke	Plně zavedeno	Systematické uplatňování principů řešení neumožňující vznik chyby již ve fázi konstrukce produktu
	Částečně zavedeno	Důkaz o realizovaném zlepšení pro předcházení chyb v procesu výroby
VSM	Plně zavedeno	Vytvořena VSM mapa pro všechny výrobní procesy a systematická optimalizace procesu, tak aby byly minimalizovány činnosti nepřidávající hodnotu
	Částečně zavedeno	Důkaz o analýze výrobního procesu se zaměřením na jeho potenciální optimalizaci
Standardizovaná práce	Plně zavedeno	Existuje detailní popis všech výrobních operací a činností ((jak strojní, tak manuální) a je prokázána snaha o její optimalizaci a sledování dodržování stanovených norem
	Částečně zavedeno	Je zavedeno a kontrolováno plnění norem na operátora

**Příloha č. 5: Kategorizace produktů podle technologického postupu
(s povrchovými úpravami)**

Kategorie produktů	Pracoviště	Lisy	Separace		Apretace			Povrchové úpravy - externě		
	Četnost		Strojní	Ruční	Externí	Omílání	Tryskání	Collini	Tokoz	Galma
Skupina 1	0,3%	X	X	X		X	X		X	
Skupina 2	0,2%	X	X	X		X		X	X	
Skupina 3	0,3%	X	X	X		X			X	
Skupina 4	4,8%	X	X	X		X				
Skupina 5	0,3%	X	X	X			X	X		
Skupina 6	0,2%	X	X		X			X	X	
Skupina 7	0,2%	X	X		X			X		
Skupina 8	0,7%	X	X		X				X	
Skupina 9	0,3%	X	X			X	X	X		
Skupina 10	1,5%	X	X			X	X			
Skupina 11	0,7%	X	X			X		X	X	
Skupina 12	25,9%	X	X			X		X		
Skupina 13	1,0%	X	X			X			X	
Skupina 14	0,2%	X	X			X				X
Skupina 15	15,6%	X	X			X				
Skupina 16	6,7%	X	X				X	X		
Skupina 17	0,9%	X	X				X		X	
Skupina 18	0,3%	X	X				X			X
Skupina 19	2,6%	X	X				X			
Skupina 20	0,3%	X	X					X	X	
Skupina 21	1,4%	X	X							
Skupina 22	1,0%	X		X	X					
Skupina 23	0,2%	X		X		X				X
Skupina 24	6,2%	X		X		X				
Skupina 25	0,2%	X		X			X	X		X
Skupina 26	0,7%	X		X			X	X		
Skupina 27	0,7%	X		X			X			X
Skupina 28	2,2%	X		X			X			
Skupina 29	0,7%	X		X				X		
Skupina 30	1,4%	X		X						
Skupina 31	0,5%	X			X			X	X	
Skupina 32	0,9%	X			X			X		
Skupina 33	0,5%	X			X				X	
Skupina 34	0,2%	X			X					
Skupina 35	0,5%	X				X	X			
Skupina 36	0,9%	X				X		X		
Skupina 37	0,2%	X				X			X	
Skupina 38	1,2%	X				X				
Skupina 39	8,4%	X					X	X		
Skupina 40	0,2%	X					X		X	
Skupina 41	1,9%	X					X			
Skupina 42	2,6%	X						X		
Skupina 43	2,2%	X								
Skupina 44	0,2%	X				X		X		
Skupina 45	1,0%		X			X				
Skupina 46	0,2%		X				X			
Skupina 47	0,2%		X	X						
Skupina 48	0,2%		X			X				
Skupina 49	0,3%							X		
Skupina 50	0,2%									

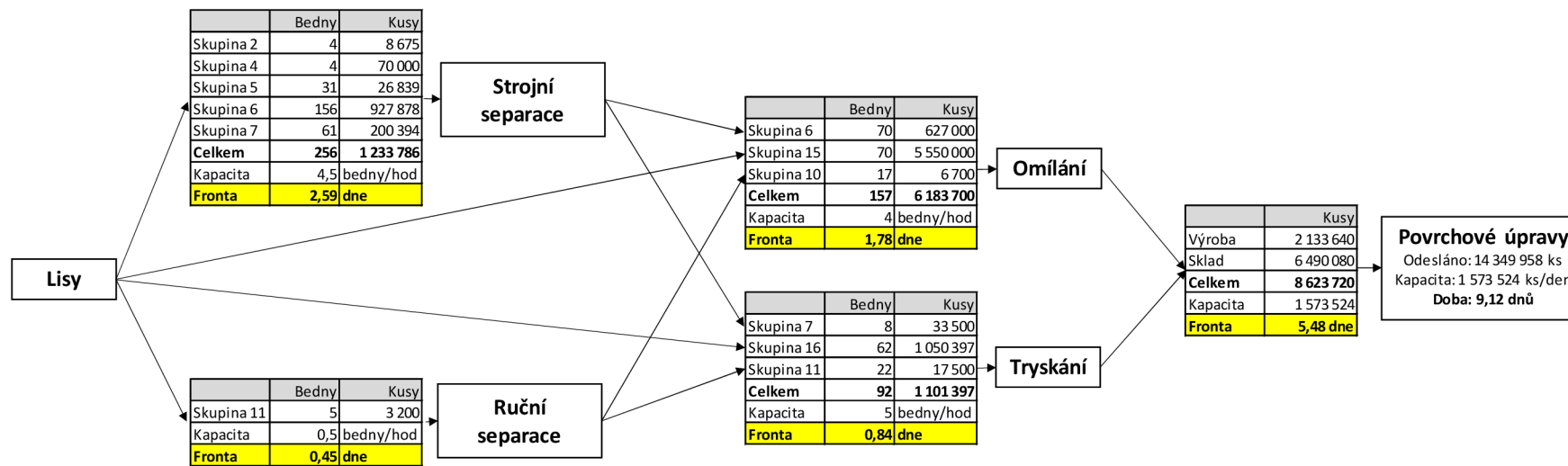
Příloha č. 6: Kategorizace produktů podle technologického postupu (bez povrchových úprav)

Kategorie produktů	Pracoviště	Lisy	Separace		Apretace		
	Četnost		Strojní	Ruční	Externí	Omílání	Tryskání
Skupina 1	0,3%	X	X	X		X	X
Skupina 2	5,3%	X	X	X		X	
Skupina 3	0,3%	X	X	X			X
Skupina 4	1,0%	X	X		X		
Skupina 5	1,9%	X	X			X	X
Skupina 6	43,4%	X	X			X	
Skupina 7	10,5%	X	X				X
Skupina 8	1,7%	X	X				
Skupina 9	1,0%	X		X	X		
Skupina 10	6,3%	X		X		X	
Skupina 11	3,8%	X		X			X
Skupina 12	2,1%	X		X			
Skupina 13	2,1%	X			X		
Skupina 14	0,5%	X				X	X
Skupina 15	2,2%	X				X	
Skupina 16	10,5%	X					X
Skupina 17	4,8%	X					
Skupina 18	1,2%		X			X	
Skupina 19	0,2%		X				X
Skupina 20	0,2%			X			
Skupina 21	0,2%					X	
Skupina 22	0,5%						

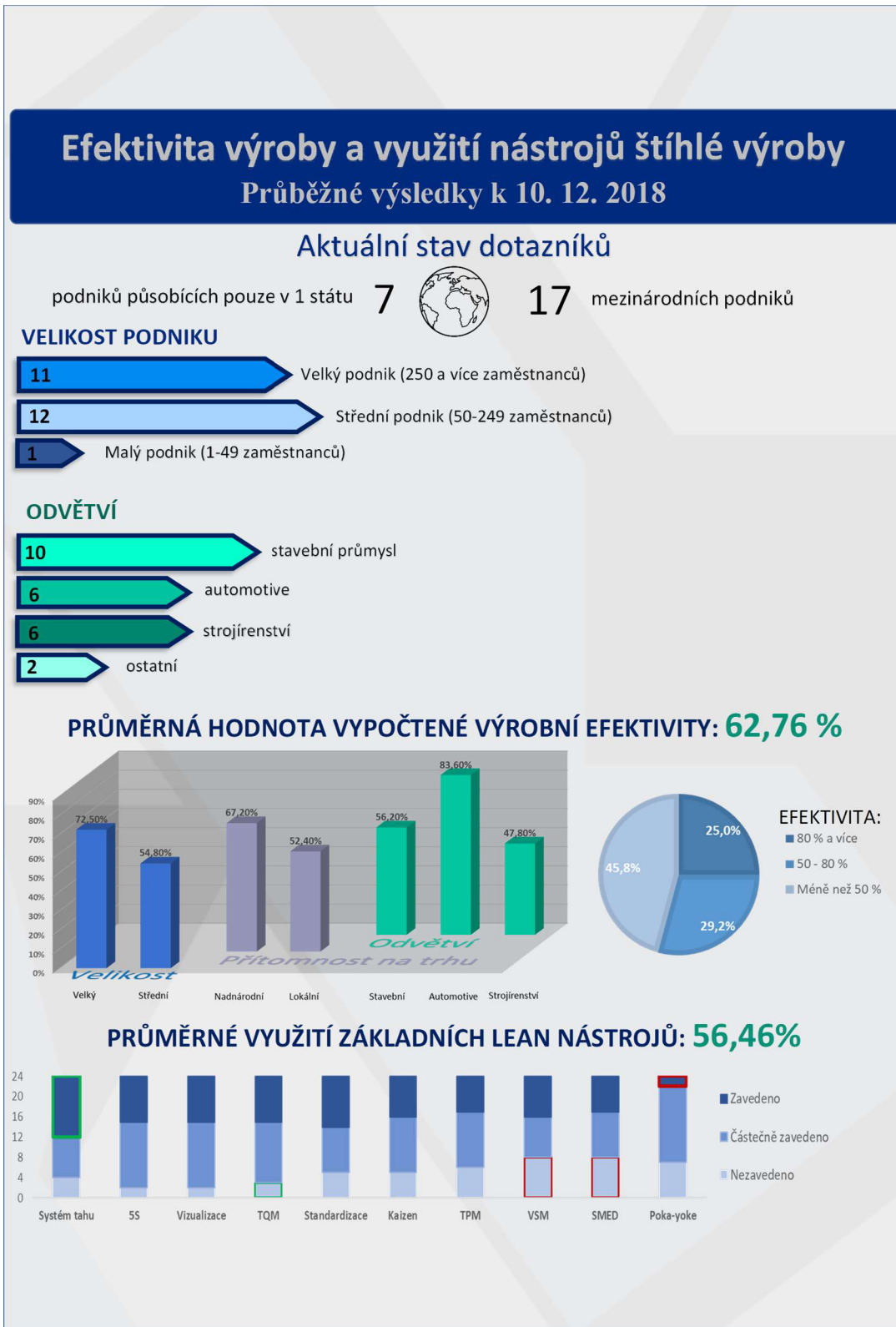
Příloha č. 7: Přehled rozpracované výroby dle skupin produktů a operací

Skupina	Lisy			Separace						Apretace								
	Lis	Bedny	Kusy	Strojní	Bedny	Kusy	Ruční	Bedny	Kusy	Externí	Bedny	Kusy	Omílání	Bedny	Kusy	Tryskání	Bedny	Kusy
Skupina 1	X			X			X						X			X		
Skupina 2	X	4	8 675	X			X						X					
Skupina 3	X			X			X									X		
Skupina 4	X	4	70 000	X						X								
Skupina 5	X	31	26 839	X									X			X		
Skupina 6	X	156	927 878	X	70	627 000							X	1 582 000				
Skupina 7	X	61	200 394	X	8	33 500										X		118 700
Skupina 8	X			X		60 000												
Skupina 9	X						X			X								
Skupina 10	X						X	17	6 700				X					
Skupina 11	X	5	3 200				X	22	17 500							X		4 090
Skupina 12	X						X											
Skupina 13	X									X		67 450						
Skupina 14	X												X	21 000		X		
Skupina 15	X	70	5 550 000										X	152 000				
Skupina 16	X	62	1 050 397													X		128 400
Skupina 17	X																	
Skupina 18				X									X					
Skupina 19				X												X		
Skupina 20							X											
Skupina 21													X					
Skupina 22																		
Celkem		393	7 837 383		78	720 500		39	24 200		0	67 450		0	1 755 000		0	251 190

Příloha č. 8: Modifikovaná Value Stream Map pro zinkovou výrobu



Příloha č. 9: Informační leták s průběžnými výsledky využití pro propagaci výzkumu



Příloha č. 10: Výpočet LTLI pro produkt č. 1

Stanovení štiřlosti LTLI - Vstupy					
Firma Hettich					
Produkt Produkt 1					
Aktuální stav linky					
Aktuální Lead Time:		16,43	dny		
Aktuální WIP: <input checked="" type="checkbox"/>		383 847	ks		
Aktuální velikost dávky:		100 000	ks		
Specifikace linky					
Technologie	Počet operací	Doba zpracování 1 ks na úzkém místě (min)	Označení úzkého místa	Směnnost	OEE
1	3	0,050	Lis	4	60%
x	x	x			
x	x	x			
Parametry:		Množství	Jednotka	Odpovědnost	
Požadovaný denní výstup		23 000	ks		
Velikost dávky					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy,		100 000	ks		
- Kapacita palety			ks		
- Transportní množství mezi operacemi			ks		
Výsledná dávka		100 000	ks		
Přirážky k Lead time					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)			dny		
- Transporty mezi závody/pracovišti			dny		
- Technologicky nutná čekání			dny		
Výsledná přirážka		0,0	dny		
Přirážky k WIP					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)			ks		
- Úzké místo - pojistná zásoba			ks		
- Ostatní			ks		
Výsledná přirážka		0	ks		

Stanovení štiřlosti - Report			
Výsledná cílová hodnota LT:	11,7 dny		
Výsledná cílová hodnota WIP:	268 333 ks		
Výsledná cílová velikost dávky:	100 000 ks		
Úroveň štiřlosti LTLI:	71,0 %		
Úroveň 1-kusové štiřlosti LTLI:	0,00001 %		
Analýza vlivu velikosti dávky			
%	Dávka (ks)	LT (dny)	WIP (ks)
-	1	0,0	3
10%	10000	1,2	26 833
25%	25000	2,9	67 083
50%	50000	5,8	134 167
100%	100000	11,7	268 333
200%	200000	23,3	536 667
Analýza vlivu velikosti denního výstupu			
%	Denní výstup (ks)	LT (dny)	WIP (ks)
70%	16100	11,7	187 833
80%	18400	11,7	214 667
90%	20700	11,7	241 500
100%	23000	11,7	268 333
110%	25300	11,7	295 167
120%	27600	11,7	322 000
130%	29900	11,7	348 833

Příloha č. 11: Výpočet LTLI pro produkt č. 2

Stanovení štiřlosti LTLI - Vstupy					
Firma					
Hettich					
Produkt					
Produkt 2					
Aktuální stav linky					
Aktuální Lead Time:		21		dny	
Aktuální WIP:		443 727		ks	
Aktuální velikost dávky:		48 000		ks	
Specifikace linky					
Technologie	Počet operací	Doba zpracování 1 ks na úzkém místě (min)	Označení úzkého místa	Směnnost	OEE
1	3	0,100	Lis	4	60%
x	x	x			
x	x	x			
Parametry:					
Požadovaný denní výstup		21 000		ks	
Velikost dávky					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy,		48 000		ks	
- Kapacita palety				ks	
- Transportní množství mezi operacemi				ks	
Výsledná dávka		48 000		ks	
Přirážky k Lead time					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)				dny	
- Transporty mezi závody/pracovišti				dny	
- Technologicky nutná čekání				dny	
Výsledná přirážka		0,0		dny	
Přirážky k WIP					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)				ks	
- Úzké místo - pojistná zásoba				ks	
- Ostatní				ks	
Výsledná přirážka		0		ks	


Stanovení štiřlosti - Report			
Výsledná cílová hodnota LT:		11,2 dny	
Výsledná cílová hodnota WIP:		235 200 ks	
Výsledná cílová velikost dávky:		48 000 ks	
Úroveň štiřlosti LTLI:		53,3 %	
Úroveň 1-kusové štiřlosti LTLI:		0,00001 %	
Analýza vlivu velikosti dávky			
%	Dávka (ks)	LT (dny)	WIP (ks)
-	1	0,0	5
10%	4 800	1,1	23 520
25%	12 000	2,8	58 800
50%	24 000	5,6	117 600
100%	48 000	11,2	235 200
200%	96 000	22,4	470 400
Analýza vlivu velikosti denního výstupu			
%	Denní výstup (ks)	LT (dny)	WIP (ks)
70%	14 700	11,2	164 640
80%	16 800	11,2	188 160
90%	18 900	11,2	211 680
100%	21 000	11,2	235 200
110%	23 100	11,2	258 720
120%	25 200	11,2	282 240
130%	27 300	11,2	305 760

Příloha č. 12: Výpočet LTLI pro produkt č. 3

Stanovení štihlosti LTLI - Vstupy					
Firma					
Hettich					
Produkt					
Produkt 3					
Aktuální stav linky					
Aktuální Lead Time:		16,06	dny		
Aktuální WIP:		154 639	ks		
Aktuální velikost dávky:		48 000	ks		
Specifikace linky					
Technologie	Počet operací	Doba zpracování 1 ks na úzkém místě (min)	Označení úzkého místa	Směnnost	OEE
1	4	0,091	Lis	4	60%
x	x	x			
x	x	x			
Parametry:		Množství	Jednotka	Odpovědnost	
Požadovaný denní výstup		10 000	ks		
Velikost dávky					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy,		48 000	ks		
- Kapacita palety			ks		
- Transportní množství mezi operacemi			ks		
Výsledná dávka		48 000	ks		
Přirážky k Lead time					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)			dny		
- Transporty mezi závody/pracovišti			dny		
- Technologicky nutná čekání			dny		
Výsledná přirážka		0,0	dny		
Přirážky k WIP					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)			ks		
- Úzké místo - pojistná zásoba			ks		
- Ostatní			ks		
Výsledná přirážka		0	ks		

Stanovení štihlosti - Report			
Výsledná cílová hodnota LT:	13,6 dny		
Výsledná cílová hodnota WIP:	135 893 ks		
Výsledná cílová velikost dávky:	48 000 ks		
Úroveň štihlosti LTLI:	84,6 %		
Úroveň 1-kusové štihlosti LTLI:	0,00002 %		
Analýza vlivu velikosti dávky			
%	Dávka (ks)	LT (dny)	WIP (ks)
-	1	0,0	3
10%	4 800	1,4	13 589
25%	12 000	3,4	33 973
50%	24 000	6,8	67 947
100%	48 000	13,6	135 893
200%	96 000	27,2	271 787
Analýza vlivu velikosti denního výstupu			
%	Denní výstup (ks)	LT (dny)	WIP (ks)
70%	7 000	13,6	95 125
80%	8 000	13,6	108 715
90%	9 000	13,6	122 304
100%	10 000	13,6	135 893
110%	11 000	13,6	149 483
120%	12 000	13,6	163 072
130%	13 000	13,6	176 661

Příloha č. 13: Výpočet LTLI pro produkt č. 4

Stanovení štiřlosti LTLI - Vstupy					
Firma Hettich					
Produkt Produkt 4					
Aktuální stav linky					
Aktuální Lead Time:		5,36	dny		
Aktuální WIP: 		59 657	ks		
Aktuální velikost dávky:		48 000	ks		
Specifikace linky					
Technologie	Počet operací	Doba zpracování 1 ks na úzkém místě (min)	Označení úzkého místa	Směnnost	OEE
1	3	0,013	Lis	4	60%
x	x	x			
x	x	x			
Parametry:					
			Množství	Jednotka	Odpovědnost
Požadovaný denní výstup			11 130	ks	
Velikost dávky					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy,			48 000	ks	
- Kapacita palety				ks	
- Transportní množství mezi operacemi				ks	
Výsledná dávka			48 000	ks	
Přirážky k Lead time					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)				dny	
- Transporty mezi závody/pracovišti				dny	
- Technologicky nutná čekání				dny	
Výsledná přirážka			0,0	dny	
Přirážky k WIP					
- Dávkové pracoviště (tepelné zpracování, povrchové úpravy, ...)				ks	
- Úzké místo - pojistná zásoba				ks	
- Ostatní				ks	
Výsledná přirážka			0	ks	

Stanovení štiřlosti - Report			
Výsledná cílová hodnota LT:		1,4 dny	
Výsledná cílová hodnota WIP:		15 582 ks	
Výsledná cílová velikost dávky:		48 000 ks	
Úroveň štiřlosti LTLI:		26,1 %	
Úroveň 1-kusové štiřlosti LTLI:		0,00001 %	
Analýza vlivu velikosti dávky			
%	Dávka (ks)	LT (dny)	WIP (ks)
-	1	0,0	0
10%	4 800	0,1	1 558
25%	12 000	0,4	3 896
50%	24 000	0,7	7 791
100%	48 000	1,4	15 582
200%	96 000	2,8	31 164
Analýza vlivu velikosti denního výstupu			
%	Denní výstup (ks)	LT (dny)	WIP (ks)
70%	7 791	1,4	10 907
80%	8 904	1,4	12 466
90%	10 017	1,4	14 024
100%	11 130	1,4	15 582
110%	12 243	1,4	17 140
120%	13 356	1,4	18 698
130%	14 469	1,4	20 257

Příloha č. 14: Životopis

Životopis

Ing. Michal Medonos

Narozen: 7. 6. 1986
Trvalé bydliště: Ječná 46, Jihlava
Telefon: +420 723 961 145
E-mail: medonos7@gmail.com
Rodinný stav: ženatý, 2 děti



Vzdělání:

2014 - nyní - **Vysoké učení technické v Brně**

Fakulta podnikatelská - doktorské studium

- Obor řízení a ekonomika podniku
- Téma dizertační práce: Měření štíhlosti výrobního procesu

2005 - 2010 - **Vysoká škola ekonomická v Praze**

Fakulta Informatiky a statistiky - magisterské studium

- Hlavní obor Matematické metody v ekonomii - diplomová práce na téma Simulace zavedení nového výrobku do výroby
- Státní zkouška z vedlejší specializace Oceňování podniku

Titul: Ing.

1997 - 2005 - **Gymnázium**

- Složena maturita s vyznamenáním (český jazyk, anglický jazyk, matematika, informační technologie)

Předchozí praxe:

1.1.2019 – nyní – **Hettich ČR, k.s.** (nábytkové kování)

- Supply Chain Manager - zodpovědnost za řízení logistiky a výrobní plánování (35 lidí)

30.11.2016 – 31.10.2018 - **Masonite CZ, spol. s r.o.** (výroba interiérových dveří)

- Manažer výroby - zodpovědnost za řízení kompletní výroby a přidružených útvarů (cca 100 lidí)

15.9.2010 - 31.1.2016 - **Motorpal, a.s.** (výroba vstřikovacích zařízení do dieslových motorů)

- Manažer pro výrobu a logistiku
- Manažer výroby
- Manažer logistiky
- Vedoucí útvaru MPS (Motorpal Production System)

- Projektový manažer (člen Motorpal Production System týmu)

Jazykové znalosti:

- Angličtina - pokročilý, denní komunikace s kolegy ze skupiny
- Němčina - mírně pokročilý

Práce s počítačem:

- MS Office - hlavně MS Excel (kontingenční tabulky, makra, dialogová okna, formuláře, VBA) a MS Access (SQL), datové sklady
- Absolvován kurz technického kreslení 2D (AutoCAD) a 3D modelování (Inventor)
- Základy programování (C++, Delphi, Visual Basic), základy HTML
- V rámci školní výuky práce s programy pro matematické modelování (Lingo, MPL), s programy pro simulace (Simul8, Simprocess) a s programy pro podporu projektů MS Project a MS Visio

Další dovednosti:

- Znalost matematického programování - vytváření a výpočet optimalizačních matematických modelů (modely produkčních systémů, modely zásob a hromadné obsluhy)
- Znalost využití počítačové simulace pro analýzu a optimalizaci procesů
- Organizační schopnosti, preciznost, svědomitost, kreativita, logické myšlení, vedení velkého kolektivu
- Řidičský průkaz skupiny B

Zájmy:

- Sport - volejbal, squash, lyžování
- Hudba - aktivně i pasivně
- Domácí kutilství

Příloha č. 15: Publikační činnost

2022

MEDONOS, M., and Jurová, M. 2022. Lead Time Leanness Indicator – článek připravený k publikování

2021

MEDONOS, M. 2021. Leanness level of manufacturing companies - a survey on lean manufacturing implementation. *Acta academica karviniensia*. Vol. 21, No. 2, pp. 54-65.

2019

MEDONOS, M., and Jurová, M. 2019. Production lead time as a tool to measure leanness level. *Acta academica karviniensia*. Vol. 19, No. 4, pp. 42-50.

2017

MEDONOS, M., and JUROVÁ, M. 2017. Measuring the level of leanness of production - use of production lead time. *Sborník vědeckých prací University Pardubice*. Vol. 24, No. 40, pp. 143-153.

2016

MEDONOS, M., and JUROVÁ, M. 2016. Implementing lean production - Application of Little's law. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Vol. 64, No. 3, pp. 1013-1019.

2015

ŽÁKOVSKÁ, M. and Medonos, M. 2015. Význam systémů pro plánování výroby při zavádění štíhlé výroby. *Sborník z konference ISeC 2015 PROCEEDINGS*, 20.7.2015, Bratislava.

MEDONOS, M., and JUROVÁ, M. 2015. Implementing lean production - why copying Toyota doesn't always work?. *Perspektives of Business and Entrepreneurship Development*. Brno: Ing. Vladislav Pokorný – LITERA, pp. 58-58.