

Optimalizace procesu vstupní kontroly na oddělení kvality

Bc. Jakub Smutný

Diplomová práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Jakub Smutný
Osobní číslo:	T20020
Studijní program:	N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Řízení jakosti
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Optimalizace procesu vstupní kontroly na oddělení kvality

Zásady pro vypracování

1. Teoretická studie na dané téma
2. Návrh základní metodiky procesu
3. Sběr dat
4. Vyhodnocení a zhodnocení efektivnosti nastavených procesů

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

PATA, Vladimír a Milena KUBIŠOVÁ. Statistické metody hodnocení jakosti strojírenských povrchů. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, Fakulta technologická, 2018. ISBN 9788074547409.

ČASTORÁL, Zdeněk. Management kvality a výkonnosti. Praha: Univerzita Jana Amose Komenského, 2015. ISBN 9788074521010.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Robert Moučka, Ph.D.**
ÚFMI

Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 7. února 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce na téma optimalizace procesu vstupní kontroly na oddělení kvality je rozdělena na dvě části. V teoretické části se práce zabývá obecně lean Managementem a jednotlivými principy či nástroji. Dále jsou podrobněji vysvětleny a definovány jednotlivé metodiky pro dosažení maximálních možných výsledků z pohledu leanu. Praktická část se zabývá analyzováním stávajícího stavu toku materiálu firmou s návrhem a implementací efektivnějšího řešení za použití moderních technologií a nástrojů, zejména na vstupní kontrole.

Klíčová slova: Lean, proces, implementace, layout, efektivita, vstupní kontrola, tok

ABSTRACT

The thesis on the optimization of the incoming inspection process at the quality department is divided into two parts. In the theoretical part, the work deals with lean Management in general and individual principles or tools. Furthermore, the individual methods for achieving the maximum possible results of a lean perspective are explained and defined in more details. The practical part deals with the analysis of the current state of the material flow by the company with the design and implementation of a more effective solution using modern technologies and tools, especially on incoming inspection.

Keywords: Lean, process, implementation, layout, efficiency, incoming inspection, flow

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu Ing. Robertovi Moučkovi, Ph.D. za spolupráci a vedení při vytváření této diplomové práce. Zároveň bych rád poděkoval převážně rodině za podporu, a hlavně porozumění během mého celého studia na Univerzitě Tomáše Bati.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 LEAN MANAGEMENT	12
1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ	13
1.1.1 Eli Whitney (8.12.1765 – 8.1.1825).....	14
1.1.2 Henry Ford (30.7.1863 – 7.4.1947).....	14
1.1.3 Rodina Toyodů.....	15
1.1.4 Tomáš Baťa (3.4.1876 - 12.7.1931).....	15
1.2 TOYOTA PRODUCTION SYSTÉM (TPS)	15
1.2.1 Koncept TPS	16
1.3 PRINCIPY LEAN MANAGEMENTU	18
1.3.1 Identifikace hodnoty (Identify Value).....	18
1.3.2 Identifikace a mapování toku (Map the Value Stream)	19
1.3.3 Vytvoření nepřetržitého toku (Create Flow)	20
1.3.4 Řízení potřebami zákazníka (Establish Pull)	21
1.3.5 Snaha o dosažení dokonalosti (Seek Perfection)	22
1.4 PLÝTVÁNÍ.....	23
1.4.1 Doprava a přenášení (Transport).....	23
1.4.2 Zásoby (Inventory).....	24
1.4.3 Pohyb (Motion)	25
1.4.4 Čekání (Waiting).....	25
1.4.5 Nadprodukce (Over production)	26
1.4.6 Nadměrné zpracování (Over-processing)	27
1.4.7 Vady (Defects)	28
1.4.8 Dovednosti – 8. plýtvání (Skills – The 8th Waste).....	28
2 SIX SIGMA	30
2.1 HISTORIE SIX SIGMA	30
2.2 POJEM SIX SIGMA.....	30
2.3 LEAN SIX SIGMA	31
2.3.1 Principy Lean Six Sigma.....	32
3 METODIKA DMAIC	35
4 FIFO (FIRST IN, FIRST OUT)	37
4.1.1 LIFO (LAST IN, FIRST OUT).....	37
4.1.2 HIFO (HIGHEST IN, FIRST OUT)	37
5 TECHNOLOGIE ČÁROVÝCH KÓDŮ/QR KÓDŮ	38
5.1 ČÁROVÉ KÓDY	38
5.2 QR KÓDY	39
5.3 VÝHODY TECHNOLOGIE	39

6	F-TEST	41
7	T-TEST	42
7.1	JEDNOVÝBĚROVÝ T-TEST	42
7.2	DVOUVÝBĚROVÝ T-TEST – STEJNÉ ROZPTYLY	43
7.3	DVOUVÝBĚROVÝ T-TEST – RŮZNÉ ROZPTYLY	43
7.4	PÁROVÝ T-TEST	44
II	PRAKTICKÁ ČÁST	45
8	CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI	46
8.1	TECHNICKÉ SPECIFIKACE ZBOŽÍ	46
9	PŮVODNÍ LAYOUT A PROCESS FLOW MATERIÁLU	47
9.1	1. FÁZE – VSTUPNÍ KONTROLA	47
9.2	2. FÁZE – ZNAČENÍ MATERIÁLU	48
9.3	3. FÁZE – SKLADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ	49
9.4	4. FÁZE – PŘÍPRAVA MATERIÁLU PŘED SPUŠTĚNÍM TECHNOLOGIE	49
9.5	5. FÁZE – TECHNOLOGIE	50
10	NOVÝ LAYOUT A PROCESS FLOW MATERIÁLU	51
10.1	1. FÁZE – VSTUPNÍ KONTROLA	52
10.1.1	Automatické vážení materiálu	53
10.1.2	Detekce sledování výšky palet	54
10.1.3	Kamery pro vizuální kontrolu materiálu	54
10.1.4	Čárové a QR kódy	55
10.1.5	Manuální kontrola	55
10.2	2. FÁZE – SKLADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ	56
10.3	3. FÁZE – PŘÍPRAVA MATERIÁLU PŘED SPUŠTĚNÍM TECHNOLOGIE	56
10.4	4. FÁZE – TECHNOLOGIE	56
11	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ EFEKTIVITY: PŮVODNÍ VS. NOVÝ PROCESS FLOW	57
11.1	HISTOGRAMY	57
11.2	TESTOVÁNÍ ODLEHLÝCH HODNOT	58
11.3	TESTOVÁNÍ NORMALITY DAT	59
11.4	TESTOVÁNÍ PODEZŘELÝCH HODNOT – GRUBBSŮV TEST	62
11.5	F-TEST A T-TEST	62
11.6	ZHODNOCENÍ EFEKTIVITY	65
	ZÁVĚR	66
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	71
	SEZNAM OBRÁZKŮ	72

SEZNAM TABULEK.....	74
SEZNAM PŘÍLOH.....	75

ÚVOD

Pojem optimalizace je velmi široké téma, které je v poslední době často vyhledávané společnostmi, které chtějí většinou navýšit/ rozšířit svůj business a tím pádem obecně zvýšit interní efektivnost práce. Tento pojem nejvíce rezonuje na úrovních vyššího a nižšího managementu společnosti, kde je kladen důraz na maximální možné využití kapacity.

Na optimalizaci procesu se podílejí celé týmy fundovaných lidí z různých odvětví, kteří využívají osvědčené metody, které napomáhají analyzovat jednotlivé kroky, navrhnout korektivní, případně i preventivní opatření pro eliminování veškerých nestandardních kroků. Mnoho těchto optimalizačních metod bylo vyvinuto a popsáno již v dávné minulosti a z tohoto důvodu je také prokázána efektivnost těchto metod.

Některé optimalizace jsou majoritní a je nutný počáteční kapitál pro možnou následnou implementaci. Tento druh optimalizací je většinou rozšířen o statistické zhodnocení potenciálního zvýšení efektivnosti a finanční návratnosti, které je pro vlastníka/ management společnosti prioritní.

Cílem této diplomové práce je seznámení se obecně s lean Management jeho historií a vývojem od doby vzniku. Představení nepoužívanějších optimalizačních metod z oblasti leanu, nástrojů a jednotlivých principů využití nejen ve výrobních procesech. Následné analyzování aktuálního nastaveného procesu ve společnosti s návrhem optimalizace těchto kroků v procesu. Jednotlivé implementování navrhovaných kroků do nového layoutu s následným vyhodnocením efektivity mezi hlavními milníky. Prioritní část pro optimalizaci procesu je první krok procesu – vstupní kontrola.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LEAN MANAGEMENT

Jedná se o štíhlé řízení, které představuje filozofii ohledně zvyšování přidané hodnoty všech činností a procesů ve firmě. Paralelně se snaží zamezovat nadbytečnému plýtvání ať už finančních prostředků, materiálem, časem, lidských zdrojů aj. Zamezení plýtvání a obecně minimalizování těchto činností na nejnižší možnou úroveň se pak sekundárně zvyšuje přidaná hodnota firmy. Vývoj této metodiky započala ve firmě Toyota (Toyota Production Systém) v Japonsku. [1,18]

Základní koncept LEAN managementu lze rozdělit do několika sekcí:

1. Přidaná hodnota
2. Eliminace plýtvání
3. Neustálé zlepšování činností a postupů
4. Zapojení zaměstnanců

Pro úplné a funkční implementování LEAN management je nezbytné správné pochopení celé filozofie a zároveň dohlížení nad jeho dodržováním. Je zde také několik základních kroků:

1. Přesné a jasné strategické řízení
2. Přehledný management procesů
3. Uspořádání dokumentů
4. Minimalizování plýtvání a neustále zlepšování
5. Systém vedení s jasným cílem a vizí

V oblasti LEAN managementu je uplatňováno několik různých metodik jako například Kaizen, Shopfloor management, metoda 5S, PDCA, metoda TPM aj. Tyto metody se zaměřují na zvýšení celkové efektivity v dané společnosti. Dochází k odstraňování nejčastějších problémů ve firmách a vzdělává jednotlivé zaměstnance včetně vrcholového vedení. Tato filozofie je proslulá svojí efektivitou, a proto je uplatňována nejen v zahraničních velkých korporátech, ale také v České republice. [1, 2, 3]

1.1 Historicky vývoj

Pojem slova LEAN management se začal vyvíjet krátce po druhé světové válce v oblasti Japonska. Koncept se začal utvářet převážně díky firmě Toyota a její rodině Toyodů. Praktiky a jednotlivé konkrétní principy leanu jsou známy od 80. let 20. století, ale původní myšlenka se objevuje již mnohem dříve.[4]

Během celého tohoto období bylo vyvinuto mnoho konceptů, jak vzdělávat nejen vrcholové manažery, ale také zaměstnance, jak řídit společnosti a učit manažery implementovat jednotlivé praktiky, dlouhodobě a efektivně je řídit a sledovat. Nicméně pouze několik těchto konceptů nabízelo pevné základy pro implementování. Po několik generací se manažeři a jejich konzultanti snažili vymyslet další zlepšení nebo dokonce nahrazovat stávající platná za efektivnější. Ty byly převážně přímo zaměřené na byznys procesy, kde byl nedostatek jednotlivých metodik a technik v porovnání s jinými procesy. [2]

Na přelomu 80. a 90. let se mnoho společností snažilo inspirovat v Japonsku a to především díky vysoce efektivním činnostem z výrobního prostředí. Mezi tyto fungující společnosti patří například Toyota, Sony, Honda, Nissan, které se staly lídrem na místním trhu. Společnosti díky své efektivitě a nastaveným fungujícím procesním metodikám rychle expandovaly také do USA a Evropy, kde poměrně rychle obsadily konkurenční trh. Velký nárůst těchto firem v Evropě a USA se nelíbil ostatním lokálním společnostem a začaly obavy o jejich existenci. Na základě jejich přežití začaly studovat a analyzovat japonské firmy, jak řídí procesy, navrhují, implementují a celkovou strategii japonských firem. Byly také zahájeny benchmarkingové studie pro získání a objasnění dosažených výsledků japonských kolegů. První analýzy byly zhodnoceny v knize amerických autorů Womack, Jones a Roos z roku 1990 – Stroj, jenž změnil svět (angl. The Machine that Changed the World). V knize je popsána tehdejší situace a úspěchy japonských společností. V závěru a celkové rozuzlení knihy je, že japonské společnosti vyžadují méně námahy a méně potřebných zdrojů (ať už finančních, časových, aj.). [3, 31]

Lean a tak jak ho poznáváme dnes nejvíce ovlivnila Toyota a rodina Toyodů. Nicméně samotná historie sahá mnohem hlouběji. Přesněji do 18. století, kde byly využívány podobné principy ať už samotnými výrobci, ale také vynálezci a inženýři. Známe několik významných osobností jako například E. Whitney, F. W. Taylor, H. Ford, A. P. Sloan, rodina Toyodů (Taiichi Ohno), J. P. Womack a český zástupce Tomáš Baťa. [6, 10]

1.1.1 Eli Whitney (8.12.1765 – 8.1.1825)

Americký vynálezce, který během Americké revoluce poznal sílu trhu při výrobě nedostatkového zboží – hřebíků. Později svoji výrobu také rozšířil na jehlice a hole. Po revoluci přišel s nejslavnějším vynálezem, kterým nejvíce proslul. Jednalo se o stroj na vyzrňování bavlny, byl to zásadní milník průmyslové revoluce. Stroj byl natolik efektivní, že dokázal zpracovat bavlnu desetkrát rychleji než otrok. První náznak konceptu zaměnitelných součástí, čímž přispěl na vývoji „lean production“ a JIT (Just In Time). Tento koncept, zaměnitelných součástí, byl používán také v automobilkách Cadillac a Chrysler. Automobilky díky tomuto zvýšili svoje objemy a rychlost samotné produkce.[3]

1.1.2 Henry Ford (30.7.1863 – 7.4.1947)

Americký disciplinovaný průmyslník a průkopník automobilového světa průmyslu. Jeho cílem a celoživotním motem bylo zpřístupnit automobil běžným americkým občanům a rozšířit masovou výrobu automobilů. Aby toho mohl docílit, tak bylo nutné snížit výrobní náklady na jeden automobil a zautomatizovat výrobu. V roce 1903 společně s ostatními společníky založil společnost Ford Motor Company. Již první rok od založení dokázali vyrobit 1700 automobilů, několik prototypů a úspěšně se účastnit několika automobilových závodů. Pro uspokojení poptávky založil se svým společníkem F.R. Taylorem společnost Highland Park, kde zavedli první pásovou výrobu, standardizaci práce a zaměnitelnost součástí. Díky tomuto nevídanému pokroku byli schopni vyrobit více automobilů za kratší časový úsek a s nižšími náklady.

Jedinou nevýhodou, která také potkala společnost Highland Park, je malá flexibilita tohoto výrobního systému. Velmi známý automobil model T byl vyráběn po dobu 19 let bez větších změn. Z dlouhodobého hlediska nebyl schopný konkurovat stále se vyvíjejícímu trendu ve světě automobilů bez větších konstrukčních úprav celého systému. [7]

1.1.3 Rodina Toyodů

Pojem „Lean thinking“ je nesmazatelně zapsán a spojen s rodinou Toyodů a společností Toyota. Společnost Toyota navazuje na systém hromadné výroby ve stylu Henryho Forda a dosažení maximální efektivity ve výrobě.

Toyota Production System (TSP), který je také obecně filozofií Toyoty, je často přezdíván a znám pod pojmem jako Lean management.

Ve firmě Toyota má rodina Toyodů stále velký vliv. [3, 9]

1.1.4 Tomáš Baťa (3.4.1876 - 12.7.1931)

Velmi významný československý podnikatel v obuvnickém průmyslu neboli „král obuvi“. Spolu se svým bratrem Antonínem ml. a sestrou Annou, pocházející ze ševcovské rodiny, založili v roce 1894 obuvnickou firmu Baťa. Cílem bylo vyrábět dostupnější obuv ve větších objemech pro občany oproti zakázkové a dražší výrobě. Potenciál viděl ve zvýšení výrobní kapacity a díky tomu snížení výrobních nákladů. Pro inspiraci hodně cestoval a také pracoval ve společnosti Henryho Forda.

V roce 1924 zavádí i ve svých společnostech montážní linky s pásovým dopravníkem a práci na směny. Dokázal tak zvýšit kapacitní výrobu o 58 procent, při nárůstu počtu zaměstnanců 35 procent. Ctil základní principy Leanu a snažil se učit od zkušenějších a transformovat tyto nabitě zkušenosti do svých závodů. Prohluboval vztahy mezi zaměstnancem a zaměstnanci, stavěl domy, školy, nemocnice aj. a během těchto činností si dobře uvědomoval, že musí investovat do svých zaměstnanců pro celkové budování hodnot. [5]

1.2 Toyota ProductionSystem (TPS)

Výrobní systém založený na filozofii dosažení úplné eliminace veškerého odpadu při honbě za nejefektivnějšími metodami. Systém výroby vozidel Toyota Motor Corporation je způsob výroby věcí, který je někdy označován jako „štíhlý výrobní systém“ (Lean) nebo „systém just-in-time (JIT)“ a stal se celosvětově známým a studovaným.

Tento systém řízení výroby byl vytvořen na základě mnoha let neustálého zlepšování, s cílem vyrábět vozy objednané zákazníky co nejrychleji a nejefektivnějším způsobem, aby byla vozidla dodána co nejrychleji. Toyota Production System (TPS) byl založen na dvou konceptech: „Jidoka“ (což lze volně přeložit jako „automatizace s lidským dotykem“),

v okamžiku, kdy nastane problém, zařízení se okamžitě zastaví a zabrání v pokračování výroby vadných produktů; a koncept "Just-in-Time", ve kterém každý proces produkuje pouze to, co je potřeba pro další proces v nepřetržitém toku.

Na základě filozofie „Jidoka“ a „Just-in-Time“ může TPS efektivně a rychle vyrábět vozidla, jedno po druhém, která plně uspokojí požadavky zákazníků.

TPS a její přístup ke snižování nákladů jsou pro Toyotu zdrojem konkurenční síly a jedinečných výhod. Důkladné zdokonalování těchto silných stránek je zásadní pro budoucí přežití společnosti. [9]

1.2.1 Koncept TPS

Pro Toyotu „Jidoka“ znamená, že stroj se musí bezpečně zastavit, kdykoli dojde k nějaké abnormalitě. Dosažení „Jidoka“, proto vyžaduje ruční budování a vylepšování systémů, dokud nebudou spolehlivé a bezpečné. Nejprve inženýři pečlivě sestavují každý nový komponent linky ručně, podle přísných norem, a pak pomocí implementování postupného Kaizenu (neustálé zlepšování) neustále zjednodušují jeho provoz.

Nakonec hodnota přidaná lidskými operátory linky zmizí, což znamená, že jakýkoli operátor může použít linku k vytvoření stejného výsledku. Teprve poté je mechanismus „Jidoka“ začleněn do skutečných výrobních linek. Díky opakování tohoto procesu, se strojní zařízení zjednodušuje a zlevňuje, zatímco údržba se stává méně časově náročnou a méně nákladnou. To umožňuje vytváření jednoduchých, tenkých a flexibilních linek, které jsou přizpůsobitelné kolísání objemu výroby.

Lidská práce v tomto procesu je základem inženýrských dovedností. Stroje a roboti nemyslí sami za sebe ani se sami nevyvíjejí. Vyvíjejí se tak, jak na ně přenášíme své dovednosti a zkušenosti. Jinými slovy, pomocí lidské zručnosti dosahujeme základních principů výroby a jejich následným uplatněním ve společnosti, tak aby docházelo k neustálému zlepšování. Tento cyklus zlepšování lidských dovedností a technologií je podstatou „Jidoka“ společnosti Toyota. Pokrok v „Jidoka“ tímto způsobem pomáhá posilovat jak výrobní konkurenceschopnost, tak rozvoj lidských zdrojů. [9, 10, 11]

TPS je rozdělen do 14 zásad a 4 oddílů: [9]

I. Oddíl: Dlouhodobá filozofie

1 Zakládat manažerská rozhodnutí na dlouhodobé filozofii, a to i na úkor krátkodobých finančních cílů

II. Oddíl: Správný proces přinese správné výsledky

2 Vytvořit nepřetržitý procesní tok, který umožní odhalit problémy

3 Využívat Pull systém

4 Vyrovnávat pracovní zatížení

5 Vytvářet kulturu, která dovoluje zastavit proces, aby se vyřešily problémy a bylo dosaženo správné kvality hned napoprvé

6 Standardizované úkoly jsou základem neustálého zlepšování

7 Využívat vizuální kontroly

8 Používat jen důkladně prověřené technologie

III. Oddíl: Přidávat hodnotu organizaci tím, že budou rozvíjeni zaměstnanci a partneři

9 Vychovávat vůdčí osobnosti, které žijí filosofií firmy

10 Rozvíjet výjimečné lidi a týmy

11 Projevovat ohled vůči širší síti partnerů a dodavatelů

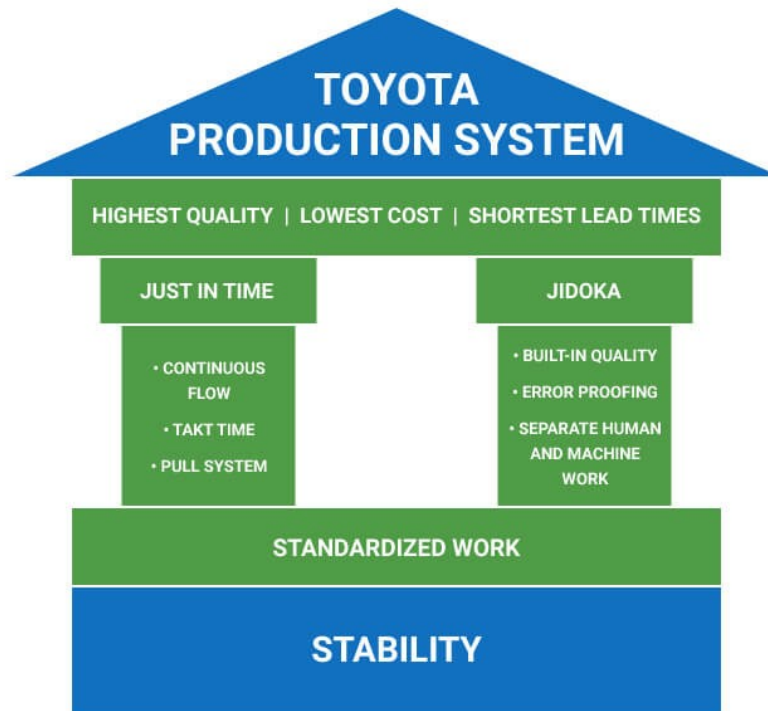
IV. Oddíl: Nepřetržité řešení nejhlubších problémů podněcuje učení a zlepšování

12 Jít se přesvědčit na vlastní oči (go to gemba)

13 Rozhodnutí přijímat pomalu, implementovat rychle

14 Stát se učící se organizací

Dům Toyota Production System je postaven na pevných a stabilních základech. Má dva pilíře, přičemž zastřešujícím cílem je TPS jako špička domu. Pilíře domu jsou považovány za základ štíhlé výroby. [11]



Obr. 1: Dům TPS [11]

1.3 Principy Lean managementu

Lean management obsahuje 5 základních principů, které na sebe kontinuálně navazují a opakují se. Dva základní koncepty v myšlení ve stylu Lean jsou eliminovat plýtvání a vytvořit hodnotu. [3]

1.3.1 Identifikace hodnoty (Identify Value)

Jsou-li položeny základy štíhlého procesu, je nejprve nutné identifikovat hodnotu práce týmu a rozlišovat přidanou hodnotu od plýtvání. Je důležité, aby všichni byli na stejné vlně tzn. že by to měla být kolektivní aktivita.

Pro pochopení, co znamená hodnota, zvážení konečného úsilí na produkt a to, co z něj zákazník získá. Podle definice je hodnota vše, za co zákazník zaplatí. Některé týmy však neprodukuje přímou hodnotu pro zákazníka společnosti, ale zvyšují celkovou hodnotu, kterou organizace dodává, jako například týmy QA (oddělení kvality).

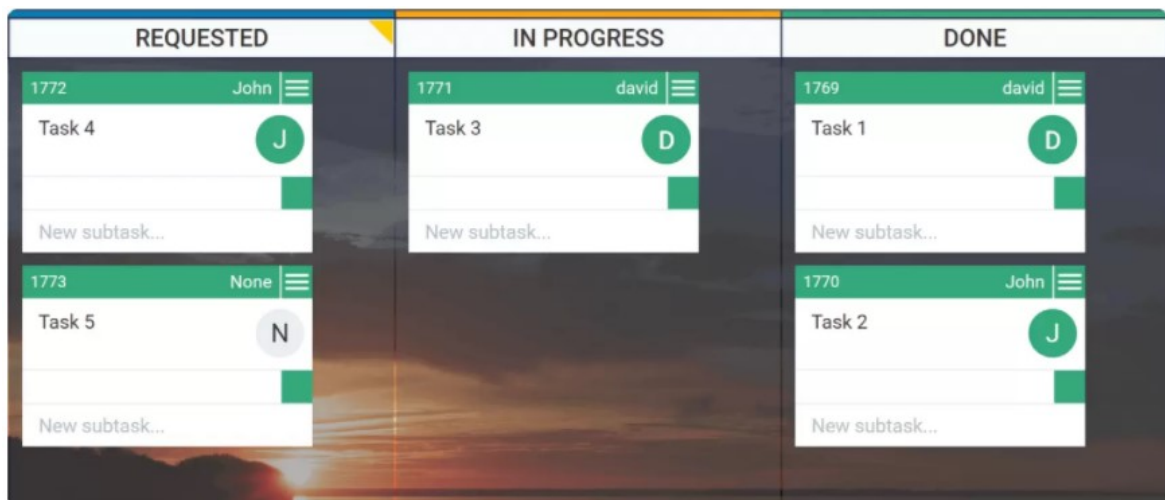
V tomto případě je zákazníkem daná společnost. Například hodnota práce týmu pro zajištění kvality je počet chyb, které zachytí a na základě toho zajistí, že celá společnost dodá koncovému uživateli hodnotný produkt.

Lean identifikuje 7 druhů odpadu. Odpadové činnosti lze kategorizovat jako čisté a nezbytné. Hlavní rozdíl mezi nimi je v tom, že některé odpadové činnosti jsou nezbytné pro podporu činností s přidanou hodnotou, zatímco čisté odpadové činnosti pouze poškozují štíhlý tok práce.

Zajištění kvality je nejjasnějším příkladem nutného plýtvání. Negeneruje přímou hodnotu pro koncového zákazníka, ale zajišťuje, že se hodnota vývojového procesu neztratí. [4, 7, 14]

1.3.2 Identifikace a mapování toku (Map the Value Stream)

Druhý z 5 principů Leanu je tok hodnot. To je důvod, proč poté, co je stanovena hodnota, kterou tým produkuje, je důležité vizualizovat jeho cestu k zákazníkovi. V Lean managementu se to obvykle provádí pomocí Kanban boardů.



Obrázek 2: Map the Value Stream [16]

Kanban board je nástroj pro mapování každého kroku našeho procesu a tedy vizualizaci hodnotového toku týmu. Základní deska Kanban, vyvinutá jako součást produkčního systému Toyota, který položil základy Lean managementu, je vertikální plochý povrch rozdělený sloupci pro tři primární stavy libovolného zadání:

- Vyžádáno
- Probíhá

- Hotovo

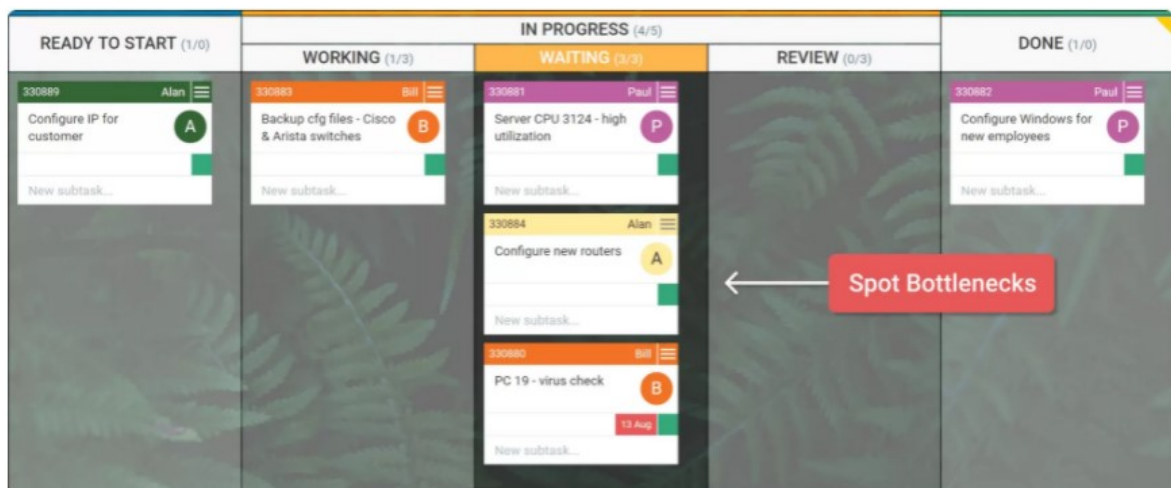
Přestože vizualizace pracovního postupu je tímto způsobem dobrý začátek, je nutné zvážit přesnější mapování procesu tím, že kroky, které tvoří jednotlivé fáze budou také zahrnuty. Například fáze „vyžadováno“ může mít dva kroky – objednávka přijata a připravena ke spuštění. Obvykle se „Probíhá“ skládá z největšího počtu kroků.

V případě mapování toku poprvé je nutné se zaměřit na kroky s přidanou hodnotou k vytvoření štíhlého procesu. [4, 7, 14]

1.3.3 Vytvoření nepřetržitého toku (Create Flow)

Ve světě Leanu je klíčovým pojmem flow. Vzhledem k tomu, že jakékoli čekání je plýtváním, při vytváření toku hodnoty je cílem zajistit hladké doručení od okamžiku, kdy obdržíme objednávku, až do okamžiku, kdy ji doručíte zákazníkovi.

Hlavní překážkou pro vytvoření hladkého toku jsou úzká místa v procesu. Manažer by si měl dávat pozor na to, jak jednotlivé úkoly postupují v pracovním postupu. Zvláště je nutné pozorně sledovat, kde se úkoly zasekávají, zřetelně viditelné a proč k tomu dochází. Úzká místa mohou být způsobena nedostatkem kapacity v určité fázi, čekáním na externí zainteresované strany atd. Mezi nejběžnější úzká místa v jakémkoli procesu patří fáze kontroly. [4, 7, 14]



Obrázek 3: Create Flow [16]

Zmírnění úzkých míst v procesu je klíčové, vytvořit hladký a štíhlý tok. Pokud nelze zmírnit úzká místa, je dobré, alespoň zkontrolovat stávající místa před zahlcením.

Jednoduchý způsob, jak to provést, je omezit množství práce, kterou tým může vykonávat současně. S ohledem na to je nezbytně nutné komunikovat s dotčeným týmem na toto téma a dohodnout se na přijatelných limitech WIP (Work In Progress), které pomohou dosáhnout maximální efektivity. [4, 7, 14]

1.3.4 Řízení potřebami zákazníka (Establish Pull)

Poté, co je vytvořen tok práce, nás 4. z principů Lean žádá, abychom zavedli systém tahu (pull). Myšlenka je jednoduchá, začít novou práci, až když po ní bude poptávka a tým má volnou kapacitu. Cílem by mělo být produkovat hodnotu, kterou zákazníci skutečně potřebují, a tím pádem se vyhnout nadprodukcí. Pro představu je dobré si zhodnotit a podívat se na jednotlivé úkoly, jejich zpracování v systému a porovnat pull oproti typickému modelu push.

V push systému je vytvořen úkol a poté přiřazen vývojáři. Někdo, obvykle se jedná o manažera nebo vedoucího týmu, převezme obsah práce, které je třeba udělat, a poté je přidělí členům týmu. Práce je poté jednoduše rozdělena mezi členy v týmu, kteří ji budou zpracovávat.

V systému pull jsou úkoly, které je třeba zpracovat, uloženy ve frontě. Vývojář, který momentálně na ničem nepracuje, jde do fronty a vezme položku s nejvyšší prioritou, na které je schopen pracovat.

Cílem pro štíhlou organizaci je poskytovat zákazníkům hodnotu tím nejefektivnějším způsobem. Dobrý způsob jak zajistit, že se organizace zaměřuje na dvě klíčové metriky každého úkolu:

- Doba cyklu
- Propustnost

Doba cyklu úkolů je doba, po kterou tým aktivně pracuje na jejich dokončení, zatímco propustnost je počet úkolů, které jsou dokončené v předem definovaném časovém rozhraní.

Pro vedoucího, který se snaží implementovat 5 Lean principů a Lean postupů, by měla být snaha o kratší doby cyklu, což povede ke zvýšení propustnosti vašeho týmu. [4, 7, 14]

1.3.5 Snaha o dosažení dokonalosti (Seek Perfection)

Tento Lean princip úzce souvisí s konceptem neustálého zlepšování, který je nedílnou součástí Lean managementu. Cílem je neustále zlepšovat každý proces v oblasti týmu tím, že se zaměří na vylepšování činností, které generují největší hodnotu pro zákazníka. Zároveň dojde k odstranění co nejvyššího počtu nadbytečných činností.

Neustálého zlepšování lze dosáhnout pomocí metod, jako je Plan-Do-Check-Act, známé jako PDCA, ale jde spíše o způsob myšlení, které je nutné v týmu budovat. Pro dosažení maximálních možných výsledků členů v týmu a neustálého zlepšování, je potřebné zvážit způsob vedení tohoto týmu. K neustálému zlepšování může vézt pouze tehdy, pokud každý člen v týmu převezme odpovědnost za své úkoly. To se může ukázat jako obtížné, když sami nezvládnou ani ty nejmenší problémy. [4, 7, 14]



Obrázek 4: Step by step [16]

1.4 Plýtvání

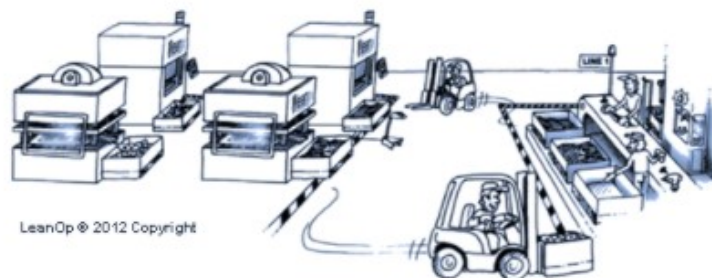
Štíhlé myšlení má za cíl, odstranit plýtvání (angl. waste) z pracovních procesů. Je to jakákoliv akce nebo krok v procesu, který zákazníkovi nepřidává hodnotu. Jinými slovy, plýtvání je jakýkoli proces, za který zákazník nechce platit.

Původních sedm odpadů (Muda) bylo vyvinuto Taiichi Ohno, hlavním inženýrem v Toyotě, jako součást Toyota Production System (TPS). Těmito sedmi odpady jsou Doprava, Zásoby, Pohyb, Čekání, Nadprodukce, Nadměrné zpracování a Defekty. Často jsou označovány zkratkou „TIMWOOD“. 8. plýtvání nevyužitým talentem neboli ‚dovednosti‘ pracovníků, bylo později představeno v 90. letech, kdy byl v západním světě přijat výrobní systém Toyota. V důsledku toho se těchto 8 odpadů běžně nazývá „TIMWOODS“. V následující části podrobně prozkoumáme každý z těchto odpadů.

Prvním krokem ke snížení plýtvání je nutné uznat, že existují a mít účinný proces pro jejich identifikaci. Value Stream Mapping (VSM) je metoda Lean managementu pro analýzu současného stavu a navrhování stavu budoucího. Ukazuje tok informací a materiálu tak, jak k nim dochází. VSM je účinným nástrojem pro zmapování příslušných procesů, zobrazení vztahu mezi výrobními procesy vizuálním způsobem a pro oddělení činností s přidanou hodnotou a činností bez přidané hodnoty. [13]

1.4.1 Doprava a přenášení (Transport)

Plýtvání při přepravě zahrnují pohyb osob, nástrojů, vybavení nebo výrobků déle, než je nutné. Nadměrný pohyb materiálů může vést k poškození a defektům produktu. Nadměrný pohyb osob a zařízení může navíc vést ke zbytečné práci, většímu opotřebení a vyčerpání.



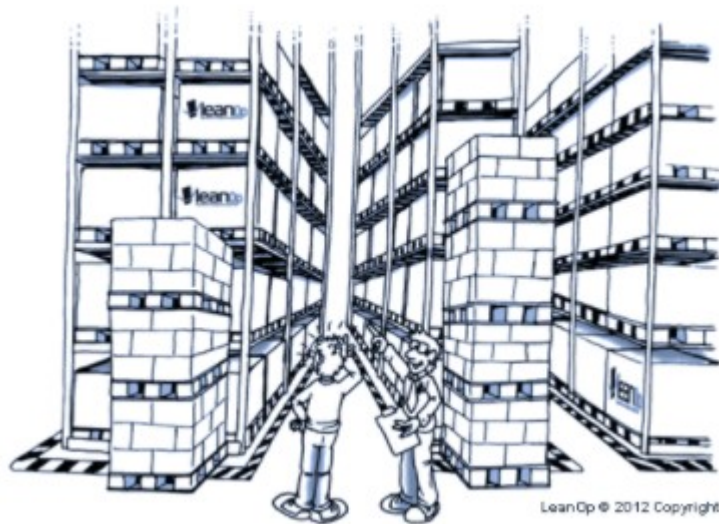
Obrázek 5: Transport [17]

V kanceláři by pracovníci, kteří spolu často spolupracují, měli být blízko u sebe. V továrně by měl být materiál potřebný pro výrobu snadno dostupný na místě výroby a mělo by se zamezit dvojité nebo trojitě manipulaci s materiály.

Některá z protiopatření proti plýtvání při přepravě zahrnují vývoj výrobní linky ve tvaru U, vytváření toku mezi procesy a ne nadměrnou produkci položek v procesu (WIP). [13, 17, 36]

1.4.2 Zásoby (Inventory)

Často je obtížné považovat přebytečné zásoby za plýtvání. V účetnictví jsou zásoby považovány za aktivum a dodavatelé často poskytují slevy na hromadné nákupy. Mít ale více zásob než je nutné k udržení plynulého toku práce, může vést k problémům, včetně možných vad produktu nebo poškození materiálu. Delší průběžné doby ve výrobním procesu, neefektivní alokaci kapitálu a problémům skrytým v zásobách. Nadměrné zásoby mohou být způsobeny nadměrným nákupem, nadprodukcí rozpracované výroby (WIP) nebo výrobou více produktů, než zákazník potřebuje. Nadměrné zásoby brání odhalení problémů souvisejících s výrobou, protože chvíli trvá nahromadění těchto zásob, než jsou objeveny. V důsledku toho bude potřeba více úsilí na odstranění závad.



Obrázek 6: Inventory [17]

Plýtvání ve skladovém hospodářství mohou být např. položky čekající na zpracování, zákazníci čekající na servis, nepoužívané záznamy v databázi nebo zastaralé soubory. Plýtvání při výrobě mohou zahrnovat rozbité stroje, více hotových výrobků než je požadováno, další materiál zabírající pracovní prostor a hotové výrobky, které nelze prodat.

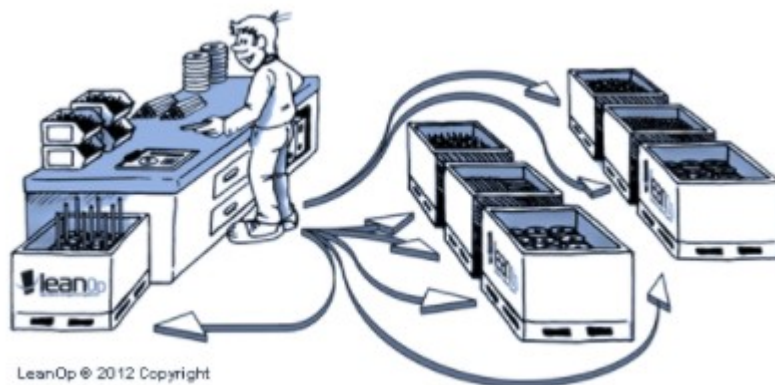
Některá protiopatření pro zásoby zahrnují: nákup surovin pouze v případě potřeby a v potřebném množství, snížení rezerv mezi výrobními kroky a vytvoření systému fronty, aby se zabránilo nadprodukci. [13, 17]

1.4.3 Pohyb (Motion)

Plýtvání v pohybu zahrnuje jakýkoli zbytečný pohyb osob, zařízení nebo strojů. To souvisí s chůzí, zvedáním, ohýbáním, protahováním aj. Úkoly, které vyžadují nadměrný pohyb, by měly být přepracovány, aby se zlepšila práce personálu a zvýšila se úroveň zdraví a bezpečnosti.

V kanceláři může zbytečný pohyb zahrnovat chůzi, sahání pro materiály, vyhledávání souborů, prohledávání inventáře, abyste našli, co je potřeba, nadměrné kliknutí myší a dvojitě zadávání dat. Výrobní plýtvání pohybem může zahrnovat opakující se pohyby, které zákazníkovi nepřidávají hodnotu.

Některá protiopatření pro pohyb zahrnují zajištění dobré organizace pracovního prostoru, umístění zařízení blízko místa výroby a umístění materiálů do ergonomické polohy, aby se snížilo natahování a namáhání. [17, 36]



Obrázek 7: Motion [17]

1.4.4 Čekání (Waiting)

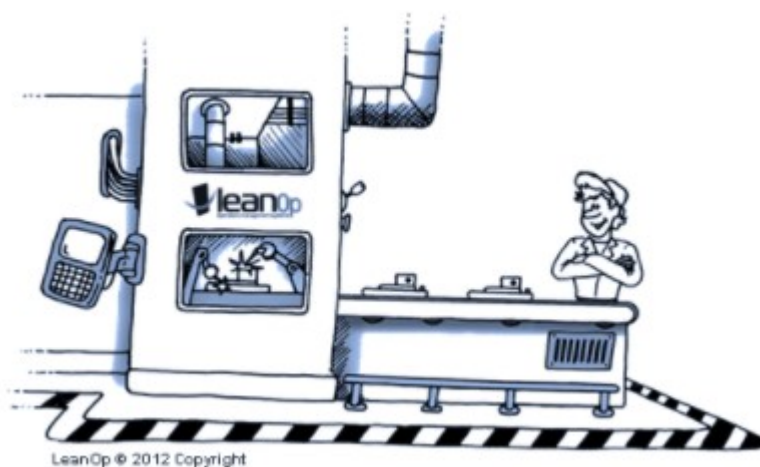
Mezi plýtvání čekáním patří:

- 1) lidé čekající na materiál (ze skladu nebo od dodavatele)
- 2) lidé nemají potřebné vybavení (pomůcky, výkresy aj.)

Čekací doba je často způsobena nerovnoměrností ve výrobních místech a může mít za následek nadměrné zásoby a nadprodukci.

V kanceláři může plýtvání čekáním zahrnovat čekání na odpověď ostatních na e-mail, na kontrolu souborů, neefektivní schůzky, aj. Ve výrobním závodě může plýtvání nastat při čekání na dodání materiálů, na správné pokyny k zahájení výroby a vybavení s nedostatečnou kapacitou.

Některá protiopatření na počkání zahrnují: navrhování procesů pro zajištění nepřetržitého toku nebo toku jednoho kusu, vyrovnání pracovní zátěže pomocí standardizovaných pracovních pokynů a rozvoj flexibilních více kvalifikovaných pracovníků, kteří se mohou rychle přizpůsobit požadavkům práce. [13, 17]



Obrázek 8: Waiting [17]

1.4.5 Nadprodukce (Over production)

K nadprodukcí dochází při výrobě produktu nebo prvku produktu předtím než je požadován. Může být lákavé vyrábět co nejvíce produktů, když pracovník má čas nebo zařízení je nečinné a stojí. Avšak spíše než produkovat produkty právě tehdy, když jsou potřeba podle filozofie „Just In Time“, způsob práce „Just In Case“ vede k řadě problémů. Navíc nadprodukce produktu také vede ke zvýšení pravděpodobnosti, že produkt nebo množství vyrobených produktů nevyhovuje požadavkům zákazníka.

V kancelářském prostředí by nadprodukce mohla zahrnovat vytváření dalších kopií, zpráv, které nikdo nečte, poskytování více informací než je potřeba, a poskytování služby dříve, než je zákazník připraven. Nadprodukce výroby zahrnuje výrobu více produktů než je požadováno, prostřednictvím „systému tlačení výroby“ nebo výrobu produktů ve větších velikostech dávek, než je potřeba.

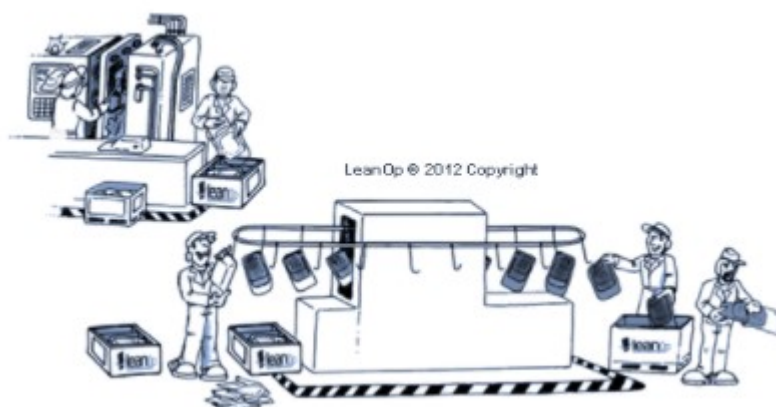
Pro nadprodukcí existují tři protiopatření. Za prvé, použití „Tact Time“ zajišťuje, že rychlost výroby mezi pracovními místy bude rovnoměrná. Za druhé, zkrácení doby přípravy umožňuje výrobu malých sérií nebo toku jednoho kusu. Za třetí, pomocí systému pull nebo „Kanban“ lze ovládat množství WIP. [13, 17, 36]



Obrázek 9: Over production [17]

1.4.6 Nadměrné zpracování (Over-processing)

Nadměrným zpracováním se rozumí provedení více práce než je nezbytné, přidání více komponent nebo více kroků v produktu nebo službě než požaduje zákazník. Při výrobě by to mohlo zahrnovat použití přesnějšího zařízení, než je nutné. Použití komponent s kapacitou nad rámec toho, co je požadováno, provádění většího počtu analýz než je potřeba, přepracování řešení, úpravy komponenty poté, co již byla nainstalována aj.



Obrázek 10: Over procesing [17]

V kanceláři může nadměrné zpracování zahrnovat generování podrobnějších zpráv než je třeba, zbytečné kroky v procesu nákupu, vyžadování zbytečných podpisů na dokumentu, dvojitě zadávání dat, více formulářů a další kroky v pracovním postupu.

Jedním jednoduchým způsobem, jak čelit nadměrnému zpracování, je pochopit požadavky na práci z hlediska zákazníka. [13, 17]

1.4.7 Vady (Defects)

Vady se vyskytují, když výrobek není způsobilý k použití. To obvykle vede buď k přepracování nebo sešrotování produktu. Oba výsledky jsou plýtvání, protože zvyšují provozní náklady, aniž by zákazníkovi přinášely jakoukoli hodnotu.

Zde jsou čtyři protiopatření proti defektům. Nejprve je nutné vyhledat nejčastější závadu a zaměřit se na ní. Za druhé, navrhnouti procesu pro detekci abnormalit. Za třetí, přepracování procesu tak, aby nevedl k defektům. Nakonec použití standardizované práce k zajištění konzistentního výrobního procesu bez vad. [17, 36]



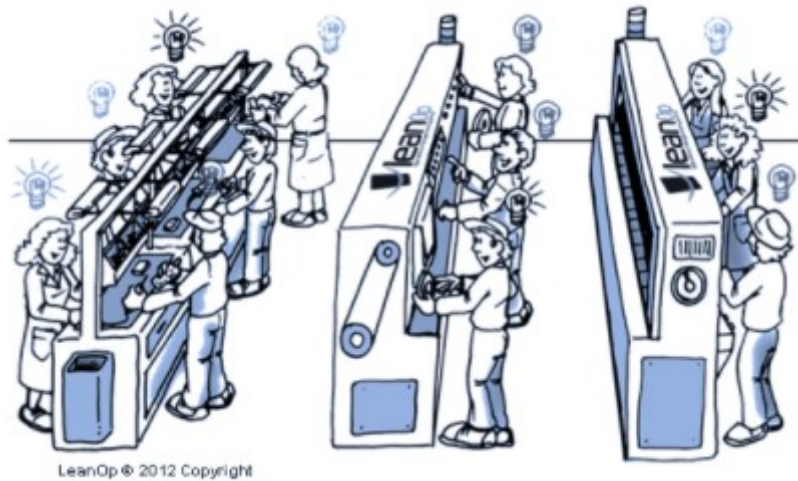
Obrázek 11: Defects [17]

1.4.8 Dovednosti – 8. plýtvání (Skills – The 8th Waste)

I když to nebylo součástí Toyota Production System (TPS), mnoho lidí si je dobře vědomo 8. odpadu – plýtvání lidským potenciálem. Také popisováno jako plýtvání nevyužitým lidským talentem a vynalézavostí. K tomuto dochází, když organizace oddělují roli managementu od zaměstnanců. V některých firmách je odpovědností managementu plánování, organizace, kontrola a inovace výrobního procesu. Úkolem zaměstnance je jednoduše plnit rozkazy a vykonávat práci podle plánu. Tím, že se nezapojí znalosti a

odbornost pracovníků v první linii, je obtížné zlepšit procesy. To je způsobeno skutečností, že lidé, kteří vykonávají práci, jsou těmi, kdo jsou nejspíše schopnější identifikovat problémy a navrhnout jejich řešení.

V kanceláři by nevyužitý talent mohl zahrnovat nedostatečné školení, špatné pobídky, nežádání o zpětnou vazbu od zaměstnanců a umístění zaměstnanců na pozice pod úroveň jejich schopností a kvalifikace. Ve výrobě je toto plýtvání vidět, když jsou zaměstnanci špatně vyškoleni, nevědí, jak efektivně obsluhovat zařízení, když zaměstnanci dostanou pro danou práci nesprávný nástroj a když nejsou vyzváni, aby přišli s nápady na zlepšení práce. [13, 17, 36]



Obrázek 12: Skills [17]

2 SIX SIGMA

2.1 Historie Six Sigma

Motorola byla průkopníkem Six Sigma a stanovila si cíl „six sigma“ pro svůj výrobní podnik. Zaregistrovala Six Sigma jako servisní značku 11. června 1991, dne 28. prosince 1993 poté i jako ochrannou známku.

Honeywell a General Electric byly také prvními uživateli Six Sigma. Jako generální ředitel GE Jack Welch v roce 1995 učinil ústředním bodem své obchodní strategie a v roce 1998 oznámil úsporu nákladů, což byl důležitý faktor v rozšíření Six Sigma. Koncem 90. let asi dvě třetiny organizací z žebříčku Fortune 500 zahájily iniciativy Six Sigma s cílem snížit náklady a zlepšit kvalitu.

V posledních letech někteří praktici spojili myšlenky Six Sigma se štíhlou výrobou a vytvořili metodologii nazvanou LeanSix Sigma. Metodologie LeanSix Sigma nahlíží na štíhlou výrobu, která se zabývá tokem procesů a problémy s plýtváním, a Six Sigma se zaměřením na variace a design jako doplňkové disciplíny zaměřené na podporu „obchodní a provozní dokonalosti“.

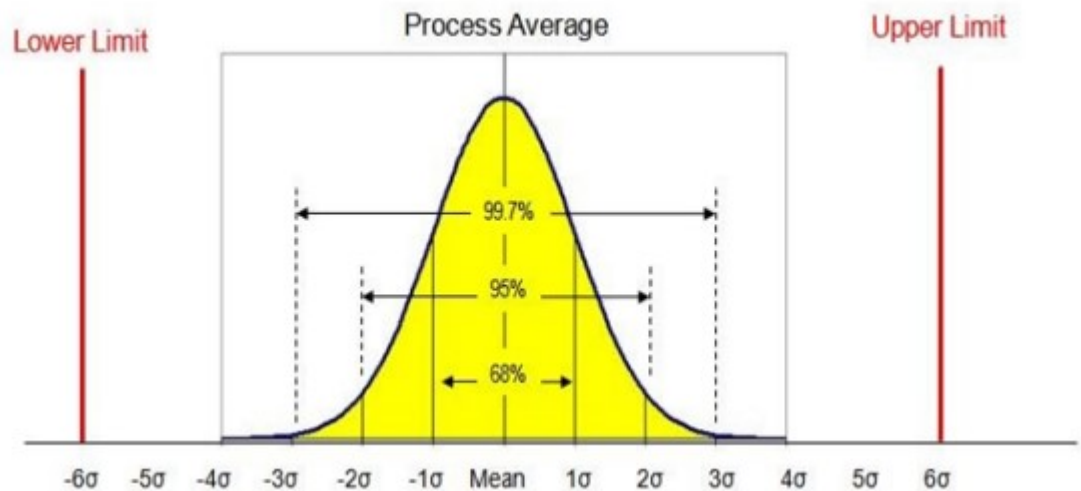
V roce 2011 vydala Mezinárodní organizace pro standardizaci (ISO) první standard „ISO 13053:2011“ definující proces Six Sigma. Další standardy byly vytvořeny většinou univerzitami nebo společnostmi s programy certifikace první strany Six Sigma. [19, 20]

2.2 Pojem Six Sigma

Pojem Six Sigma (6σ) pochází ze statistiky, konkrétně z oblasti statistické kontroly kvality, která hodnotí způsobilost procesů. Původně odkazovalo na schopnost výrobních procesů produkovat velmi vysoký podíl výstupu v rámci specifikace. Předpokládá se, že procesy, které krátkodobě fungují v kvalitě „six sigma“, produkují dlouhodobě úrovně defektů pod 3,4 defektů na milion příležitostí (DPMO). 3,4 dpmo je založeno na „posunu“ $\pm 1,5$ sigma.

Existuje tedy šest standardních odchylek – reprezentovaných řeckým písmenem σ (sigma) – mezi střední hodnotou – reprezentovanou μ (mu) – a nejbližším specifikačním limitem. Jak se standardní odchylka procesu zvyšuje nebo se střední hodnota procesu vzdaluje od středu tolerance, méně standardních odchylek se vejde mezi střední hodnotu a nejbližší limit specifikace. Tím se sníží číslo sigma a zvýší se pravděpodobnost hodnot mimo specifikaci.

Výpočet úrovně Sigma pro procesní data je nezávislý na datech, která mají normální rozdělení. [12]



Obrázek 13: Gaussova křivka [22]

2.3 LeanSix Sigma

Lean Six Sigma je synergický manažerský koncept Lean a Six Sigma. Lean se tradičně zaměřuje na eliminaci sedmi druhů plýtvání a Six Sigma se zaměřuje na zlepšování kvality výstupů procesů identifikací a odstraňováním příčin vad (chyb) a minimalizací variability ve (výrobních a obchodních) procesech.

Lean Six Sigma používá fáze DMAIC (vyslovuje se dee-mayick) podobné fázi Six Sigma. Pět fází použitých v Lean Six Sigma si klade za cíl identifikovat hlavní příčinu neefektivity a pracovat s jakýmkoli procesem, produktem nebo službou, která má k dispozici velké množství dat nebo měřitelných charakteristik. [12]

Různé úrovně certifikace jsou rozděleny do barev pásů. Nejvyšším stupněm certifikace je černý pás, znamenající hlubokou znalost principů Lean Six Sigma. Pod černým pásem se dále vyskytují zelené a žluté pásy. Pro každý z těchto pásů jsou k dispozici sady dovedností úrovně. Popisují, které z celkových nástrojů Lean Six Sigma by měly být součástí na určité úrovni pásu. Soubory dovedností odrážejí jednotlivé prvky ze Six Sigma, Lean a dalších metod pro zlepšování procesů, jako je teorie omezení a celková produktivní údržba. [12, 23]



Obrázek 14 Rozdělení certifikace [23]

2.3.1 Principy Lean Six Sigma

Lean Six Sigma je založena na souboru principů, které jsou kombinací Lean metodologie a přístupu Six Sigma. Zatímco Lean se zaměřuje především na eliminaci neekonomických činností, Six Sigma si klade za cíl zlepšit kvalitu odstraňováním příčin závad.

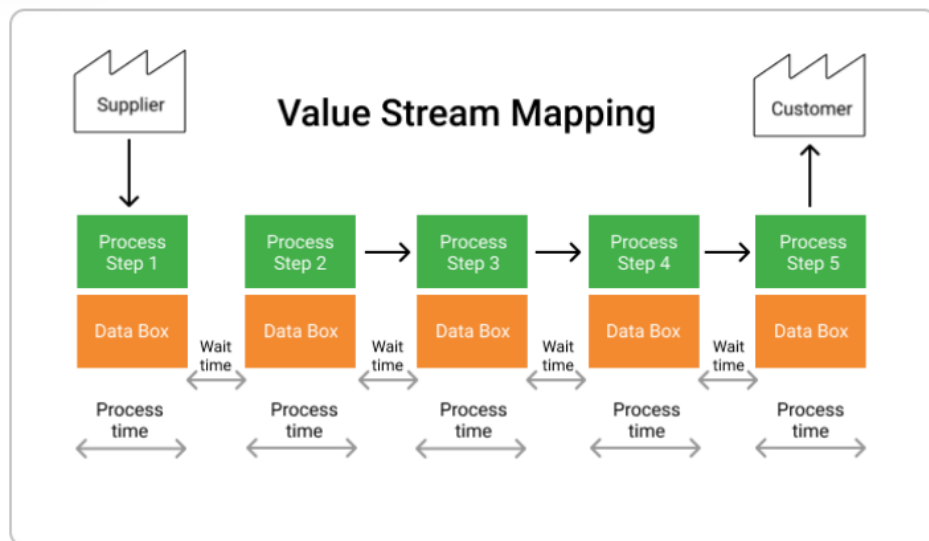
Oba přístupy skutečně sdílejí podobné metodiky, hodnoty a nástroje, což je jeden z hlavních důvodů, proč se zrodila Lean Six Sigma. [12, 13]

a) Zaměření na zákazníka

Hlavním smyslem každé společnosti je nabízet produkt nebo službu, za kterou jsou zákazníci ochotni zaplatit. Zde je důvod, proč Lean Six Sigma radí, abyste na první místo dávali zákazníky a jejich potřeby.

b) Zmapování toku hodnot pro pochopení pracovního procesu

Mapa toku hodnot zobrazuje všechny kroky v pracovním procesu nezbytné k dodání finální hodnoty zákazníkovi. Představuje tok práce a zdrojů od organizace ke koncovému zákazníkovi.



Obrázek 15: Flow chart [24]

c) Řídit a zlepšovat tok procesů

Tento koncept poskytuje příklad odlišného myšlení. Cílem je zde použít tok jednoho kusu (nebo alespoň použití menší velikosti dávky), který se vzdaluje od hromadných dávek. Důležité je identifikování jednotlivých kroků bez přidané hodnoty a tyto kroky odstranit nebo alespoň ~~tyto kroky~~ minimalizovat, aby nezdržovali kroky, které přinášejí hodnotu.

Koncept systému pull (tahu), nikoli push (tlaku). Může být základním prvkem při předcházení úzkým místům.

d) Odstranění kroků a plýtvání bez přidané hodnoty

Myšlenka eliminace odpadu pochází z výrobního systému Toyota. Sám pan Ohno popisuje, co Toyota dělá následující větou: "Vše, co děláme, je, že se díváme na časovou osu, od okamžiku, kdy nám zákazník zadá objednávku, do okamžiku, kdy vybereme hotovost. Tuto časovou osu zkracujeme odstraněním plýtvání bez přidané hodnoty. Existuje 7 druhů plýtvání, viz kapitola 1.4 Plýtvání.

Je také nezbytné rozlišovat mezi nezbytným a čistým plýtváním.

- a) Nezbytné plýtvání – Jedná se o činnost bez přidané hodnoty, která je však nezbytná pro kvalitní provedení věcí – například testování, plánování atd.

- b) Čisté plýtvání – Jedná se o nepřidanou hodnotu a zbytečnou činnost. Představuje cokoli, co nevytváří hodnotu pro zákazníka a může být okamžitě odstraněno z procesu.



Obrázek 16 Plýtvání [24]

e) Řízení na základě dat a snížení variability

Snížení variací a zvýšení standardizace umožňuje společnostem být efektivnější z hlediska nákladů a mít vyšší spokojenost zákazníků.

f) Zapojení lidí do procesu

Zlepšování procesů je nedílnou součástí kultury Lean Six Sigma. Chceme-li však učinit správná rozhodnutí o tom, co je třeba zlepšit, je důležité, každý den naslouchat lidem, kteří se na procesu podílejí. Právě zaměstnanci v první linii mají velmi pravděpodobně jasnou zpětnou vazbu o tom, jak lze proces zlepšit.

Lean Six Sigma také důrazně doporučuje mít specializovaný tým pro zlepšování procesů odpovědný za procesy Six Sigma. Z důvodu, že ke zlepšení nedochází příležitostně, ale jako výsledek kolektivního úsilí a sdílené vize. Pro podporu týmu musí organizace poskytnout školení o zlepšování procesů a zajistit, aby zaměstnanci byli obeznámeni s různými nástroji a metodami měření Lean Six Sigma.

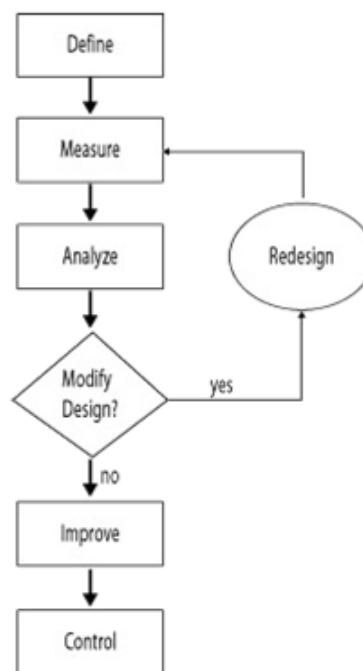
g) Systematické zlepšování

Řízení štihlého šest sigma zlepšení se obvykle provádí jako projekt. Abychom tomu poskytli kostru, tak potřebujeme logický soubor kroků.

Toto se nazývá DMAIC (vyslovuje se dee-mayick). [12, 13, 19, 22]

3 METODIKA DMAIC

Definovat, měřit, analyzovat, zlepšovat a kontrolovat (DMAIC) je strategie kvality založená na datech, která se používá ke zlepšení procesů. Písmena ve zkratce představují pět fází, které tvoří proces, včetně nástrojů, které je třeba použít k dokončení těchto fází znázorněných na obr. č. 17. Je nedílnou součástí iniciativy Six Sigma, ale obecně může být implementována samostatně jako postup zlepšování nebo jako součást jiných iniciativ zlepšování procesů, jako je lean. [12, 21]



Obrázek 17: Metodika DMAIC [25]

Definování (Define) problému, zlepšovací činnost, příležitost ke zlepšení, cíle projektu a zákaznické (interní a externí) požadavky.

- Hlas zákazníka pro porozumění a také zpětné vazbě od současných i budoucích zákazníků
- Mapa toku hodnot, která poskytuje přehled o celém procesu, který začíná a končí u zákazníka a analyzuje, co je potřeba k uspokojení potřeb zákazníka

Měření (Measure) výkonnosti procesu.

- Procesní mapa pro záznam činností prováděných jako součást procesu
- Analýza schopností k posouzení procesu splňovat dané specifikace
- Paretův diagram pro analýzu frekvence problémů nebo příčin

Analyzování (Analysis) procesu pro určení základní příčiny odchylek a špatného výkonu (závady).

- Analýza kořenových příčin (RCA) k odhalení příčin
- Analýza režimu a účinků selhání (FMEA) pro identifikaci možných selhání produktu, služeb a procesu

Zlepšete (Improve) výkon procesu řešením a odstraněním hlavních příčin.

- Návrh experimentů (DOE) pro řešení problémů ze složitých procesů nebo systémů, kde existuje mnoho faktorů ovlivňujících výsledek a kde není možné izolovat jeden faktor nebo proměnnou od ostatních.
- Kaizen, který představí rychlou změnu se zaměřením na úzký projekt a využitím nápadů a motivace lidí, kteří dělají tuto práci.

Kontrolovat (Control) vylepšený proces a budoucí výkonnost procesu.

- Plán kontroly kvality k dokumentaci, co je potřeba k udržení vylepšeného procesu na jeho současné úrovni.
- Statistické řízení procesu (SPC) pro sledování chování procesu.
- 5S k vytvoření pracoviště vhodného pro vizuální kontrolu.
- Kontrola chyb (poka-yoke), aby byly chyby nemožné nebo okamžitě zjistitelné.
[8, 12, 15, 21]

4 FIFO (FIRST IN, FIRST OUT)

Jedná se o efektivní metodu řízení zboží, která nám říká, že první naskladněné položky do skladu jsou prvními položkami, které se následně vyskladňují neboli kdo dřív přijde, je dřív na řadě. Pomocí této metody řízení jednotlivých skladových položek se eliminuje riziko zastarání nebo vypršení jejich platnosti a vyhnutí se zbytečným finančním ztrátám.

Metodu FIFO lze použít nejen ve skladovém hospodářství, ale také v účetnictví, kde se používá jako metoda oceňování zásob. V účetních výkazech se poté společnost pohybuje v přesnějších reálných číslech. Dále velmi hojně používané u informačních technologiích v databázových systémech. Zákazník zasílá požadavek na databázový server, kde jsou jednotlivé požadavky procesně tříděny dle metody FIFO. [26]

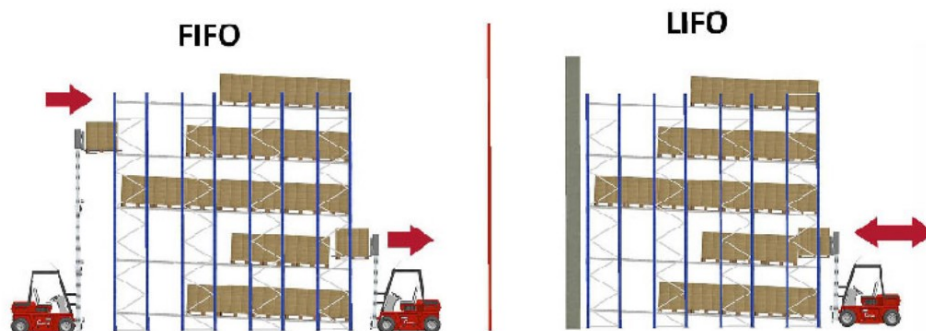
Existují i další metody jako například LIFO a HIFO.

4.1.1 LIFO (LAST IN, FIRST OUT)

Poslední produkty, které dorazí, jsou první produkty, které jsou vyskladněné. Jedná se tedy o opak FIFO metody. Metoda dokáže odrážet aktuální stav ceny nakoupeného produktu a promítnout ho do ceny konečného výrobku. Nevhodná aplikace do některých oborů jako např. potravinářský a lékařský průmysl. [26]

4.1.2 HIFO (HIGHEST IN, FIRST OUT)

Produkty s nejvyššími náklady na nákup jsou první produkty, které jsou vyskladněné. [26]



Obrázek 18: FIFO vs. LIFO [27]

5 TECHNOLOGIE ČÁROVÝCH KÓDŮ/QR KÓDŮ

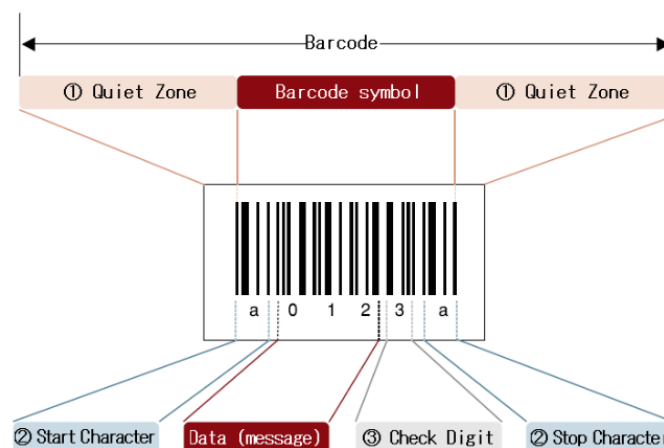
Čárové kódy a QR kódy jsou nejrozšířenější technologií automatické identifikace či registrace dat bez použití kláves. [28, 30]

5.1 Čárové kódy

Tištěná série rovnoběžných čar různé šířky, které se používají pro zadávání dat do počítačového systému. Čáry jsou typicky černé na bílém pozadí a jejich šířka a množství se liší dle aplikace. Čáry se používají k reprezentaci binárních číslic 0 a 1. Sekvence prezentují čísla od 0 do 9 a mohou být zpracovány digitálním počítačem. Přítomnost nebo nepřítomnost pruhu určité šířky na konkrétní pozici v sekvenci je počítačem přečtena jako 0 nebo 1. Většina takových kódů používá pruhy pouze dvou různých šířek (tlusté a tenké), ačkoli některé kódy používají čtyři šířky. [28, 30]

Informace čárového kódu jsou čteny optickým (laserovým) skenerem, který je součástí počítačového systému. Ruční skener se pro čtení pohybuje po kódu nebo se samotný kód pohybuje ručně po skeneru. Počítač následně uloží nebo ihned zpracuje data v čárovém kódu.

Čárové kódy byly zavedeny v 70. letech 20. století a nyní jsou všude přítomnou součástí běžných obchodních transakcí. Obchody s potravinami používají kódy k získání cenových a dalších údajů o zboží v místě nákupu spotřebitelem. U typické pokladny v supermarketu se skener používá k identifikaci produktu prostřednictvím jeho čárového kódu. [28, 30]



Obrázek 19: Čárový kód [29]

Quiet zone (Tichá zóna) – Jedná se o volný okraj na obou stranách čárového kódu. Minimální okraj mezi čárovými kódy (vzdálenost od krajní čárky jednoho čárového kódu ke krajní čárce jiného čárového kódu) je 2,5 mm. Pokud je šířka tiché zóny nedostatečná, čárové kódy jsou pro skener obtížně čitelné. [29]

Start/ Stop character (Počáteční a koncový znak) – Počáteční znak a koncový znak jsou znaky představující začátek a konec dat. Znaky se liší v závislosti na typu čárového kódu. [29]

Check digit (Kontrolní číslice) – Kontrolní číslice je číslice pro kontrolu správnosti zakódovaných dat čárového kódu. [29]

5.2 QR kódy

QR kódy byly vyvinuty v 90. letech minulého století jako způsob, jak poskytnout více informací než standardní čárový kód. Byly vynalezeny dceřinou společností Toyoty, jako způsob, jak sledovat automobily během výrobního procesu. V roce 2000 byl schválen jako mezinárodní standard Mezinárodní organizací pro standardizaci (ISO)

Na rozdíl od čárových kódů, které vyžadují, aby se paprsek světla odrazil od rovnoběžných čar, lze QR kódy digitálně skenovat zařízeními, jako jsou mobilní telefony.

QR kódy se skládají z černých tmavých či světlých čtverců uspořádaných do mřížky (matice) na bílém pozadí a jsou čteny specializovaným softwarem, který je schopen extrahovat data, které jsou v matici přítomny. Tyto kódy jsou schopny obsahovat více informací než tradiční čárové kódy a primárně zpracovávají čtyři režimy dat: alfanumerický, numerický, binární a Kanji.

QR kódy se rozšířily také v oblastí digitálních plateb a v systémech kryptoměn, jako je zobrazování bitcoinové adresy atd. [28]

5.3 Výhody technologie

Přesnost – Použití této technologie se snižuje a eliminuje potencionální chyba, která průměrně nastává při standartním opisu nebo ručně zadáváním dat. Je-li do kódu umístěna i kontrolní číslice, tak lze ověřit i správnost čtení ostatních znaků.

Rychlost – Čtení čárových a QR kódů je několikanásobně rychlejší oproti klávesovým zadáváním.

Flexibilita – Umístění čárových kódů a QR kódu je prakticky neomezené. Lze definovat jejich velikost a tisknout je na libovolné materiály, které např. musí odolávat extrémním environmentálním podmínkám.

Cena – Cena nosiče čárových a QR kódů je zanedbatelná

Produktivita, efektivita a do sledovatelnost [28]

6 F-TEST

F-test neboli také Fisherův test, který testuje shodu rozptylů porovnáním dvou nezávislých výběrů. Jestliže hodnoty náhodného výběru x_1, x_2, \dots, x_n z $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ a y_1, y_2, \dots, y_m reprezentují náhodný výběr z $N(\mu_2, \sigma_2^2)$, s_x^2 a s_y^2 odpovídají výběrovým rozptylům. Testujeme hypotézu H_0 o souladu σ_1^2 s σ_2^2 :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_A : \sigma_1^2 > \sigma_2^2$$

$$H_A : \sigma_1^2 < \sigma_2^2$$

$$H_A : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Výpočet testovacího kritéria:
$$F = \frac{s_x^2}{s_y^2}$$

Stanovení stupňů volnosti při platnosti H_0 Fisherovo-Snedecovo rozdělení $F(v_1, v_2)$ s $v_1 = n_1 - 1$ a $v_2 = n_2 - 1$. [32, 33]

7 T-TEST

T-test neboli také označován jako Studentův t-test je jeden z nejpoužívanějších testů matematické statistiky. Tento test slouží k porovnání středních hodnot dvou základních souborů. Musíme při tom rozlišovat dvě varianty:

- Základní soubory mají stejný rozptyl
- Základní soubory mají různé rozptyly

7.1 Jednovýběrový t-test

Jestliže hodnoty náhodného výběru x_1, x_2, \dots, x_n z $N(\mu, \sigma^2)$ a σ^2 je neznámé, tak testujeme hypotézu:

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_A : \mu > \mu_0$$

$$H_A : \mu < \mu_0$$

$$H_A : \mu \neq \mu_0$$

Výpočet testovacího kritéria:
$$t = \frac{|\bar{x} - \mu|}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}$$

\bar{x} - průměr výběrového souboru

μ - střední hodnota základního souboru

s^2 - rozptyl výběrového souboru

n - počet členů výběrového souboru

Stanovení stupňů volnosti při platnosti H_0 rozdělení $t(v)$ s $v = n-1$. [32, 33, 34]

7.2 Dvouvýběrový t-test – stejné rozptyly

Jestliže hodnoty náhodného výběru x_1, x_2, \dots, x_n z $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ a y_1, y_2, \dots, y_{n_2} reprezentují náhodný výběr z $N(\mu_2, \sigma_2^2)$, \bar{x} , \bar{y} , s_x^2 a s_y^2 odpovídají výběrové průměry a rozptyly. Testujeme hypotézu H_0 o souladu μ_1 a μ_2 při platnosti $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_A : \mu_1 > \mu_2$$

$$H_A : \mu_1 < \mu_2$$

$$H_A : \mu_1 \neq \mu_2$$

Výpočet testovacího kritéria: $t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{s} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$, kde $s = \left[\frac{(n_1 - 1)s_x^2 + (n_2 - 1)s_y^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2}$

Stanovení stupňů volnosti při platnosti H_0 rozdělení t (ν) s $\nu = n_1 + n_2 - 2$. [32, 33, 34]

7.3 Dvouvýběrový t-test – různé rozptyly

Jestliže hodnoty náhodného výběru x_1, x_2, \dots, x_n z $N(\mu_1, \sigma_1^2)$ a y_1, y_2, \dots, y_{n_2} reprezentují náhodný výběr z $N(\mu_2, \sigma_2^2)$, \bar{x} , \bar{y} , s_x^2 a s_y^2 odpovídají výběrové průměry a rozptyly. Testujeme hypotézu H_0 o souladu μ_1 a μ_2 při platnosti $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_A : \mu_1 > \mu_2$$

$$H_A : \mu_1 < \mu_2$$

$$H_A : \mu_1 \neq \mu_2$$

Výpočet testovacího kritéria:
$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s_x^2}{n_1} + \frac{s_y^2}{n_2}}}$$

Stanovení stupňů volnosti při platnosti H_0 rozdělení t (ν) jsou definovány:

$$v \approx \frac{\left(\frac{s_x^2}{n_1} + \frac{s_y^2}{n_2}\right)^2}{\frac{1}{n_1-1} \left(\frac{s_x^2}{n_1}\right)^2 + \frac{1}{n_2-1} \left(\frac{s_y^2}{n_2}\right)^2}$$

Hodnota v se zaokrouhluje na nejbližší celé číslo směrem dolů. [32, 33, 34]

7.4 Párový t-test

Náhodný výběr reprezentují dvě měření, která spolu souvisejí. Jedno měření je provedeno před implementací změny a druhé měření po implementaci. V testu ověřujeme, zda rozdíl středních hodnot párových měření je nulový. [32, 33, 34]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI

Praktická část v této diplomové práci se bude zabývat aktuálním nastaveným procesem toku materiálu od příjmu zboží přes vstupní kontrolu materiálu na oddělení kvality až po samotný začátek a start výrobní technologie. Po analýze původního layoutu bude navrhnout nový layout toku materiálu včetně implementace moderních prvků pro zvýšení efektivity a možné eventuální navýšení produkční kapacity celého závodu. Na závěr bude vyhodnoceno a porovnáno, zda nově navržený tok materiálu je efektivnější a výsledky budou vyobrazeny v číslech.

Na tomto projektu se interně podíleli zástupci jednotlivých oddělení; plánování a logistiky, produkce, kvalita, údržba a projekty.

8.1 Technické specifikace zboží

Materiál, který prochází tokem v závodě dle nastaveného procesu je vždy stejný a neměnný. Vždy je přijato 18 EUR palet ze strany zákazníka, na kterých je naskládané a již zabalené zboží v papírových boxech. Množství palet je dáno následnou kapacitou technologie v závodě. Výška, váha, densita, typ balení a další specifikace na rutinním (sériovém) zboží vychází z platné validace a zboží, které je přijato musí vždy odpovídat této validaci. Jestliže je na vstupní kontrole odhalena nuance a zboží nereflektuje validaci, tak musí být umístěno do karanténní zóny a není standartně zaskladněno do vyjasnění této nuance se zákazníkem.

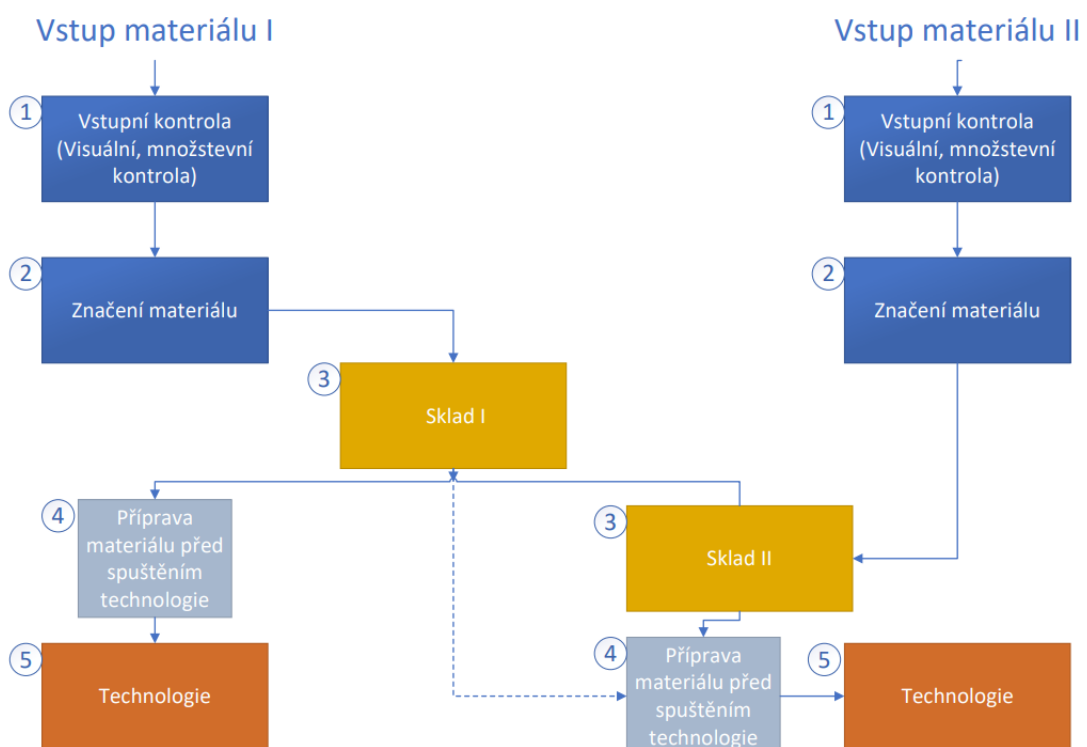


Obrázek 20: Standartní paleta

9 PŮVODNÍ LAYOUT A PROCESS FLOW MATERIÁLU

Pro přehlednější porozumění a pochopení je stávající proces vyobrazen na layoutu, viz obr. č. 21. Jednotlivé kroky jsou rozděleny do fází dle významu a požadavků před propuštěním zboží do následující fáze. Mnoho z těchto kroků není plně automatizováno a provádí se ručně.

V původním layoutu se jedná dohromady o 5 fází před začátkem samotné technologie (viz číslo fáze zaznačeno v kroužku). Materiál je do závodu přijímán ze dvou různých míst, z důvodu možného budoucího navýšení kapacity. Tato místa jsou označena jako „Vstup materiálu I“ a „Vstup materiálu II“ s následným zahájením 1. fáze



Obrázek 21: Původní layout

9.1 1. Fáze – Vstupní kontrola

Jedna z nejdůležitějších fází celého procesu je fáze č. 1, která může negativně ovlivnit následující produkční kroky a v nejhorším případě mít dopad na zákaznicko zboží či dokonce může dojít k samotnému poškození tohoto zboží. Jakékoliv více náklady s tímto spojené nese společnost jako taková a tyto náklady jsou zákazníkovi ke konci měsíce uhrazeny. Z tohoto důvodu management klade velký důraz na požadavek na snižování rizika vzniku těchto více nákladů.

Při složení veškerého materiálu z kamionu se provádí v první fázi vstupní kontrola, která zahrnuje nutné požadavky k možnému propuštění tohoto materiálu. Tyto požadavky vždy reflektují poslední platnou validaci pro eliminování jakýchkoliv následných rizik během procesování tohoto materiálu. Požadavky se v několika ohledech mírně odlišují zákazník od zákazníka, a to z důvodů rozdílného materiálu, odlišné validace či zákaznických požadavků. Podstatné parametry, které jsou sledovány a zaznamenávány jsou vždy: váha materiálu (jednotlivých palet), vizuální kontrola (zda nedošlo k poškození během přepravy do závodu), výška palet, přesah materiálu na EUR paletě, množství a způsob použité strečové či jiné fixovací fólie. Všechny tyto základní sledované parametry jsou prováděny operátory na vstupní kontrole ručně.

Každý zákazník má validační kartu, dle které se porovnává, zda přijatý materiál odpovídá validovaným parametrům. Tyto parametry jsou ručně zaznamenávány do formulářů a následně archivovány jak v elektronické, tak v papírové podobě. Dokumenty jsou archivovány dle interního skartačního předpisu po dobu minimálně 15 let.

V případě že některý ze sledovaných parametrů je mimo specifikaci, materiál nesmí být uvolněn do druhé fáze. Vyplněný formulář s deviací musí být předán vedoucímu kontroly k následnému dořešení a rozhodnutí dle interních instrukcí, jak bude s materiálem dále naloženo. Do rozhodnutí musí být materiál označen jako „Non-Conformity“ a umístěn do karanténní zóny.

Materiál, který splňuje potřebné parametry a požadavky může být propuštěn do druhé fáze ke značení materiálu.

9.2 2. Fáze – Značení materiálu

Materiál je fyzicky přesunutý z první fáze (stanoviště) do druhé fáze „značení materiálu“. Dle formuláře z předchozí fáze je materiálu přiřazeno interní číslo, které je již zaplánováno v produkčním plánu a dle kterého je řízeno po celou dobu v závodě. Po přiřazení interního čísla je vytištěno 36 značících štítků pro označení všech 18 palet z obou krátkých stran. Štítek nese informace:

- jméno zákazníka
- datum a čas příjmu
- objednávka zákazníka

- přiřazené interní číslo.

Po nalepení štítků je zboží přemístěno do další třetí fáze.

9.3 3. Fáze – Skladové hospodářství

Ve skladovém hospodářství se materiál ukládá do modulového spádového regálového systému (rack system) s typem LIFO zaskladňování a vyskladňování. Pro možné zaskladnění kapacity jsou použité dva velkoobjemové spádové regálové systémy s jedním patrem uložení, které nemají prioritní rozřazení na jednu či druhou použitou technologii. Materiál se ukládá do „Sklad I“ či „Sklad II“ dle volné aktuální kapacity. Oba sklady jsou konstruovány na požadovaný počet 18 EUR palet pro selekci jednotlivých interních šarží, které byly přijaty a již takto i označeny.



Obrázek 22: Spádový regálový systém

9.4 4. Fáze – Příprava materiálu před spuštěním technologie

Před spuštěním technologie se provádí příprava materiálu na samotný proces. Dle průvodky, která je již v tištěné formě dle interního čísla šarže, je daný materiál vyskladněn z regálového systému a umístěn před samotnou technologií. Zde se na materiál umísťují potřebné indikátory a provádí se další potřebné úkony před zahájením technologie. Po splnění těchto úkonů, dle průvodky, může být již zboží přemístěno do technologie.

9.5 5. Fáze – Technologie

Po zavezení celé šarže je celá technologie zkontrolována a uzavřena včetně správného nastavení, které je uvedeno na průvodce a technologický proces může být zahájen.

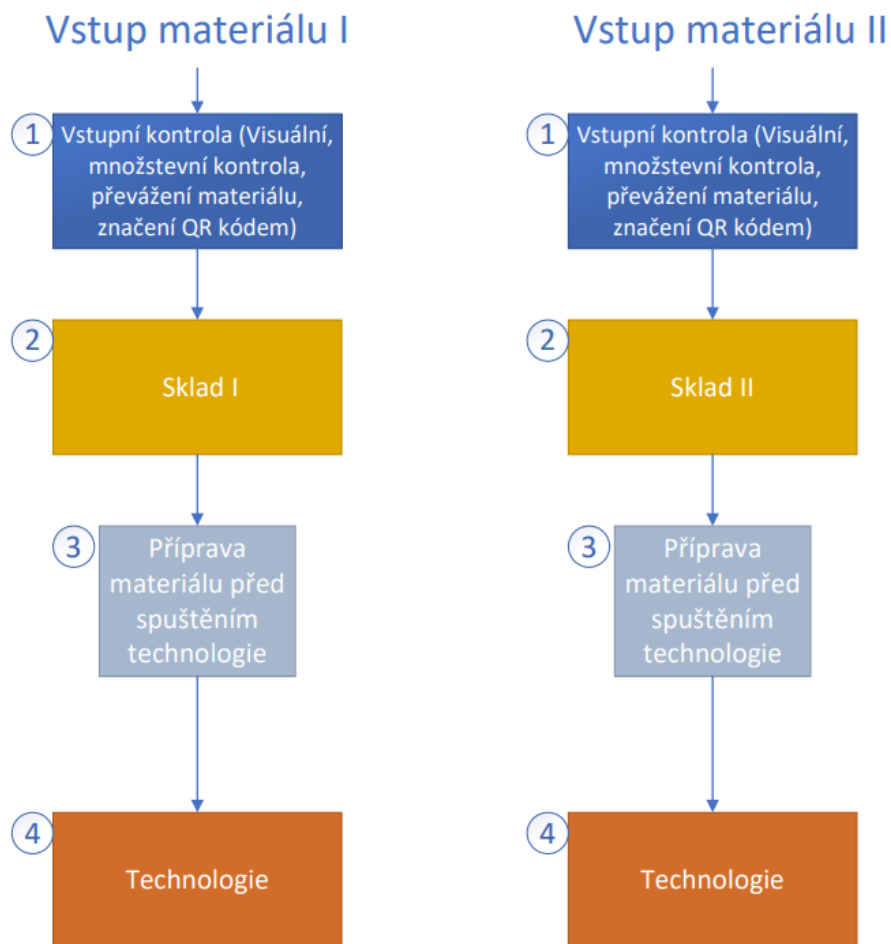


Obrázek 23: Technologie

10 NOVÝ LAYOUT A PROCESS FLOW MATERIÁLU

Pro zvýšení efektivity jednotlivých kroků byl vypracován nový layout s eliminací nadměrného transportu materiálu, lidské energie, ruční práce a implementace moderních prvků pro zvýšení efektivity práce. Zejména na vstupní kontrole ve fázi 1. Při použití konceptu Lean Six Sigma a dalších procesních metod a nástrojů.

Jednotlivé vstupy materiálu do závodu byly rozděleny na dvě samostatné procesní větve pro každou technologii individuálně (obr. 24). Primární větev je označena jako „Vstup materiálu I“, sekundární jako „Vstup materiálu II“. Obě tyto větve jsou na sobě nezávislé a mohou se libovolně používat pro veškerý přijímaný materiál do závodu. Oddělení plánování a logistika tedy není vázáno v průběhu produkčního plánování na jednu či druhou vstupní větev.

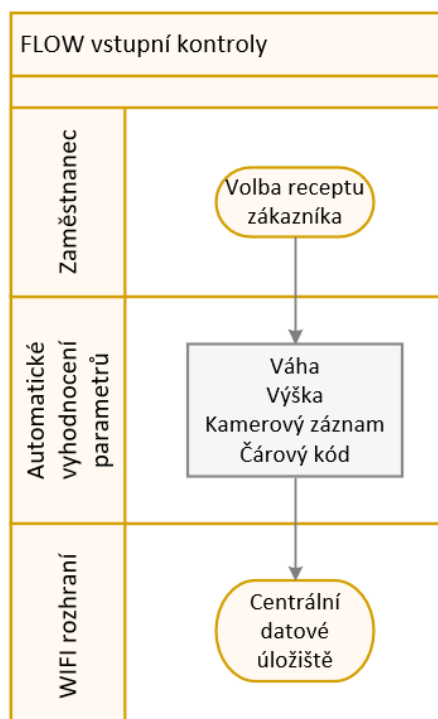


Obrázek 24: Nový layout

10.1 1. Fáze – Vstupní kontrola

Po implementování několika nových technologických prvků prošla tato fáze razantní pozitivní změnou pro možné maximální zefektivnění procesu. Koncept vstupní kontroly zůstal zachován, tak jak je popsán v kapitole č. 9.1, avšak bylo implementováno automatické vážení materiálu při příjmu, detekce pro sledování výšky palet, kamery pro vizuální kontrolu, použití čárových kódů. Rovněž došlo k odstranění původní 2. fáze v layoutu (Značení materiálu).

Před samotným skládáním materiálu z kamionu operátor vstupní kontroly nadefinuje zákazníka v operačním systému a po dvojité kontrole nezávislým operátorem je zahájeno skládání materiálu. Při zvolení zákazníka v operačním systému jsou nahrány veškeré požadované specifikace, které jsou sledovány během této fáze (obr. 25). Každý zákazník má vytvořený individuální recept dle validační karty, který reflektuje sledovaný parametr pro: výšku palet, váhu palet, generování obsahu štítku včetně samotného čárového kódu, který je nalepen na materiál. Při generování čárového kódu je vytvořena složka na centrálním úložišti, do které se později nahrávají veškeré dokumenty spojené s touto dávkou materiálu.

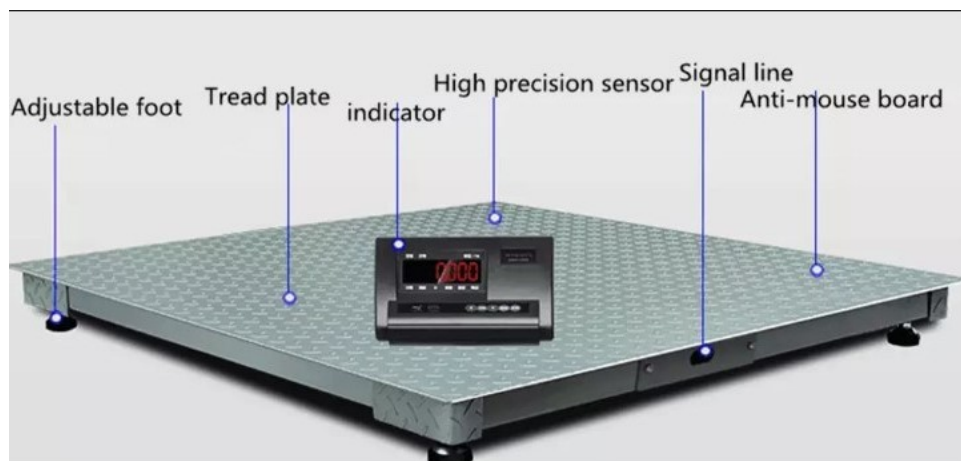


Obrázek 25: Cesta databáze ze vstupní kontroly

10.1.1 Automatické vážení materiálu

Jeden z důležitých parametrů pro zpracování materiálu bez jakékoliv deviace je nutná znalost váhy palet, respektive celé nakládky 18 palet. Během validace a možného spuštění do rutinního procesu je vždy ověřeno minimální a maximální možné zatížení celé nakládky, které musí být vždy dodrženo, jinak hrozí vznik deviace během procesování v samotné technologii.

Pro tento krok byla pořízená integrovaná plošinové váhy Midrics od firmy Sartorius, která je zabudovaná do podlahové plochy a nevyžaduje téměř žádné úsilí při samotném vážení (Obr. 26). Jedná se o nerezovou ocelovou plochu z důvodu eliminování koroze zejména v zimním období, kde se může negativně projevit voda a sůl ze spodní části palet. Na plošinu lze umístit všech 18 palet do maximální celkové hmotnosti 5 000 kg s přesností ± 2 kg, která je schopna aktuálně pojmout všechny navážené zákaznicky.



Obrázek 26: Integrované váhy

Měření a vyhodnocování naměřených hodnot je prováděno automaticky přes komerční software váhy nazývané MIS2. Po zavezení veškerého materiálu na plošinu je potvrzeno operátorem, že je umístěn veškerý potřebný materiál pro vážení a naměřená hmotnost může být vyhodnocena. Váhy automaticky dle již zvoleného receptu vizuálně zobrazí číselnou hodnotu na displeji. Hodnota je podsvícená zeleně či červeně pro jasnou vizuální identifikaci. Zelené podsvícení znamená, že materiál je v povoleném hmotnostním rozsahu a operátor může pokračovat ve své práci. V opačném případě, jestliže hmotnost je mimo specifikaci, tak je podsvícení červené a materiál musí být pozastaven do vyřešení problému. Lze tedy jednoduše vyhodnotit, zda materiál je ve specifikaci či nikoliv na základě barevného zobrazení. Výsledná naměřená hodnota je přes WIFI rozhraní uložena do centrálního úložiště k této měřené materiálové dávce pro evidenci.

10.1.2 Detekce sledování výšky palet

Pro detekci výšky dodaného zboží je použitý laserový profilometr od společnosti Keyence, který vyhodnocuje maximální výšku dodaných palet. Po porovnání s validační kartou hlásí pouze zvukovým výstražným signálem v případě překročení maximálního možného limitu. Měření výšky probíhá na plošinových vahách a hodnota je zaznamenána, vyhodnocena po potvrzení operátorem při vážení viz kapitola 10.1.1. Hodnota je opět zaznamenána na centrální úložiště k dané materiálové dávce.

Výška jednotlivých palet je podstatná pro následné uložení do spádových regálů a také do samotné výrobní technologie, která je limitovaná.

10.1.3 Kamery pro vizuální kontrolu materiálu

Technologie v tomto případě spočívá v instalaci několika kamer, které snímají ze všech stran prostor plošinové váhy. Pro tento účel byly doporučeny kamery s plošným skenováním objektu, které obsahují velkou matici pixelů. Tyto pixely jsou zaznamenané ve 2D obrazu konkrétního snímaného objektu s horizontálními a vertikálními prvky. Kamery s plošným skenováním jsou nejvhodnější pro aplikace, kde je objekt nehybný. Tento systém se používá ve většině závodů pro strojové vidění.

Kamery dokáží ověřit a identifikovat až několik takto již vytvořených 2D obrazů v rámci několika milisekund a vyznačují se zejména svojí spolehlivostí. Dobrých výsledků lze dosáhnout i za zhoršených světelných podmínek, nekvalitně vytištěných kódů nebo i při pohybu snímaného materiálu. Dle nastavených parametrů se snímají celé plochy boxů umístěných na paletách zaměřených primárně na hrany těchto boxů. V případě poškozeného boxu, respektive zachycení nerovnosti kamerou na jednotlivých plochách dochází k označení inkriminovaného místa červeným vyobrazením. Toto vyobrazení a všechny náhledy z kamer jsou k dispozici na LCD monitoru, která zobrazuje aktuální záběr kamer. Samotné posouzení a rozsah zachycených poškození na materiálu je individuálně zhodnoceno operátorem vstupní kontroly. Veškeré snímky jsou uloženy na centrálním úložišti pod materiálovou dávkou. Takto pořízené snímky jsou reportovány přímo zákazníkovi ze strany kvality. I přes to, že není identifikované poškození, je evidence snímků k dispozici v případě potřeby a mohou být tyto zpětně analyzovány.

Samotnou citlivost kamer lze nastavovat pro záchyt případných nuancí na boxech a jednotlivých površích. Tímto lze nastavit přípustná a již nepřípustná kritéria propustnosti materiálu k dalšímu zpracování. Z technického hlediska nebylo možné kamery instalovat

tak, aby vždy dokázaly snímat všechny strany palet (zejména těch vnitřních) a z tohoto důvodu je nezbytná evidence pořízených a archivovaných snímků pro případné zpětné analyzování.

10.1.4 Čárové a QR kódy

Pro možné fyzické a elektronické propojení materiálu s interním operačním systémem ODMS bylo implementováno nové interní značení, které s sebou přináší QR kód. V systému ODMS lze odepisovat jednotlivé již dokončené fáze včetně všech potřebných informací o materiálu, které jsou propojené s centrálním úložištěm s případnými dokumenty. Zaměstnanec toto značení tiskne a umísťuje na materiál již v první fázi pro interní evidenci po celou dobu pohybu tohoto materiálu v produkci. Pro uvolnění do další fáze je vždy nutné tento čárový kód načíst čtečkou přes tabletové rozhraní, kde se potvrzují jednotlivé fáze a možnost přejít do následující kroku. Jestliže daná fáze není potvrzená zaměstnancem, tak zboží není elektronicky uvolněné a není možné s ním dále jakkoliv pracovat. Tento postup zamezuje přehlédnutí, vynechání některého podstatného požadavku před pokračováním do následující fáze procesu.

V systému ODMS lze sledovat materiál s veškerými potřebnými informacemi včetně záznamů s problémy a případně rozhodnutí o jejich vyřešení. Přístupy a pravomoce do systému jsou uděleny dle kompetentnosti pracovní pozice.

Kódy lze namátkou informativně načíst fyzicky v produkci jakýmkoliv zaměstnancem pro zjištění aktuálního stavu, aniž by musel do kanceláře k počítači. Tato funkce je využívána zejména mistry v produkci.



Obrázek 27: Interní značení

10.1.5 Manuální kontrola

Pouze kontrola strečování/wrapování a počet palet zůstala na manuální úrovni a musí být zkontrolována operátorem vstupní kontroly. I tak i zde byla snaha tento krok alespoň

částečně automatizovat a pro jednodušší počítání palet (vždy 18 palet) byl proveden nástřik značek na integrovanou plošinu váhy pro umístění palet. V praxi to znamená, že každé takto označené políčko musí být obsazeno paletou s materiálem.

10.2 2. Fáze – Skladové hospodářství

Druhá fáze prodělala razantní změnu, a to přesunutí skladu označeného jako „Sklad I“ a Sklad II“ přímo do linkového modelu, který kontinuálně navazuje na další třetí fázi. Tato změna reprodukuje jeden z hlavních cílů nastavených na začátku tohoto projektu – minimalizování pohybu materiálu po produkci, vykládání a nakládání materiálu vysokozdvihným vozíkem. Tímto se docílilo snížení rizika případných poškození, které jsou hrazeny zpětně zákazníkovi.

Oba sklady disponovaly již velkoobjemovými spádovými regálovými systémy a bylo je možné použít s menší úpravou do nového navrženého konceptu skladového hospodářství. Z původní metodiky LIFO proběhla konverze na metodiku FIFO, které je pro toto využití mnohem efektivnější.

10.3 3. Fáze – Příprava materiálu před spuštěním technologie

Oproti předchozímu konceptu layoutu zde nedošlo k progresivnějšímu vylepšení. Změna nastala pouze v nutném elektronickém načtení interního značení a uvolnění materiálu do poslední fáze technologie.

10.4 4. Fáze – Technologie

Samotná technologie nemůže být spuštěna dříve, než jsou všechny předešlé kroky uvolněny v systému ODMS ze strany oddělení kvality. Potvrzení těchto kroků v systému zaručuje splnění veškerých nastavených požadavků před zahájením této fáze.

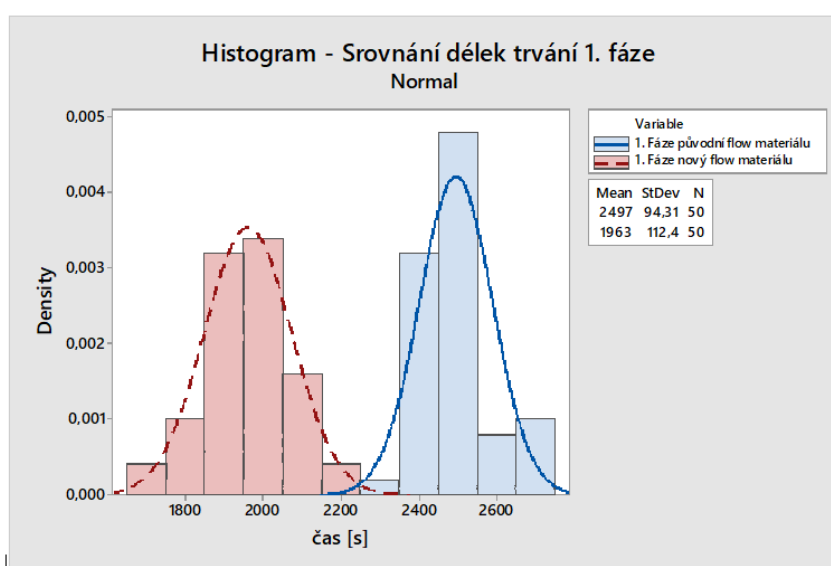
11 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ EFEKTIVITY: PŮVODNÍ VS. NOVÝ PROCESS FLOW

Za účelem vyhodnocení implementace nových technologií a maximálního využití možné automatizace procesu, zejména v 1. fázi „Vstupní kontrola“, byly měřeny časové úseky jednotlivých fází. Tyto časové náměry byly prováděny ručně na stejném spektru zákazníků. Náměry slouží pro analyzování efektivnosti tohoto projektu a vyobrazení stavu před a po změně. Bylo provedeno 50 náměrů pohybu materiálu od 1. fáze k poslední 5. fázi na původním layoutu a stejných 50 náměrů na novém layoutu s následným porovnáním.

Jednotlivé náměry jsou uloženy v této diplomové práci přílohou: Příloha PI: Náměry původního layoutu, Příloha PII: Náměry nového layoutu.

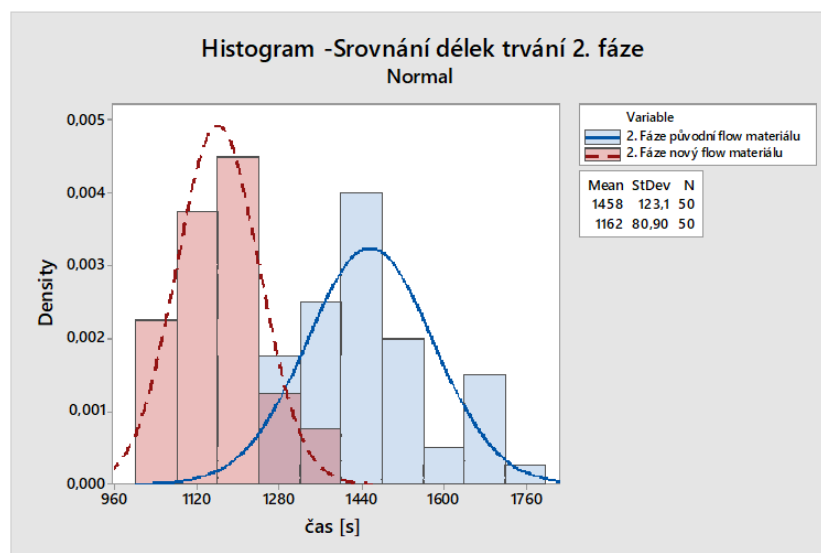
11.1 Histogramy

Naměřené hodnoty jsou rozděleny na 1. a 2. fázi toku materiálu. První histogram nám vyobrazuje rozložení měřených hodnot (obr. 28). Z histogramu u 1. fáze je patrný rozdíl v naměřených datech, kde původní tok materiálu vykazuje střední hodnotu 2496 s se směrodatnou odchylkou 94 s při 50 měření. Oproti novému toku materiálu, kde dosahujeme nižších měřených hodnot se střední hodnotu 1963 s se směrodatnou odchylkou 112 s. Můžeme tedy usoudit, že trend v 1. fázi mezi původním a novým tokem materiálu je pozitivní a došlo k časové úspoře v této fázi. Pro potvrzení těchto trendů je zapotřebí provést statistické vyhodnocení dat, kde si ověříme rozdíly středních hodnot.



Obrázek 28: Srovnání délek trvání 1. fáze původního a revidovaného materiálového toku

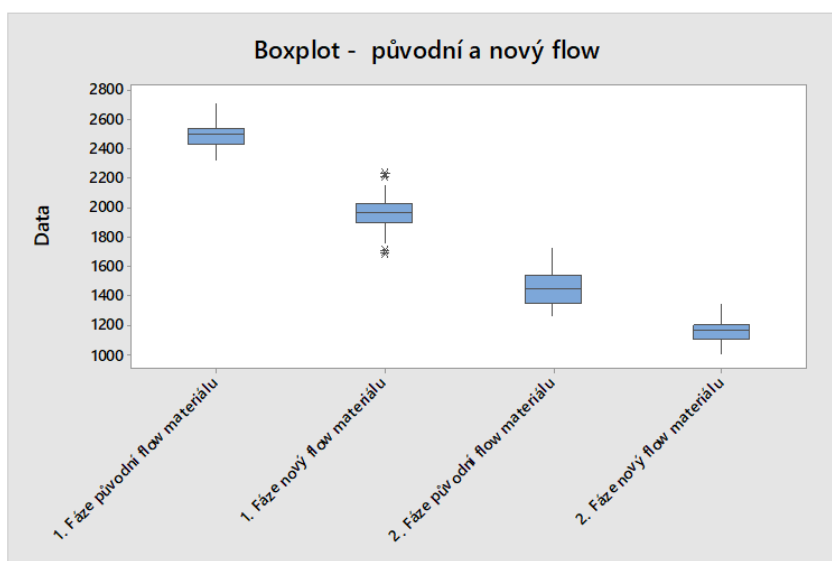
Z histogramu u 2. fáze je taktéž patrný rozdíl v naměřených datech, kde původní tok materiálu vykazuje střední hodnotu 1458 s se směrodatnou odchylkou 123 s při 50 měření. Oproti novému toku materiálu, kde dosahujeme nižších měřených hodnot se střední hodnotou 1162 s se směrodatnou odchylkou 81 s. Můžeme tedy usoudit, že trend v 2. fázi mezi původním a novým tokem materiálu je taktéž pozitivní a v této fázi došlo k časové úspoře téměř 5 min.



Obrázek 29: Srovnání délek trvání 2. fáze původního a revidovaného materiálového toku

11.2 Testování odlehlých hodnot

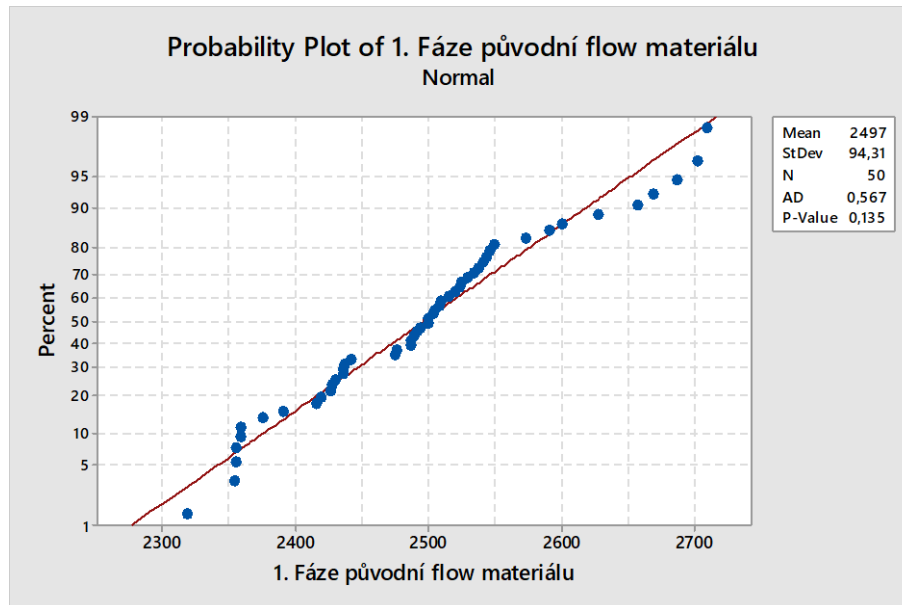
Na krabicovém (boxplot) grafu (obr. 30) jsou patrné u 1. fáze nového toku (flow) potenciální odlehlé hodnoty, které budou dále otestovány. Tyto odlehlé hodnoty jsou vyznačeny v krabicovém grafu hvězdami. Ve zbylých měření nebyly zjištěny žádné další podobné nuance.



Obrázek 30: Boxplotový graf

11.3 Testování normality dat

Jelikož střední hodnota a rozptyl jsou charakteristikami normálního rozdělení byla jako první testována normalita získaných dat. K tomuto účelu byl využit Anderson-Darlingův test [37]. Jednotlivá měření jsou zaznamenána v grafech, viz obr. č. 31, 32, 33, 34.



Obrázek 31: Test normality pro 1. původní fázi

H_0 : data mají normální rozdělení

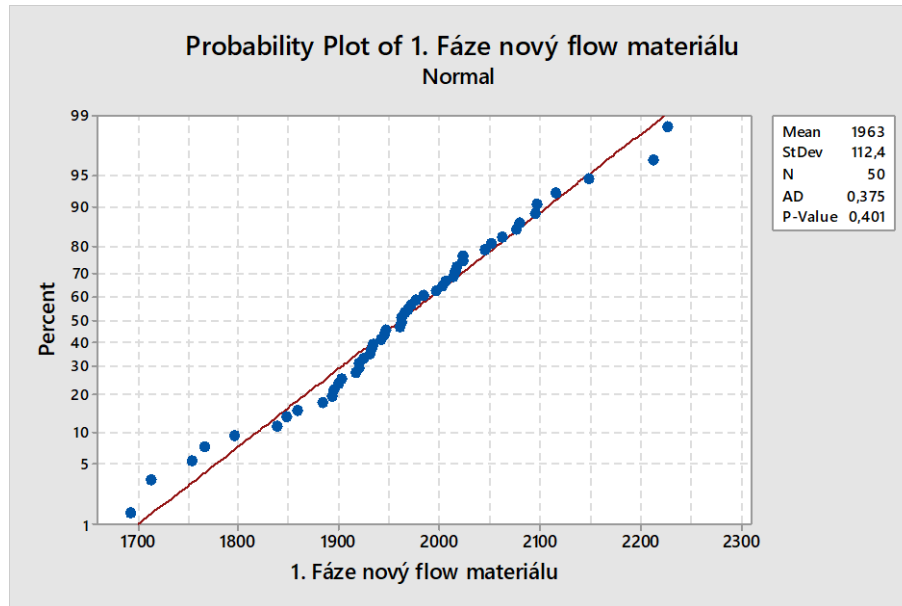
H_A : data nemají normální rozdělení

Hladina významnosti $\alpha = 0,05$

p – hodnota 0,135

$\alpha < p$ -hodnota nezamítáme nulovou hypotézu H_0

Pro naměřené data v 1.fázi původního toku materiálu nezamítáme normální rozdělení.



Obrázek 32: Test normality pro 1. novou fázi

H_0 : data mají normální rozdělení

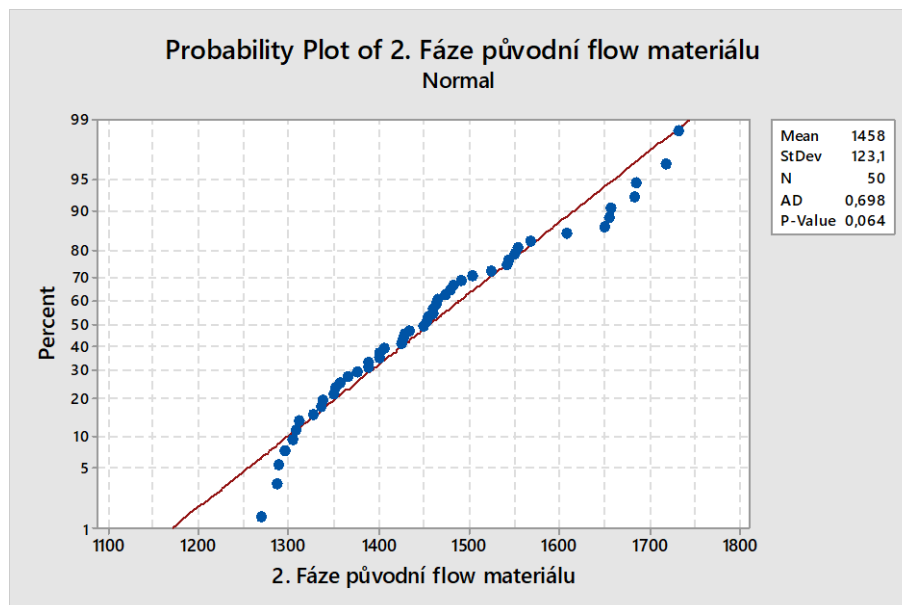
H_A : data nemají normální rozdělení

Hladina významnosti $\alpha = 0,05$

p – hodnota 0,401

$\alpha < p$ – hodnota nezamítáme nulovou hypotézu H_0

Pro naměřené data v 1.fázi nového toku materiálu nezamítáme normální rozdělení.



Obrázek č. 33: Test normality pro 2. původní fázi

H_0 : data mají normální rozdělení

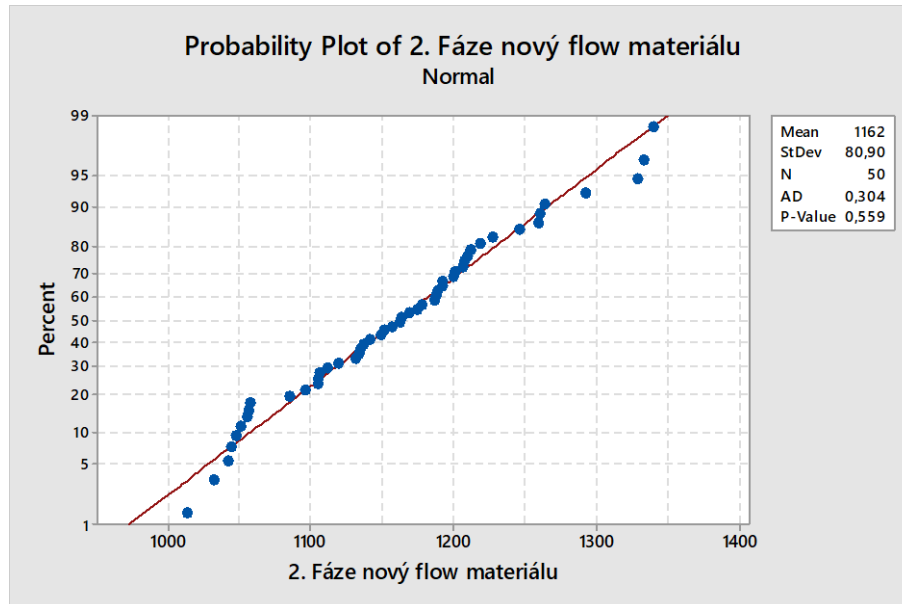
H_A : data nemají normální rozdělení

Hladina významnosti $\alpha = 0,05$

p – hodnota 0,064

$\alpha < p$ – hodnota nezamítáme nulovou hypotézu H_0

Pro naměřené data v 2.fázi původního toku materiálu nezamítáme normální rozdělení.



Obrázek č. 34: Test normality pro 2. novou fázi

H_0 : data mají normální rozdělení

H_A : data nemají normální rozdělení

Hladina významnosti $\alpha = 0,05$

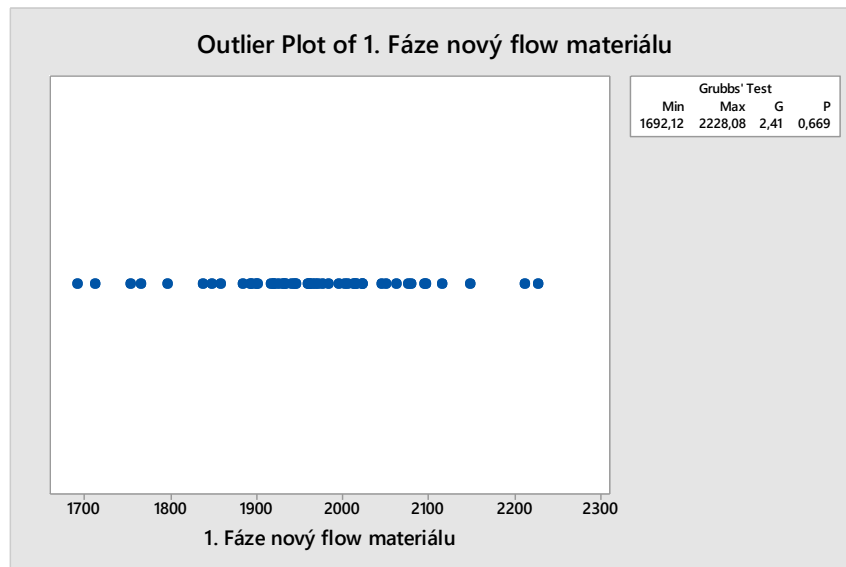
p – hodnota 0,559

$\alpha < p$ – hodnota nezamítáme nulovou hypotézu H_0

Na zvolené hladině významnosti ($\alpha = 0,05$) nám získané p-hodnoty pro data ve 2. fázi nového materiálového toku nedovolují zamítnout nulovou hypotézu (H_0 : data mají normální rozdělení). Tudiž nám test normality potvrdil, že tato naměřená časová data mají normální rozdělení.

11.4 Testování podezřelých hodnot – Grubbsův test

Pro ověření odlehlých/podezřelých hodnot z boxplotového grafu, viz obr. č. 30, bylo otestováno, zda nejvyšší a nejnižší naměřená hodnota (u 1. fáze nového toku materiálu) je odlehlá hodnota (outlier) s výsledkem, že nezamítáme chybu neoprávněně. To znamená, že naměřené hodnoty jsou v pořádku a nejedná se o hrubou chybu, s těmito daty se bude nadále pracovat.



Obrázek 35: Grubbsův test

11.5 F-test a t-test

Dále je nutné analyzovat, jestli jsou rozdílné rozptyly a zda se aritmetické průměry od sebe statisticky významně odlišují. K tomuto účelu je vhodné použít F-test a následně t-test, který provedeme pro 1. a 2. fázi samostatně (obr. 28, 29).

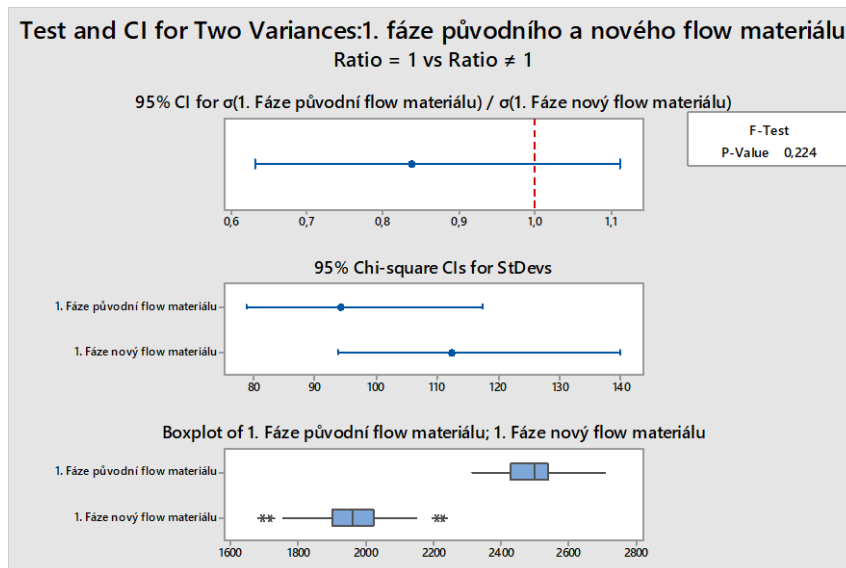
Jako první je nutné provést F-test na 1. fázi toku materiálu:

$$H_0 : \sigma^2_{\text{původní}} = \sigma^2_{\text{nové}}$$

$$H_A : \sigma^2_{\text{původní}} \neq \sigma^2_{\text{nové}}$$

$$1 - \alpha = 0,95$$

Předpokládáme normální rozdělení



Obrázek 36: F-test

Obrázek č. 36 vyobrazuje výsledky F-testu z programu Minitab, kde na základě p-hodnoty nezamítáme nulovou hypotézu a můžeme potvrdit, že se rozptyly neliší.

Následuje provedení t-testu:

$$H_0 : \mu_{\text{původní}} = \mu_{\text{nové}}$$

$$H_A : \mu_{\text{původní}} \neq \mu_{\text{nové}}$$

$$1 - \alpha = 0,95$$

Předpokládáme normální rozdělení

Dvou výběrový t-test a interval spolehlivosti: 1. Fáze původní flow materiálu, 1. Fáze nový flow materiálu			
	Počet měření, N	Střední hodnota, μ (s)	Směrodatná odchylka, σ (s)
1. Fáze původní flow materiálu	50	2497	94
1. Fáze nový flow materiálu	50	1963	112

Rozdíl	$\mu(1. \text{ Fáze původní flow materiálu}) - \mu(1. \text{ Fáze nový flow materiálu})$
t-test pro rozdíl = 0 (vs≠)	T-hodnota = 25,76; p-hodnota = 0,000; DF = 98
Odhad rozdílu	534,3
95% interval spolehlivosti	(493,2; 575,5)

Tabulka 1: Dvouvýběrový t-test a interval spolehlivosti pro 1. fázi.

Na výstupu z Minitabu, viz tabulka č.1, je viditelná hodnota p-hodnota, která je v tomto případě menší než 0.000. Zamítáme tedy nulovou hypotézu a můžeme tvrdit, že se průměry statisticky liší. Dosáhli jsme tedy významného zkrácení délky trvání 1. fáze toku materiálu.

Stejně jako pro 1. fázi toku materiálu budeme postupovat i pro fázi druhou.

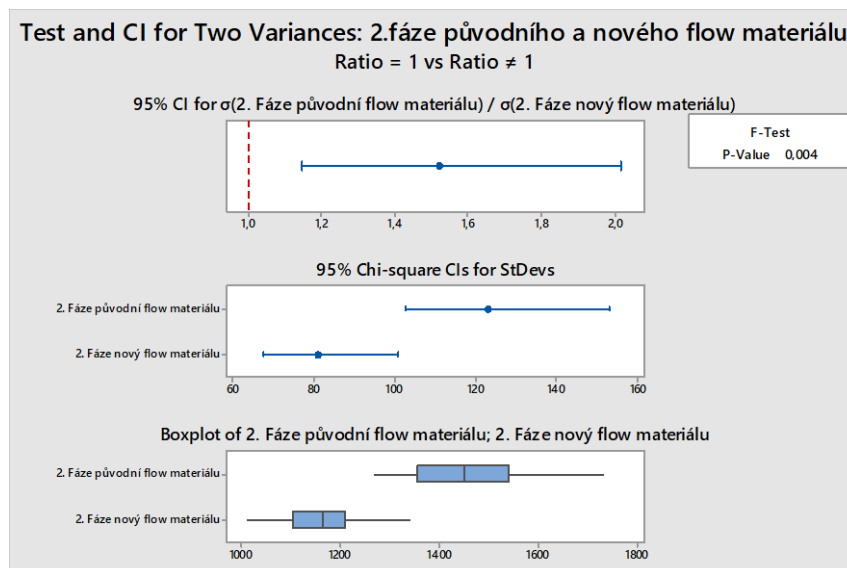
Jako první je nutné analyzovat a provést F-test na 2. fázi toku materiálu:

$$H_0 : \sigma^2_{\text{původní}} = \sigma^2_{\text{nové}}$$

$$H_A : \sigma^2_{\text{původní}} \neq \sigma^2_{\text{nové}}$$

$$1-\alpha = 0,95$$

Předpokládáme normální rozdělení



Obrázek 37: F-test

Obrázek č. 37 vyobrazuje výsledky F-testu z programu Minitab, kde na základě p-hodnoty zamítáme nulovou hypotézu. Tento fakt musí být zohledněn v nastavení t-testu.

Následuje provedení t-testu:

$$H_0 : \mu_{\text{původní}} = \mu_{\text{nové}}$$

$$H_A : \mu_{\text{původní}} \neq \mu_{\text{nové}}$$

$$1-\alpha = 0,95$$

Předpokládáme normální rozdělení

Dvou výběrový t-test a interval spolehlivosti: 2. Fáze původní flow materiálu, 2. Fáze nový flow materiálu			
	Počet měření, N	Střední hodnota, μ (s)	Směrodatná odchylka, σ (s)
2. Fáze původní flow materiálu	50	1458	123
2. Fáze nový flow materiálu	50	1161,6	80,9
Rozdíl	μ (2. Fáze původní flow materiálu) - μ (2. Fáze nový flow materiálu)		
T-test pro rozdíl = 0 (vs≠)	T-hodnota = 14,22; p-hodnota = 0,000; DF = 84		
Odhad rozdílu	296,3		
95% interval spolehlivosti	(254,9; 337,8)		

Tabulka 2: Dvoubýběrový t-test a interval spolehlivosti pro 2. fázi.

Na výstupu z Minitabu, viz tabulka č. 2, je viditelná hodnota p-hodnota, která je menší než 0.000. Zamítáme nulovou hypotézu a můžeme potvrdit, že se průměry statisticky liší. Dosáhli jsme tedy také významného zlepšení v 2. fázi toku materiálu.

11.6 Zhodnocení efektivity

Při porovnání původního a nového layoutu rozděleného na 1. a 2. fázi bylo prokázáno, že se průměry statisticky významně liší. Pro stanovení procentuální efektivity nového layoutu byla vypočítána relativní změna střední hodnoty délky trvání procesu v dané fázi, ta byla následně vzata záporně (Tab. 1).

	1. Fáze		2. Fáze	
	Původní layout	Nový layout	Původní layout	Nový layout
Dosažená střední hodnota [s]	2497	1963	1458	1162
Potenciální zvýšení efektivity [%]	N/A	21	N/A	20

Tabulka 3: Efektivnost

Pro 1. fázi jsme dosáhli zvýšení efektivity o 21 % při odstranění jednoho procesního kroku z původního layoutu, a to „Značení materiálu“, který byl implementován do prvního kroku nového layoutu. Pro 2. fázi jsme dosáhli zvýšení o 20 % a to díky kontinuálnímu uložení materiálu ve skladovém hospodářství a následnou technologii.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala optimalizací procesu vstupní kontroly na oddělení kvality. Cílem této práce bylo seznámení se s Lean Management a moderními strategickými nástroji pro zlepšování procesu. Na jejich základě byl následně optimalizován proces a samotný tok materiálu v produkci zejména na vstupní kontrole. Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou část.

Teoretická část, která je zaměřena na samotný Lean Management, Six Sigma, DMAIC a ostatní metodiky, čerpá z odborné české i zahraniční literatury. Popisuje historický vývoj a obecné fungování jednotlivých metodik. Ve větším měřítku jsou zde rozepsány jednotlivé principy fungování toku materiálu, definování slabých míst s návrhem možných zlepšení. V práci jsou také zmíněny metodiky skladového hospodářství, technologii čárových kódů (QR kódu) a statistické testy.

Praktická část se nejprve krátce zabývá představením stávajícího stavu procesu a identifikací jeho slabých míst, které jsou rozděleny do jednotlivých fází a zobrazeny ve formě layoutu. Tok materiálu je popsán od 1. fáze vstupní kontroly přes skladové hospodářství až po začátek spuštění produkční technologie. Po představení původního layoutu je proces analyzován a navržen layout nový, ve kterém jsou implementovány moderní prvky.

Největší slabinou původního layoutu byla chybějící optimalizace procesu, který byl přijat již v minulosti a nerefletoval nově přibývajících požadavky, zejména v 1. a 2. fázi během pobytu zboží na vstupní kontrole a díky tomu již nebyl efektivní. Po této analýze byl navrhnutý zcela nový layout, který prošel jistými úpravami a byly do něj zavedeny moderní prvky. Implementované prvky umožnily na vstupní kontrole jak eliminovat množství lidských chyb tak množství úkonů, které musejí být provedeny. Toho bylo dosaženo zavedením automatického vážení materiálu, kamerové vizuální kontroly materiálu, sledování výšky palet, použitím čárových kódů, ergonomičtější orientací skladového hospodářství (regálů), digitalizací dokumentace, vypuštění nadbytečného procesního kroku (značení materiálu) a dalšími opatřeními.

Pro vyhodnocení efektivity původního a nového layoutu bylo provedeno 50 náměrů od začátku procesu přes vstupní kontrolu až po začátek technologie. Tyto byly provedeny na původním a novém layoutu a následně byly statisticky vyhodnoceny. Toto srovnání prokázalo statisticky významné rozdíly mezi oběma layouty, přičemž doba trvání procesů byla v novém layoutu přibližně o pětinu kratší oproti layoutu původním. Bylo tedy dosaženo

znatelného zkrácení procesu, které vede ke zvýšení efektivity v 1. fázi layoutu o 21 % a ve 2. fázi o 20 %.

Vyšší efektivita procesu nového layoutu tak umožňuje potenciální kapacitní navýšení produkce. Mimo možnosti navýšení produkce bylo také dosaženo snížení rizika neodhalení poškozeného materiálu, redukci pracovní síly na vstupní kontrole a celkově nižších finančních nákladů.

Zároveň byla identifikována další možná zlepšení – například kompletní přechod z papírové na digitální dokumentaci. Nicméně tyto již překračují rozsah této diplomové práce, a tudíž zde nejsou zapracovány.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BLECHARZ, Pavel. 2011. Základy moderního řízení kvality. Praha: Ekopress. ISBN 978- 80-86929-75-0
- [2] Basu, R. (2011). Fit Sigma: A Lean Approach to Building Sustainable Quality Beyond Six Sigma. Chichester, Anglie: John Wiley & Sons.
- [3] Iuga, M. V., & Kifor, C. V. (2013). LEAN MANUFACTURING: THE WHEN, THE WHERE, THE WHO. Land Forces Academy Review, 18(4), 404-410. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/1477578290?accountid=17203>.
- [4] HUTYRA, Milan. Management jakosti [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, [2008] [cit. 2022-02-19]. ISBN 978-80-248-1484-1.
- [5] Baťa historie. (2019). Baťa: Historie. [vid. 2019-07-06]. Dostupné z: <https://www.bata.cz/stranka/historie>.
- [6] JANEČEK, Zdeněk. Management jakosti. Plzeň: Západočeská univerzita, 1997. ISBN 80-7082-336-4.
- [7] Čiarniené, R., & Vienažindiené, M. (2012, srpen). Lean Manufacturing: Theory and Practice. Economics and Management, 17(2). doi: 10.5755/j01.em.17.2.2205.
- [8] Berardinelli, C. F. (2016). To DMAIC or not to DMAIC?. Quality Progress, 49(1), 36. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/1762043854?accountid=17203>.
- [9] LIKER, Jeffrey K. The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill, 2004, xxii, 330 s. ISBN 978-0-07-139231-0.
- [10] MONDEN, Yasuhiro. Toyota production system: an integrated approach to just-in-time. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, c2012. ISBN 978-1-4398-2097-1.
- [11] blog.5stoday.com: The Toyota Production System House [online]. Jesse Allred 2018 [cit. 2022-01-02]. Dostupné z <https://blog.5stoday.com>
- [12] SHANKAR, Rama. Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press, 2009. ISBN 978-0-87389-752-5
- [13] PAVELKA, Marcel. Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání. Úspěch - Produktivita a inovace v souvislostech. 2015, (č. 4). ISSN 1803-5183.

- [14] BLECHARZ, Pavel. 2011. Základy moderního řízení kvality. Praha: Ekopress. ISBN 978- 80-86929-75-0
- [15] KOŠTURIÁK, Ján. Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků. Vyd. 1. Brno: ComputerPress, 2010, v, 234 s. ISBN 978-80-251-2349-2
- [16] Kanbanize.com: What Are The 5 Principles Of Lean And How To Implement Them [online]. [cit. 2022-01-02]. Dostupné z <https://kanbanize.com/lean-management/implementing-lean>
- [17] SKHMOT, Nawras (2017). The 8 Wastes of Lean. Theleanway. [cit. 2022-01-02] Dostupné z: <https://theleanway.net/The-8-wastes-of-lean>
- [18] MAUCH, Peter D. 2010. Quality management: theory and application. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4398-1380-5
- [19] RICH, John. 2019. Lean Six Sigma: The Complete Guide about Lean Six Sigma - Gain Benefits in Your Business, Your Job and Your Life: Independently published. ISBN 9781701724686
- [20] KIERAN, Walshe, GILL, Harvey, PAULINE, Jas. 2010. Connecting Knowledge and Performance in public services: From knowing to doing: Cambridge University Press 2010. ISBN 9780521195461
- [21] GEOFF, Tennant: Six Sigma: SPC and TQM in Manufacturing and Services - Geoff Tennant: Gower Publishing 2001. ISBN 9780566083747
- [22] leansixsigmadefinition.com: Six Sigma – Lean Manufacturing and Six Sigma Definitions [online]. [cit. 2022-01-02] Dostupné z: <https://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/six-sigma/>
- [23] Laureani, A. and Antony, J. (2012), "Standards for Lean Six Sigma certification", International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 61 No. 1, pp. 110-120. <https://doi.org/10.1108/17410401211188560>
- [24] ENNA. 2017. 7 Wastes Quick Study Guide: Independently published. ISBN 9781926537719
- [25] AMSTRONG, Michael a Tina STEPHENS. 2005. A Handbook of Management and Leadership. London: Kogan Page. ISBN 0-7494-4344-8.
- [26] FRIEDLI, LANZA, REMLING. Global Manufacturing Management: From Excellent Plants Toward Network Optimization. Springer Nature, 2021. ISBN 9783030727406.

- [27] Esnova.com:Gestión de almacenes: método LIFO y FIFO[online]. [cit. 2022-01-10]. Dostupné z <https://esnova.com/es/blog/gestion-almacenes-lifo-fifo/>
- [28] WINTER, Mick. Scanme: everybody's guide to the magical world of QR codes. Napa: Westsong Publishing, c2010. ISBN 978-0-9659000-3-4.
- [29] Denso-wave.com: What is barcode[online]. [cit. 2022-01-10]. Dostupné z <https://denso-wave.com/en/adcd/fundamental/barcode/barcode/index.html>
- [30] GWYNNE, Richards. Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse. Kogan Page Publishers, 2011. ISBN 9780749460754.
- [31] WOMACK James, JONES Daniel, ROOS Daniel. Warehouse Management: The Machine That Changed the World. Simon and Schuster, 2007.
- [32] BUDÍKOVÁ, Marie, Maria KRÁLOVÁ a Bohumil MAROŠ, 2010. Průvodce základními statistickými metodami. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3243-5.
- [33] NEUBAUER, Jiří, Marek SEDLAČÍK a Oldřich KŘÍŽ, 2021. Základy statistiky: aplikace v technických a ekonomických oborech. 3., rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-3421-2.
- [34] MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. Kompendium statistického zpracování dat. Praha: Karolinum, 2012 ISBN 978-80-246-2196-8.
- [35] LIU, Qimin a Lijuan WANG, 2021. T-Test and ANOVA for data with ceiling and/or floor effects. Behavior Research Methods [online]. 53(1), 264-277 [cit. 2022-02-01]. ISSN 1554-3528. Dostupné z: doi:10.3758/s13428-020-01407-2.
- [36] FUJIMOTO, Takahiro, 2012. The Birth of Lean. Lean Enterprise Institute, 2012. ISBN 978-19-341-0933-5.
- [37] MOŠNA, František. Základní statistické metody. V Praze: Univerzita Karlova v Praze - Pedagogická fakulta, 2017. ISBN 9788072909728.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PDCA	Plan-Do-Check-Act
TPM	Trusted Platform Module
JIT	Just In Time
TPS	Toyota Production Systém
WIP	Work in Progress
VSM	Value Stream Mapping
ISO	International Organization for Standardization
DMAIC	Define-Measure-Analyse-Improve-Control
RCA	Root Cause Analysis
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
DOE	Design of Experiments
SPC	Statistical Process Control
QR	Quick Response
H_0	Nulová hypotéze
H_A	Alternativní hypotéza
α	Hladina významnosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Dům TPS	18
Obrázek 2 Map the Value Stream	19
Obrázek 3 Create Flow	20
Obrázek 4 Step by step	22
Obrázek 5 Transport	23
Obrázek 6 Invenotry	24
Obrázek 7 Motion	25
Obrázek 8 Waiting	26
Obrázek 9 Over production.....	27
Obrázek 10 Over procesing	26
Obrázek 11 Defects.....	28
Obrázek 12 Skills.....	29
Obrázek 13 Gaussova křivka	31
Obrázek 14 Rozdělení certifikace.....	32
Obrázek 15 Flow Chart.....	33
Obrázek 16 Plýtvání.....	34
Obrázek 17 Metodika DMAIC	35
Obrázek 18 FIFO vs. LIFO.....	37
Obrázek 19 Čárový kód	38
Obrázek 20 Standartní paleta.....	46
Obrázek 21 Původní layout.....	47
Obrázek 22 Spádový regálový systém.....	49
Obrázek 23 Technolige	50
Obrázek 24 Nový layout	51
Obrázek 25 Cesta databáze ze vstupní kontroly	52
Obrázek 26 Integrovaná váha	53
Obrázek 27 Interní značení	55
Obrázek 28 Srovnání délek trvání 1. fáze původního a revidovaného mat. toku.....	57
Obrázek 29 Srovnání délek trvání 1. fáze původního a revidovaného mat. toku.....	58
Obrázek 30 Boxplotový graf.....	58
Obrázek 31 Test normality pro 1. původní fázi	59
Obrázek 32 Test normality pro 1. novou fázi	60
Obrázek 33 Test normality pro 2. původní fázi	60
Obrázek 34 Test normality pro 2. novou fázi	61

Obrázek 35 Grubbsův test.....	62
Obrázek 36 F-test.....	63
Obrázek 37 F-test.....	64

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Dvouvýběrový t-test a interval spolehlivosti pro 1. fázi.....	63
Tabulka 2 Dvouvýběrový t-test a interval spolehlivosti pro 2. fázi.....	65
Tabulka 3 Efektivnost.....	65

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Náměry původního layoutu

Příloha P II: Náměry nového layoutu

PŘÍLOHA P I: NÁMĚRY PŮVODNÍHO LAYOUTU

Původní flow materiálu	
1. FÁZE Časový rozsah mezi kroky 1-3 [s]	2. FÁZE Časový rozsah mezi kroky 3-5 [s]
2427	1733
2525	1569
2492	1465
2494	1454
2504	1287
2490	1657
2628	1483
2702	1460
2710	1435
2359	1337
2541	1651
2376	1684
2546	1350
2500	1429
2574	1504
2355	1480
2535	1454
2520	1461
2487	1608
2476	1427
2355	1327
2437	1366
2420	1551
2487	1524
2600	1401
2508	1491
2509	1338
2504	1308
2658	1449
2359	1555
2516	1306
2443	1357
2476	1389
2428	1353
2416	1388
2318	1475
2549	1401
2430	1377
2530	1719

2544	1544
2524	1406
2391	1686
2687	1312
2355	1296
2670	1426
2437	1656
2591	1543
2436	1289
2538	1466
2501	1270

PŘÍLOHA P II: NÁMĚRY NOVÉHO LAYOUTU

Nové flow materiálu	
1. FÁZE Časový rozsah mezi kroky 1-2	2. FÁZE Časový rozsah mezi kroky 2-4
1902	1057
1858	1042
1895	1105
2149	1132
2046	1247
1849	1212
1920	1293
1972	1151
1963	1045
2007	1201
1885	1051
1997	1032
1966	1163
2098	1188
1968	1142
2080	1097
2096	1175
2063	1210
1984	1330
1931	1106
1797	1193
1962	1013
2117	1086
2024	1219
2228	1047
1767	1157
2213	1163
1714	1264
1894	1055
1692	1207
2024	1187
1839	1120
1755	1169
1925	1261
1942	1200
1934	1111
1921	1190
2018	1227
1946	1134

2052	1149
1961	1333
1977	1107
1933	1208
2078	1178
1946	1136
2016	1341
2004	1057
2014	1193
1917	1137
1900	1259