

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza toku hodnoty vybraného výrobku

Autor: **Bc. Monika ŠTĚNIČKOVÁ**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**

Akademický rok 2018/2019

Zadání.

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Michalu Šimonovi, Ph.D. a také Ing. Davidu Ženíškovi za jejich čas a odborné rady při řešení této práce.

Dále bych chtěla poděkovat Ing. Bohumilu Lorencovi a Ing. Kataríně Šimové ze společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. za pomoc při řešení praktické části práce a za předání znalostí a zkušeností v rámci řešené problematiky.

V neposlední řadě bych ráda poděkovala svému manželovi a celé své rodině za jejich trpělivost, důvěru a obrovskou podporu v rámci celého studia.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

| | | | |
|----------------------|--|------------------------------|-------------------------|
| AUTOR | Příjmení Bc. Štěničková | Jméno Monika | |
| STUDIJNÍ OBOR | 2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“ | | |
| VEDOUcí PRÁCE | Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Šimon, Ph.D. | Jméno Michal | |
| PRACOVISŤE | ZČU – FST – KPV | | |
| DRUH PRÁCE | DIPLOMOVÁ | BAKALÁŘSKÁ | Nehodící se škrtněte |
| NÁZEV PRÁCE | Analýza toku hodnoty vybraného výrobku | | |

| | | | | | |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|
| FAKULTA | strojní | KATEDRA | KPV | ROK ODEVZD. | 2019 |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

| | | | | | |
|---------------|--|---------------------|--|----------------------|--|
| CELKEM | | TEXTOVÁ ČÁST | | GRAFICKÁ ČÁST | |
|---------------|--|---------------------|--|----------------------|--|

| | |
|---|---|
| STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY | Diplomová práce je zaměřena na analýzu výrobního procesu u vybraného výrobku a aplikaci metody VSM ve společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. Součástí práce je v první řadě zmapování současného stavu výrobního procesu a identifikace nedostatků. V druhé řadě pak návržení budoucího stavu a odstranění těchto nedostatků v procesu. Hlavním cílem je zkrácení průběžné doby výroby a navýšení VA indexu. |
| KLÍČOVÁ SLOVA | VSM, Štíhlá výroba, procesní analýza, materiálový tok, VSD |

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

| | | | |
|--------------------------|--|-----------------|----------------------------|
| AUTHOR | Surname Bc. Štěničková | Name Monika | |
| FIELD OF STUDY | 2301T007 „Industrial engineering and management“ | | |
| SUPERVISOR | Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Šimon, Ph.D. | Name Michal | |
| INSTITUTION | ZČU – FST – KPV | | |
| TYPE OF WORK | DIPLOMA | BACHELOR | Delete when not applicable |
| TITLE OF THE WORK | Value stream analysis of selected product | | |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|-----|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | KPV | SUBMITTED IN | 2019 |
|----------------|------------------------|-------------------|-----|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

| | | | | | |
|----------------|--|------------------|--|-----------------------|--|
| TOTALLY | | TEXT PART | | GRAPHICAL PART | |
|----------------|--|------------------|--|-----------------------|--|

| | |
|---|---|
| BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS | The main focus of the diploma thesis is an analysis of production process of selected product and application of VSM method in Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. The first part of the thesis maps current state of the production process and identifies weak spots. The second part designs future state with eliminated weak spots. The main goal is shortening of lead time and increasing of VA index. |
| KEY WORDS | VSM, Lean manufacturing, process analysis, material flow, VSD |

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod..... | 11 |
| 1 Štíhlá výroba | 12 |
| 1.1 Plýtvání..... | 13 |
| 1.2 Teorie omezení | 15 |
| 1.3 Princip tahu a tlaku | 15 |
| 2 Zlepšování procesů..... | 16 |
| 2.1 Přístupy ke zlepšování | 16 |
| 2.1.1 Kontinuální zlepšování..... | 16 |
| 2.1.2 Diskontinuální zlepšování | 17 |
| 2.2 Vybrané analytické nástroje | 17 |
| 2.2.1 ABC analýza | 17 |
| 2.2.2 Sankeyův diagram | 18 |
| 2.2.3 Management toku hodnot..... | 19 |
| 2.2.4 Hodnotový tok..... | 19 |
| 2.2.5 Mapování hodnotového toku..... | 20 |
| 2.2.6 Kaizen..... | 23 |
| 3 Představení společnosti | 25 |
| 3.1 Charakteristika výroby | 25 |
| 3.2 Výběr výrobku..... | 27 |
| 3.3 Představení výrobku | 28 |
| 4 Analýza současného stavu..... | 29 |
| 4.1 Výrobní proces vybraného výrobku | 29 |
| 4.1.1 Topné těleso | 30 |
| 4.1.2 Distribuční část..... | 30 |
| 4.1.3 Ventilátor..... | 31 |
| 4.1.4 Výparník..... | 32 |
| 4.2 Schéma materiálového toku..... | 34 |
| 4.3 Procesní analýza | 35 |
| 4.4 Mapa současného stavu | 36 |
| 4.5 Výpočet průběžné doby výroby..... | 40 |
| 4.6 Výpočet VA indexu | 41 |
| 5 Identifikace nedostatků | 42 |
| 6 Návrh budoucího stavu..... | 43 |
| 6.1 VSD | 43 |
| 6.2 Výpočet průběžné doby výroby..... | 45 |
| 6.3 Výpočet VA indexu | 46 |
| 6.4 Navržená opatření..... | 47 |
| Závěr..... | 50 |
| Seznam použité literatury | 51 |

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 2-1 Druhy plýtvání..... | 14 |
| Obrázek 2-2 Tahový systém [3] | 15 |
| Obrázek 3-1 Proces neustálého zlepšování [4] | 16 |
| Obrázek 3-2 Lorenzova křivka [7] | 18 |
| Obrázek 3-3 Sankeyův diagram [8]..... | 19 |
| Obrázek 3-4 Standardizované ikony pro VSM [9]..... | 21 |
| Obrázek 3-5 Ukázka mapy současného stavu | 22 |
| Obrázek 3-6 Ukázka mapy budoucího stavu..... | 22 |
| Obrázek 3-7 Přehled spoluúčasti zaměstnanců na změnách [12] | 23 |
| Obrázek 4-1 Závod Mahle Behr Mnichovo Hradiště..... | 25 |
| Obrázek 4-2 Schéma rozdělení výroby | 26 |
| Obrázek 5-1 Zjednodušený průběh výrobního procesu | 30 |
| Obrázek 5-2 Topné těleso | 30 |
| Obrázek 5-3 Flow linka a distribuční část..... | 31 |
| Obrázek 5-4 Stojan na ventilátory ("stromeček") | 31 |
| Obrázek 5-5 Hliníkový pás | 32 |
| Obrázek 5-6 Výparníky v letovacím rámu | 32 |
| Obrázek 5-7 Vozík na výparníky | 33 |
| Obrázek 5-8 Zaskladněné výparníky..... | 33 |
| Obrázek 5-9 Schéma materiálového toku-výparník..... | 34 |
| Obrázek 5-10 Procesní analýza výparníku | 35 |
| Obrázek 5-11 Ukázka ručně kreslené mapy současného stavu..... | 36 |
| Obrázek 5-12 Plánování – topná tělesa | 37 |
| Obrázek 5-13 Plánování – výparníky | 37 |
| Obrázek 5-14 Plánování – hlavní linka | 38 |
| Obrázek 5-15 Plánování – IM | 38 |
| Obrázek 5-16 Plánování – flow linka..... | 39 |
| Obrázek 5-17 Plánování – ventilátor..... | 40 |
| Obrázek 5-18 Kritická cesta | 40 |
| Obrázek 5-19 Časová osa-ventilátor (současný stav)..... | 41 |
| Obrázek 6-1 Schéma toku materiálu – úzké místo (současný stav)..... | 42 |
| Obrázek 7-1 VSD-část1 | 44 |
| Obrázek 7-2 Časová osa – ventilátor (budoucí stav)..... | 46 |
| Obrázek 7-3 Současné uspořádání fraktálů | 47 |
| Obrázek 7-4 Navržené uspořádání fraktálů..... | 47 |
| Obrázek 7-5 Schéma toku materiálu – výparník (budoucí stav)..... | 48 |

Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 4-1 Přehled vstupních dat pro ABC analýzu..... | 27 |
| Tabulka 4-2 Základní informace o vybraném výrobku..... | 28 |
| Tabulka 4-3 Kusovník pro KG084 | 28 |
| Tabulka 5-1 Přehled vstupních polotovarů | 29 |
| Tabulka 5-2 Přehled VA indexů-současný stav | 41 |
| Tabulka 7-1 Porovnání průběžné doby výroby | 45 |
| Tabulka 7-2 Přehled VA indexů-budoucí stav | 46 |
| Tabulka 7-3 Porovnání VA indexů | 46 |

Seznam grafů

| | |
|---|----|
| Graf 4-1 ABC Analýza..... | 27 |
| Graf 4-2 Zákaznické požadavky na rok 2019 | 28 |
| Graf 5-1 Zastoupení činností v procesní analýze | 36 |

Seznam příloh

| | |
|------------------|-------|
| Příloha č.1..... | I–III |
| Příloha č.2..... | I–V |
| Příloha č.3..... | I–III |

Seznam použitých zkratk

| | |
|------|----------------------|
| TOC | Teorie omezení |
| PULL | Tahový systém |
| WIP | Rozpracovaná výroba |
| VSM | Value stream mapping |
| VSD | Value stream design |
| VA | Value added |
| C/T | Cycle time |
| C/O | Changeover time |
| FIFO | First in first out |
| AC | Air Conditioning |
| AM | Assembly module |
| IM | Injection molding |
| ET | Evaporator truck |

Úvod

V současné době jsou na automobilový průmysl kladeny stále větší nároky, ať už jsou to nároky na kvalitu výrobků, na snižování nákladů, na zkracování průběžné doby výroby apod. Je to dáno zejména dnešní velkou konkurencí v automobilovém průmyslu. Aby si společnost udržela pozici na trhu, je pro ni klíčové plnit veškeré tyto požadavky. Většina společností k tomu využívá moderní nástroje řízení výroby a nástroje štíhlé výroby.

Cílem této práce je v první řadě seznámení s metodologií, která bude využita ke zpracování praktické části diplomové práce. Na začátku se seznámíme s konceptem štíhlé výroby, jejími cíli a přínosy. V druhé řadě je to pak seznámení s konkrétními vybranými nástroji a metodami ke zlepšování procesů. Především je práce zaměřena na metodu mapování hodnotového toku, tzv. Value Stream Mapping (VSM). Práce je zaměřena na využití metody VSM ve společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. Nejprve bude provedena analýza současného stavu, pro kterou bude využito několik metod, které byly popsány v teoretické části práce. Nejdůležitější z nich stále zůstává již zmíněná metoda VSM, která začíná tvorbou mapy současného stavu. Díky této mapě by měly být odhaleny nedostatky a plýtvání v celkovém procesu výroby vybraného výrobku. Po odstranění těchto nedostatků budou následně navržena jednotlivá opatření a bude navržena mapa budoucího stavu, ve které budou odhalené nedostatky již odstraněny. Hlavním cílem práce je zkrácení průběžné doby výroby a navýšení VA indexu.

1 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba nebo také lean manufacturing má kořeny již z roku 1990, kdy James Womack definuje základní koncepty a přibližuje je široké veřejnosti. Prokazuje aplikovatelnost štíhlé výroby ve všech oborech výroby a služeb. Womack definuje pojem „Lean“ jako sdružení principů a metod, jež se zaměřují na identifikaci a eliminaci činností, které nepřinášejí žádnou hodnotu při vytváření výrobků nebo služeb, jenž mají sloužit zákazníkovi.

Tyto činnosti tedy v konečném důsledku představují odpadní produkty nebo plýtvání. Základní uvažování v tomto stylu je velmi jednoduché, přímočaré a velmi často se jedná o logické myšlení a používání tzv.: „selského rozumu“. Všeobecně užívané přístupy Leanu vycházejí z několika principů:

- určení hodnoty z pohledu zákazníka,
- identifikace činností, které se podílejí na postupném vytváření hodnot,
- uvedení procesů do pohybu,
- řízení potřeb zákazníka,
- snaha o dosažení dokonalosti.

Tato metodologie je založena na principu kontinuálního zlepšování procesů. To znamená, že se týmy zaměřují spíše na menší zlepšovateľské kroky a celkového zlepšení je tedy dosaženo postupně v jednotlivých menších krocích, což může i eliminovat případné negativní dopady aplikovaných řešení. Základem pro veškeré zlepšování musí být vždy standardizovaný proces, který je dodržován.

Pokud kdokoliv stojí o to mít štíhlý podnik, musí se naučit štíhle přemýšlet. V dnešní době se většina společností chlubí štíhlými procesy a štíhlou výrobou obecně, ale velmi často zaměstnanci ani nevědí, co to pořádně znamená. Má-li být filozofie Lean úspěšná, je nutné, aby zakořenila hluboko v myšlení všech zaměstnanců a aby tento způsob myšlení přijali, naučili se ho a věřili mu. Lean se musí stát součástí firemní kultury.

Metodologie Lean představuje:

- dlouhodobý filosofický přístup,
- zaměření na proces jako na nositele kvality vytvářeného předmětu a na zprostředkovatele potenciálu výkonnosti klíčových podnikových funkcí,
- cílení vyhledávání jednotlivců, kteří zprostředkovávají naše záměry týkající se dosažení vyšší kvality nebo nižších nákladů,
- dlouhodobou podporu učících se procesů a rozvoje organizace samotné.

Lean se využívá tam, kde sledujeme zvýšení výkonnosti procesu a snížení operačních nákladů, které se projeví např. ve snížení zásob, zmenšení výrobních prostorů nebo snížením pracnosti na určitý výkon. Vyhledávána je hlavně tam, kde je nutné procesy zjednodušit, kde je potřeba zkrátit průběžnou dobu výroby apod. Dalším důvodem použití Lean je rozdělení jednotlivých činností v rámci procesu na činnosti, které přidávají hodnotu a ty, které k vytvářené hodnotě nemají přímí vztah, nijak nepřispívají k její tvorbě, anebo ji naopak zatěžují.

Pokud chceme použít metodu Lean, měli bychom pro vlastní analýzy vyjít z následujících předpokladů:

- v procesech se vyskytuje plýtvání v mnoha různých podobách,
- provedení změny v běžícím procesu je velmi zdlouhavé,
- procesy musí být udržovány v procesu,
- vlastní změny musí mít systémový charakter, musí být podporovány a usnadňovány komplexem dílčích změn, které se týkají všech souvisejících oblastí: personál, procesní systémy i technologie. [1]

1.1 Plýtvání

V každé společnosti je největším nepřítelem plýtvání, typicky časem nebo penězi. V rámci štihlého podniku je plýtvání vše, co nepřidává hodnotu. Druhy plýtvání se dělí do osmi kategorií, s nichž 7 je zaměřených přímo na proces a osmý novější druh plýtvání je orientovaný na schopnost managementu využít své zaměstnance. Všechny osm druhů plýtvání zobrazuje Obrázek 2-1.

1) Nadvýroba

Ze všech osmi druhů má nejvíce negativní dopad právě nadvýroba. Nastává vždy, když se vyrobí více dílů nebo produktů, než je zákazník ochoten zakoupit. Nadvýroba může také následně vést k dalším zmíněným druhům plýtvání jako je zbytečný pohyb, zásoby apod., které spotřebovávají obrovské množství času a zdrojů.

2) Skladové zásoby

Skladové zásoby patří do plýtvání z toho důvodu, že je v nich ukrytá spousta peněžních prostředků, které nelze použít. Produkt, který máme v zásobách, buď čeká, než bude prodán zákazníkovi, nebo než bude přeměněn na něco dalšího. V každém případě po celou dobu, kdy se produkt nachází ve skladu, se snižuje zisk z daného produktu, jelikož je třeba uhradit režijní náklady spojené s držním produktu na skladě. Skladové zásoby dále mohou vést ke zbytečným pohybům a manipulaci.

3) Čekání

Čekání většinou poukazuje na špatně nastavený proces. Ať už je to čekání operátorů, jejichž práce je závislá na práci předchozích operátorů, nebo je to čekání na materiál, nebo čekání z důvodu dlouhé přestavby apod., vždy je to něco, s čím se dá něco dělat. Při čekání se zvyšují náklady na produkt, který je vytvářen pro zákazníka. Je to z toho důvodu, že hodnota produktu se v dobu čekání nezvyšuje, ale režijní náklady rostou, což opět vede ke snížení zisku z daného produktu. Čekání nejen, že narušuje materiálový a informační tok, ale také vede k nadbytečným zásobám.

4) Chyby, zmetky, nekvalita

Nekvalita je jedním z nejsnadněji rozpoznatelných plýtvání. Jedná se zde o zmetky, díly, které je nutné opravit, sestavy s chybějícími díly apod. Samozřejmě chyby opět vedou k dalším druhům plýtvání jako je nadměrná produkce, doprava, nadbytečné procesy apod.

5) Zbytečné pohyby

Chůze a další pohyby ať už lidské nebo pohyby strojů jsou vždy plýtváním, protože během nich nedochází k přidávání hodnoty. Často ke zbytečným pohybům vede nevhodně navržený layout pracovišť a celkově výroby. Čím více je v procesu pohybů, tím větší je i pravděpodobnost úrazu, což vede opět k větším nákladům.

6) Doprava, manipulace

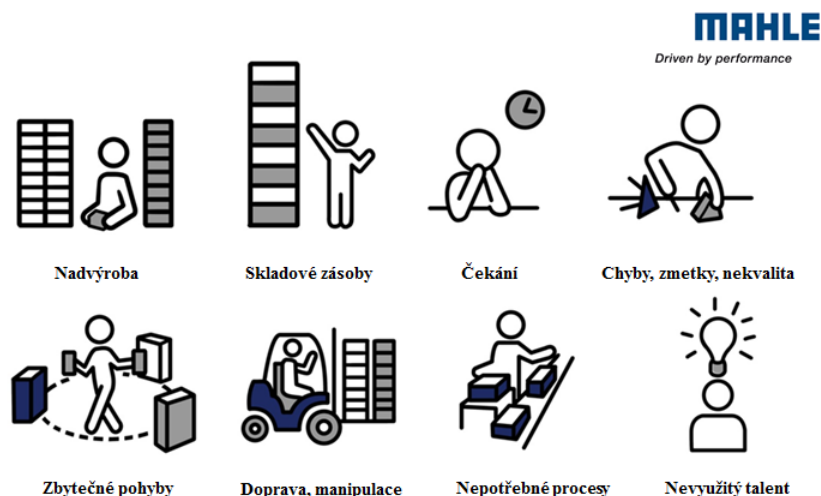
Doprava a manipulace je bohužel nezbytná, ale jedná se opět o plýtvání, pokud během dopravy nedochází k transformaci materiálu a nepřidává se hodnota. Doprava spotřebuje velké množství zdrojů a vede ke zbytečným pohybům.

7) Nepotřebné procesy

Pokud produkt neodpovídá požadavkům zákazníka, je nutné, aby byl opraven nebo repasován. Pokud požadavky nejsou jasné, může to vést ke zbytečným procesům. Příkladem může být leštění povrchu, o které si zákazník nepožádal apod. Další nadbytečné procesy mohou vznikat z důvodu reklamací od zákazníka, přičemž se většinou zavede dočasné opatření, jako je například značení zeleným fixem, že byla provedena nějaká činnost.

8) Nevyužitý talent

Jedná se o jediný druh plýtvání, který nesouvisí přímo s výrobním procesem. Tento typ plýtvání nastává, když vedení ve výrobním prostředí není schopné využít potenciál všech svých zaměstnanců. Je velmi dobré zapojovat lidi z výroby do procesů neustálého zlepšování. Přece jen jsou to oni, kteří tam osm hodin denně vyrábí a občas mohou mít velmi dobré nápady na zlepšení procesu. [2]



Obrázek 1-1 Druhy plýtvání

1.2 Teorie omezení

Úplně každý podnik má jistá omezení, která mu brání v navýšení výkonnosti procesů. Pro analýzu těchto problémů existuje jednoduchý nástroj tzv. teorie omezení (angl. Theory of constraints-TOC), který definoval Eliyhu Goldratt. Tuto teorii lze obrazně definovat výrokem: „Řetěz je pouze tak silný, jak silný je jeho nejslabší článek.“ Ve skutečnosti je řetězem proces, který se skládá z jednotlivých činností, obrazně článků řetězu. Abychom mohli proces správně analyzovat, musíme mu rozumět jako celku, ale stejně tak musíme rozumět jednotlivým článkům.

Podle Goldratta lze, kromě výjimek, zařadit jednotlivá omezení do dvou skupin:

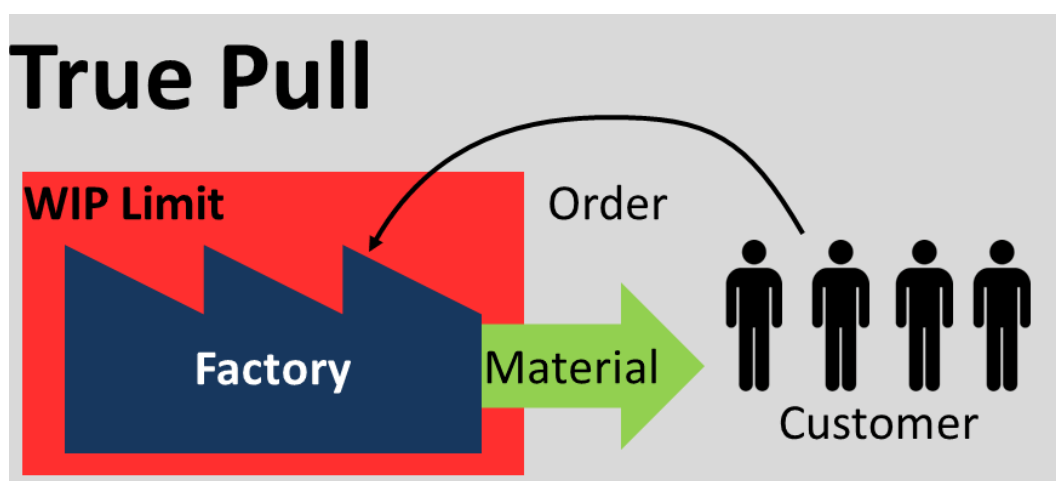
1. fyzická omezení
2. organizační omezení.

Upozorňuje však, že při třídění je třeba být velmi obezřetní. Může se nám totiž zdát, že jsme narazili na fyzickou překážku, ale ve skutečnosti může být omezení organizačního charakteru, např. podniková norma, která brání odstranění problému.

TOC se využívá jako metodický nástroj nejen při konkrétních zlepšovatelských iniciativách, ale také pro vzájemné hodnocení projektů v rozhodovací fázi, tedy pro analýzu a přípravu podkladů pro rozhodování o tom, kde bude potřeba soustředit pozornost jako první apod. [1]

1.3 Princip tahu a tlaku

Jedním z cílů Leanu je využití tahového výrobního systému, nikoli tlakového. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že u tahového systému je vysloveně omezené množství rozpracované výroby (WIP), které může být uvnitř systému. Tlakový systém žádné omezení pro rozpracovanou výrobu nemá. Jako příklad lze uvést situaci v kanbanu, ve kterém je definován horní limit rozpracované výroby, jelikož nelze mít více materiálu, než dovoluje množství kanbanových karet. Pokud je tahový systém správně nastaven, výroba je zahájena pouze za předpokladu, že stanovený limit rozpracovanosti nebyl dosažen. [3] Tahový systém zobrazuje Obrázek 2-2.



Obrázek 1-2 Tahový systém [3]

2 Zlepšování procesů

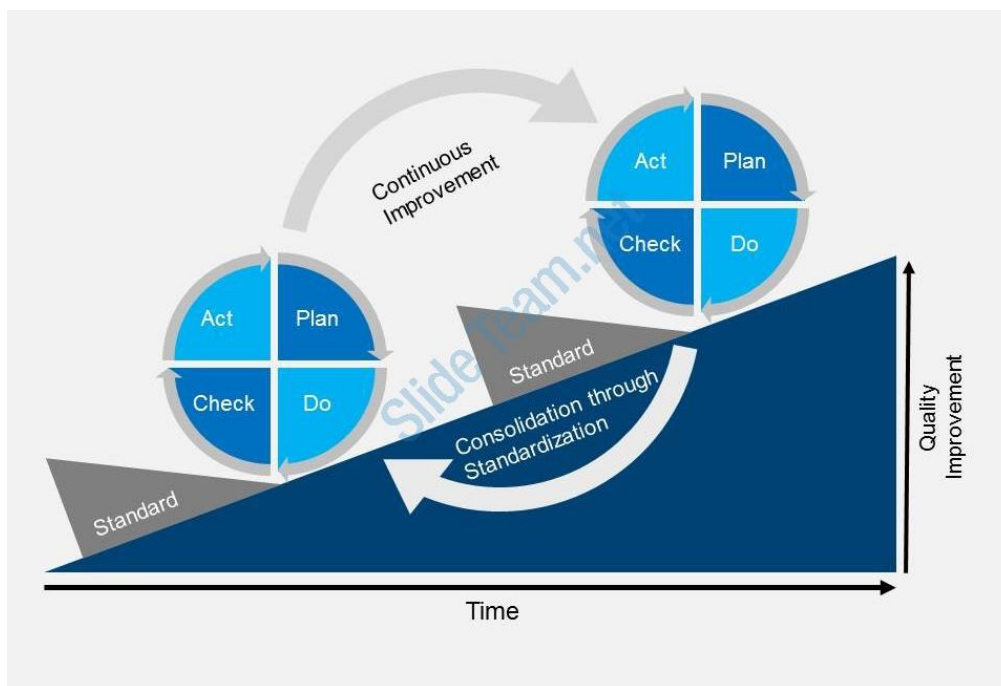
V každé společnosti existují procesy bez ohledu na vědomí jak výrobních pracovníků, tak managementu na všech podnikových úrovních. Proces spojuje možnosti technologie, nároky a omezení prostředí s aktivním působením obsluhujícího personálu ve smysl postupného vytváření hodnot pro zákazníka. Lidé vykonávají v určitém sledu činnosti, při kterých spotřebovávají materiál, používají a přetvářejí meziprodukty nebo výsledný produkt.

Vždy, když projdeme určitým procesem, dozvídáme se o něm něco nového. Pokud proces promyslíme a snažíme se ho udělat lépe, tak ho zlepšujeme. V současné době řeší ale většina firem častý příchod nových projektů. V takovém případě musí být navržen a implementován nový proces. Je velmi pravděpodobné, že se nám nepodaří navrhnout proces správně hned napoprvé „od stolu“. To vede k důležité manažerské aktivitě, kterou je právě zlepšování podnikových procesů. Existuje několik přístupů ke zlepšování procesů a dva hlavní z nich jsou popsány níže. Jedná se o kontinuální a diskontinuální zlepšování.

2.1 Přístupy ke zlepšování

2.1.1 Kontinuální zlepšování

Jedním z možných přístupů ke zlepšování je praktikovat neustálé zlepšování procesů po menších krocích. O neustálé zlepšování jde proto, že neustále je co zlepšovat. To, že někde zlepšíme proces, neznamená, že máme vyhráno. Dokud bude v procesu zastoupeno v jakékoliv míře plýtvání jakéhokoliv druhu, bude vždy prostor pro zlepšení. V podstatě hned po tom, co někde aplikujeme nějaké zlepšení, můžeme začít opět od začátku. Podstatu neustálého zlepšování znázorňuje Obrázek 3-1.



Obrázek 2-1 Proces neustálého zlepšování [4]

Opakuje se vždy PDCA cyklus.

➤ **Plan (plánuj) :**

Celý cyklus začíná získáváním informací a popisem řešeného problému, což slouží pro přípravu plánu. V plánu by měly být zahrnuty jednotlivé činnosti, které je potřeba udělat, aby se problém vyřešil.

➤ **Do (dělej)**

Po vypracování plánu je čas pro implementaci naplánovaných činností.

➤ **Check (kontroluj)**

Po implementaci se vždy po nějakou dobu sleduje, jak nově upravený proces funguje, jaké jsou přínosy a jestli byl splněn plán.

➤ **Act (jednej)**

Během kontroly může dojít k situaci, že výsledky se liší od očekávání a daný problém není vyřešen. V tuto chvíli se hledá příčina problému, která musí být odstraněna. Když je problém odstraněn, zbývá udělat poslední krok toho cyklu, kterým je zavedení a standardizace změn do procesu. [5]

2.1.2 Diskontinuální zlepšování

Diskontinuální zlepšování je, jak už z názvu plyne, přesným opakem kontinuálního zlepšování. Nejedná se tedy o průběžné zlepšování po menších krocích, ale jde o zásadní změnu nebo inovaci v organizaci. Jedná se o tzv. reengineering, někdy se používá pojem BPR (Business Process Reengineering). V roce 1993 bylo vydáno nejslavnější dílo o reengineeringu americkými konzultanty Mikem Hammerem a Jamesem Champynem, kteří ho definují jako: „Radikální rekonstrukci podnikových procesů tak, aby mohlo být dosaženo dramatického zdokonalení v klíčových indikátorech výkonosti, jako jsou kvalita, služby a rychlost.“

K reengineeringu firmy přistupují, pokud cítí, že procesy potřebují radikální změnu. Takovou změnou může být třeba kompletní změna technologií, které umožní zlepšit procesy. První generace radikální změny procesů byla postavena výrazně na nových informačních a komunikačních technologiích, které přicházely v obrovských měřítcích do užívání v organizacích. [6]

2.2 Vybrané analytické nástroje

Abychom mohli proces začít zlepšovat, musíme ho nejdříve poznat v současném stavu. Je důležité proces detailně pochopit a rozumět mu. Existuje spousta nástrojů, pomocí kterých můžeme současný stav řádně zanalyzovat. V následujících kapitolách jsou uvedené některé z těchto nástrojů, které budou využity v praktické části diplomové práce.

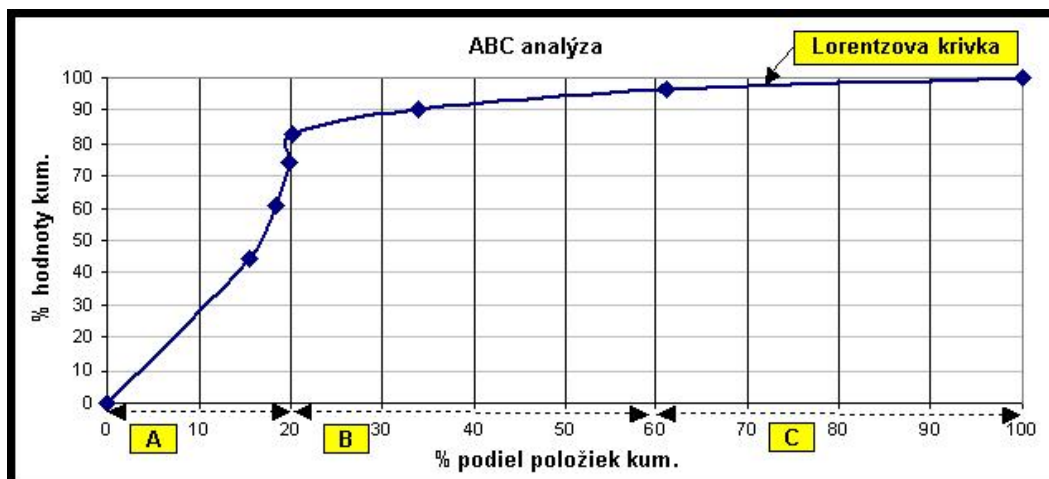
2.2.1 ABC analýza

Jedná se o velice efektivní a jednoduchý nástroj, který umožňuje určit společně soustředit se na to, co je opravdu důležité. Základ metody vychází z tzv. Paretova pravidla, které říká, že 80% veškerých důsledků způsobuje pouze 20% příčin. V případě, kdy jednotlivé položky ovlivňují nějaký problém, neovlivňují ho rovnoměrně. Některé ho ovlivňují méně, některé více. Pak má význam seřadit jednotlivé položky podle jejich vlivu na daný problém a rozdělit je do určitých kategorií podle důležitosti. Nejméně důležitým položkám pak nebudeme věnovat

zbytečně čas, prostor nebo peníze a budeme se soustředit hlavně na položky, které ovlivňují daný problém nejvíce.

Na začátku musí být zvolen parametr, který bude nejlépe vystihovat podstatu sledovaného problému. Následuje výpočet procentuálního zastoupení jednotlivých prvků vůči celkové hodnotě parametru a celkovému počtu prvků. Na základě vypočteného zastoupení se prvky vzestupně seřadí. Nakonec je vytvořen graf, jehož souřadnicemi jsou procentuální podíl na celkovém počtu prvků a procentuální podíl na celkové hodnotě parametru. Na grafu je znázorněna tzv. Lorenzova křivka. Ukázkou Lorenzovy křivky znázorňuje Obrázek 3-2. Prvky jsou rozděleny do tří skupin, dle následujících pravidel:

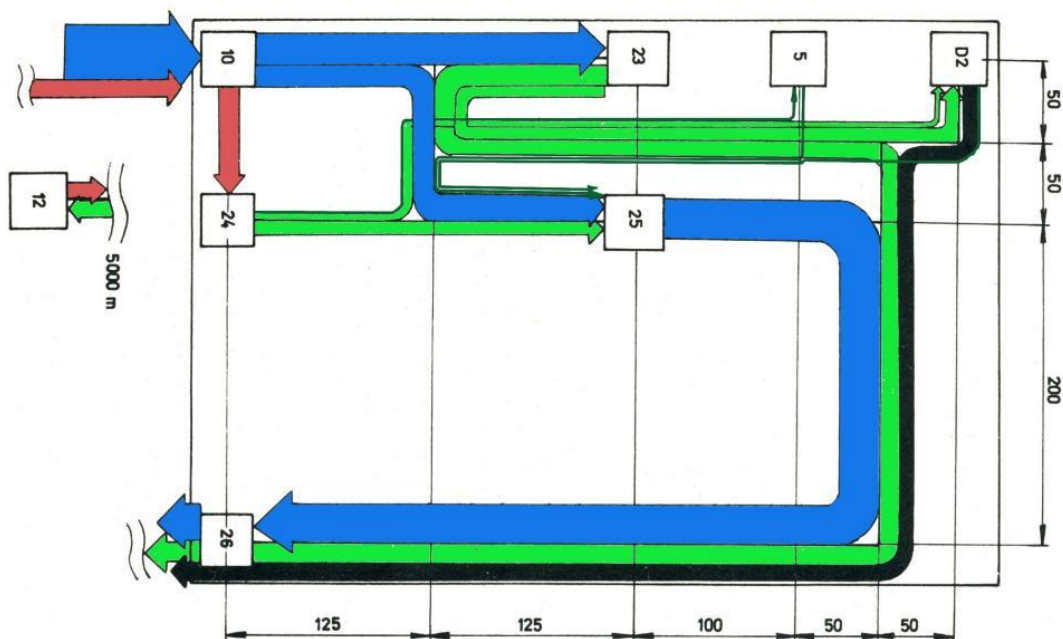
- skupina A–70-80% podíl na celkové hodnotě parametru a cca 10-15% na celkovém počtu prvků,
- skupina B–15-20% podíl na hodnotě parametru a cca 15-20% podíl na celkovém počtu prvků,
- skupina C–5-10% podíl na celkové hodnotě parametru a cca 60-80% na celkovém počtu prvků. [7]



Obrázek 2-2 Lorenzova křivka [7]

2.2.2 Sankeyův diagram

Pomocí Sankeyova diagramu můžeme znázornit tok materiálu mezi jednotlivými pracovišti. Pro tvorbu diagramu je potřebný půdorysný plán objektu a šachovnicová tabulka. Pro grafické znázornění se hodí využít maticovou tabulku vstup-výstup, která udává přepočtené množství materiálu přepravovaného mezi pracovišti. V diagramu je pak toto množství znázorněno šířkou plné šipky, která označuje i směr toku materiálu. Vzdálenosti jsou pak dány délkou čáry. Ukázkou jednoduchého Sankeyova diagramu znázorňuje Obrázek 3-3. [8]



Obrázek 2-3 Sankeyův diagram [8]

2.2.3 Management toku hodnot

Velmi často mají lidé rozdílné pohledy na to, které činnosti přidávají a které nepřidávají hodnotu. Jednou z populárních definic hodnoty je, že hodnota je to, za co je zákazník ochoten zaplatit. V hodnotovém managementu je hodnota definována poměrem mezi užitnými vlastnostmi produktu a náklady:

$$\text{hodnota} = \frac{\text{užitné vlastnosti produktu}}{\text{náklady}}$$

Z tohoto vztahu je jasné, že pokud s rostoucími náklady neroste i užitek pro zákazníka, hodnota se zmenšuje. Není to ovšem jediná možná interpretace vztahu pro hodnotu.

V rámci navrhování, zavádění a zlepšování procesů se hodnota definuje jako nejefektivnější způsob, jak spolehlivě zajistit užitné vlastnosti produktu, které splní očekávání zákazníka. Při výpočtu efektivnosti je často zohledňován čas, proto je z hlediska efektivnosti procesů zajímavý vztah:

$$\frac{\text{čas, kdy je produktu přidávána hodnota}}{\text{celková průběžná doba, po kterou produkt vzniká}}$$

Čas, kdy je produktu přidávána hodnota chápeme z procesního pohledu jako čas, při kterém probíhají aktivity, při nichž se výrobek mění ve své fyzikální či chemické podstatě, nebo aktivity, kterými je produkt přibližován zákazníkovi. Efektivnost procesu je tedy procentuální hodnota doby, ve které je přidávána produktu hodnota vůči celkové průběžné době, po kterou produkt vzniká a je dodáván zákazníkovi. Zmíněnou efektivnost procesu se nazývá VA-index. V zájmu všech společností je tento index samozřejmě zvyšovat. Nejčastěji se zvýšení dosahuje zkrácením celkové průběžné doby výroby, a to zejména pomocí moderními technikami průmyslového inženýrství, štihlé výroby a logistiky. [9]

2.2.4 Hodnotový tok

Hodnotový tok neboli value stream je souhrn všech aktivit v procesu, které umožňují transformaci materiálu na zboží, které má hodnotu pro zákazníka. Zahrnují se tam tedy i aktivity, které nepřidávají hodnotu. Patří sem např.:

- zpracování nabídek,
- zpracování konstrukční a technologické dokumentace,
- transport materiálu,
- výrobní plánování,
- výrobní operace, v kterých se transformuje materiál
- fakturace a provedení finančních operací apod.

V hodnotovém toku se vždy uvádějí dva základní proudy. Prvním z nich je informační, který unáší zákaznické objednávky a druhým je proud transformační, který nese vlastní výrobky od surovin, přes polotovary až po hotové zboží.

Pokud chceme zlepšovat procesy, musíme je nejprve pozorovat, studovat je a rozumět jim. K tomuto účelu jsou využívány techniky průmyslového inženýrství jako například:

- postupové diagramy,
- kaizen,
- metoda kritické cesty (CPM),
- relační diagramy,
- videozáznamy apod.

Cílem všech těchto technik je identifikovat již zmíněné plýtvání. Abychom se totiž mohli snažit redukovat plýtvání, musíme ho nejdříve identifikovat.

Co se týká materiálových toků, je důležité pochopit, jak probíhají informační toky. K tomu nás už bohužel nepostačí výše vypsane techniky. Proto byly klasické grafické nástroje průmyslového inženýrství rozšířeny o nástroje, které zachycují vazby v tocích informačních včetně plánování. Na analýzu hodnotového toku je zaměřená metoda: mapování hodnotového toku (VSM). [9]

2.2.5 Mapování hodnotového toku

Jde o grafickou techniku, pomocí které použitím standardizovaných symbolů, znázorněných na obrázku 3-4, můžeme popsat souvislosti a vazby v materiálových a informačních tocích v konkrétním toku vybraného výrobku.

Každý VSM projekt by měl zahrnovat mapu současného stavu a jednu nebo několik map stavu budoucího, které reprezentují progresivní zlepšení.

Postup při tvorbě mapy současného stavu

- Definování týmů pro mapování toku hodnot.
- Výber reprezentanta z rodiny výrobků pomocí ABC analýzy.
- Zobrazení současného stavu a výpočet VA indexu (poměr časů přidávajících hodnotu a časů nepřidávajících hodnotu).
- Workshop k názornění budoucího stavu.
- Sestavení akčního plánu.

| Ikony pro materiálový tok | | | |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Externí zdroje | Proces | Data o procesu | Zásoby |
| Transport | Tok hotových výrobků | Pohyb tlakem | Pohyb tahem |
| Supermarket | Vyrovňovací zásoba | Bezpečnostní zásoba | |
| Ikony pro informační tok | | | |
| Manuální informování | Elektronická informace | Typ informace | Inventurní plánování |
| Výrobní kanban | Dopravní kanban | Signální kanban | Kanbanová schránka |
| Heijunka | Heijunka-správce | FIFO | Výrobní mix |
| Všeobecné ikony a symboly | | | |
| Operátor | Výrobní buňka | Počítačová podpora | Příležitost ke zlepšení |
| VA-linka | | | |

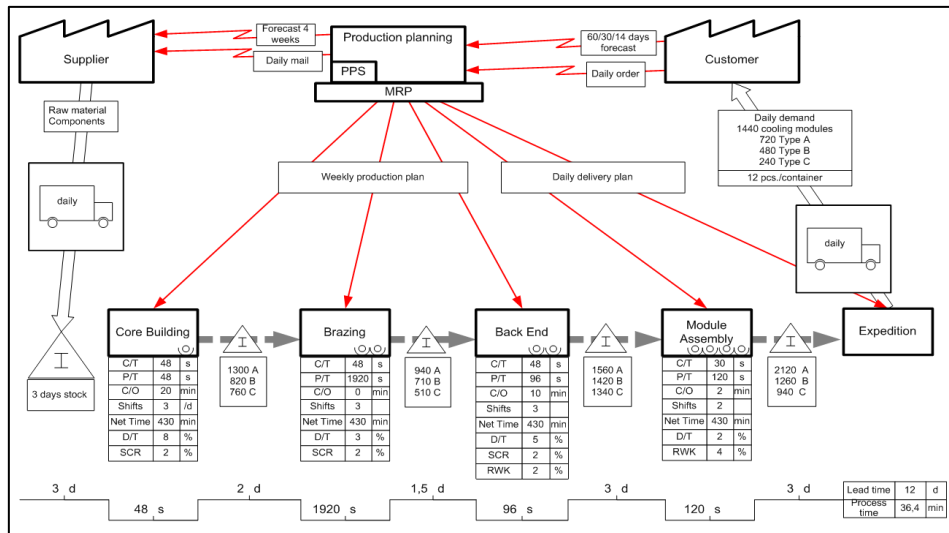
Obrázek 2-4 Standardizované ikony pro VSM [9]

Mapa současného stavu

Pro mapování se obvykle vybere rodina produktů, která má významný podíl na celkovém ročním objemu produkce a podílí se tedy nejméně na zisku společnosti. Materiálový tok je zaznamenán pomocí symbolů, které byly již zmíněny. Tyto symboly jsou rozděleny do tří kategorií, které zobrazuje Obrázek 3-4. Jedná se o tyto tři kategorie:

- ikony pro materiálový tok,
- ikony pro informační tok,
- ikony obecné.

Mapování začíná vždy od konce, tedy od expedice k zákazníkovi, a postupuje se směrem na začátek až do skladu vstupního materiálu. Mezi expedicí a skladem vstupního materiálu se zaznamenávají veškeré probíhající procesy, které se podílejí na tvorbě výrobku. Ke každému procesu se zaznamenávají základní informace o cyklových časech, počtu operátorů, časech pro přetypování stroje, směnnosti apod. Dále musíme definovat informace a dodávkách materiálu a stejně tak o expedici, tedy jak často jsou potřebné materiály dodávány a jak často jsou expedovány hotové výrobky zákazníkovi. Nakonec nesmíme opomenout důležitou část mapy, kterou je informační tok, který nám ukáže, jak probíhá plánování výroby. Po zakreslení obou toků vytvoříme pod mapou časovou osu, která pomáhá identifikovat přidanou hodnotu a také plynutí. Na základě těchto informací je spočítán VA index. [10]

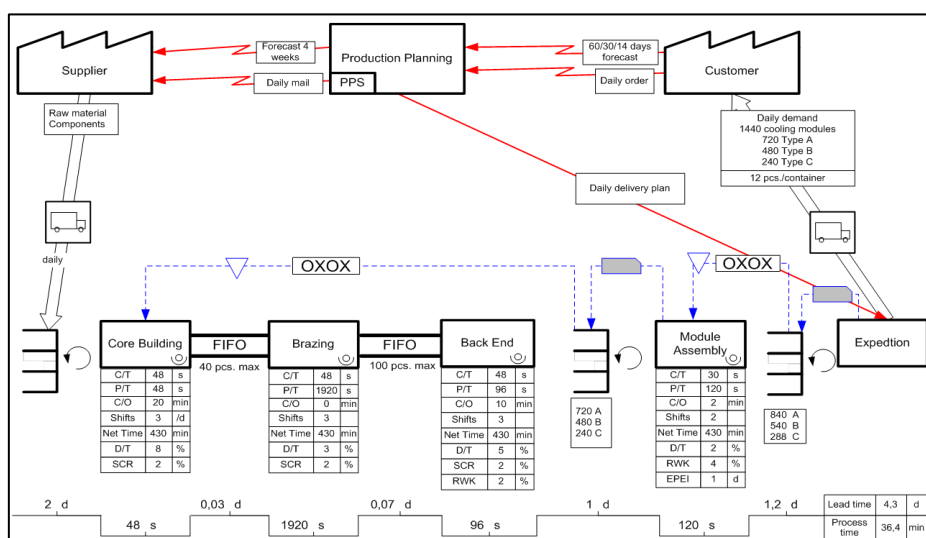


Obrázek 2-5 Ukázka mapy současného stavu

Mapa budoucího stavu

Na základě mapy současného stavu, viz Obrázek 3-5, je navržena mapa pro budoucí stav. Ukázkou mapy budoucího stavu znázorňuje Obrázek 3-6. V této fázi už se nejedná o VSM, ale o VSD neboli Value Stream Design, tedy návrh toku hodnoty. V tomto návrhu by měly být zredukovány činnosti nepřidávající hodnotu a zavedena zlepšení do procesů, které hodnotu naopak přidávají. Dle konceptu štíhlého myšlení existuje několik zásad, která by měly být dodrženy pro tvorbu mapy budoucího stavu:

- revize mapy současného stavu,
- zaznamenání ikon příležitostí pro zlepšení do mapy současného stavu,
- návrh zlepšení v oblasti operací, materiálových a informačních toků,
- produkovat výrobky dle taktu zákazníka,
- rovnoměrné rozvržení produkce na proces udávající takt (všechny operaci musí být podřízeny úzkému místu),
- použití supermarketů pro kontrolu výroby,
- vytvoření tahového systému



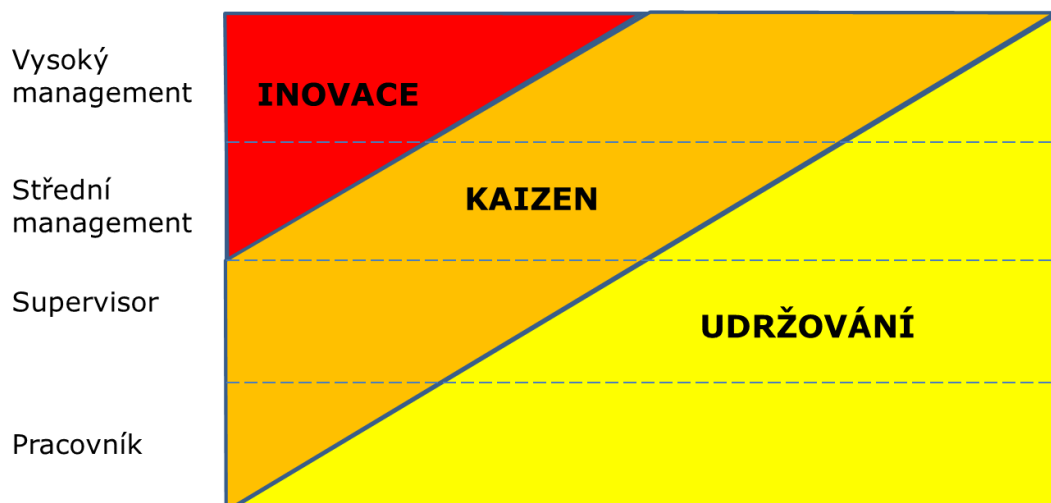
Obrázek 2-6 Ukázka mapy budoucího stavu

2.2.6 Kaizen

Kaizen je systém neustálého zlepšování a v podstatě je to doslova změna k lepšímu. Pojem kaizen pochází z Japonska a je složen ze dvou japonských slov „kai“ a „zen“, kdy překlad prvního slova je dobrý a druhého slova lepší. Nejedná se o jednorázové inovační skoky, ale o zdokonalování i těch nejmenších detailů. Do kaizenu jsou zapojeni všichni zaměstnanci od nejvyššího managementu po pracovníky výroby. Každý se na kaizenu samozřejmě podílí trochu jinak, což znázorňuje Obrázek 3-7.

Základními zásadami systému kaizen jsou:

- každému návrhu na zlepšení se musí věnovat pozornost
- účast je umožněna úplně každému
- před implementací zlepšení musí být provedena analýza s ohledem na současný stav a možné pozitivní a negativní dopady
- polovinu práce dobrého manažera tvoří kaizen
- hlavními úkoly managementu je vytvoření a udržování standardů a jejich zlepšování
- pracovníci z výroby by měli vědět, že jsou nejdůležitější součástí procesu a měli by být motivováni k účasti a podílení se na řešení problémů
- kaizeny by měly mít určitou formu a vždy by měly mít svého moderátora, který schůzky povede
- znalost aktuálního stavu procesů ve výrobě a soustředění se na úzká místa
- silná podpora od vedení podniku
- dobré podmínky pro komunikaci mezi výrobou a managementem
- motivace pracovníků – materiální a finanční ohodnocení dobrých nápadů
- podpora jednoduchých řešení, které je možné rychle vyhodnotit a zrealizovat bez velkých investic. [11]



Obrázek 2-7 Přehled spoluúčasti zaměstnanců na změnách [12]

Aby se mohlo mluvit o kaizenu, musí být splněny minimálně tři základní parametry:

- probíhá opakovaně
- všichni mají možnost se účastnit a dělají to
- probíhá všude a na všech úrovních.

Forma a nástroje už jsou pak zvoleny individuálně tak, aby co nejlépe odpovídaly potřebám podniku, podnikové kultuře a hlavně lidem, kteří budou v tomto systému pracovat. [12]

3 Představení společnosti

Práce bude zpracována ve společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o., která je součástí mezinárodního koncernu Mahle se sídlem ve Stuttgartu v Německu. Společnost Mahle má 140 poboček ve 30 zemích světa a 10 velkých výzkumných center.

Společnost Mahle Behr v Mnichovo Hradišti byla založena roku 1998 pod názvem Hella-Behr s.r.o. a rok na to byla zahájena výroba klimatizačních jednotek pro osobní automobily. Roku 2002 byla společnost přejmenována na Behr-Czech s.r.o. a zahájila se výroba vodních chladičů a chladičích modulů. Následující rok se přidala výroba vzduchových chladičů a modulů pro nákladní automobily a výroba výparníků. V roce 2007 přibyla ještě vstříkovna plastů, která byla postupně rozšiřována. Od října 2013, kdy Mahle převzalo většinový podíl ve společnosti Behr, vystupuje společnost pod názvem Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. V současné době společnost zaměstnává kolem 1500 zaměstnanců a plocha závodu zabírá 76 000 m².

Společnost je přímým dodavatelem automobilového průmyslu a mezi její zákazníky z řad osobních automobilů patří například Audi, Ford, Opel, Škoda atd. Co se týká nákladních automobilů, jsou to pak DAF, MAN, Iveco, Scania a další.



Obrázek 3-1 Závod Mahle Behr Mnichovo Hradiště

3.1 Charakteristika výroby

Jak již bylo zmíněno, společnost se zabývá převážně výrobou klimatizací pro osobní automobily. Probíhá zde i výroba jednotlivých vstupujících polotovarů, jako jsou plastové díly a výparníky. Celá výroba je rozdělena do čtyř tzv. fraktálů viz Obrázek 4-2. Jedná se o fraktál AC-výroba výparníků, ET-výroba chladičích modulů, AM-montáž klimatizací a IM-vstříkovna plastů.

1) AC

Fraktál AC (air conditioning) je zaměřen na výrobu výparníků, které jsou součástí klimatizace. Celý proces začíná kazetováním, kdy jsou z hliníkového pásu vyrobeny lamely. Tyto lamely jsou postupně naskládány na sebe společně s plochými trubkami a vytvoří se tzv. kazeta. Následuje proces letování. Dále pak povrchová úprava zvaná behroxal, na kterou společnost získala patent. Posledním krokem při výrobě výparníků je zkouška těsnosti. Možností, jak tuto zkoušku provést existuje několik. Společnost využívá heliových zkoušek. Takto vyrobený a odzkoušený výparník dále putuje na fraktál AM, kde je namontován do klimatizace.

2) ET

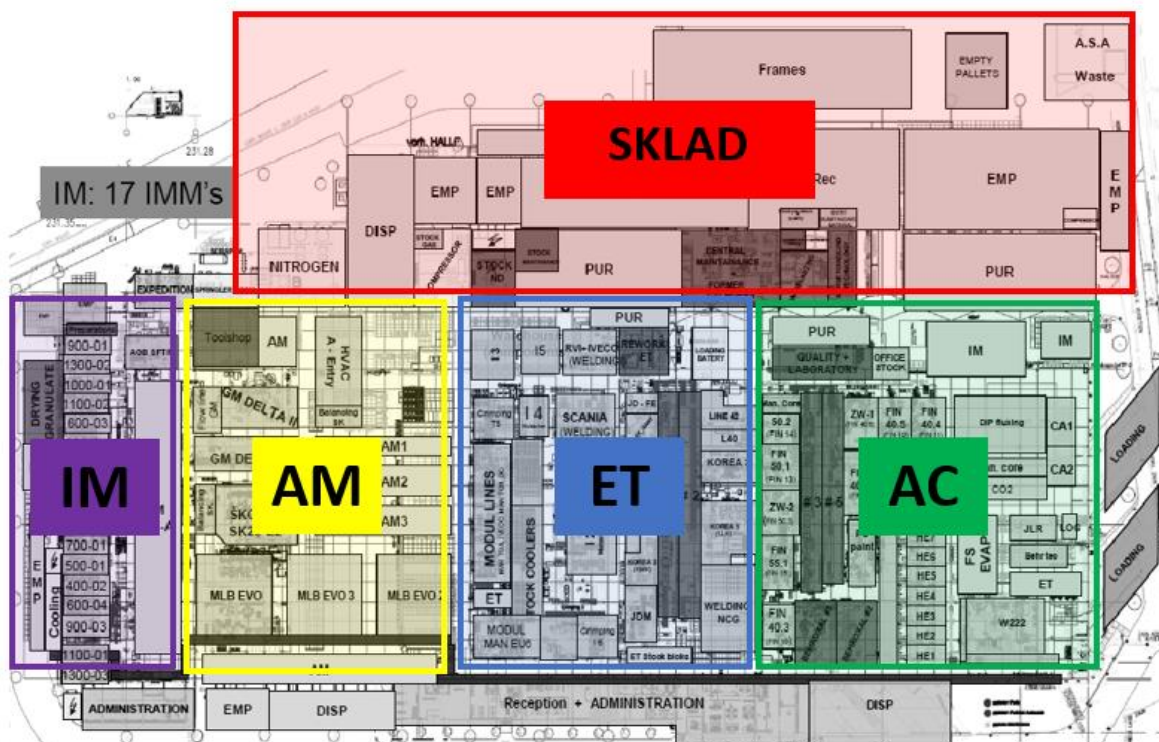
V rámci fraktálu ET (evaporator truck) probíhá výroba chladících modulů pro nákladní automobily. Celkový proces je velmi podobný výrobě výparníku, který je popsán v předchozí kapitole. V rámci diplomové práce se tímto fraktálem, jako jediným, nebudeme zabývat.

3) AM

Nejdůležitějším fraktálem je fraktál AM (assembly module), kde probíhá samotná montáž klimatizačních jednotek. Nachází se zde několik hlavních montážních linek a několik linek pro předmontáž. V rámci diplomové práce pro nás budou důležitá dvě pracoviště předmontáže a hlavní montážní linka pro vybraný výrobek.

4) IM

Fraktál IM (injection molding) disponuje sedmnácti vstřikovacími lisami a vyrábí se zde veškeré plastové díly vstupující do klimatizace. U výstupu z lisů se po celé jejich délce vyskytují tzv. flat storage, kde jsou díly uskladněny. Je zde dodržován princip FIFO. Z těchto flat storage jsou díly dále odebírány v rámci fraktálu AM.



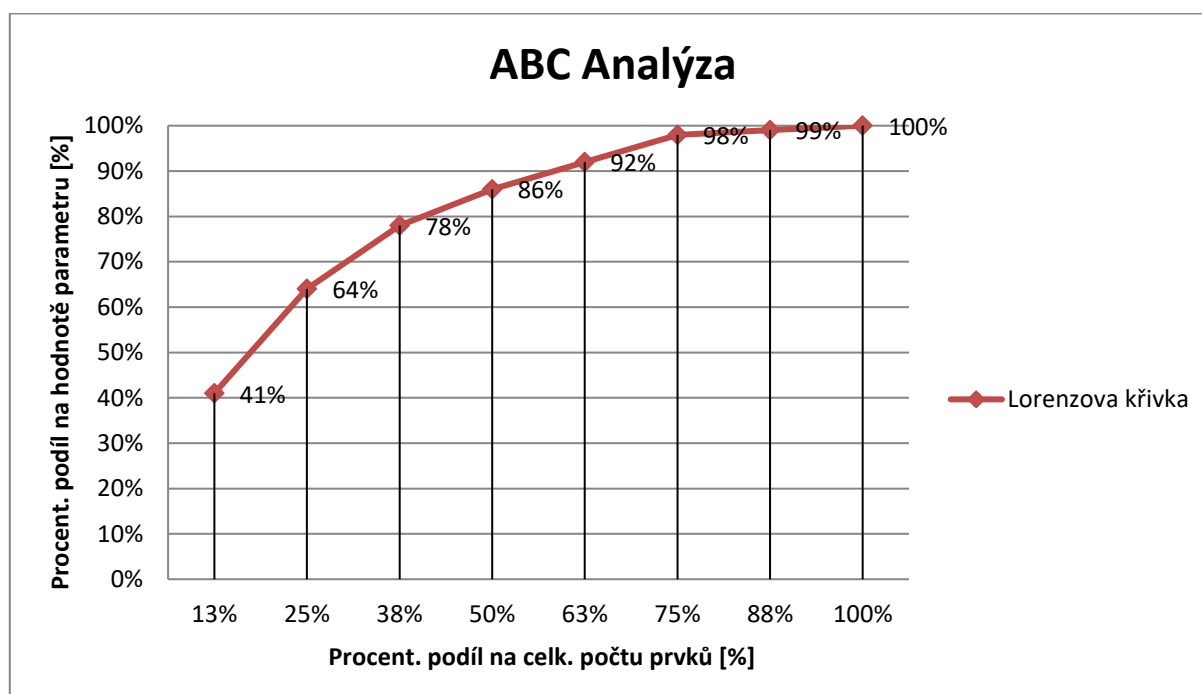
Obrázek 3-2 Schéma rozdělení výroby

3.2 Výběr výrobku

Pro zpracování diplomové práce mi byl od společnosti přidělen projekt Opel. Název projektu je D1XX a jedná se o klimatizační jednotku pro model Opel Astra. V rámci tohoto projektu se vyrábí 8 variant výrobku. Jednotlivé varianty znázorňuje Tabulka 4-1. V rámci diplomové práce se zaměřím pouze na 1 variantu, která bude vybrána pomocí ABC analýzy. Jako hodnotící parametr byl zvolen součin požadovaných objemů od zákazníka a nákladů na materiál. To znamená, že se dozvíme na výrobu, kterých variant výrobku má společnost největší náklady. Mělo by zde platit Paretovo pravidlo 80:20. V našem konkrétním případě vychází, že na 78 % nákladů má vliv pouze 37,5 % jednotlivých variant výrobku, viz Graf 4-1.

| Číslo výrobku | Popis | Požadovaný objem na 2019 [ks] | Náklady na materiál [Kč] | Součin objemů a nákladů | Procentuální zastoupení [%] | Kumulativně [%] |
|---------------|----------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------|
| KG084 | AC auto LH | 71160 | 412 | 29295978 | 41 % | 41 % |
| KG092 | AC auto PTC LH | 28968 | 559 | 16196580 | 23 % | 64 % |
| KG123 | AC man LH | 26424 | 377 | 9948908 | 14 % | 78 % |
| KG124 | AC man PTC LH | 11328 | 532 | 6021181 | 8 % | 86 % |
| KG128 | AC man RH | 11424 | 379 | 4330166 | 6 % | 92 % |
| KG105 | AC auto RH | 10488 | 415 | 4349324 | 6 % | 98 % |
| KG306 | AC man PTC RH | 1320 | 528 | 697069 | 1 % | 99 % |
| KG107 | AC auto PTC RH | 672 | 563 | 378214 | 1 % | 100 % |

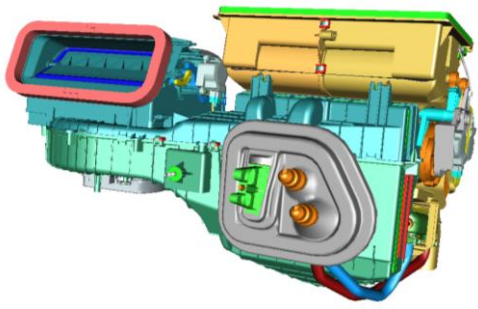
Tabulka 3-1 Přehled vstupních dat pro ABC analýzu



Graf 3-1 ABC Analýza

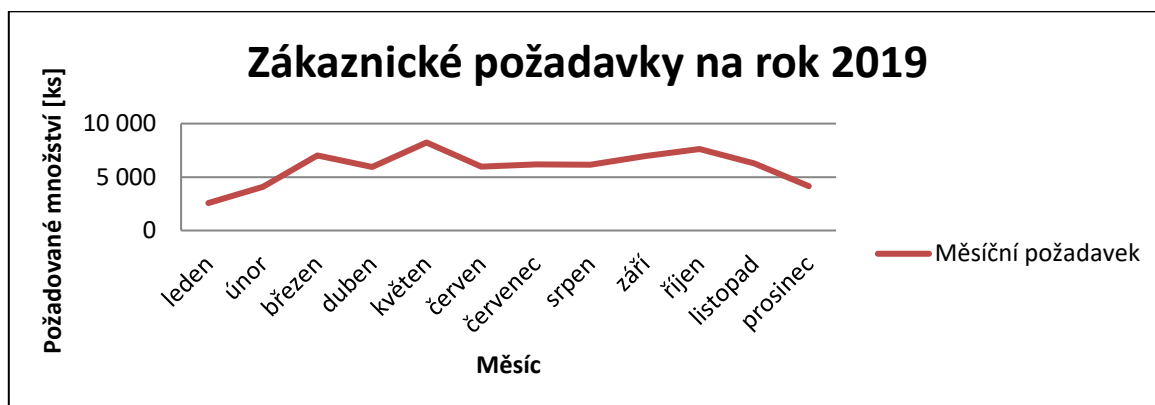
3.3 Představení výrobku

Pomocí ABC analýzy byla tedy vybrána jedna varianta výrobku. Jedná se o automatickou klimatizaci bez PTC pro levořazený automobil. Základní informace o vybraném výrobku společně s jeho 3D modelem znázorňuje Tabulka 4-2.

| | | |
|------------------------|------------|--|
| Číslo výrobku | KG084 004 |  |
| Popis výrobku | AC auto LH | |
| Roční požadavek | 71160 ks | |
| Denní požadavek | 339 ks | |
| Zákazník | Opel | |
| Název projektu | D1XX | |

Tabulka 3-2 Základní informace o vybraném výrobku

Klimatizace je dodávána německému zákazníkovi Opel. Konkrétně se pak jedná o klimatizaci pro model Opel Astra. Graf 4-2 znázorňuje zákaznické požadavky na rok 2019.



Graf 3-2 Zákaznické požadavky na rok 2019

Finální výrobek se vyrábí ze stovek různých dílů. Většinu těchto dílů si společnost vyrábí samostatně. V tabulce níže můžeme vidět kusovník vybraného výrobku, kde jsou vyfiltrovány pouze vstupující polotovary nejvyšší úrovně, viz Tabulka 4-3. Jednotlivé polotovary se samozřejmě skládají ze spousty dílů nižší úrovně. Pro tuto práci ovšem postačí takto hotové polotovary, které vstupují na hlavní linku, kde probíhá montáž finálního výrobku.

| Úroveň | Číslo dílu | Popis dílu | Množství | MJ | DruhPoř | Faktál |
|--------|------------|------------------------|----------|----|---------|--------|
| .1 | FM906005 | PRIVOD VZDUCHU UPL | 100 | KS | V | IM |
| .1 | KG087001 | VENTILATOR LE KPL | 100 | KS | V | AM |
| .1 | FU263002 | ROZDELOVAC VZDUCHU UPL | 100 | KS | V | IM |
| .1 | GP634003 | VYPARNIK UPL | 100 | KS | V | AC |
| .1 | KG089001 | PLAST VYPARNIKU UPL | 100 | KS | V | IM |
| .1 | FK209003 | TOPNE TELESO UPL | 100 | KS | N | AC |


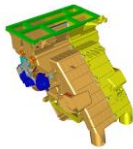


Tabulka 3-3 Kusovník pro KG084

4 Analýza současného stavu

Analýza současného stavu byla provedena ve výrobní hale společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. v rámci fraktálů AC, AM a IM. Bylo provedeno několik analýz pro jednotlivé vstupní polotovary a dále celková analýza výrobního procesu vybraného výrobku.

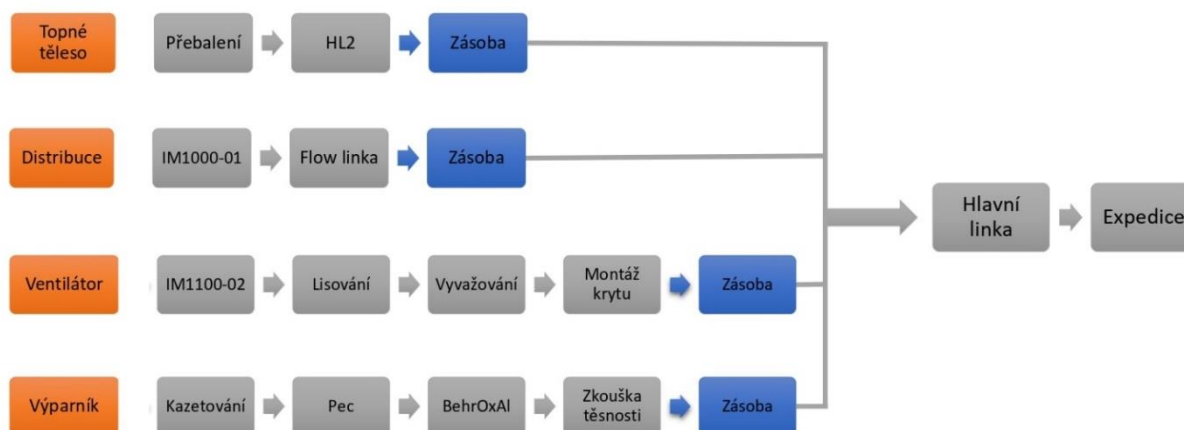
4.1 Výrobní proces vybraného výrobku

Jak již bylo zmíněno, vybraná klimatizace se skládá ze stovek dílů a zmapovat všechny tyto díly by bylo velmi komplikované a zbytečné. Pro mapování byly tedy vybrány 4 hlavní polotovary, jejichž přehled znázorňuje Tabulka 5-1. Jedná se o topné těleso, distribuční část klimatizace, ventilátor a výparník. Topné těleso patří jako jedno z mála, mezi nakupované díly. Zbylé tři polotovary si společnost vyrábí sama.

| Označení materiálu | Název materiálu | Druh materiálu | Druh pořízení | Počet vstupních komponent | Obrázek polotovaru |
|--------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------------------|---|
| FK209 | Topné těleso | polotovar | Nakupovaný | 8 |  |
| FU263 | Distribuce | polotovar | Vyrobený | 24 |  |
| KG087 | Ventilátor | polotovar | Vyrobený | 12 |  |
| GP634 | Výparník | polotovar | Vyrobený | 24 |  |

Tabulka 4-1 Přehled vstupních polotovarů

Zjednodušený přehled procesů pro jednotlivé polotovary, které dále vstupují na hlavní linku, popisuje Obrázek 5-1. Tento zjednodušený přehled znázorňuje veškeré procesy, které budou dále mapovány prostřednictvím metody VSM. Jednotlivé polotovary budou blíže popsány v následujících kapitolách.



Obrázek 4-1 Zjednodušený průběh výrobního procesu

4.1.1 Topné těleso

Jak již bylo zmíněno, topné těleso patří mezi nakupované díly. V mapě současného stavu tedy nebude zaznamenán výrobní proces topného tělesa, ale budou zaznamenány procesy, které nastávají po dodávce topných těles. Po dodání následuje přebalení do menších KLT boxů. Dále jsou tyto KLT boxy převezeny k pracovišti HL2, kde proběhne jejich montáž. Je vytvořena zásoba, která dále vstupuje na hlavní linku. Topné těleso znázorňuje Obrázek 5-2. Je velmi podobné výparníku, má ovšem jinou funkci.



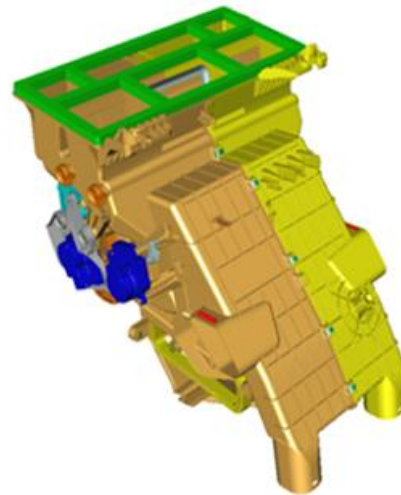
Obrázek 4-2 Topné těleso

4.1.2 Distribuční část

Distribuční část je část klimatizace, která je předmontována na samostatné lince. Je zde využit koncept tzv. flow linky, kde jednotliví pracovníci nemají své konkrétní stanoviště, ale mají každý svůj vozík, se kterým jedou dokola a postupně poskládají každý celou sestavu. Nachází se zde 10 pracovních stanic.

Linka se nachází v těsné blízkosti hlavní linky a zásoba těchto distribučních částí tedy není zbytečně převážena na dlouhé vzdálenosti.

Hlavním vstupujícím materiálem pro výrobu distribuční části je rozdělovač vzduchu (FR500). Jedná se o plastový díl, který si společnost vyrábí samostatně. Na mapě bude znázorněn dodavatel granulátu, který je vstupním materiálem pro výrobu plastových dílů. Flow linku a model distribuční části znázorňuje Obrázek 5-3.



Obrázek 4-3 Flow linka a distribuční část

4.1.3 Ventilátor

Ventilátor je dalším polotovarem, který je předmontován na samostatném pracovišti. Na tomto pracovišti se nachází dva pracovníci. První pracovník obsluhuje dvě pracovní stanice, a to lisování a montáž krytu. K montáži krytu využívá čas, kdy probíhá nalisování. Druhý pracovník obsluhuje vyvažovací stanici. Prvním procesem je nalisování motoru na ventilátor. Následuje vyvažování, kdy operátor postupně přidává malá závažíčka, dokud není ventilátor vyvážený. Po vyvážení je namontován plastový kryt a takto hotový polotovar dále putuje k hlavní lince. Zásoba hotových polotovarů je zavěšena na speciální stojany, které jsou interně nazývány „stromečky“. Na jeden stromček je vždy věšen pouze levý nebo pouze pravý typ ventilátoru. Tento stromček s hotovými polotovary znázorňuje Obrázek 5-4.



Obrázek 4-4 Stojan na ventilátory ("stromeček")

4.1.4 Výparník

Posledním polotovarem je výparník. Hlavním vstupujícím materiálem pro výrobu výparníků je hliníkový pás, ze kterého se vyrobí jednotlivé lamely. Tento pás znázorňuje Obrázek 5-5.



Obrázek 4-5 Hliníkový pás

Celý výrobní proces začíná tzv. kazetováním, kdy jsou vyrobeny lamely, které se společně s plochými trubkami skládají na sebe až je vytvořena tzv. kazeta. Takto vyrobená kazeta zatím drží pohromadě pouze za pomoci tzv. letovacího klipu. Kazety jsou dále naskládány do letovacího rámu po devíti kusech, viz Obrázek 5-6, a po dopravníku odjíždí do pece.



Obrázek 4-6 Výparníky v letovacím rámu

Procesní čas pece je 60 minut a do pece se shromažďují rámy s výparníky pro několik různých projektů. Po peci již výparníky drží pohromadě a jsou tedy sundány klipy. Výparníky jsou přeskládány do speciálních vozíků opět po 9 kusech a tento vozík je vložen do zařízení, kde proběhne povrchová úprava behroxal. Obrázek 5-7 znázorňuje tento speciální vozík. Obrázek je pouze ilustrativní pro lepší představu daného vozíku. Jedná se však o jiný projekt a na obrázku tedy nejsou výparníky pro vybraný výrobek.



Obrázek 4-7 Vozík na výměníky

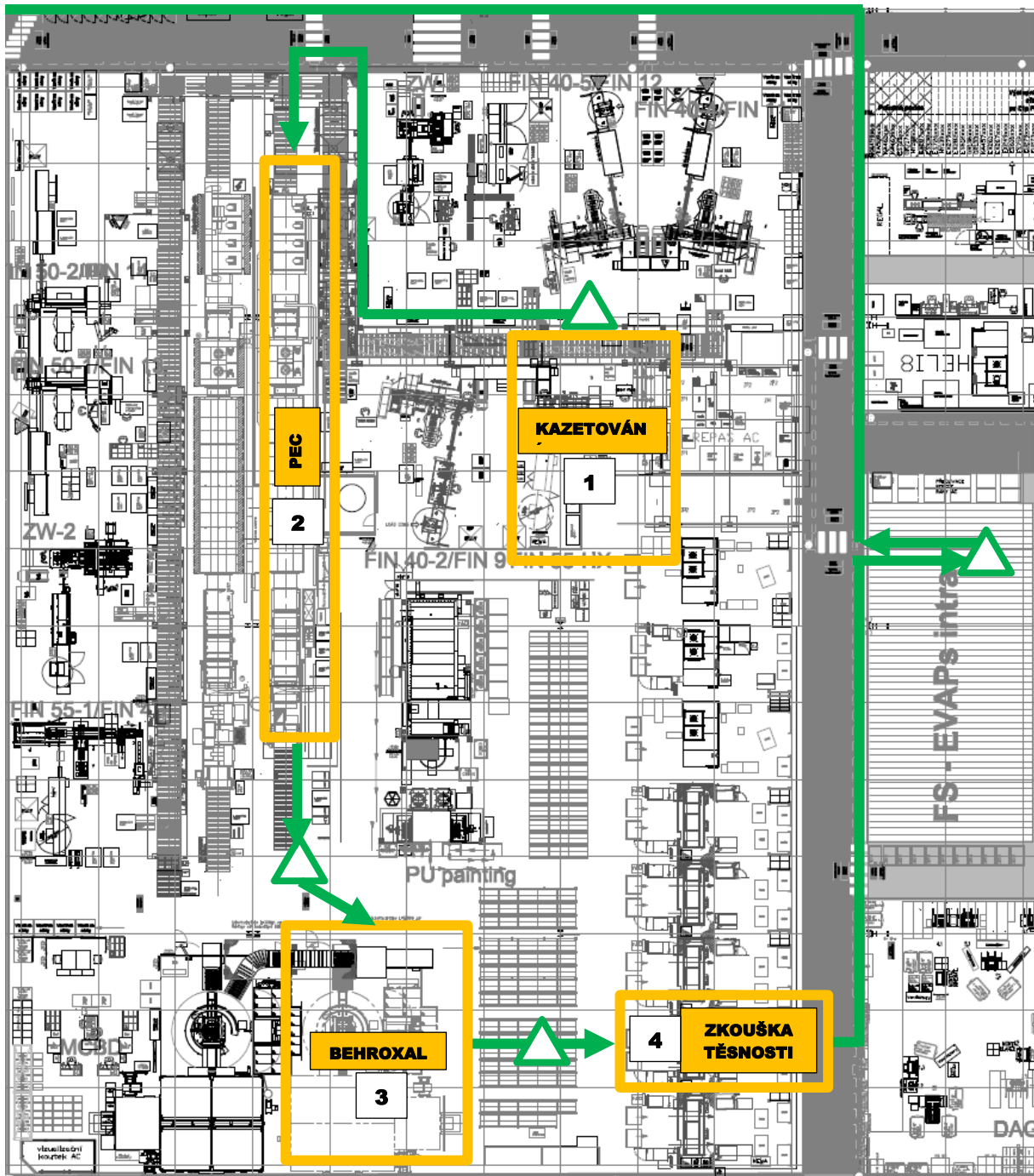
Posledním procesem výroby výměníku je zkouška těsnosti. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, společnost provádí heliovou zkoušku těsnosti. Po zkoušce jsou výměníky zabaleny a skladovány v tzv. flat storage, ze kterých jsou převáženy k hlavní lince. Zaskladněné výměníky znázorňuje Obrázek 5-8.



Obrázek 4-8 Zaskladněné výměníky

4.2 Schéma materiálového toku

Pro lepší pochopení celého procesu bylo v rámci analýzy současného stavu vytvořeno schéma materiálového toku a je uloženo v příloze 1. Pro větší přehlednost, jsou v dalších přílohách uloženy i jednotlivé části schéma polotovarů a také pro hlavní linku. Pro ukázkou je zde uvedena část schéma, viz Obrázek 5-9, která zachycuje pohyb materiálu v rámci fraktálu AC, tedy výroby výparníku.



Obrázek 4-9 Schéma materiálového toku-výparník

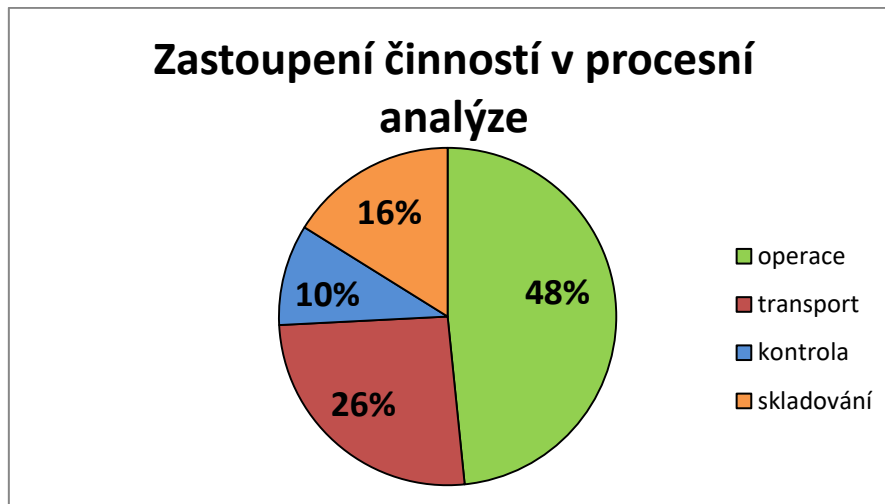
4.3 Procesní analýza

Pro výrobu jednotlivých polotovarů byly dále vytvořeny procesní analýzy. Tyto analýzy zobrazují hlavní činnosti, popisující celkový proces výroby jednotlivých polotovarů. Mezi tyto hlavní činnosti patří operace, transport, kontrola, skladování a čekání. U transportu jsou vždy uvedeny vzdálenosti, u operací a skladování je uvedena doba trvání a počet pracovníků. U každého polotovaru je vždy zobrazen celkový proces až po expedici. Ukázkou procesní analýzy pro výrobu výparníku znázorňuje Obrázek 5-10. Zbylé analýzy jsou uloženy v příloze 2.

| PROCESNÍ ANALÝZA VÝPARNÍKU | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|---------|-----------|----------|------------|--------|----------------|-----------------|------------------|
| č. | činnosti | operace | transport | kontrola | skladování | čekání | vzdálenost [m] | doba trvání [s] | počet pracovníků |
| 1 | Kazetování | ○ | | | | | | 20,8 | 2 |
| 2 | Transport materiálu po dopravníku | ○ → | | | | | 45 | | |
| 3 | Letování | ○ | | | | | | 3600 | 1 |
| 4 | Kontrola | ○ | | ◇ | | | | 5 | 1 |
| 5 | Transport materiálu na vozíku | ○ → | | | | | 5 | | |
| 6 | Behroxal | ○ | | | | | | 3000 | 0,5 |
| 7 | Kontrola | ○ | | ◇ | | | | 5 | |
| 8 | Balení | ○ | | | | | | 90 | 0,5 |
| 9 | Skladování | | | | ▽ | | | 61 344 | |
| 10 | Transport materiálu k pracovišti zkoušky těsnosti | ○ → | | | | | 12 | | |
| 11 | Zkouška těsnosti | ○ | | | | | | 25,8 | 1 |
| 12 | Balení | ○ | | | | | | 6 | 1 |
| 13 | Transport na skladovací pozici | ○ → | | | | | 35 | | |
| 14 | Skladování | | | | ▽ | | | 39 600 | |
| 15 | Transport na druhou skladovací pozici (blíže k hlavní lince) | ○ → | | | | | 245 | | |
| 16 | Skladování | | | | ▽ | | | 35 568 | |
| 17 | Transport k hlavní lince | ○ → | | | | | 30 | | |
| 18 | Montáž WS20 | ○ | | | | | | 50,7 | 1 |
| 19 | WS30 | ○ | | | | | | 57,1 | 1 |
| 20 | WS40 | ○ | | | | | | 48,5 | 1 |
| 21 | WS50 | ○ | | | | | | 54,6 | 1 |
| 22 | WS60 | ○ | | | | | | 43,9 | 1 |
| 23 | WS70 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 24 | WS80 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 25 | WS90 | ○ | | | | | | 48,8 | 1 |
| 26 | Konečná kontrola | ○ | | ◇ | | | | 40,66 | 0,5 |
| 27 | Balení | ○ | | | | | | 23 | 0,5 |
| 28 | Transport na sklad | ○ → | | | | | 160 | | |
| 29 | Skladování | | | | ▽ | | | 28 000 | |
| 30 | Transport na druhý sklad | ○ → | | | | | 950 | | |
| 31 | Skladování | | | | ▽ | | | 94 688 | |
| SUMA | Četnost činností | 15 | 8 | 3 | 5 | 0 | | | |
| | Vzdálenosti [m] | | | | | | 1482 | | |
| | Časů [hod] | | | | | | | 73,9 | |
| | Pracovníků | | | | | | | | 16 |

Obrázek 4-10 Procesní analýza výparníku

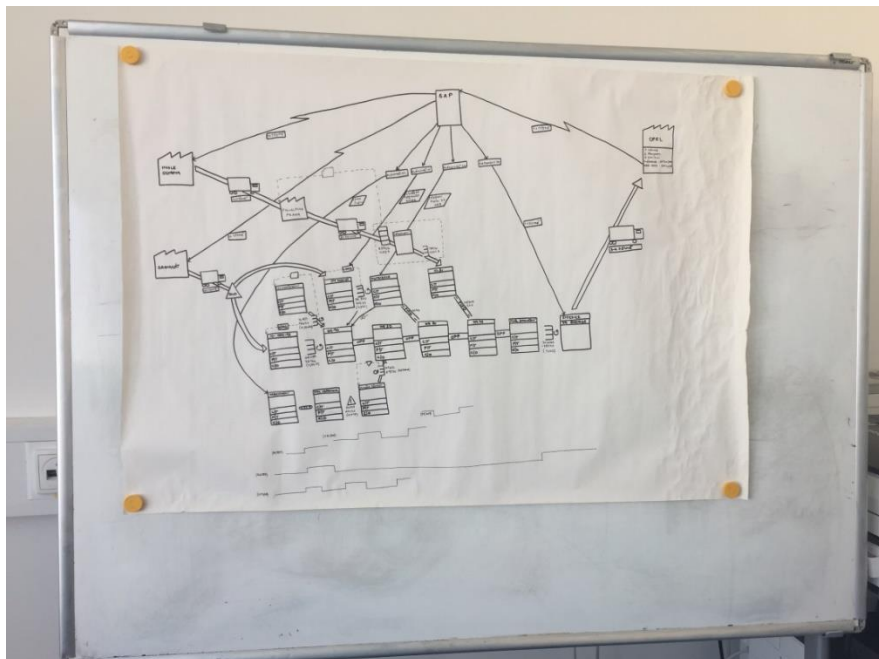
Procentuální zastoupení jednotlivých činností z procesní analýzy znázorňuje Graf 5-1. V celkovém výrobním procesu je tedy produktivní čas 48 %. Zbylé časy jsou časy neproduktivní, a největší zastoupení z nich, má transport. Ten činí 26 % a výrobek při něm urazí celkem vzdálenost 1482 metrů. Co se týká skladování, celková doba činí 73,9 hodin. Na celém procesu se podílí 16 pracovníků.



Graf 4-1 Zastoupení činností v procesní analýze

4.4 Mapa současného stavu

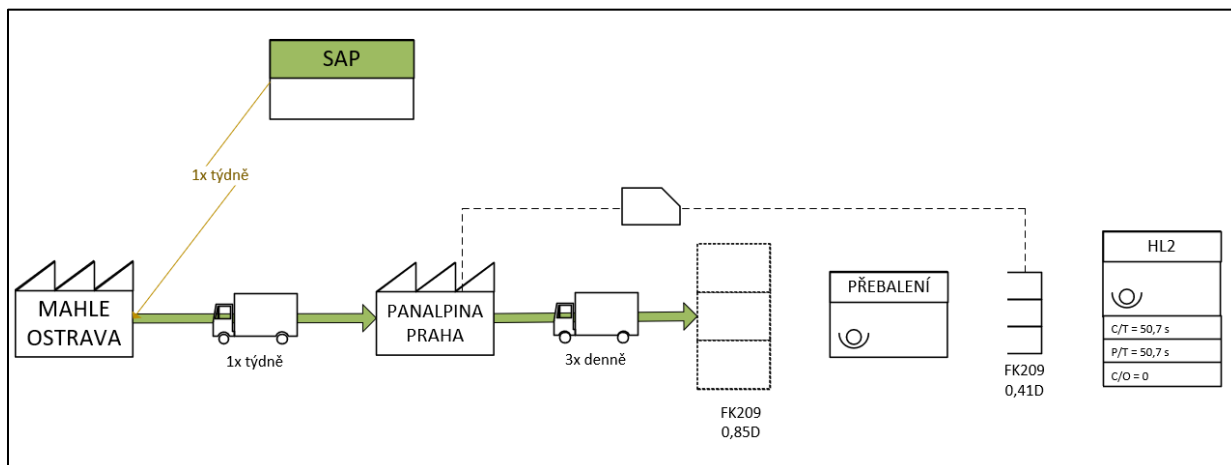
Hlavním cílem této práce bylo využití metody VSM. Pro mapování byl využit papír formátu A0 a obyčejná tužka. Byla vytvořena jedna celková mapa současného stavu, která byla dále přepracována v SW MS Visio pro větší přehlednost a je znázorněna v příloze č. 3-I. Ukázkou z tvorby první ručně nakreslené mapy současného stavu znázorňuje Obrázek 5-11. Tato mapa byla později lehce poupravena.



Obrázek 4-11 Ukázka ručně kreslené mapy současného stavu

Informační toky

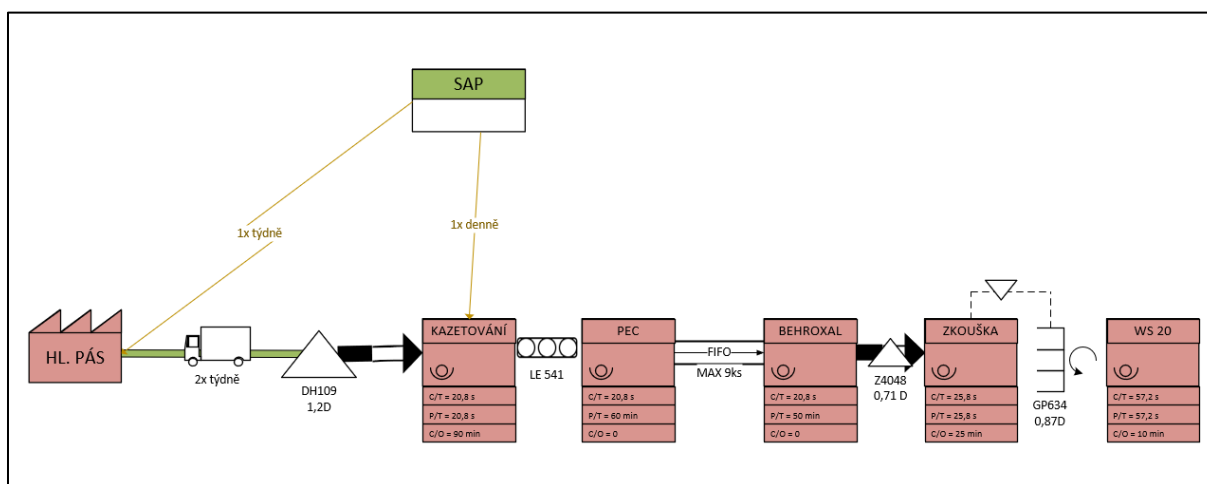
Co se týká informačního toku, společnost využívá informační systém SAP, do kterého je jednou týdně zadána objednávka od zákazníka. Na základě této objednávky jsou jednou týdně objednána topná tělesa od Mahle Behr v Ostravě. Tato topná tělesa jsou jednou týdně převážena do skladu Panalpina v Praze, ze kterého jsou na základě kanbanu 3 x denně zaváženy do závodu v Mnichovo Hradišti. Plánování topných těles lze vidět na výstřižku z celkové mapy současného stavu, viz Obrázek 5-12.



Obrázek 4-12 Plánování – topná tělesa

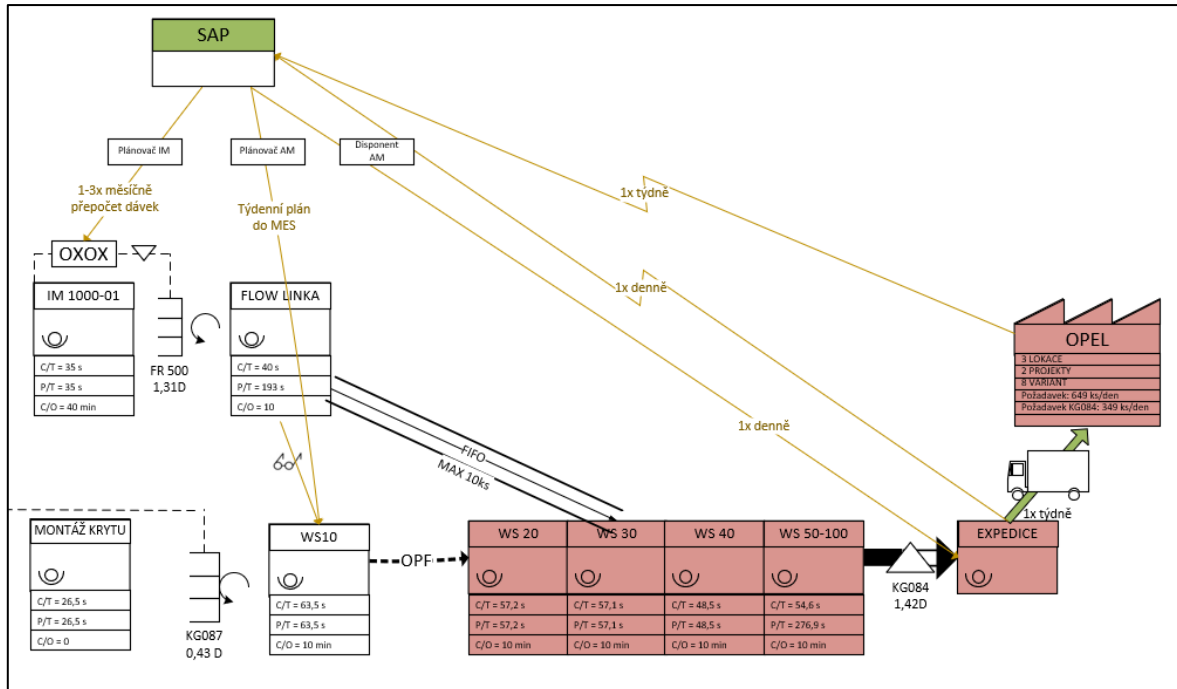
Disponent fraktálu AM vytváří denní plán pro expedici hotových výrobků zákazníkovi. Výroba je pak plánovaná jednotlivými plánovači pro konkrétní fraktál.

Obrázek 5-13 znázorňuje plánování výroby výparníků. Plánovač za fraktál AC vytvoří denní plán pro kazetování. Z kazetování vždy odjíždí vytvořené polotovary po dopravníku do pece, ze které pokračují ihned na behroxal. Po behroxalu je vytvořena zásoba, která je tlačena na pracoviště zkoušky těsnosti. Pracoviště zkoušky těsnosti je řízeno signálním kanbanem, kdy signál přichází z hlavní linky.



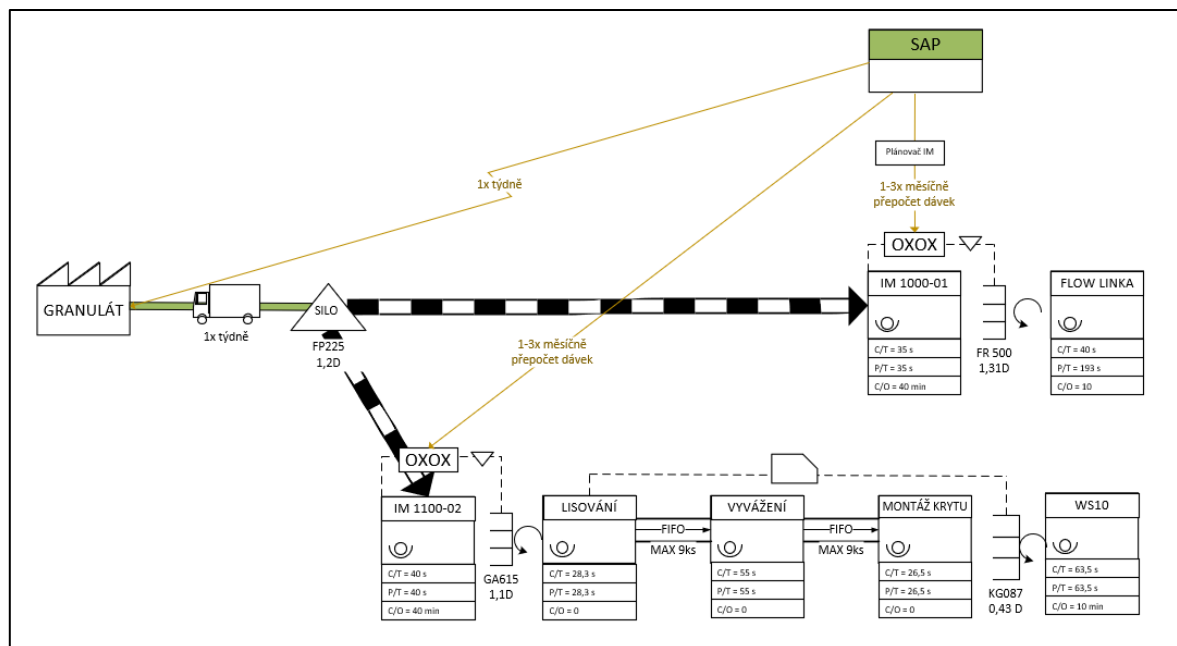
Obrázek 4-13 Plánování – výparníky

Plánování hlavní linky znázorňuje Obrázek 5-14. Plánovač za fraktál AM zadá týdenní plán do systému MES. Mezi jednotlivými stanicemi na hlavní lince nevznikají žádné zásoby, jelikož je zde využít tok jednoho kusu. Poté ovšem vznikají zásoby hotových výrobků, které jsou odvezeny na sklad, kde je expedice plánována již zmíněným disponentem AM.



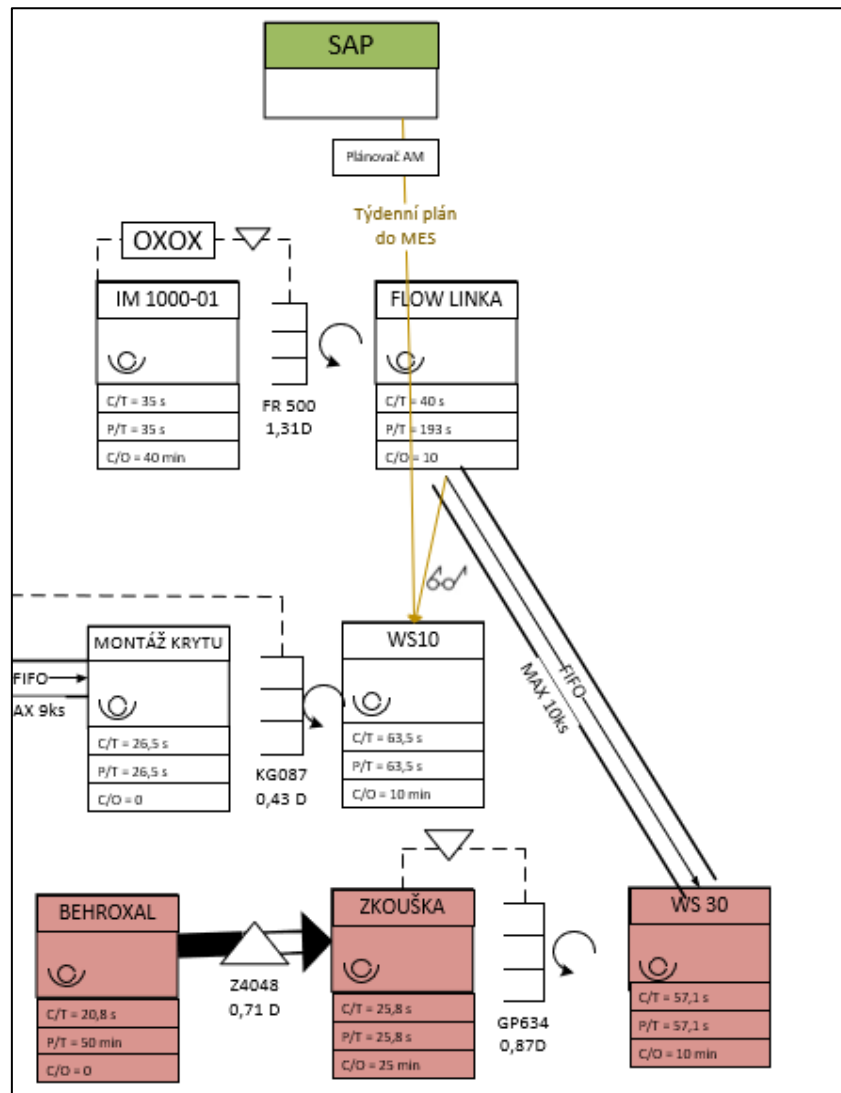
Obrázek 4-14 Plánování – hlavní linka

Plánování v rámci fraktálu IM popisuje Obrázek 5-15. Granulát je zavážen paušálně jednou týdně a je doplněn do jednotlivých sil podle druhu. Dále je pak výroba na jednotlivých vstřikovacích lisech, řízena signálním kanbanem a probíhá v dávkách. Jednou až třikrát měsíčně probíhá přepočít těchto dávek.



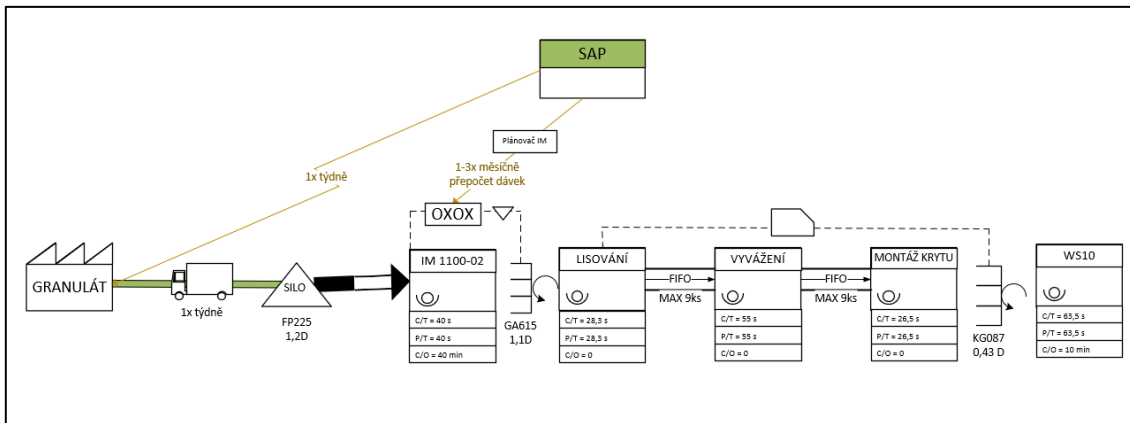
Obrázek 4-15 Plánování – IM

V rámci flow linky je vyráběno několik variant distribučních částí a výroba se řídí dle hlavní linky, kdy směnový mistr chodí kontrolovat, jaká varianta se na hlavní lince právě vyrábí, což znázorňuje symbol brýlí, viz Obrázek 5-16.



Obrázek 4-16 Plánování – flow linka

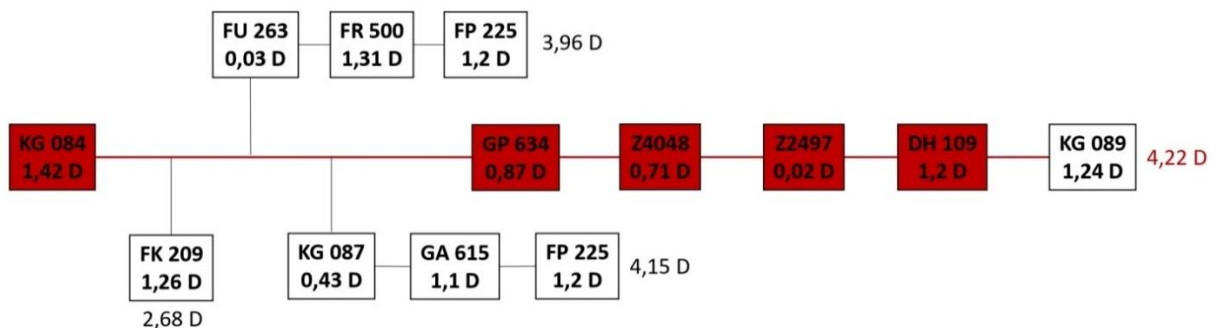
Poslední částí je lisování a vyvažování ventilátoru. Výroba na tomto pracovišti je řízena kanbanem dle hlavní linky, viz Obrázek 5-17. Varianty ventilátoru jsou pouze dvě, a to levá a pravá. Mezi jednotlivými procesy v rámci výroby ventilátoru jsou zásoby řízeny FIFEM, kde maximální množství rozpracovanosti je zde 9 ks.



Obrázek 4-17 Plánování – ventilátor

4.5 Výpočet průběžné doby výroby

Průběžná doba výroby je celkový čas, za který výrobek projde celým procesem výroby. Jsou zde zahrnuty i časy na přípravu výroby. Je to v podstatě ukazatel, který charakterizuje celkový tok materiálu, především všechny doby uskladnění. Celková průběžná doba se odvíjí zejména od propojení jednotlivých procesů, nezáleží tedy tolik na procesech samotných. Ideálním stavem je tok jednoho kusu, kde nevznikají mezi jednotlivými procesy žádné zásoby. Pro výpočet průběžné doby výroby, bylo potřeba nejprve zjistit kritickou cestu. Obrázek 5-18 tedy popisuje celý proces od konce. Postupně je rozdělen do několika větví podle mapovaných polotovarů. Pro každou větev byly sečteny zásoby a jako kritická cesta vyšla větev výroby výparníku.



Obrázek 4-18 Kritická cesta

Celková průběžná doba bude tedy součtem zásob na kritické cestě a veškerých procesních časů. Tento výpočet nám odhalí nejdelší možný čas výrobního procesu.

$$LT = 4,22 + \sum PT$$

$$LT = 4,22 \text{ dne} + 0,08 \text{ dne} (7\,578,3 \text{ s}) = 4,3 \text{ dne}$$

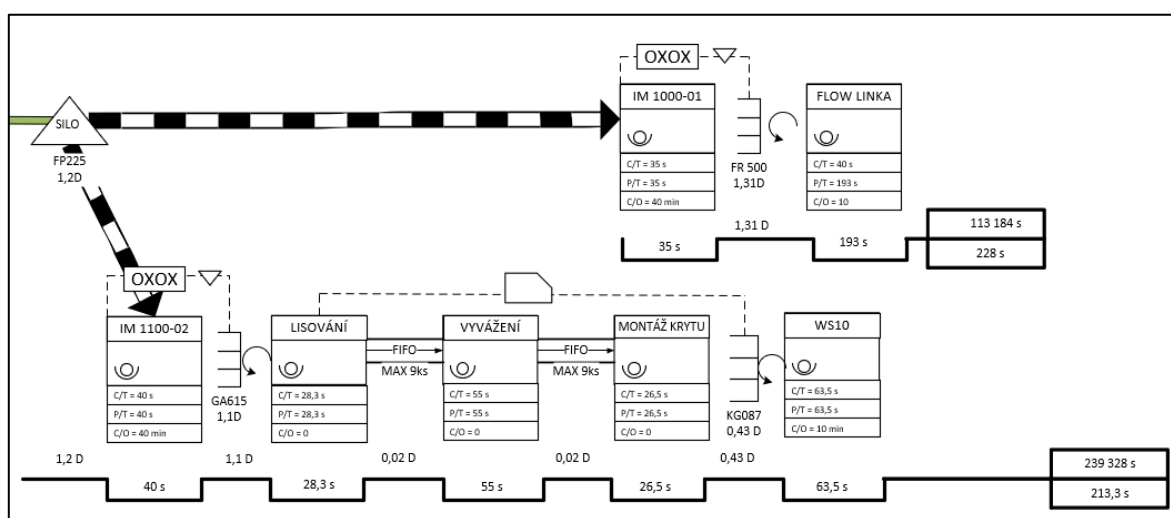
LT Průběžná doba výroby (Lead Time)

4.6 Výpočet VA indexu

Na základně vytvořené mapy současného stavu byly identifikovány produktivní časy a neproduktivní časy, které jsou vázány v zásobách. Důležitou hodnotou při mapování je index přidávané hodnoty neboli VA index, který se vypočte podělením produktivních a neproduktivních časů.

$$VA = \frac{\sum \text{produktivní čas}}{\sum \text{neproduktivní čas}} \times 100 [\%]$$

Z důvodu paralelně probíhajících procesů, budou vypočteny VA indexy pro jednotlivé polotovary a pro hlavní cestu zvlášť. Pro ukázkou je zde vypočítán VA index pro ventilátor. Jednotlivé časy jsou znázorněny na časové ose na mapě, viz Obrázek 4-19. Stejným způsobem byly vypočteny i zbylé indexy a jejich přehled znázorňuje Tabulka 5-2.



Obrázek 4-19 Časová osa-ventilátor (současný stav)

$$VA_{\text{ventilátor}} = \frac{40 + 28,3 + 55 + 26,5 + 63,5 [s]}{1,2 + 1,1 + 0,02 + 0,02 + 0,43 [dny]} \times 100\%$$

$$VA_{\text{ventilátor}} = \frac{213,3 [s]}{239\,328 [s]} \times 100\%$$

$$VA_{\text{ventilátor}} = 0,08 \%$$

| Název materiálu | Označení materiálu | Celkový produktivní čas [s] | Celkový neproduktivní čas [s] | VA index |
|------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------|
| Ventilátor | KG087 | 213,3 | 239 328 | 0,08 % |
| Distribuce | FU263 | 228 | 114 912 | 0,19 % |
| Topné těleso | FK209 | 50,7 | 108 864 | 0,04% |
| Výparník + linka | GP634 | 7 077,3 | 362 016 | 1,9 % |

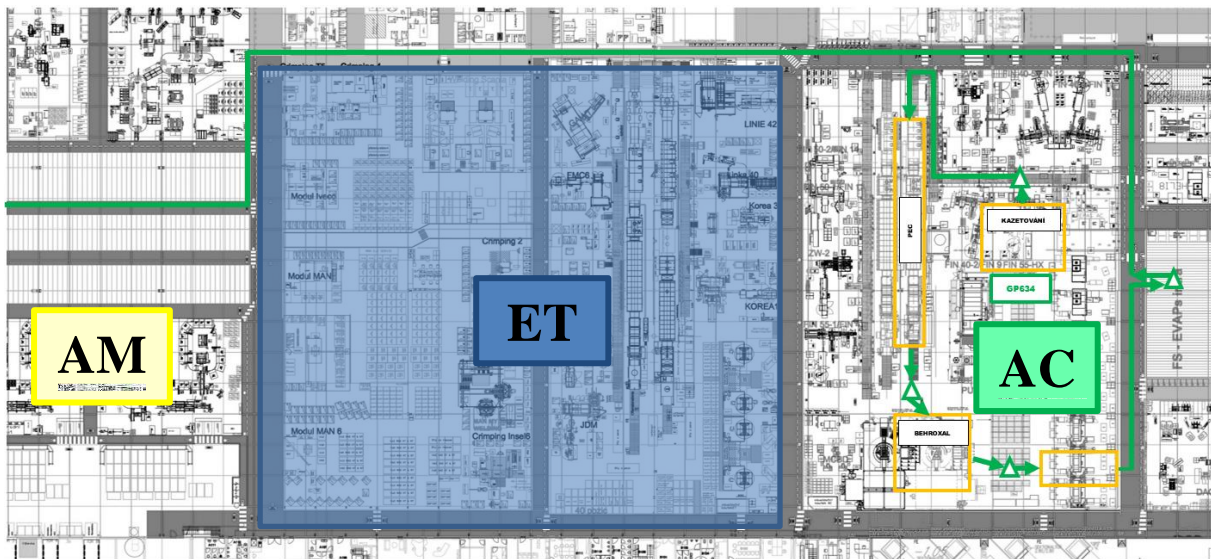
Tabulka 4-2 Přehled VA indexů-současný stav

5 Identifikace nedostatků

Díky analýze současného stavu bylo možné identifikovat jednotlivé nedostatky ve výrobním procesu. Bylo jich identifikováno několik a postupně budou popsány.

1) Vzdálenost fraktálu AC

Jako první bylo při analýze současného stavu vytvořeno schéma materiálového toku, které znázorňuje celkový tok materiálu po výrobě. Jak již bylo zmíněno, celkové schéma je uloženo v příloze č. 1. Již na první pohled je jasné, že celkové rozložení jednotlivých fraktálů není vhodné. Z důvodu fraktálu ET, který je umístěn mezi fraktálem AC a AM, je vzdálenost, na kterou jsou převáženy výparníky z AC na AM obrovská, viz Obrázek 6-1. Celková vzdálenost pro transport z flat storage na AC do flat storage na AM, byla určena v rámci procesní analýzy a činí 245 metrů.



Obrázek 5-1 Schéma toku materiálu – úzké místo (současný stav)

2) Vysoké zásoby

Z procesních analýz dále vyplývá, že celkový čas na skladování je velmi vysoký. V průměru činí okolo 60 hodin, tedy 2,5 dne.

3) Přebalování topných těles

Obrázek 5-12 v předchozí kapitole 5 zachycuje proces přebalení topných těles. Po přijetí materiálu z Panalpiny Praha je část topných těles přebalena do menších KLT boxů a doplněna do supermarketu k pracovišti HL2. Zbylá část je zaskladněna v původním obalu. Ve chvíli, kdy je potřeba doplnit supermarket u HL2, jsou opět topná tělesa přebalena a doplněna. Tento proces přebalení je pouze proces navíc a měl být odstraněn.

4) Plánování hlavní linky

Využití tlakového principu mezi hlavní linkou a expedicí není žádoucí. Plánování zde probíhá zbytečně dvojím způsobem, kdy disponent AM denně plánuje expedici hotových výrobků, ale na plánování výroby na hlavní lince to nemá žádný vliv. Výroba je zde plánovaná na týden dopředu plánovačem AM.

5) Plánování flow linky

Plán pro flow linku není nijak řízen a probíhá pouze na základě rozhodnutí směnového mistra. Ten se vždy podívá, která varianta klimatizace se zrovna vyrábí na hlavní lince a podle toho určí, která varianta distribuce se bude vyrábět na flow lince. Takový způsob plánování je nežádoucí.

6 Návrh budoucího stavu

Při využití metody VSM v podniku je vždy součástí projektu i vytvoření mapy budoucího stavu. V rámci diplomové práce se bude jednat pouze o návrh. Celkový návrh bude předán společnosti, ale zda proběhne jeho implementace či nikoli, už nebude součástí této práce. Při návrhu budoucího stavu bude nejprve vytvořena mapa budoucího stavu, do které budou poté zakreslena veškerá opatření, která budou pro implementaci nového stavu zapotřebí.

6.1 VSD

Design mapy budoucího stavu začínal stejně jako u mapy současného stavu od konce, tedy od zákazníka. Postupně byly zakreslovány jednotlivé procesy vždy do doby, než se narazilo na nějaké zásoby. Při návrhu budoucího stavu je cílem zavést tahový způsob výroby. Ideálním propojením jednotlivých procesů je tok jednoho kusu, při kterém jsou zásoby nulové. Bohužel ne vždy je možné tok jednoho kusu implementovat. Důvodem mohou být rozdílné cyklové časy mezi procesy, rozdílné časy na přetypování apod. V případě, že tedy nelze zavést tok jednoho toku, se nabízí možnost využití tzv. FIFO pruhu. V takovém případě je potřeba nastavit maximální hodnotu zásoby mezi procesy, která zajistí, že nebude vyrobeno více kusů, než je povoleno. Ve chvíli, kdy je dosaženo maximální hodnoty, je výroba ukončena. Posledním způsobem, jak dosáhnout tahového způsobu výroby je zavedení tzv. supermarketu. Supermarket je v podstatě několik FIFO pruhů dohromady a zavádí se v případě, že se vyrábí více než jedna varianta výrobku, a tudíž by nebylo možné využít jeden FIFO pruh. Cílem je vždy snížení rozpracované výroby.

1. Takt zákazníka

Jak již bylo řečeno, kreslení mapy budoucího stavu začínalo zakreslením zákazníka. Výchozím parametrem pro veškeré výpočty je takt zákazníka, který byl spočítán na základě těchto hodnot:

1) Dostupný čas: 2 směny po 7,5 hod → 54 000 s

Provoz je tří směnný, ale pro vybraný projekt jsou využity pouze dvě směny. Třetí směna je využita pro druhý projekt, který se zde vyrábí.

2) Požadavek zákazníka: 649 ks/den.

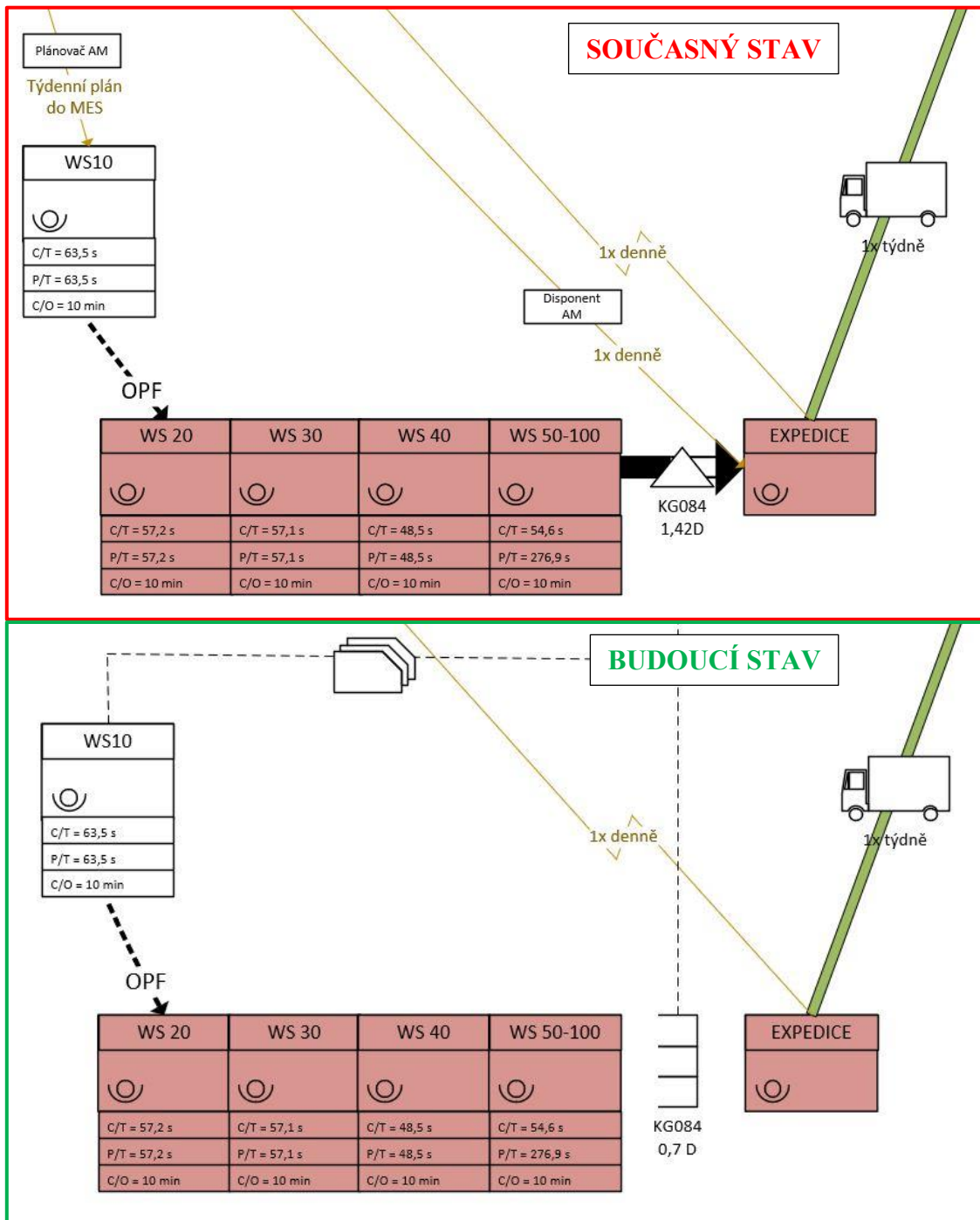
$$TZ = \frac{54\,000}{649} = 83\text{ s}$$

Takt zákazníka udává průměrný čas potřebný na vyrobení jednotky, aby byl naplněn požadavek zákazníka. Jednotlivé cyklus časy na výrobní lince musí být tedy maximálně stejně velké jako takt zákazníka, aby výroba byla schopna naplnit zákaznické požadavky.

2. Návrh budoucího stavu

Hned po zakreslení prvního procesu, expedice, se objevily první zásoby. Jedná se o zásoby hotových výrobků, které se nacházejí ve skladu hotových výrobků a čekají na expedici. V přechodných kapitolách již bylo vysvětleno, jak zde probíhá plánování.

Aplikace toku jednoho kusu zde není možná. Na hlavní lince se vyrábí 8 variant, a proto bude nejvhodnější volbou zavedení supermarketu. Na základně tohoto supermarketu bude pomocí dávkového kanbanu řízena výroba na hlavní lince. Tím pádem zde odpadá nutnost plánovače AM. Rozdíl mezi současným a budoucím stavu zobrazuje Obrázek 7-1.



Obrázek 6-1 VSD-část1

Rozdíl mezi taktem zákazníka a cyklus časem nejbližšího procesu k zákazníkovi, je 28,4 s. Z této hodnoty byl vypočítán počet možných přestaveb za den.

$$N_{C/O} = \frac{(28,4 * 649)/60}{10} = 30 \text{ přestaveb/den}$$

$$EPEI = \frac{8 \text{ variant}}{30 \text{ přestaveb}} \cong \frac{1}{3} \text{ dne}$$

$$BATCH = \text{požadavek na KG084} * EPEI$$

$$BATCH = 339 * \frac{1}{3} = 113 \text{ ks}$$

$$\text{Zásoba} = \frac{2 * BATCH}{339} + 10 \% \cong 0,7 \text{ dne}$$

$N_{C/O}$ Počet přestaveb za den
 $EPEI$ Every part every interval
 $BATCH$ Velikost dávky

Zásoba v nově vytvořeném supermarketu by tedy měla být 0,7 dne a velikost dávky 113 ks. Stejným způsobem se postupovalo u výpočtu všech zásob v mapě budoucího stavu a celá mapa je uložena v příloze č. 3-II.

6.2 Výpočet průběžné doby výroby

Stejně jako u současného stavu byla vypočítána průběžná doba výroby pro budoucí stav. Zásoby na kritické cestě nyní činí 2,4 dne místo původních 4,22 dnů. Součtem zásob a procesních časů získáme tedy novou průběžnou dobu. Porovnání mezi současným a budoucím stavem znázorňuje Tabulka 7-1.

$$LT = 2,4 \text{ dne} + 0,08 \text{ dne} (7\ 578,3 \text{ s}) = 2,48 \text{ dne}$$

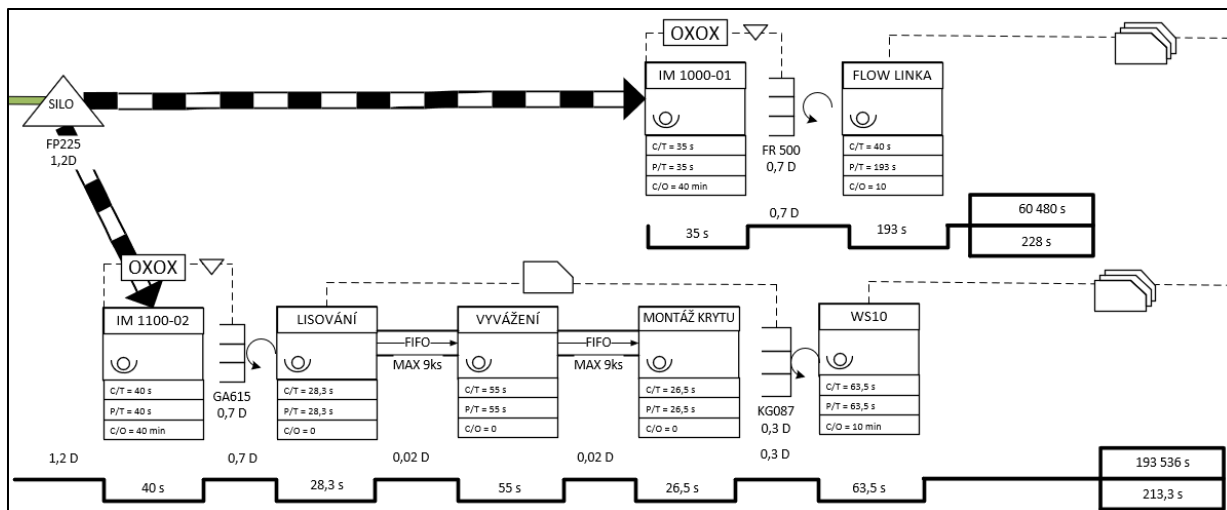
LT Průběžná doba výroby (Lead Time)

| | Současný stav | Budoucí stav |
|----|---------------|--------------|
| LT | 4,3 dne | 2,48 dne |

Tabulka 6-1 Porovnání průběžné doby výroby

6.3 Výpočet VA indexu

Výpočet VA indexu proběhl stejným způsobem jako u současného stavu. Pro ukázkou je tedy opět uveden výpočet VA indexu pro ventilátor. Obrázek 7-2 znázorňuje časovou osu pro ventilátor. Zbylé indexy znázorňuje Tabulka 7-2. Porovnání současného a budoucího stavu pak znázorňuje Tabulka 7-3.



Obrázek 6-2 Časová osa – ventilátor (budoucí stav)

$$VA_{\text{ventilátor}} = \frac{40 + 28,3 + 55 + 26,5 + 63,5 \text{ [s]}}{1,2 + 0,7 + 0,02 + 0,02 + 0,3 \text{ [dny]}} \times 100\%$$

$$VA_{\text{ventilátor}} = \frac{213,3 \text{ [s]}}{193\,536 \text{ [s]}} \times 100\%$$

$$VA_{\text{ventilátor}} = 0,11 \%$$

| Název materiálu | Označení materiálu | Celkový produktivní čas [s] | Celkový neproduktivní čas [s] | VA index |
|------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------|
| Ventilátor | KG087 | 213,3 | 193 536 | 0,11 % |
| Distribuce | FU263 | 228 | 60 480 | 0,37 % |
| Topné těleso | FK209 | 50,7 | 60 480 | 0,08% |
| Výparník + linka | GP634 | 7 072,3 | 209 088 | 3,38 % |

Tabulka 6-2 Přehled VA indexů-budoucí stav

| Název materiálu | Označení materiálu | VA index | |
|------------------|--------------------|---------------|--------------|
| | | současný stav | budoucí stav |
| Ventilátor | KG087 | 0,08 % | 0,11 % |
| Distribuce | FU263 | 0,19 % | 0,37 % |
| Topné těleso | FK209 | 0,04 % | 0,08 % |
| Výparník + linka | GP634 | 1,9 % | 3,38 % |

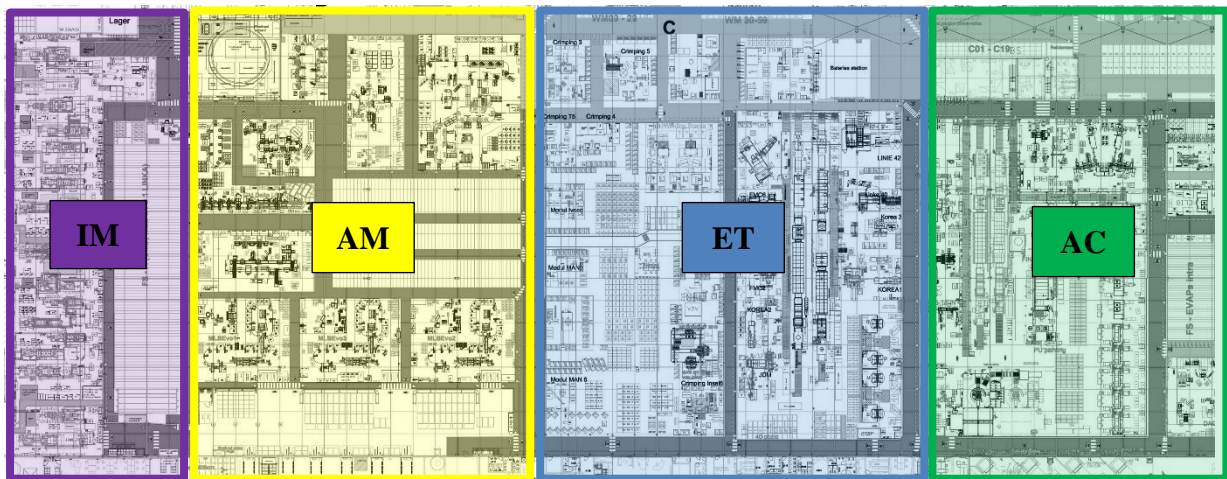
Tabulka 6-3 Porovnání VA indexů

6.4 Navržená opatření

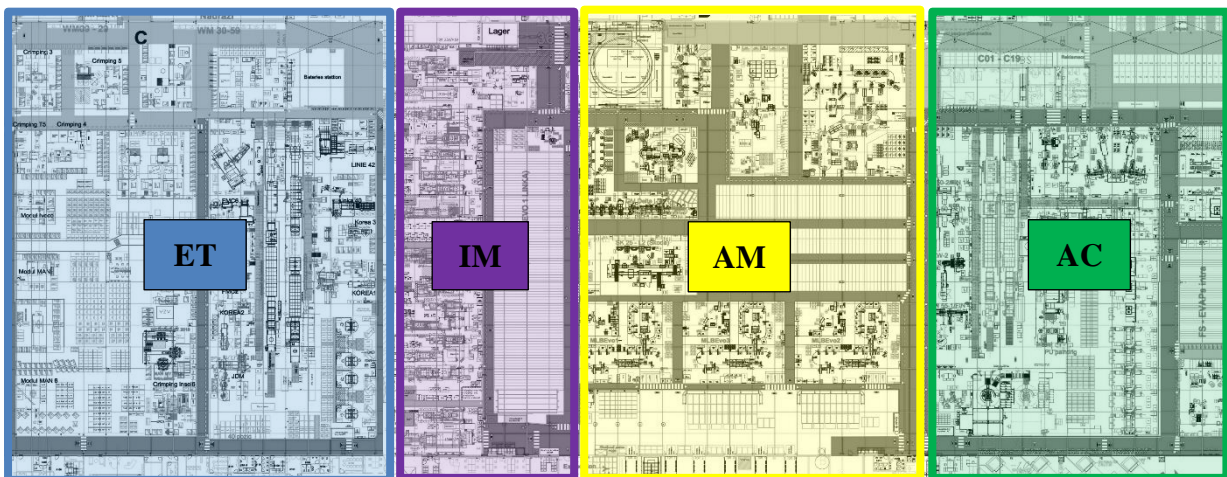
Na základě analýzy současného stavu bylo identifikováno 5 hlavních nedostatků. Pro všechny identifikované nedostatky jsou navržena jednotlivá opatření. Kromě prvního navrženého opatření, kterým je přeuspořádání fraktálů, jsou zbylá opatření zanesena v mapě, která je k nalezení v příloze č. 3-III.

1) Nové uspořádání fraktálů

Prvním z identifikovaných nedostatků byla dlouhá vzdálenost mezi fraktálem AC, kde probíhá výroba výparníků a fraktálem AM, kde probíhá montáž klimatizací. Mezi těmito fraktály se nachází fraktál ET, který je naprosto samostatný a vyrábí se zde chladicí moduly pro nákladní automobily. S výrobou klimatizací nemá tento fraktál nic společného. Vstupují do něho pouze plastové díly z fraktálu IM. Do fraktálu AM pak vstupují taktéž plastové díly z fraktálu IM a dále výparníky z fraktálu AC. Aktuální uspořádání fraktálů znázorňuje Obrázek 7-3. Dávalo by tedy větší smysl uspořádat fraktály trochu jinak. Navržené uspořádání znázorňuje Obrázek 7-4.

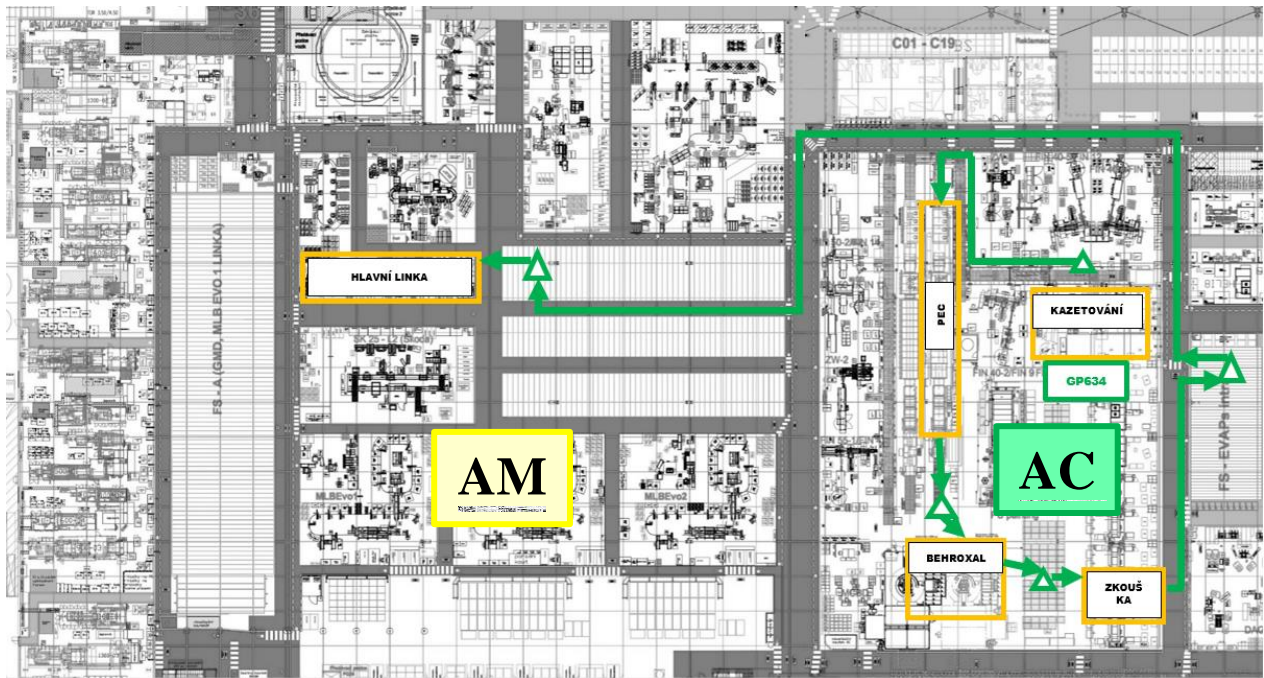


Obrázek 6-3 Současné uspořádání fraktálů



Obrázek 6-4 Navržené uspořádání fraktálů

Úzkým místem je zde tedy velká vzdálenost fraktálu AC od AM, což znázorňuje Obrázek 5-1 v kapitole 6. Celková vzdálenost pro transport výparníku z flat storage na AC do flat storage na AM činí 245 m. Nový materiálový tok pro výparník znázorňuje Obrázek 6-5 a zmíněná vzdálenost by byla zkrácena na 150 m.



Obrázek 6-5 Schéma toku materiálu – výparník (budoucí stav)

Implementace tohoto návrhu by byla jistě velmi finančně náročná a ani nedokážu říci, zda by byla reálná. Nicméně jsem tento návrh určitě chtěla zmínit a je na společnosti, zda se tímto návrhem bude zabývat dále či nikoli.

2) Zkrácení doby pro přetypování a zkrácení cyklového času

Jak v rámci procesních analýz, tak na základě mapy současného stavu, byly identifikovány velké zásoby mezi jednotlivými procesy. Řešení tohoto problému proběhlo v rámci návrhu mapy budoucího stavu, kde byly zásoby mezi jednotlivými procesy zredukovány díky lepšímu řízení zásob. U několika procesů je ovšem zapotřebí implementace několika dalších opatření, aby mohla být velikost zásob tímto způsobem zmenšena. Tato opatření jsou znázorněna v mapě budoucího stavu včetně kaizenů, která je k nalezení v příloze 3-III. Jedná se především o zkrácení časů k přetypování strojů a u jednoho z procesů (zkouška těsnosti) je to pak zkrácení cyklového času.

Pro zkrácení časů k přetypování stroje bych doporučila využití metody SMED. Jedná se o metodu z oblasti kontinuálního toku materiálu, eliminace plýtvání a synchronizace taktů jednotlivých pracovišť. [13]

Pro zkrácení cyklového času bych doporučila uspořádat workshop, zaměřit se na jednotlivé činnosti prováděné na daném pracovišti a pokusit se eliminovat plýtvání v rámci tohoto procesu.

3) Nový balicí předpis pro topná tělesa

Jak již bylo zmíněno v kapitole 6, proces přebalování topných těles je jednoznačný „overprocessing“ neboli proces navíc. Navrhuji tedy domluvu s dodavatelem, aby byla topná tělesa dodávána již v menších KLT boxech a nemusela být tedy zbytečně přebalována.

4) Plánování hlavní linky pomocí kanbanu

Co se týká plánování hlavní linky, probíhá zbytečně dvojnásobným způsobem, což bylo již zmíněno v kapitole 6. Řešení tohoto nedostatku proběhlo v rámci návrhu mapy budoucího stavu. Mezi hlavní linkou a expedicí bylo navrženo zavedení supermarketu, který by byl řízený dávkovým kanbanem. Plánování bude tedy probíhat pouze v rámci expedice jednou denně disponentem fraktálu AM, viz Obrázek 6-1.

5) Plánování flow linky pomocí kanbanu

Stejně tak plánování flow linky bylo vyřešeno v rámci návrhu mapy budoucího stavu. Plánování zde bude probíhat stejným způsobem jako u hlavní linky a tuto změnu znázorňuje taktéž Obrázek 6-1.

Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na analýzu toku hodnoty vybraného výrobku, tedy využití metody Value Stream Mapping (VSM). V první části práce proběhla rešerše v oblasti štihlé výroby, seznámení s možnými přístupy ke zlepšování a jednotlivými metodami průmyslového inženýrství. V práci jsou uvedeny analytické metody a nástroje, které byly využity v praktické části diplomové práce.

Aplikace metody VSM proběhla ve společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. Nejprve byla provedena analýza současného stavu. V rámci této analýzy byla vytvořena schéma materiálových toků, dále pak procesní analýzy a v poslední řadě byla vytvořena mapa současného stavu. Tato mapa napomohla odhalit jednotlivé nedostatky v celkovém procesu.

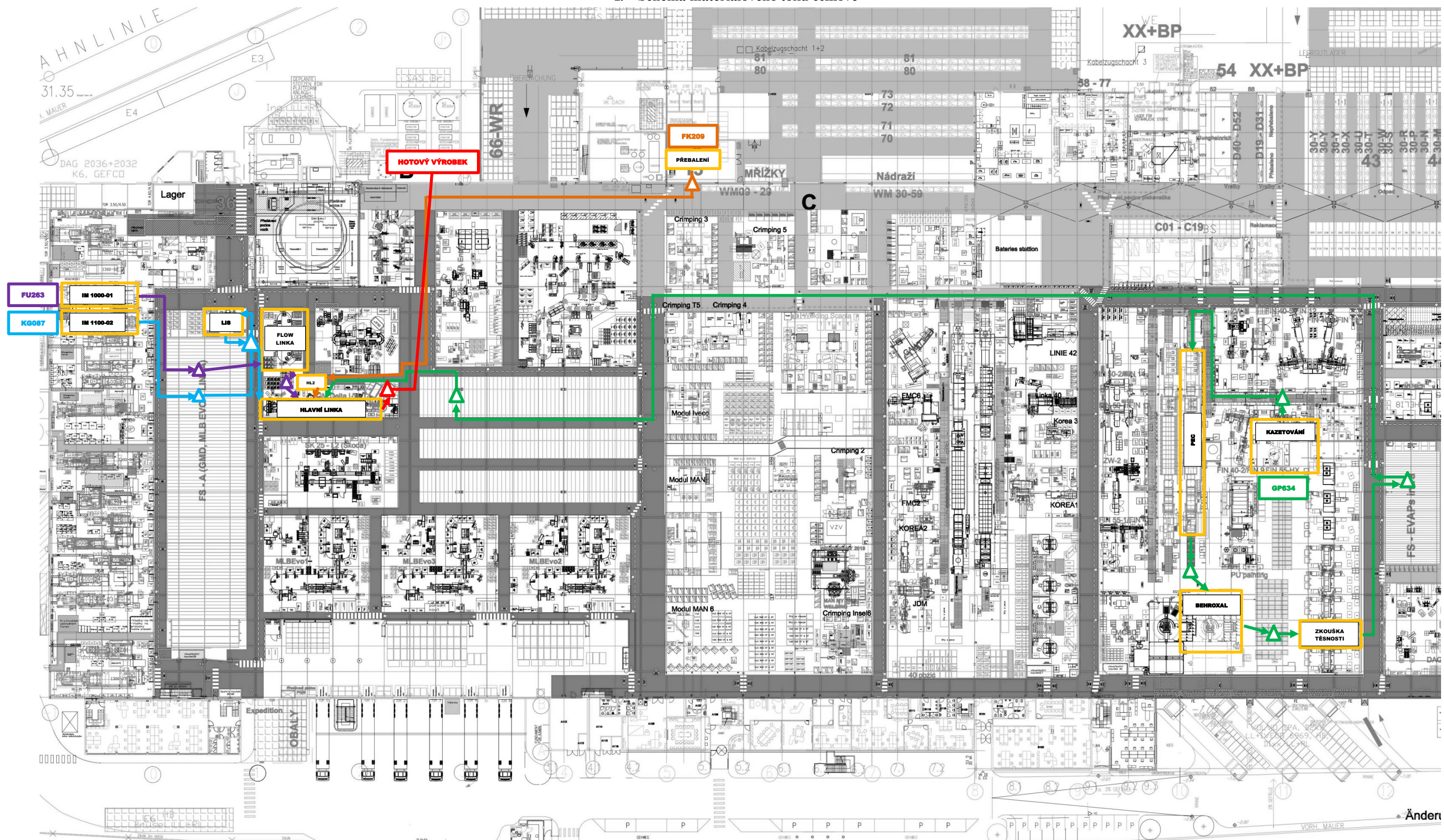
Poslední část práce se zabývá návrhem budoucího stavu, ve kterém už by měly být odhalené nedostatky odstraněny. Jedná se pouze o návrh, který bude předán společnosti. Zda proběhne jeho implementace, už nebylo součástí diplomové práce. V rámci tohoto návrhu byla vytvořena mapa budoucího stavu. Byla navržena jednotlivá opatření, která by bylo zapotřebí implementovat pro dosažení takového stavu. Na závěr byla vypočtena průběžná doba výroby společně s VA indexy a výpočty byly porovnány se současným stavem. Došlo ke zkrácení průběžné doby výroby celkem o 1,82 dne převážně díky redukci zásob rozpracované výroby.

Seznam použité literatury

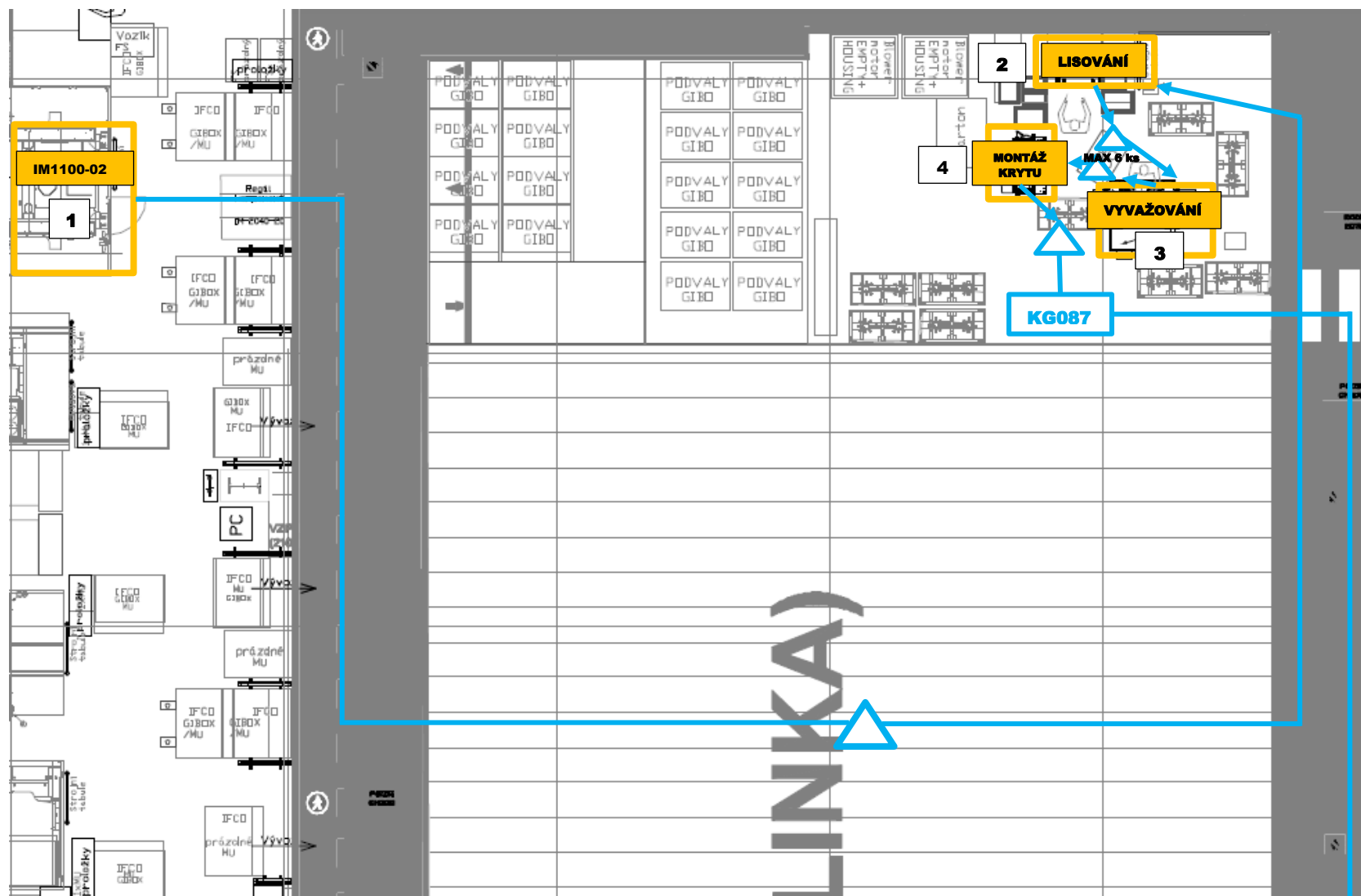
- [1] SVOZILOVÁ, A. *Zlepšování podnikových procesů*, Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3938-0
- [2] GAY, C. *8 Wastes of lean manufacturing* [online]. [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://www.machinemetrics.com/blog/2016/1/24/8-wastes-of-lean-manufacturing>.
- [3] C. Roser, *PUSH vs. PULL: Rozdíl mezi výrobními systémy PUSH a PULL* [online]. [cit. 2018-12-4]. Dostupné z: <http://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/push-vs-pull-rozdil-vyrobnimi-systemy-push-a-pull/>
- [4] *PDCA Process Chart Continuous Improvement Cycle* [online]. [cit. 2018-12-4]. Dostupné z: <https://www.slideteam.net/catalog/product/gallery/id/53794/image/359054/>
- [5] STŘELEČEK, J. *PDCA cyklus* [online]. [cit. 2018-12-4]. Dostupné z: <https://www.vlastnicesta.cz/metody/pdca-cyklus-1/>
- [6] *Reinženýring procesů (reengineering)* [online]. [cit. 2018-12-4]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/reengineering>
- [7] *ABC analýza* [online]. [cit. 2018-12-5]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/abc-analyza/>
- [8] *Sankeyův diagram* [online]. [cit. 2018-12-5]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/sankeyuv-diagram/>
- [9] MAŠÍN, I. *Mapování hodnotového toku*, Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2003
- [10] ROTHER, M., SHOOK, J. *Learning to see - Value stream mapping to create value and eliminate MUDA.*, Brookline: The Lean Enterprise Institute. ISBN 0-9667843-0-8
- [11] CHROMJAKOVÁ, F., RAJNOHA, R. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýrství*, Žilina: GEORG. ISBN 978-80-89401-26-0
- [12] MAREK, M. *Kaizen* [Online]. [cit. 2018-12_4]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kaizen.htm>.
- [13] *SMED (Single Minute Exchange of Die)* [online]. [cit. 2019-5-7]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/smed/>.

PŘÍLOHA č. 1-Schéma materiálového toku

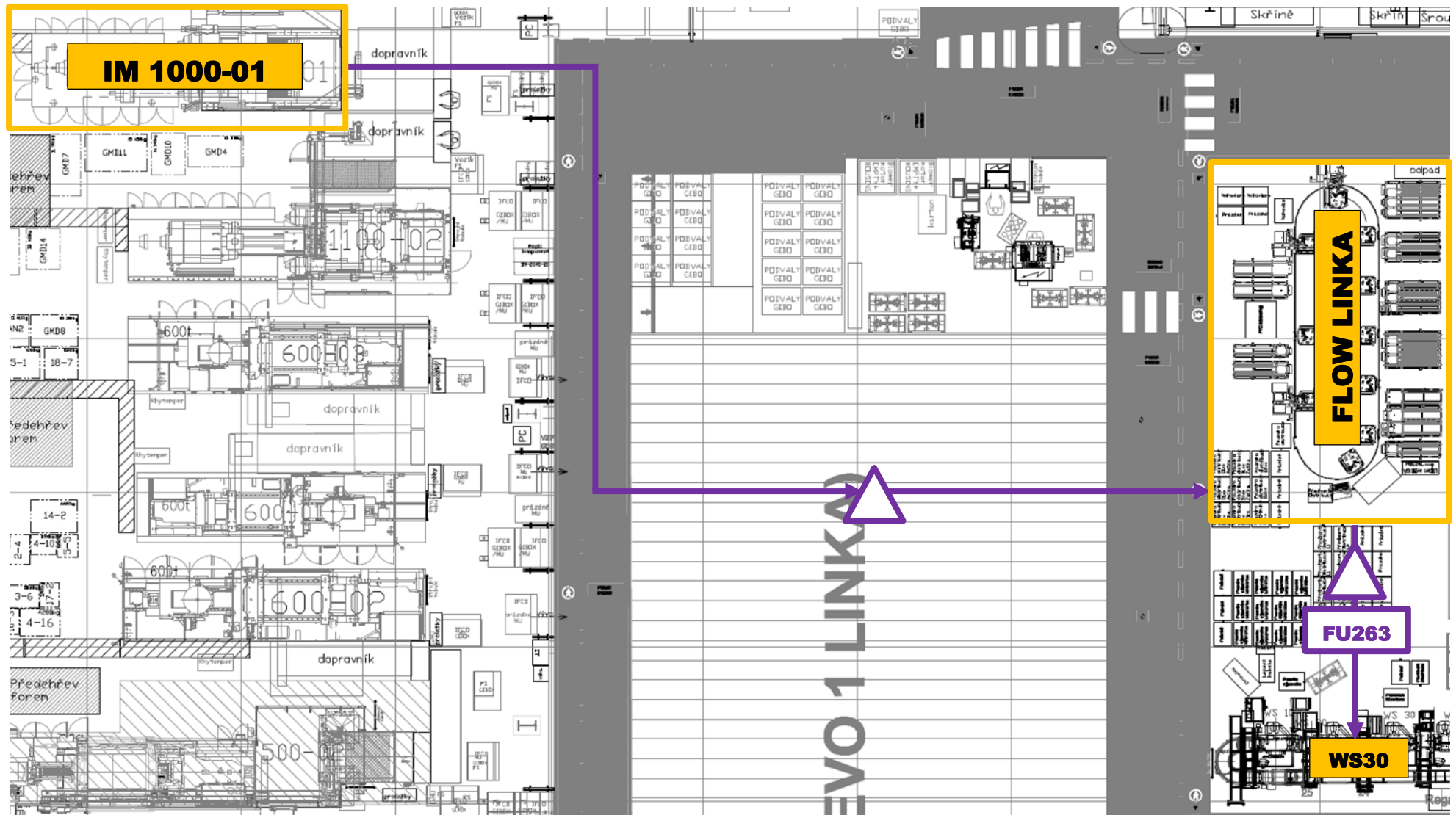
I. Schéma materiálového toku celkové



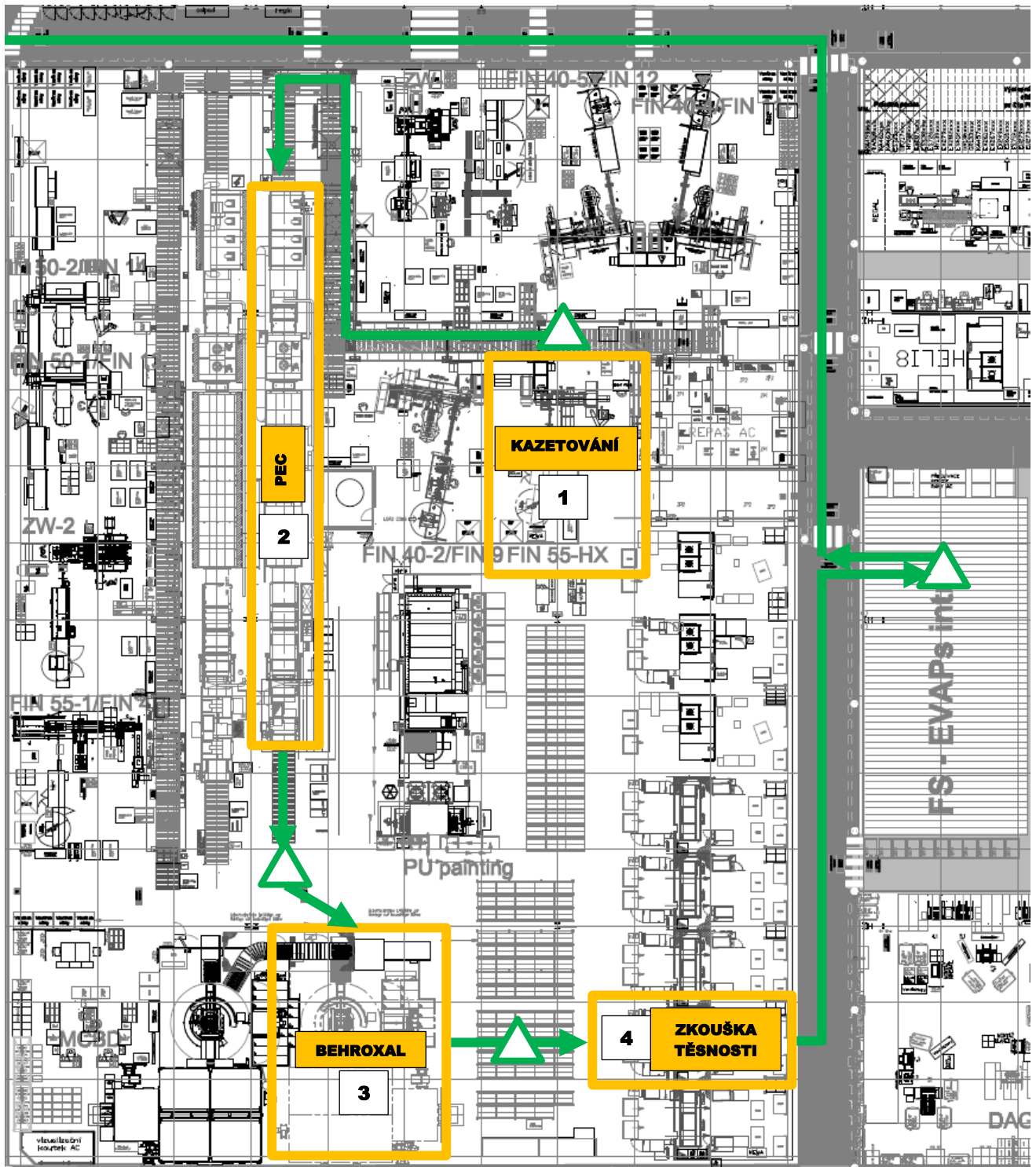
II. Schéma materiálového toku: ventilátor



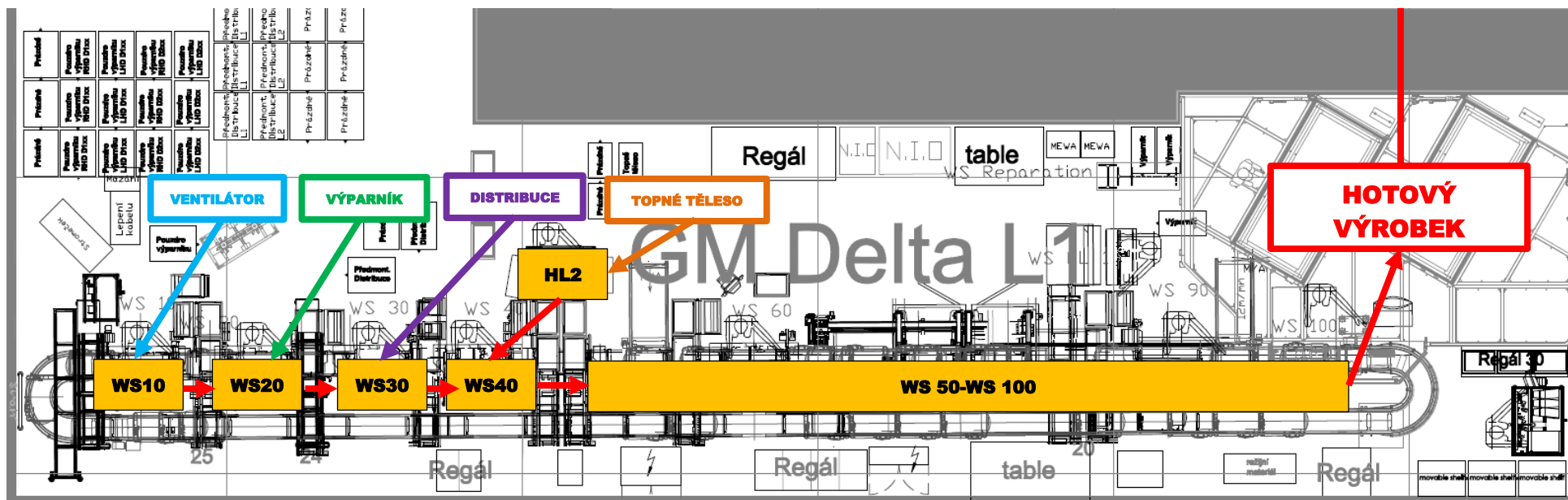
III. Schéma materiálového toku: distribuce



IV. Schéma materiálového toku: výparník



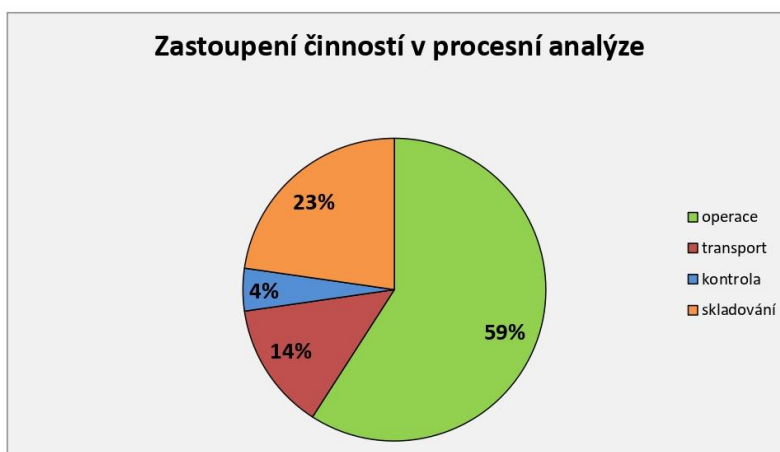
V. Schéma materiálového toku: hlavní linka



PŘÍLOHA č. 2 - Procesní analýzy

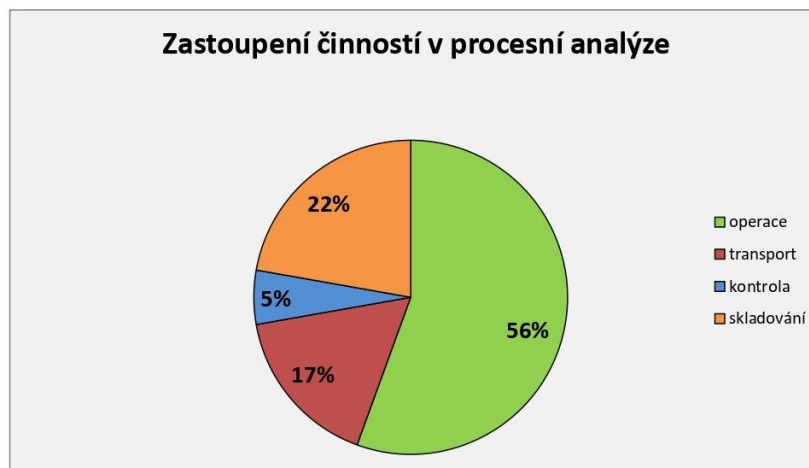
I. Procesní analýza: Ventilátor

| PROCESNÍ ANALÝZA VENTILÁTORU | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------|---------|-----------|----------|------------|--------|----------------|-----------------|------------------|
| č. | činnosti | operace | transport | kontrola | skladování | čekání | vzdálenost [m] | doba trvání [s] | počet pracovníků |
| 1 | Lisování | ○ | | | | | | 28,3 | 0,5 |
| 2 | Skladování | | | | ▽ | | | 200 | |
| 3 | Vyvažování | ○ | | | | | | 55 | 1 |
| 4 | Skladování | | | | ▽ | | | 200 | |
| 5 | Montáž krytu | ○ | | | | | | 26,5 | 0,5 |
| 6 | Transport k hlavní lince | | ⇨ | | | | 15 | | |
| 7 | skladování | | | | ▽ | | | 37 152 | 1 |
| 8 | WS10 | ○ | | | | | | 63,5 | 1 |
| 9 | WS20 | ○ | | | | | | 57,2 | 1 |
| 10 | WS30 | ○ | | | | | | 57,1 | 1 |
| 11 | WS40 | ○ | | | | | | 48,5 | 1 |
| 12 | WS50 | ○ | | | | | | 54,6 | 1 |
| 13 | WS60 | ○ | | | | | | 43,9 | 1 |
| 14 | WS70 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 15 | WS80 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 16 | WS90 | ○ | | | | | | 48,8 | 1 |
| 17 | Konečná kotrola | | | ◇ | | | | 40,7 | 0,5 |
| 18 | Balení | ○ | | | | | | 23 | 0,5 |
| 19 | Transport na skladovací pozici | | ⇨ | | | | 160 | | |
| 20 | Skladování | | | | ▽ | | | 28 000 | |
| 21 | Transport na druhý sklad | | ⇨ | | | | 950 | | |
| 22 | Skladování | | | | ▽ | | | 94 688 | |
| SUMA | Četnost činností | 13 | 3 | 1 | 5 | 0 | | | |
| | Vzdálenosti [m] | | | | | | 1125 | | |
| | Časů [hod] | | | | | | | 44,6853 | |
| | Pracovníků | | | | | | | | 13 |



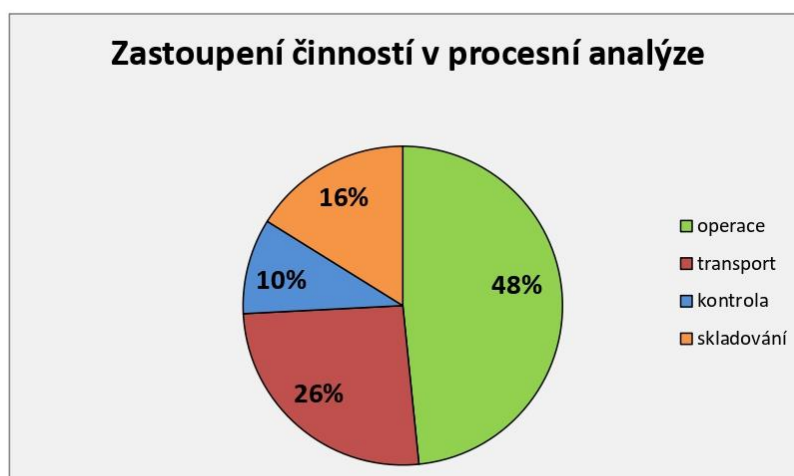
II. Procesní analýza: Distribuce

| PROCESNÍ ANALÝZA DISTRIBUCE | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|---------|-----------|----------|------------|--------|----------------|-----------------|------------------|
| č. | činnosti | operace | transport | kontrola | skladování | čekání | vzdálenost [m] | doba trvání [s] | počet pracovníků |
| 1 | Vstřikování | ○ | | | | | | 35 | 1 |
| 2 | Skladování | | | | ▽ | | | 113 184 | |
| 3 | Flow linka | ○ | | | | | | 194 | 5 |
| 6 | Transport k hlavní lince | | → | | | | 0,5 | | |
| 7 | skladování | | | | ▽ | | | 570 | |
| 10 | Montáž WS30 | ○ | | | | | | 57,1 | 1 |
| 11 | WS40 | ○ | | | | | | 48,5 | 1 |
| 12 | WS50 | ○ | | | | | | 54,6 | 1 |
| 13 | WS60 | ○ | | | | | | 43,9 | 1 |
| 14 | WS70 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 15 | WS80 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 16 | WS90 | ○ | | | | | | 48,8 | 1 |
| 17 | Konečná kotrola | | | ◇ | | | | 40,7 | 0,5 |
| 18 | Balení | ○ | | | | | | 23 | 0,5 |
| 19 | Transport na skladovací pozici | | → | | | | 160 | | |
| 20 | Skladování | | | | ▽ | | | 28 000 | |
| 21 | Transport na druhý sklad | | → | | | | 950 | | |
| 22 | Skladování | | | | ▽ | | | 94 688 | |
| SUMA | Četnost činností | 10 | 3 | 1 | 4 | 0 | | | |
| | Vzdáleností [m] | | | | | | 1110,5 | | |
| | Časů [hod] | | | | | | | 65,8521 | |
| | Pracovníků | | | | | | | | 14 |



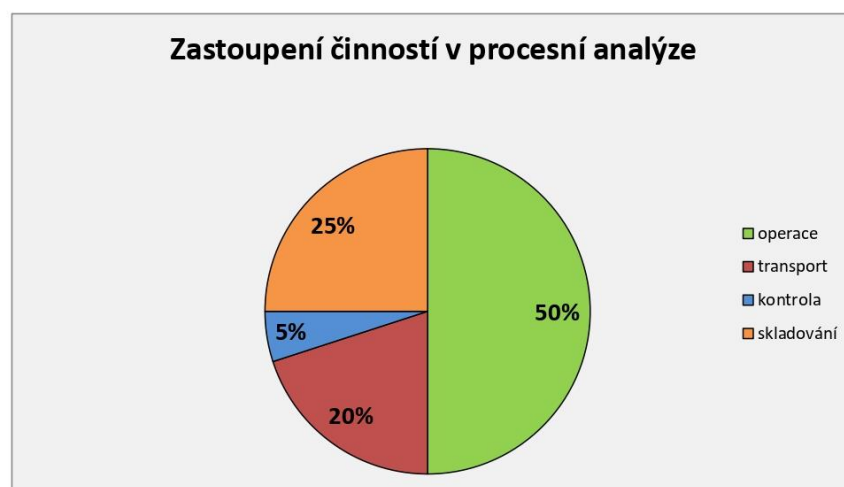
III. Procesní analýza: Výparník

| PROCESNÍ ANALÝZA VÝPARNÍKU | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|---------|-----------|----------|------------|--------|----------------|-----------------|------------------|
| č. | činnosti | operace | transport | kontrola | skladování | čekání | vzdálenost [m] | doba trvání [s] | počet pracovníků |
| 1 | Kazetování | ○ | | | | | | 20,8 | 2 |
| 2 | Transport materiálu po dopravníku | ○ | → | | | | 45 | | |
| 3 | Letování | ○ | | | | | | 3600 | 1 |
| 4 | Kontrola | ○ | | ◇ | | | | 5 | 1 |
| 5 | Transport materiálu na vozíku | ○ | → | | | | 5 | | |
| 6 | Behroxal | ○ | | | | | | 3000 | 0,5 |
| 7 | Kontrola | ○ | | ◇ | | | | 5 | |
| 8 | Balení | ○ | | | | | | 90 | 0,5 |
| 9 | Skladování | ○ | | | ▽ | | | 61 344 | |
| 10 | Transport materiálu k pracovišti zkoušky těsnosti | ○ | → | | | | 12 | | |
| 11 | Zkouška těsnosti | ○ | | | | | | 25,8 | 1 |
| 12 | Balení | ○ | | | | | | 6 | 1 |
| 13 | Transport na skladovací pozici | ○ | → | | | | 35 | | |
| 14 | Skladování | ○ | | | ▽ | | | 39 600 | |
| 15 | Transport na druhou skladovací pozici (blíže k hlavní lince) | ○ | → | | | | 245 | | |
| 16 | Skladování | ○ | | | ▽ | | | 35 568 | |
| 17 | Transport k hlavní lince | ○ | → | | | | 30 | | |
| 18 | Montáž WS20 | ○ | | | | | | 50,7 | 1 |
| 19 | WS30 | ○ | | | | | | 57,1 | 1 |
| 20 | WS40 | ○ | | | | | | 48,5 | 1 |
| 21 | WS50 | ○ | | | | | | 54,6 | 1 |
| 22 | WS60 | ○ | | | | | | 43,9 | 1 |
| 23 | WS70 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 24 | WS80 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 25 | WS90 | ○ | | | | | | 48,8 | 1 |
| 26 | Konečná kontrola | ○ | | ◇ | | | | 40,66 | 0,5 |
| 27 | Balení | ○ | | | | | | 23 | 0,5 |
| 28 | Transport na sklad | ○ | → | | | | 160 | | |
| 29 | Skladování | ○ | | | ▽ | | | 28 000 | |
| 30 | Transport na druhý sklad | ○ | → | | | | 950 | | |
| 31 | Skladování | ○ | | | ▽ | | | 94 688 | |
| SUMA | Četnost činností | 15 | 8 | 3 | 5 | 0 | | | |
| | Vzdálenosti [m] | | | | | | 1482 | | |
| | Časů [hod] | | | | | | | 73,9 | |
| | Pracovníků | | | | | | | | 16 |



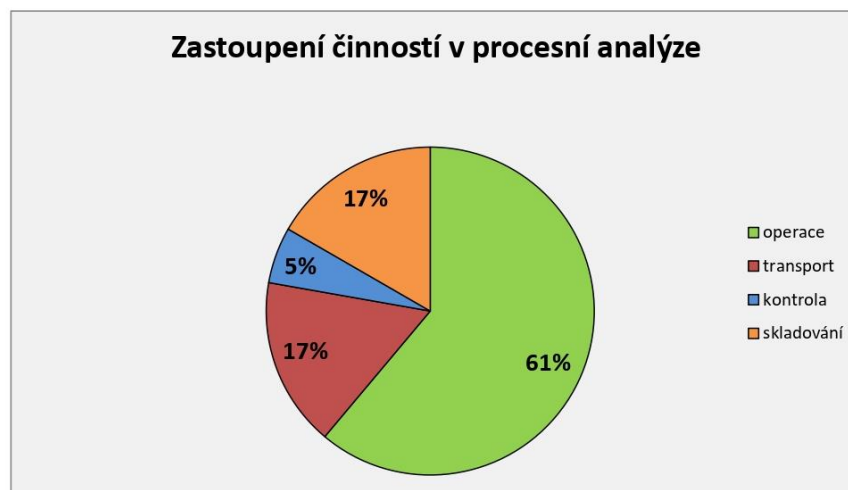
IV. Procesní analýza: Topné těleso

| PROCESNÍ ANALÝZA TOPNÉHO TĚLESA | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|---------|-----------|----------|------------|--------|----------------|-----------------|------------------|
| č. | činnosti | operace | transport | kontrola | skladování | čekání | vzdálenost [m] | doba trvání [s] | počet pracovníků |
| 1 | Příjem materiálu | ○ | | | | | | 600 | 0,5 |
| 2 | Transport | | → | | | | | 25 | |
| 3 | Skladování | | | | ▽ | | | 73 440 | |
| 4 | Přebalení materiálu do menších KLT boxů | ○ | | | | | | 300 | 0,5 |
| 5 | Transport do supermarketu | | → | | | | | 85 | |
| 6 | Skladování | | | | ▽ | | | 35 424 | |
| 7 | Montáž | ○ | | | | | | 50,7 | 1 |
| 8 | Skladování | | | | ▽ | | | 173 | |
| 9 | Montáž WS40 | ○ | | | | | | 49 | 1 |
| 10 | WS50 | ○ | | | | | | 54,6 | 1 |
| 11 | WS60 | ○ | | | | | | 43,9 | 1 |
| 12 | WS70 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 13 | WS80 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 14 | WS90 | ○ | | | | | | 48,8 | 1 |
| 15 | Konečná kontrola | | | ◇ | | | | 40,66 | 0,5 |
| 16 | Balení | ○ | | | | | | 23 | 0,5 |
| 17 | Transport na skladovací pozici | | → | | | | 160 | | |
| 18 | Skladování | | | | ▽ | | | 28 000 | |
| 19 | Transport na druhý sklad | | → | | | | 950 | | |
| 20 | Skladování | | | | ▽ | | | 94 688 | |
| SUMA | Četnost činností | 10 | 4 | 1 | 5 | 0 | | | |
| | Vzdálenosti [m] | | | | | | 1110 | | |
| | Časů [hod] | | | | | | | 64,757 | |
| | Pracovníků | | | | | | | | 9 |



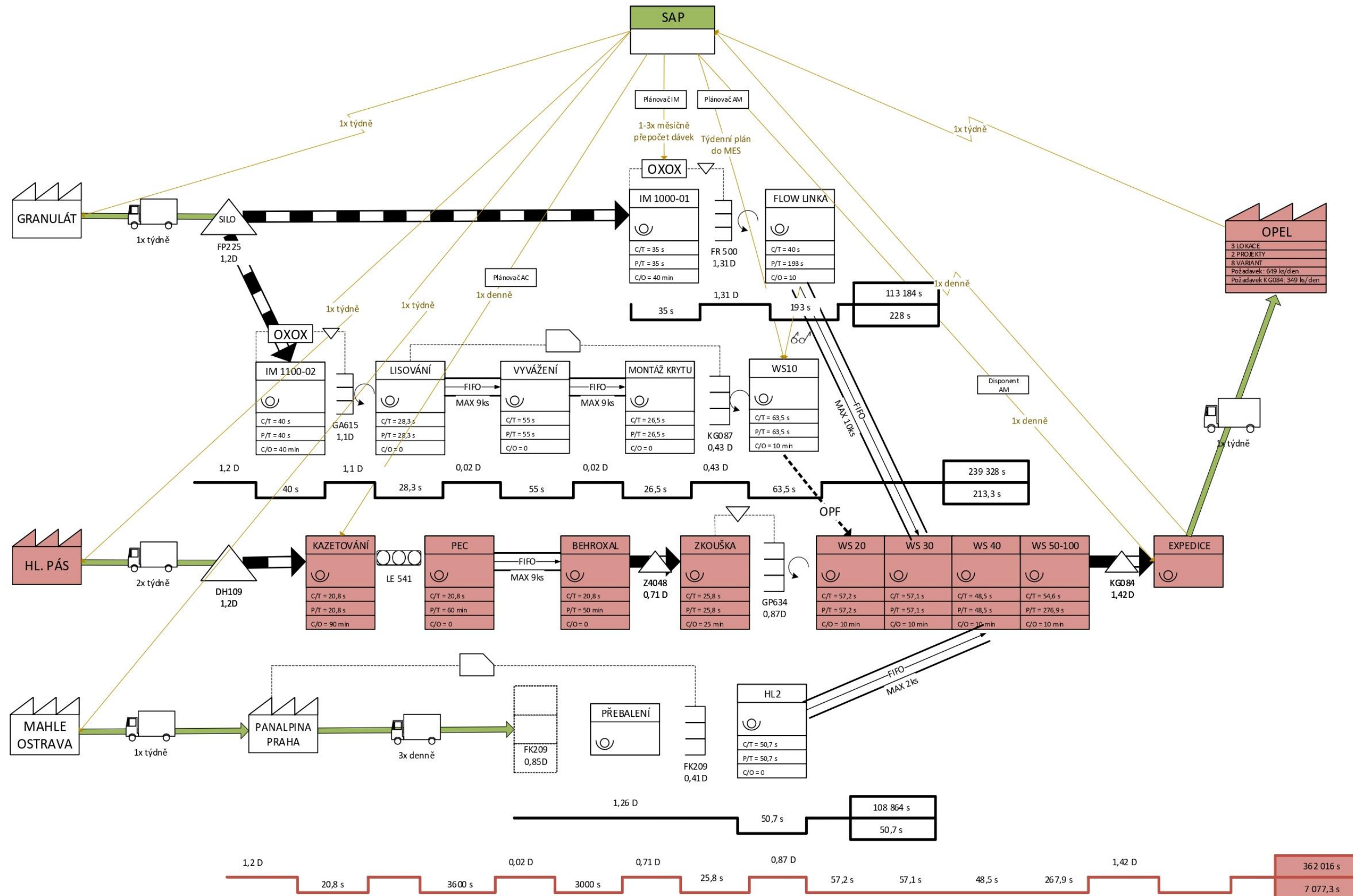
V. Procesní analýza: Hlavní linka

| PROCESNÍ ANALÝZA HLAVNÍ LINKA | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------|---------|-----------|----------|------------|--------|----------------|-----------------|------------------|
| č. | činnosti | operace | transport | kontrola | skladování | čekání | vzdálenost [m] | doba trvání [s] | počet pracovníků |
| 1 | Vstřikování | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 2 | Skladování | | | | ▽ | | | 107 136 | |
| 3 | WS10 | ○ | | | | | | 64 | 1 |
| 3 | WS20 | ○ | | | | | | 57,2 | 1 |
| 10 | WS30 | ○ | | | | | | 57,1 | 1 |
| 11 | WS40 | ○ | | | | | | 48,5 | 1 |
| 12 | WS50 | ○ | | | | | | 54,6 | 1 |
| 13 | WS60 | ○ | | | | | | 43,9 | 1 |
| 14 | WS70 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 15 | WS80 | ○ | | | | | | 40 | 1 |
| 16 | WS90 | ○ | | | | | | 48,8 | 1 |
| 17 | Konečná kontrola | | | ◇ | | | | 40,7 | 0,5 |
| 18 | Balení | ○ | | | | | | 23 | 0,5 |
| 19 | Transport na skladovací pozici | | → | | | | 160 | | |
| 20 | Skladování | | | | ▽ | | | 28 000 | |
| 21 | Transport na druhý sklad | | → | | | | 950 | | |
| 22 | Skladování | | | | ▽ | | | 94 688 | |
| SUMA | Četnost činnosti | 11 | 3 | 1 | 3 | 0 | | | |
| | Vzdálenosti [m] | | | | | | 1110 | | |
| | Časů [hod] | | | | | | | 63,9948 | |
| | Pracovníků | | | | | | | | 11 |

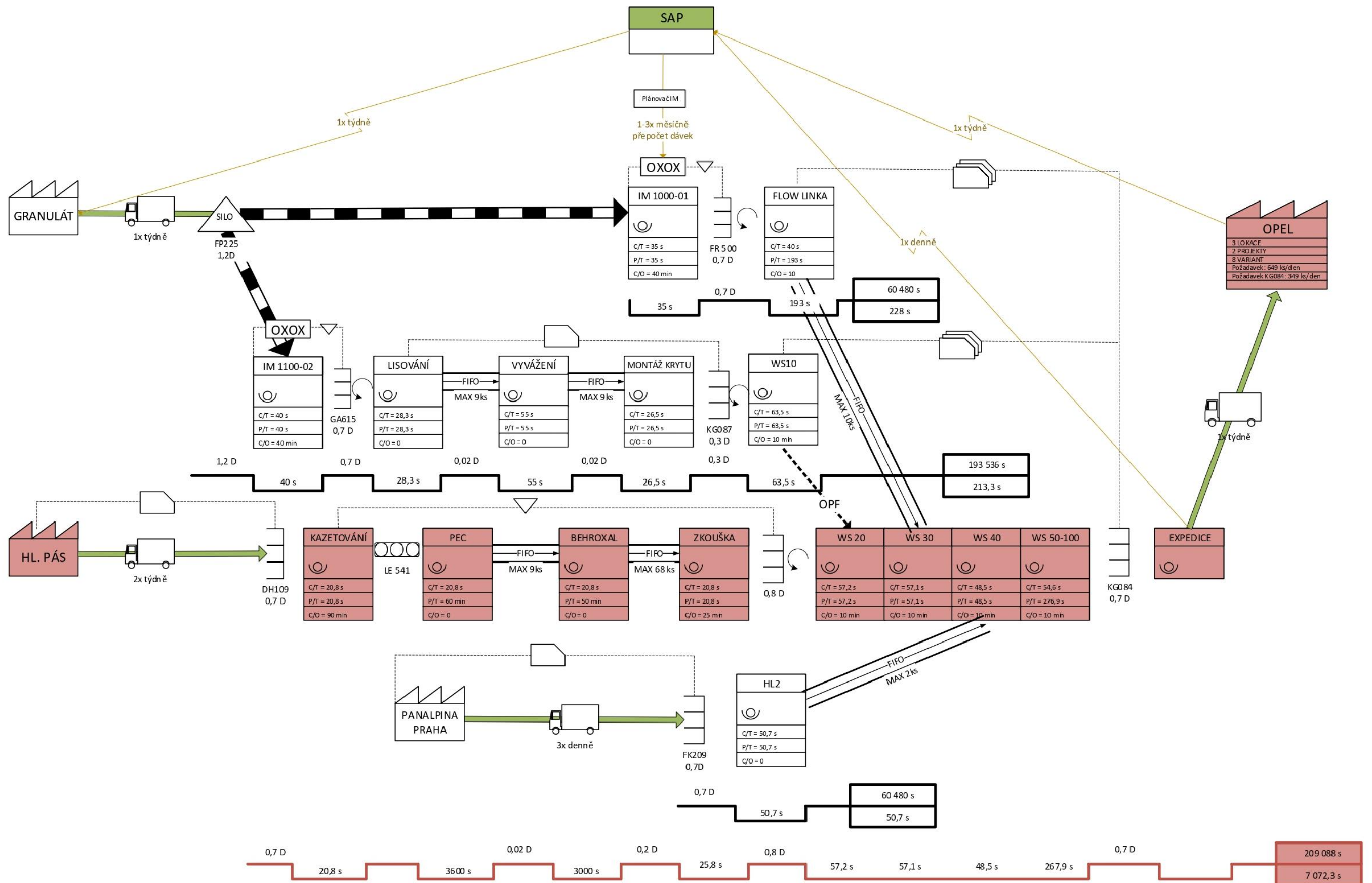


PŘÍLOHA č. 3 – VSM

I. Mapa současného stavu



II. Mapa budoucího stavu



III. Mapa budoucího stavu včetně kaizenů

