



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

**ZEŠTÍHLENÍ VÝROBY KONEKTORŮ S
VYUŽITÍM PREDIKTIVNÍ SIMULACE**

PROCESS OPTIMIZATION IN THE COMPANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Robin Pokorný

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Zdeňka Videcká, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav managementu
Student: **Robin Pokorný**
Vedoucí práce: **Ing. Zdeňka Videcká, Ph.D.**
Akademický rok: 2021/22
Studijní program: Procesní management

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

Zeštíhlení výroby konektorů s využitím prediktivní simulace

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Vymezení problému a cíle práce
Teoretická východiska práce
Analýza současného stavu výroby konektorů
Návrh na zeštíhlení výrobní linky
Přínos návrhů řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Návrh a vytvoření modelu výrobní linky a její optimalizace s cílem zeštíhlení výroby. Práce by měla obsahovat čtyři části:

analytická část – globální analýza procesů, detailní analýza výrobní linky
teoretická část

návrhová část – návrh a vytvoření modelu, jeho verifikace, návrh experimentu a jeho vyhodnocení
doporučený postup implementace a zhodnocení návrhu

Základní literární prameny:

Value Stream Mapping for the Process Industries – Peter L. King, Jennifer S. King.

The Toyota way to lean leadership: achieving and sustaining excellence through leadership development – Jeffrey K. Liker; Gary L. Convis.

Value stream management: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements – Don Tapping.

DLOUHÝ, Martin, Jan FÁBRY, Martina KUNCOVÁ a Tomáš HLADÍK. Simulace podnikových procesů. Druhé upravené vydání. Brno: Computer Press, 2011, 206 s. ISBN 978-80-251-3449-8.

BANKS, Jerry, John S. CARSON, Barry L. NELSON, John S. CARSON a David M. NICOL. Discrete-Event System Simulation. Harlow: Pearson Education UK, 2013. ISBN 9781292024370.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně dne 28.2.2022

L. S.

doc. Ing. Vít Chlebovský, Ph.D.
garant

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá analýzou výrobního procesu a jeho optimalizací s cílem zeštíhlení výroby. Zlepšení je dosaženo pomocí nástrojů štíhlé výroby a pokročilých analytických nástrojů simulačního modelování. Teoretická část práce přibližuje vybrané principy, metody a analýzy, které jsou využity v dalších částech práce. Analytická část zhodnocuje současný stav výrobního procesu a slouží jako podklad pro část návrhovou. V návrhové části dochází k analýze materiálových a informačních toků pomocí metodiky Value-Stream mapování. Dále pak k balancování operací a novému taktování výrobní linky. Tyto aktivity jsou pak východiskem pro vznik simulační studie. Výstupem této studie jsou návrhy, které vedou k řešení problémových oblastí stávajícího výrobního procesu.

Klíčová slova

prediktivní simulace, optimalizace, zlepšování procesů, štíhlá výroba, balancování operací, taktování výrobní linky

Abstract

The bachelor thesis deals with the analysis of a production process and its optimization with the aim of streamlining production. The improvement is achieved through applying lean manufacturing tools and advanced analytical tools of simulation modelling. The theoretical section of the thesis introduces used principles, methods, and analyses. The analytical part evaluates the current state of the production process and serves as a basis for the design part, whereas the design part analyses the material and information flows using the Value-Stream Mapping methodology. The simulation model was created to aid the balancing of operations and the re-engineering of the production line. The output of this study proposes enhancements to the problem areas of the existing production process.

Key words

predictive simulation, optimization, process improvement, lean manufacturing, operations balancing, production line re-engineering

Bibliografická citace

POKORNÝ, Robin. *Zeštíhlení výroby konektorů s využitím prediktivní simulace* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/143084>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Zdeňka Videcká.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem si samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem ve své práci neporušil autorská práva ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským.

V Brně dne 8. května 2022

.....

podpis autora

1 Obsah

1	Úvod	9
2	Vymezení problému.....	11
2.1	Cíle bakalářské práce	11
3	Teoretická část	12
3.1	Principy štihlé výroby.....	12
3.1.1	Plytvání (Muda)	12
3.1.2	Metodologie Lean	13
3.1.3	Analýza a měření práce	17
3.1.4	Štihlé měření	21
3.2	Value-Stream Mapping	23
3.2.1	Co je to Value-Stream Mapping	23
3.2.2	Hodnota, hodnotový management.....	24
3.2.3	Hodnotový tok.....	25
3.2.4	Postup při mapování	27
3.3	System a systémové prostředí.....	33
3.3.1	Typy systémů.....	33
3.4	Simulace.....	35
3.4.1	Co je to simulace	35
3.4.2	Proč simulovat, výhody a nevýhody simulace, oblast využití	36
3.5	Metodika simulační studie	41
4	Analytická část	48
4.1	O společnosti.....	48
4.2	Výběr projektu bakalářské práce	56
4.3	Komplexní analýza současného stavu	60
4.3.1	Globální analýza výrobního procesu	60
4.3.2	Detailní analýza výrobní linky.....	63
4.4	Sběr dat.....	66
4.5	Vyhodnocení měření.....	69
4.6	Rozbor naměřených dat	72
4.6.1	Rozbor naměřených dat u výrobku PCON12.....	72

4.6.2	Rozbor naměřených dat u výrobku HVP800	73
4.6.3	Rozbor naměřených dat	74
4.7	Shrnutí analytické části	76
5	Návrhová část.....	77
5.1	Value-Stream mapa současného stavu	77
5.1.1	Výběr reprezentanta a analýza poptávky.....	77
5.1.2	Postup při vytváření Value-Stream mapy současného stavu.....	80
5.1.3	Shrnutí výstupů Value-Stream mapy současného stavu	86
5.2	Balancování operací, nové taktování výrobní linky.....	86
5.2.1	Balancování operací výroby produktu PCON12 (2361188-1)	87
5.2.2	Balancování operací výroby produktu HVP800 (2361210-1)	91
5.2.3	Shrnutí a výstupy z balancování operací	96
5.3	Simulační studie	97
5.3.1	Koncepční modelování – tvorba koncepčního modelu.....	97
5.3.2	Vytvoření simulačního modelu a jeho ověření	98
5.3.3	Simulace – současný stav výrobního procesu	102
5.3.4	Tvorba experimentů.....	110
5.3.5	Shrnutí a výstupy simulační studie.....	115
6	Zhodnocení navrhovaného řešení	116
7	Závěr	121
8	Seznam použitých zdrojů	123
9	Seznam obrázků	126
10	Seznam tabulek	127
11	Seznam grafů.....	128
12	Seznam příloh.....	129

1 Úvod

Nacházíme se v době, kdy internet a digitalizace hrají v životě člověka čím dál podstatnější roli. S příchodem nových technologií se postupně mění způsob dosavadního fungování společnosti. Z pohledu spotřebitele je kladen stále větší důraz na flexibilitu a customizaci produktu, zároveň také na to, aby tento produkt byl dostupný v momentě, kdy ho spotřebitel právě potřebuje. Je vyžadováno, aby tyto produkty byly vyráběny efektivněji, tedy při nižší spotřebě energie, s méně zdroji a menším odpadem.

Průmysl a jeho rozvoj se řídí poptávkou na trhu, a proto musí být schopen reagovat na tyto změny a požadované nároky. Z tohoto důvodu se také digitalizace stala nedílnou součástí průmyslu. Digitalizace totiž umožňuje větší flexibilitu, rychlost a efektivitu celého procesu. Dalším faktorem, který zde hraje významnou roli je internacionalizace. V jejím důsledku se pak firmy stávají součástí mezinárodního prostředí. Hnány potřebou jsou pak součástí mezinárodního hodnotového řetězce, pro jehož zajištění jsou internet a digitalizace nezbytně nutným předpokladem.

Pro zachování konkurenceschopnosti a udržení si svého místa na trhu je podniky hojně využíváno metodiky štíhlé výroby. Jedná se o přístup k výrobě, kde je snaha o maximální naplnění zákaznických požadavků, a to za vynaložení co nejmenšího úsilí, energie, vybavení, času, prostoru, materiálů a kapitálu. Za tímto účelem pak byly vyvinuty jednotlivé principy a nástroje, pomocí nichž má být tohoto stavu dosaženo.

I přestože jsou nástroje štíhlé výroby velmi efektivní, mají své limity. Jsou založeny na analytickém řešení, které je do jisté míry statické a nelze jím zachytit veškeré stavy, ke kterým při výrobě dochází. Z tohoto důvodu pak nejsou schopny odhalit některá úzká místa procesu, a proto je zapotřebí využít pokročilejších analytických nástrojů.

Jedním z těchto nástrojů jsou tzv. digitální dvojčata. Tento nástroj umožňuje digitalizovat konkrétní proces, ověřit jeho současný stav pomocí simulačních analýz, na základě jejichž výsledků je pak možno identifikovat problémové oblasti procesu a navrhnout jeho případné změny vedoucí k jejich eliminaci. Digitální dvojče tedy dokáže nejen mapovat realitu, ale také scénáře „co kdyby“, aby poskytlo spolehlivé předpovědi budoucího chování zkoumaného systému. Díky této technologii lze pak ve výrobním prostředí

dosáhnout zvýšení produkce, efektivnějšího logistického procesu, lepšího způsobu skladování, optimálnější mezioperační zásoby či využití vhodného počtu pracovníků.

Vzhledem k míře složitosti výrobního systému, který je předmětem šetření této bakalářské práce, se použití tohoto nástroje jeví jako ideální řešení.

2 Vymezení problému

Vymezenou problémovou oblastí bakalářské práce je vybraný výrobní proces společnosti TE Connectivity Czech s.r.o. Pozornost bude věnována hodnotovému toku, který je součástí výrobní linky s názvem Calsonic. Tato výrobní linka je součástí montážního oddělení HEMS I a dochází u ní k výrobě dvou produktů. Výrobní proces sestává převážně z manuálních činností a hotové výrobky pak představují kabelové svazky s konektorem, které se dále využívají při výrobě elektromobilů. Stávající výrobní linku tvoří devět pracovišť o celkové rozloze 18 x 5 m, a které při produkci obsluhuje osm pracovníků. Tato bakalářská práce se pak zabývá zlepšováním a zvyšováním efektivity tohoto výrobního procesu, a to pomocí měkkých metod štíhlé výroby, ale také pomocí tvrdých metod vycházejících ze simulačního modelování a analýz měření provedených přímo na pracovišti.

2.1 Cíle bakalářské práce

Cílem bakalářské práce je optimalizace montážní linky, kde dochází k výrobě kabelových svazků s konektorem. Návrh řešení se soustředí na eliminaci neefektivností a plýtvání, ke kterým během výrobního procesu dochází. Návrhová část vycházející z poznatků analytické části této práce, pak využívá nástroje štíhlé výroby a pokročilé nástroje simulačního modelování.

Pro pochopení souvislostí tohoto výrobního procesu je využito nástroje Value-Stream mapování. Výsledná mapa současného stavu pak zobrazuje proudění toku materiálu a informací napříč společností a zaznamenává důležité informace a data, které jsou pro řešení klíčové. Pro odhalení ztrát je pak využito prediktivní simulace procesů, díky níž dochází ke konkrétnímu popisu problémových oblastí a k jejich lepšímu pochopení. Pomocí simulačního modelu pak dochází k vytvoření alternativních systémů, které jsou pak součástí navrhovaných řešení. Metodiky a přístupy uplatněné v analytické a návrhové části se opírají o teoretickou část této práce.

3 Teoretická část

3.1 Principy štíhlé výroby

3.1.1 Plýtvání (Muda)

Japonský termín „muda“ znamená plýtvání, který bývá využíván ve spojitosti s jakoukoli lidskou činností, která spotřebovává zdroje, ale nevytváří žádnou hodnotu. Jedná se o činnosti typu: výroba věcí, které nikdo nechce nebo například provádění procesních kroků, které však nejsou zapotřebí atd.

Taiichi Ohno (1912–1990), vedoucí pracovník společnosti Toyota, identifikoval sedm druhů plýtvání, které se vyskytují v každém procesu. V následujících odrážkách budou vyjmenovány jednotlivé typy plýtvání i s uvedením konkrétních příkladů:

- **Transport** (přemísťování) – zbytečná přeprava vyráběných dílů.
- **Inventory** (skladování) – stohy rozpracovaných dílů, které čekají na dokončení nebo hotové výrobky, které čekají na expedici.
- **Motion** (pohyb) – nadbytečný pohyb osob, které zpracovávají výrobky.
- **Waiting** (čekání) – nežádoucí čekání pracovníků na zahájení dalšího kroku.
- **Over-Processing** – nadbytečné zpracování výrobku dalšími kroky.
- **Over-Production** (nadvýroba) – nadměrná výroba nepotřebných výrobků.
- **Defects** (vady) – produkce defektních výrobků (Womack a Jones, 2003, s. 15).

Často využívanou mnemotechnickou pomůckou pro jednodušší zapamatování jednotlivých druhů plýtvání bývá akronym „TIM WOOD“.

Tyto základní druhy plýtvání lze rozšířit. Womack a Jones (2003) dodává osmý druh plýtvání: „výrobky a služby, které nenaplní zákaznickou potřebu“. Pak se celý koncept označuje jako 7+1 druhů plýtvání, případně 8 druhů plýtvání.

V některých konceptech se hovoří o dalším druhu plýtvání:

- **People, Creativity and Motivation, Skills** (lidé) – jedná se o nevyužitý potenciál pracovníků a jejich tvořivosti (managementmania.com, 2016)

3.1.2 Metodologie Lean

3.1.2.1 Historické kořeny metodologie Lean

Základní myšlenky Leanu sahají do doby rané masové výroby kolem roku 1910. V tomto období průmyslník Henry Ford při své práci prosazoval teorie Fredericka Taylora, Franka Gilbretha a dalších. Henry Ford usiloval o výrobu co nejvíce výrobků, v jeho případě automobilů, a to za co nejkratší dobu.

Vycházejíc z myšlenek Gilbretha, který na základě pozorování a zjištěných údajů standardizoval postupy a navrhl nejefektivnější řešení, stanovil základy procesního řízení.

Fordovi následníci pak navázali na jeho práci. Jedním z nich byl manažer výrobní linky ve společnosti Toyota, Taiichi Ohno. V polovině dvacátého století byla tato společnost na pokraji úpadku a nemohla si dovolit rozsáhlé investice, přitom potřebovala posunout od masové výroby ke kratším a mnohem flexibilnějším cyklům dodávek menších typových řad.

Motivován touto potřebou, Ohno představil ve spolupráci se svým kolegou Shigeo Shingem techniku rychlé přestavby (známá pod pojmem Single Minute Exchange of Die, SMED).

Ohno s tímto nápadem přišel po návštěvě USA, kde pozoroval práci techniků v závodním depu tamějšího závodu Indy 500 v Indianapollis – vše bylo maximální měrou zjednodušeno a seřazeno do jediného logického sledu.

Další jeho poznatek z této cesty se týkal oblasti zásobování – „Proč objednávat vše ve velkých dávkách bez ohledu na to, co právě potřebujete, když můžete objednat cíleně po relativně malých množstvích to, co je právě žádáno?“. Oba tyto poznatky výrazně ovlivnily jeho pozdější zlepšovateľské návrhy. Tyto návrhy pak položily základy pro vznik metodologie Lean, která je dodnes hojně využívána.

Dalším myslitelem v oblasti procesního managementu, který světu přinesl termín „štíhlé výroby“ (Lean Manufacturing), byl James Womack. Ten se zabýval srovnávací studií systému řízení průmyslu ve Spojených státech, Německu a Japonsku. V roce 1990 se svým kolegou Danielem Jonesem publikoval svou první knihu. V roce 1996 na tuto knihu navázali dalším rozšířením, a to publikací s názvem „Lean Thinking“, která svým obsahem defínuje základní principy metodologie Lean (Svozilová, 2011, s. 22-23)

3.1.2.2 Popis metodologie LEAN

„Lean z anglického štíhlý, je označení metodiky pro optimalizaci procesů (někdy bývá označováno ve výrobě jako lean manufacturing), která se řídí heslem náš zákazník, náš pán a snaží se zákazníka maximálně uspokojit, tím, že společnost vyrábí, jen to, co je od zákazníka vyžadováno. Tedy hlavně v požadované kvalitě a za minimální čas. S tím jsou spojeny i interní náklady, které jsou tak minimalizovány a společnost dosahuje vyšších zisků. Metodika byla původně vyvinuta společností Toyota pod názvem TPS – Toyota Production System.“ (lean6sigma.cz).

Womack a Jones (2003) popisují Lean jako způsob „*jak dělat více s méně*“. Tím je myšleno vynaložení co nejmenšího úsilí, energie, vybavení, času, prostoru, materiálů a kapitálu – a zároveň poskytnout zákazníkům přesně to, co chtějí (Womack a Jones, 2003, s. 15).

Dále hovoří o tak zvaném „lean myšlení“. Tento pojem přirovnávají k účinné obraně proti plýtvání. Dále definují základních pět lean principů, které jsou uvedeny v následujících odrážkách:

- **Definování hodnoty pro zákazníka**

Hodnotu může definovat pouze konečný zákazník. Hodnota je zkrešlena již existující organizací, zejména inženýry a jinými odborníky. Tito lidé mohou přidávat složitost, která zákazníka nezajímá.

- **Zmapování hodnotového toku (Value-Stream Mapping)**

Hodnotový tok jsou všechny potřebné činnosti k tomu, aby se produkt dostal k zákazníkovi. Pokud nedochází ke komunikaci mezi pracovníky, kteří jsou za výrobní proces odpovědní, dochází k existenci duplicitních kroků.

- **Vytvoření toku (flow)**

Zajistit, aby kroky vytvářející hodnotu plynuly. Eliminace oddělení, která provádí jednokrokové procesy ve velkých výrobních dávkách.

- **Zajištění systému tahu (pull)**

Nechat zákazníka, aby si od společnosti požadovaný výrobek sám „vytáhl“. Myšleno tak, aby byla zajištěna dodávka zrovna toho, co si zákazník přeje, když si to přeje, kam si to přeje a způsobem, jak si to přeje.

- **Hledání dokonalosti**

Snižování času, prostoru, nákladů a chyb je nekonečný proces (Womack a Jones, 2003, s. 16-26).

Pro Earlayeho (2016) Lean znamená: „*Dělání naprostého minima, potřebného k dosažení požadovaného výsledku.*“ (Earlay, 2016, s. 2). Dále uvádí konkrétní principy, které podle něj tvoří jádro Lean metodologie. Ty jsou uvedeny v následujících odrážkách:

- **Řídit podle poptávky zákazníka** – nedělat nic do té doby, dokud neexistuje požadavek zákazníka.
- **Maximalizovat tok** – jakmile se něco začne, dokončit to.
- **Identifikovat a odstranit plýtvání** – naučit se identifikovat plýtvání ve všech jeho podobách – materiální, časové a zdrojové. Poté podniknout jakékoli kroky nezbytné k jeho odstranění.
- **Zamezit přílišné variabilitě** – variabilita vytváří atmosféru nejistoty, která způsobuje většinu výše zmíněného plýtvání. Je zapotřebí systematicky identifikovat a odstranit příčinu, nikoliv pouze příznaky.
- **Organizovat lidi na základě výsledků, kterých chcete dosáhnout** – vytvořit si organizační strukturu kolem dodávek produktů nebo služeb, které jsou poskytovány zákazníkům. Ujistit se, zdali existuje jasná individuální nebo týmová odpovědnost za konečné dodání.
- **Skills** – vybavit zainteresované pracovníky dovednostmi, které jim umožní být úspěšnější, a to na všech úrovních.
- **Jasně a jednoduše definovat opatření a kontroly** – štíhlá prostředí jsou dynamická a události se v nich odehrávají velmi rychle, je proto zapotřebí mít neustálý přehled o celé situaci. Záhodné je nastavit indikátory včasného varování v kritických bodech podniku.

- **Definovat, případně nakreslit „ideální budoucí stav“** – obraz tohoto stavu by měl být jasný a přesvědčivý. Měl by reflektovat čeho chce společnost v budoucnu dosáhnout. O tomto snažení by měl být informován každý (Earlay, 2016, s. 7-8).

Wilson (2010) ve svém díle hovoří o filozofii, která tvoří Lean jako takový. Tuto filozofii popisuje jako „*dlouhodobou filozofii růstu prostřednictvím vytváření hodnoty pro zákazníka, společnost a ekonomiku s cílem snižovat náklady, zlepšování dodacích lhůt a zvyšování kvality prostřednictvím úplné eliminace plýtvání.*“ (Wilson, 2010, s. 59).

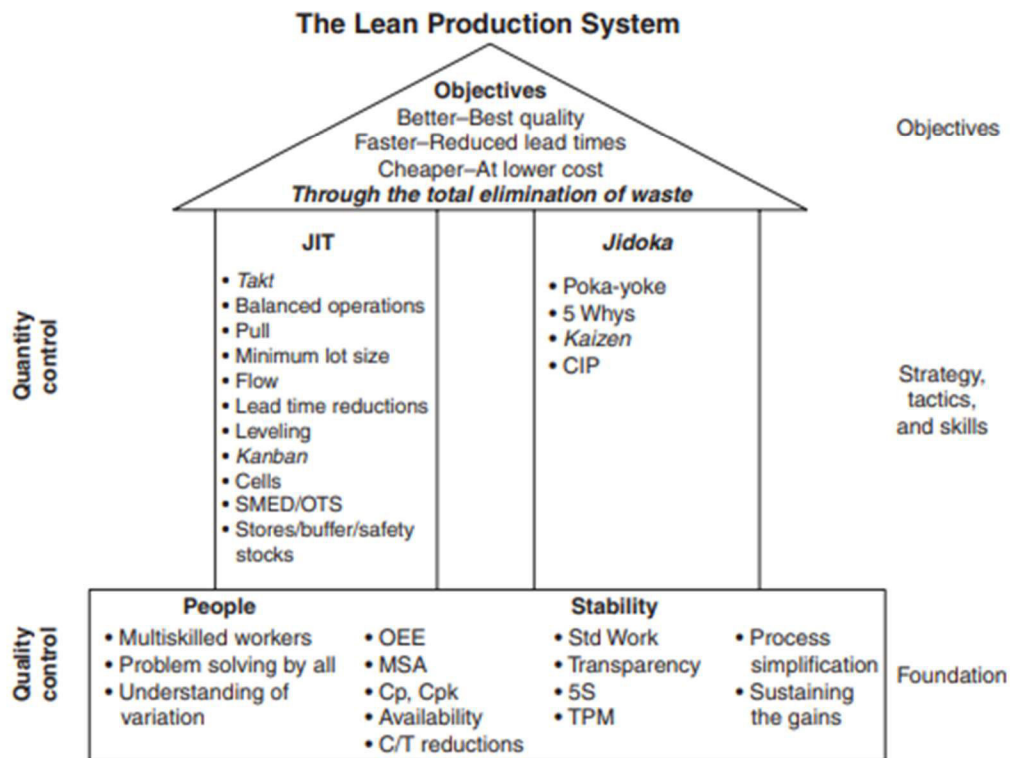
Dále dodává, že štíhlou výrobu (lean manufacturing) je třeba chápat na třech různých úrovních.

Jde o filozofii, která:

- 1) určuje cíle a kulturu společnosti
- 2) určuje základní aspekty řízení kvality, na kterých je postavena
- 3) určuje strategie, taktiky a dovednosti využívané při řízení vyráběného množství, a to takovým způsobem, aby byla zachována štíhlost (Wilson, 2010, s. 59).

Wilson (2010) zmiňuje pojem „House of Lean“, tedy dům štíhlosti, který popisnou metaforou grafického formátu napomáhá lepšímu porozumění, jak všechny tyto aspekty společně definují vyspělý systém štíhle výroby.

Přiznává, že House of Lean má svá omezení, ale považuje ho za dobrý nástroj sloužící pro edukaci pracovníků, a to za účelem lepšího pochopení cílů, strategií, taktik, dovedností a základních prvků štíhle výroby (Wilson, 2010, s. 229). House of Lean, tak jak ho ztvárnil Wilson, je na obrázku č. 1.



Obrázek 1: House of Lean (Dům štíhlosti)

Zdroj: Wilson, 2010, s. 300

3.1.3 Analýza a měření práce

„Analýza a měření práce patří mezi základní znalost průmyslových inženýrů a Lean specialistů. Jsou poměrně jednoduchým a zároveň velmi účinným nástrojem v boji proti plýtvání a neefektivnosti v procesech. Pod názvem analýza a měření práce si můžeme představit aktivity vedoucí k definování optimálního pracovního postupu a určení spotřeby času pro jednotlivé činnosti.“ (Dlabač, 2015)

Aktivity související s analýzou a měřením práce lze rozdělit do dvou základních skupin:

- Analýza práce
- Měření práce

Nejprve se provede samotná analýza práce – to odpovídá studii pracovních metod s cílem identifikovat plýtvání a neproduktivní činnosti. Záměrem tohoto snažení je zjednodušení vykonávané práce. Výstupem je nový, optimální pracovní postup.

Ve druhé fázi následuje měření práce – to znamená určení spotřeby času dané činnosti. Dochází k detailnímu sledování pracovního postupu, měření a neustálému kladení si

otázek, zdali je daná operace vykonávána tím nelepším možným způsobem, či je možné některé úkony eliminovat, sloučit nebo jinak zjednodušit. U těchto činností jsou využívány základní analytické nástroje – jako například procesní analýzy a diagramy, špagetové diagramy či mapování toku hodnot.

Samotné měření práce by mělo sloužit jako číselné vyjádření nárůstu produktivity při použití nového postupu a slouží pro stanovení objektivní normy spotřeby času (Dlabač, 2015).

Měření práce patří mezi nejpoužívanější metody časové studie, které jsou realizovány přímým měřením, a to za pomoci stopek. Kromě těchto časových studií prováděných přímým měřením, existuje i druhá skupina, v současnosti stále více používaná, a tou jsou tzv. systémy předem určených časů. V tomto případě je norma určena nepřímým způsobem – vychází se z předem definovaných časů, které danému pohybu přísluší. Potom mluvíme o tzv. nepřímém měření (Dlabač, 2015).

V následujících odstavcích budou detailněji rozebrány jednotlivé techniky přímého a nepřímého měření, a to se zaměřením na nejpoužívanější metody.

Přímé měření

Jak již bylo zmíněno výše, jedná se o stanovení spotřeby času pomocí stopek, potřebných formulářů, případně specializovaného zařízení či softwaru.

Přímé měření lze rozlišovat na dva základní přístupy. V případě, kdy je studie zaměřena na sledování pracovníka, hovoříme o snímku pracovního dne. Pokud je studie prováděna za účelem sledování a určení času operace, mluvíme nejčastěji o tzv. chronometráži.

Chronometráž

Patří mezi nejpoužívanější způsob stanovení výkonové normy – je používána za účelem stanovení délky trvání určitého pracovního děje (operace). Při použití této metody dochází k rozdělení měřené operace do několika dílčích úseků – úkonů či měřících bodů. Časová spotřeba těchto jednotlivých úkonů je následně zaznamenávána do předem připraveného formuláře. Hlavní výhody, které plynou právě z rozdělení operací na jednotlivé dílčí úkony jsou následující:

- Vyloučení extrémních hodnot jednotlivých úkonů a zajištění poměrně vysoké spolehlivosti měření.

- Možnost balancování operací (lze následně přesouvat jednotlivé úkony mezi pracovníky).
- Definování problémových úkonů (Dlabač, 2015).

Snímek pracovního dne

Jedná se o techniku, kde dochází k nepřetržitému pozorování veškeré spotřeby času během směny. Je využívána za účelem získání přehledu o spotřebě času, identifikování plýtvání, určení poměru činností nepřidávajících hodnotu – po této studii lze následně dojít k návrhu nové formy organizace práce.

Snímkování pracovního dne se používá pro definování nepravidelných činností – lze využít jako podklad pro stanovení velikosti přírážky. Využívána je i v případě, kdy je zapotřebí získat informaci o aktuálním stavu využití jednotlivých pracovníků – tento poznatek může například vést k nastavení vícestrojové obsluhy.

Snímkování nemusí být nutně využíváno pouze ve výrobních procesech, ale lze ho použít i v procesech administrativních (Dlabač, 2015).

Nepřímé měření

Nepřímé měření (případně systém předem určených časů) je využíváno za účelem získání rozboru jednotlivých úkonů na základní pohyby, kterým je následně přiřazen index odpovídající určité spotřebě času.

Systémy předem určených časů mají v porovnání s přímým měřením následující výhody:

- Odpadnutí subjektivity při stanovování stupně výkonu (v důsledku toho, že tyto systémy pracují se stupněm 100% výkonu).
- Možnost použití pro stanovení budoucích operací.
- Možnost použití pro racionalizaci pracovního postupu, organizaci a uspořádání pracoviště.

Metoda MTM (Methods Time Measurement)

Je pravděpodobně nejznámější metodou, ze které vychází většina současných řešení. Problémem tohoto přístupu je nutnost znalosti detailního popisu vykonávaných pohybů – je zapotřebí znát typ pohybu, jeho náročnost, vzdálenosti, hmotnost objektu a další. Komplikací je skutečnost, že je velmi obtížné specifikovat pohyb pracovníka, a to

zejména z toho důvodu, protože různí operátoři nevykonávají pohyb nikdy zcela stejným způsobem. Dalším problémem představuje poměrně značná složitost celého systému i časová náročnost vlastní analýzy. Motivováno nezbytností tyto analýzy zrychlit a zefektivnit, zejména ve výroбах, které se nevyznačují tak vysokou sériovostí, došlo k vývoji a vzniku nových systémů, které jsou odvozeny právě z metody MTM. Jedná se pak konkrétně o metody jako MTM2, UAS, USD a další.

MOST (Maynard Operation Sequence Technique)

Jde o nejpoužívanější systém předem určených časů dnešní doby. Tato metoda umožňuje značné zvýšení produktivity vykonávané analýzy při zachování vysoké přesnosti. Lze ji využít ve všech odvětvích průmyslu. Univerzálnost tohoto přístupu je zajištěna díky členění na jednotlivé metody – Mini MOST, Basic MOST, Maxi MOST, Admin MOST.

Basic MOST

Basic MOST je jednoznačně nejpoužívanější z metod uvedených výše. Slouží k normování činností trvajících několik desítek vteřin až několik minut a její využití je dostatečné pro většinu běžných činností.

Basic Most je tedy systém pro analyzování, měření a následnou optimalizaci práce. Tato metoda vychází ze skutečnosti, že při všech činnostech, vykonávaných ve výrobě dochází k přemísťování objektů. Objekt lze přemísťovat následujícími způsoby:

- Volným pohybem (volně vzduchem)
- Řízeným pohybem (jasně definovaná dráha pohybu)
- Pomocí ručního nástroje
- Pomocí ručního jeřábu

(Dlabač, 2015)

Podle způsobu pohybu metoda Basic MOST následně rozčleňuje aktivity do čtyř základních sekvencí, které jsou zobrazeny na obrázku č. 2.

Sekvenční modely pro systém Basic MOST		
Aktivita/druh pohybu	Sekvenční model	Parametr
Obecné přemístění	ABGABPA	A - Action distance (Akce na určitou vzdálenost)
		B - Body motion (Pohyb těla)
		G - Gain control (Získání kontroly)
		P - Placement (Umístění)
Řízené přemístění	ABGMXIA	M - Move controlled (Přesun řízený)
		X - Processtime (Procesní čas)
		I - Alignment (Vyrovnání)
Použití ručního nástroje	ABGABP*ABPA	F - Fasten (Utáhnout)
		L - Loosen (Uvolnit)
		C - Cut (Dělit)
		S - Surface treat (Povrchová úprava)
		M - Measure (Měřit)
		R - Recor (Zaznamenat)
Použití ručního jeřábu	ATKFVLVPTA	T - Think (Myslet)
		T - Transport unloaded (Transport prázdný)
		K - Hook up and unhook (Zaháknutí a vyháknutí)
		F - Free object (Uvolnění objektu)
		L - Loaded mode (Transport naložený)
		V - Vertical Move (Vertikální přemístění)

A ₁₀	B ₆	G ₃	A ₁₀	B ₀	P ₁	A ₀
-----------------	----------------	----------------	-----------------	----------------	----------------	----------------

Obrázek 2: Sekvenční modely metody Basic MOST

Zdroj: Dlabač, 2015 (e-api.cz)

3.1.4 Štíhlé měření

3.1.4.1 Měření správných věcí a metrik

Earlay (2016) ve své práci zmiňuje, že většina lidí si uvědomuje důležitost měření, obzvláště pak měření výkonnosti. Dodává, že však často dochází k měření „všeho“, a to z důvodu ujistění se, že někde v tom všem budou naměřeny i ty skutečně klíčové a správné věci. Konstatuje, že podstatou Leanu je však dělat pouze to nutné a skutečně důležité, a proto je zapotřebí se tomuto způsobu měření vyvarovat, případně ho z procesu vyřadit.

Dále popisuje rozdíl mezi mírou a metrikou, a to následujícím způsobem:

- Míra je věc, které přiřazujeme hodnotu – tedy to, co měříme a jeho hodnota. Může se jednat o hodnotu současnou nebo minulou.

- Metrika se skládá ze tří částí: z míry (definována výše), z cíle, a z důsledku dosažení nebo nedosažení tohoto cíle (Earlay, 2016, s. 80).

Tvrdí, že pokud chceme ve společnosti podněcovat správné Lean myšlení a chování, je zapotřebí se zaměřit na měření správné míry, poskytovat jasné cíle a stanovit odpovídající důsledky za jejich splnění, případně nesplnění.

Jak již bylo zmíněno výše, je zapotřebí věnovat pozornost pouze důležitým věcem. Na problematiku určení, co je opravdu důležité, Earlay (2016) doporučuje následující otázky:

- Poskytujeme dostatek?
- Poskytujeme správné věci?
- Děláme to s minimem plýtvání?

Zmiňuje, že je zapotřebí určit a měřit vhodné míry, které dávají dostatečnou odpověď na tyto otázky, následně stanovit s nimi spojené cíle a důsledky při jejich plnění, případně neplnění (Earlay, 2016, s. 79-85).

3.1.4.2 Vybrané pojmy využívané v Lean manufacturing

Cycle Time – C/T (čas cyklu)

Čas cyklu odpovídá časové spotřebě, za kterou je pracovník schopen provést všechny své pracovní úkony, než je zopakuje. Čas cyklu může také udávat údaj o tom, jak často je díl nebo produkt výrobním procesem skutečně dokončen. Je zjištěn pozorováním a měřením pomocí stopek (Rother a Shook, 2009).

Takt time – TT (čas taktu)

„Čas taktu je to tempo, kterým zákazník odeberá daný výrobek nebo službu. Čas taktu definuje, jak rychle by měl daný proces probíhat, aby došlo ke splnění požadavků zákazníka.“ (e-api.cz)

Snahou je vyrovnání času taktu tak, aby odpovídal času cyklu.

Čas taktu je definován následujícím vztahem:

$$Takt\ time = \frac{\text{čistý dostupný pracovní čas na den}}{\text{celkový denní požadavek zákazníka}} \quad (\text{e-api.cz})$$

Value-Creating Time – VCT (čas vytváření hodnoty)

Čas těch pracovních úkonů, které přetvářejí produkt způsobem, za který je zákazník ochoten zaplatit (Rother a Shook, 2009).

Lead Time – LT (průběžná doba)

Doba, za kterou jeden kus projde celým procesem nebo hodnotovým tokem od začátku do konce (Rother a Shook, 2009). Snaha je o to, aby tento čas byl co nejkratší.

Tento čas zahrnuje i spotřebu času na přípravu výroby a na expedici. *„Představuje ukazatel, který charakterizuje celý tok materiálu, a především všechny doby uskladnění, které se berou v úvahu na cestě výrobků k zákazníkovi. Průběžná doba především závisí na propojení procesů...“* (lean-fabrika.cz).

3.2 Value-Stream Mapping

3.2.1 Co je to Value-Stream Mapping

Metoda Value-Stream mapping (VSM), v českém znění známá jako mapování hodnotového toku, je považována jako jeden z nástrojů vycházející z lean metodologie, a podle Christopa Rosera (2015) se jedná o nejdůležitější a nejvyužívanější praktiku z oblasti „štíhlého zlepšování“.

Hlavními cíli lean manufacturing neboli štíhlé výroby je snižování plýtvání a zlepšení materiálového, případně informačního toku. Pro redukci plýtvání je zapotřebí pochopit, kde k němu v procesu dochází, a právě mapa hodnotového toku (value stream map) je navržena tak, aby tato místa graficky znázornila. Forma VSM, vychází z principů, které dříve vyvinula Toyota, a které se využívali v mapách materiálových a informačních toků za účelem odhalení plýtvání, včetně jejich příčiny (King a King, 2015, s. 1).

Rother a Shook (2009) ve svém úspěšném díle s názvem Learning to See, popisují VSM jako metodu, která umožňuje vytvořit strukturovaný obraz materiálového a informačního toku. Value-Stream mapping si představují jako sled následujících aktivit: *„Sledování výrobní cesty produktu od zákazníka k dodavateli, a přitom pečlivě zakreslit vizuální znázornění každého procesu v informačním a materiálovém toku. Poté si položit sadu klíčových otázek a nakreslit mapu „budoucího stavu“ tak, jak by měla proudit hodnota.“* Neustálým opakováním tohoto procesu, popisují jako nejjednodušší a nejlepší cestu k

tomu, jak se naučit vidět hodnotu, ale zejména také zdroje plýtvání (Rother a Shook, 2009, s. 2).

3.2.2 Hodnota, hodnotový management

Hodnota je úzce spjata s metodou VSM. Hodnotu, ve spojitosti s podnikem, lze interpretovat například jako maximální částku, kterou je ochoten nebo schopen zákazník zaplatit za daný výrobek či službu.

Podle Mašína (2003) existují různé názory na to, co ovlivňuje hodnotu produktu a dochází často k nerozlišování různých vlivů vykonávaných aktivit na náklady a hodnotu. Hovoří o tom, že při zpracování materiálu, vynaložené práci či při samotné režii dochází ke zvyšování nákladů automaticky, ale upozorňuje na to, že vynaložené náklady nemusí vždy nutně zvyšovat hodnotu produktu či služby pro zákazníka, pokud při vynaložení nákladů není zvyšována schopnost produktu či služby dochází ke snížení hodnoty (Mašín, 2003, s. 9).

V druhé polovině minulého století byl formulován tzv. hodnotový management, který je zaměřen na maximalizaci hodnoty pro zákazníka. Hodnotový management je univerzální disciplínou, avšak v procesním a průmyslovém inženýrství, i v oblasti štihlé výroby je využíván zejména z hlediska „hodnotových studií“. Z pohledu hodnotového management je v této oblasti využíván doplňující přístup, kterému dominuje časový aspekt. Ve výrobní oblasti jsou pak nejvíce zajímavé právě tyto hodnoty:

- Čas, kdy je hodnota přidávána
- Průběžná doba, po kterou produkt vzniká
- Poměr času přidávání hodnoty a průběžné doby
- Počet procesních kroků, kdy vzniká hodnota
- Celkový počet procesních kroků apod. (Mašín, 2003, s. 10).

Čas, kdy je přidávána hodnota

Hodnotový management hodnotu definuje jako poměr mezi užitnými vlastnostmi produktu a vynaloženými náklady:

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

Z tohoto vztahu vyplývá, že pokud při zvyšování nákladů nedochází k růstu užítku pro zákazníka, hodnota se zmenšuje.

Do definice hodnoty lze zavést také pojem efektivnosti, a to následujícím způsobem:

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

Výsledky tohoto vztahu mohou být pak velmi zajímavé při navrhování, zavádění a zlepšování procesů (Mašín, 2003, s. 11).

Čas, kdy je produktu přidávána hodnota, je z procesního pohledu chápán „jako čas, kdy probíhají aktivity, při nichž se výrobek mění ve své fyzikální či chemické podstatě, nebo aktivity, které přibližují produkt zákazníkovi.“ (Mašín, 2003, s. 11).

V této souvislosti lze pak odvodit vztah, který Mašín (2003) ve své práci nazývá jako „VA-index“ (value added index), v anglické terminologii známý jako „Value Percentage of Time“ nebo „Value Added Ratio“, který se využívá při posuzování individuálních operací z hlediska poměru času, kdy se přidává hodnota. Tento vztah je procentní hodnota doby, ve které je produktu přidávána hodnota vůči celkové průběžné době. VA-index tedy vypadá následujícím způsobem:

$$VA\ index = \frac{\text{Čas, kdy je produktu přidávána hodnota}}{\text{Celková průběžná doba, po kterou produkt vzniká}} [\%]$$

Z hlediska základních principů podnikání je v zájmu společnosti, hodnotu VA-indexu zvyšovat, a to zejména technikami moderního průmyslového inženýrství, štíhlé výroby a logistiky (Mašín, 2003, s. 12).

3.2.3 Hodnotový tok

Základem podnikání je poskytování zboží a služeb, které mají pro jejich zákazníky hodnotu. Tato skutečnost rozhoduje o přežití společnosti, a to také popisuje ve svém díle Tapping a Shuker (2003).

Ti dále definují „tok informací a materiálů (pracovních jednotek), které tuto hodnotu vytvářejí“, jako hodnotový tok. (Tapping a Shuker, 2003, s. 33).

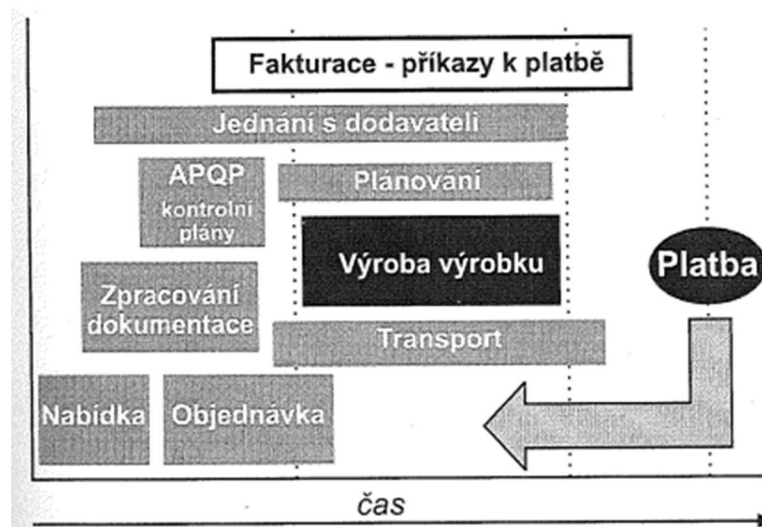
Podle nich hodnotový tok (value stream) tvoří následující:

- Vše, včetně aktivit nepřidávajících hodnotu, co souvisí s přeměnou z prvotních informací a surového materiálu na to, co je ochoten zákazník zaplatit.
- Komunikace v celém dodavatelském řetězci týkající se objednávek a objednávkových předpovědí.
- Síť procesů a operací, jejichž prostřednictvím materiály a informace proudí v čase a prostoru, během jejich přeměny (Tapping a Shuker, 2003).

Podle Mašina (2003) je hodnotový tok „*souhrn všech aktivit v procesech, které vůbec umožňují vlastní transformaci materiálu na konkrétní zboží, jež má hodnotu pro zákazníka.*“ (Mašín, 2003, s. 13). Tito autoři se shodují na tom, že obsahem hodnotového toku jsou jak aktivity tvořící hodnotu výrobku a služby, tak i aktivity nepřidávající hodnotu.

Mašín (2003) dále dodává konkrétní příklady z výrobního prostředí, které mohou být součástí hodnotového toku. Vybrané příklady jsou zpracovány v následujících odrážkách a na obrázku č. 3 je pak zobrazena ukázka obecného hodnotového toku ve výrobě.

- Zpracování nabídek
- Zpracování návrhu
- Zpracování konstrukční a technologické dokumentace
- Transport materiálu
- Výrobní plánování
- Výrobní operace atd.



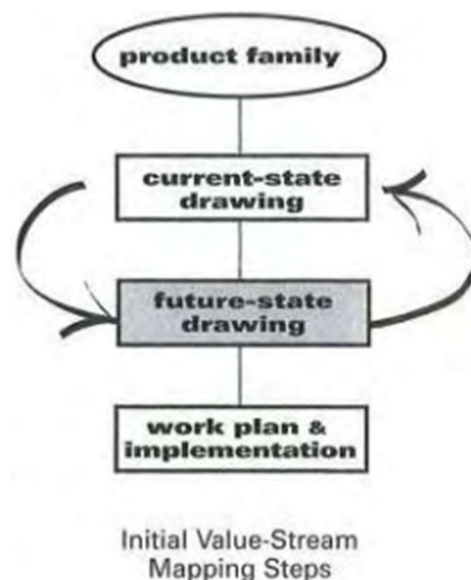
Obrázek 3: Obecný hodnotový tok ve výrobě

Zdroj: Mašín, 2003, s. 13

3.2.4 Postup při mapování

Mapování toku hodnot se skládá ze čtyř obecných základních kroků. Tyto po sobě jdoucí kroky jsou uvedeny níže v číslovaném seznamu a také na obrázku č. 4. Dále jsou pak podrobněji rozebrány.

1. Výběr vhodného reprezentanta z rodiny produktů – měl by být vybrán takový produkt, který je nejtypičtějším zástupcem, pro daný typ procesu.
2. Znárodnění současného stavu – zaznamená se současný stav procesů – to znamená, že se zakreslí materiálové a informační toky za účelem zpřehlednění aktuální situace ve výrobě.
3. Znárodnění budoucího stavu – po dokončení předcházejícího kroku se provede návrh mapy budoucího stavu procesů. V tomto kroku také dochází ke zvýraznění problémových míst a zdrojů plýtvání.



Obrázek 4: Postup při mapování hodnotového toku

Zdroj: Rother a Shook, 2009, s. 7

4. Vytvoření akčního plánu a jejich implementace – na základě mapy budoucího stavu se vytvoří akční plán, který popisuje způsob dosažení plánovaných změn a časový harmonogram těchto nápravných akcí (Rother a Shook, 2009).

Je důležité zmínit, že mapu VSM je ideální vytvořit během co nejkratší doby, aby nebyla ovlivněna změnami v procesu a hodnota dat nebyla zkreslená (Bejčková, 2017).

3.2.4.1 Výběr reprezentanta z rodiny produktů

Před tím, než se začne mapovat celý proces, je důležité se zaměřit pouze na jednu produktovou rodinu, a z ní pak vybrat vhodného reprezentanta. Je to podstatné z toho důvodu, protože zákazníka zajímá pouze jeho specifický produkt, ne všechny produkty společnosti. Dalším důvodem je skutečnost, že u většiny firem dochází k výrobě více výrobků, zakreslení všech výrobních toků do jedné mapy je příliš komplikované (Rother a Shook, 2009, s. 4).

Bejčková (2017) dodává, že by se mělo jednat o „rodinného zástupce, který je nejtypičtější pro daný model procesu.“ (Bejčková, 2017), tak jak již bylo zmiňováno výše.

Produktová rodina je skupina produktů, která prochází podobnými procesními kroky a je použito stejných, případně podobných nástrojů v navazujících procesech (Rother a Shook, 2009, s. 4).

Rother a Shook (2009) následně doporučují, aby došlo k jasnému sepsání následujících informací:

- Jaká konkrétní produktová rodina byla zvolena.
- Kolik různých hotových modelových čísel v této produktové rodině je zastoupeno.
- Jaké množství je požadováno zákazníkem a jak často.

Pokud je sortiment výrobků složitý, je možné pro určení vhodné produktové rodiny, využít následující způsoby:

- 1) Uplatnění matice s montážními kroky – výběr je uskutečněn na základě podobnosti výrobního postupu (viz obrázek č. 5).

	Assembly Steps & Equipment							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	X	X	X		X	X		
B	X	X	X	X	X	X		
C	X	X	X		X	X	X	
D		X	X	X			X	X
E		X	X	X			X	X
F	X		X		X	X	X	
G	X		X		X	X	X	

Obrázek 5: Výběr produktové rodiny
Zdroj: Rother a Shook, 2009, s. 4

- 2) Uplatnění metody ABC, která vychází z Paretova pravidla.

3.2.4.2 Znázornění současného stavu

Znázornění současného stavu začíná hrubým nákresem daného procesu. Rother a Shook (2009) doporučují náčrtek ztvárnit pomocí tužky a papíru. Mapování vždy začíná u zákazníka, ten se zakreslí do pravého horního rohu, včetně jeho požadavků. Dalším krokem je náčrtek výrobních procesů. Postupuje se od procesu k procesu. Během této aktivity je zapotřebí získat data, která jsou významná pro analýzu, na jejímž základě dochází ke zpracování budoucího stavu. Následující kroky budou pro přehlednost a stručnost uvedeny v číslovaném seznamu:

1. Zaznamenat velikost zásob v místech skladování a stav rozpracované výroby.
2. Přepočítat velikosti zásob podle denní potřeby zákazníka.
3. Zakreslit materiálové toky a sklady s údajem o velikosti zásob ve dnech včetně zakreslení externí dopravy.
4. Zakreslit dodavatele a zaznamenat všechny informace s ním spojené.
5. Nakreslit informační toky od zákazníka přes společnost až po externího dodavatele, dále pak zaznamenat informační systém a způsob plánování.
6. Zaznamenat způsob pohybu materiálu – zdali se jedná o způsob tahový (pull), nebo o tlakový (push) způsob.
7. Přidat do spodní části mapy linku, která zaznamenává, zdali se jedná o aktivitu přidávající hodnotu nebo o aktivitu nepřidávající hodnotu, včetně dat.
8. Součet, případně jiný výpočet hodnot, které zajistí základní údaje o hodnotovém toku (Rother a Shook, 2009).

3.2.4.3 Znázornění budoucího stavu

Mapování hodnotového toku je prováděno za účelem zvýraznění zdrojů plýtvání. Naplněním budoucího stavu hodnotového toku by mělo vést k odstranění těchto zdrojů. „Cílem je vybudovat výrobní řetězec, kde jsou jednotlivé procesy spojeny se zákazníkem buď kontinuálním tokem, nebo tahem, a každý proces se co nejvíce podobá výrobě pouze toho, co jeho zákazník potřebuje, a když to potřebuje.“ (Rother a Shook, 2009, s. 49).

P. King a J. King (2015) považují mapy budoucího stavu jako důležitý výsledek analýzy současného stavu a vnímají je jako rozhodující faktor, který přispívá k motivaci při implementaci zlepšovacích návrhů. Tyto mapy poskytují vizuální plán zlepšovacích

návrhů, které je řadí do logicky po sobě jdoucích skupin. Mapa budoucího stavu, která je v současné době implementována, by měla být udržována v aktuálním stavu, stejně jako by měly být zaznačeny již provedená zlepšení. Mapa by pak měla být vyvěšena tak, aby byli všichni informováni o pokroku a o současném stavu zlepšovacého projektu (King a King, 2015, s. 136).

Při vytváření mapy budoucího stavu je zapotřebí znalosti principů štlé výroby a jejich nástrojů. Při její tvorbě pak může vyjít najevo, že některé nápady není možné zrealizovat, naopak pak může dojít k neočekávaným, pozitivním zjištěním (Lee a Snyder, 2007).

Při vytváření mapy budoucího stavu je užitečné si zodpovědět následující klíčové otázky:

- Jaký je čas taktu, který je založen na dostupnosti pracovní doby navazujících procesů, které jsou nejbliže zákazníkovi?

Čas taktu v praxi znamená, jak rychle by měl daný proces probíhat, aby došlo ke splnění požadavků zákazníka (e-api.cz).

- Budou se hotové produkty vyrábět na sklad, ze kterého zákazník odebírá, nebo budou přímo expedovány?
- Kde je možné využít zpracování způsobem plynulého kontinuálního toku?
- Kde je zapotřebí využít tahového způsobu skladování k řízení výroby předcházejících procesů?
- V jakém bodě výrobního řetězce se bude plánovat výroba? Tento bod lze nazvat jako „proces udávající rytmus“.
- Jakým způsobem bude výrobní skladba přizpůsobena „procesu udávajícímu rytmus“?
- Jakým způsobem bude regulována práce v bodě „procesu udávajícího rytmus“?
- Jaké zlepšení procesů bude nezbytné vykonat, aby tok hodnot probíhal dle návrhu budoucího stavu? (Rother a Shook, 2009, s. 50).

V momentě, kdy jsou tímto způsobem zpracovány myšlenky o budoucím stavu, přechází se na tvorbu konkrétní mapy budoucího hodnotového toku.

Postup při tvorbě mapy budoucího stavu bude pro stručnost a jednoduchost uveden v číslovaném seznamu níže. Tento postup je vypracován podle diplomové práce Martina Ambrose, který vycházel z díla Ivana Mašina (2003) a z díla Leeho a Snydera (2007).

1. Provedení revize mapy současného stavu. Tím je myšleno prověření správnosti mapy, ověření, zdali mapě rozumí zodpovědné osoby a identifikace hlavních oblastí pro zlepšení.
2. Zakreslení konkrétních zlepšovacích návrhů do mapy současného stavu.
3. Navržení možných zlepšení materiálového a informačního toku.

Po dokončení prvních tří kroků následuje vytvoření mapy budoucího stavu, a to následujícím způsobem:

4. Zakreslení zákazníka, včetně příslušných údajů o něm.
5. Zakreslení externího dodavatele, včetně příslušných údajů.
6. Ztvárnění nového, optimalizovaného výrobního procesu, včetně příslušných údajů.
7. Zakreslení materiálových toků a skladů, včetně údajů o plánované velikosti zásob ve dnech.
8. Zakreslení navrhované formy externího transportu.
9. Zakreslení nových informačních toků od zákazníka, napříč společnostmi, až k externímu dodavateli.
10. Do spodní části vyznačit linku, která zaznamenává, zdali se jedná o aktivitu přidávající hodnotu nebo o aktivitu nepřidávající hodnotu, včetně dat.
11. Výpočet hodnot souvisejících s nově vytvořeným výrobním tokem.
12. Dle vypočtených hodnot provést porovnání současného a budoucího stavu.
13. Revize mapy a sestavení akčního plánu pro implementaci nových toků.
14. Prezentace mapy, akčního plánu a vystavení mapy na vhodné a přístupné místo (Ambros, 2017, s. 35).

3.2.4.4 Vytvoření akčního plánu a implementace

Po vytvoření mapy budoucího stavu následuje její proměna v realitu. Obsahem této mapy mohou být zásadní změny, které nejsou realizovatelné ze dne na den, je tedy zapotřebí vytvořit dlouhodobý plán. V literatuře je tento plán nazýván různě a jeho pojetí se může podle jednotlivých přístupů lišit.

Rother a Shook (2009) doporučují vytvořit „roční value-stream plánu“. Tento plán vytvořený za účelem dosažení budoucího hodnotového toku popisují jako kompaktní dokument, který obsahuje následující části:

- Mapu budoucího stavu
- Detailní procesní mapy a další potřebné layouty
- Roční value-stream plán

Roční value-stream plán pak obsahuje následující:

- Přesně definované body, které popisují, co přesně udělat a kdy, a to krok za krokem
- Měřitelné cíle
- Jasně kontrolní body s konečnými termíny a konkrétním pojmenováním, kdo je zodpovědný za jejich ověření (Rother a Shook, 2009, s. 75-80).

Tapping a Shuker (2003) hovoří o tvorbě tzv. „kaizen plánu“. Samotný název kaizen odkazuje na filozofii či postupy při zlepšování procesů ve výrobě.

Při tvorbě kaizen plánu se začíná přezkoumáním, z jakého důvodu se dané zlepšovací činnosti budou provádět a jaký to bude mít pro společnost význam. Je zapotřebí si odpovědět na následující otázky, aby došlo k potvrzení, že za implementací stojí skutečný strategický záměr:

1. Proč do hodnotového toku zavádět štihlost (lean)?
2. Jaký dopad bude mít implementace na zákazníky?
3. Jakému zlepšení kvality bude implementací dosaženo?
4. Jakých úspor bude dosaženo?
5. K jakým strategickým cílům se tento projekt vztahuje?

Důkladné zodpovězení těchto otázek by mělo pomoci k získání dostatečné podpory u všech zainteresovaných stran. V tomto bodě je vhodné nastavit navrhované cílové metriky a přidat je do scénáře. Dále následuje kontrola informací z plánu budoucího stavu a určení šestiměsíční cílové metriky. To je nápomocné zejména pro řízení kaizen plánu.

Jak již bylo zmíněno dříve, není možné implementovat všechny zlepšující návrhy najednou. Je proto nutné je rozdělit na jednotlivé fáze.

Při plánování implementačních fází je doporučováno postupovat následujícím způsobem:

1. Naplánovat, jak uspokojit poptávku zákazníka
2. Naplánovat, jak zlepšit průběh procesů

3. Naplánovat rozvržení práce (Tapping a Shuker, 2003, s. 135-136)

Po vytvoření tohoto scénáře pak následuje jeho prezentace vrcholovému vedení a samotná implementace.

3.3 Systém a systémové prostředí

Pro modelování systému je podstatné nejprve pochopit koncept systému a určit jeho hranice. (Banks et al., 2010, s. 30)

Systém je definován jako skupina objektů (ve výrobním prostředí se může jednat například o stroje, komponenty, pracovníky atd.), která je vzájemně provázána nějakou pravidelnou interakcí, případně jinou vzájemnou závislostí k dosažení nějakého zamýšleného záměru. (Banks et al., 2010, s. 30)

Jako vše na tomto světě je také systém obklopen vnějším prostředím. Změny v tomto prostředí pak často ovlivňují i samotný systém. (Gordon, 1978) Při modelování systému je důležité dokázat rozlišit systém od jeho prostředí. Proto je zapotřebí definovat pomyslnou hranici, která tyto pojmy od sebe oddělí. Rozhodnutí o tom, kde tato hranice bude definována, by mělo záviset na účelu studie konkrétního systému. (Banks et al., 2010, s. 30)

Ukázka, jak může vypadat takový systém včetně jeho komponentů, je demonstrována na následujícím příkladu. Mohlo by se jednat o výrobní systém, jehož součástí jsou entity jako stroje, u nichž se budou pozorovat vlastnosti jako je rychlost, kapacita, míra poruchovosti. Jednotlivé činnosti systému by mohli být aktivity jako svařování a lisování. Pozorovanými událostmi by mohly být například jednotlivé poruchy strojů. Za stavovou proměnnou by v tomto případě šel považovat například status stroje (zaneprázdněný, nečinný nebo porouchaný). (Banks et al., 2010, s. 31)

3.3.1 Typy systémů

Systémy lze klasifikovat různými způsoby. V této části budou zmíněny vybrané typy systémů a jejich rozdělení, budou popsány jejich definice a vzájemné odlišnosti.

První klasifikace podle Petera Checklanda (Checkland, 1981), který ve svém díle člení systémy na čtyři základní skupiny:

- Přirozené systémy – systémy, jejichž původ leží v počátcích vesmíru

- Navrhované (umělé) systémy – jsou uměle vytvořeny lidským snažením. Vznikají s předem daným záměrem.
- Systémy lidských aktivit – Jsou to systémy, v nichž jsou rozhodujícími prvky lidé (pozorování jako přirozené systémy), kteří však tvoří sociálně-kulturní systém (Hálek, Palatová, Škapa, s. 42)
- Transcendentální systémy – systémy lidských aktivit. Lze je také vnímat jako kvalitu vztahů mezi prvky systému (Checkland, 1981; Hálek, Palatová, Škapa, s. 42).

Systémy podle interakce s okolím:

- Řízený (orientovaný) systém – u daného systému lze rozlišit vstupy a výstupy.
- Neřízený (volný) systém – u tohoto systému dělení na vstupy a výstupy neexistuje nebo není známo.

Systémy podle kauzality:

- Deterministický systém – lze-li úplně popsat chování systému jako množinu uspořádaných dvojic příčin a následků, tzn. jestliže určité příčině odpovídá vždy stejný následek.
- Stochastický systém – je opakem deterministického systému, tzn. že jedné příčině může odpovídat i několik různých následků (s různými pravděpodobnostmi).

Dynamické a statické systémy:

- Dynamický systém – proměnné se s časem mění.
- Statický systém – proměnné se s časem nemění. (Teorie systémů, 2004, s. 2-3)

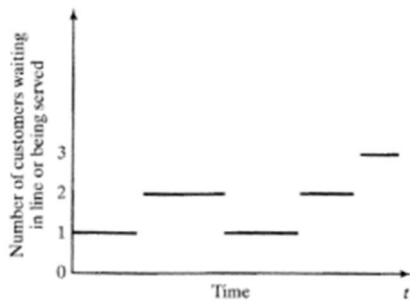
V oblasti simulací systémů je však na systémy nejčastěji nahlíženo jako na systém diskrétní nebo spojitý.

Diskrétní a spojitý systémy:

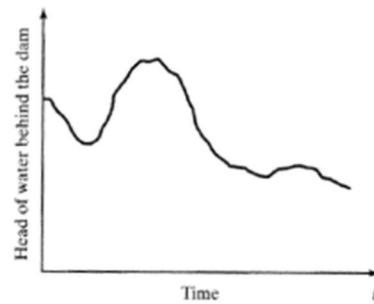
Diskrétní systém je takový systém, jehož proměnné se v čase mění pouze v diskrétním souboru bodů. Proměnné nabývají hodnot z množiny celých čísel. (Banks et al., 2010, s. 31), (Teorie systémů, 2004, s. 3)

Spojitý systém je systém, u něhož proměnné v čase nabývají reálných hodnot a jsou spojité. (Teorie systémů, 2004, s. 3)

Jejich hodnoty tak mají charakter, který lze vidět na obrázku č. 6 a 7.



Obrázek 7: Diskrétní systém



Obrázek 6: Spojitý systém

Zdroj: Banks et al., 2010, s. 32

3.4 Simulace

3.4.1 Co je to simulace

Jeden z uznávaných odborníků, pan BSc. Stewart Robinson, Ph.D. (2014), který se dodnes v praxi, ale také jako profesor a výzkumný pracovník anglické Loughborough University of Management Science věnuje problematice simulačního modelování, v úvodu své knihy definuje **simulaci** co možná nejjednodušším a nejobecnějším způsobem jako: „*Imitaci systému*“. (Robinson, 2014, s. 2) Imitaci popisuje jako napodobování nebo kopírování něčeho jiného. Výsledky těchto činností pak lze nazvat v obecné rovině jako simulace.

Popisuje klíčový rozdíl mezi imitacemi. Jako nejzásadnější rozdíl uvádí, zdali se v konkrétním případě zahrnuje plynutí času, či nikoliv. (Robinson, 2014, s. 2) V tomto důsledku proto dochází k rozdílnosti u konceptů **statické simulace**, která imituje systém pouze v určitém časovém okamžiku, a **dynamické simulace**, která imituje systém jako uskutečnění progresů v čase (Law, 2007). Robinson (2014) pak dodává, že termín simulace se nejčastěji používá v kontextu dynamické simulace.

Vzhledem k povaze se tato práce bude dále zabývat především počítačově orientovanými dynamickými simulacemi.

Robinson (2014) dále rozšiřuje obecnou definici simulace o čtyři aspekty. Těmito aspekty jsou operační systémy, účel/záměr, zjednodušení a experimentování. Po tomto rozšíření definuje simulaci jako: „*Experimentování se zjednodušenou imitací (na počítači) operačního systému, tak jak se vyvíjí v čase, za účelem lepšího porozumění a/nebo zlepšení tohoto systému.*“ (Robinson, 2014, s. 5)

Law (2015) definuje **simulaci** následujícím způsobem: „*V simulaci používáme počítač k numerickému vyhodnocení modelu, data jsou shromažďována tak, aby bylo možné odhadnout požadované skutečné charakteristiky modelu.*“

Mes (2017) dále dodává: „*Simulace se soustředí na dosažení výsledků, které se dají přenést do reálného světa.*“

3.4.2 Proč simulovat, výhody a nevýhody simulace, oblast využití

Simulace je široce používaná, poslední dobou také stále oblíbenější metoda, která slouží pro zkoumání složitých systémů (Law, 2015, s. 70).

Pro zodpovězení na otázku, proč simulovat rozebírá Robinson (2014) odpověď do třech perspektiv. Zprv hovoří o potřebě použít simulaci vzhledem k povaze operačních systémů. Za druhé popisuje výhody simulace oproti jiným přístupům k pochopení a zdokonalení systému. Nakonec rozebírá nevýhody simulace pro uvědomění si toho, zda tento přístup při rozhodování použít či nikoliv (Robinson, 2014, s. 9).

3.4.2.1 Použití simulace vzhledem k povaze operačních systémů

„*Řada operačních systémů jsou vzájemně propojeny a podléhají variabilitě a komplexnosti.*“ (Robinson, 2014, s. 13)

Vzájemné propojení systému znamená, že jednotlivé komponenty systému nepracují izolovaně, ale vzájemně se ovlivňují. Proto při změně jednoho prvku systému dochází ke změně prvku druhého.

Variabilita v systému může být předvídatelná nebo nepředvídatelná. Předvídatelné variace ve výrobním prostředí mohou představovat změny počtu pracovníků na směnu a nepředvídatelnými variacemi mohou být poruchy vybavení určité výrobní buňky.

Pro komplexnost nebo také pro míru detailnosti neexistuje jednotná definice. Míru detailnosti rozebírá Brooks a Tobias (1996) ve svém díle. Míru detailnosti v souvislosti s modelem popisují jako stanovení rozsahu, v němž se pozorované systémové prvky a systémové vztahy přiřazují k modelu.

Pro naše účely je užitečné rozlišovat mezi kombinatorickou komplexitou a dynamickou komplexitou. Kombinatorická komplexita se vztahuje k počtu komponentů daného systému nebo k možnému počtu kombinací systémových prvků. Dynamická komplexita nemusí nutně souviset s velikostí systému. Vzniká v důsledku interakce prvků systému v čase (Sterman, 2000). Systémy, které jsou vysoce provázány, pravděpodobněji vykazují dynamickou komplexitu. (Robinson, 2014, s. 9-12)

Robinson (2014) považuje predikci výkonnosti systému, který podléhá pouze jednomu ze tří faktorů (propojenost, variabilita, komplexnost) za velmi obtížnou, natož jedná-li se o predikci výkonnosti systému, který podléhá všem těmto faktorům zároveň.

Popisuje simulační model jako nástroj, který je schopen explicitně vyjádřit variabilitu, vzájemné propojení a komplexnost systému. V důsledku toho je simulací možné předpovídat výkonnost systému, porovnávat navrhované alternativní systémy a určit vliv návrhů a opatření na výkonnost systému (Robinson, 2014, s. 13)

3.4.2.2 Výhody simulace

V následujících odstavcích bude popsáno, jaké výhody může přinést použití simulace jako analyzačního/optimalizačního nástroje, a to očima různých autorů odborných publikací.

Využití simulace může být výhodné v mnoha ohledech, podle Pedgena, Shannona a Sadowskiho (1995) byl vytvořen následující seznam výhod:

1. Mohou být prozkoumány nové zásady, provozní postupy, rozhodovací pravidla, informační toky, organizační postupy a další, bez toho, aniž by bylo narušeno stávající fungování reálného systému.
2. Může být vyzkoušen nový návrh technického vybavení, fyzické rozvržení (layout), dopravní systémy a další, a to bez vynaložení nákladů na jejich pořízení.
3. Vytvoření předpokladů, jak a proč dochází k určitým jevům a lze testovat jejich proveditelnost.

4. Čas je možno zkomprimovat nebo rozšířit, to umožňuje zrychlení nebo zpomalení zkoumaných jevů.
5. Lze získat poznatky o vzájemném působení proměnných.
6. Lze získat přehled o tom, jaký význam mají proměnné na výkonnost systému.
7. Pomocí analýzy úzkých míst (bottleneck analysis) lze zjistit, kde dochází k nadměrnému zpoždění rozpracované výroby, informací, materiálu apod.
8. Studie simulace může napomoci k pochopení, jak zkoumaný systém opravdu funguje, spíše než jedinci, kteří si myslí, jak systém funguje.
9. Pomocí simulace lze odpovědět na otázky typu „co se stane když“. To je zejména hodnotné v případě navrhování nového systému (Banks et al, 2010, s. 24-25).

„Simulace není pouze metoda analýzy a zlepšování operačních systémů. Zejména by mělo být možné experimentovat s reálným systémem nebo využít jiný modelovací přístup.“ (Pidd, 2004).

Robinson (2014) ve svém díle uvádí, že raději než vyvíjet a používat simulační model, lze provádět změny v reálném systému. Dodává, že však existují některé zřejmé i méně zřejmé důvody, proč je simulace výhodnější než takové přímé experimentování. Konkrétní výhody, které zmiňuje tento autor jsou rozebrány z pohledu, kdy se porovnává simulace proti experimentování s reálným systémem.

- **Náklady.** Experimentování s reálným systémem bývá často nákladné. Je tomu zejména z toho důvodu, protože je při takovýchto změnách zapotřebí dočasně zastavit provoz celého systému. Po rozběhnutí alternativního systému pak může dojít ke zhoršení výkonnosti. V důsledku toho může dojít k nespokojenosti zákazníků, což může také vyústit k jejich ztrátě. Při využití simulace mohou být změny provedeny za náklady, které se pojí s tvorbou modelu, a to bez jakýchkoliv předešlých zásahů, případně bez zastavení stávajícího provozu (Robinson, 2014, s. 13).
- **Čas.** Experimentování s reálným systémem je velmi časově náročné. Může trvat i několik týdnů nebo měsíců, než je možné vyhodnotit reálný dopad změn na výkonnost systému. Simulace jsou schopny běžet i několika násobně rychleji než reálný čas. Díky simulacím jsme schopni obdržet výsledky v rámci pár

minut/hodin. Simulace také umožňují zkoumat výkonnost systému i za dlouhé časové období, například i v rámci několika let, jeli to potřeba (Robinson, 2014, s. 13-14).

- **Kontrola experimentálních podmínek.** Při porovnávání alternativních systémů je výhodné kontrolovat podmínky, při kterých jsou experimenty prováděny. Díky tomu je pak možné přímo porovnávat změny výkonnosti těchto systémů. Při experimentování s reálným systémem je to velmi obtížné. Při zkoumání simulačního modelu jsme schopni podmínky, za kterých je experiment zkoumán, pozorovat i opakovaně. Naopak v některých případech jsme v reálném systému schopni provést experiment za stejných podmínek pouze jednou (Robinson, 2014, s. 14).
- **Reálný systém neexistuje.** Nejzjevnějším problémem při experimentování v reálném světě je skutečnost, že zamýšlený reálný systém ještě nemusí existovat. Mimo jiné, budovat několik alternativních reálných systémů, se nejeví příliš praktické, přičemž přímé experimentování je za těchto okolností nemožné. Jedinou alternativou je vytvoření simulačního modelu (Robinson, 2014, s. 14).

3.4.2.3 Nevýhody simulace

Jerry Banks a kolektiv (2010) ve své publikaci zmiňují některé nevýhody spojené se simulačním modelováním. Příklady nevýhod byly zpracovány v následujícím seznamu:

1. Pro sestavování modelu je třeba speciálního zaškolení. Je to umění, které se člověk učí časem a zkušenostmi. Navíc dva modely, které jsou konstruovány jinými prvky, vykazují podobnosti, ale je nepravděpodobné, že jsou stejné.
2. Výsledky simulace může být obtížné interpretovat.
3. Simulační modelování a analýza může být časově náročná a drahá.
4. Využití simulace i v tom případě, kdy je možné využít analytické řešení, někdy může být právě toto řešení i vhodnější (Banks et al, 2010, s. 24).

Robinson (2014) mluví o řadě problémů, které jsou spjaty s použitím simulace, a které by neměly být ignorovány zejména při rozhodování, zdali tento nástroj použít či nikoliv. Nevýhody očima tohoto autora jsou popsány v bodech níže.

- **Nákladnost.** Pořízení simulačního softwaru není levnou záležitostí. Vývoj simulačního modelu dokáže být také nákladný, zejména v případě, kdy je potřeba zaměstnat externího konzultanta.
- **Časová náročnost.** Simulace je časově náročná. Dochází tak ke zvyšování nákladů na její použití a musí být bráno na zřetel, že její přínosy nejsou okamžité.
- **Shromažďování dat.** Velké množství simulací vyžaduje značné množství vstupních dat. Tyto data nemusí být vždy okamžitě k dispozici, v některých případech ačkoli tato data k dispozici jsou, ne vždy jsou přímo použitelné a je nutné nejprve provést jejich rozsáhlou analýzu, aby bylo možné je uvést do podoby vhodné pro simulaci.
- **Odbornost.** Simulační modelování vyžaduje značnou míru odbornosti. Nejedná se pouze o vývoj v počítačovém programu. Je zapotřebí i dalších dovedností jako znalost koncepčního modelování, validace a statistiky, ale také schopnost pracovat s lidmi a umění projektového řízení. Tato odbornost není vždy snadno dostupná.
- **Přílišná důvěřivost.** Existuje nebezpečí, že cokoli, co je vytvořeno na počítači, je považováno za správné. Toto nebezpečí je v případě simulačního modelování ještě umocněno animovaným zobrazením, které vytváří zdání reality. Při interpretaci výsledků simulace je třeba brát v úvahu validaci základního modelu, její předpoklady a zjednodušení, které byly v rámci její tvorby provedeny (Robinson, 2014, s. 16).

3.4.2.4 Oblast využití

Oblastí, kde lze využít simulací je opravdu mnoho. Například diskrétní simulování je často využíváno ve vyvolávacích systémech například pro odbavování klientů. To poskytuje obecnou strukturu, která může modelovat širokou škálu systémů (Robinson, 2014, s. 16). Pro zjednodušení budou níže vypsány pouze systémy, oblasti nebo konkrétní aktivity, při kterých se využívá simulačního modelování, a které také ve svém díle popisuje Banks a kolektiv (2010). Konkrétně se jedná o:

- Výrobní systémy
- Veřejné systémy: zdravotnictví, armáda, přírodní zdroje
- Dopravní systémy

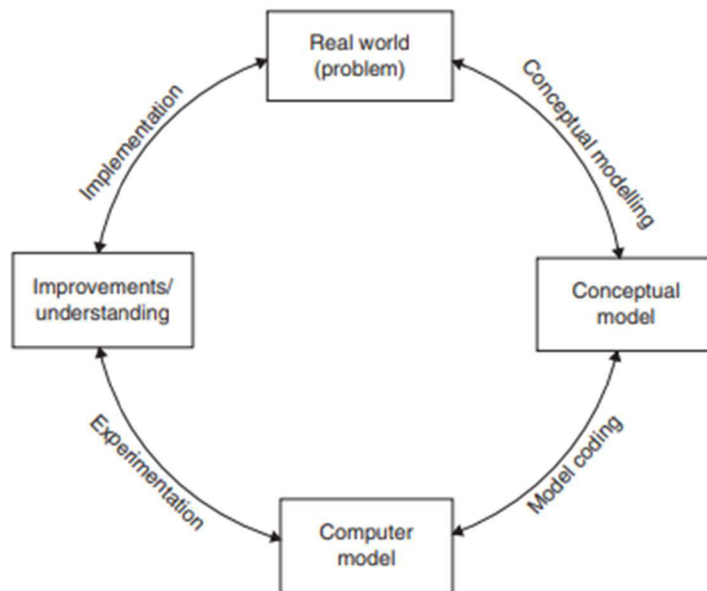
- Konstrukční systémy
- Restaurační systémy a systémy zábavního průmyslu
- Řízení, případně reengineering podnikových procesů
- Zpracování potravin
- Výkonnost počítačového systému

A mnoho dalších aplikací, jako jsou například servisní a maloobchodní systémy. (Banks et al, 2010, s. 25)

3.5 Metodika simulační studie

Existuje velké množství diagramů a definic, které popisují klíčové činnosti v průběhu simulační studie. Každý tento popis má svůj preferovaný způsob vysvětlení, jak přistupovat k simulačnímu modelování. Robinson (2014) po jejich detailní studii tvrdí, že většina z nich jsou si v zásadě velmi podobná v nastínění těch činností, které je třeba provést. Nejzásadnější rozdíly vidí v tom, jak jsou jednotlivé aktivity pojmenovány a v počtu dílčích činností, do kterých jsou rozděleny (Robinson, 2014, s. 65).

Robinson (2014) popisuje klíčové fáze a aktivity simulační studie na následujícím obrázku č. 8:



Obrázek 8: Simulační studie: klíčové fáze a aktivity

Zdroj: Robinson, 2014, s. 65

Za klíčové fáze simulační studie považuje následující:

- Reálný problém
- Koncepční model
- Počítačový model
- Porozumění, případně zlepšení

Tyto fáze mají důležité výstupy:

- Koncepční model – jedná se o popis modelu, který má být vytvořen
- Počítačový model – simulační model implementovaný na počítači
- Zlepšení a/nebo porozumění – jsou odvozené z výsledků experimentu
- Zlepšení v reálném světě – je získáno implementací zlepšovacích návrhů a/nebo porozuměním

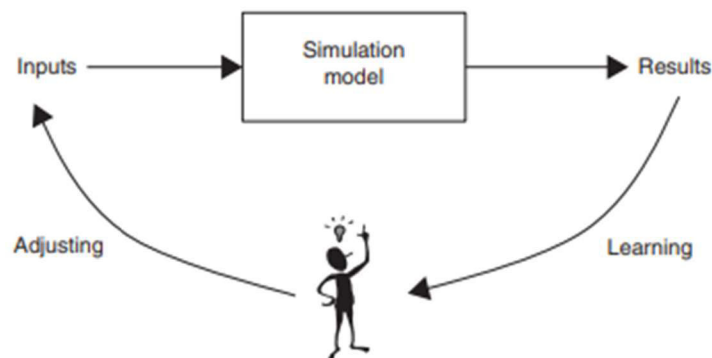
Aby došlo k pohybu mezi těmito fázemi je zapotřebí provést následující klíčové aktivity:

- Koncepční modelování – skládá se ze třech dílčích aktivit:
 - Pochopení problémové situace
 - Určení cílů modelování
 - Navrhnutí koncepčního modelu: vstupy, výstupy a jeho obsah
- Tvorba simulačního modelu (předpokládá se, že simulace je vytvořena a provedena na počítači)
 - Konceptuální model je převeden na počítačový model
 - Experimentace – klíčové otázky při provádění simulačních experimentů:
 - Získání dostatečně přesných výsledků
 - Provedení důkladné rešerše potenciálních zlepšení (prohledání prostoru řešení)
 - Testování robustnosti řešení (analýza citlivosti)
- Implementace – lze o ní uvažovat třemi způsoby:
 - Implementace výsledků simulační studie do reálného světa:
Pokud simulační studie identifikovala konkrétní zlepšení problému reálného světa – implementace představuje zavedení tohoto zlepšení do praxe. "
 - Implementace modelu:
V případě, kdy je model vyvinut jako pomůcka, například pro plánování týdenních výrobních plánů. V tomto případě je třeba model předat organizaci, proškolit zaměstnance a zajistit průběžné sledování účinnosti modelu.

➤ Implementace jako učení:

V případě, že simulační studie byla vytvořena za účelem lepšího porozumění, implementace je méně explicitní, měla by však být patrná v budoucím rozhodování.

Tyto formy implementace se vzájemně nevylučují a výsledkem simulační studie mohou být dva nebo dokonce všechny tři z těchto typů implementace (Robinson, 2014, s. 64-68). Na obrázku č. 9 je pak znázorněn proces analýzy „co kdyby“ za pomoci simulace.



Obrázek 9: „What-if“ analýza pomocí simulace

Zdroj: Robinson, 2014, s. 67

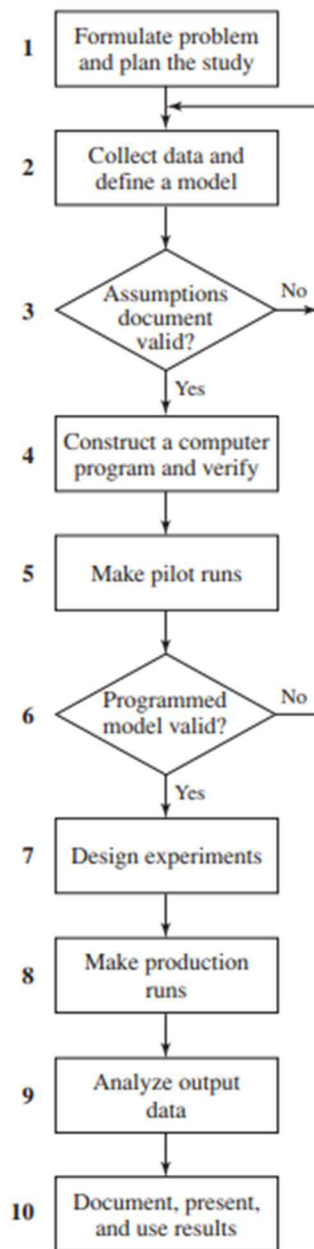
Postup při simulační studii Law (2015) dělí do následujících kroků:

1. Formulace problému a plán studie.
 - a. Předmět problému je definován manažerem.
 - Problém nemusí být uveden správně nebo kvantitativně
 - Často je nutný iterační proces
 - b. Uskutečnění úvodních schůzek ohledně připravované simulační studie, kterých se zúčastní všechny zainteresované strany a probíhá diskuse o následujících věcech:
 - Celkové cíle studie
 - Specifické otázky, které mají být studií zodpovězeny (nutné pro rozhodnutí o úrovni detailnosti modelu)
 - Metriky, které budou použity k vyhodnocení účinnosti různých konfigurací systému
 - Rozsah modelu

- Konfigurace systému, které mají být modelovány (nutné pro rozhodnutí o úrovni obecnosti modelu)
 - Časový rámec studie a požadované zdroje
- c. Výběr softwaru pro model
2. Sběr dat a definice modelu.
- a. Shromáždění informací o struktuře systému a provozních postupech.
- Jedna osoba nebo jeden dokument není dostatečný
 - Někteří lidé mohou mít nepřesné informace – ujištění o správnosti
 - Provozní postupy nemusí být formalizované
- b. Shromáždění dat (zdali je to možné) k upřesnění parametrů modelu a k upřesnění vstupní distribuce pravděpodobnosti.
- c. Vytvoření předávacího protokolu, kde budou písemně sepsány výše předpokládané informace a data.
- d. Shromáždění údajů (zdali je to možné) o výkonnosti stávajícího systému (pro účely validace v kroku 6).
- e. Volba úrovně podrobnosti modelu, která by měla být určena na základě:
- Cílů projektu
 - Výkonnostních metrik
 - Dostupnosti dat
 - Obav důvěryhodnosti
 - Časových a finančních omezeních
- f. Nejprve vytvořit „jednoduchý model“, v případě potřeby ho dále rozvinout.
- g. Pravidelná komunikace s manažerem a dalšími klíčovými pracovníky projektu.
3. Kontrola, zdali je dokument s předpoklady platný.
- a. Strukturovaně projít tento dokument předpokladů před manažery, analytiky a ostatními zainteresovanými stranami. To může:
- Pomoci zajistit, že předpoklady modelu jsou správné a úplné
 - Podpořit interakci mezi členy projektu
 - Být způsob, jak předejít pozdějšímu přeprogramování (v důsledku špatně předaných informací)
4. Sestavení počítačového simulačního modelu.
5. Provedení testovacích chodů.

- a. Testovací chody jsou prováděny pro účely validace v kroku 6.
6. Validace modelu – je naprogramovaný model platný?
 - a. Pokud existuje stávající systém – porovnání modelu s reálným systémem – například porovnání výkonnostních metrik z kroku 2.
 - b. Ověření vlastníků systému o správnosti výsledků modelu.
 - c. Provedení citlivostní analýzy za účelem zjištění, které faktory modelu mají významný dopad na výkonnostní metriky. S těmito faktory je pak opatrně zacházeno při modelování alternativních systémů.
7. Návrh experimentů
 - a. Pro každou konfiguraci systému, která je předmětem zájmu, stanovit následující:
 - Délku každého simulačního běhu
 - Délku doby náběhu, pokud je to zapotřebí
 - Počet nezávislých simulačních běhů s použitím různých náhodných
8. Provést výrobní chody.
 - a. Výrobní chody jsou prováděny za účelem použití v kroku 9.
9. Analýza výstupních dat.
 - a. Dva hlavní cíle analýzy výstupních dat jsou následující:
 - Určit absolutní výkonnost určitých konfigurací systému
 - Porovnat alternativní konfigurace systému v relativním slova smyslu
10. Dokumentace, prezentace a použití výsledků.
 - a. Dokumentace předpokladů (z 2. kroku), počítačového programu a výsledků simulační studie za účelem využití v současných i budoucích projektech.
 - b. Prezentace výsledků simulační studie.
 - Použití animace ke komunikaci modelu s manažery a dalšími lidmi, kteří nejsou obeznámeni se všemi detaily modelu
 - Prodiskutování procesu vytváření modelu a ověření, a to za účelem zvýšení důvěryhodnosti
 - Použití výsledků v rozhodovacím procesu, v případě že výsledky jsou platné a důvěryhodné (Law, 2015, s. 67-70).

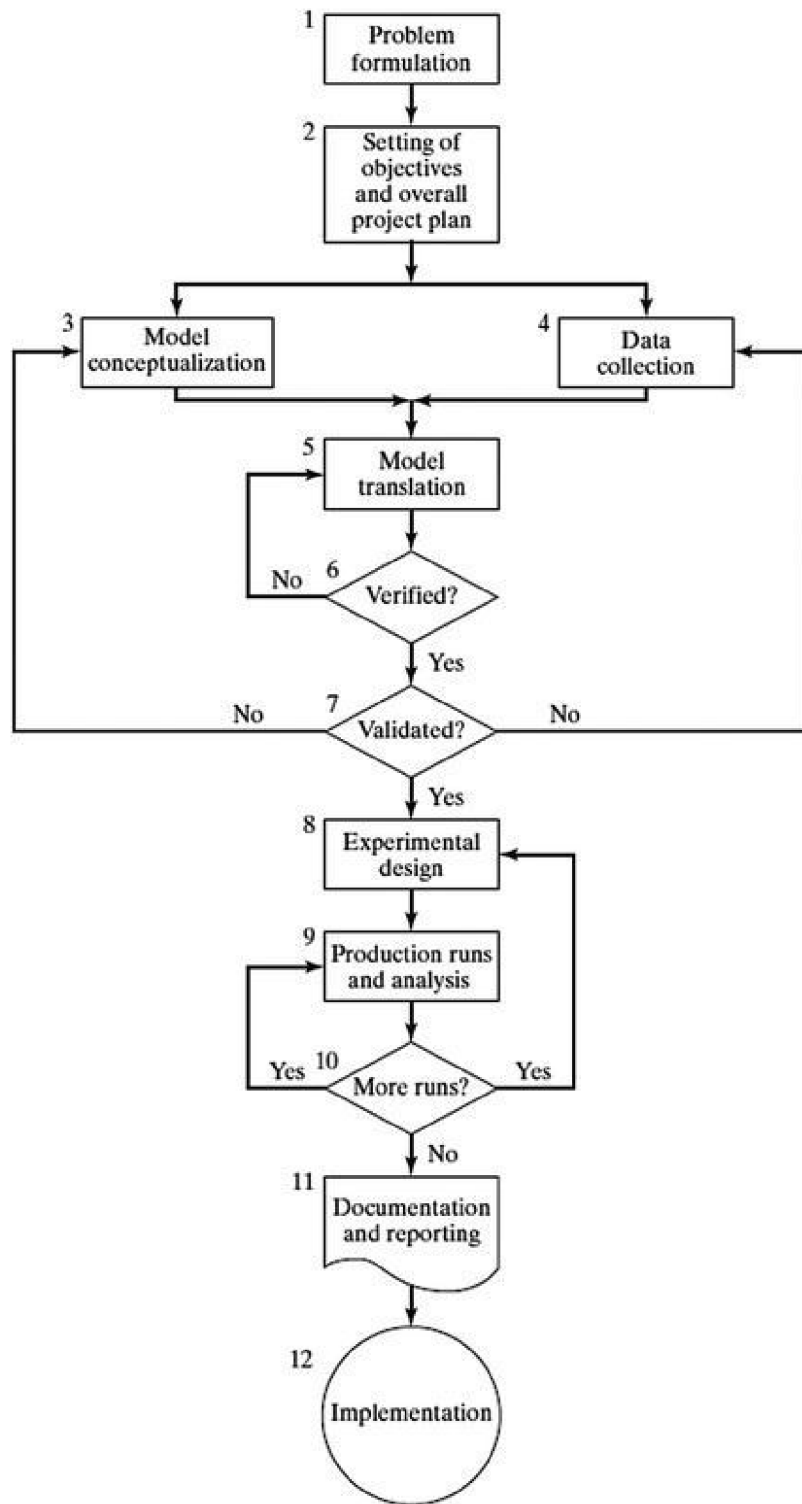
Jednotlivé kroky simulační studie, popisované výše, jsou ztvárněny diagramem na následujícím obrázku č. 10.



Obrázek 10: Kroky simulační studie

Zdroj: Law, 2015, s. 67

Banks (2010) popisuje metodiku simulační studie diagramem, který je koncipován způsobem zobrazeným na obrázku č. 11.



Obrázek 11: Kroky simulační studie

Zdroj: Banks, 2010, s. 35

4 Analytická část

Úvod této části je věnován popisu společnosti, jejích oddělením a byznys filozofii, kterou se tato společnost řídí. Dále je popsáno, jakým způsobem došlo k výběru projektu, který se pak následně stal předmětem této bakalářské práce. Objektem šetření je pak výrobní proces s názvem Calsonic, u kterého byla provedena globální analýza, která zajistila hlubší pochopení materiálových a informačních toků tohoto procesu. Detailní analýza se zaměřuje na výrobu kabelových soustav s konektorem, konkrétně na činnosti odehrávající se na montážní lince. Pro získání potřebných informací a dat došlo k pozorování a měření pracovních činností přímo na pracovišti. Výstupem jsou pak data, která tvoří vstupy pro návrhovou část této práce.

4.1 O společnosti

Základní údaje

Obchodní firma (Název):	TE Connectivity Czech s.r.o.
Sídlo:	Kuřim, K AMP 1293/4, Okres: Brno – venkov
PSČ:	664 34
IČ:	48 91 07 91
Datum založení:	23.6.1993
Právní forma:	společnost s ručením omezeným
(Výroční zpráva, 2020)	

Profil společnosti

Působení společnosti TE Connectivity Czech s.r.o. na českém trhu začalo již roku 1969, dříve však jako obchodní zastoupení společnosti AMP v Praze. V Kuřimi roku 1995 byla v pronajatých prostorech poprvé uvedena do provozu výroba a ve stejném roce se také začalo s výstavbou nové výrobní haly. Tehdy firma pro své podnikatelské záměry vykoupila bezmála 16 ha pozemků.

V roce 1997 se část výroby společně s oddělením prodeje přestěhovalo právě do těchto nově vzniklých prostor. O dva roky později bylo vedením společnosti rozhodnuto o

rozšíření závodu na dvojnásobek. Tato společnost se následně přihlásila do vládního programu agentury CzechInvest a v roce 2000 získala druhé místo v kategorii „Investor roku – Největší expanze“.

V roce 2004 získala další ocenění v rámci „Českých 100 nejlepších“ v kategorii „Nejlepší investoři MPSV“. V roce 2009 byla dokončena třetí etapa rozšíření závodu o 7,9tis. m² – závod se tak dostal na svou nynější rozlohu. Momentálně využívá 38 tis. m² vlastních výrobních a skladovacích ploch a 8,2tis. m² v pronajatých prostorách.

TE Connectivity Czech s.r.o. je součástí divize Automotive společnosti TE Connectivity, jejíž inovativní produkty se používají v pokročilých systémech zabezpečení vozu a řidiče, v integrovaných systémech kontroly motoru, infotainmentových aplikacích, senzorce vozů jak se spalovacími motory, tak v hybridních a elektrických vozech.

Nabídka dílů této společnosti obsahuje terminály, konektory, kabelové soustavy, senzory, spínací moduly, indukční systémy, vysokonapěťové kabelové soustavy pro hybridní a elektro vozy, vysokorychlostní kabelové systémy a další specializované výrobky pro automobilový průmysl. (Výroční zpráva, 2020)

Druh organizace a předmět podnikání

Společnost TE Connectivity Czech s.r.o. je výrobní organizací, nemá vlastní marketingové oddělení a neprovozuje prodejní síť. Výrobky této společnosti jsou po zhotovení expedovány do centrálního skladu v Pohořelicích.

Předmět podnikání je pro stručnost uveden v odrážkách:

- montáž konektorů, elektronických komponent a výroba kabelových svazků, pronájem automatů a poloautomatů na ukončování vodičů
- výroba nástrojů
- konstrukční práce ve strojírenství
- koupě zboží za účelem jeho dalšího prodeje a prodej

(Výroční zpráva, 2020)

Certifikace a zákazníci

Společnost je držitelem certifikátů jakosti IATF 16949, ISO 14 001, DQS, ISO 9001, VDO a ocenění Ford Q1.

Zákazníky společnosti jsou VW, Audi, BMW, Opel, Ford, Volvo, MAN, DAF, Daimler-Chrysler, Delphi, Dräxлмаier, Bosch, Hella, Siemens, Valeo, WABCO, Leoni, Yazaki, Lear, Magneti Marelli, Kromber & Schubert, Jaguar Land Rover a další.

(Výroční zpráva, 2020)

Působnost společnosti

TE Connectivity je nadnárodní společností, která působí v těchto oblastech světa:

- Americas
- EMEA (Evropa, Střední Východ a Afrika)
- Čína
- Asia (ostatní státy mimo Čínu)

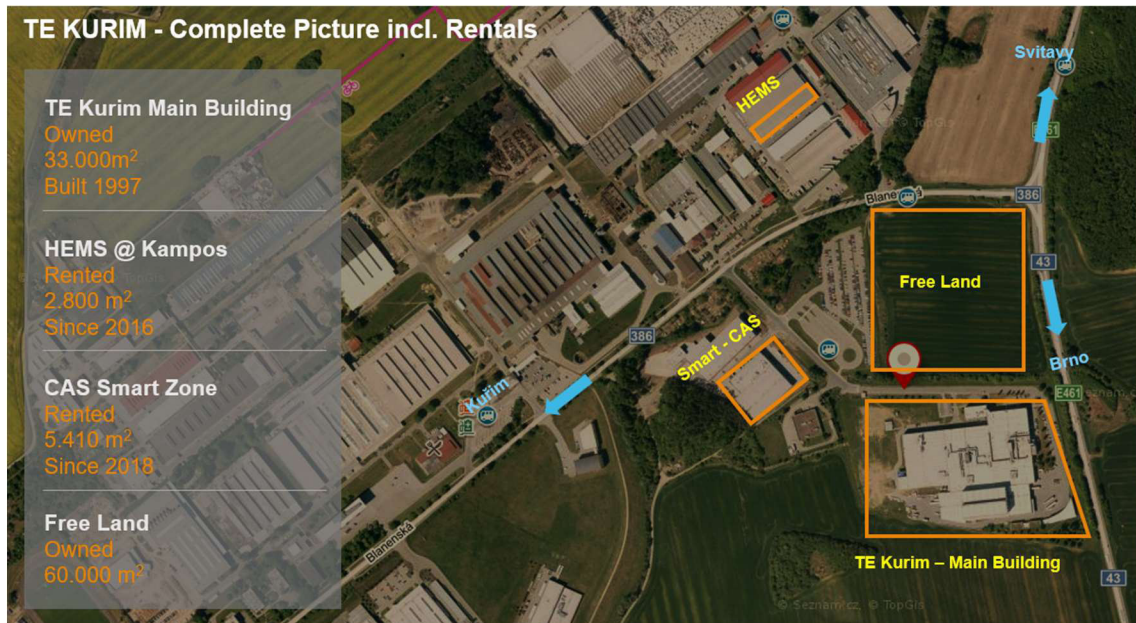
Společnost se dělí na jednotlivé obchodní divize, které se soustředí na tato řešení:

- Řešení pro dopravu (aplikační nástroje, automobilový průmysl a další).
- Řešení pro průmysl (letecký průmysl, energetika, zdravotnictví a další).
- Řešení pro komunikaci (přístroje, ochrana obvodů a další) (Stavárek).

Přehled budov a okolí závodu

Závod je situován 7 km severně od Brna na okraji města Kuřim. Společnost TE Connectivity Czech s.r.o. na tomto místě využívá ploch, které sama vlastní, ale také i plochy pronajaté. Hlavní budova o rozloze 33 000 m² je ze všech využívaných budov největší a je přímo vlastněna touto společností. Postavena byla roku 1997 a zde se také odehrává většina výroby.

Na obrázku č. 12 lze vidět volnou plochu, která je také vlastněna touto společností o rozloze 60 000 m². Od roku 2016 společnost část své výroby přesunula do pronajatých prostor, tato budova se nazývá HEMS a zde se převážně pracuje na nových projektech, popřípadě na výrobě vzorků pro vývoj. Od roku 2018 se využívá dalších pronajatých kapacit o velikosti 5 410 m² a tato budova je nazývána CAS Smart Zone.



Obrázek 12: Mapa závodu – TE Connectivity Czech s.r.o.

Zdroj: Vlastní zpracování

Výrobní oddělení

TE Connectivity Czech s.r.o. dělí svůj závod na jednotlivá oddělení. Kuřimský závod lze rozdělit celkem na 11 oddělení. Strojní část zastupují oddělení zvaná Molding, Stamping a Plating. Dále se zde nachází montážní části podniku.

Do této části spadají oddělení Semi-Automatic, HEMS I a HEMS II, Infotainment, Cable Assembly, Aftermarket a Tool and Die.

Zbývá oddělení Warehouse, které je situováno na hlavní budově a představuje největší sklad této společnosti.

V následujících odstavcích budou krátce popsána vybraná oddělení této společnosti.

Strojní část:

Molding (lisovna plastů)

Molding momentálně disponuje téměř jedním stem strojů a zaštiťuje výrobu čistě plastových dílů, nebo dílů se zalitými kovovými spoji. Při produkci se využívá technologie vstřikování plastů.

Stamping (lisovna)

Součástí stampingu jsou pracoviště, které jsou vybaveny rychloběžnými lisami o lisovací síle 250 a 500 kN, ty jsou schopny různým způsobem stříhat, případně ohýbat kovovou pásovinu a vyrábí tak různé typy kontaktů.

Plating (galvanovna)

Oddělení platingu využívá při výrobě technologii galvanizace, u níž je zapotřebí přísunu elektřiny, vody, stlačeného vzduchu a chemikálií. U těchto procesů dochází k pokovování pásovinou a kontaktů různými druhy kovů, obzvláště těmi jako je nikl, cín, stříbro a zlato.

Montážní část:

HEMS I

Pracoviště Calsonic, které je předmětem zkoumání této bakalářské práce se nachází právě na tomto oddělení. Hems I se soustředí výhradně na výrobu konektorů a kabelových svazků pro elektromobily. Součástí výrobního portfolia jsou však i jiné kabelové podsestavy. Nachází se zde plně automatická, poloautomatická a čistě manuální pracoviště. Dochází zde k výrobě prototypů, ale také k sériové výrobě. Hems I má přibližně 250 zaměstnanců a existuje 7 let. Aktuální strategický cíl oddělení je přechod na plně automatizovanou výrobu.

HEMS II (dříve Mechatronics)

Toto oddělení se přibližně před půlrokem přejmenovalo na Hems II. Dřívější název byl Mechatronics. Došlo k tomu zejména z důvodu, že oddělení Hems I již nedisponuje dostatečnou kapacitou, proto došlo k jejímu rozšíření právě o toto oddělení. V důsledku toho, oddělení Hems II přebírá projekty M2M (module to module) a Inlet. Výstupem projektu M2M je konektivita, která propojuje jednotlivé moduly v baterii automobilu. Finální výrobky Inlet poskytují rozhraní mezi elektrickým automobilem a nabíjecí stanicí. Netechnicky řečeno, jedná se o protikus, do kterého je zastrčen kabel nabíjecí stanice.

Semi-Automatic

Toto oddělení disponuje 56 výrobními stroji, které jsou převážně poloautomatické. Hlavní výrobní procesy zde představuje krimpování, laserové svařování a šití (využívané pro spoje).

Infotainment

V oddělení infotainmentu dochází převážně k procesům jako stříhání, automatické montáži (pomocí automatických strojů dochází ke stripování, ke krimpování, k různým druhům spojů atd.) a EOL testování. Nejčastějším produktem tohoto oddělení jsou různé druhy kabelů, které se využívají pro elektrotechnická řešení.

Aftermarket

Jedná se o menší oddělení, které svou činností produkuje různé druhy kabelových sestav a konektorů. Hlavními výrobními procesy je šití, cínování a EOL testing.

Toolshop (nástrojárna)

V nástrojárně se odehrává široká škála výrobních procesů, konkrétněji jsou to procesy jako soustružení, svařování, broušení, frézování, procesy hloubení, drátkování, ale také výroba elektrod, přípravků či měřidel. Nástrojárna podporuje svou činností ostatní výrobní oddělení, a to dodávkami náhradních dílů a nástrojů.

Sklad a distribuce:

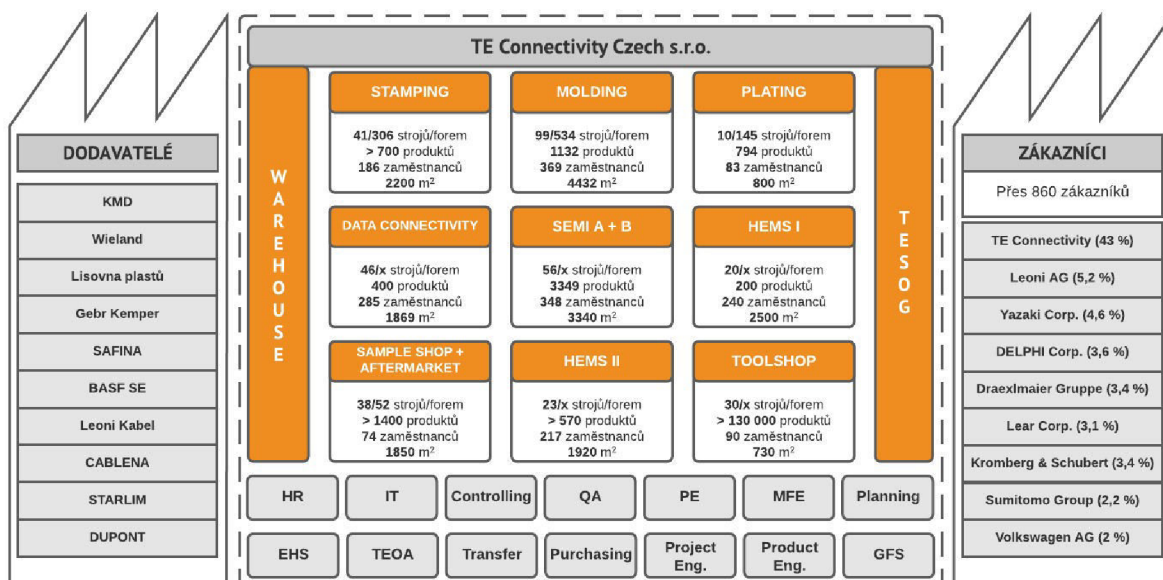
Warehouse

Jedná se o označení skladu, a to v anglickém znění. Hlavní sklad, který je součástí hlavní budovy závodu v Kuřimi, se dělí na příjem a expedici. Pro manipulaci s materiálem se používají vysoké zakladače, a to zejména kvůli efektivnímu využití prostoru skladu. Externí oddělení, které jsou situovány mimo hlavní budovu, tedy oddělení Hems I a Smart Zone disponují vlastními mezisklady. Veškeré objednané zboží dochází na hlavní sklad, zde pak dochází k distribuci na externí oddělení vnitropodnikovou dopravou. K převozům mezi těmito odděleními dochází pravidelně v předem stanovených intervalech. V případě potřeby k těmto dovozkám může docházet až čtyřikrát během denní směny a až třikrát během směny noční.

Tesog

Pro prodeje výrobků společnost využívá prodejní organizaci – TE Connectivity Solutions GmbH (TESOG). Tato společnost zajišťuje lokální oddělení podpory prodeje, logistiky a hradí veškeré náklady spojené s těmito činnostmi.

Pro jednodušší pochopení a přehlednost bylo vytvořeno schéma, které je zobrazeno na obrázku č. 13, a jehož obsahem jsou jednotlivá oddělení, významní dodavatelé a zákazníci společnosti. Toto schéma pak poskytuje informace o rozloze těchto oddělení, o počtu zaměstnanců, dále uvádí, kolik produktů je na oddělení vyráběno a kolika stroji, případně kolika formami dané oddělení disponuje.



Obrázek 13: Globální pohled na TE Connectivity Czech s.r.o.

Zdroj: Vlastní zpracování

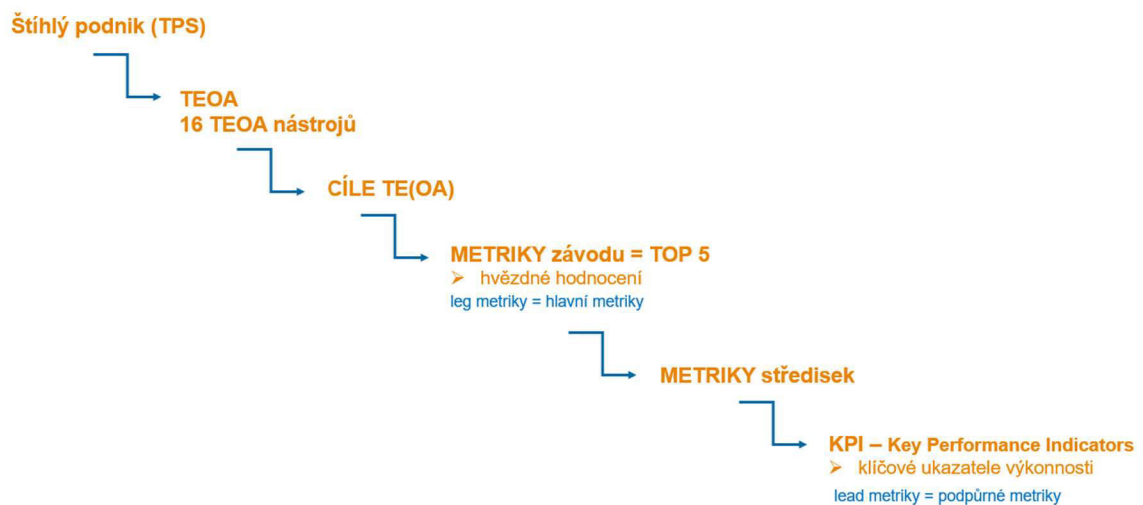
Společnost TE Connectivity Czech s.r.o. uplatňuje řízení podle metod vycházejících z lean managementu, tak jako například Toyota, Ford, Danaher, United Technologies, Caterpillar, Parker Hannifin a ostatní světoví lídři ve svém oboru. Zmíněné společnosti jsou schopni dlouhodobě převyšovat svou „non-lean“ konkurenci na trhu právě díky tomuto způsobu řízení.

TE Connectivity využívá svou vlastní business filozofii, která zastřešuje všechny vnitropodnikové aktivity, a to za účelem vytvoření štíhlého výrobního podniku. Tuto filozofii pak nazývá TEOA, což je akronym pro TE Operating Advantage. Ve společnosti má pak své místo oddělení TEOA, které podporuje a řídí právě tuto transformaci, a to na všech úrovních organizace.

TEOA (TE Operating Advantage)

TEOA je tedy business filozofie, která vychází z metodiky lean manufacturing. O TEOA nelze hovořit pouze jako o filozofii. Je to program, který podporuje dosažení dlouhodobých strategických cílů společnosti. Je to provozní a podnikový systém, fungující na základě neustálého odstraňování plýtvání. Je to spektrum ověřených nástrojů, které se používají k provádění činností správným způsobem tak, aby bylo dosaženo a udrženo daného zlepšení.

Následující obrázek č. 14 pak zobrazuje princip hodnocení výkonu této společnosti.



Obrázek 14: Princip hodnocení výkonu společnosti

Zdroj: Vnitropodnikový materiál

Cíle TEOA

- Uspokojit zákazníky
- Dosahovat nejvyššího hodnocení v anketách spokojenosti zákazníků společnosti (Voice of the Customer)
- Být prostředím bez úrazů
- Nepřetržitě zvyšovat kvalitu
- Zlepšit včasnost dodávek na více než 95%
- Každoročně snižovat náklady pro zajištění konkurenceschopnosti
- Snižovat zásoby napříč celou společností
- Každoročně zvyšovat produktivitu

4.2 Výběr projektu bakalářské práce

Pro výběr projektu bakalářské práce se nejprve zkoumaly veškeré hodnotové toky společnosti. Využila se k tomu dostupná data z podnikového systému. Postup zpracování je pak popsán níže.

Při této činnosti se nejprve pojmenuje každý hodnotový tok. Standardně se pojmenování skládá z názvu střediska, kde se daný hodnotový tok odehrává, a ze jména výrobku, který se v rámci výrobního procesu zpracovává. Dále se zjišťuje konkrétní hodnota toku, zodpovědný útvar a vyčíslí se podíl, kterým přispívá konkrétní hodnotový tok k celkové tvorbě hodnoty organizace.

Výstupem této aktivity je pak sestupně seřazený přehled hodnotových toků, které se v rámci organizace nejvíce podílejí na tvorbě celkové hodnoty a vytvoří se tzv. transformační plán pro dané období.

V rámci transformačního plánu se stanoví, v jaké fázi se daný projekt zlepšování nachází, tedy zdali již tento projekt byl dokončen, nebo právě probíhá, případně je ve fázi příprav. Zde je také zaznamenáno, kolik cyklů zlepšování již u konkrétního projektu proběhlo, určí se zodpovědný pracovník z oddělení TEOA, který má zodpovědnost za řízení celého projektu, a dále také vlastník hodnotového toku neboli VSM owner, což je zpravidla pracovník z řad top managementu. Dále se pak naplánuje zahájení a délka trvání konkrétního transformačního cyklu v rámci projektu zlepšování. Tento údaj se pak

vynese na časovou osu, která je rozdělena na kvartální období jednotlivých fiskálních roků.

Předmětem šetření této práce je právě jeden z projektů zlepšování, proto se také postupovalo dle metodiky zmíněné výše. Výstupem je pak transformační plán, který je znázorněn na obrázku č. 15.

Zkoumaný hodnotový tok, který je součástí komplexního projektu zlepšování a je zpracováván v této práci se nazývá Hems – HV Harness Assy. Spadá pod výrobní oddělení HEMS I a podílí se 5 % na tvorbě celkové hodnoty organizace. V rámci tohoto projektu ještě neproběhl žádný transformační cyklus a první cyklus je předběžně plánován na druhý a třetí kvartál fiskálního roku 2022. Zodpovědným pracovníkem za Value-Stream projekt je pracovník oddělení TEOA, vlastníkem tohoto projektu je pak manažer montážního oddělení HEMS I.

VSM	Department	Share	Cycles passed	TEOA PIC	VSM owner	FY21				FY22				FY23				Status	
						Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4		Q1
1	Hems - HVP800	HEMS	10.7%	10.7%	2														completed
2	Hems - HVA630	HEMS	10.1%	20.8%	0														running
3	Hems - Inlet	HEMS/M	9.4%	30.2%	1														running
4	Hems - FLAP	HEMS/M	8.3%	38.5%	1														running
5	Stamping - MCP 2.8	Stamping	7.9%	46.3%	2														running
6	Stamping - TAB 2.8	Stamping	6.3%	52.6%	2														
7	Stamping - TAB 1.6	Stamping	6.0%	58.6%	2														
8	Hems - HV Harness Assy	HEMS	5.0%	63.6%	0														
9	Hems - HVA280	HEMS	4.9%	68.5%	1														
10	Stamping - MCP 1.5	Stamping	3.2%	71.7%	2														
11	Plating - sales	Plating	2.4%	74.0%	1														
12	Stamping - JPT	Stamping	2.1%	76.2%	2														
13	Hems - IM2M	HEMS/M	2.0%	78.2%	2														
14	Hems - IPT	HEMS	2.0%	80.2%	0														
15	Stamping - Locking TAB	Stamping	1.8%	82.0%	2														
16	Molding - sales	Molding	1.7%	83.8%	7														
17	Hems - HVA1200	HEMS	1.5%	85.3%	1														
18	Hems - HV Contact Assy	HEMS	1.4%	86.8%	0														
19	Stamping - Others	Stamping	0.9%	87.6%	2														
20	Semi Automatic A - A408,416,417,432	Semi Automatic	0.8%	88.5%	2														
21	Cable Assy - TEAZ	Cable Assy	0.8%	89.3%	0														
22	Inlay Molding - TEAZ	Inlay Molding	0.8%	90.1%	4														

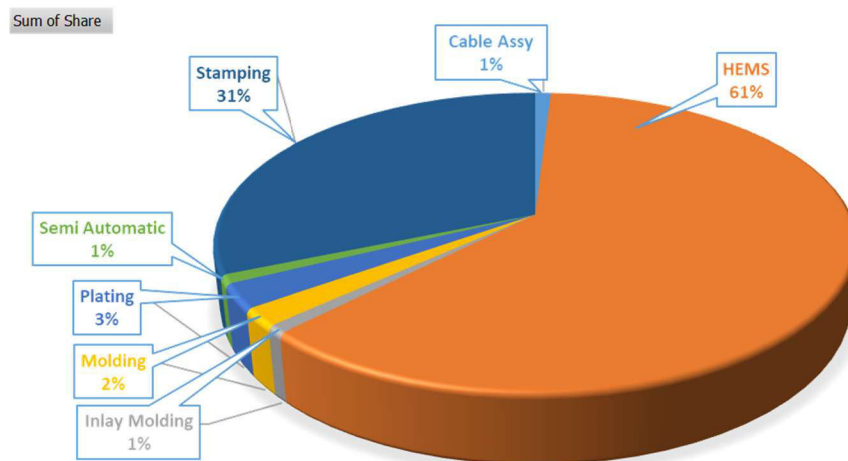
Obrázek 15: Hodnotové toky s největším dopadem

Zdroj: Vlastní zpracování

Oddělení podílející se na tvorbě hodnoty

V rámci výběru projektu se zkoumaly hodnotové toky s největším dopadem a sestavil se transformační plán. Byla vyhotovena analýza, jakým způsobem se jednotlivá oddělení organizace podílí na tvorbě hodnoty. Výsledky tohoto snažení jsou pro jednoduchost znázorněny pomocí koláčového grafu na obrázku č. 16.

Při celkovém součtu podílů jednotlivých hodnotových toků vyplývá, že největším podílem na tvorbě celkové hodnoty organizace se podílí oddělení HEMS I a to 61 %. Druhý největší podíl na tvorbě hodnoty má výrobní oddělení Stamping s 31 %. Další oddělení organizace mají již mnohem nižší podíl na tvorbě hodnoty a tím je právě oddělení Platingu se 3% podílem a oddělení Molding s 2% podílem. Další oddělení, jako je oddělení Cable Assy, Semi Automatic a Inlay Molding se podílí na tvorbě hodnoty organizace pouze 1% podílem.



Obrázek 16: Součet podílů jednotlivých oddělení na tvorbě celkové hodnoty

Zdroj: Vlastní zpracování

4.3 Komplexní analýza současného stavu

4.3.1 Globální analýza výrobního procesu

Celý proces začíná příjmem materiálu od různých dodavatelů. Tento materiál je uložen na hlavním skladě centrální budovy TE Connectivity Czech s.r.o v Kuřimi. První fáze celého procesu začíná právě na hlavní budově. Dochází zde k distribuci vstupního materiálu na dvě pracoviště. Zde jsou zhotoveny výrobky, které se v pozdější fázi použijí jako podsestavy.

Jedno z těchto pracovišť se nachází na oddělení HEMS II. Do tohoto výrobního procesu, který se skládá pouze z manuálních operací jsou zapojeni celkem tři operátoři. Dokončením výroby na tomto pracovišti vzniká produkt, kterým je objímka stínění s vlnovou pružinou, nazýván jako IPT Spring.

Druhé pracoviště se vyskytuje na oddělení Moldingu. Tento výrobní proces je plně automatický a dochází při něm k tepelnému tvarování plastů, stroj obsluhuje jediný operátor. Konečným produktem tohoto pracoviště je plastové vnitřní pouzdro, které se využívá při výrobě podsestavy PCON Plug (PN 2310213-1).

Tyto podsestavy se po zhotovení ukládají zpět na hlavní sklad centrální budovy. Odtud jsou tyto výrobky společně s dalším vstupním materiálem interně expedovány nákladním vozem na sklad oddělení HEMS I, která je situována přibližně 1,2 km od hlavního skladu. Dle aktuální potřeby dochází k transportu materiálu mezi hlavním skladem a skladem HEMS až čtyřikrát během denní směny a až třikrát během směny noční.

Od této chvíle se výrobní proces dále odehrává pouze na oddělení HEMS I, kde po přijetí materiálu z hlavního skladu pokračuje výroba. Vstupní materiál se distribuuje na dalších šest pracovišť, které jsou situovány v různých částech výrobní haly tohoto oddělení.

Prvním pracovištěm je pracoviště Cutting, kde na automatickém stříhacím stroji Schleuniger dochází ke stříhání kabelu dvou délek. Délka kabelu 1 (kabel je označen jednou černou čárkou) činí 60,1 cm a délka kabelu 2 (označen dvěma černými čárkami) činí 78,2 cm.

Konečnými produkty druhého a třetího pracoviště je zástrčka HVP800 Plug a držák na těsnění. Na čtvrtém pracovišti dojde k montáži jednotlivých součástí na kabel a vzniká

produkt s názvem MCON Cable. Na pátém pracovišti dochází k vyhotovení IPT konektoru.

Do výrobního procesu na šestém pracovišti přichází se vstupním materiálem také již dříve zhotovená podsestava PCON Plug – inner housing (plastové vnitřní pouzdro) z hlavní budovy. Na tomto pracovišti dochází ke spojení jednotlivých plastových těles a k následné montáži ostatního materiálu. Výsledným produktem tohoto pracoviště je takzvaný PCON Plug (zástrčka).

Všechny vyrobené produkty z těchto pracovišť se uloží opět na skladě oddělení HEMS I. Dále se pak využijí jako podsestavy v poslední fázi výrobního procesu. Celkový objem produktů z těchto šesti pracovišť však není plně využit na podsestavy při výrobě PCON12 a HVP800, ale tyto produkty se zčásti využijí i na výrobu jiných finálních produktů.

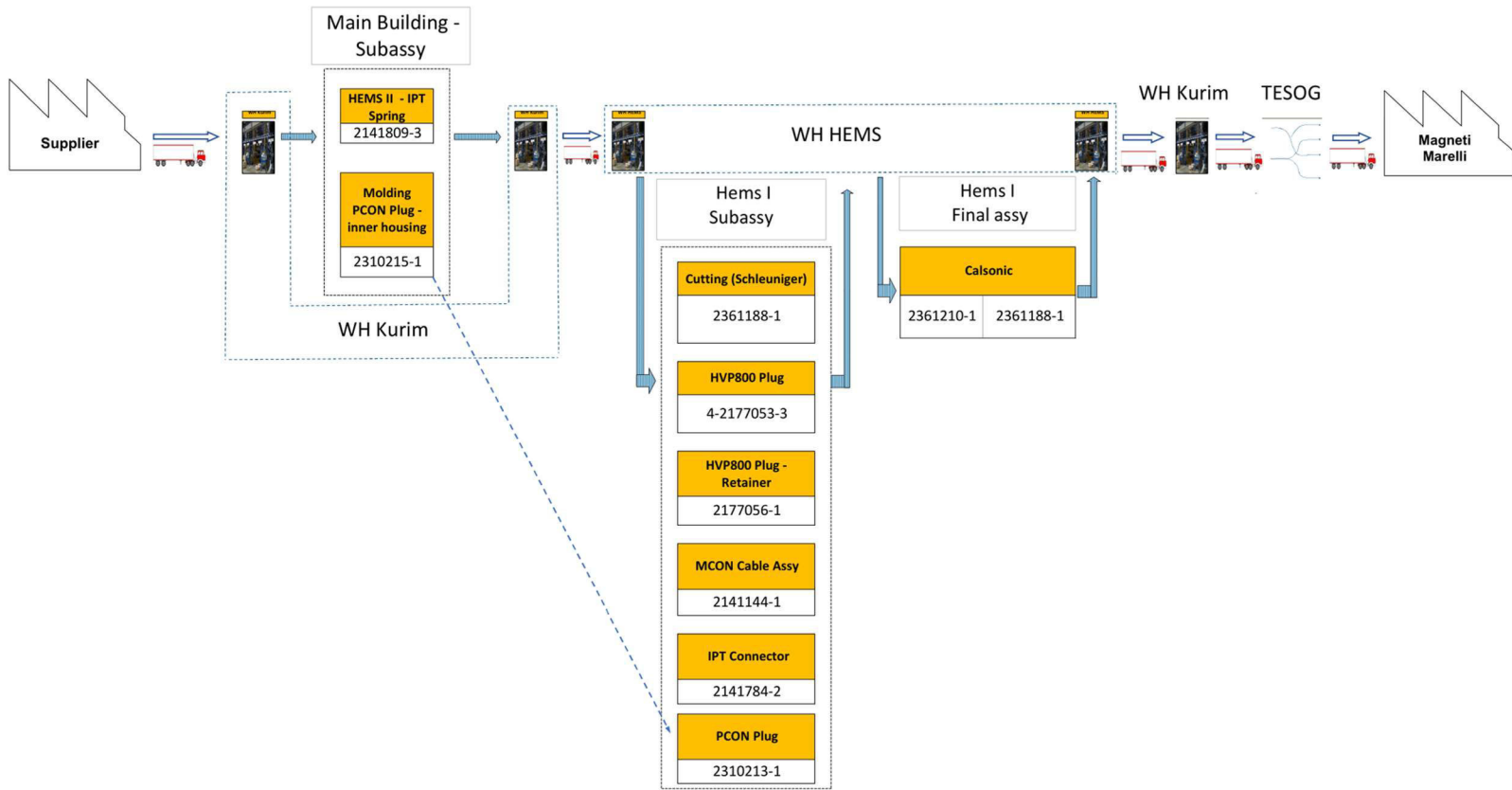
V poslední fázi výrobního procesu se dostáváme ke konečné montáži výše zmiňovaných produktů PCON12 a HVP800. Zhotovení těchto finálních produktů probíhá na výrobní lince s názvem Calsonic, o velikosti devíti pracovišť. Finální montáž těchto produktů je poněkud složitější a vzhledem k tomu, že výrobní linka Calsonic je hlavním předmětem této bakalářské práce, bude popis tohoto výrobního procesu podrobněji popsán v detailní analýze.

Po konečné montáži na pracovišti Calsonic se produkt PCON12, případně produkt HVP800 uloží zpět na sklad oddělení HEMS I. Při pravidelných materiálových obrátkách se tyto finální produkty přepraví kamionem na hlavní sklad centrální budovy, kde se připraví k expedici.

Po expedici z hlavního skladu míří finální produkty této společnosti do centrálního skladu v Pohořelicích. Pro prodej výrobků společnost využívá tamější organizaci TE Connectivity Solutions GmbH (zkráceně TESOG). Zmiňovaná organizace pak dále zajišťuje distribuci těchto finálních produktů až ke koncovému zákazníkovi, v tomto případě se jedná o italskou společnost Magneti Marelli, která je vývojářem a výrobcem komponentů pro automobilový průmysl.

Pro získání informací, které jsou uvedeny výše, byl mapován celý hodnotový tok, a to pomocí metody VSM. Tímto způsobem byl získán ucelený přehled o výrobním procesu z globálního pohledu. Byla vytvořena mapa současného stavu hodnotového toku. Postup a popis výsledků mapy současného stavu je rozebrán v návrhové části této práce.

Globální pohled na šetřený výrobní proces je zobrazen na obrázku č. 17, díky němuž lze celý proces rychleji a snadněji pochopit.



Obrázek 17: Globální pohled na výrobní proces
 Zdroj: Vlastní zpracování

4.3.2 Detailní analýza výrobní linky

Vybraný výrobní proces se odehrává na výrobní lince, která se nazývá Calsonic. Tato výrobní linka se skládá celkově z 9 pracovišť, na kterých pracuje každou směnu zároveň 8 operátorů. Každé pracoviště má své označení. První pracoviště je označeno jako E-863 a každé další pracoviště je označeno stejným způsobem, ale za poslední číslo se přidá jednička. Na celé výrobní lince jsou tedy pracoviště E-863 až E-871. Každý operátor pracuje na pracovišti, které mu bylo přiřazeno a v rámci svého pracoviště musí na každém výrobku provést určité pracovní kroky. Výroba probíhá v dávkách po 10 kusech.

Vyrábí se zde dva druhy výrobků, přesněji jde o konektory. Každý z výrobků má svůj výrobní název s vlastním PN (Part Number). První druh výrobku se nazývá PCON12, jehož PN je 2361188-1. Druhý výrobek se nazývá HVP800, jehož PN je 2361210-1. Každý z těchto produktů projde při výrobě celou výrobní linkou, avšak s jistými rozdíly v postupu. Pracovní postup je pro jednotlivé výrobky zpracován níže.

Produkt, který se bude v daný den vyrábět je určen plánovačem výroby podle aktuálních potřeb. Podle tohoto plánu se na každém pracovišti rozmístí konkrétní vizuální 5S+1. Následuje doplnění materiálu ze skladu do kanban regálu, který se nachází hned u prvního pracoviště. Potřebný materiál se před zahájením výroby doplní na každé pracoviště. V tento okamžik může být zahájen výrobní proces.

4.3.2.1 Popis výroby produktu PCON12 (PN 2361188-1)

Výrobní proces zahájí operátor 1 (dále již jen op. 1 atd.) na prvním pracovišti E-863. Op. 1 zahajuje výrobní proces odizolováním kabelu HV-CP. Další pracovní kroky provádí v následujícím pořadí: po částečném odizolování kabelu následuje rozčesání stínění (pokud je potřebné), dále dojde k podélnému naříznutí izolace a k montáži výplně s ferulí a posledním krokem na tomto pracovišti je krimpování na poloautomatickém stroji Hanke. Po dokončení 10 kusů dochází k předání této dávky na pracoviště E-865.

Zde si dávku přebírá op. 2 a provede montáž ferule, česání stínění, krimp ferule, montáž těsnění a krytky a v posledním kroku tyto komponenty založí do sebe pomocí stroje s názvem Netajo P-CON. Po dokončení se celá dávka předává na protější pracoviště E-866. U tohoto typu výrobku dochází ke značné odlišnosti, než je u produktu HVP800 (s PN 2361210-1) a ta spočívá v tom, že se na pracovištích E-866 a E-867 provedou

potřebné pracovní úkony nejprve na jednom ze dvou kabelů konektoru a následně se pak celá dávka vrací znovu na první z těchto dvou pracovišť. Celý proces poté probíhá znovu, avšak na druhém kabelu konektoru.

Op. 3 na pracovišti E-866 provede montáž komponentů na kabel na IPT straně (platí pouze pro první kolo tohoto výrobního procesu), ruční odizolování, strojové odizolování pomocí stroje BeriCoCut, dále provede nařiznutí vnitřní izolace i s jejím odstraněním a nasazení ring kontaktu.

Následně pak předává dávku na pracoviště E-867, kde op. 4 udělá krimp ring kontaktu, montáž IPT Spring, následně ho nakrumpuje i s ferulí a zastříhne přečuhující drátky. Po tomto cyklu dojde k předání dávky na pracoviště E-868, kde op. 5 dojde ke smrštění smršťovací fólie pomocí horkovzdušné pistole, dále k založení pomocí stroje Netajo IPT a k následné fixaci IPT tělesa.

Po provedení těchto pracovních úkonů se výrobní dávka předává na pracoviště E-869, kde op. 6 lepí na kabely konektoru oranžové a černé pásky a tuto dávku předává na pracoviště E-870 op. 7, který postupně vkládá jednotlivé výrobky do EOL (end of line) testeru, kde se vyhodnotí, zdali je vyrobený kus v pořádku. Po této zkoušce se bezchybné výrobky předávají na pracoviště E-871, kde op. 8 výrobky vizuálně zkontroluje, přeměří a zabalí do krabice, která se položí na paletu vedle prvního a posledního pracoviště.

Pro jednoduchost a pro lepší porozumění výrobnímu postupu tohoto produktu bylo vytvořeno schéma layoutu pracoviště se stručnějším popisem jednotlivých výrobních kroků, viz příloha A.

4.3.2.2 Popis výroby produktu HVP800 (PN 2361210-1)

Op. 1 na pracovišti E-863 zahájí tento výrobní proces odizolováním kabelu HV-CP, dočistí odizolované místo (pokud je potřeba), podélně nařizne izolaci, dále v jednom kroku vyčeše stínění a provede montáž ferule. Jelikož strojní čas odizolování je poměrně dlouhý a op. 1 by měl zbytečné prostoje, tak v těchto časových intervalech mezitím přechází na pracoviště E-870, kde zkouší, zdali jsou již finální výrobky správně vyrobeny pomocí EOL (end of line) testeru.

Po dokončení jedné dávky, tedy po 8 kusech předává tuto dávku na pracoviště E-864. Zde op. 2 provede montáž krytky, těsnění a ferule na kabel, krimp kontaktu a v posledním

kroku přidá na výrobek krytku a stínění. V tuto chvíli přebírá dávku op. 3 na pracovišti E-865, kde nakrumpuje feruli, vloží do sebe komponenty na stroji Netajo HVP, provede zkoušku těsnosti na Leak testeru a k poslednímu úkonu musí přenést dávku na protější stůl, kde dojde k montáži IPT Spring tělesa na IPT stranu společně s ostatními komponenty.

Z tohoto stolu si poté dávku přebírá op. 4 z pracoviště E-866, který realizuje ruční odizolování vnějšího těsnění kabelu, poté vloží kabel do řezacího zařízení BeriCoCut, který z kabelu odřízne část stínění, tak aby operátor mohl dále naříznout vnitřní izolaci a spojit stínění s ferulí. V tomto okamžiku se dávka předává na pracoviště E-867, kde op. 5 uskuteční nasazení ring kontaktu, který následně krimpuje, a dalším krimpovacím zařízením dojde ke krimpování ferule a IPT Spring. Po tomto procesu operátor zastříhne přebývající drátky ze stínění a následně kabel ofoukne kompresorem, aby se malé části drátků nedostali do konektoru výrobku, popřípadě někam jinam, kde by hrozilo, že u výrobku dojde později k defektu.

V tomto stádiu výroby přechází dávka k op. 6 na, který je zodpovědný za úkony na pracovišti E-868. Ten splní svou pracovní povinnost tím, že smrští fólii na část kontaktu pomocí horkovzdušné pistole, pak jednotlivé komponenty složí do sebe pomocí zařízení Netajo IPT a na konci tohoto procesu provede fixaci IPT tělesa a hotovou dávku předává na pracoviště E-868 operátorovi 6. Ten po nalepení černých pásek a po montáži klipů předá již finální výrobky na pracoviště E-870, kde (jak již bylo zmíněno výše) provádí op. 1 závěrečnou zkoušku na EOL testeru.

Z pracoviště E-870 si otestované finální kusy přebírá op. 8, který na pracovišti E-871 výrobky vizuálně zkontroluje, přeměří a zabalí do kartonové krabice.

Pro jednoduchost a pro lepší porozumění výrobnímu postupu tohoto produktu bylo vytvořeno schéma layoutu pracoviště se stručnějším popisem jednotlivých výrobních kroků, viz příloha B.

4.4 Sběr dat

Pro získání dat k následné analýze bylo využito jednoho nezávislého pozorovatele. Cílem pozorování bylo určení délky jednotlivých činností při výrobě daného produktu. Tato data budou následně využita k analýze výrobního procesu. Ke sběru dat došlo vždy přímým měřením, v tomto případě lze pak hovořit o tzv. chronometráži. Tato měření probíhala vždy po dobu jedné směny za standardních podmínek výroby. V tomto případě tedy za účasti osmi pracovníků a po dobu 11 hodin čistého času práce.

Pozorování a měření probíhalo způsobem, kdy pozorovatel měřil čas jednoho cyklu. Jedná se tedy o čas, ve kterém proběhl pozorovaný výrobní cyklus, tedy jeden výrobní krok na jednom výrobku. Měření jednoho cyklu bylo zahájeno ukončením předchozí operace, například položením předcházejícího výrobku na stůl, a bylo ukončeno právě v moment, kdy daná operace proběhla a byla ukončena.

Čas daného výrobního cyklu byl měřen opakovaně, a to přesně desetkrát. Tyto hodnoty byly pak zaznamenány do předem připraveného formuláře. Pokud při provádění činnosti bylo použito nějakého zařízení, došlo i ke změření strojního času, tedy po jakou dobu je toto zařízení v chodu.

Při přípravě formuláře bylo zapotřebí rozčlenit výrobní proces na jednotlivé pracovní činnosti. Tyto činnosti byly pak chronologicky seřazeny podle standardních pracovních pokynů. Některé činnosti pak byly pro vhodnost sloučeny do jednoho pracovního kroku a výsledný čas cyklu pak odpovídá době, kdy byly provedeny všechny tyto činnosti.

Ve formuláři bylo zaznamenáno, jaký operátor činnost provádí, na jakém pracovišti jsou činnosti prováděny a samotný popis činnosti. Pro každý výrobek musel být vytvořen samostatný formulář kvůli některým odlišnostem při výrobě. Obsah formuláře byl pak zpracován způsobem, který je pro výrobek PCON12 uvedený v tabulce č. 1 a pro výrobek HVP800 pak v tabulce č. 2.

Tabulka 1: Obsah formuláře PCON12 (PN2361188-1)

Operátor	Pracoviště	Pořadí činnosti na pracovišti	Popis činnosti
Op. 1	E-863	1.	Odizolování HV-CP
		2.	Rozčesání stínění
		3.1 + 3.2	Podélné nařiznutí izolace + Assy výplně a ferule
		4.	Krimp Hanke
Op. 2	E-865	1.	Assy ferule
		2.	Česání stínění
		3.	Krimp ferule
		4.	Assy těsnění a krytky
		5.	Netajo P-CON
Op. 3	E-866	1.	Assy komponentů (IPT strana) - 1. kolo
		2.	Ruční odizolování
		3.	BeriCoCut
		4. + 4.1 + 4.2	Nařiznutí + odstranění izolace + nasazení ring kontaktu
Op.4	E-867	1.	Krimp ring kontaktu
		2. + 2.1	Assy IPT Spring + Krimp ferule a IPT Spring
		3.	Zastřížení drátků - 2. kolo
Op. 5	E-868	1.	Smršťování
		2.1 + 2.2	Netajo IPT + Fixace IPT tělesa
Op. 6	E-869	1.	Lepení oranžových a černých pásek
Op. 7	E-870	1.	Lepení oranžových a černých pásek (výpomoc)
		2.	EOL tester
Op. 8	E-871	1.	Měření / kontrola
		2.	Balení

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 2: Obsah formuláře HVP800 (PN2361210-1)

Operátor	Pracoviště	Pořadí činnosti na pracovišti	Popis činnosti
Op. 1	E-863	1.	Odizolování HV-CP
		2.	Podélné nařiznutí izolace
		3.1 + 3.2	Česání stínění + Assy ferule
		4.	EOL tester
Op. 2	E-865	1.	Assy krytky, těsnění a ferule
		2.	Krimp kontaktu
		3.	Assy krytek a stínění
Op. 3	E-866	1.	Krimp ferule
		2.	Netajo HVP
		3.	Leak tester
		4. + 4.1 + 4.2	Assy komponentů (IPT strana)
Op. 4	E-867	1.	Ruční odizolování
		2.	BeriCoCut
		3.1 + 3.2	Nařiznutí vnitřní izolace + Spojení ferule a stínění
Op. 5	E-868	1.	Nasazení ring kontaktu
		2.	Krimp ring kontaktu
		3.	Krimp ferule a IPT Spring
		4.1 + 4.2	Zastřížení drátků + Ofuk kompresorem
Op. 6	E-869	1.	Smršťování
		2.1 + 2.2	Netajo IPT + Fixace IPT tělesa
		3.	Lepení oranžových tub
Op. 7	E-870	1.	Lepení černých pásek
		2.	Montáž klipů
Op. 8	E-871	1.	Měření / kontrola
		2.	Balení

Zdroj: Vlastní zpracování

Při měření jednotlivých činností pak docházelo k záznamu časových údajů přímo do formuláře. Po doměření všech činností došlo k záznamu dat z formuláře do excelovské tabulky. Po sesbírání vhodného vzorku dat pak došlo k vyhodnocení měření. Získaná data z vyhodnocení měření jsou pak vstupními údaji pro následnou analýzu výrobního procesu.

4.5 Vyhodnocení měření

Měřením došlo k získání velkého objemu dat, tato data představovala délku trvání jednotlivých operací. U jednotlivých typů dat někdy docházelo k výkyvům, a to zejména z důvodu lidského faktoru, jelikož se výrobní proces skládá převážně z manuálních operací. Tyto výkyvy byly někdy méně značné, někdy však více. Z tohoto důvodu byla ze zkoumaného vzorku odstraněna ta data, která představovala extrémy.

Po odstranění extrémů byla data již poměrně vyvážená. Následně byl vypočítán aritmetický průměr délky každé operace. Tím byla získána průměrná doba trvání každého operačního cyklu.

Tyto hodnoty byly následně sečteny podle činností, které v rámci svého pracoviště musí operátor vykonat, a za které je i podle pracovních pokynů zodpovědný. Vznikla tak představa o časové náročnosti práce každého operátora. Jelikož při standardních výkonech operátor nepracuje pouze s jedním kusem, ale v dávkách, byl také proveden tento časový přepočít. Tímto způsobem byl získán nástin časové náročnosti daného výrobního procesu. Konkrétní výsledná data pro jednotlivé produkty jsou pak uvedena v tabulkách č. 3 a 4, viz níže.

Operátor	Pracoviště	Pořadí činnosti na pracovišti	Popis činnosti	Stroj. čas [s]	C/T (Aritm. průměr bez extrémů) [s]	Součet C/T na operátora (1 kus) [s]	C/T na 1 dávku [s]	Součet C/T na operátora (dávka) [s]	Součet C/T na operátora (dávka) [min a s]
Op. 1	E - 863 (I)	1.	Odizolování HV-CP	54	63	135	630	1350	22 min 30 s
		2.	Rozčesání stínění	-	17		170		
		3.1 + 3.2	Podélné naříznutí izolace + Assy výplně a ferule	-	24		240		
		4.	Krimp Hanke	6	31		310		
Op. 2	E - 865	1.	Assy ferule	-	4	176	40	1760	29 min 20 s
		2.	Česání stínění	-	60		600		
		3.	Krimp ferule	5	19		190		
		4.	Assy těsnění a krytky	-	30		300		
		5.	Netajo P-CON	-	63		630		
Op. 3	E - 866	1.	Assy komponentů (IPT strana) - 1. kolo	-	49	167	490	1670	27 min 50 s
		2.	Ruční odizolování	-	31		310		
		3.	BeriCoCut	6 až 14	23		230		
		4. + 4.1 + 4.2	Naříznutí + odstranění izolace + nasazení ring kontaktu	-	64		640		
Op.4	E - 867	1.	Krimp ring kontaktu	7	28	102	280	1020	17 min
		2. + 2.1	Assy IPT Spring + Krimp ferule a IPT Spring	7	45		450		
		3.	Zastřížení drátků - 2. kolo	-	29		290		
Op. 5	E - 868	1.	Smršťování	-	106	259	1 060	2590	43 min 10 s
		2.1 + 2.2	Netajo IPT + Fixace IPT tělesa	-	153		1 530		
Op. 6	E - 869	1.	Lepení oranžových a černých pásek	-	225	225	2 250	2250	37 min 30 s
Op. 7	E - 870	1.	Lepení oranžových a černých pásek (výpomoc)	-	-	104	-	1040	17 min 20 s
		2.	EOL tester	52 (48+4)	104		1 040		
Op. 8	E - 871	1.	Měření / kontrola	-	100	155	1 000	1550	25 min 50 s
		2.	Balení	-	55		550		
Celkový čistý čas						1 323 s		13 230 s	220 min 30 s

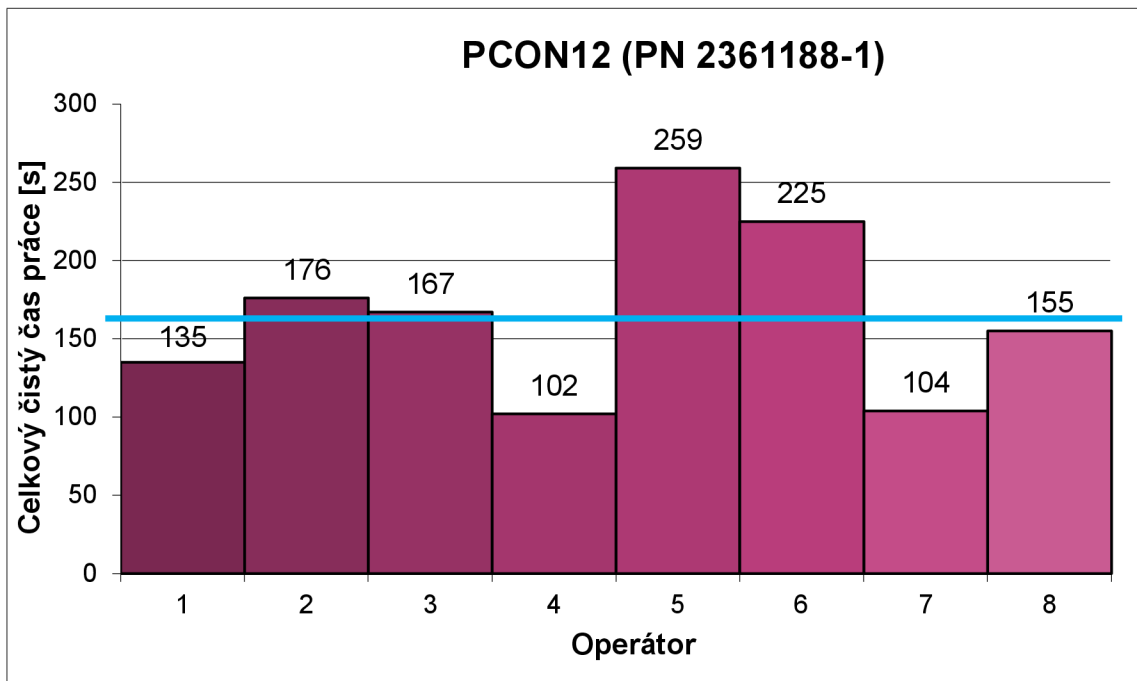
Tabulka 4: Výsledky měření HVP800 (PN2361210-1)

Operátor	Pracoviště	Pořadí činnosti na pracovišti	Popis činnosti	Stroj. čas [s]	C/T (Aritm. průměr bez extrémů) [s]	Součet C/T na operátora (1 kus) [s]	C/T na 1 dávku [s]	Součet C/T na operátora (dávka) [s]	Součet C/T na operátora (dávka) [min a s]
Op. 1	E - 863 (I)	1.	Odizolování HV-CP	52	57	197	456	1 576	26 min 16 s
		2.	Podélné nařiznutí izolace	-	12		96		
		3.1 + 3.2	Česání stínění + Assy ferule	-	29		232		
		4.	EOL tester	52 (48+4)	99		792		
Op. 2	E - 865	1.	Assy krytky, těsnění a ferule	-	36	159	288	1 272	21 min 12 s
		2.	Krimp kontaktu	8	38		304		
		3.	Assy krytek a stínění	-	85		680		
Op. 3	E - 866	1.	Krimp ferule	5	25	218	200	1 744	29 min 4 s
		2.	Netajo HVP	-	91		728		
		3.	Leak tester	15	38		304		
		4. + 4.1 + 4.2	Assy komponentů (IPT strana)	-	64		512		
Op.4	E - 867	1.	Ruční odizolování	-	74	179	592	1 432	23 min 52 s
		2.	BeriCoCut	6 až 14	37		296		
		3.1 + 3.2	Nařiznutí vnitřní izolace + Spojení ferule a stínění	-	68		544		
Op. 5	E - 868	1.	Nasazení ring kontaktu	-	33	194	264	1 552	25 min 52 s
		2.	Krimp ring kontaktu	7	50		400		
		3.	Krimp ferule a IPT Spring	7	45		360		
		4.1 + 4.2	Zastřížení drátků + Ofuk kompresorem	-	66		528		
Op. 6	E - 869	1.	Smršťování	-	83	289	664	2 312	38 min 32 s
		2.1 + 2.2	Netajo IPT + Fixace IPT tělesa	-	89		712		
		3.	Lepení oranžových tub	-	117		936		
Op. 7	E - 870	1.	Lepení černých pásek	-	90	160	720	1 280	21 min 20 s
		2.	Montáž klipů	-	70		560		
Op. 8	E - 871	1.	Měření / kontrola	-	81	130	648	1 040	17 min 20 s
		2.	Balení	-	49		392		
Celkový čistý čas						1 526 s		12 208 s	203 min 28 s

4.6 Rozbor naměřených dat

Po vyhodnocení měření následoval rozbor těchto získaných dat. V této části došlo k poměření časové náročnosti činností každého operátora. Zde lze pozorovat značné nevyvážení výrobního procesu. Výrobní proces byl při rozboru rozdělen podle jednotlivých produktů. Pro zřetelnost byly jednotlivé hodnoty znázorněny pomocí sloupcového grafu č. 1 a následně byl proveden popis nevyvážení pro každý výrobek.

4.6.1 Rozbor naměřených dat u výrobku PCON12



Graf 1: Porovnání časové náročnosti činností operátorů (PCON12)

Zdroj: Vlastní zpracování

U výroby produktu PCON12 lze pozorovat velké rozdíly v časové náročnosti činností jednotlivých operátorů. Nejvíce vytižený je operátor 5, který v průměru stráví všemi činnostmi 259 sekund. Dalším velmi nadstandardně vytiženým operátorem je operátor 6, jehož časová náročnost činností činí 225 sekund.

Na druhé straně jsou nejméně vytižení operátoři, konkrétně se jedná o operátora 4 se 102 sekundami a o operátora 7 se 104 sekundami. Ve sloupcovém grafu je modrou linkou znázorněn aritmetický průměr časové náročnosti práce na operátora, a jeho hodnota je rovna 165 sekundám. Byl vypočten také průměrný čas trvání činnosti, ten činí 60 sekund.

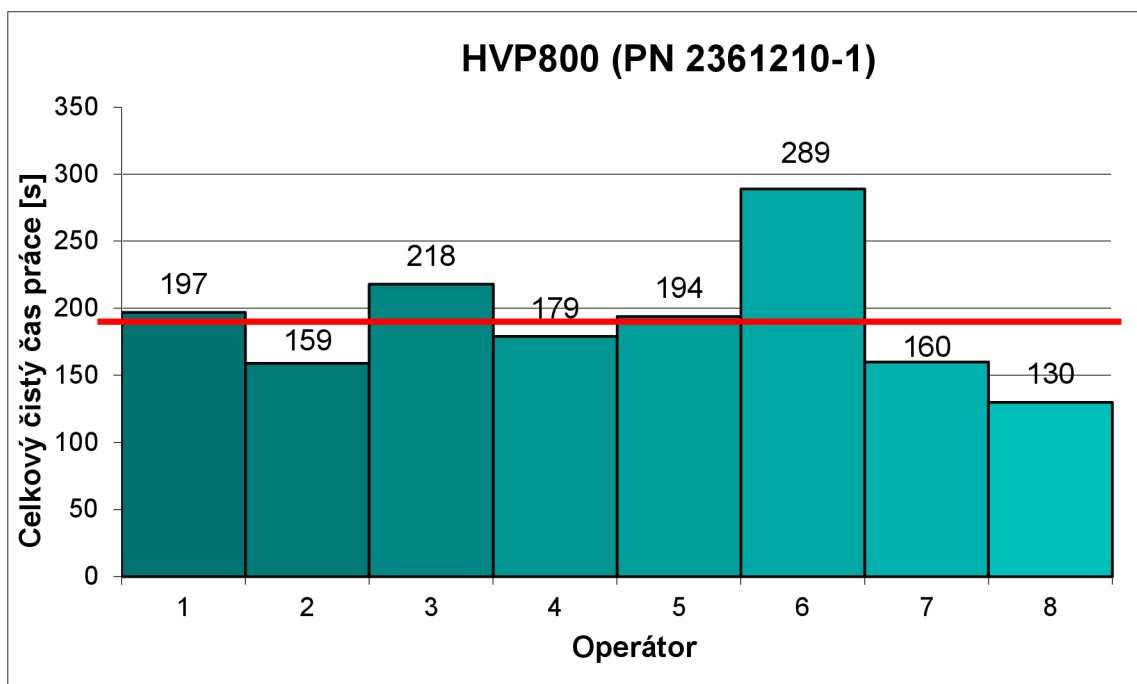
Přetížení operátorů 5 a 6 je způsobeno tím, že přiřazené činnosti, které vykonávají, a za které jsou zodpovědní, velkou mírou přesahují právě průměrný čas trvání činnosti.

Operátor 5 vykonává operaci smršťování, která je jak časově, tak i manuálně náročná a průměrná doba trvání této operace je 106 sekund. Další činností, za kterou je tento pracovník zodpovědný, je operace na přípravku Netajo IPT. Tato činnost standardně zabere 153 vteřin.

Operátor 6 je zodpovědný pouze za jednu činnost, a to je operace lepení oranžových a černých pásek. Tato aktivita je nejvíce časově náročná ze všech činností a průměrná doba trvání je 225 sekund. U této operace je taktéž zapotřebí nadprůměrná zručnost.

Ve standardních pracovních pokynech je uvedeno, že operátor 7 je v případě potřeby využit na výpomoc s činností pracovníka 6, tímto způsobem je práce alespoň částečně dorovnána, ale nevyvážení pracovníka 5 stále přetrvává.

4.6.2 Rozbor naměřených dat u výrobku HVP800



Graf 2: Porovnání časové náročnosti činností operátorů (HVP800)

Zdroj: Vlastní zpracování

V případě výrobku HVP800 je výrobní proces poněkud více vyvážen, jak lze také vidět z přiloženého grafu č. 2. Je zde však operátor číslo 6, který je nadstandardně vytížen. Pro

danou výrobu byl vypočten aritmetický průměr časové náročnosti práce na operátora (v grafu ho znázorňuje červená linka), a ten dosahuje hodnoty 191 sekund.

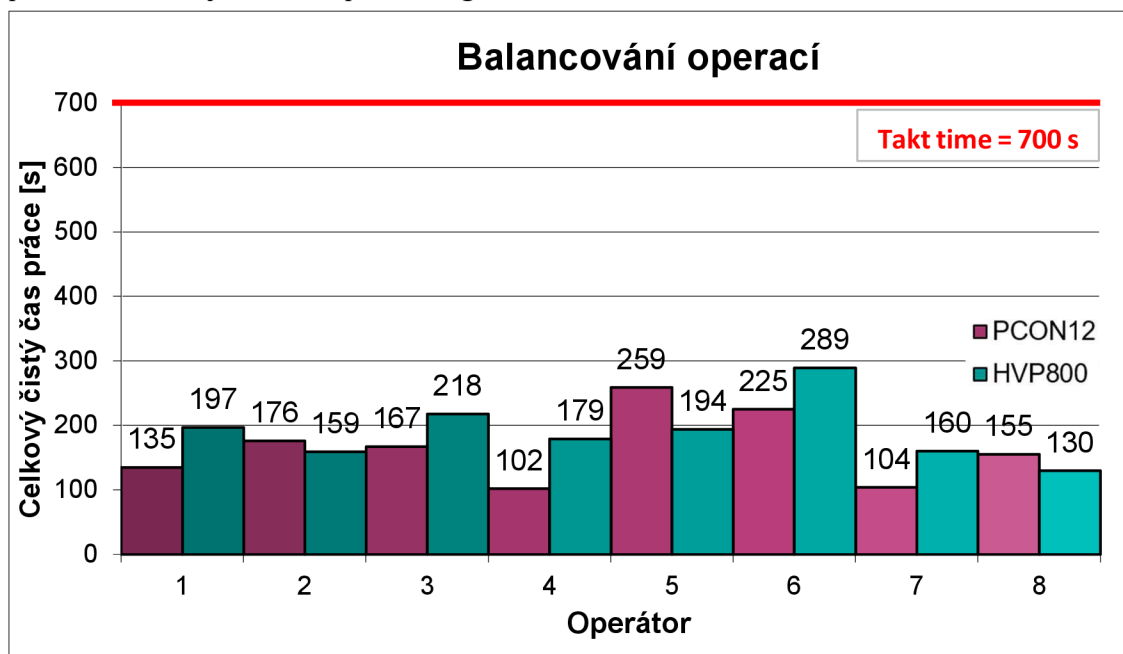
Celková časová náročnost činností operátora 6 však činí 289 sekund. Pracovník 6 je odpovědný za operaci smršťování, která v průměru trvá 83 sekund a je zapotřebí nadprůměrné zručnosti operátora. Dále tento pracovník provádí kompletaci kabelu na přípravku Netajo IPT, kde touto činností průměrně stráví 89 vteřin na jeden kus. Poslední činnost, kterou tento pracovník vykonává je operace lepení oranžových tub.

Tato operace je nejvíce časově náročná a průměrná doba jednoho cyklu činí 117 sekund, přičemž průměrný čas trvání všech činností byl vypočten na 61 vteřin.

Nejméně vytiženým článkem celého výrobního procesu je operátor 8 se 130 vteřinami, a který je zodpovědný za měření, finální kontrolu a zabalení hotového výrobku.

4.6.3 Rozbor naměřených dat

Pro účely zmapování celého hodnotového toku bylo využito metody Value-Stream mapování. Při jejím vypracování došlo k získání času taktu, který činí 700 sekund. Jelikož máme k dispozici diagram vytižení jednotlivých pracovníků, provedeme proto jeho srovnání s časem taktu, tedy s časem, který udává tempo, jakou rychlostí odebírá zákazník jeden kus výrobku. Pro výstižnější demonstraci jsou tyto hodnoty znázorněny pomocí následujícího sloupcového grafu č. 3:



Graf 3: Porovnání vytižení operátorů s časem taktu (Vlastní zpracování)

Z porovnání je jasné, že problém výrobní linky není pouze v nerovnoměrném rozdělení pracovních činností, ale dochází zde také k velkému rozdílu mezi časem taktu a časů cyklu jednotlivých pracovníků.

Při srovnání času práce nejvytíženějšího pracovníka, s časem taktu docházíme ke zjištění, že časová spotřeba jeho práce by v ideálním případě měla být 2,4krát větší. V případě nejméně vytíženého operátora by mělo dojít k navýšení téměř o 7krát.

Pokud by časová spotřeba pracovních činností byla mezi pracovníky rovnoměrně rozdělena a následně porovnána s časem taktu, měla by být v ideálním případě hodnota časové spotřeby u produktu PCON12 navýšena, a to 4,2krát. U produktu HVP800 by tato hodnota pak měla být 3,7krát větší.

Snahou vytvořit vyrovnaní času taktu s časem cyklu je základem štíhlé výroby. Pokud výrobní takt je větší než čas taktu, znamená to, že vzniká nadvýroba – dochází tedy k plýtvání. Nadvýroba je z pohledu lean metodologie zřejmě nejhorším druhem plýtvání, jelikož umocňuje ostatní druhy plýtvání.

Přesně k tomu dochází v případě tohoto pracoviště. Pokud k nadprodukcí nedochází, znamená to, že výrobní linka jede pouze „jednou za čas“, v tomto případě pak dochází k neefektivnímu využití výrobních faktorů.

4.7 Shrnutí analytické části

Výsledkem analytické části bylo zjištění, že výrobní linka se potýká s problémem nerovnoměrného rozdělení pracovních činností. Tato skutečnost pak zásadně ovlivňuje výkonnost celé výrobní linky.

Další problematická oblast se vztahuje k taktování výrobní linky dle požadavků zákazníka. U výrobního procesu totiž dochází k rozdílům výrobního taktu a taktu stanoveným zákazníkem. To následně vede buď ke vzniku nadvýroby – tedy k jednomu z druhu plýtvání, anebo k neefektivnímu využití výrobních faktorů.

K nesrovnalosti těchto taktů dochází zejména kvůli nevyhovujícímu návrhu výrobního procesu. Při současném uspořádání je při výrobě zapojeno příliš mnoho pracovníků na to, aby mohlo dojít k vyrovnání těchto taktů.

V analytické části byly zjištěny a popsány problémové oblasti. Došlo k závěru, že pro eliminaci ztrát musí dojít k novému návrhu tohoto výrobního procesu. Jako vhodné řešení se pak jeví použití pokročilého analytického nástroje, a tím je simulační modelování. Touto problematikou se pak dále zabývá návrhová část této práce.

5 Návrhová část

V předcházející části byly identifikovány a blíže popsány problémové oblasti stávajícího výrobního procesu. Jejich řešením se pak zabývá tato část práce. Pro řešení je v návrhové části využito nástrojů štíhlé výroby a pokročilého nástroje simulačního modelování.

Pro pochopení souvislostí výrobního procesu bylo využito metodiky Value-Stream mapování. Výsledná mapa současného stavu pak zobrazuje proudění celého hodnotového toku. Dále pak zaznamenává důležité informace a data, které jsou využity pro návrh nového řešení. Tato část se dále zabývá balancováním operací současného výrobního procesu a novým taktováním výrobní linky. Pro odhalení neefektivností a plýtvání je využito prediktivní simulace. Pomocí simulačního modelu následně dochází k tvorbě alternativních systémů, které pak ztvárňují nový návrh tohoto výrobního procesu.

5.1 Value-Stream mapa současného stavu

Mapa toku hodnot zobrazuje proudění toku materiálu a informací napříč společností. Za účelem vizualizovat a pochopit materiálový a informační tok, byla také zpracována tato mapa. Value-Stream mapa současného stavu je soustředěna na konkrétní výrobní proces, který je předmětem šetření této práce. Nejenže tato mapa zpřehlednila průběh celého výrobního procesu, ale během zpracování bylo možné nalézt problémy a nesrovnalosti. Dále se při jejím zpracování zmapovaly a zaznamenaly důležité informace a data o současném hodnotovém toku, a to přehledně na jedno místo. Zmíněná aktivita následně napomáhá k odhalení neefektivností a plýtvání. Tato konkrétní mapa byla zpracována podle metodiky, která je dříve zmíněná v teoretické části.

5.1.1 Výběr reprezentanta a analýza poptávky

Vypracování této mapy současného stavu tedy začalo u výběru vhodného reprezentanta. Zkoumaný výrobní projekt Calsonic v sobě zahrnuje pouze výrobu dvou modelových čísel, které jsou součástí jedné produktové rodiny, a jejichž výrobní procesy během transformace jsou si velmi podobné.

Z tohoto důvodu byly do mapování současného hodnotového toku zohledněny oba tyto produkty. Specifika výroby těchto produktů byla rozebrána již v předcházející analytické části této práce. V rámci tohoto kroku při mapování hodnotového toku je Rotherem a

Shookem doporučeno zjistit také informaci o tom, jaké množství je zákazníkem požadováno a jak často. Z tohoto důvodu došlo k analýze budoucí poptávky v rozmezí prvního kvartálu fiskálního roku 2022 až druhého kvartálu fiskálního roku 2023. Tato data byla zprostředkovaně získána příslušným pracovníkem oddělení Customer service v rámci společnosti TE Connectivity Czech s.r.o. Tato data byla poskytnuta jako nestruturovaná surová data, která jsem následně zpracoval do podoby tabulky č. 5.

Tabulka 5: Konsensuální předpověď poptávky (Q1 FY22 – Q2 FY23)

ID produktu	2361188-1	2361210-1	SUM
Produkt	PCON12	HVP800	
Zákazník	MARELLI AUTOMOTIVE SYSTEMS UK LTD		
2022 M1	600	2 100	2 700
2022 M2	1 500	2 700	4 200
2022 M3	1 780	1 611	3 391
2022 M4	1 974	1 452	3 426
2022 M5	1 900	1 375	3 275
2022 M6	1 784	1 419	3 203
2022 M7	1 855	1 465	3 320
2022 M8	1 742	1 627	3 369
2022 M9	2 016	1 465	3 481
2022 M10	1 904	1 627	3 531
2022 M11	1 108	1 627	2 735
2022 M12	1 779	1 465	3 244
2023 M1	1 872	1 524	3 396
2023 M2	1 971	1 694	3 665
2023 M3	1 834	1 660	3 494
2023 M4	2 033	1 496	3 529
2023 M5	1 937	1 403	3 340
2023 M6	1 820	1 447	3 267
SUM	31 409	29 157	60 566
% vyjádření	51,86 %	48,14 %	

Zdroj: Vlastní zpracování

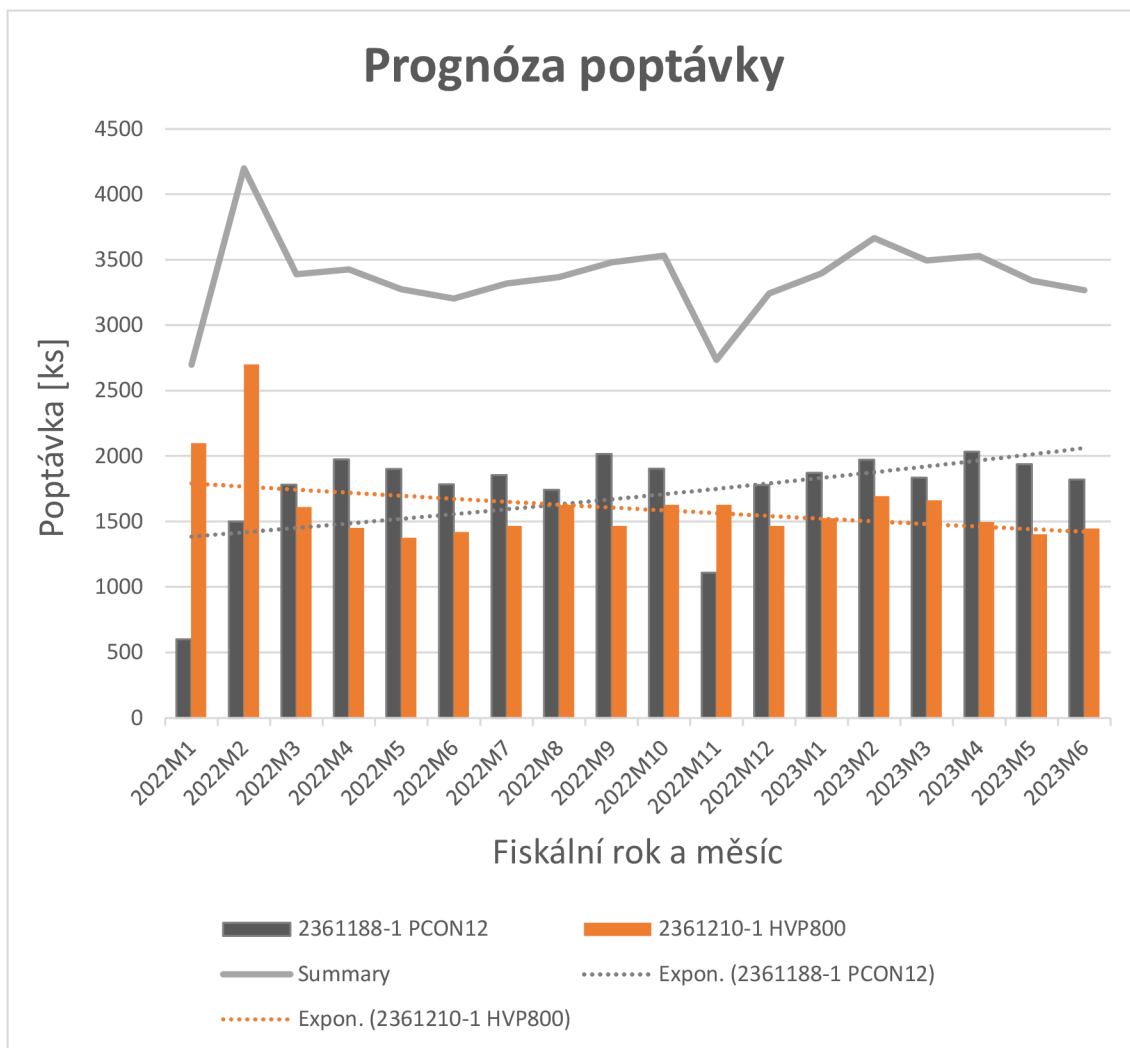
Z tabulky, která ukazuje konsensuální předpověď poptávky, lze vidět požadované množství konkrétního produktu, a to za každý jednotlivý měsíc daného fiskálního roku. Při součtu těchto hodnot vychází, že zákazník za toto období poptává 31 409 výrobků PCON12 a 29 157 výrobků HVP800. Celkem tedy 60 566 kusů. Pokud se podíváme na procentuální vyjádření, lze říci, že poptávka po těchto dvou produktech je za toto období v konečném součtu bez mála rovnoměrná.

Další průběh analýzy poptávky probíhal způsobem, kdy bylo na poptávané množství nahlíženo po měsících. Došlo tak ke srovnání měsíčního poptávaného množství jednotlivých produktů a analyzovalo se, zdali dochází k nějakým výkyvům poptávky. Tyto informace jsou velmi cenné, a to zejména pro plánování výroby.

Pro větší zřejmost byla tato data zobrazena pomocí sloupcového grafu č. 4 (viz níže), který se hodí k porovnání nespojitých dat a znázornění trendů v čase. Sloupcový graf je doplněn šedou křivkou, která znázorňuje celkové množství poptávaného zboží v čase.

Z grafu, případně z tabulky lze vyčíst, že k největšímu výkyvu poptávky dochází právě první 2 měsíce fiskálního roku 2022. První měsíc převyšuje poptávka po výrobku HVP800 a to přesně 3,5krát. V druhém měsíci je poptávka po výrobku HVP800 větší 1,8krát. V následujícím období je poptávka po produktech poměrně vyvážená, avšak v každém následujícím měsíci převažuje poptávka po produktu PCON12, ale nijak zásadním rozdílem. Lze říct, že je tak postupně dorovnána prvotní nevyváženost poptávky.

V grafu lze pak dále pozorovat jediný propad poptávky, a to po obou produktech, v jedenáctém měsíci fiskálního roku 2022. Nejsme však schopni určit, z jakého důvodu k tomuto propadu poptávky ze strany zákazníka dochází. Pokud neuvažujeme prvotní nevyváženost, lze konstatovat, že poptávka je v čase poměrně vyvážená. Tuto skutečnost



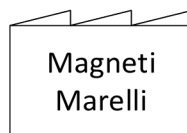
Graf 4: Prognóza poptávky (Q1 FY2022 – Q2 FY2023)

Zdroj: Vlastní zpracování

je zapotřebí si ověřit, aby nedocházelo k následnému zkreslení, zejména při výpočtu času taktu, který vyjadřuje tempo, kterým zákazník odebírá daný výrobek.

5.1.2 Postup při vytváření Value-Stream mapy současného stavu

Mapování dle metodiky začíná vždy u zákazníka, ten se zakreslí do pravého horního rohu včetně jeho požadavků, a to způsobem jako je zobrazeno na obrázku č. 18. Přesně tak se postupovalo i v tomto případě, a to následujícím způsobem:



3 364 ks/měsíc
-188: 1 744 ks/měsíc
-210: 1 620 ks/měsíc
2 produktová čísla
Pracovních dní: 30/měsíc
2 směny (12h/směna)
Čistý čas práce 2 směn: 79200 s/den
Kusů/den: 113
Čas taktu: 700 s/kus

Obrázek 18: Zákazník s požadavky

Zdroj: Vlastní zpracování

Po ověření trendu poptávky zákazníka následoval výpočet průměrného poptávaného množství. V tomto případě zákazník poptává průměrně 3 364 výrobků za měsíc. Z pohledu jednotlivých produktů je měsíčně průměrně poptáváno 1 744 kusů výrobku PCON12 a 1 620 kusů výrobku HVP800. Jelikož je poptávka poměrně vyvážená, při dalším postupu nebylo rozlišováno mezi těmito dvěma produkty a vycházelo se tedy z celkového množství poptávaného zboží.

Dále tedy byl v data boxu zaznamenán počet druhů odebíraných výrobků, počet pracovních dní v měsíci, počet hodin jedné směny (včetně přestávek) a čistý čas dostupnosti těchto dvou směn, a to v sekundách na den.

Byl proveden přepočítání požadovaného množství na den, a to prostým dělením požadovaného množství za měsíc s počtem pracovních dní v měsíci. Tímto způsobem jsme došli ke skutečnosti, že poptávané denní množství činí 113 kusů (zaokrouhleno na celé výrobky). Tento údaj byl také zaznamenán do data boxu.

Následoval výpočet času taktu, a to prostým dělením dostupnosti směn za den s denním poptávaným množstvím. Čas taktu činí 700 sekund na jeden kus a tato skutečnost byla také zaznamenána do mapy současného stavu.

Dalším krokem byl proveden náskres výrobních procesů. Postupovalo se postupně, od procesu k procesu, a to proti proudu hodnotového toku. Během této aktivity byla získána potřebná data, která byla také využita v analytické části této práce. Byla zapsána

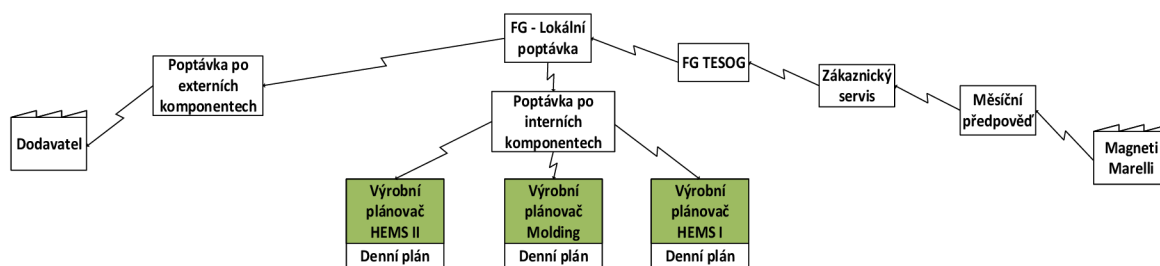
rozpracovaná výroba a velikost zásob v místech skladování. Na tomto základě byl proveden přepočít velikosti těchto zásob podle denní spotřeby zákazníka.

Dále byly zakresleny materiálové toky a sklady s údaji o jejich velikosti zásob, které byly opět přepočteny na dny podle denní spotřeby. Tento proces byl velmi časově náročný vzhledem ke komplexnosti této výroby.

Bylo zapotřebí dostat potřebné informace o skladových zásobách od plánovače výroby. Dále byl zapotřebí kompletní rozpad kusovníku pro jednotlivé výrobky. Následně byl proveden přepočít zásoby všech těchto součástí a podsestav podle denní spotřeby zákazníka. Do mapy pak byla zaznamenána pouze ta hodnota, u níž byla spotřeba ve dnech nejdelší. Po provedení všech přepočtů došlo k zakreslení externí dopravy.

Následovalo zakreslení dodavatele. V tomto případě byla analyzována doba dodání nejzazšího komponentu po provedení objednávky. Nejdelší dobu dodání měla u výrobku PCON12 vnější ferule PCON s dodací lhůtou 230 dní. U výrobku HVP800 byla nejdelší dodací lhůta u granulátu, která činí 240 dní. Tato skutečnost byla také zaznamenána do mapy, a to pod přepravní nákladní vůz, který je vedle šipky přepravy, která vede od dodavatele.

V dalším kroku byly nakresleny informační toky, a to od zákazníka přes společnost až po externího dodavatele, včetně způsobu plánování. A to způsobem zřejmým z obrázku č. 19.



Obrázek 19: Současný stav informačního toku

Zdroj: Vlastní zpracování

Při mapování informačního toku bylo zjištěno, jakým způsobem je v této společnosti zajištěn průběh informací o objednávce.

Skutečnost je taková, že zákazník, tedy společnost Magneti Marelli, posílá dlouhodobou předpověď poptávaného množství jednotlivých výrobků. Tato předpověď obsahuje požadované množství v měsíčních intervalech.

Tuto zprávu obdrží v informačním systému zákaznický servis. Ten informuje externí oddělení TESOG, oddělení podpory prodeje spadající pod společnost TE Connectivity, které má také informace o stavu zásob hotových výrobků („FG“ = finish goods) na skladě.

Toto oddělení přeposílá informaci o objednávce na oddělení Local Demand, které zajišťuje místní poptávku, a které je situováno přímo v kuřimském závodě.

To informuje o objednávce oddělení, které zajišťuje poptávku po externích komponentech. Toto oddělení již komunikuje s koncovými dodavateli. Zároveň je informováno oddělení, které zajišťuje poptávku po komponentech interně vyráběných přímo v závodě společností TE Connectivity Czech s.r.o.

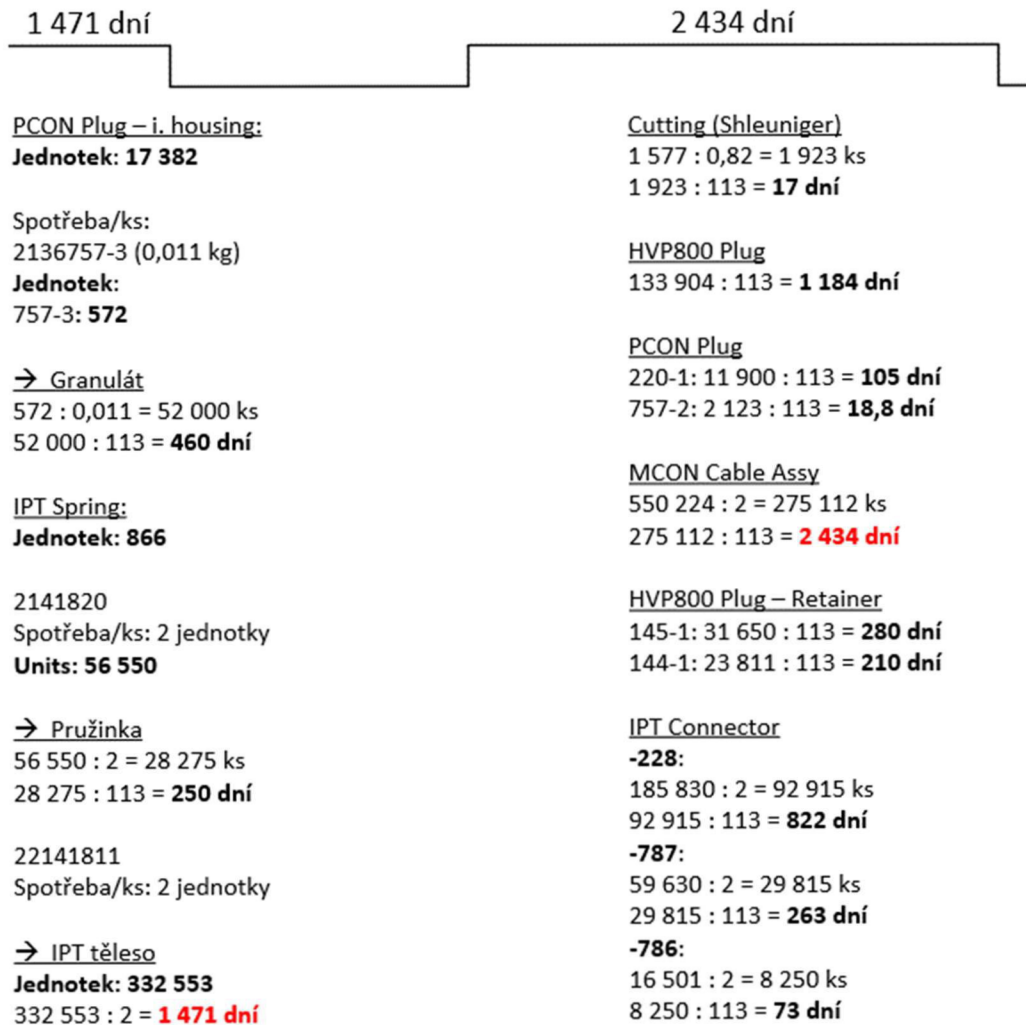
Pokud dojde k potvrzení objednávky, tato informace se propíše do informačního systému jednotlivých výrobních plánovačů konkrétních oddělení. V případě tohoto hodnotového toku se jedná o plánovače z oddělení HEMS I, HEMS II a plánovače výroby oddělení Moldingu.

TE Connectivity Czech s.r.o. využívá ERP systém, který poskytuje společnost SAP.

Dále se pokračovalo zaznamenáním do mapy způsobů pohybu materiálu, tedy zdali se jedná o způsob tahový (pull), nebo o tlakový (push) způsob.

V tento moment, kdy je mapa téměř kompletní, přichází na řadu přidání do spodní části časovou osu, která znázorňuje, zdali se jedná o aktivitu přidávající hodnotu nebo o aktivitu nepřidávající hodnotu, a to včetně dat.

Pro demonstraci, jakým způsobem byly vypočteny hodnoty aktivit, které nepřidávají hodnotu, lze vidět na obrázcích č. 20 a 21.



Obrázek 20: Výpočet hodnot NVA aktivit (1. část)

Zdroj: Vlastní zpracování

26,2 dní	5,3 daní
<p>Nastříhané kabely:</p> <p>-188: 2208250-1 $1577 : 2 = 778,5$ ks $778,5 : 113 = 6,9$ dní</p> <p>-210: 2141580-1 $943 : 2 = 471,5$ ks $471,5 : 113 = 4,2$ dní</p> <p>PCON Plug: $2\ 956 : 113 = 26,2$ dní</p> <p>HVP800 Plug $600 : 113 = 5,3$ dní</p>	<p>PCON12 (2361188-1) Jednotek: 448 $448 : 113 = 4$ dní $4 + 0,2$ (transport) = 4,2 dní</p> <p>HVP800 (2361210-1) Jednotek: 577 $577 : 113 = 5,1$ dní $5,1 + 0,2$ (transport) = 5,3 dní</p>

Obrázek 21: Výpočet hodnot NVA aktivit (2. část)

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro výpočet bylo nutné zmapovat, jaké komponenty vstupují do konkrétního výrobního procesu. Následně byla zjištěna velikost zásob těchto komponentů. Dále bylo nutné zjistit, jaká je spotřeba tohoto materiálu na jeden kus. Následným výpočtem jsme zjistili počet kusů, které jsme schopni touto zásobou vyhotovit a tento počet byl následně převeden na dny podle denní spotřeby zákazníka.

Na linku byla poté zaznamenána nejdelší denní spotřeba, která je na obrázcích zvýrazněna červeně.

Na linku byly také doplněny časy aktivit přidávající hodnot.

V posledním kroku byl proveden součet těchto hodnot. Výsledek tohoto součtu byl zaznamenán do data boxu na konci této linky, tak jak je znázorněno na obrázku č. 22.

3 936,5 dní
1 577 s

Obrázek 22: Celková průběžná doba a čas přidávání hodnoty

Zdroj: Vlastní zpracování

5.1.3 Shrnutí výstupů Value-Stream mapy současného stavu

Jak lze vidět na obrázku výše, celková průběžná doba je 3 936,5 dní. Čas přidávání hodnoty je roven 1 577 vteřinám. Dochází zde k velkému nepoměru. Výsledná celková průběžná doba vychází velmi nepříznivě.

K této situaci dochází zejména z důvodu velkých zásob v místech skladování. Je však nutno podotknout, že výrobní portfolio této společnosti sestává z přibližně 135 tisíc produktů. Materiál, který vstupuje do šetřených finálních produktů není využíván pouze pro tuto výrobu, ale vstupuje i do dalších výrobních procesů.

Není však v mé kompetenci zjistit, jaká zásoba náleží právě této konkrétní výrobě. Na otázku přílišně velkých zásob bude pouze poukázáno a upozorněno, ale dále se tato práce nebude zabývat řešením tohoto konkrétního problému.

Výstupem Value-Stream mapování je samozřejmě samotná Value-Stream mapa. Výsledná Value-Stream mapa popisuje stav k 28.1.2022 a je součástí přílohy C.

5.2 Balancování operací, nové taktování výrobní linky

Součástí tvorby Value-Stream mapy současného stavu byl také výpočet údaje času taktu, jak již bylo zmiňováno v analytické části, i v části návrhové při popisu její tvorby. Tempo, kterým zákazník odebírá již hotový výrobek, tedy čas taktu, činí 700 vteřin na jeden kus a byl vypočten následujícím vzorcem:

$$\text{čas taktu} = \frac{\text{dostupný pracovní čas směn}}{\text{požadavek zákazníka na směnu}}$$

V našem případě tedy:

$$\text{čas taktu} = \frac{79\,200\text{ s}}{113\text{ ks}} \doteq 700\text{ s/ks}$$

V analytické části této práce bylo zjištěno, že se tato výrobní linka potýká s problémem neoptimálního rozdělení činností mezi jednotlivá pracoviště, respektive operátory linky.

Dalším rozbořením naměřených dat byl také odhalen velký nepoměr mezi časem taktu a časů cyklu jednotlivých pracovníků. Existencí těchto skutečností pak dochází k neefektivitě výrobního procesu, a také k plýtvání. Pro eliminaci těchto negativních jevů

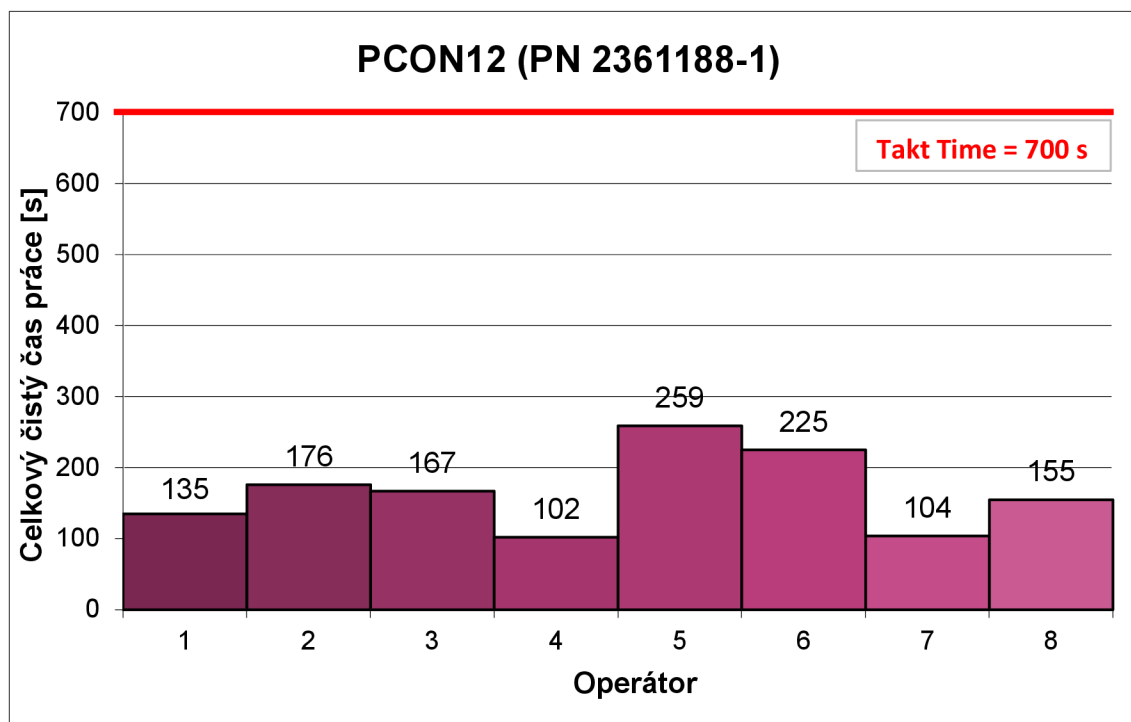
bude v následujících odstavcích snaha o optimalizaci této výrobní linky, a to jejím přetaktováním.

V první fázi nového taktování linky dojde ke grafickému porovnání současných hodnot časů cyklu operátorů s časem taktu stanoveným zákazníkem a k výpočtu Indexu vyváženosti stávající výroby obou produktů.

Dále pak dojde u jednotlivých výrobních procesů k výpočtu optimálního počtu operátorů, následně pak bude snaha o vybalancování operací, a to již s daným počtem operátů z předešlého kroku. V poslední fázi pak bude vypočten Index vyváženosti konkrétního návrhu.

5.2.1 Balancování operací výroby produktu PCON12 (2361188-1)

Porovnání časů cyklu operátorů s časem taktu bude pro zřejmost provedeno pomocí sloupcového grafu č. 5. Tento graf vypadá následujícím způsobem:



Graf 5: Porovnání CT s TT – PCON 12 (2361188-1)

Zdroj: Vlastní zpracování

Efektivitu organizace linky pak lze ověřit na základě hodnoty Indexu vyváženosti (znám také jako Balanční index), který je vypočítán následujícím vztahem:

$$Index\ vyváženosti = \frac{\text{součet časů cyklu}}{\text{počet operátorů} \times \text{čas taktu pracoviště}} \times 100 \%$$

Při přestavbě již existujících procesů a zařízení je nejčastěji cílem dosáhnout hodnoty Indexu vyváženosti větší než 85 %.

Při stávajícím výrobním procesu produktu PCON12 dosahuje Index vyváženosti následujících hodnot:

$$Index\ vyváženosti = \frac{1323}{8 \times 700} \times 100 \% \doteq 23,63 \%$$

Výrobní proces je velkou mírou nevyvážený, a je proto zapotřebí provést patřičné kroky, které by vedly k jeho vyrovnaní.

Nové taktování výrobního procesu:

Nejprve bude proveden výpočet optimálního počtu pracovníků, a to pomocí následujícího vzorce:

$$\text{počet operátorů} = \frac{\text{celkový čas práce na operacích na jeden kus}}{\text{čas taktu}}$$

Pro výrobu tohoto konkrétního produktu výpočet vychází následovně:

$$\text{počet operátorů} = \frac{1\ 323}{700} = 1,89 \text{ operátorů} = 2 \text{ operátoři}$$

Z výsledku je zřejmé, že pro přiblížení se času taktu s časem práce na operacích je zapotřebí zásadní redukce pracovníků výrobní linky, a to ze současných osmi na pouhé dva operátory. Pro nové taktování výrobního procesu je zapotřebí jednotlivé činnosti přerozdělit mezi operátory tak, aby na sebe navazovaly, splňovaly plynulý materiálový tok a jejich celkový čas byl co nejbližší s časem taktu. Přerozdělení pracovních činností tohoto výrobního procesu pak může vypadat způsobem, který je zobrazen v tabulce č. 6.

Tabulka 6: Přerozdělení činností – PCON 12 (2361188-1)

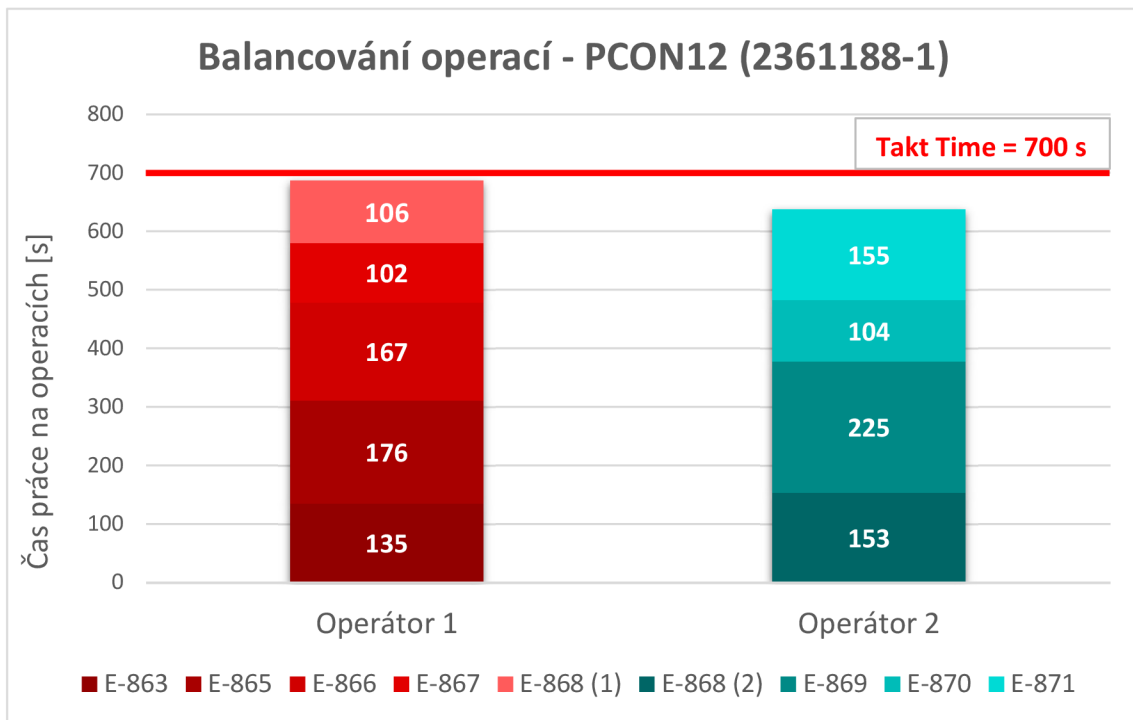
Operátor	Pracoviště	Pořadí činnosti na pracovišti	Popis činnosti	C/T (Aritm. průměr bez extrémů) [s]
Op. 1	E - 863 (I)	1.	Odizolování HV-CP	63
		2.	Rozčesání stínění	17
		3.1 + 3.2	Podélné nařiznutí izolace + Assy výplně a ferule	24
		4.	Krimp Hanke	31
	E - 865	5.	Assy ferule	4
		6.	Česání stínění	60
		7.	Krimp ferule	19
		8.	Assy těsnění a krytky	30
		9.	Netajo P-CON	63
	E - 866	10.	Assy komponentů (IPT strana) - 1. kolo	49
		11.	Ruční odizolování	31
		12.	BeriCoCut	23
		13. + 13.1 + 13.2	Nařiznutí + odstranění izolace + nasazení ring kontaktu	64
E - 867	1.	Krimp ring kontaktu	28	
	2. + 2.1	Assy IPT Spring + Krimp ferule a IPT Spring	45	
	3.	Zastřížení drátků - 2. kolo	29	
E - 868	4.	Smršťování	106	
Celkový čas práce operátora 1 na jeden kus				686 s
Op. 2	E - 868	5.1 + 5.2	Netajo IPT + Fixace IPT tělesa	153
	E - 869	6.	Lepení oranžových a černých pásek	225
	E - 870	7.	Lepení oranžových a černých pásek (výpomoc)	-
		8.	EOL tester	104
	E - 871	9.	Měření / kontrola	100
		10.	Balení	55
Celkový čas práce operátora 2 na jeden kus				637 s
Celkový čas práce na operacích na jeden kus				1 323 s

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro vyrovnání času práce na operacích s časem taktu došlo k přerozdělení činností mezi 2 operátory. Při tomto rozdělení pak celkový čas práce operátora 1 činí 686 vteřin a celkový čas práce operátora 2 dosahuje 637 sekundám na jeden vyrobený kus.

Nejenže dochází prakticky k rovnoměrnému rozložení pracovní náplně operátorů z hlediska časové náročnosti, ale zároveň také dochází k vyrovnání spotřeby času činností jednotlivých operátorů s časem taktu. Mezi těmito časy však stále existuje jistá rezerva, která je v této situaci vnímána spíše pozitivně.

Po přetaktování výrobní linky je pomocí skládaného sloupcového grafu č. 6 provedeno srovnání času taktu s časem práce na operacích, tento graf pak vypadá následujícím způsobem:



Graf 6: Balancování operací – PCON 12 (2361188-1)

Zdroj: Vlastní zpracování

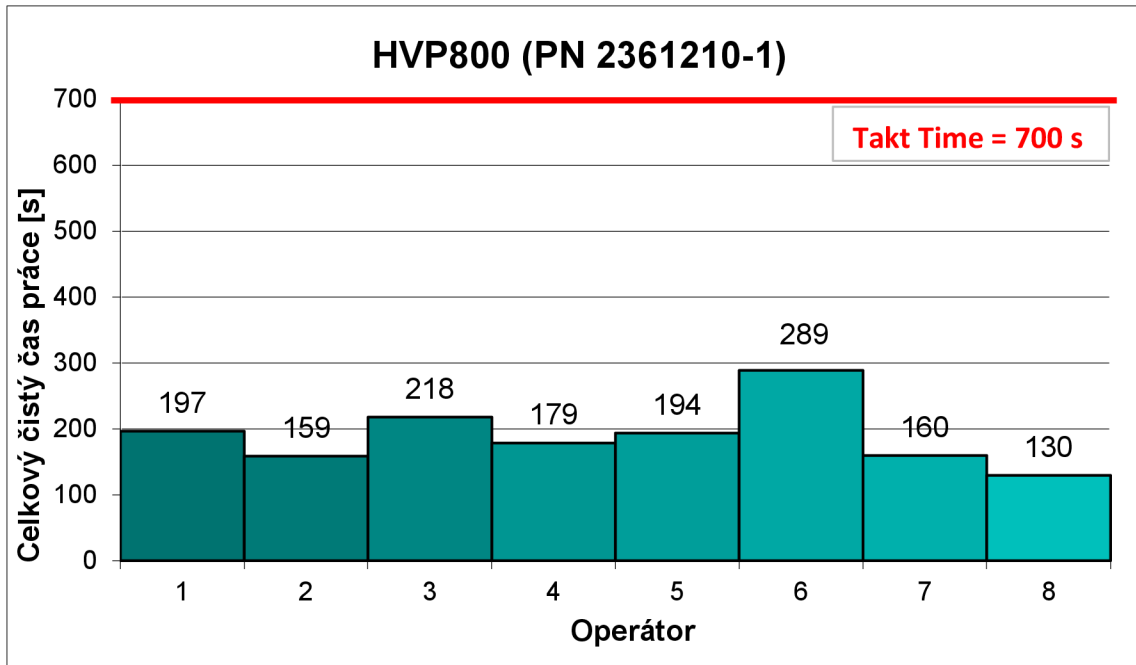
V případě takového přetaktování linky při výrobě produktu PCON12 dosahuje Index vyváženosti následujících hodnot:

$$Index\ vyváženosti = \frac{1\ 323}{2 \times 700} \times 100\ \% = 94,5\ \%$$

To znamená že takt tohoto výrobního procesu je z 94,5 % vyvážen s taktém zákazníka. Tento výsledek pak lze považovat za uspokojivý.

5.2.2 Balancování operací výroby produktu HVP800 (2361210-1)

Porovnání časů cyklu operátorů s časem taktu pomocí sloupcového grafu (č. 7) vypadá následovně:



Graf 7: Porovnání CT s TT – HVP800 (2361210-1)

Zdroj: Vlastní zpracování

Při stávajícím výrobním procesu produktu HVP800 dosahuje Index vyváženosti následujících hodnot:

$$\text{Index vyváženosti} = \frac{1526}{8 \times 700} \times 100 \% = 27,25 \%$$

Tento výrobní proces lze taktéž považovat za velmi nevyvážený. Bude tedy provedena snaha o tvorbu takového nového návrhu, aby vedl k jeho vyrovnání.

Nové taktování výrobního procesu při produkci HVP800:

Pro výrobu tohoto konkrétního produktu bude proveden výpočet optimálního počtu pracovníků, a to následujícím způsobem:

$$\text{počet operátorů} = \frac{1526}{700} = 2,18 \text{ operátorů} = 2 \text{ případně } 3 \text{ operátoři}$$

Pro přiblížení se času taktu s časem práce na operacích je i v této situaci zapotřebí neústupného snížení počtu pracovníků operujících na této výrobní lince.

V tomto případě je zapotřebí rozhodnout, zdali by měl být počet operátorů roven třem – to by znamenalo nižší využití operátorů, případně stanovit počet pracovníků výrobní linky na dva – v tomto případě by byl takt zákazníka nižší než výrobní takt linky, to by znamenalo, že by výrobní proces nestíhal plnit požadavek zákazníka, byl by však potenciál a motivace pro realizaci zlepšení.

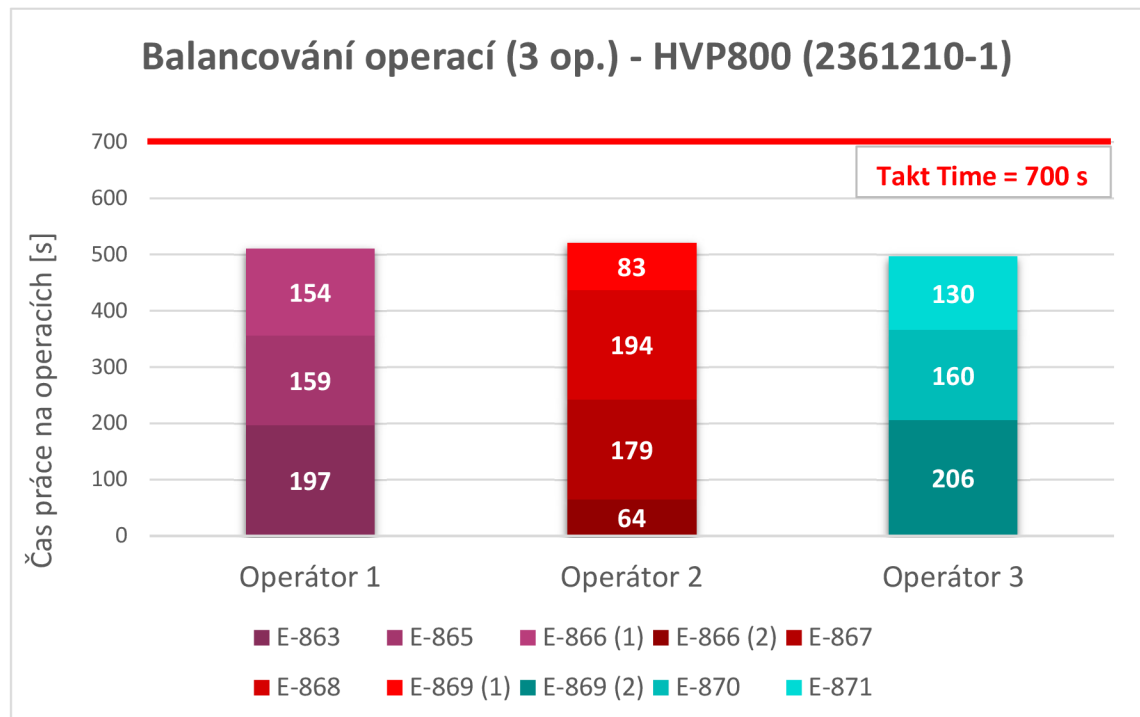
S ohledem na tuto situaci budou dále vypracovány oba návrhy těchto řešení. Následně bude snaha o to, tyto varianty ověřit pomocí simulačního modelu. Dále pak bude, pokud možno, vyvozen závěr, která z těchto variant je vhodnější k implementaci. Nejdříve bude vypracována varianta se třemi pracovníky. Přerozdělení pracovních činností mezi tyto operátory pak může vypadat způsobem zobrazeným v tabulce č. 7.

Tabulka 7: Přerozdělení činností (3 op.) – HVP800 (2361210-1)

Operátor	Pracoviště	Pořadí činnosti na pracovišti	Popis činnosti	C/T (Aritm. průměr bez extrémů) [s]
Op. 1	E - 863	1.	Odizolování HV-CP	57
		2.	Podélné nařiznutí izolace	12
		3.1 + 3.2	Česání stínění + Assy ferule	29
		4.	EOL tester	99
	E - 865	5.	Assy krytky, těsnění a ferule	36
		6.	Krimp kontaktu	38
		7.	Assy krytek a stínění	85
	E - 866 (1)	8.	Krimp ferule	25
		9.	Netajo HVP	91
		10.	Leak tester	38
Celkový čas práce operátora 1 na jeden kus				510 s
Op. 2	E - 866 (2)	1. + 1.1 + 1.2	Assy komponentů (IPT strana)	64
	E - 867	2.	Ruční odizolování	74
		3.	BeriCoCut	37
	E - 868	4.1 + 4.2	Nařiznutí vnitřní izolace + Spojení ferule a stínění	68
		5.	Nasazení ring kontaktu	33
		6.	Krimp ring kontaktu	50
		7.	Krimp ferule a IPT Spring	45
	E - 869 (1)	8.1 + 8.2	Zastřížení drátků + Ofuk kompresorem	66
		9.	Smršťování	83
Celkový čas práce operátora 2 na jeden kus				520 s
Op. 3	E - 869 (2)	1.1 + 1.2	Netajo IPT + Fixace IPT tělesa	89
		2.	Lepení oranžových tub	117
	E - 870	3.	Lepení černých pásek	90
		4.	Montáž klipů	70
	E - 871	5.	Měření / kontrola	81
		6.	Balení	49
Celkový čas práce operátora 3 na jeden kus				496 s
Celkový čas práce na operacích na jeden kus				1 526 s

Po přerozdělení činností tímto způsobem by pak celkový čas práce operátora 1 činil 510 vteřin, u druhého operátora by činil 520 vteřin a u operátora 3 by pak tento čas dosahoval 496 vteřinám, a to na jeden vyrobený kus.

Srovnání času taktu s časem práce na operacích pak pomocí skládaného sloupcového grafu (č. 8) vypadá takto:



Graf 8: Balancování operací (3 op.) – HVP800 (2361210-1)

Zdroj: Vlastní zpracování

Z porovnání času taktu s časem práce na operacích je zřejmé, že za této situace dochází stále k poměrně velkým rezervám – tato skutečnost pak může vést k určitým formám neefektivnosti a plýtvání při výrobě, je však nutno podotknout, že z tohoto ohledu i tak došlo k velkému zlepšení.

Při tomto přetaktování výroby produktu HVP800 se zapojením tří operátorů dosahuje Index vyváženosti následujících hodnot:

$$\text{Index vyváženosti} = \frac{1\,526}{3 \times 700} \times 100 \% \doteq 72,7 \%$$

To znamená že takt tohoto výrobního procesu je ze 72,7 % vyvážen s taktém zákazníka. Z pohledu cíle dosáhnout Indexu vyváženosti většího než 85 %, tak tento výsledek nelze považovat za zcela uspokojivý.

Následuje vypracování varianty výrobního procesu, kdy do něj budou zapojeni pouze dva pracovníci.

Přerozdělení pracovních činností mezi dva operátory pak může vypadat způsobem uvedeným v tabulce č. 8.

Tabulka 8: Přerozdělení činností (2 op.) – HVP800 (2361210-1)

Operátor	Pracoviště	Pořadí činnosti na pracovišti	Popis činnosti	C/T (Aritm. průměr bez extrémů) [s]	
Op. 1	E - 863	1.	Odizolování HV-CP	57	
		2.	Podélné nařiznutí izolace	12	
		3.1 + 3.2	Česání stínění + Assy ferule	29	
		4.	EOL tester	99	
	E - 865	5.	Assy krytky, těsnění a ferule	36	
		6.	Krimp kontaktu	38	
		7.	Assy krytek a stínění	85	
	E - 866	8.	Krimp ferule	25	
		9.	Netajo HVP	91	
		10.	Leak tester	38	
	E - 867	11. + 11.1 + 11.2	Assy komponentů (IPT strana)	64	
		12.	Ruční odizolování	74	
		13.	BeriCoCut	37	
14.1 + 14.2				Nařiznutí vnitřní izolace + Spojení ferule a stínění	68
Celkový čas práce operátora 1 na jeden kus				753 s	
Op. 2	E - 868	1.	Nasazení ring kontaktu	33	
		2.	Krimp ring kontaktu	50	
		3.	Krimp ferule a IPT Spring	45	
		4.1 + 4.2	Zastřížení drátků + Ofuk kompresorem	66	
	E - 869	5.	Smršťování	83	
		6.1 + 6.2	Netajo IPT + Fixace IPT tělesa	89	
		7.	Lepení oranžových tub	117	
	E - 870	8.	Lepení černých pásek	90	
		9.	Montáž klipů	70	
	E - 871	10.	Měření / kontrola	81	
		11.	Balení	49	
Celkový čas práce operátora 2 na jeden kus				773 s	
Celkový čas práce na operacích na jeden kus				1 526 s	

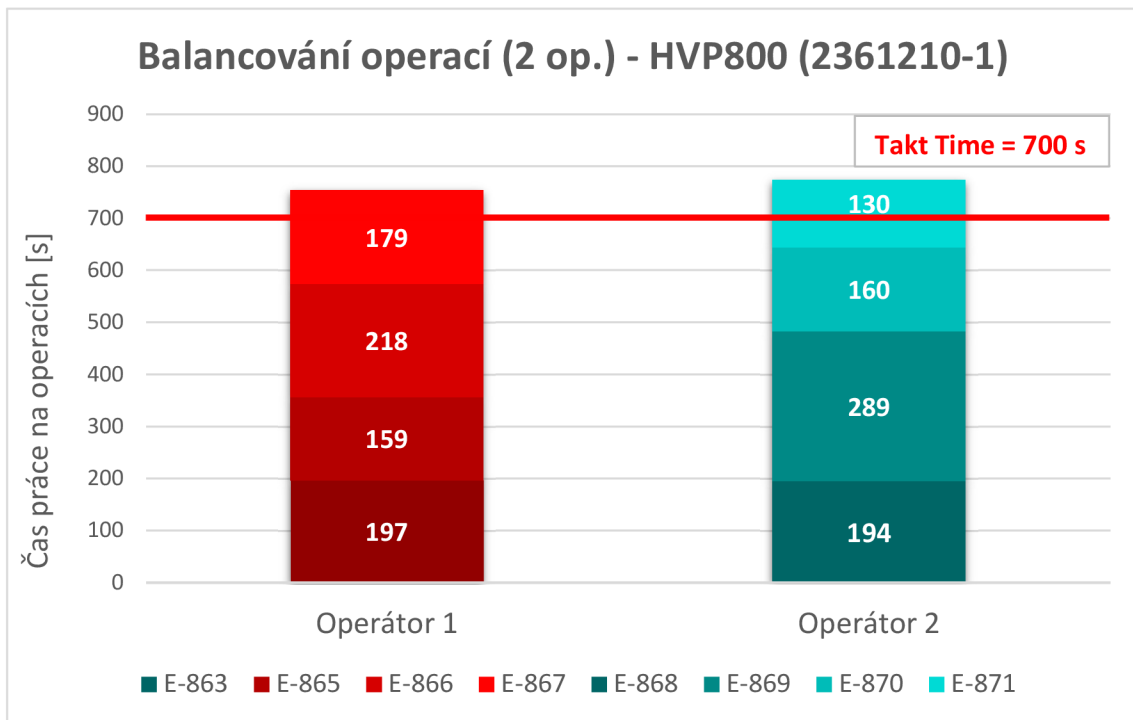
Zdroj: Vlastní zpracování

Při takovémto způsobu přerozdělení činností mezi dva pracovníky dochází k tomu, že celkový čas práce operátora 1 odpovídá 753 vteřinám, u operátora 2 pak tento čas odpovídá 773 vteřinám, a to na jeden vyrobený kus.

V obou případech pak časy cyklu přesahují čas taktu, který je stanoven zákazníkem. Tato skutečnost pak znamená, že výrobní proces není schopen generovat takové množství výrobků, kolik je zákazníkem požadováno. To pak může vést k pozdním dodávkám a k nespokojenosti zákazníka.

Lze však nahlížet na tuto situaci pohledem, že časy cyklu nepřesahují čas taktu nijak rapidně, a proto je možno brát tuto tento stav jako motivaci a potenciál k realizaci zlepšení.

Srovnání času taktu s časem práce na operacích pak v grafu (č. 9) vypadá takto:



Graf 9: Balancování operací (3 op.) – HVP800 (2361210-1)

Zdroj: Vlastní zpracování

V případě takto přetaktované výroby produktu HVP800 se zapojením dvou operátorů dosahuje Index vyváženosti následujících hodnot:

$$\text{Index vyváženosti} = \frac{1\,526}{2 \times 700} \times 100 \% \doteq 109 \%$$

Tento výsledek znamená, že takt výrobního procesu přesahuje takt zákazníka o 9 %. Je tedy zapotřebí provést určité zlepšení, které by vedlo ke zvýšení efektivity, zejména k urychlení tohoto výrobního procesu, jak již bylo zmíněno výše.

5.2.3 Shrnutí a výstupy z balancování operací

Balancování operací konkrétního výrobního procesu vždy nejprve začalo vizuálním srovnáním současných hodnot časů práce na operacích s časem taktu stanoveným zákazníkem, a to pomocí sloupcového grafu. Následoval výpočet stávající hodnoty indexu vyváženosti výrobní linky.

Další fáze se pak věnovala návrhu nového taktování výrobního procesu. Byl proveden výpočet optimálního počtu pracovníků, na jehož základě pak došlo k novému přerozdělení pracovních činností tak, aby byla pracovní náplň těchto pracovníků z pohledu časové náročnosti co nejrovnoměrnější.

Po přetaktování výrobní linky pak došlo k dalšímu porovnání. Jednalo se již o porovnání budoucích hodnot časů práce na operacích s časem taktu, a to pomocí skládaného sloupcového grafu. Hodnoty časů práce byly již upraveny podle předcházejícího výpočtu optimálního množství pracovníků.

V konečné fázi pak došlo ke stanovení hodnoty indexu vyváženosti u těchto navrhovaných řešeních.

U stávajícího výrobního procesu produktu **PCON12** (2361188-1) index vyváženosti dosahuje pouhých 23,63 %. Optimální počet pracovníků této výrobní linky byl kalkulován na dva operátory. Došlo k návrhu přerozdělení pracovních činností mezi tyto dva pracovníky, při němž efektivita organizace výrobní linky byla hodnocena pomocí indexu vyváženosti, který dosahoval hodnot 94,5 %.

Index vyváženosti nynějšího výrobního procesu produktu **HVP800** (2361210-1) je roven 27,25 %. I tento výrobní proces lze tím pádem považovat za velmi nevyvážený. V tomto případě při kalkulaci optimálního počtu pracovníků bylo dosaženo výsledku 2,18.

Jedná se tedy o výsledek, kdy je zapotřebí rozhodnout, zda do výrobního procesu budou zapojeni tři nebo dva pracovníci. Z tohoto důvodu byly vypracovány oba návrhy těchto řešení.

V případě zapojení třech operátorů do výrobního procesu muselo dojít k novému přerozdělení pracovních činností, při němž index vyváženosti dosahuje hodnoty 72,7 %.

Ve druhé variantě, kde při výrobě dochází k využití pouze dvou lidí, po rozdělení činností přesahuje celkový čas práce obou těchto pracovníků čas taktu a index vyváženosti dosahuje 109 %. Tato skutečnost pak znamená, že výrobní proces není schopen generovat takové množství výrobků, kolik je za daný čas požadováno zákazníkem. Hrozí tedy, že v tomto důsledku dojde k pozdním dodávkám a následně k nespokojenosti zákazníka.

Lze tedy vyvodit závěr, že pokud do výrobního procesu produktu HVP800 budou zapojeni 3 operátoři, dojde k nižšímu využití jejich potenciálu, avšak za existence dostatečné rezervy na to, aby byly naplněny požadavky zákazníka. V případě druhém dojde k plnému využití potenciálu těchto pracovníků, ale s přijetím rizika, že pokud u tohoto výrobního procesu nedojde v nejbližší době k realizaci nějakého zlepšení, tak z dlouhodobého hlediska pak bude tento dodavatelsko-odběratelský vztah neudržitelný. Tuto situaci lze pak použít jako katalyzátor pro tvorbu zlepšovacích návrhů a jejich implementaci.

5.3 Simulační studie

Touha po lepším porozumění souvislostí výrobního procesu, který je předmětem šetření této bakalářské práce, a zároveň také snaha o identifikaci konkrétních řešení, které povedou ke zlepšení problémových oblastí stávajícího výrobního procesu, byly prvotní motivací pro vznik této simulační studie.

5.3.1 Konceptní modelování – tvorba konceptního modelu

Úkolem modeláře v této části simulační studie je pochopit podstatu problému a navrhnout model, který je vhodný pro jeho řešení.

Pro pochopení samotné výroby jsem strávil přímým pozorováním výrobního procesu tak dlouho, do té doby, dokud nedošlo k absolutnímu porozumění veškerým činnostem a zvyklostem při výrobě produktů PCON12 a HVP800.

Postupně došlo k záznamu údajů a informací o jednotlivých pracovištích výrobní linky, o činnostech a pracovnících s ní spojených a k zápisu dalších jiných informací.

Tyto poznatky poté napomáhaly při tvorbě konceptního modelu. Konceptní model představuje popis počítačové simulace, pokládá tak základní strukturu prvotního

počítačového modelu. V rámci koncepčního modelu byly popsány vstupy a výstupy, obsah, předpoklady a zjednodušení modelu. Požadavky na koncepční model byly následující: být co nejjednodušší pro daný účel a zároveň být platný, věrohodný, proveditelný a užitečný.

První verze koncepčního modelu byla vytvořena nejprve na papír. Následně došlo k jejímu přetvoření do elektronické podoby, a to za pomoci nástroje pro kreslení schémat a vektorové grafiky, který se nazývá Microsoft Visio.

Koncepční model v podstatě opisuje výrobní postup obou produktů v jednom modelu. Pokládá tak jednoduchý přehled o tom, kde je výrobní proces u obou produktů stejný, a kde se výrobní proces obou produktů liší, tím pádem musí dojít k rozpojení.

Pod každým prvkem koncepčního modelu je modrým písmem popsáno, o jakou konkrétní aktivitu se jedná, v závorce je pak údaj o tom, v rámci jakého pracoviště je tato aktivita vykonávána, případně doplněno jinou poznámkou. Červeným písmem je pak naznačeno, jaký objekt bude tento prvek reprezentovat v simulačním modelu.

Výsledný koncepční model je pak součástí přílohy D.

5.3.2 Vytvoření simulačního modelu a jeho ověření

Pro samotnou tvorbu modelu byl použit aplikační software Tecnomatix Plant Simulation, který byl vyvinut společností Siemens Digital Industries Software pro modelování, simulaci, analýzu, vizualizaci a optimalizaci výrobních systémů a procesů, toku materiálu a logistických operací.

Při tvorbě simulačního modelu byly definovány objekty symbolizující skutečně prováděné činnosti a skladovací místa výrobní linky, ty jsou blíže popsány detailní analýzou výrobní linky (kap. 2.3.2) v analytické části této práce.

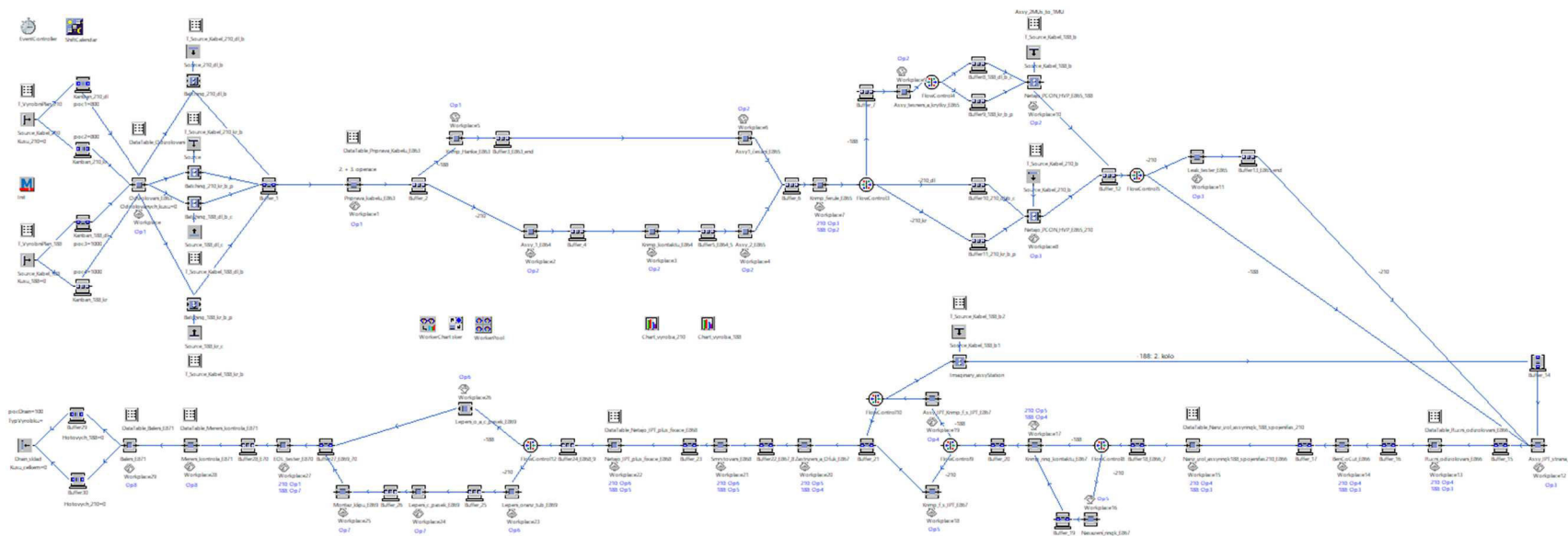
Mezi těmito objekty byly vytvořeny návaznosti vystihující stávající stav výrobního procesu, byly však konfigurovány tak, aby bylo možné provést následnou aplikaci experimentů. Celkový návrh simulačního modelu vychází podle metodiky z koncepčního modelu.

Jednotlivé objekty simulačního modelu byly pak nastaveny podle naměřených dat. Postup pro jejich získání je popsán v kapitole 2.4. (Sběr dat). Konkrétní hodnoty těchto dat jsou pak výstupem kapitoly 2.5 (Vyhodnocení měření).

Vytvořený model byl pak ověřen na základě porovnání počtu vyrobených kusů za jednu směnu, tedy za 11 hodin práce. Skutečné hodnoty vyrobených kusů za směnu byly získány z reportu výstupu směn této výrobní linky. Simulační model za toto časové období pak vykazuje 10 hotových dávek (tzn. 100 kusů) u výroby produktu PCON12 (2361188-1) a 16 hotových dávek (tzn. 128 kusů) u výroby produktu HVP800 (2361210-1).

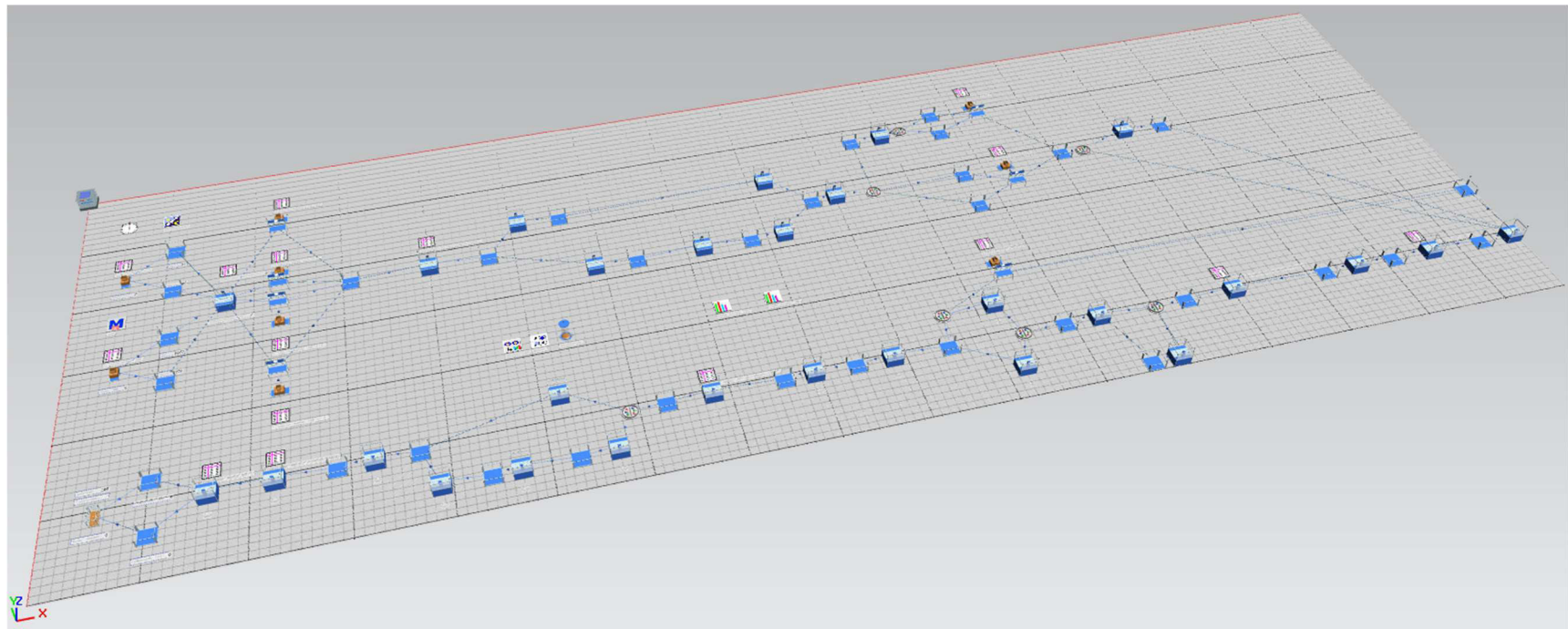
Obě tyto hodnoty pak splňují momentální požadavky výkonových norem, které stanovují 100 hotových kusů na směnu výrobku PCON12 a 120 hotových kusů na směnu u výrobku HVP800.

Struktura vytvořeného simulačního modelu je pak zobrazena ve 2D i ve 3D na obrázcích č. 23 a 24. Dále pak ve větším formátu v příloze E a F.



Obrázek 23: Simulační model 2D

Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 24: Simulační model 3D

Zdroj: Vlastní zpracování

5.3.3 Simulace – současný stav výrobního procesu

Simulace zobrazuje současný stav procesu výroby produktů PCON12 a HVP800, její objekty jsou proto nastaveny způsobem, který je popsán v předcházející kapitole 3.2.3 (Vytvoření simulačního modelu a jeho ověření). Do výrobního procesu je zapojeno 8 pracovníků. Simulace je nakonfigurována způsobem, kde prvním vyráběným produktem je výrobek HVP800. Dochází k jeho nepřetržité výrobě do té doby, dokud není vyrobeno 100 dávek, to odpovídá 800 kusům tohoto výrobku. V moment, kdy je dokončena poslední dávka tohoto výrobku, přechází se na výrobu produktu PCON12. Zkoumaný simulační chod končí v okamžiku, kdy přichází poslední stá dávka výrobku PCON12. Sto dávek produktu PCON12 odpovídá tisíci kusům tohoto výrobku. Pokud bychom chtěli dobu simulace vyjádřit časem reálného světa, tak tato doba odpovídá 7 dním 10 hodinám 53 minutám a 54 vteřinám.

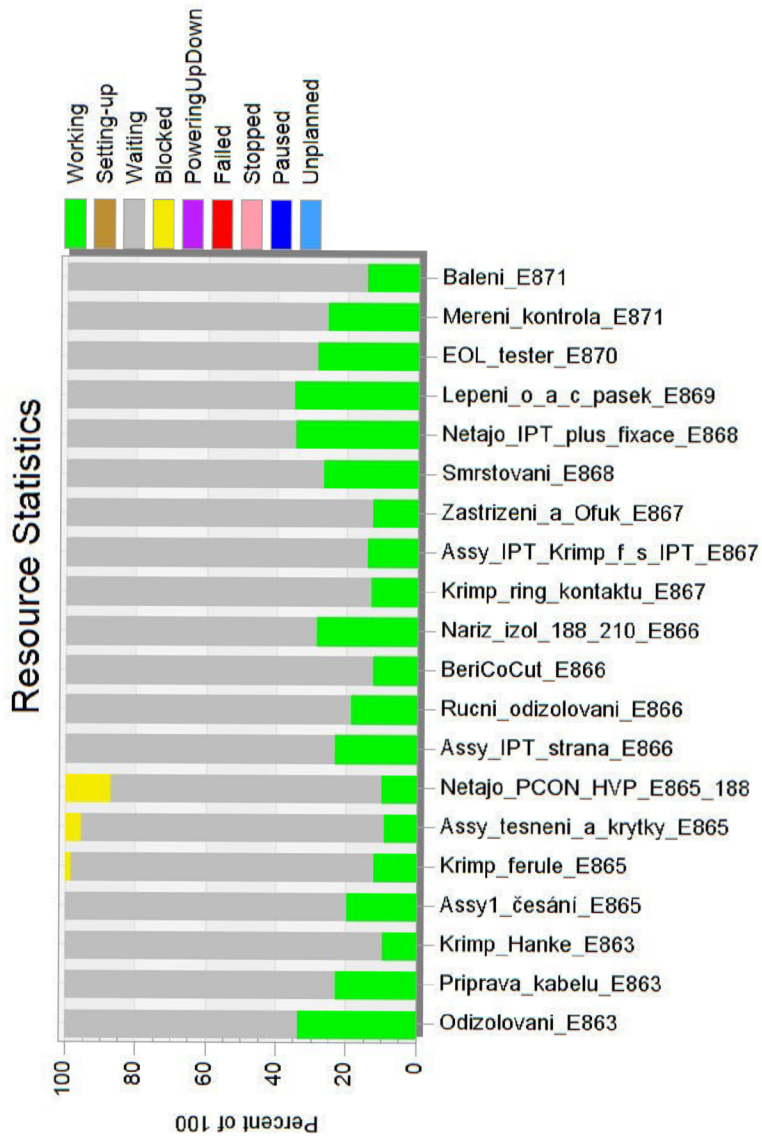
Stavy pracovišť:

- Working (*zelená barva*) – pracuje (VA)
- Waiting (*šedá barva*) – čekání (NVA)
- Blocked (*žlutá barva*) – blokace (NVA) – je způsobena v případě, kdy kapacita nadcházejícího bufferu je plně obsazena a výrobek tak nelze odeslat dále, dojde k blokaci do té doby, dokud se kapacita neuvolní.

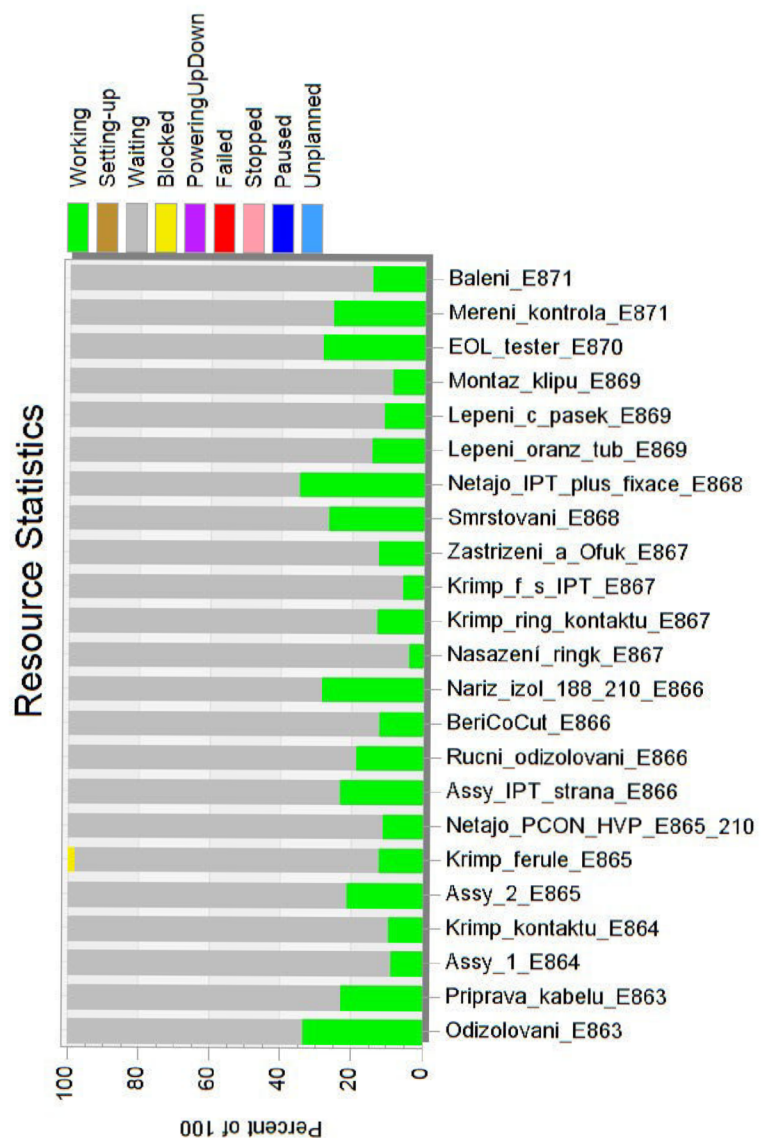
Stavy pracovníků:

- Working (*zelená barva*) – pracuje (VA)
- Walking to Job (*oranžová barva*) – přemístění (NVA)
- Waiting for Importers (*světle šedá barva*) – čeká až bude moci vykonávat svou pracovní činnost – tzn. prostoj (NVA)

Výstupy tohoto simulačního běhu a jejich následný komentář bude proveden na následujících stranách.



Obrázek 26: Statistiky pracovišť' produktu PCON12 (2361188-1)

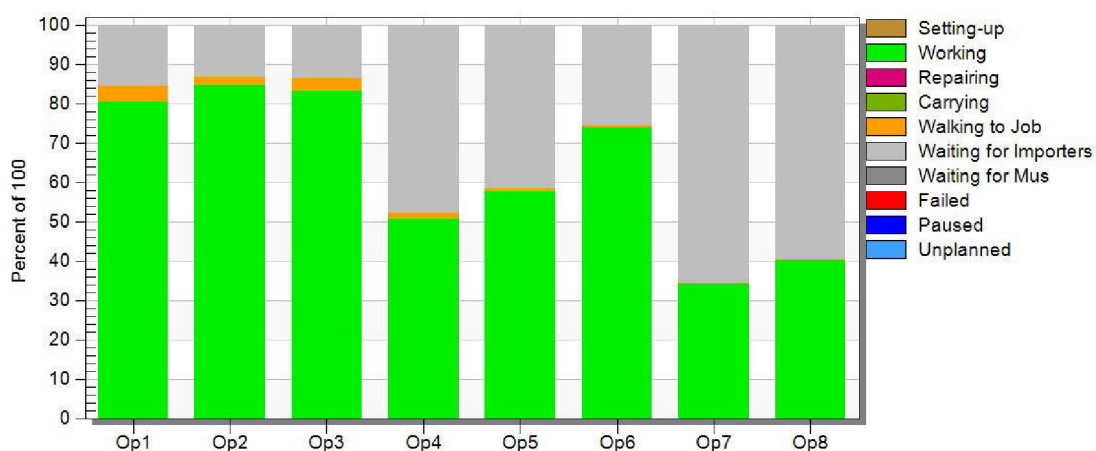


Obrázek 25: Statistiky pracovišť' výroby produktu HVP800 (2361210-1)

Tabulka 9: Statistika pracovišť

Objekt	Working	Waiting	Blocked
Lepeni_o_a_c_pasek_E869	34,94 %	65,06 %	0,00 %
Netajo_IPT_plus_fixace_E868	34,81 %	65,19 %	0,00 %
Odizolovani_E863	33,73 %	66,27 %	0,00 %
EOL_tester_E870	28,45 %	71,55 %	0,00 %
Nariz_izol_188_210_E866	28,32 %	71,68 %	0,00 %
Smrstovani_E868	26,77 %	73,23 %	0,00 %
Merani_kontrola_E871	25,59 %	74,41 %	0,00 %
Assy_IPT_strana_E866	23,34 %	76,66 %	0,00 %
Priprava_kabelu_E863	22,92 %	77,08 %	0,00 %
Assy_2_E865	21,12 %	78,88 %	0,00 %
Assy1_česání_E865	19,88 %	80,12 %	0,00 %
Rucni_odizolovani_E866	18,82 %	81,18 %	0,00 %
Baleni_E871	14,63 %	85,37 %	0,00 %
Lepeni_oranz_tub_E869	14,53 %	85,47 %	0,00 %
Assy_IPT_Krimp_f_s_IPT_E867	13,97 %	86,03 %	0,00 %
Krimp_ring_kontaktu_E867	13,04 %	86,96 %	0,00 %
Zastrizeni_a_Ofuk_E867	12,70 %	87,30 %	0,00 %
BeriCoCut_E866	12,25 %	87,75 %	0,00 %
Krimp_ferule_E865	12,11 %	86,10 %	1,79 %
Netajo_PCON_HVP_E865_210	11,30 %	88,70 %	0,00 %
Lepeni_c_pasek_E869	11,18 %	88,82 %	0,00 %
Netajo_PCON_HVP_E865_188	9,78 %	77,44 %	12,78 %
Krimp_Hanke_E863	9,63 %	90,37 %	0,00 %
Krimp_kontaktu_E864	9,44 %	90,56 %	0,00 %
Assy_tesneni_a_krytky_E865	9,32 %	86,34 %	4,35 %
Assy_1_E864	8,94 %	91,06 %	0,00 %
Montaz_klipu_E869	8,70 %	91,30 %	0,00 %
Krimp_f_s_IPT_E867	5,59 %	94,41 %	0,00 %
Leak_tester_E865	4,72 %	95,28 %	0,00 %
Nasazení_ringk_E867	4,10 %	95,90 %	0,00 %

Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 27: Statistika stavů operátorů

Tabulka 10: Statistiky stavů operátorů

	Working	En-route to job	Waiting for Importers
Op2	84,53 %	2,21 %	13,25 %
Op3	83,09 %	3,33 %	13,58 %
Op1	80,50 %	3,98 %	15,53 %
Op6	73,91 %	0,48 %	25,61 %
Op5	57,53 %	0,97 %	41,51 %
Op4	50,74 %	1,30 %	47,96 %
Op8	40,22 %	0,27 %	59,51 %
Op7	34,10 %	0,17 %	65,73 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Komentář k výsledkům statistik jednotlivých pracovišť

Před samotnou interpretací simulačního chodu je nutno podotknout, že výsledky jednotlivých pracovišť jsou značnou mírou zkresleny. Tato zkreslení vychází jak ze samotné koncepce výrobního procesu, tak i z koncepce simulačního modelu. Při vyhodnocování simulačního chodu je tedy zapotřebí s těmito zkresleními dopředu počítat. Tyto výsledky simulačního chodu je spíše vhodné brát jako orientační.

Výsledek simulačního běhu odhalil pracoviště, která jsou nejvíce v chodu (stav working), naopak také ty pracoviště, která jsou v chodu nejméně. Z pohledu lean metodologie pracoviště, která jsou v chodu, mohou přidávat hodnotu. Z tohoto důvodu je snaha o to, aby k takovému stavu docházelo co nejvíce.

Podle výsledků, nejlepšího poměru stavů, kdy se na pracovišti pracuje a kdy pracoviště čeká, dosahuje pracoviště, kde dochází k operaci lepení oranžových a černých pásek. Je tomu zejména z toho důvodu, protože tato operace je ze všech operací nejvíce časově náročná. Další pracoviště, která z tohoto pohledu dosahují nejlepších výsledků jsou pak ta, která jsou využívána při výrobách obou produktů a jejichž časová náročnost často přesahuje průměrnou dobu trvání na operaci.

Výsledky stavů jednotlivých pracovišť vykazují velkou míru čekání, je tomu tak zejména z toho důvodu, protože výrobní proces je koncipován způsobem, kdy pracovník obsluhuje více pracovišť. Dalším faktorem, který ovlivňuje tyto statistiky je skutečnost, že některá pracoviště v průběhu chodu simulace jsou aktivní pouze polovinu času tohoto chodu, a

to v případě, kdy je vyráběn druhý výrobek, který při jeho transformaci na tyto pracoviště nevstupuje. Stav kdy tato pracoviště nevstupují do výrobního však jsou

Komentář k výsledkům statistik jednotlivých operátorů

Výstupem simulačního běhu jsou také statistiky operátorů. Ty jsou pro nás z pohledu využití více zajímavé, už jen z důvodu toho, že u nich v tomto případě nedochází k takové míře zkreslení, jako tomu je například u statistik jednotlivých pracovišť.

Nejvíce vyčerpání pracovníky byli operátoři 1, 2 a 3. Výsledky ukazují, že všichni tito pracovníci byli více jak z 80 % ve stavu, kdy vykonávají pracovní činnost. Naopak operátor 8 dosahoval tohoto stavu pouze ze 40,22 %. Nejhorší na tom byl pak operátor 7, který tohoto stavu dosahoval pouze ve 34,10 %.

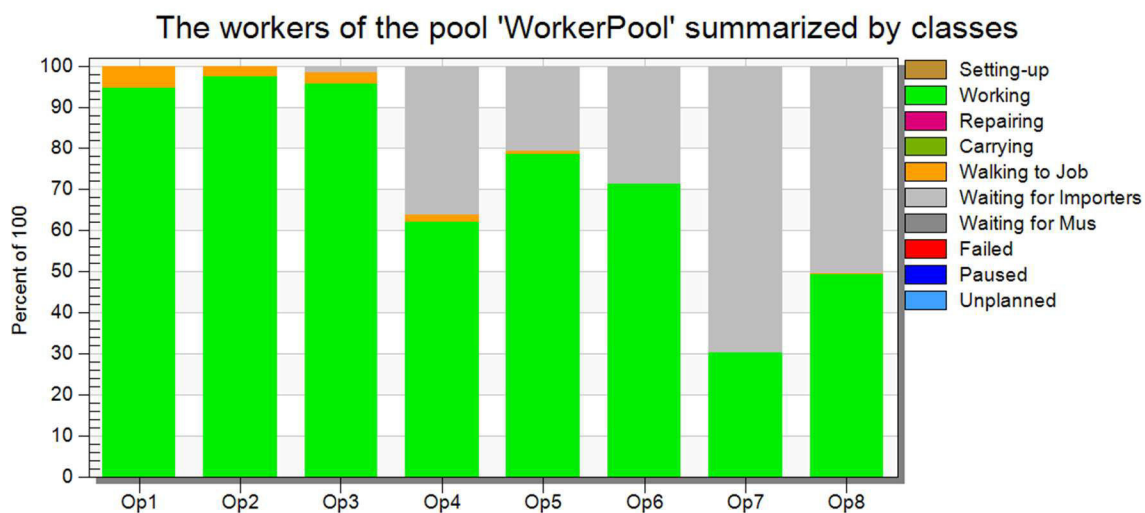
5.3.3.1 Simulační chody pro porovnání stávajícího systému s alternativními systémy

Za účelem lepšího porovnání současného systému s alternativními systémy byly provedeny další dva simulační chody. Tyto chody se zaměřují na výkonnost systému, konkrétně kolik je za jeden pracovní den systém schopen vygenerovat hotových a rozpracovaných dávek jednotlivých výrobků. Zkoumání těchto chodů se pak dále zaměřuje na efektivitu využití jednotlivých pracovníků, efektivita využití jednotlivých pracovišť proto nebude již dále zkoumána.

Systém je konfigurován způsobem, který odpovídá nynějšímu stavu. Tyto chody pak probíhaly způsobem, kdy po době náběhu výroby byly resetovány statistiky. Délka každého běhu odpovídala dvou směnám, tedy 22 hodinám čistého času. Výstupy těchto běhů jsou pak zobrazeny a rozebrány v následujících kapitolách.

5.3.3.2 Chod 1: Stávající výroba produktu PCON12 (2361188-1)

Tento simulační chod proběhl způsobem popsaným výše. Výstupy prvního chodu jsou následující:



Obrázek 28: Statistika stavů operátorů

Tabulka 11: Statistika stavů operátorů

	Working	En-route to job	Waiting for Importers
Op1	94.54 %	5.46 %	0.00 %
Op2	97.36 %	2.64 %	0.00 %
Op3	95.70 %	2.71 %	1.58 %
Op4	61.87 %	1.65 %	36.48 %
Op5	78.50 %	0.52 %	20.98 %
Op6	71.01 %	0.01 %	28.99 %
Op7	30.06 %	0.02 %	69.92 %
Op8	49.15 %	0.30 %	50.55 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky statistik jednotlivých operátorů potvrzují zjištění, které již bylo odhaleno v analytické části této práce. Tímto zjištěním je skutečnost, že pracovní činnost operátorů je nevyvážená, což vede k výrazným prostojům zejména koncových operátorů.

Tabulka 12: Statistika výstupu

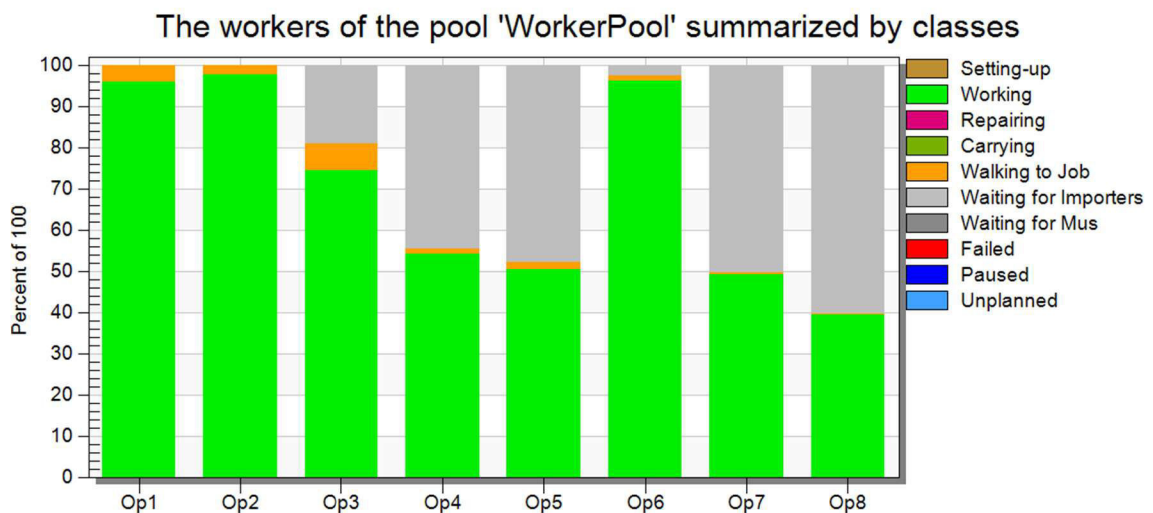
Drain_sklad	Exit Time				Throughput		
	Mean Value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Total	Per Hour	Per Day
Kabel_188_b2	52:02.3384	13:23.1996	40:02.3500	1:32:19.2603	26	1.181	28.344

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 12 došlo k záznamu 26 hotových dávek. Tato hodnota je ovlivněna prvotní dávkou z doby náběhu, která se do ostatních statistik nezahrnovala. Skutečný počet tedy odpovídá 25 hotovým dávkám tohoto produktu. Na konci druhé směny pak odpovídala rozpracovaná výroba 2,5 dávkám. Pětadvacet hotových dávek, vyrobených za jeden pracovní den, pak odpovídá 250 kusům finálního produktu. Takt stanovený zákazníkem odpovídá 113 kusům na jeden den. Takt výrobní linky tak přesahuje takt stanovený zákazníkem o 121 %. Tato skutečnost je pak příčinou tvorby neefektivity a plýtvání.

5.3.3.3 Chod 2: Stávající výroba produktu HVP800 (2361210-1)

Simulační chod proběhl způsobem popisovaným v kap. 3.3.3.1. Výstupy tohoto chodu jsou pak zobrazeny a rozebrány níže.



Obrázek 29: Statistika stavů operátorů

Tabulka 13: Statistika stavů operátorů

	Working	En-route to job	Waiting for Importers
Op1	95.95 %	4.05 %	0.00 %
Op2	97.64 %	2.36 %	0.00 %
Op3	74.41 %	6.34 %	19.25 %
Op4	54.01 %	1.41 %	44.59 %
Op5	50.26 %	1.84 %	47.90 %
Op6	96.07 %	1.20 %	2.73 %
Op7	49.19 %	0.43 %	50.38 %
Op8	39.39 %	0.35 %	60.26 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Výsledky statistik operátorů opět potvrzují, že výrobní proces podléhá velké míře nevyváženosti. Tato skutečnost je pak opět příčinou následných prostojů jednotlivých pracovníků.

Tabulka 14: Statistika výstupu

Drain_sklad	Exit Time				Throughput		
	Mean Value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Total	Per Hour	Per Day
Kabel_210_b	43:32.7954	1:39.2354	42:11.3208	49:47.1476	31	1.41	33.84

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 14 došlo k záznamu 31 hotových dávek. Tato hodnota je opět zkrácena prvotní dávkou z doby náběhu výroby. Doba náběhu pak nebyla zahrnuta do ostatních statistik, proto skutečný počet hotových dávek odpovídá 30 dávkám. Tento výrobní proces pak po druhé směně vykazoval 1 rozpracovanou dávku konečného produktu. Třicet hotových dávek tohoto výrobku, které byly vyrobeny za jeden pracovní den, pak odpovídá 240 kusům finálního výrobku. Jak již bylo zmíněno, takt stanovený zákazníkem odpovídá 113 kusům finálního produktu na jeden den. Takt tohoto výrobního procesu také přesahuje takt stanovený zákazníkem, a to o 112 %. Tento stav je považován za nežádoucí, jelikož způsobuje neefektivitu a vznik plýtvání.

5.3.4 Tvorba experimentů

V této fázi simulační studie došlo k návrhům experimentů, které vychází z kapitoly 3.2. Zmíněná kapitola navazovala na analytickou část této práce, kde došlo k odhalení velkého nepoměru mezi časem taktu a součtu časů cyklu jednotlivých pracovníků. V rámci této kapitoly došlo mimo jiné k výpočtu optimálního počtu pracovníků, jehož výstupem pak bylo zjištění, že pro přiblížení se času taktu stanoveným zákazníkem, musí dojít k zásadní redukci pracovníků výrobní linky. V této kapitole došlo také k nastínění toho, jak by mohlo vypadat přerozdělení pracovních činností mezi stanovený optimální počet těchto pracovníků.

Na základě analýzy těchto návrhů však muselo dojít k úpravě navrhovaného rozdělení pracovních činností. U výroby PCON12 pak také došlo k přehodnocení optimálního počtu pracovníků, a to z původních dvou na tři pracovníky. Ke změnám došlo zejména z toho důvodu, protože při simulačních bězích došlo k lepšímu porozumění souvislostí tohoto výrobního procesu. Jednotlivé návrhy jsou pak blíže popsány při popisu experimentů v kapitolách níže.

Experimenty probíhaly způsobem, kdy po době náběhu výroby byly resetovány statistiky. Délka každého běhu odpovídala dvou směnám, tedy 22 hodinám čistého času. U experimentů se sledovala metrika výkonu, konkrétně počet hotových a rozpracovaných dávek výrobků za toto časové období. Experimenty byly vytvořeny za účelem testování výrobního procesu s redukováným počtem pracovníků. Z tohoto důvodu se analýza zaměřovala na statistiky jednotlivých pracovníků, dále se proto tedy nebudeme zabývat statistikami jednotlivých pracovišť.

Je také zapotřebí zmínit zjednodušení modelu, které bylo provedeno. Toto zjednodušení se týkalo nastavení transportu jednotlivých pracovníků. Ti se mezi pracovišti pohybovali způsobem přenášení. Tento krok byl učiněn zejména z toho důvodu, protože bylo předpokládáno, že pokud by došlo k implementaci těchto návrhů, muselo by taktéž dojít ke změně celého konceptu výrobní linky. Dalším důvodem je skutečnost, že simulační model neodpovídá měřítku skutečného pracoviště, došlo by tak ke zkreslení výstupních dat.

5.3.4.1 Experiment 1: Alternativní výroba produktu PCON12 – 3 operátoři

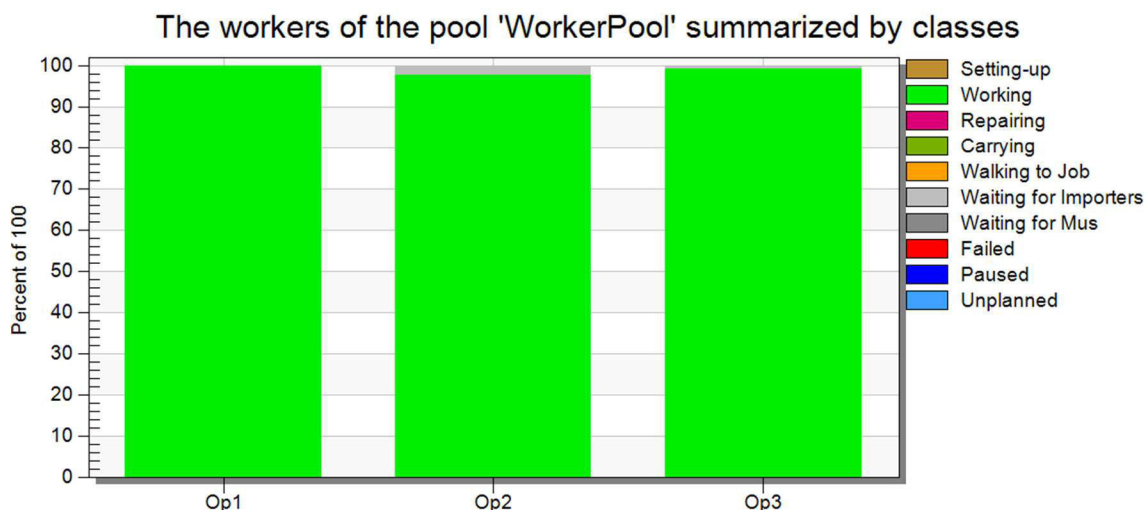
V tomto experimentu došlo k výrobě produktu PCON12 (2361188-1) za účasti 3 pracovníků. Rozdělení pracovních činností pak bylo stanoveno způsobem zobrazeným v tabulce č. 15.

Tabulka 15: Nové přerozdělení pracovních činností – PCON12: 3 op.

Operátor	Pracoviště	Pořadí činnosti na pracovišti	Popis činnosti	C/T (Aritm. průměr bez extrémů) [s]
Op. 1	E - 863	1.	Odizolování HV-CP	63
		2.	Rozčesání stínění	17
		3.1 + 3.2	Podélné nařiznutí izolace + Assy výplně a ferule	24
		4.	Krimp Hanke	31
	E - 865	1.	Assy ferule	4
		2.	Česání stínění	60
		3.	Krimp ferule	19
		4.	Assy těsnění a krytky	30
5.		Netajo P-CON	63	
Op. 2	E - 866	1.	Assy komponentů (IPT strana) - 1. kolo	49
		2.	Ruční odizolování	31
		3.	BeriCoCut	23
		4. + 4.1 + 4.2	Nařiznutí + odstranění izolace + nasazení ring kontaktu	64
	E - 867	1.	Krimp ring kontaktu	28
		2. + 2.1	Assy IPT Spring + Krimp ferule a IPT Spring	45
		3.	Zastřížení drátků - 2. kolo	29
E - 868 (1)	1.	Smršťování	106	
E - 868 (2)	2.1 + 2.2	Netajo IPT + Fixace IPT tělesa	153	
Op. 3	E - 869	1.	Lepení oranžových a černých pásek	225
	E - 870	1.	Lepení oranžových a černých pásek (výpomoc)	-
		2.	EOL tester	104
	E - 871	1.	Měření / kontrola	100
		2.	Balení	55
Celkový čas práce na operacích na jeden kus				1 323 s

Zdroj: Vlastní zpracování

Chod experimentu probíhal způsobem uvedeným výše a výstupní data jsou pak k vidění na obrázku č. 30 a v tabulkách 16 a 17.



Obrázek 30: Statistika stavů operátorů

Tabulka 16: Statistika stavů operátorů

	Working	Waiting for Importers
Op1	100.00 %	0.00 %
Op2	97.72 %	2.28 %
Op3	99.06 %	0.94 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Z grafu zobrazeným na obrázku č. 30, případně z tabulky č. 16 lze vyvodit závěr, že došlo k velmi dobrému rozdělení pracovních činností. Tento fakt potvrzují statistiky jednotlivých pracovníků, které ukazují, že pracovníci byly efektivně využiti a téměř po celou dobu simulačního chodu byli ve stavu „working“, tedy aktivně pracovali.

Tabulka 17: Statistika výstupu

Drain_sklad	Exit Time			Throughput		
	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Total	Per Hour	Per Day
Kabel_188_b	27:22.4196	41:06.0000	2:24:52.0000	13	0.59	14.2

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 17 je zaznamenáno 13 hotových dávek za toto časové období. Tento počet je ovlivněn dobou náběhu, která se do ostatních statistik nezahrnovala. Konečný počet tedy správně odpovídá 12 hotovým dávkám. Dále pak jedna dávka byla kompletně zhotovena a nebyla pouze zabalena. Rozpracovaná výroba na konci druhé směny odpovídala 2,5 dávkám. Dvanáct hotových dávek, kterých je při této výrobní koncepci dosaženo za jeden

pracovní den, odpovídá 120 kusům výrobku PCON12. Takt stanovený zákazníkem odpovídá 113 kusům na jeden den. Z tohoto pohledu se tento návrh jeví jako téměř optimální řešení.

5.3.4.2 Experiment 2: Alternativní výroba produktu HVP800 – 3 operátory

V tomto experimentu došlo k výrobě produktu HVP800 (2361210-1) za účasti 3 pracovníků. Rozdělení pracovních činností pak bylo stanoveno způsobem uvedeným v tabulce č. 18.

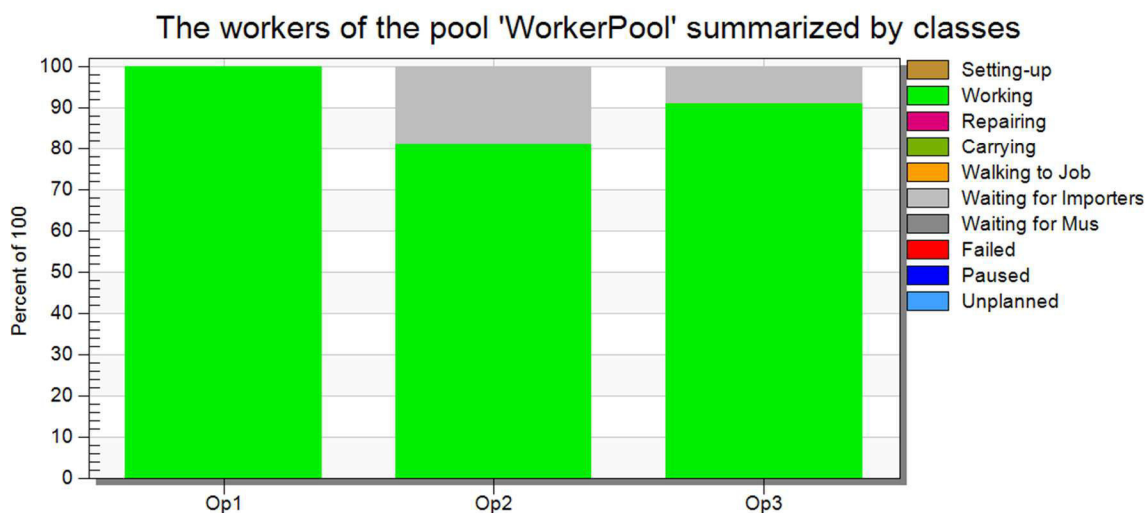
Tabulka 18: Nové přerozdělení pracovních činností – HVP800: 3 op.

Operátor	Pracoviště	Pořadí činnosti na pracovišti	Popis činnosti	C/T (Aritm. průměr bez extrémů) [s]
Op. 1	E - 863	1.	Odizolování HV-CP	57
		2.	Podélné nařiznutí izolace	12
		3.1 + 3.2	Česání stínění + Assy ferule	29
	E - 865	4.	Assy krytky, těsnění a ferule	36
		5.	Krimp kontaktu	38
		6.	Assy krytek a stínění	85
	E - 866 (1)	7.	Krimp ferule	25
		8.	Netajo HVP	91
Op. 2	E - 866 (2)	1.	Leak tester	38
		2. + 2.1 + 2.2	Assy komponentů (IPT strana)	64
	E - 867	3.	Ruční odizolování	74
		4.	BeriCoCut	37
		5.	Nařiznutí vnitřní izolace + Spojení ferule a stínění	68
	E - 868	6.	Nasazení ring kontaktu	33
		7.	Krimp ring kontaktu	50
		8.	Krimp ferule a IPT Spring	45
	E - 869 (1)	9.	Zastřížení drátků + Ofuk kompresorem	66
		10.	Smršťování	83
Op. 3	E - 869 (2)	1.1 + 1.2	Netajo IPT + Fixace IPT tělesa	89
		2.	Lepení oranžových tub	117
	E - 870	3.	Lepení černých pásek	90
		4.	Montáž klipů	70
		5.	EOL tester	99
	E - 871	6.	Měření / kontrola	81
		7.	Balení	49
Celkový čas práce na operacích na jeden kus				1 526 s

Zdroj: Vlastní zpracování

U tohoto typu výrobního procesu bylo rozdělení pracovních činností poněkud složitější, jelikož byl kladen důraz na to, aby nedocházelo ke křížení činnosti operátorů. Vzhledem k časové spotřebě jednotlivých operací a povaze výrobního procesu se toto rozdělení jeví jako nejvhodnější.

Chod tohoto experimentu probíhal stejným způsobem a za stejných podmínek, jako tomu bylo u experimentu 1. Výstupy simulačního běhu jsou pak uvedeny níže.



Obrázek 31: Statistika stavů operátorů

Tabulka 19: Statistika stavů operátorů

	Working	Waiting for Importers
Op1	100.00 %	0.00 %
Op2	80.88 %	19.12 %
Op3	90.88 %	9.12 %

Zdroj: Vlastní zpracování

U statistik pracovníků můžeme pozorovat větší míru prostojů, než tomu bylo v experimentu 1. I přes tuto skutečnost lze jejich výsledné hodnoty stále považovat za uspokojivé.

Tabulka 20: Statistika výstupu

Drain_sklad	Exit Time			Throughput		
	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Total	Per Hour	Per Day
Kabel_210_b	1:48.3028	1:21:24.0000	1:30:16.0000	15	0.682	16.368

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 20 byla opět zaznamenána prvotní dávka, která byla vyrobena v době náběhu, tato doba do ostatních statistik nebyla zahrnuta, proto konečný počet správně odpovídá 14 hotovým dávkám. Na konci druhé směny rozpracovaná výroba odpovídala 1,5 dávce a jedna dávka byla výrobním procesem kompletně zpracována, nedošlo však k dokončení kontroly a k následnému zabalení. Čtrnáct hotových dávek, kterých je dosaženo za jeden pracovní den, odpovídá 112 kusům výrobku HVP800. Jak již bylo

zmíněno výše, takt stanovený zákazníkem odpovídá 113 kusům na jeden den. Z pohledu výkonosti lze pak tento výrobní koncept považovat za přijatelný.

5.3.5 Shrnutí a výstupy simulační studie

K simulačnímu modelování bylo přistupováno podle doporučené metodiky. V analytické části této práce byl u šetřeného výrobního procesu odhalen značný nesoulad mezi výrobním taktem a taktem stanoveným zákazníkem. Bylo zjištěno, že tento nesoulad pramení z přílišného počtu pracovníků využívaných při výrobě jednotlivých produktů. Dále pak skutečnost, že výrobní proces disponuje nerovnoměrným rozdělení pracovních činností mezi operátory. Zmiňované problémy současného výrobního procesu jsou pak příčinou vzniku neefektivností a tvorby plýtvání. Potřeba vyřešit tyto problémové oblasti pak vedla k tvorbě této simulační studie.

Po pojmenování problému následovala tvorba koncepčního modelu, na jehož základě byl následně sestaven simulační model současného stavu výrobního procesu. Následovaly simulační běhy, jejichž výstupní data potvrdily existenci problémů zmiňovaných výše. Došlo mimo jiné ke zjištění, že takt výrobního procesu přesahuje takt stanovený zákazníkem u výroby produktu PCON12 o 121 %, u výroby produktu HVP800 pak o 112 %.

Po vyhodnocení simulačního modelu reprezentujícího současný stav výrobního procesu následovala tvorba experimentů. Návrhy samotných experimentů vycházely z poznatků analytické části této práce. Při jejich tvorbě byl kladen důraz na redukci pracovníků a na jejich efektivní využití. Pro splnění těchto podmínek pak muselo dojít k mnoha experimentům, z kterých se následně vybraly pouze ty, které se zjevně zdály jako neoptimálnější. Tyto návrhy jsou pak součástí simulační studie této bakalářské práce.

U těchto experimentů pak proběhly simulační chody, jejichž výstupní data následně potvrdily nejen realizovatelnost těchto návrhů, ale zejména také jejich vhodnost použití pro řešení problémových oblastí tohoto výrobního procesu. Navrhované změny by pak znamenaly redukci počtu pracovníků, a to z původních osmi na tři operátory. Při navrhovaném rozdělení pracovních činností mezi tyto tři pracovníky, pak dle výsledků, dochází nejen k efektivnímu využití této pracovní síly, ale také k narovnání výrobního taktu s taktem zákazníka.

6 Zhodnocení navrhovaného řešení

Využití operátorů

V navrhovaném řešení dochází k redukci pracovníků, kteří jsou přímo zapojeni do výrobního procesu. Proto nejprve dojde k vyjádření dopadu této aktivity.

Z konsensuální předpovědi poptávky zákazníka je známo požadované množství výrobků za měsíc. Měsíční poptávané množství činí 1 744 kusů výrobku PCON12 a 1 620 kusů výrobku HVP800.

Při stávajícím uspořádání výrobního procesu je při nepřetržitém provozu dosaženo měsíčního poptávaného množství za 7 pracovních dní, což odpovídá 14 směnám. Navrhované řešení pak měsíčního poptávaného množství dosahuje při nepřetržitém provozu v obou případech za 14,5 pracovních dní, a to odpovídá 29 směnám.

Pokud je pro stávající výrobu zapotřebí 8 pracovníků, je pro 14 směn teoreticky využito 112 lidí. Při navrhovaném řešení je pro výrobu zapotřebí 3 pracovníků, přičemž pro 29 směn je teoreticky využito 87 lidí. Rozdíl mezi teoretickým využitím pracovníků činí 25 lidí, a to ve prospěch navrhovaného řešení. Dochází tedy k potvrzení toho, že při implementaci navrhovaného řešení dojde k úspoře pracovníků využívaných pro výrobu.

Vyjádření nákladů spojených s aktivitami přidávajících a nepřidávajících hodnotu

Po analýze simulačních chodů, které byly provedeny u každého zkoumaného systému a jejichž délka odpovídala jednomu pracovnímu dni, byly získány statistiky stavů jednotlivých pracovníků. Zmiňované statistiky jsou pak součástí kapitol 4.3.3 a 4.3.4.

Tyto statistiky zahrnovaly procentuální vyjádření činností, které daný operátor během simulačního chodu prováděl. Tyto činnosti, lze pak rozdělit dle toho, zdali z pohledu zákazníka přidávají hodnotu, či nikoliv. Činnosti přidávající hodnotu pak představují stav, kdy pracovník provádí svou činnost (odpovídá stavu „working“ ze statistik simulační analýzy). Všechny ostatní činnosti jsou pak aktivity, které hodnotu nepřidávají. Odpovídající hodnoty těchto aktivit pak shrnuje tabulka č. 21 pro stávající stav výrobního procesu a tabulka č. 22 pro výrobní proces navrhovaného řešení.

**Tabulka 21: Poměr složek VA a NVA aktivit operátora:
Stávající stav výrobního procesu**

PCON12			HVP800		
Operátor	VA	NVA	Operátor	VA	NVA
Op1	0,9454	0,0546	Op1	0,9595	0,0405
Op2	0,9736	0,0264	Op2	0,9764	0,0236
Op3	0,957	0,043	Op3	0,7441	0,2559
Op4	0,6187	0,3813	Op4	0,5401	0,4599
Op5	0,7850	0,2150	Op5	0,5026	0,4974
Op6	0,7101	0,2899	Op6	0,9607	0,0393
Op7	0,3006	0,6994	Op7	0,4919	0,5081
Op8	0,4915	0,5085	Op8	0,3939	0,6061

Zdroj: Vlastní zpracování

**Tabulka 22: Poměr složek VA a NVA aktivit operátora:
Stav výrobního procesu navrhovaného řešení**

PCON12			HVP800		
Operátor	VA	NVA	Operátor	VA	NVA
Op1	1	0	Op1	1	0
Op2	0,9772	0,0228	Op2	0,8088	0,1912
Op3	0,9906	0,0094	Op3	0,9088	0,0912

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro uvedené aktivity byla následně stanovena doba trvání, a to z 22 hodin čisté práce. Výsledné hodnoty jsou pak uvedeny pro stávající výrobní proces v tabulce č. 23 a pro navrhovaný výrobní proces pak v tabulce č. 24.

**Tabulka 23: Čas práce přidávající a nepřidávající hodnotu:
Stávající stav výrobního procesu**

PCON12			HVP800		
Operátor	Čas práce přidávající hodnotu [h]	Čas práce nepřidávající hodnotu [h]	Operátor	Čas práce přidávající hodnotu [h]	Čas práce nepřidávající hodnotu [h]
Op1	20,80	1,20	Op1	21,11	0,89
Op2	21,42	0,58	Op2	21,48	0,52
Op3	21,05	0,95	Op3	16,37	5,63
Op4	13,61	8,39	Op4	11,88	10,12
Op5	17,27	4,73	Op5	11,06	10,94
Op6	15,62	6,38	Op6	21,14	0,86
Op7	6,61	15,39	Op7	10,82	11,18
Op8	10,81	11,19	Op8	8,67	13,33

Zdroj: Vlastní zpracování

**Tabulka 24: Čas práce nepřidávající a přidávající hodnotu:
Stav výrobního procesu navrhovaného řešení**

PCON12			HVP800		
Operátor	Čas práce přidávající hodnotu [h]	Čas práce nepřidávající hodnotu [h]	Operátor	Čas práce přidávající hodnotu [h]	Čas práce nepřidávající hodnotu [h]
Op1	22,00	0,00	Op1	22,00	0,00
Op2	21,50	0,50	Op2	17,79	4,21
Op3	21,79	0,21	Op3	19,99	2,01

Zdroj: Vlastní zpracování

V dalším kroku došlo k výpočtu nákladů těchto aktivit, a to pomocí hodinové sazby pracovníka, která činí 130 Kč/hod. Výsledné hodnoty jsou pak pro stávající výrobní proces k vidění v tabulce č. 25 a v tabulce č. 26 pro proces navrhovaného řešení.

**Tabulka 25: Náklady spojené s VA a NVA aktivitami:
Stávající stav výrobního procesu**

PCON12			HVP800		
Operátor	Náklady na VA aktivity	Náklady na NVA aktivity	Operátor	Náklady na VA aktivity	Náklady na NVA aktivity
Op1	2 704 Kč	156 Kč	Op1	2 744 Kč	116 Kč
Op2	2 784 Kč	76 Kč	Op2	2 793 Kč	67 Kč
Op3	2 737 Kč	123 Kč	Op3	2 128 Kč	732 Kč
Op4	1 769 Kč	1 091 Kč	Op4	1 545 Kč	1 315 Kč
Op5	2 245 Kč	615 Kč	Op5	1 437 Kč	1 423 Kč
Op6	2 031 Kč	829 Kč	Op6	2 748 Kč	112 Kč
Op7	860 Kč	2 000 Kč	Op7	1 407 Kč	1 453 Kč
Op8	1 406 Kč	1 454 Kč	Op8	1 127 Kč	1 733 Kč
Celkem	16 536 Kč	6 344 Kč	Celkem	15 928 Kč	6 952 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

**Tabulka 26: Náklady spojené s VA a NVA aktivitami:
Stav výrobního procesu navrhovaného řešení**

PCON12			HVP800		
Operátor	Náklady na VA aktivity	Náklady na NVA aktivity	Operátor	Náklady na VA aktivity	Náklady na NVA aktivity
Op1	2 860 Kč	0 Kč	Op1	2 860 Kč	0 Kč
Op2	2 795 Kč	65 Kč	Op2	2 313 Kč	547 Kč
Op3	2 833 Kč	27 Kč	Op3	2 599 Kč	261 Kč
Celkem	8 488 Kč	92 Kč	Celkem	7 772 Kč	808 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Shrnutí předcházejícího snažení je pak součástí tabulky č. 27.

Tabulka 27: Náklady spojené s VA a NVA aktivitami

Stávající stav výrobního procesu			Stav výrobního procesu navrhovaného řešení		
Náklady za pracovníky: 22 880 Kč/den			Náklady za pracovníky: 8 580 Kč/den		
PCON12			PCON12		
Aktivita	Náklady	Procentuální vyjádření	Aktivita	Náklady	Procentuální vyjádření
VA	16 536 Kč	72,27 %	VA	8 488 Kč	98,93 %
NVA	6 344 Kč	27,73 %	NVA	92 Kč	1,07 %
HVP800			HVP800		
Aktivita	Náklady	Procentuální vyjádření	Aktivita	Náklady	Procentuální vyjádření
VA	15 928 Kč	69,62 %	VA	7 772 Kč	90,58 %
NVA	6 952 Kč	30,38 %	NVA	808 Kč	9,42 %

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledků lze pak usoudit, že vynaložené prostředky za odvedenou práci operátorů jsou efektivněji využity u navrhovaného řešení, kde u výroby produktu PCON12 dochází k minimálním ztrátám a u výroby HVP800 pak dochází k činnostem nepřidávajících hodnotu v 9,42 % případů.

Naopak u stávající výroby pozorujeme ztráty téměř 30 % u obou z těchto výrob.

Úspory vynaložených nákladů za odvedenou práci

Jsou-li u stávajícího výrobního procesu náklady za pracovníky rovny 22 880 Kč/den a požadovaného měsíčního množství výrobků dosahuje tento výrobní systém za 7 pracovních dní, pak vynaložené náklady za pracovníky pro toto období činí celkem 160 160 Kč.

Dále pak platí, že pokud u navrhovaného výrobního procesu náklady za pracovníky dosahují 8 580 Kč/den a požadovaného měsíčního množství výrobků je dosaženo za 14,5 pracovních dní, pak vynaložené náklady za pracovníky pro toto období činí 124 410 Kč.

Dochází tak k rozdílu 37 750 Kč, a to ve prospěch navrhovaného řešení. Tato hodnota je pak vyjádřením měsíční úspory při výrobě poptávaného množství výrobků zákazníkem. Při implementaci tohoto návrhu pak společnost může dosahovat roční úspory ve výši 453 000 Kč.

Potencionální úspory

Pokud by došlo k implementaci navrhovaného řešení, dojde k významné redukci pracovníků. Je předpokládáno, že pokud by k tomu došlo, byly by také provedeny jisté úpravy konceptu montážní linky. Nynější layout o rozloze 18 x 5 metrů v sobě zahrnuje 19 montážních stolů. Po snížení počtu operátorů využívaných při výrobě by tak mohlo dojít k redukci některých těchto montážních stolů, vznikla by tak jistá úspora místa, která by pak mohla být využita efektivněji.

Vzhledem k tomu, že u navrhovaného řešení dochází k vyrovnání výrobního a zákaznického taktu, nedochází tak k nadvýrobě, což je jeden z druhů plýtvání z pohledu štíhle výroby. V lean metodologii je pak toto plýtvání vnímáno jako nejvíce nežádoucí, jelikož umocňuje další druhy plýtvání.

Další pozitivní jev navrhovaného řešení je skutečnost, že po jeho implementaci by docházelo ke kontinuální a nepřetržité výrobě. Došlo by tak k efektivnímu využití výrobních faktorů. Pokud u stávajícího výrobního procesu nedocházelo k nadvýrobě, muselo dojít k přerušení výroby. V tomto případě pak byla montážní linka využívána pouze z 23 %, docházelo tedy k neefektivnostem.

7 Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se věnoval zeštíhlení výroby konektorů s využitím prediktivní simulace. Cílem práce byl návrh a vytvoření simulačního modelu, který by reprezentoval současný stav tohoto výrobního systému, a na jehož základě by došlo k návrhu vedoucímu k jeho optimalizaci a zeštíhlení.

Úvod analytické části byl věnován představení společnosti, popisu jednotlivých oddělení a seznámení s business filozofií této organizace. Další pasáže analytické části se zabývaly popisem výběru projektu pro zadání této bakalářské práce, globální analýzou procesů a detailní analýzou výrobní linky. V přípravě projektu bylo zjištěno, že výrobní středisko HEMS I se podílí 61 % na celkové tvorbě hodnoty společnosti TE Connectivity Czech s.r.o. Dále bylo vysledováno, že hodnotový tok, který je předmětem šetření této práce, je hodnocen jako osmý hodnotový tok s největším dopadem.

V rámci globální analýzy byl proveden popis výrobních i nevýrobních procesů, které jsou součástí tohoto hodnotového řetězce. Globální analýza pak poskytla základní informace o celém hodnotovém toku, které pak byly využity při tvorbě Value-Stream mapy současného stavu v návrhové části této práce. Část detailní analýzy výrobní linky byla věnována popisu výroby jednotlivých výrobků a popisu pracovních činností pracovníků u každé z těchto výrob. V rámci detailní analýzy proběhl sběr dat, a to pozorováním a přímým měřením. Výsledky měření byly vyhodnoceny a použity jako vstupní údaje pro následný rozbor. Při rozboru naměřených dat bylo zjištěno, že pracovní činnosti jednotlivých operátorů jsou vzhledem k časové náročnosti nevyvážené. Dalším odhalením pak byla skutečnost, že výrobní proces se potýká se značným nesouladem výrobního a zákaznického taktu. Tyto poznatky pak byly základním východiskem návrhové části této práce.

Při řešení problémových oblastí bylo v návrhové části využito nástrojů štíhlé výroby a došlo také k tvorbě simulační studie. Pro dostatečné pochopení souvislostí výrobního procesu bylo využito metodiky Value-Stream mapování. Výsledná mapa současného stavu pak zobrazuje celý hodnotový tok, zachycuje důležité informace a data, dále pak přehledně znázorňuje materiálové a informační toky napříč celou společností. Tato část se dále zabývá balancováním operací současného výrobního procesu a novým taktováním linky. V rámci této aktivity došlo ke zjištění, že pro vyrovnání výrobního a zákaznického

taktu musí dojít k redukci počtu pracovníků využívaných pro výrobu jednotlivých produktů. Byl proveden výpočet optimálního počtu operátorů a následně došlo k novému návrhu přerozdělení pracovních činností mezi tyto pracovníky. Tyto výstupy pak sloužily jako podklad pro simulační studii. K simulační studii pak bylo přistupováno podle doporučené metodiky. Dříve objevené problematické oblasti z analytické a návrhové části pak udaly směr koncepčnímu modelování. Během koncepčního modelování došlo k určení cílů modelování a výstupem pak byl koncepční model, který tvořil samotnou podstatu následně vytvořeného simulačního modelu. Po provedení simulačních analýz na tomto modelu, který reprezentoval současný stav výrobního procesu, a po jejich následných vyhodnoceních došlo k tvorbě experimentů. Při jejich vzniku byl kladen důraz na redukci pracovníků a na jejich efektivní využití. U těchto experimentů pak proběhly simulační chody, jejichž výstupní data následně potvrdily nejen realizovatelnost těchto návrhů, ale zejména také jejich vhodnost použití pro řešení problémových oblastí tohoto výrobního procesu.

Navrhované změny by pak znamenaly redukci počtu pracovníků, a to z původních osmi na tři operátory. Při navrhovaném rozdělení pracovních činností mezi tyto tři pracovníky, pak dle výsledků dochází nejen k efektivnímu využití této pracovní síly, ale také k narovnání výrobního a zákaznického taktu. V důsledku tohoto narovnání pak nedochází k nadvýrobě, tedy k tvorbě plýtvání. Dalším pozitivním jevem tohoto narovnání je skutečnost, že následně dochází ke kontinuální a nepřetržité výrobě, která efektivně využívá celý potenciál této výrobní linky. Tímto výsledkem lze prohlásit, že došlo ke splnění stanovených cílů této simulační studie. V konečné fázi této práce pak došlo ke zhodnocení navrhovaného řešení, z něhož vyplývá, že po jeho zavedení dojde k úspoře využívaných pracovníků, k efektivnějšímu zhodnocení přímých nákladů na práci a k roční úspoře 453 000 Kč těchto nákladů. Po provedení redukce počtu pracovníků by pak mohlo dojít k úpravě layoutu montážní linky takovým způsobem, aby došlo k úspoře pracovní plochy. Uspořená plocha by se tak mohla efektivněji využít pro vznik nového, případně k rozšíření jiného výrobního procesu.

8 Seznam použitých zdrojů

- 1) AMBROS, Martin. Uplatnění metody Value Stream Mapping v průmyslovém podniku. Plzeň, 2017. Diplomová práce. Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta strojní. Vedoucí práce doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
- 2) BANKS, Jerry, John S. CARSON II, Barry L. NELSON a David M. NICOL. Discrete-Event System Simulation. 5th ed. New Jersey: Pearson Education, 2010. ISBN 978-0-13-815037-2.
- 3) BEJČKOVÁ, Jana. Zmapujte hodnotový tok pomocí metody VSM [online]. API – Akademie produktivity a inovací, 14.6.2017 [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25849n-zmapujte-hodnotovy-tok-pomoci-metody-vsm>
- 4) BROOKS, R.J., TOBIAS, A.M. (1996). Choosing the Best Model: Level of Detail, Complexity and Model Performance. *Mathematical and Computer Modelling*, 24 (4), pp. 1–14.
- 5) Checkland, P. *Systems: Thinking, System Practice*. Chichester : John Wiley, 1981.
- 6) DLABAČ, Jaroslav. Analýza a měření práce [online]. API – Akademie produktivity a inovací, 29.10.2015 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- 7) GORDON, Geoffrey. System Simulation. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, United States: Prentice Hall PTR, 1977. ISBN 978-0-13-881797-8.
- 8) HÁLEK, Ivan, Dagmar PALÁTOVÁ a Radoslav ŠKAPA. Systémy řízení [online]. s. 42 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1456/jaro2010/MKH_SYRP/um/MKH_SYRP_sylabnus_2010.pdf
- 9) Jednotlivé metody a nástroje (Q–Z) [online]. Academy of Productivity and Innovations [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24888-jednotlive-metody-a-nastroje-q-z>
- 10) KING, Peter a Jennifer KING. Value Stream Mapping for the Process Industries: Creating a Roadmap for Lean Transformation. Version 20150224. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, 2015. ISBN 978-1-4822-4769-5.
- 11) LAW, Averill. *Simulation Modeling and Analysis*, 4th ed. 2 Penn Plaza, New York, NY 10121: McGraw-Hill, 2006. ISBN: 978-0073294414

- 12) LAW, Averill. *Simulation Modeling and Analysis*. 5th ed. 2 Penn Plaza, New York, NY 10121: McGraw-Hill Education, 2015. ISBN 978-0-07-340132-4.
- 13) Lead Time [online]. Lean Fabrika [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://www.lean-fabrika.cz/terminologie/lead-time#.Ylq9LehBxD9>
- 14) Lean [online]. Lean Six Sigma – Consulting Company [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/lean/>
- 15) LEE, Quarterman a Brad SNYDER. *Value Stream & Process Mapping*. Bellingham, USA: Enna Products Corporation, 2007. ISBN 1-897363-43-5.
- 16) MAŠÍN, Ivan. Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech. UTB ve Zlíně: Institut průmyslového inženýrství, 2003. ISBN 80-902235-9-1.
- 17) MES, Martijn. Simulation Modelling using Practical Examples: A Plant Simulation Tutorial [online]. 7500 AE Enschede, The Netherlands: University of Twente, Faculty of Behavioural, Management and Social sciences, Department of Industrial Engineering and Business Information Systems, 26.7.2017 [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: <https://www.utwente.nl/en/bms/iebis/staff/mes/plantsimulation/>
- 18) PEDGEN, C. D., R. E. SHANNON, and R. P. SADOWSKI [1995], Introduction to Simulation Using, SIMAN, 2nd ed., McGraw-Hill, New York.
- 19) PIDD, M. (2004). Computer Simulation in Management Science, 5th ed. Wiley, Chichester, UK.
- 20) Plýtvání (muda): Co je Plýtvání (muda) [online]. Management Mania, 13.4.2016 [cit. 2022-04-14]. Dostupné z: researchgate.net/publication/200657172_Lean_Thinking_Banish_Waste_and_Create_Wealth_in_Your_Corporation/references
- 21) ROBINSON, Stewart. Simulation: The Practice of Model Development and Use. 2nd ed. Houndmills, Basingstoke, Hampshire, England: Palgrave Macmillan, 2014. ISBN 978-1-137-32802-1.
- 22) ROSER, Christoph. When to Do Value Stream Maps (and When Not!). All About Lean [online]. 28.7.2015 [cit. 2022-03-26]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/when-vsm/>
- 23) ROTHER, Mike a John SHOOK. Learning to See: Value-Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. Version 1.4. Cambridge, MA, USA: Lean Enterprise Institute, 2009. ISBN 0-9667843-0-8.

- 24) STAVÁREK, Václav. Průmyslový projekt [online]. s. 2-4 [cit. 2022-03-18]. Dostupné z: <http://www.umt.fme.vutbr.cz/images/pprojekt/2016/OPPR%20Vaclav%20Stavarek%20TE%20Connectivity.pdf>
- 25) STERMAN, J.D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw-Hill, New York.
- 26) TAPPING, Don a Tom SHUKER. Value Stream Management for the Lean Office: Eight Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements in Administrative Areas. Version 20140501. New York: Productivity Press, 2003. ISBN 978-1-4822-7817-0.
- 27) Teorie systémů [online]. © Ernest, 2004, 2-3 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <http://labe.felk.cvut.cz/~obitko/xkui/materialy/systemy.pdf>
- 28) Tyco Electronics Czech s.r.o. Výroční zpráva 2020 k 30.9.2020 [online]. Kuřim, KAMP 1293/4, Okres: Brno – venkov, 2021 [cit. 2021-11-18]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-detail?dokument=66326665&subjektId=565478&spis=698506>
- 29) WILSON, Lonnie. How to Implement Lean Manufacturing. New York: The McGraw-Hill Companies, 2010. ISBN 978-0-07-162508-1.
- 30) WOMACK, James P. a Daniel T. JONES. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Revised and Updated. New York: Free Press, 2003. ISBN 978-0743249270.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: House of Lean (Dům štíhlosti).....	17
Obrázek 2: Sekvenční modely metody Basic MOST	21
Obrázek 3: Obecný hodnotový tok ve výrobě	26
Obrázek 4: Postup při mapování hodnotového toku.....	27
Obrázek 5: Výběr produktové rodiny	28
Obrázek 6: Spojitý systém	35
Obrázek 7: Diskrétní systém.....	35
Obrázek 8: Simulační studie: klíčové fáze a aktivity	41
Obrázek 9: „What-if“ analýza pomocí simulace	43
Obrázek 10: Kroky simulační studie	46
Obrázek 11: Kroky simulační studie	47
Obrázek 12: Mapa závodu – TE Connectivity Czech s.r.o.....	51
Obrázek 13: Globální pohled na TE Connectivity Czech s.r.o.....	54
Obrázek 14: Princip hodnocení výkonu společnosti.....	55
Obrázek 15: Hodnotové toky s největším dopadem	58
Obrázek 16: Součet podílů jednotlivých oddělení na tvorbě celkové hodnoty	59
Obrázek 17: Globální pohled na výrobní proces	62
Obrázek 18: Zákazník s požadavky	81
Obrázek 19: Současný stav informačního toku	82
Obrázek 20: Výpočet hodnot NVA aktivit (1. část)	84
Obrázek 21: Výpočet hodnot NVA aktivit (2. část)	85
Obrázek 22: Celková průběžná doba a čas přidávání hodnoty	85
Obrázek 23: Simulační model 2D.....	100
Obrázek 24: Simulační model 3D.....	101
Obrázek 25: Statistiky pracovišť výroby produktu HVP800 (2361210-1).....	103
Obrázek 26: Statistiky pracovišť produktu PCON12 (2361188-1)	103
Obrázek 27: Statistiky stavů operátorů.....	104
Obrázek 28: Statistiky stavů operátorů.....	107
Obrázek 29: Statistiky stavů operátorů.....	108
Obrázek 30: Statistiky stavů operátorů.....	112
Obrázek 31: Statistiky stavů operátorů.....	114

10 Seznam tabulek

Tabulka 1: Obsah formuláře PCON12 (PN2361188-1)	67
Tabulka 2: Obsah formuláře HVP800 (PN2361210-1)	68
Tabulka 3: Výsledky měření PCON12 (PN2361188-1)	70
Tabulka 4: Výsledky měření HVP800 (PN2361210-1)	71
Tabulka 5: Konsensuální předpověď poptávky (Q1 FY22 – Q2 FY23)	78
Tabulka 6: Přerozdělení činností – PCON 12 (2361188-1)	89
Tabulka 7: Přerozdělení činností (3 op.) – HVP800 (2361210-1)	92
Tabulka 8: Přerozdělení činností (2 op.) – HVP800 (2361210-1)	94
Tabulka 9: Statistiky pracovišť	104
Tabulka 10: Statistiky stavů operátorů	105
Tabulka 11: Statistiky stavů operátorů	107
Tabulka 12: Statistiky výstupu	107
Tabulka 13: Statistiky stavů operátorů	108
Tabulka 14: Statistiky výstupu	109
Tabulka 15: Nové přerozdělení pracovních činností – PCON12: 3 op.	111
Tabulka 16: Statistiky stavů operátorů	112
Tabulka 17: Statistiky výstupu	112
Tabulka 18: Nové přerozdělení pracovních činností – HVP800: 3 op.	113
Tabulka 19: Statistiky stavů operátorů	114
Tabulka 20: Statistiky výstupu	114
Tabulka 21: Poměr složek VA a NVA aktivit operátora:	117
Tabulka 22: Poměr složek VA a NVA aktivit operátora:	117
Tabulka 23: Čas práce přidávající a nepřidávající hodnotu:	117
Tabulka 24: Čas práce nepřidávající a přidávající hodnotu:	118
Tabulka 25: Náklady spojené s VA a NVA aktivitami:	118
Tabulka 26: Náklady spojené s VA a NVA aktivitami:	119
Tabulka 27: Náklady spojené s VA a NVA aktivitami	119

11 Seznam grafů

Graf 1: Porovnání časové náročnosti činností operátorů (PCON12).....	72
Graf 2: Porovnání časové náročnosti činností operátorů (HVP800)	73
Graf 3: Porovnání vytížení operátorů s časem taktu (Vlastní zpracování).....	74
Graf 4: Prognóza poptávky (Q1 FY2022 – Q2 FY2023)	80
Graf 5: Porovnání CT s TT – PCON 12 (2361188-1)	87
Graf 6: Balancování operací – PCON 12 (2361188-1).....	90
Graf 7: Porovnání CT s TT – HVP800 (2361210-1).....	91
Graf 8: Balancování operací (3 op.) – HVP800 (2361210-1).....	93
Graf 9: Balancování operací (3 op.) – HVP800 (2361210-1).....	95

12 Seznam příloh

- 1) Příloha A: Layout pracoviště a popis výrobních kroků – PCON12 (2361188-1)
- 2) Příloha B: Layout pracoviště a popis výrobních kroků – HVP800 (2361210-1)
- 3) Příloha C: Value-Stream mapa současného stavu – projekt Calsonic
- 4) Příloha D: Koncepční model
- 5) Příloha E: Simulační model 2D
- 6) Příloha F: Simulační model 3D