

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Modelování a optimalizace vybraných procesů
v elektrotechnické výrobě**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr FEISTMANTL**
Osobní číslo: **E16N0005P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Modelování a optimalizace vybraných procesů
v elektrotechnické výrobě**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište současné teoretické přístupy pro modelování a optimalizaci výrobních procesů v elektrotechnice.
2. Charakterizujte vhodné metody a nástroje pro modelování a optimalizaci procesů.
3. Vypracujte případovou studii, která bude obsahovat příklady modelování a optimalizace vybraných reálných výrobních procesů v elektrotechnice.
4. Zpracujte doporučení pro praxi.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**

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

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jiří Tupa, Ph.D.**

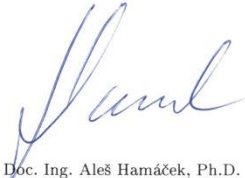
Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: **10. října 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2018**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 10. října 2017

Abstrakt

Cílem diplomové práce je s použitím vhodných metod vymodelovat a optimalizovat výrobní procesy a zpracovat případovou studii zpracovanou v reálné výrobní firmě. V první části práce je teoreticky popsán přístup k řízení procesů. Druhá část práce se zabývá metodami a nástroji, které se používají pro modelování a optimalizaci procesů. Ve třetí části práce je zpracována případová studie modelování a optimalizace vybraného výrobního procesu v konkrétní firmě v souladu s teoretickou částí práce. V poslední části diplomové práce jsou definována doporučení pro praxi.

Klíčová slova

Procesní řízení, proces, modelování, optimalizace, balancování linek.

Abstract

The aim of this master thesis is to model and optimize production processes using appropriate methods and to elaborate a case study in real production company. The first part includes theoretical description approach to Business process management. The second part deals with the methods and tools that are used for modeling and process optimization. Case study is elaborated in the third part, it includes modeling and optimization of the selected production process in a real production company according to the theoretical part of the thesis. Recommendations for practice are defined in the last part of this thesis.

Key words

Business process management, process, modeling, optimization, line balancing.

Prohlášení

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

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

V Plzni dne 18.5.2018

Petr Feistmantl

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jiřímu Tupovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Rád bych také poděkoval Ing. Aleně Plškové a Ing. Karlu Hromadkovi, Ph.D. za pomoc při řešení případové studie.

Obsah

OBSAH	7
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1 PŘÍSTUPY K ŘÍZENÍ PROCESŮ	10
1.1 PROCES	12
1.1.1 Charakteristiky procesu	13
1.1.2 Hierarchizace procesů	14
1.1.3 Klasifikace procesů	15
1.1.4 Životní cyklus procesu	19
1.2 MODELOVÁNÍ A OPTIMALIZACE	20
1.2.1 Modelování procesů	20
1.2.2 Optimalizace procesů	20
2 METODY A NÁSTROJE PRO MODELOVÁNÍ A OPTIMALIZACI PROCESŮ	21
2.1 METODY PRO MODELOVÁNÍ	21
2.1.1 Symbolické	21
2.1.2 Síťové	26
2.1.3 Objektové	27
2.2 METODY PRO OPTIMALIZACI	28
2.2.1 Lean manufacturing	28
2.2.2 Poka-Yoke	30
2.2.3 5S	31
2.2.4 KAIZEN	31
2.2.5 Doba taktu a doba cyklu	32
2.2.6 SMED	32
2.2.7 SIX SIGMA	33
2.2.8 DMAIC	33
3 PŘÍPADOVÁ STUDIE	35
3.1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	35
3.1.1 Organizační diagram	36
3.2 DEFINICE VÝCHOZÍHO STAVU	37
3.3 FORMA ŘEŠENÍ	41
3.3.1 Rozpis činností na pozicích 040 – 045	41
3.3.2 Postup řešení	46
3.3.3 Průběh implementace řešení	48
3.3.4 Závěr	48
4 DOPORUČENÍ PRO PRAXI	50
4.1 NÁVRHY ZLEPŠENÍ NA VÝROBNÍ LINCE	50
4.1.1 Návrh zlepšení na pozici 041	51
4.1.2 Návrh zlepšení na pozici 040 – 45	51
ZÁVĚR	52
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	54
SEZNAM TABULEK	58
SEZNAM OBRÁZKŮ	59
SEZNAM GRAFŮ	60

Seznam symbolů a zkratek

BPMN	Business Process Modeling and Notation
CPM	Critical Path Method
DMADV	Define-Measure-Analyze-Design-Verify
DMAIC	Define-Measure-Analyze-Improve-Control
EPC	Even – Driven Process Chain
IACG	International Automotive Components Group
JIS	Just in Sequence
JIT	Just in Time
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PERT	Program Evaluation and Review Technique
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPS	Toyota Production System
UZ	Ultrazvuk

Úvod

Uspěch v dnešní ekonomické době vyžaduje, aby se podniky mimo jiné věnovaly neustálému řízení procesů a jejich zlepšování. Řízení procesů vyžaduje zejména organizování, koordinování a řízení souvisejících činností, které přináší přidanou hodnotu. Po zavedení procesu by mělo být o proces postaráno. Proces by se měl monitorovat, neustále zlepšovat, na druhou stranu proces může dojít i k opačnému efektu, který způsobí zesložitévání nebo zhoršení průběhu procesu. Samotné procesní řízení vzniklo v polovině 20. století. Příčiny vzniku byly slabiny v liniově štábním systému, kde funkčnost měla přednost před cíli. Dříve byla tendence k rozrůstání struktury a byl pouze malý prostor pro inovace. Chyběla zde firemní kultura, a to až do 60. let.

Tato diplomová práce pojednává o vhodných metodách a nástrojích pro optimalizaci a modelování procesů v elektrotechnické výrobě s příkladem na jejich implementaci ve společnosti zabývající se výrobou.

Práce je rozdělena na 4 kapitoly. V první části práce jsou popsány teoretické přístupy pro modelování a optimalizaci výrobních procesů. V druhé části jsou charakterizovány vhodné metody a nástroje pro modelování a optimalizaci. Třetí část práce je věnována případové studii, která byla zpracovávána v reálné výrobní firmě a měla za cíl optimalizovat výrobní proces. V poslední části práce je definováno doporučení pro praxi.

1 Přístupy k řízení procesů

Ať se jedná o firmu, která se zabývá výrobou nebo poskytováním služeb, vždy v ní budou existovat procesy. Procesy jsou vyjádřením pracovních postupů organizace, ve kterých se za pomoci zdrojů (lidských, finančních, informačních, ...) přeměňují vstupy na výstupy. V minulosti však byl kladen na procesní řízení rozdílný důraz. [1]

V období po druhé světové válce se řízení kvality soustřeďovalo hlavně na vlastnosti výrobku. Až v 70. letech došlo k postupné orientaci na řízení procesu, zejména ve výrobě. Hlavním důvodem byla potřeba stabilizovat kvalitu výrobků. Výchozí myšlenkou bylo, že kvalitou procesu se dá ovlivnit kvalita výrobku. Koncem 80. let se řízení procesů posunulo k orientaci na zákazníka. Nyní byl zákazník ten, kdo určoval, zda výrobek splňoval jeho požadavky a zda je kvalitní, nebo ne. V této době se firmy soustřeďovaly pouze na vnitřní procesy. Až v 90. letech se kvůli nedostatečné kvalitě vstupů zajišťovaných od dodavatelů přešlo k přesměrování na externí procesy. Stejně jako potřeba stabilizovat kvalitu výrobku vedla organizaci k orientaci na řízení kvality vnitřních procesů, tak potřeba stabilizovat kvalitu vstupů vedla k orientaci na řízení kvality dodavatelských procesů. [1]

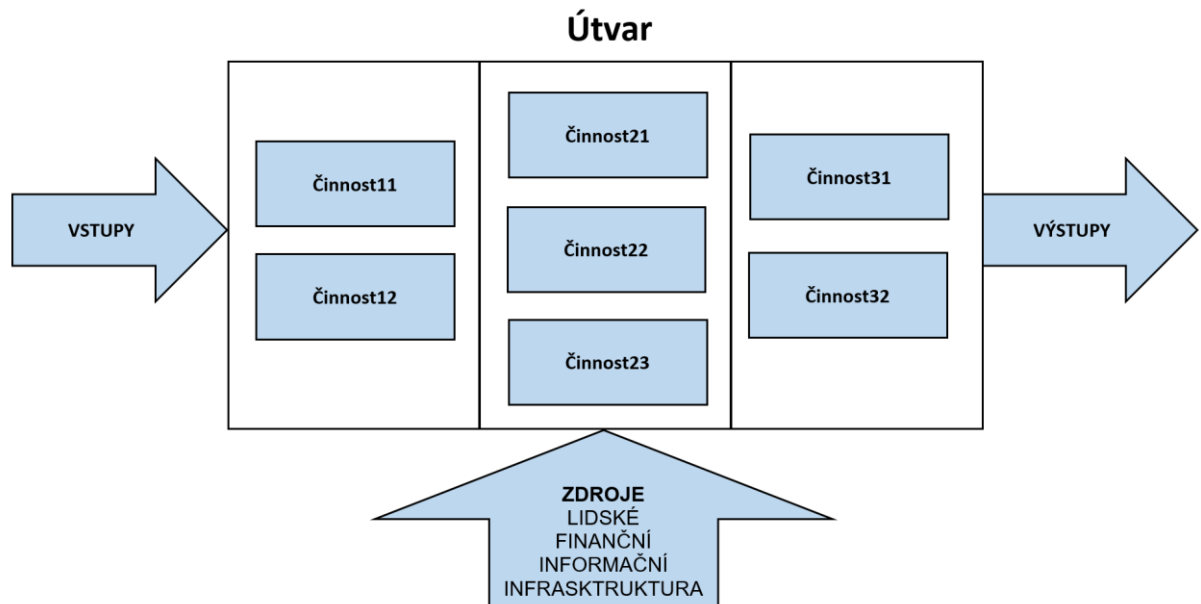
Je možné se setkat se třemi přístupy řízení procesů. Každý přístup je zaměřen pouze na určitou část řízení a organizování. [2], [3]

Funkční přístup (funkční řízení)

Funkční přístup byl definován v roce 1776 Adamem Smithem a jeho podstatou je tradiční dělba práce podle zadané specifikace. Funkční přístup klade důraz na jednoduché činnosti, které jsou rozděleny na základě odborné praxe. Práce je rozložena na jednodušší úkony tak, aby byly jednoduše proveditelné i nekvalifikovanými pracovníky. Použitím této metody dalo za vznik pásové výroby, která byla poprvé zavedena v továrnách Henryho Forda. Díky pásové výrobě došlo ke zvýšení výkonnosti každého pracovníka, zrychlení práce, úspory času a zvýšení produkce. [2]–[5]

Hlavním znakem funkčního přístupu je dělba práce mezi funkční jednotky dle jejich dovedností. Organizační struktura je založena na útvarech, které vykonávají dílčí činnost procesu. Organizace je pak řízena funkčními jednotkami. Rizika funkčního přístupu jsou hlavně v přechodech procesu mezi útvary, zde dochází k časovým a informačním ztrátám (šumu). Další

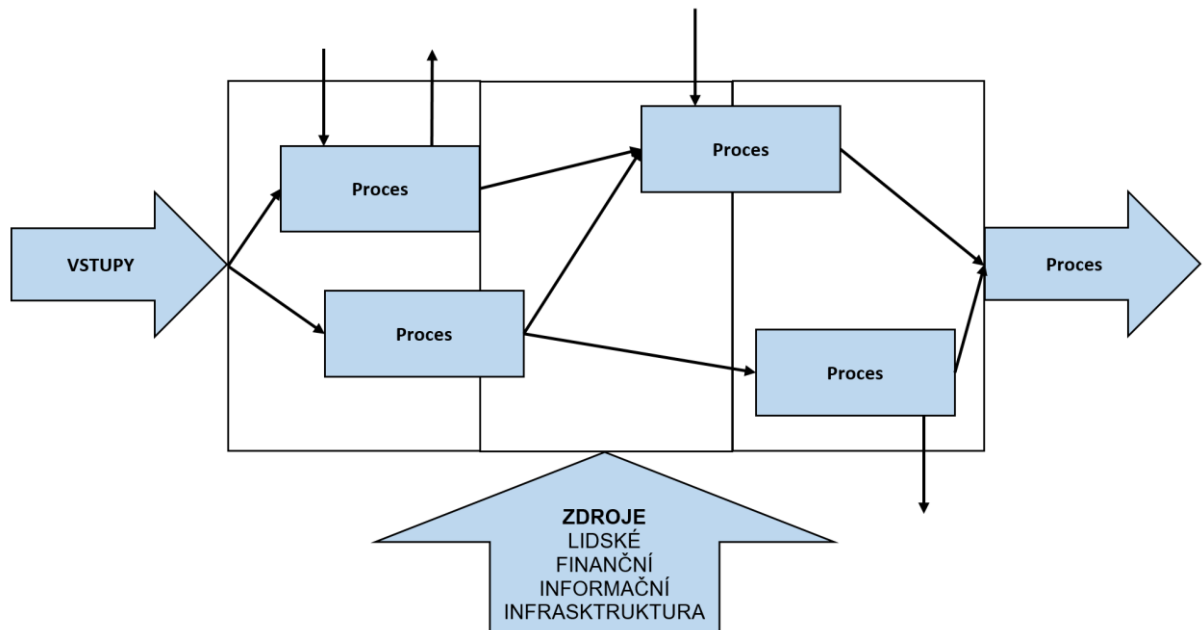
riziko jsou dovednosti omezené na jednoduché činnosti, kvůli kterým je potřeba mít velké množství pracovníků. Kvůli tomu, že jsou pracovníci zaměřeni pouze na jednotlivé činnosti, neznají návaznosti mezi nimi a dochází k problémům s přenosem informací mezi činnostmi. Na *Obr. 1.1* je graficky zobrazen funkční přístup k řízení. [2]–[5]



Obr. 1.1 Funkční přístup řízení. [4]

Procesní přístup (procesní řízení)

Procesní řízení se začalo rozvíjet až v polovině 20. století. Příčiny vzniku byly slabiny v liniově štábním systému, kde funkčnost měla přednost před cíli. Dříve byla tendence k rozrůstání struktury a zbýval pouze malý prostor pro inovace. Chyběla zde firemní kultura, a to až do 60. let. Po této době došlo k nástupu moderních informačních a komunikačních technologií. Díky tomu se daly provádět radikálnější změny procesů. Procesní řízení je zaměřeno na řízení procesů, které se opakují a probíhají napříč celou společností. Procesní přístup je schopen reagovat na rozdílné požadavky zákazníků. Umožňuje pružný přechod od požadavku jednoho zákazníka k rozdílnému požadavku jiného zákazníka. Organizace, která je procesně řízena, má systém vzájemně provázaných procesů. Na *Obr. 1.2* je graficky zobrazen procesní přístup k řízení. [2], [3], [5]



Obr. 1.2 Procesní způsob řízení. [5]

Projektový přístup (projektové řízení)

Je především uplatňován na unikátní projektové procesy a hledá optimální řešení až v průběhu realizace. Na rozdíl od procesního řízení, které je zaměřeno na opakování procesů, je projektové řízení zaměřeno na unikátní procesy. Projektový přístup se uplatňuje především tam, kde je třeba vysoké produktivity a soustředěnost týmu na konkrétní cíl. [2], [3]

1.1 Proces

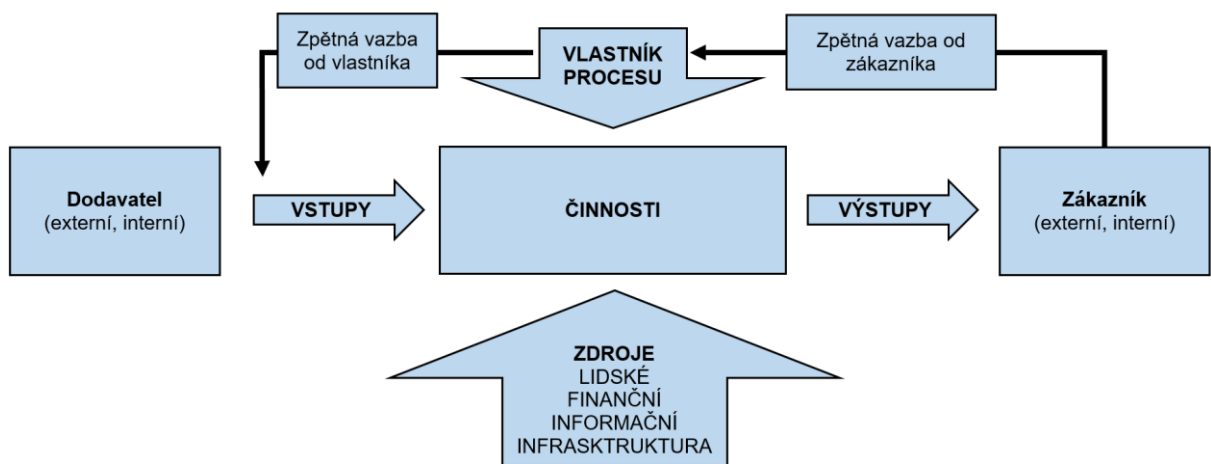
Pod pojmem proces je často představen nějaký výrobní proces, tento pojem však symbolizuje i procesy, se kterými je možné se setkat každý den. Existují různé druhy procesů jako přírodní, lidské a společenské procesy. V literatuře a na internetu je možné se setkat s několika definicemi procesu, přičemž všechny tyto procesy mají stejnou podstatu. Zde jsou uvedeny dva příklady definic procesu: [2], [6], [7]

V Hammer a Champy je proces popsán takto: „Proces je soubor činností, který vyžaduje jeden nebo více druhů vstupů a tvoří výstup, který má pro zákazníka hodnotu.“ [8]

Podle Václava Řepy v Podnikových procesech je proces definován takto: „Podnikový proces je souhrnem činností, transformujících souhrn vstupů do souhrnu výstupů (zboží nebo služeb) pro jiné lidi nebo procesy, používající k tomu lidi a nástroje.“ [9]

Tyto definice potvrzují, jak je definováno v [7] proces je sjednocený výraz. S tím i související další pojmy jako vstupy, výstupy, zdroje a vlastník procesu.

Z výše uvedených definic lze říct, že proces je posloupnost opakovatelných, soustavně navazujících činností skrz celou organizační strukturu, které s využitím zdrojů přeměňují vstupy na výstupy. Proces má vždy vymezen začátek a konec, dobu trvání a měřitelné ukazatele. Mezi procesy jsou vztahy nadřízenosti - podřízenosti nebo předchůdce - následovníka. Jednou ze základních a opomíjených vlastností procesu je tzv. zpětná vazba od zákazníka, dle které je zhodnoceno, zda proces naplňuje zákaznickovy požadavky. Na Obr. 1.3 je vidět základní schéma modelu procesu. [2], [6], [7]



Obr. 1.3 Základní schéma modelu procesu. [2], [7], [10]

1.1.1 Charakteristiky procesu

Procesy jsou charakterizovány těmito základními prvky. [2]

- **Hranice procesu** – jsou místa, kde vstupy a výstupy vstupují do procesu nebo vystupují z procesu. Ohraničují začátek a konec procesu a návaznost na jiné procesy. [2], [7]
- **Vstupy** – procesu jsou vše, co je třeba k realizaci procesu a co se v průběhu jednoho procesu zcela spotřebovává. Dávají podnět k zahájení procesu. Vstupem procesu může být výstup jiného procesu. [2], [7]
- **Výstupy** – procesu jsou výrobky nebo služby po působení procesu. Výsledek procesu může být hlavní nebo vedlejší a může být shodný s následujícím vstupem procesu. [2], [7]

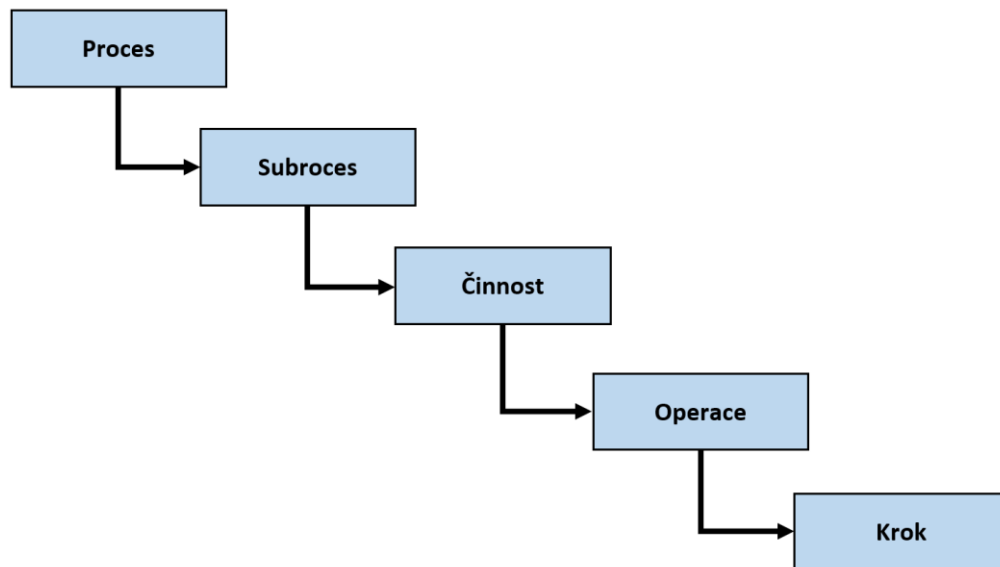
- **Zdroje** – procesu se dají rozdělit na lidské, finanční, informační, infrastruktura (hmotná, technologická). Zdroje procesu jsou spotřebovávány postupně během procesu. [2], [7]
- **Vlastník** – každý proces musí mít svého vlastníka, který je odpovědný za průběh procesu a za jeho výsledek. Vlastník procesu dává zpětnou vazbu pro zlepšování procesu. [2], [7]
- **Zákazník** – procesu je osoba, organizace nebo následný proces, pro který je proces realizován. Zákazník procesu dává zpětnou vazbu pro zlepšování vlastníkovému procesu. [2], [7]

1.1.2 Hierarchizace procesů

Proces jako takový lze rozložit na nižší úrovně podle jeho složitosti. Toto rozložení procesů slouží k přehlednému a jasnému pohledu a popisu jednotlivých procesů. Může se říci, že jde o tzv. Modelování procesu, které zjednoduší pohled na samotný proces. Dle [7] je účelné rozlišovat pět úrovní:

- **Proces** – se skládá se z jednotlivých subprocesů, které přidávají výstupu určitou přidanou hodnotu.
- **Subproces** – ucelený sled jednotlivých činností.
- **Činnost** – nadřazená operaci, jde o ucelený sled pracovních úkonů, které jsou složeny z jednotlivých kroků a výstupem každé činnosti je měřitelný produkt nebo služba.
- **Operace** – souvislý pracovní úkon složený z kroků, který vykonává jeden odborný pracovník.
- **Krok** – pracovní úkon, vykonávající jeden odborný pracovník.

Na Obr. 1.4 je graficky znázorněn rozpad procesu.



Obr. 1.4 Rozpad procesu. [7]

1.1.3 Klasifikace procesů

Klasifikaci procesů lze provést podle tří hlavních hledisek:

- funkčnosti,
- klíčivosti,
- struktury procesu.

Rozdělení dle funkčnosti

Rozdělení procesu dle funkčnosti procesu určuje, zda se jedná o průmyslový, administrativní nebo o řídicí proces. Rozdíl mezi průmyslovým a administrativním procesem je ten, že u průmyslového procesu jsou vstupem hmotné věci, např. suroviny, materiál (ruda, ropa apod.) a výstupem je surovina nebo polotovár pro další proces. Průmyslovým procesem může být i servisní oblast, např. oprava, modernizace apod. V tomto případě je vstupem do procesu např. dané zařízení, nové součástky apod. V administrativním procesu jsou vytvářeny produkty, které jsou využívány zákazníkem, jako například daňové doklady, šeky, datové soubory nebo zprávy. Výstupem v administrativním procesu jsou sestavy, data a informace, které jsou využívány jinými procesy. Řídicí proces se odlišuje od dvou předchozích procesů tím, že využívá data pro realizaci rozhodnutí. Jeho vstupem a výstupem nejsou hmotné věci, ale strukturované prostředky pro klíčová rozhodnutí. [7]

Rozdělení dle klíčivosti

Podle cílů procesů, které jsou stanoveny lze procesy rozdělit na:

- **Hlavní proces**

Hlavní proces nebo také produkční, klíčový proces je pojem, který označuje transformaci vstupů na výstupy, které mají přidanou hodnotu jak pro zákazníka, tak pro firmu. Je to přeměna zdrojů na produkty, výrobky nebo služby. Hlavní procesy plní strategické cíle a poslání firmy. [2], [6]

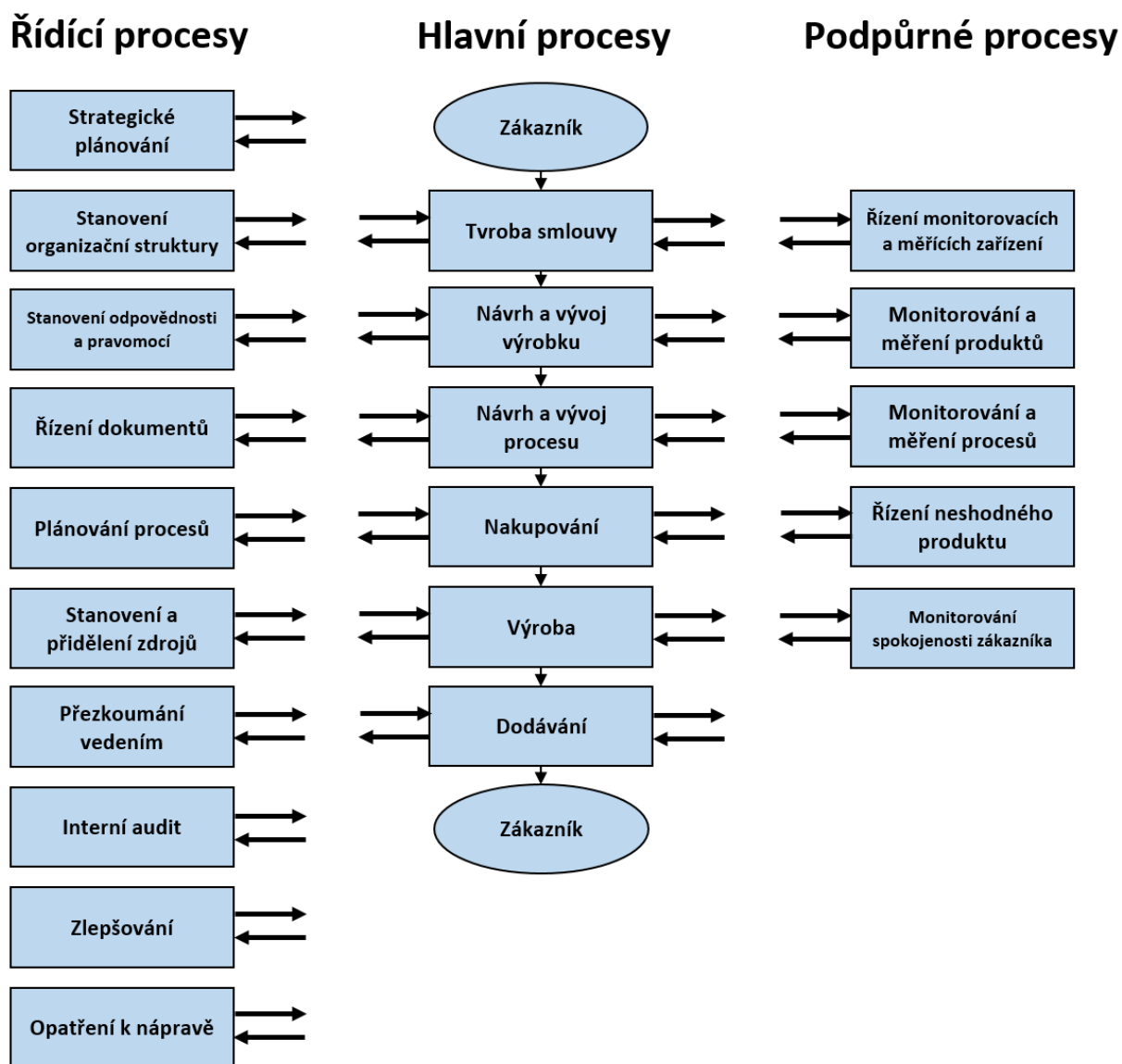
- **Řídící proces**

Řídí jednotlivé činnosti tak, aby udrželi logickou návaznost ostatních prováděných procesů, prochází napříč celou strukturou firmy. Řídící procesy definují strategické cíle firmy a zajišťují jejich realizaci. [2], [6]

- **Podpůrný proces**

Nemají hodnototvorný charakter, ale slouží jako podpora pro to, aby se mohly vykonávat procesy hlavní. Vykonávají se z důvodu omezení rizik nebo pro ekonomickou výhodnost. Podpůrné procesy nejsou vidět ze strany zákazníka, ale jsou nezbytné pro efektivní řízení firmy. [2], [6]

Na *Obr. 1.5* je procesní model organizace s příkladem rozřazení procesů do řídicích procesů, hlavních procesů a podpůrných procesů. Na dalším *Obr. 1.6* je shrnutí těchto tří procesů dle toho, zda přidává proces hodnotu, probíhá-li napříč společností, má-li externí zákazníci a zda generuje tržby. [2]



Obr. 1.5 Procesní model organizace. [2]

	Řídicí proces	Hlavní proces	Podpůrný proces
Přidává proces hodnotu?	ne	ano	ano
Probíhá proces napříč společnostmi?	ano	ano	ne
Má proces externí zákazníky?	ne	ano	ne
Generuje proces tržby?	ne	ano	ne

Obr. 1.6 Shrnutí třech procesů dle klíčivosti. [2], [6]

Rozdělení dle struktury

Dle struktury se procesy rozdělují na tvrdé a měkké. V tvrdých nebo také datových procesech jsou seznamy i pořadí činností pevně dány. Příkladem může být například pásová výroba. V měkkých nebo také znalostních procesech může být podle okolností seznam a pořadí činností měněno. Příkladem může být například vývoj výrobku. [7]

Další dělení procesů

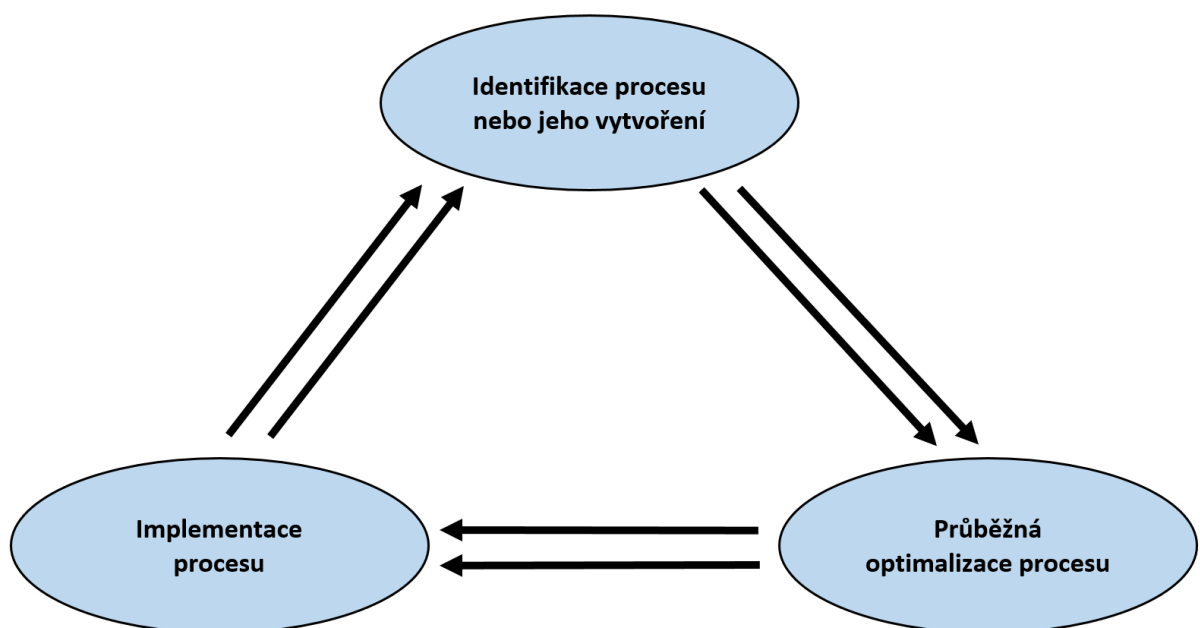
Procesy se mohou rozdělovat z různých pohledů. Zde je vypsána část příkladů, jak lze procesy dále rozdělovat. Procesy se dělí na sériové, probíhající po sobě. Paralelní procesy probíhají současně. Vratné procesy se změnou podmínek vrátí do původního stavu. Nevratné procesy nelze vrátit do původního stavu. Deterministický proces je takový proces, kde každý následující stav vyplývá z předchozího. Stochastický proces je takový proces, kde každý následující stav lze předvídat jen s určitou pravděpodobností. Dále se mohou procesy dělit podle doby existence na procesy trvalé a dočasné. Podle opakovatelnosti procesů se dělí na procesy s vysokou opakovatelností a na procesy s nízkou opakovatelností, podle strategického hlediska na procesy strategické, taktické nebo operativní. [2], [6], [7]

1.1.4 Životní cyklus procesu

Ve fungujících firmách po implementaci procesu, nedochází k jeho průběžné optimalizaci, dokud nedojde k procesní neshodě. To však není správný přístup, procesy mají tendenci ke stárnutí. Vždy je prostor ke zlepšení. Proces má svého majitele i zákazníka, kteří z něho mají užitek. Požadavky zákazníka se zvyšují, proto by vlastník procesu měl reagovat a proces trvale optimalizovat. Je tedy nutné daný proces alespoň jednou ročně revidovat a neustále se snažit o jeho zlepšení a tím zvýšení jeho produktivity. Pokud se ukáže neúčinnost procesu, je nutné proces zrušit. Na *Obr. 1.7* je zobrazen životní cyklus procesu. [7]

Etapy životního cyklu procesu:

- návrh procesu,
- implementace procesu,
- průběžná optimalizace procesu.



Obr. 1.7 Životní cyklus procesu. [7]

1.2 Modelování a optimalizace

Popsat současné teoretické přístupy pro modelování a optimalizaci výrobních procesů v elektrotechnice není v dnešní době jednoduché. Je možné se setkat s nekonečnými a komplikovanými procesy, které jsou ovlivněny celou řadou vlivů. Proto se používá zjednodušených modelů, které dokáží zobrazit dostatek informací pro práci s nimi. [6]

1.2.1 Modelování procesů

Cílem modelování je vytvořit grafický model, který vizuálně představuje realitu. Modely zobrazují strukturovaně uspořádané informace o procesu, které slouží pro podporu procesního řízení. Modelování procesů se provádí pro lepší vizualizaci, zvýšení efektivity a výkonnosti procesů. Dokáže se ušetřit čas, finanční prostředky a práce pracovníků. V dnešní době je možné se setkat s velkým množstvím nástrojů, se kterými se dá snadno pracovat v počítačové podobě a je v něm možné snadno dělat změny. Mezi nejznámější nástroje patří mapa procesů nebo vývojový diagram, tzv. flowchart. Při výběru nástroje je třeba zohlednit, jakou vypovídající schopnost bude nástroj mít. Pokud jde o rychlost a jednoduchost zpracování, použije se jako první procesní mapa a k ní pro modelování procesů vývojové diagramy. [11], [12]

1.2.2 Optimalizace procesů

Ve 21. století nemůže být proces jen zaveden. Ve firmě se postupem času vytvoří řada procesů, které jsou řešeny automaticky nebo nahodile. Vlastník procesu by se měl o proces starat a neustále se snažit o jeho optimalizaci. V mnoha případech je možné se ve výrobních firmách setkat s představou, že když vše funguje tak jak má, není potřeba něco měnit, to je však mylná představa a podnik přichází o zisk, který by optimalizací získal. Správné nastavení procesů ve firmě ovlivňuje náklady výroby a efektivitu firmy jako celku. Optimalizace je vhodná pro všechny firmy bez rozdílu velikosti. O proces musí být staráno po celou dobu jeho fungování. Mezi nástroje pro optimalizaci patří například metody LEAN, KAIZEN, 5S, atd. Optimalizace procesů zajistí zvýšení produktivity, která je na trhu jedním z klíčových cílů všech dlouhodobě úspěšných firem. Ve firmách už jsou přímo zavedená oddělení, která se věnují neustálému zlepšování a optimalizaci. [13], [14]

2 Metody a nástroje pro modelování a optimalizaci procesů

V této kapitole je uveden souhrn nejčastěji používaných metod, které se využívají při modelování a optimalizaci výrobních procesů v elektrotechnice.

2.1 Metody pro modelování

Jak bylo řečeno v kapitole 1.2.1 cílem modelování je vytvořit grafický model, který by měl zobrazovat některé vlastnosti reality. Modelování procesů pomáhá výrazně zvýšit výkonnost a efektivitu podniku, vytváří hierarchické procesní modely, které jsou propojené od vrcholových úrovní až po modely činnosti pro určitý produkt nebo službu. V literatuře je možné se setkat se třemi metodami modelování, které se používají pro různé modely. [7], [15], [16]

2.1.1 Symbolické

Mezi symbolické metody se může zařadit postupový diagram (z angl. flowchart) nebo také označovaný vývojový diagram. Vývojové diagramy používají předem dohodnuté symboly, které slouží pro snadnou čitelnost a srozumitelnost při používání různými uživateli. [7], [15], [16]

Vývojový diagram

Vývojový diagram je jeden ze sedmi základních nástrojů kvality, je to typ diagramu, který graficky znázorňuje algoritmus zpracování informací. Používá se hlavně tam, kde nestačí pouhý slovní popis nebo tam, kde je potřeba pro lepší vizualizaci znázornit graficky jednotlivé kroky od začátku do konce. Vývojový diagram vizualizuje to, co se děje v procesu, a tím mu pomáhá porozumět a také najít možné nedostatky, překážky a jiné méně zřejmé rysy. Existuje mnoho různých typů vývojových diagramů a každý typ má vlastní klíčové prvky. Nejpoužívanější klíčové prvky vývojového diagramu jsou start, rozhodnutí, činnost a konec. Vývojové diagramy se používají například pro popis: [7], [15], [16]

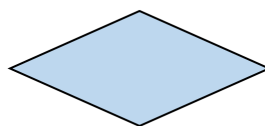
- procesu,
- výrobního procesu,
- pracovního postupu,
- algoritmu počítačového programu.

Symboliku pro vytváření diagramu upravuje norma ČSN 36 9011 (ISO 5807-1985), která platí od 1. ledna 1996 a která nahradila normu ČSN 36 9030 z roku 1989. Symboly vývojových diagramů představují grafické značky, které jsou přesně definovaného významu proto, aby byly snadno srozumitelné pro ostatní uživatele. Níže je uveden výčet nejčastěji používaných symbolů. [17], [18], [19]

Zpracování (proces, činnost) představuje zpracování nebo provedení operace nebo skupiny operací, jejichž výsledkem je transformace informace, např. změna hodnoty apod. Vstupů do symbolů může být několik, výstup je vždy pouze jeden. [18], [19]



Rozhodování představuje rozhodovací činnost. Symbol má jeden vstup a dva výstupy. V symbolu jsou vyhodnoceny podmínky, které aktivují jeden ze dvou výstupů. [18], [19]



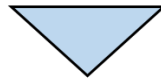
Spojka je symbol, který představuje přechod z jedné části vývojového diagramu na jinou část diagramu. Spojka má pouze jeden vstup nebo jeden výstup. [18], [19]



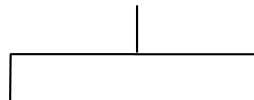
Spojnice představuje spojení jednotlivých symbolů ve vývojovém diagramu. Standardní směr toku informací je shora dolů a zleva doprava. Pokud není tento směr toku informací dodržen, doporučuje se použít plnou nebo otevřenou šipkou. [18], [19]



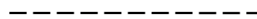
Konec představuje ukončení postupu činností v dané větvi diagramu. [18], [19]



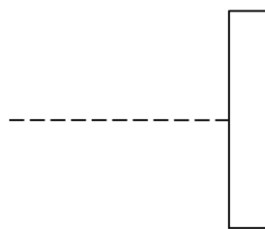
Paralelní zpracování představuje spojení dvou nebo více paralelních činností. Nejprve musí být ukončeny předchozí činnosti, aby mohly být zahájeny následující. [18], [19]



Vzájemný vztah symbolizuje ohraničení oblasti nebo vztah dvou nebo více symbolů. [18], [19]



Anotace symbolizuje připojení komentářů nebo vysvětlujících textů. Přerušovaná čára symbolizuje k jakému symbolu je anotace přiřazena. [18], [19]



Mapa procesů

Mapa procesů je grafický nástroj pro orientaci a řízení procesů ve společnosti. Na jedné stránce A4 mapa procesů vizualizuje procesy, jejich provázanost a odpovědnost jednotlivých manažerů. Mapa procesů je názorný a přehledný model (schéma) hlavních procesů ve firmě. Patří do systému kvality, kde přehledně zobrazuje: [20]

- procesy, které jsou ve firmě,
- členění jednotlivých procesů,

- odpovědnost za jednotlivé procesy,
- vzájemnou propojenost procesů,
- jaké odborné oblasti firma pokrývá.

Mapa procesů má usnadnit řízení a rozhodování managementu skrz systém a jeho proces. Velmi důležité je grafické zpracování mapy procesů. Měla by být prezentabilní a uživatelsky příjemná, aby s ní management a zaměstnanci chtěli pracovat. [20]

BPMN

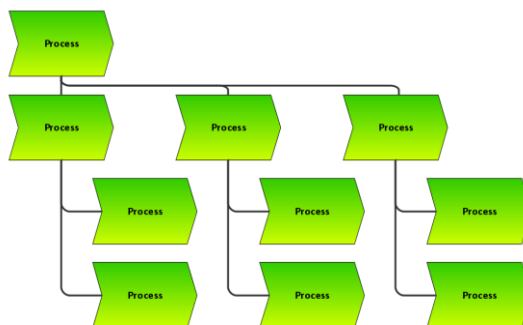
Business Process Modeling and Notation (BPMN) je tzv. standard pro modelování podnikových procesů. Hlavním cílem je, aby všichni zúčastnění pracovníci porozuměli modelu podnikového procesu. Principem BPMN je grafická notace vyjádření diagramu. Cílem BPMN je zobrazit jednoduché a srozumitelné grafické diagramy, k tomu se používají 4 skupiny notací: [21], [22]

- Tokové objekty – jsou tvořeny třemi objekty, a to událostí, aktivitou a větvící bránou. Tyto tři objekty slouží pro lepší srozumitelnost. [21], [22]
- Spojovací objekty – mezi spojovací objekty se řadí tři typy. Jsou to sekvenční tok, tok zpráv a asociace. [21], [22]
- Plavecké dráhy – umožňují detailnější úroveň modelování a vizuálně oddělují objekty, které spolu nějakým způsobem souvisí. Řadí se sem pool a dráha. [21], [22]
- Artefakty – je přídatný obsah, který se vkládá do modelu. Jsou jimi datové objekty, seskupení a poznámky. [21], [22]

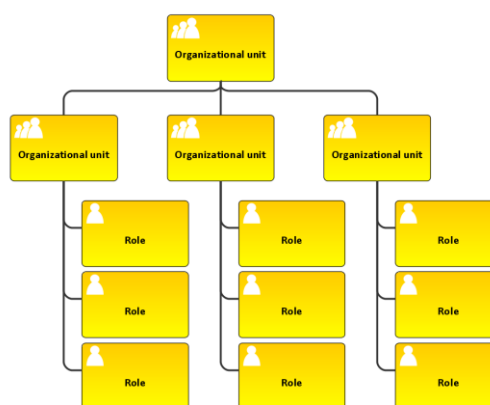
EPC

Diagram procesu řízení událostmi (z angl. Even – Driven Process Chain) se používá k popisu procesů a pracovních postupů. EPC je modelovací jazyk, který se používá k popisu firemních procesů a pracovních postupů. Je to typ vývojového diagramu, používaný pro modelování. Existuje celá řada nástrojů pro vytváření schémat EPC. Jedním z nástrojů pro tvorbu EPC diagramu je ARIS Express. [2], [21], [23]–[27]

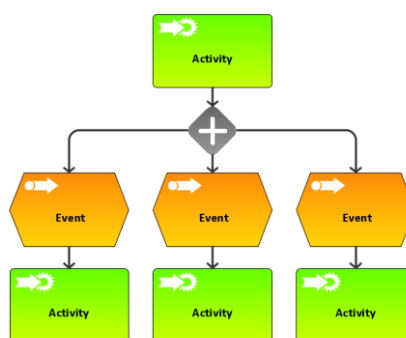
ARIS Express neboli ARchitektura Integrovaných informačních Systémů (z angl. ARchitecture of integrated Infromation Systems) je nejen metodika, ale i nástroj pro modelování a analýzu procesů organizace. Jde o grafickou metodu, která poskytuje řadu pohledů a nástrojů nejen k modelování procesu, ale také pro analýzu procesů. Mezi nejznámější modely lze zařadit – model tvorby přidané hodnoty, organigram, eEPC model. Příklady těchto modelů jsou na *Obr. 2.1* až *Obr 2.3*. [2], [21], [23]–[27]



Obr. 2.1 Model tvorby přidané hodnoty.



Obr. 2.2 Model organigramu.



Obr. 2.3 Model eEPC.

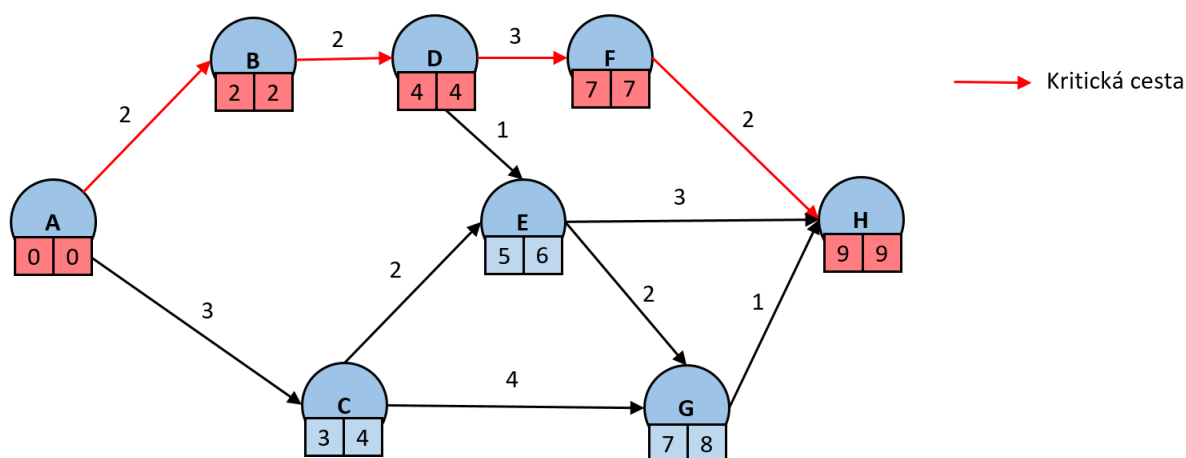
2.1.2 Síťové

Síťové metody souvisí s aplikací síťové analýzy. Tato analýza je soubor analytických metod, které se používají v případech, když je potřeba analyzovat nebo optimalizovat síť vzájemně propojených a související prvků, které mají mezi sebou nějakou souvislost. Nejznámějšími metodami jsou: [7], [28]

CPM (Critical Path Method) je metoda kritické cesty, která využívá pro časovou analýzu deterministický model. Základní technikou pro využití CPM je vytvoření modelu projektu, který zahrnuje: [7], [29]

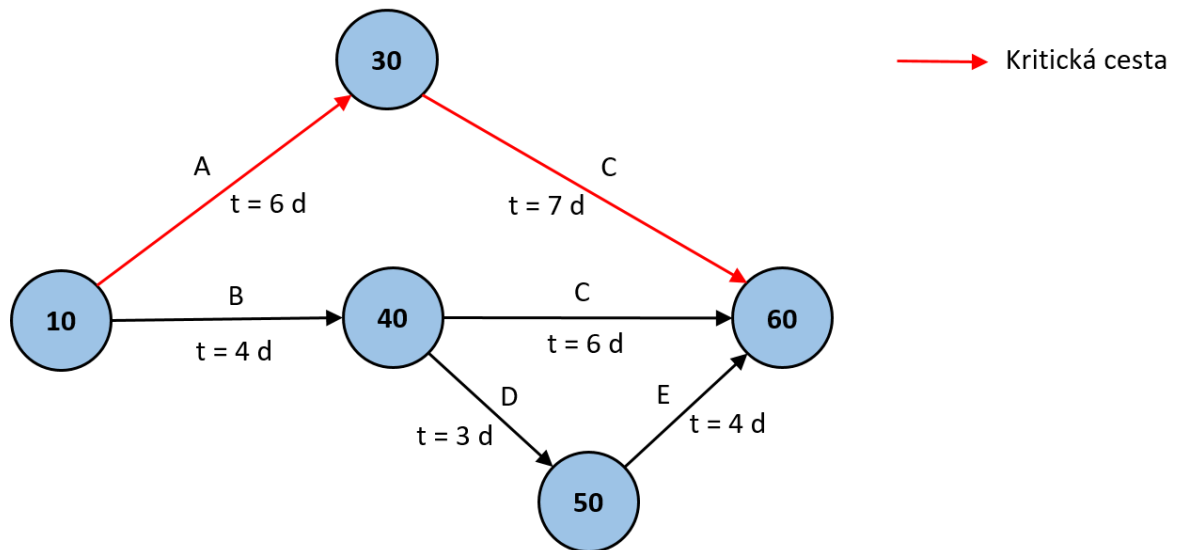
- seznam všech činností, které jsou potřebné k dokončení projektu,
- čas, který každá aktivita trvá,
- závislost mezi činnostmi,
- logické koncové body, jako jsou milníky.

Každý projekt by měl mít minimálně jednu kritickou cestu. Kritická cesta je časově nejdelší možná cesta z počátečního bodu grafu do koncového bodu grafu. Pokud se zpozdí činnost na kritické cestě, dojde ke zpoždění celého projektu, naopak pokud dojde ke zrychlení činnosti na kritické cestě, dojde ke zkrácení doby trvání projektu. Dokončením poslední činnosti na kritické cestě je zároveň datem konce projektu. Pro kritickou cestu platí, že volná časová rezerva je rovna nule. Na *Obr. 2.4* je vidět příklad CPM. [7], [29]



Obr. 2.4 Příklad CPM.

PERT (Program Evaluation and Review Technique) je metoda síťové analýzy, která zobecňuje metody kritické cesty CPM. Od CPM se odlišuje tak, že není dán přesný čas trvání činností, čas je dán pouze náhodnou veličinou rozdělením pravděpodobnosti. Příklad PERT je vidět na *Obr. 2.5.* [7], [30]



Obr. 2.5 Příklad PERT.

2.1.3 Objektové

Objektové modely jsou odrazem pohledu na reálný svět, které vyobrazují objekty reálného světa.

2.2 Metody pro optimalizaci

Existuje mnoho metod pro optimalizaci procesů. Firmy si často kladou otázku jakou z optimalizačních metod vlastně použít. Ve skutečnosti záleží pouze na preferencích dané firmy. Většina optimalizačních nástrojů nejsou nic jiného než nástroje řízení kvality. Základem k úspěchu je pochopení aplikace těchto nástrojů pro různé příležitosti. Nejdůležitějšími řídicími prvky průlomového zlepšení je vedení, kreativita a inovace. Vedoucí pracovníci musí vést a inspirovat své podřízené správným směrem a ujistit se, že jejich činnost souvisí se strategickým řízením firmy. Optimalizační metody si kladou za cíl zvýšit úroveň kvality, ušetřit čas a snížit náklady. Níže je soupis nejčastěji používaných metod ve výrobních firmách.

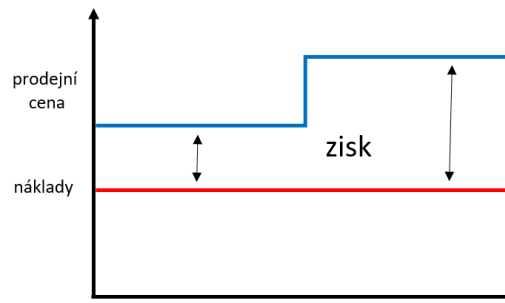
2.2.1 Lean manufacturing

Štíhlá výroba (z angl. Lean manufacturing), často označována jako Lean, je velmi širokou systematickou metodou minimalizace. Často se pod pojmem Lean užívá pojem filosofie. V této filosofii jde o snahu celé organizace se trvale zlepšovat ve všech oblastech a zamezit zbytečnému plýtvání. [31], [32], [33]

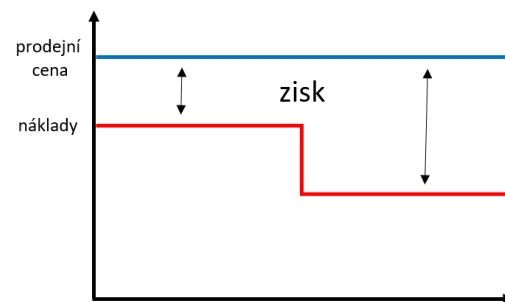
Cílem je vyloučit:

- přetížení výroby (muri),
- výpadky (mura),
- eliminovat plýtvání (muda).

Lean metoda se rozvinula v Japonsku po druhé světové válce. Největší vliv na rozvoj této filosofie měla zejména firma Toyota, také často označováno jako Toyota Production System (TPS). Základem této filosofie je, že při výrobě se vyrábí pouze to, co zákazník požaduje. Dosáhne se tak minimalizaci plýtvání. Princip této metody se dá popsat rovnicí zisku. Tuto rovnici můžeme vidět na *Obr. 2.6* a na *Obr. 2.7*. [31], [32], [33]



Obr. 2.6 Rovnice náklady + zisk = cena. [33]



Obr. 2.7 Rovnice cena – náklady = zisk. [33]

V Obr. 2.6 jsou v ceně zahrnuty náklady firmy. V Obr. 2.7 zákazník neplatí náklady firmy. [31]–[34]

Druhy plýtvání (muda)

Jak bylo výše řečeno, jedním z cílů je eliminovat veškeré plýtvání, zde je seznam 8 nejčastějších druhů plýtvání: [31]–[34]

Nadvýroba – vyráběno více, než je zákazníkem požadováno, tím se zvyšují nároky na výrobní a skladovací plochy.

Vady – výroba dílů, které nejsou v požadované kvalitě (zmetky), opravy, náhradní výroba.

Zbytečné přemístování – přeprava materiálu bez přidané hodnoty.

Čekání – čekání tzv. mrtvé časy, tento čas by mohl být využit k vytváření hodnot.

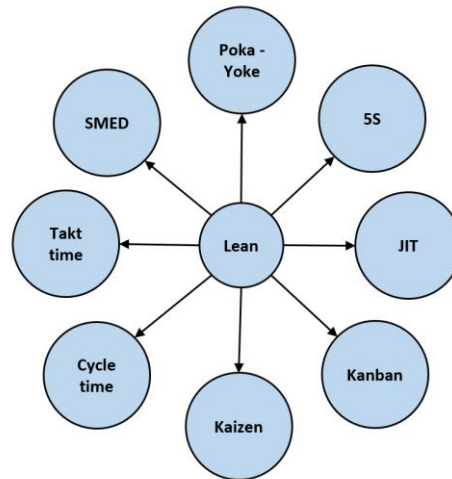
Zbytečný pohyb – pracovníků při práci.

Nadbytečné zpracování – provádění činností, které nejsou v pracovním postupu.

Nadbytečné zásoby – skladování zásob nebo informací, které nejsou potřeba.

Nevyužitá tvořivost zaměstnanců – ztráta motivace pro práci.

Nejlépejších výsledků dosahuje výrobní proces, který je flexibilní a nepodléhá přetížení (muri), je zpracováván nepřetržitě, nedochází u něho k prostojům (mura) a není v něm žádný druh plýtvání (muda). Štíhlá výroba je soubor metod, nástrojů a principů, jak je vidět na Obr. 2.8. [33]



Obr. 2.8 Příklad metody, nástrojů a principů štíhlé výroby.

2.2.2 Poka-Yoke

Název metody je odvozen z japonských slov Poka – chyba a Yokeru – vyhnout se, neboli chybu-vzdorný. Poka-Yoke se dá rozdělit na dva druhy. Konstruktivní Poka-Yoke je nízkonákladové velmi spolehlivé opatření, jehož smysl spočívá v ochraně výroby před zmetky. Procesní Poka-Yoke je procesní postup, který umožňuje vykonat činnost pouze jedním způsobem. Vylučuje možnost lidského fakturu udělat něco špatně. Jak je vidět z Obr. 2.9 je velmi těžké zapojit konektory špatným způsobem.



Obr. 2.9 Příklad použití konceptu Poka-Yoke u konektorů. [35]

2.2.3 5S

Metoda 5S je standardizovaný proces, který při správné implementaci vytváří a udržuje organizované, bezpečné, čisté a efektivní pracoviště. Vylepšené vizuální kontroly jsou implementovány jako součást systému 5S, aby byla jakákoliv neshoda v procesu jasná a snadno zjištělná. 5S podporuje neustálé zlepšování. Název metody 5S vznikl z pěti japonských slov, které při překladu do římského skriptu začínají na písmeno S. Ta slova jsou: [2], [36], [37]

- seiri = rozděl,
- seiton = seříd',
- seiso = uspořádej,
- seikutsu = zdokumentuj,
- shitsuke = dodržuj.

Metoda byla vyvinuta v Japonsku a je jednou z technik, které umožnily výrobu Just in Time (JIT). Cílem metody je zlepšit organizaci pracovního prostředí, a tím i kvalitu. Metoda klade důraz na zvýšení samostatnosti zaměstnanců, týmové práci a vedení lidí. [2], [36], [37]

2.2.4 KAIZEN

Kaizen je japonské slovo, které v překladu znamená „neustále zlepšování“ nebo také „změna k lepšímu“. V podnikání se Kaizen týká činností, které neustále zlepšují všechny funkce. Do zlepšování jsou zahrnuti všichni zaměstnanci od ředitele, vrcholného managementu až po pracovníky montážní linky. Zejména zapojení pracovníku nejnižší úrovně je velmi důležité, právě oni jsou nejbližší k místu, kde se tvoří hodnota. Jejich návrhy bývají mnohem praktičtější a kreativnější, než návrhy které vzniknou „od stolu“. Zlepšením standardizovaných nebo automatizovaných procesů se Kaizen snaží eliminovat odpad. Kaizen byl poprvé praktikován v japonských firmách po druhé světové válce, tedy až v 60. letech 20. století. Původně ale tato manažerská filozofie vznikla v USA. Podstatou metody Kaizen je systém procesu neustálého zlepšování pomocí malých změn, díky tomu je velmi efektivní metodou k udržování konkurenceschopné úrovně podniku. Kaizen se nikdy nespokojí se stávající situací ve firmě. Filozofie je taková, že je vždy prostor pro zlepšení a i ten nejmenší krok kupředu má význam. Metoda Kaizen bývá často spojována s metodou štíhlá výroba, avšak implementace jedné metody není podmíněna implementací metody druhé. [7], [38], [39]

2.2.5 Doba taktu a doba cyklu

Pro optimalizaci pracovního toku, zdrojů a pracovní doby měří manažeři dobu trvání mnoha různých procesů a průměrných časů na jednotlivé jednotky.

Doba taktu

V překladu z angl. Takt time je čas, který je potřeba k dokončení výrobního procesu za účelem splnění požadavků zákazníka. V německém jazyce „takt“ znamená „puls“. Stejně jako srdeční frekvence se může zrychlit nebo zpomalit, doba produkce firmy může být vysoká nebo nízká ve srovnání s poptávkou zákazníka. Manažeři měří dobu taktu, aby identifikovali a odstranili takzvané mrtvé časy (z angl. Dead time), to je doba, za kterou není přidána žádná hodnota. Doba taktu se využívá k synchronizaci vzájemně závislých procesů a ke zvyšování norem řízení kvality. Příkladem může být například Škoda Auto a.s. v Mladé Boleslavi, která v roce 2006 měla dobu taktu auta typu Fábie 60s. Každou minutu vyjela ze Škodovky v Mladé Boleslavi jedna Fábie. [40]–[44]

Doba cyklu

V překladu z angl. Cycle time je čas, který je potřebný k dokončení výroby jedné jednotky od začátku do konce. Sledováním dokončených jednotek a čistou výrobní dobou se určí doba potřebná k dokončení jednoho cyklu. Pokud je doba cyklu už zavedená a tohoto času se ve výrobě nedosahuje, musí dojít např. k vybalancování linky (z angl. Line Balancing). [40], [41], [42]

2.2.6 SMED

Single Minute Exchange of Die neboli SMED je jednou z metod Štíhlé výroby pro snížení odpadu ve výrobním procesu. Poskytuje rychlý a účinný způsob jak provést přechod výroby z jednoho výrobku na výrobek jiný. Například pomocí výměny nástroje. Tento rychlý přechod je klíčem k eliminaci výpadků (Mura) díky tomu se snižují ztráty ve výrobě. Cílem je zkrátit dobu nastavování z hodin na méně než 10 minut. Fráze „jedna minuta“ (z angl. single minute) neznámá, že by přechody měly trvat jednu minutu, ale měly by trvat méně než 10 minut. Někdy není možné dosáhnout doslova jednotek minut, je to ale cíl, kterého může být dosaženo ve vysokém procentu případů. [45], [46], [47]

2.2.7 SIX SIGMA

Six Sigma je soubor technik a nástrojů pro zlepšení procesu. Six Sigma byla představena inženýrem Billem Smithem v roce 1986 při práci ve společnosti Motorola. Six Sigma usiluje o zlepšení kvality výstupu procesu tím, že identifikuje a odstraňuje příčiny vad a minimalizuje variabilitu ve výrobních procesech. Je využíván soubor metod řízení kvality, především empirických a statistických metod. Vytváří se speciální infrastrukturou lidí v rámci organizace, kteří jsou experty v těchto metodách. Každý projekt Six Sigma prováděný v rámci organizace se řídí definovaným pořadím kroků a má specifické cílové hodnoty, např.: zkrátit dobu výroby, snížit znečištění, snížit náklady, zvýšit spokojenost zákazníků a zvýšit zisky. [48], [49], [50]

Six Sigma má tři významy. Prvním významem je manažerská filozofie založená na principech neustálého zlepšování, která využívá procesní řízení a prosazuje rozhodování na základě naměřených dat. Druhý význam je založený na zlepšování produktů a procesu prostřednictvím týmové práce. Třetím významem je dosažení určité úrovně kvality procesu nebo produktu, kdy na jeden milion příležitostí připadá maximálně 3,4 chyb. [48], [49], [50]

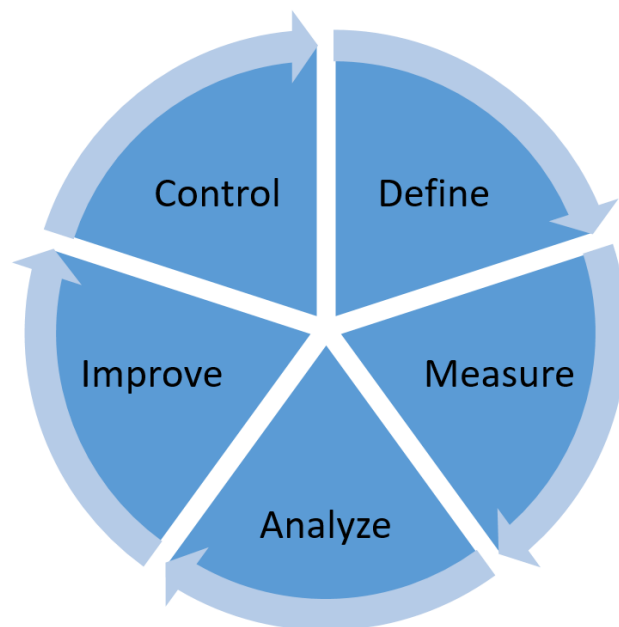
Projekty Six Sigma se řídí dvěma metodami projektů inspirovaným Demingovým Cyklem (PDCA). Tyto metody jsou složeny z pěti fází označeny zkratkami DMAIC a DMADV. Rozdílem mezi těmito dvěma metodami je, že DMAIC je použit pro projekty, které jsou zaměřené na zlepšení stávajícího procesu, na rozdíl DMADV se používá pro projekty zaměřené na vytváření nových procesů nebo produktů. [48], [49], [50]

2.2.8 DMAIC

DMAIC je metoda nebo také cyklus postupného zlepšování. Vznikla s rozvojem neustálého zlepšování a zvyšování úrovně kvality, bezpečnosti a životního prostředí. Vychází z Demingovo cyklu PDCA. Je základním nástrojem pro řízení projektů Six Sigma. DMAIC je zkratka pěti kroků, které zahrnují: [48], [51]–[54]

- define = definovat,
- measure = měřit,
- analyze = analyzovat,
- improve = zlepšovat,
- control = řídit.

V prvním kroku se popíše předmět a definují se cíle zlepšení (výrobek, služba, proces, data, atd.). Ve druhém kroku se změní současný stav a ověří se, jestli metoda měření vyhovuje pro analýzu procesu. Ve třetím kroku se analyzují naměřená data a hledají se příčiny současného stavu. Ve čtvrtém kroku je cílem najít, ověřit a realizovat řešení problému, k tomu se může použít již zmíněný PDCA cyklus. V posledním kroku je již řešení problému implementováno, je potřeba udělat srovnání s výchozím stavem. Provede se měření po implementaci a srovná se s měřením před implementací. Pokud bylo zlepšení účinné a přínosné, je potřeba ho kontrolovat. Řešení je potřeba zdokumentovat (pracovní postupy, směrnice, atd.) a proškolení všechny zúčastněné osoby. Často zanedbávanou součástí pátého kroku je i zhodnocení a odměnění týmu, který na projektu pracoval. Na *Obr. 2.10* je schéma DMAIC cyklu. [48], [51]–[54]



Obr. 2.10 DMAIC cyklus.

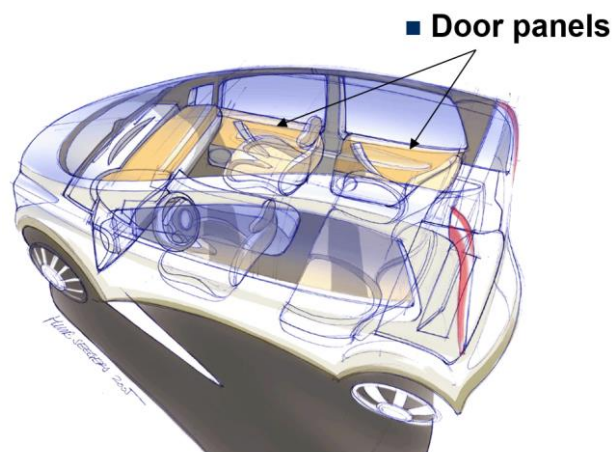
3 Případová studie

V této kapitole je zpracována případová studie reálného výrobního závodu se sídlem v Přešticích. Pro zpracování této případové studie byly použity interní materiály firmy. Cílem případové studie bylo optimalizovat a vymodelovat výrobní procesy na dokončovací výrobní lince a navrhnout změny pro zlepšení těchto procesů.

3.1 Představení společnosti

International Automotive Components Group s.r.o. (dále jen „IACG“) se řadí mezi přední celosvětové dodavatele automobilových komponentů se zaměřením na interiérové díly, systémy a doplňkové exteriérové díly. Společnost celosvětově zaměstnává 32 000 pracovníků ve sto výrobních závodech a má silné zázemí ve 21 státech. IACG v Přešticích je rozdělena do dvou výrobních závodů. Výrobní závod Přeštice 1 a výrobní závod Přeštice 2. Každý závod má své vlastní vedení.

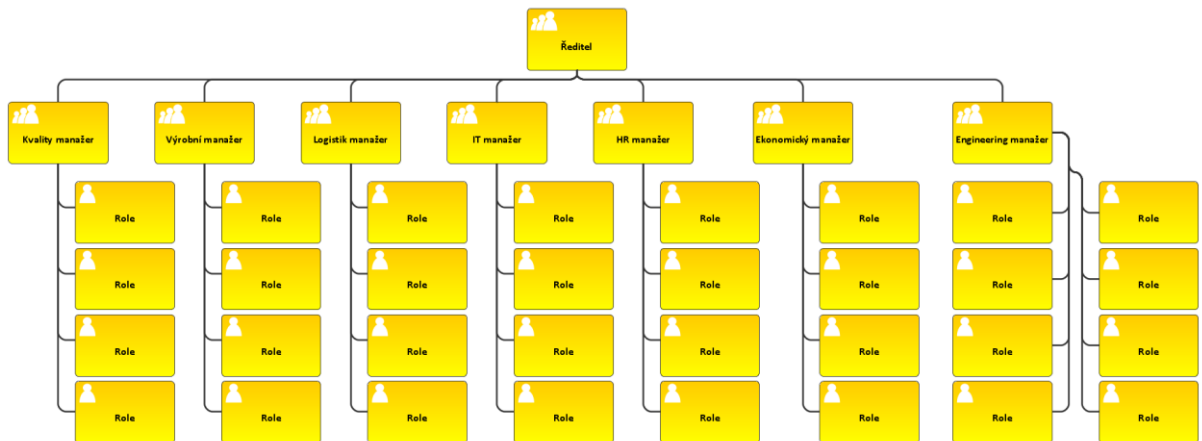
Případová studie byla zpracovávána ve spolupráci s dceřinou společností v Přešticích nedaleko Plzně. Výrobní závod Přeštice 2 se specializuje na výrobu dveřních panelů a izolačních desek pro osobní automobily Mercedes. Na *Obr 3.1* je zobrazen ilustrativní ukázka dveřních panelů u osobního automobilu.



Obr. 3.1 Dveřní panely u osobního automobilu.

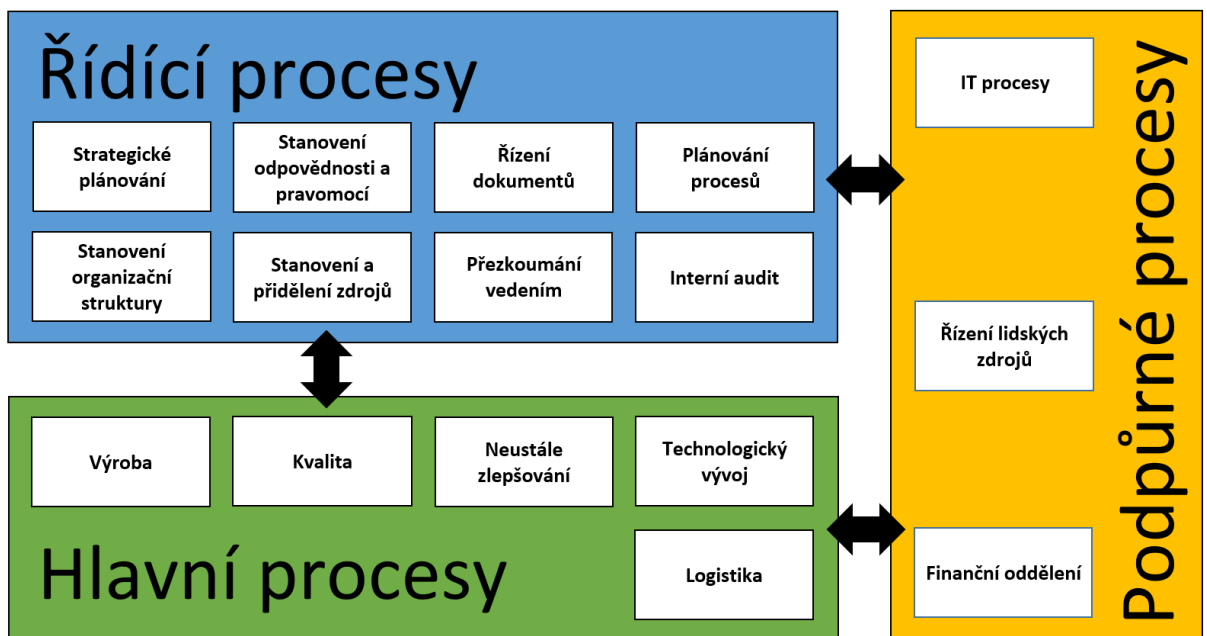
3.1.1 Organizační diagram

IACG v Přešticích funguje na principu kombinace funkční organizační struktury a maticové struktury. Na Obr 3.2 je zobrazen Organizační diagram výrobního závodu Přeštice 2.



Obr. 3.2 Organizační diagram výrobního závodu Přeštice 2.

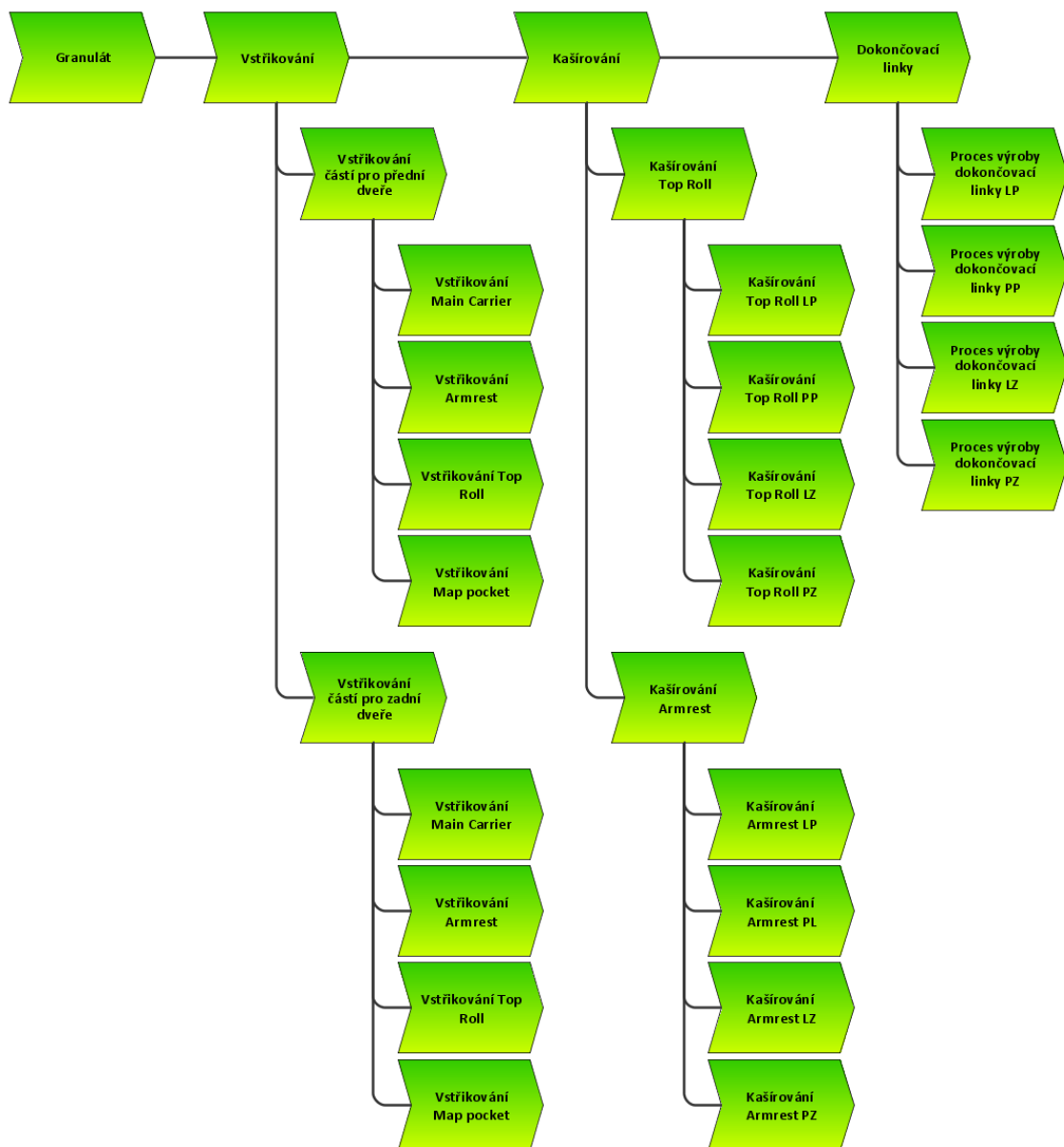
Dle získaných informací byl sestrojen procesní model organizace, zpracovaný na Obr. 3.3. V procesním modelu organizace jsou rozděleny procesy mezi hlavní procesy, řídicí procesy a podpůrné procesy.



Obr. 3.3 Procesní model organizace.

3.2 Definice výchozího stavu

Ve výrobním závodě Přeštice 2 se vyrábí dveřní panely do osobních automobilů. Výroba je rozdělena do 3 sektorů: vstřikování, kaširování a dokončovací linky. Vstřikování a kaširování funguje na principu výroby v dávkách (z angl. batch production). Výroba dokončovací linky funguje na principu toku jednoho kusu (z angl. one piece flow) a současně s metodou Just in Sequence (JIS). JIS v této výrobě znamená jiné specifické vybavení, které určuje zákazník několik dní před dodáním. Dveře jsou dodávány v boxech v přesně definovaném pořadí. Cílem této případové studie je řešit problémy v sektoru dokončovací linky, na dokončovací lince LP (levých předních) dveřních panelů. Na *Obr. 3.4* je celkový proces výroby dveřních panelů.



Obr. 3.4 Celkový proces výroby dveřních panelů.

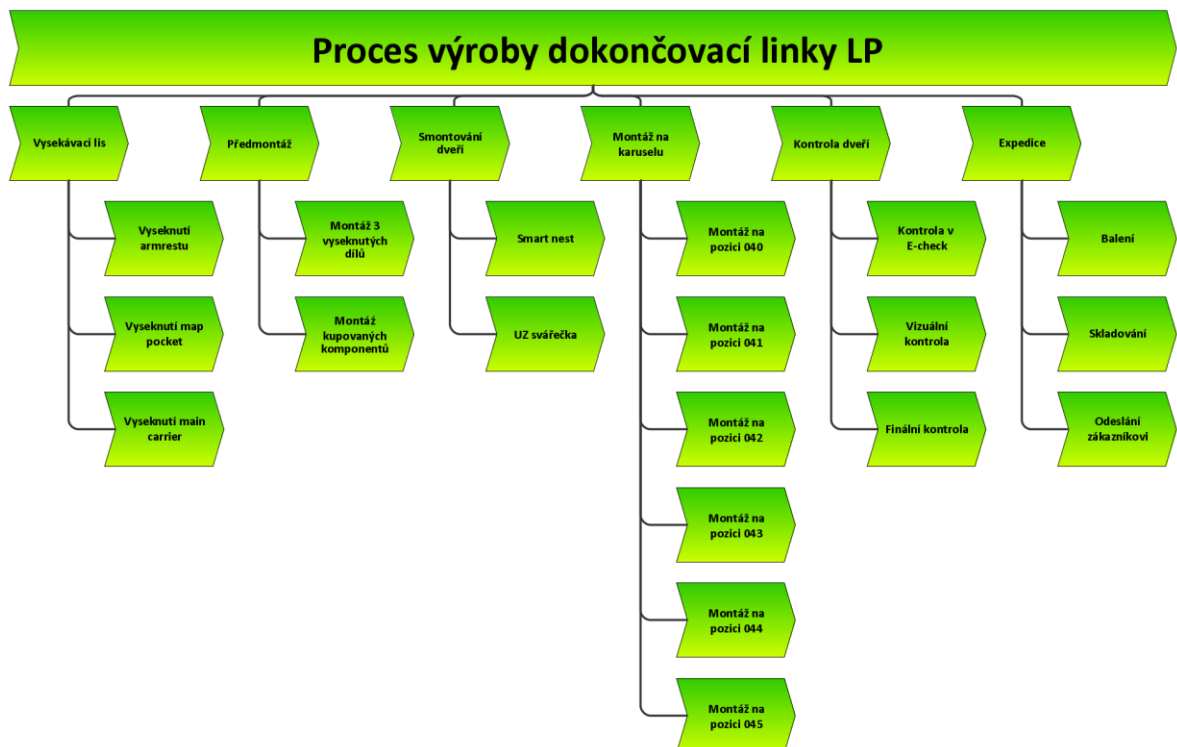
Jak je vidět z *Obr. 3.4* výrobní proces začíná zpracováním granulátu, poté následuje vstřikování částí pro přední a zadní dveře. Celkem se vstříkují čtyři části:

- main carrier (hlavní nosič),
- armrest (loketní opěrka),
- top roll (podokenní rám),
- map pocket (kapsa).

Po vstřikování následuje kaširování Top Rollu a Armrestu. Dále jsou všechny části rozděleny do dokončovacích výrobních linek:

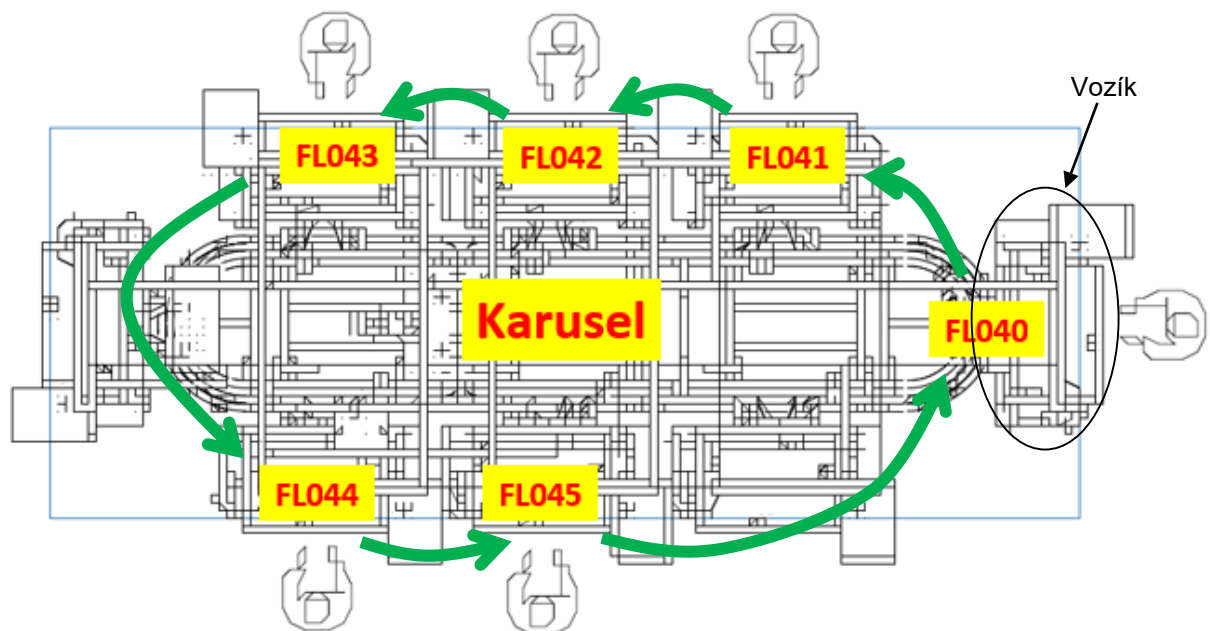
- proces výroby dokončovací linky LP (levých předních),
- proces výroby dokončovací linky PP (pravých předních),
- proces výroby dokončovací linky LZ (levých zadních),
- proces výroby dokončovací linky PZ (pravých zadních).

Tato případová studie se zabývá optimalizací procesu výroby dokončovací linky (LP) dveřních panelů. Na *Obr. 3.5* je zobrazen proces výroby dokončovací linky LP.

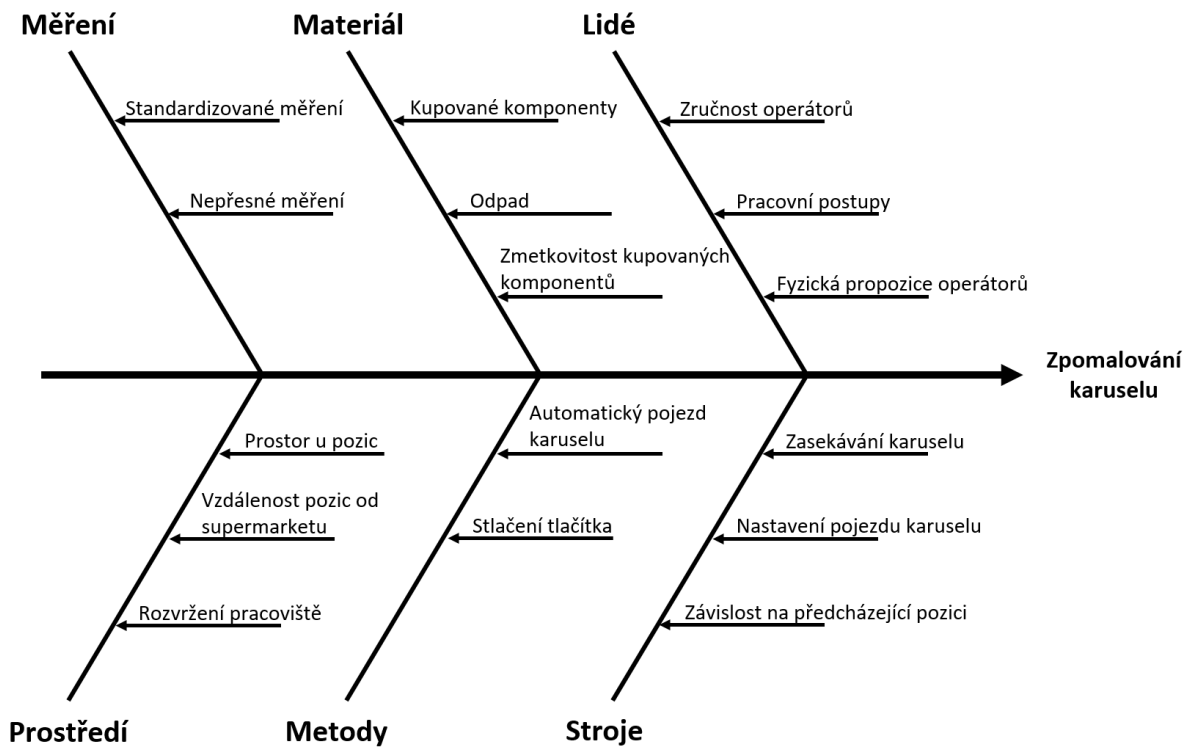


Obr. 3.5 Proces výroby dokončovací linky LP.

Úkolem bylo vybalancování linky (z angl. Line Balancing) na výrobní lince označované jako „Karusel“. Schéma výrobní linky je na *Obr. 3.6*. Na každé pozici je pojízdný vozík, který se v sekvencích posouvá. Zelená šipka označuje směr pojezdu vozíku. Karusel má pozice 040 až 045. Každá pozice se skládá z různých činností, které trvají různou dobu. Výchozím stavem bylo nerovnoměrné rozvržení času dílčích činností operátorů na lince. Někteří byli hotoví dříve a někteří později. Bylo třeba najít příčiny, které způsobovaly tento rozdíl a vybalancovat je tak, aby každý operátor prováděl sled činností stejně dlouhou dobu. Tyto příčiny jsou shrnuty v Ishikawa diagramu na *Obr. 3.7*. Ishikawa diagram zobrazuje příčiny, které se objevovaly na výrobní lince a zapříčiňovaly tak zpomalení výrobního procesu na dokončovací lince. Ishikawův diagram byl sestaven za pomoci brainstormingu s pracovníky IACG.



Obr. 3.6 Linka Karusel.



Obr. 3.7 Ishikawův diagram – zpomalování karuselu.

Mezi příčiny měření u Ishikawa diagramu bylo zařazeno standardizované měření, kdy i přesto, že měření bylo standardizované, variabilita komponentů byla různá. Dále nepřesnost jednotlivých měření. Měření je prováděno lidským faktorem a nikoliv strojním zařízením, může tedy dojít k odchylkám. Proto bylo provedeno několik měření, několika různými pracovníky. Mezi materiální příčiny, které zpomalovaly proces, byly zařazené kupované komponenty a jejich balení, které nebylo optimální, s čímž souvisí další příčina vzniku, a to velké množství odpadu, který se na pracovišti hromadil a musel být odstraňován. Příčinou zpomalování byla i zmetkovitost nakupovaných komponentů, některé komponenty při montáži praskaly.

Mezi nejkritičtější skupinu příčin lidé byla zařazena zručnost jednotlivých operátorů. I přesto, že byl proces standardizovaný a na každém pracovišti byl k dispozici pracovní postup, každému operátoru trvala činnost různou dobu. Další příčinou byla propozice operátorů. Výška operátorů, hlavně u žen, byla někdy překážkou. Operátorky menšího věku mají problém s dosáhnutím do boxů v supermarketu, které jsou ve výšce, naopak operátoři vyššího věku se museli příliš ohýbat pro komponenty v supermarketu, které byly u země. Bylo nutné volit kompromis mezi výškou karuselu a výškou boxů v supermarketu.

Mezi příčiny, které se týkají prostředí, se zařadil prostor u pozic, vzdálenost pozic od supermarketu a samotné rozvržení pracoviště. Mezi příčiny metod, automatický pojezd karuselu a naopak proti tomu rozjezd karuselu až po stlačení tlačítka a porovnání výhod a nevýhod těchto dvou metod. Mezi příčiny u stroje se řadilo zasekávání karuselu, nastavení pojezdu karuselu a závislost na předcházející pozici, pokud nebyla předchozí pozice dokončena, nemůže se provést pozice další.

3.3 Forma řešení

Jako první byl zmapován daný proces, rozepsány jednotlivé pozice na menší úkony a změřeny časy těchto operací. Níže jsou popsány jednotlivé pozice s činnostmi, které se na nich provádí.

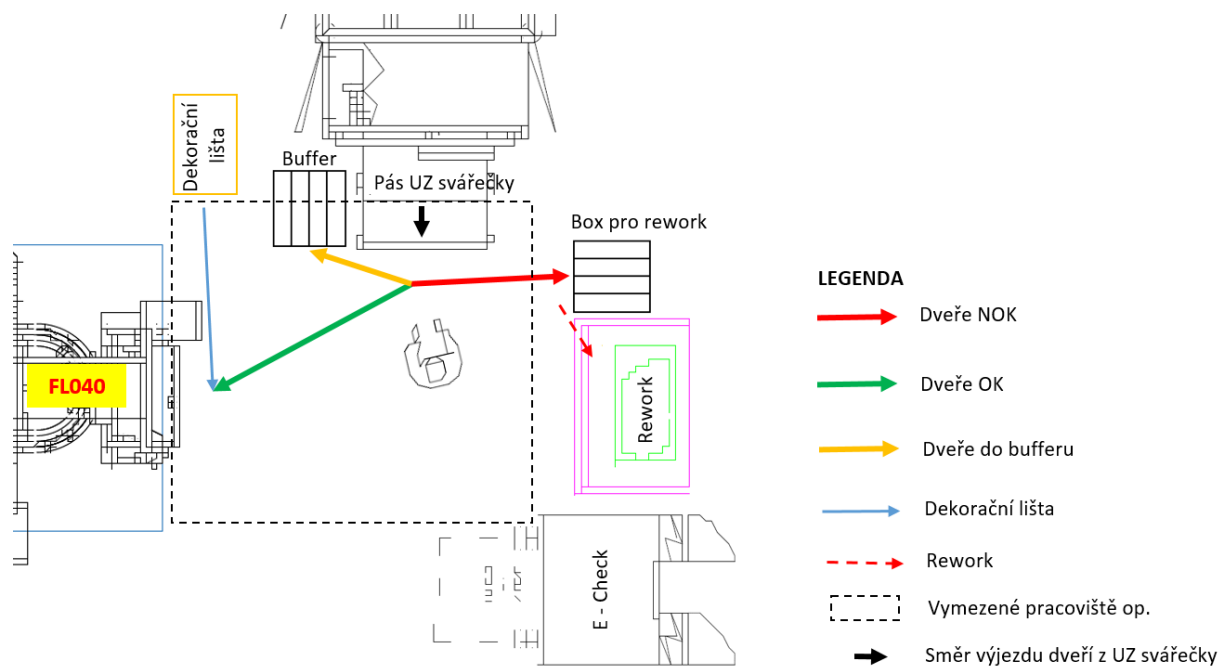
3.3.1 Rozpis činností na pozicích 040 – 045

Na každé pozici pracuje jeden operátor, který se řídí dle daného pracovního postupu. V pracovním postupu je popsáno, jak by měly být jednotlivé činnosti prováděny. S činnostmi 01_Pojezd karuselu, 02_Picking materiálu a 03_Montáž, nelze hýbat. Jsou pevně dány, dle rozložení materiálu v boxech, kterým se říká supermarket. Supermarket je založen na principu Pick by Light (v překladu následuj světlo). Pokud u komponentu svítí světlo, je potřeba pro montáž a operátor ho musí vybrat ze supermarketu. Každá pozice začíná činností 01_Pojezd karuselu, které je u pozic 040 – 045. Následuje činnost 02_Picking materiálu, která se vyskytuje u pozic 041 – 043. Další činností je 03_Montáž, která se může provádět jen na pozicích 041 – 043 a souvisí s činností 03_Picking materiálu. Níže jsou rozepsány jednotlivé pozice. Každý operátor po skončení činnosti zmáčkne tlačítko, čímž potvrzuje, že je hotov a karusel se může dát do pohybu. Karusel se rozjede až po tom, co jsou zmáčknuta všechna tlačítka na všech pozicích 040 – 045.

Pozice 040

Operátor na pozici 040, bere dveřní panel z karuselu a vkládá je do E-Checku. E-Check je zařízení pro kontrolu elektrického propojení komponent a na kontrolu správně namontovaných komponent. Poté bere dveřní panel z UZ svářečky (ultrazvuková svářečka) a vkládá je na volnou pozici 040. Předtím, než operátor vloží dveřní panel na pozici 040, musí zkontrolovat sváry po UZ svářečce. Pokud by sváry nebyly v pořádku, vloží dveřní panel do boxu na rework. Dveřní panel je vyhodnocen jako NOK, ale může být zpravidla opraven. Může nastat situace,

že na karuselu v pozici 040 již dveřní panel je. Neproběhl tedy ještě celý cyklus. V tomto případě vloží dveřní panel do druhého boxu, který slouží pro tvorbu zásoby tzv. bufferu. Po vložení dveřního panelu do karuselu na pozici 040, načte operátor čtečkou čárový kód, který je na dveřích a díky tomu zjistí, zda dveře budou obsahovat dekorační lištu, nebo ne. Dekorační lišta je přídatná ozdobná lišta. Pokud jsou požadavky zákazníka takové, že má obsahovat dekorační lištu, operátor ji dle požadavku na displeji vezme a načte čárový kód dekorační lišty. Pokud je vše v pořádku, „nacvakne“ ji na dveře. Práci na této pozici končí zmáčknutím tlačítka. Na Obr 3.8 je zobrazeno rozvržení pozice 040.



Obr. 3.8 Rozvržení pozice 040.

V Tabulce 3.1 jsou zaznamenány medián hodnoty, které byly naměřeny na pozici u činností na pozici 040.

Tabulka 3.1 Medián hodnoty činností v sekundách na pozici 040.

		Celkový čas	60
040	01_Pojezd karuselu		5
	Dveře z Karuselu do E-checku		15
	Dveře z UZ svářečky do Karuselu		15
	Montáž dekorační lišty		25

Pozice 041

Operátor na pozici 041 vykonává dvě činnosti. Jedna činnost je šroubování 10 šroubků do dekorační lišty. Druhá činnost je montování dvou komponent do vnitřku dveří. Operátor v 20% případech provádí pouze jednu činnost, a to montáž dvou komponent. To je dáno požadavky zákazníka, pokud není přítomna dekorační lišta. V *Tabulce 3.2* je vidět medián hodnoty naměřené na pozici 041. V *Tabulce 3.3* jsou naměřené hodnoty bez šroubování dekorační lišty.

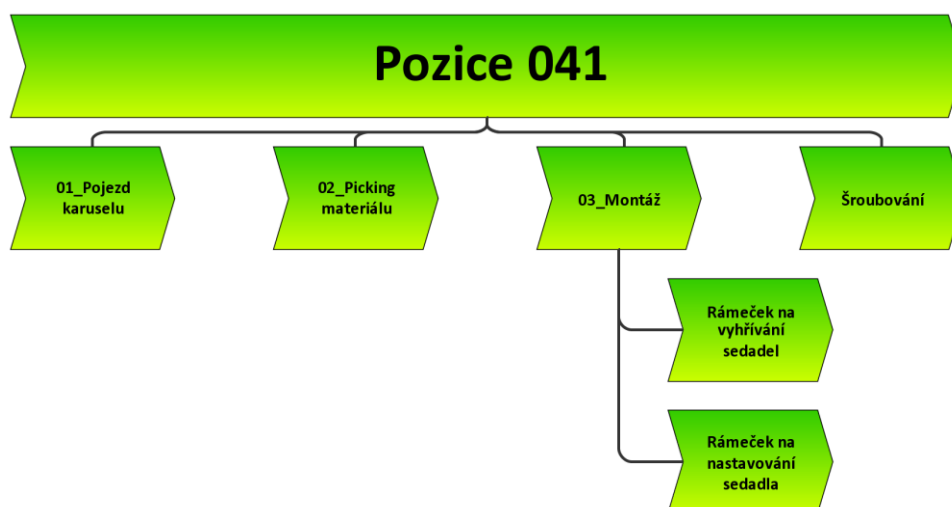
Tabulka 3.2 Medián hodnoty v sekundách při šroubování dekorační lišty na pozici 041.

		Celkový čas	68
041	01_Pojezd karuselu		5
	02_Picking materiálu		2
	Šroubování 10 šroubků - dekorační lišta		32
	03_Montáž		29
	Rámeček na vyhřívání sedadel		14
	Rámeček na nastavení sedadla		15

Tabulka 3.3 Medián hodnoty v sekundách bez šroubování dekorační lišty na pozici 041.

		Celkový čas	36
041	01_Pojezd karuselu		5
	02_Picking materiálu		2
	03_Montáž		29
	Montáž rámečku na vyhřívání sedadel		14
	Montáž rámečku na nastavení sedadla		15

Na *Obr. 3.9* je zobrazen model pozice 041.



Obr. 3.9 Model pozice 041.

Pozice 042

Operátor na pozici 042 provádí dvě činnosti. První činností je 02_Picking materiálu a druhou činností je 03_Montáž. Činnost 03_Montáž obsahuje 7 operací, které jsou rozčleněny do jednotlivých kroků. V *Tabulce 3.4* je soupis všech operací s časy obsažených v činnosti 03_Montáž.

Tabulka 3.4 Medián hodnoty v sekundách na pozici 042.

	Celkový čas	
		68
042	01_Pojezd karuselu	10
	02_Picking materiálu	13
	03_Montáž	45
	Crash klip	5
	Světelný vodič kliky	5
	Tlačítko zamčených dveří	5
	LED dioda	5
	Světelný vodič kliky	6
	Dveřní kapsa	5
	Krytka madla dveří	14

Pozice 043

Na pozici 043 jsou opět jako na předcházejících pozicích prováděné dvě činnosti, 02_Picking materiálu a 03_Montáž. Činnost 03_Montáž obsahuje 6 operací, které jsou opět rozdělené do kroků. *Tabulka 3.5* ukazuje jednotlivé činnosti a jejich časy, naměřené na pozici 043.

Tabulka 3.5 Medián hodnoty v sekundách na pozici 043.

	Celkový čas	
		57
043	01_Pojezd karuselu	10
	02_Picking materiálu	7
	03_Montáž	40
	LED dioda	5
	Ovladač vyhřívání sedadel	5
	Ovladač nastavení sedadel	5
	Ovládání oken	5
	Rámeček okolo tlačítek na okna	10
	Tlačítko v mappocket	10

Pozice 044

Na pozici 044 se provádí 3 činnosti. První činnost je montáž 5 klipů, druhá činnost je šroubování 3 šroubků a třetí činnost je šroubování 2 šroubků.

Tabulka 3.6 Medián hodnoty v sekundách na pozici 044.

044	Celkový čas	69
	01_Pojezd karuselu	10
	Nasazení 5 klipů	12
	Šroubování 3 šroubků	24
	Šroubování 2 šroubků	23

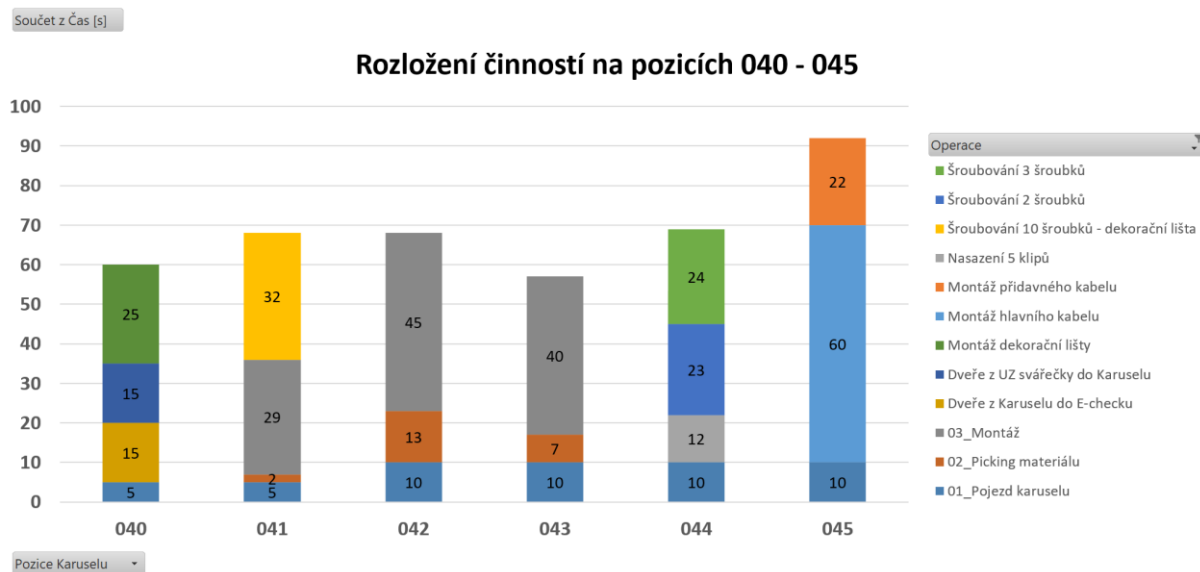
Pozice 045

Na pozici 045 se provádí činnost montáž kabelu. Na dveřích je jeden hlavní kabel a někdy může být přítomen také přídavný kabel. Opět podle požadavků zákazníka. Pokud je přítomen pouze jeden kabel, celkový čas činnosti je 70s. Pokud má operátor montovat i přídavný kabel, čas činnosti se zvýší na 92s.

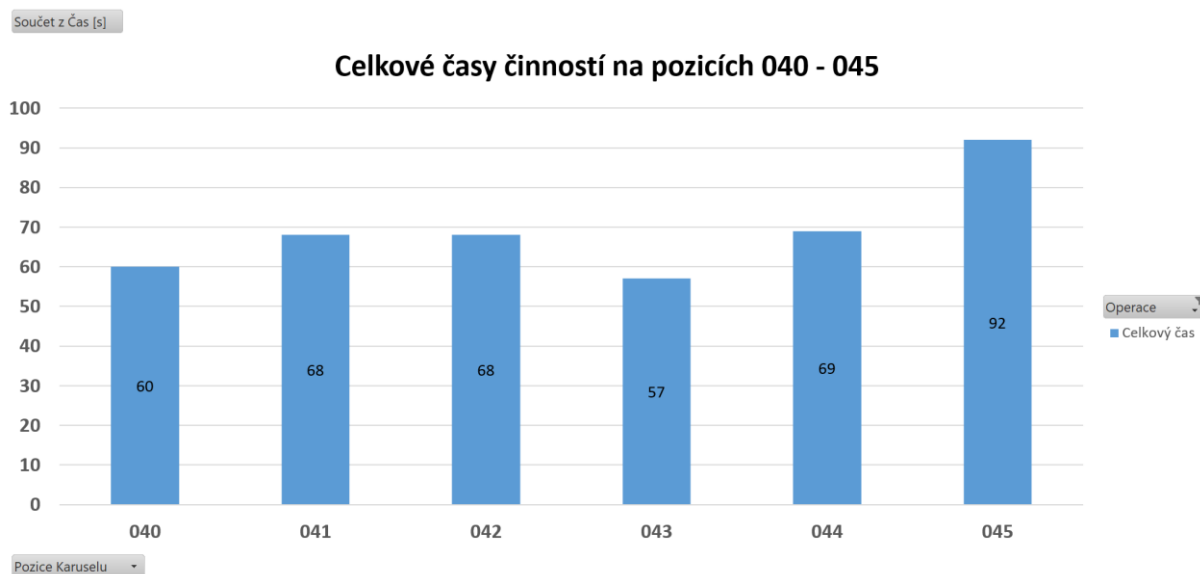
Tabulka 3.7 Medián hodnoty v sekundách na pozici 045.

045	Celkový čas	92
	01_Pojezd karuselu	10
	Montáž jednoho kabelu	60
	Montáž přídavného kabelu	22

Graf 3.1 zobrazuje rozložení činností na pozici 041 až 045, u kterých je nutno provést vybalancování. Graf 3.2 ukazuje celkové časy činností na jednotlivých pozicích.



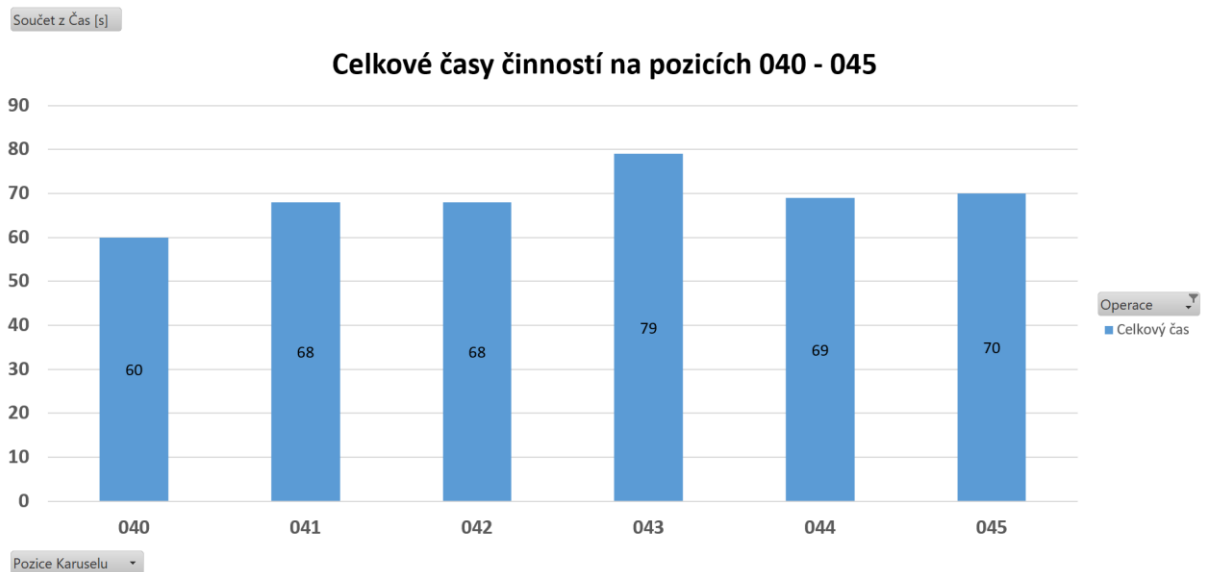
Graf 3.1 Časy jednotlivých činností na pozicích 040 - 045.



Graf 3.2 Celkové časy činností na pozicích 040 - 045.

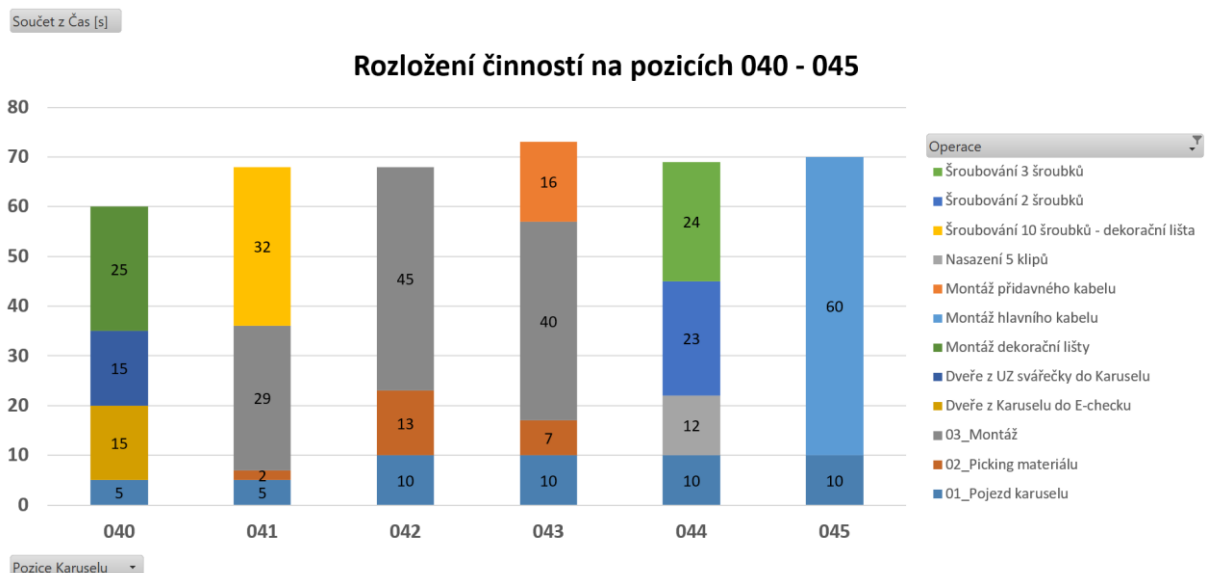
3.3.2 Postup řešení

Z naměřených dat byla zjištěna časová náročnost činností na pozici 045. Na této pozici pracuje operátor 92s, průměrné časy na ostatních pozicích se pohybují kolem 64s. Bylo tedy nutné efektivním způsobem ulehčit práci na pozici 045. Montáž přídatného kabelu z pozice 045 byla přesunuta na pozici 043. Dle teoretických výpočtů by měla činnost na pozici 043 trvat 79s. Graf 3.3 zobrazuje celkové teoretické časy při přesunutí činnosti montáž přídatného kabelu.

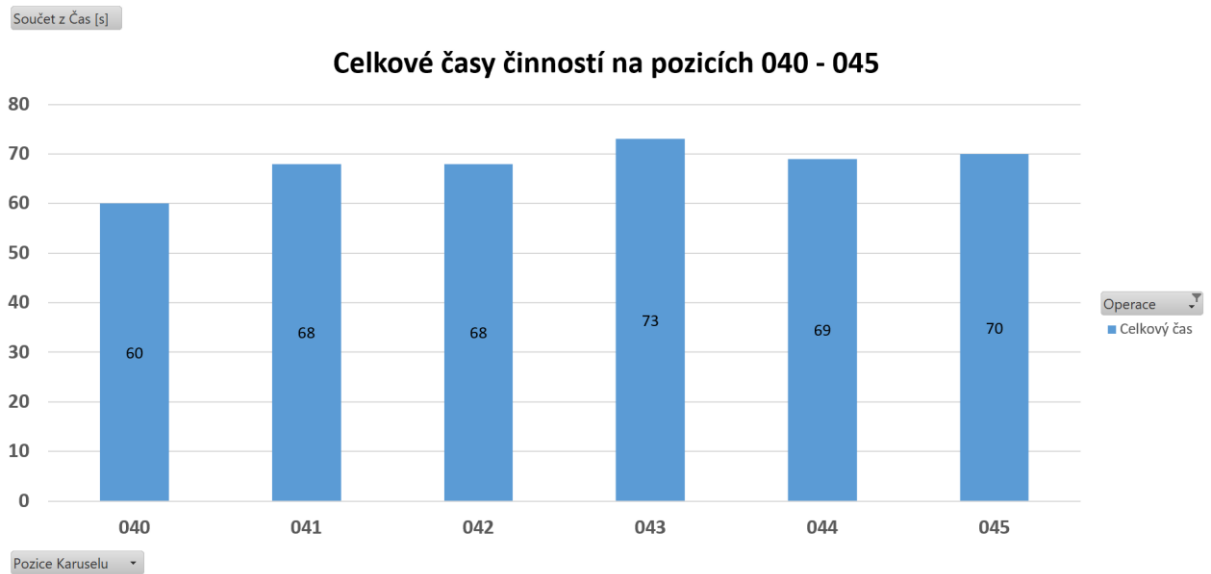


Graf 3.3 Celkové časy na pozicích 040 – 045 po optimalizaci – teoretické časy.

Po přesunutí činnosti montáže přídatného kabelu na pozici 043 bylo provedeno opět měření činnosti montáže kabelu, která nyní netrvala 22s jak bylo předpokládáno, ale pouze 16s. To bylo způsobené díky systému Pick by Light v supermarketu. Přídatný kabel se již dále nemusel načítat pomocí čárového kódu, jak tomu bylo na předešlé pozici 045, nýbrž byl vybrán dle světelné indikace. Graf 3.4 ukazuje časy činností na pozicích 040 – 045 po optimalizaci procesů. Graf 3.5 zobrazuje finální celkové časy.



Graf 3.4 Časy jednotlivých činností na pozicích 040 – 045 po optimalizaci – reálné časy.



Graf 3.5 Celkové časy na pozicích 040 – 045 po optimalizaci – reálné časy.

3.3.3 Průběh implementace řešení

Implementace změny byla naplánována během noční směny, kdy se na lince nepracovalo. Změna musela proběhnout nejen na pracovišti, kde byla do supermarketu přidána položka přídatný kabel, nýbrž také v IT systému, kvůli nastavení systému Pick by Light. Změna byla před implementací diskutována s operátory, kteří by tuto změnu přivítali. Dále se musel upravit pracovní postup a proškolit zainteresované osoby na pozicích 043 a 045.

3.3.4 Závěr

Provedení změny se týkalo činnosti montáže přídatného kabelu na pozici 045. Tato činnost byla přesunuta na pozici 043. Čas na pozici 045 se zkrátil z 92s na 70s. Čas činností na pozici 043 se prodloužil z 57s na 73s. Tato změna byla stále přijatelná. Cyklus čas karuselu se zlepšil o 19s. Změna byla před implementací probrána s operátory, kteří pracovali na pozicích 043 a 045.

Došlo však ke komunikačnímu šumu mezi vlastníkem procesu a IT personálem a změna proběhla ještě tentýž den pouze v IT systému. Vlastník procesu byl přesvědčen o tom, že změna proběhne až následující den, při noční směně, bude tedy dostatek času během dne na provedení fyzické změny v supermarketu. IT pracovník změnu však implementoval ještě ten den během noční směny, kdy se na této lince nepracovalo. Při příchodu operátorů na ranní směnu a po pojezdu Karuselu do pozice 043 systém hlásil chybějící komponent, který nebyl fyzicky zavedený v supermarketu. Změna ještě neproběhla fyzicky, ale pouze v IT systému. Po

příchodu vlastníka procesu se vše vyjasnilo a byla zřízena náprava, došlo však k dvouhodinovému zdržení na lince.

Tato změna byla použita i na další dokončovací výrobní linky. Implementace na této výrobní dokončovací lince LP byla nejtěžší z důvodu výskytu mnohem komplikovanějších činností než na ostatních výrobních dokončovacích linkách.

4 Doporučení pro praxi

Tato kapitola navazuje na výsledky z předešlé kapitoly a zabývá se návrhy na zlepšení, které by pomohly k optimalizaci výrobního procesu.

4.1 Návrhy zlepšení na výrobní lince

Na výrobní lince u supermarketů, které jsou u operací 041 až 043 dochází k velké produkci odpadu. Do supermarketů jsou dodávány bedny, které jsou zavřené a nevybalené. Operátor si tedy musí tyto bedny sám otevřít a po jejich spotřebování i sám uklidit. Navrhl bych, aby tyto bedny rozbalovali už skladníci, kteří bedny do supermarketů doplňují. Dále bych přehodnotil balení jednotlivých komponent a diskutoval bych s dodavateli, zda by nebyla možnost lépe balit komponenty, aby nedocházelo k produkci odpadu v takové míře. Vlastním pozorováním bylo zjištěno, že určité komponenty jsou baleny nevhodně a operátor ztrácí čas jejich zdlouhavým vybalováním. Tato řešení jsou spíše dlouhodobého hlediska. Z krátkodobého hlediska by stačilo přidání odpadkového koše ke každé pozici, aby bylo možné odpad, který vznikne po vybalení komponentů, separátně uložit do vyhrazeného prostoru.

Dalším návrhem na zlepšení je přidání magnetických nebo nacvakávacích štítků k jednotlivým pozicím v supermarketu. V supermarketu se často dělají změny a nalepovací kódy a popisky se musí sloupávat a opětovně nalepovat. Při aplikaci magnetického nebo nacvakávacího štítku by se ulehčila práce s přendáváním jednotlivých komponentů v supermarketu.

Operátoři mají na každé pozici 040 až 045 dotykový displej, který jim ukazuje počet a druh komponenty, kterou mají montovat. Zlepšil bych vizuální stránku displeje a přidal bych obrázky a pracovní postupy. Zimplementoval bych do těchto displejů, aby ukazovaly i pracovní postupy a návody. Pracovní postupy jsou momentálně na nástěnce, která zabírá na pracovišti místo a v některých případech je i daleko od pracovní pozice, nebo je zakrytá samotným dotykovým displejem. Pokud by byl pracovní postup přímo implementován v displeji, bylo by to mnohem přínosnější z hlediska přehlednosti pro operátora a i vizuálně by pracoviště vypadalo lépe.

Tato optimalizace je založena na soutěživosti na pracovišti. Na displeji by byly vidět všechny časy na pozicích 040 až 045 do zmáčknutí tlačítka. Operátoři by si mohli udělat přehled

o tom, jak jsou na tom ostatní kolegové. Vedlo by to k soutěživosti a ke zrychlení operátorů. Z těchto dat by se pak mohlo vycházet při udělování polyvalence operátorům a k jejich osobnímu hodnocení. V první řadě by se ale muselo stále dbát na kvalitu, která je na prvním místě.

4.1.1 Návrh zlepšení na pozici 041

Pokud operátor vykonává na pozici 041 pouze jednu činnost tj. montáž dvou komponent trvající 36s, má prostor pro vynesení odpadkového koše zmíněného v předešlém návrhu. Toto zlepšení by vedlo k odstranění času na pozici 041, který nepřidává přidanou hodnotu, tzv. mrtvý čas.

4.1.2 Návrh zlepšení na pozici 040 – 45

Na karuselu na jednotlivých pozicích je krabice se šroubky, které se na určitých pozicích šroubují. Krabice se posunuje společně s karuselem. Tyto šroubky jsou nyní umístěny v krabici, z které není moc dobře vidět, kolik šroubků si operátor vybírá. Navrhl bych, aby se šroubky dávkovaly samy, tudíž by operátoři nemuseli přepočítávat, kolik šroubků si vzali a nemuseli je vracet, nebo si přibírat. Toto zlepšení by vedlo k ušetření času.

Závěr

Cílem této práce bylo popsat optimalizační a modelovací metody a zpracovat případovou studii, která se zabývá modelováním a optimalizací výrobních procesu na dokončovací lince dveřních panelů do osobních automobilů s cílem dosažení co nejlepšího času výroby. Jako první byla zpracována teorie, kterou jsem poté použil v praktické části práce. Praktická část práce se týká případové studie, která byla zpracována ve firmě IACG v Přešticích, která se zabývá výrobou dveřních panelů do osobních automobilů. V případové studii je zpracován Line Balancing a jsou řešeny časy činností na jednotlivých pozicích.

Jako první jsem si zmapoval daný proces. Pro lepší vizualizaci a porozumění procesu jsem před optimalizací vymodeloval celou řadu procesních modelů, na základě kterých bylo možné procesy optimalizovat a vybalancovat tak výrobní linku. Nejprve jsem zpracoval model celkového procesu a pak jeho dílčí části, až na samotnou jednu pozici zobrazenou na *Obr. 3.9*. Tyto modely by měly sloužit pro lepší zapracování do výrobního procesu a pro lepší vizualizaci porozumění nejen nově příchozím operátorům, ale i vedoucím pracovníkům. Sestavil jsem soupis činností na jednotlivých pozicích, který je uveden v *kapitole 3.3.1*. Tyto činnosti byly postupně změřeny a zapsány do tabulky. Z naměřených hodnot byly použity medián hodnoty, aby se lépe vizualizovala skutečnost na jednotlivých pozicích. Z těchto hodnot jsem sestrojil *graf 3.1*, který ukazoval časy činností na pozicích 040 – 045. Z grafu byla vidět časová náročnost pozice 045, která byla 92s, oproti průměrným časům činností na ostatních pozicích, které trvaly 64s. Činnost montáže přídatného kabelu byla přesunuta z pozice 045 na pozici 043, na které operátor pracoval 57s.

Po implementování změny na pozici 043, byl teoretický čas 79s, to se však po přeměření změnilo a dosáhlo se času 62s. Důvodem bylo zjednodušení činnosti, operátorovi odpadla operace skenování kabelu čtečkou kódu, operátor nyní vybíral kabel dle Pick by Light indikace. Tabulky a grafy jsou automatizované, aby šly kdykoliv použít, pokud proběhne v procesu změna.

Velmi důležité je informovat o změně všechny zainteresované osoby. Je nutné dbát na to, aby se informace přenesla od odesílatele k příjemci a příjemce potvrdil porozumění informace a nedošlo k takzvanému komunikačnímu šumu. V tomto případě došlo ke komunikačnímu šumu mezi vlastníkem procesu a IT pracovníkem. IT pracovník provedl změnu už ten den,

vlastník procesu měl ale za to, že změna proběhne až příští den při noční směně, aby byl dostatek času na proškolení všech zainteresovaných osob a na fyzickou změnu v supermarketu.

Závěrem jsou v práci zmíněná další doporučení na optimalizaci výrobního procesu dokončovacích linek. Komunikace je základem úspěšného fungování procesu. Je třeba, aby se vedoucí pracovníci ptali operátorů na to, co jim nevyhovuje a co by se dalo zlepšit. Nápady, které jsou dělány od stolu, nemusí být v praxi vždy nejlepší řešení, na rozdíl od nápadů operátorů, kteří se na dané výrobní pozici pohybují většinu pracovního času.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] HANKE, Michael. Procesy a ISO 9000:2000. *SystemOnLine* [online]. ©2012 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/procesy-a-iso-9000-2000.htm>
- [2] SKOČIL, Vlastimil. Řízení procesů v elektrotechnice. *Courseware* [online]. Plzeň, Západočeská univerzita, 2016 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/et/rip/prednasky.html>
- [3] Řízení procesů (Process Management). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2018, 30.12.2016 [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/rizeni-procesu>
- [4] *Systémy integrovaného managementu* [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: https://www.fi.muni.cz/~hrebicek/ims/sim_text.htm
- [5] POKORNÁ, Olga. *Srovnání funkčního a procesního přístupu k řízení organizace* [online]. 2016 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/246509-Srovnani-funkcniho-a-procesniho-pristupu-k-rizeni-organizace.html>
- [6] PEKÁRKOVÁ, Lucie. *Techniky modelování a optimalizace podnikových procesů*. Brno, 2007. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
- [7] BASL, Josef, Miroslav TŮMA a Vít GLASL. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2002. ISBN 80-7082-936-2.
- [8] HAMMER, Michael a James CHAMPY. *Reengineering - radikální proměna firmy: manifest revoluce v podnikání*. 3. vyd. Praha: Management Press, 2000. ISBN 80-7261-028-7.
- [9] ŘEPA, Václav. *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2007. Management v informační společnosti. ISBN 978-80-247-2252-8.
- [10] KOUDELKOVÁ, Andrea. *Procesní model organizace*. Pardubice, 2007. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Fakulta ekonomicko-správní.
- [11] *Systémy integrovaného managementu* [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: https://www.fi.muni.cz/~hrebicek/ims/sim_text.htm
- [12] *Statistická regulace procesů (SPC): příručka*. 2. vyd. Přeložil Jiří MICHÁLEK. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-02-01810-9.
- [13] BABOVÁK, Jan. *Procesní model organizace*. Plzeň, 2015. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická.
- [14] Optimalizace firemních procesů. *Contrust* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.contrust.cz/nase-nabidka/strategicke-rizeni-a-management/optimalizace-firemni-procesu/>

- [15] WIKIPEDIA, contributors. Flowchart. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Flowchart&oldid=841433948>
- [16] Vývojový diagram (Flow chart). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2018, 11.05.2017 [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://management-mania.com/cs/vyvojovy-diagram-flow-chart>
- [17] ČSN ISO 5807 (369011) [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: http://www.technicke-normy-csn.cz/369011-csn-iso-5807_4_18290.html
- [18] LÉVAY, Radek. Vývojové diagramy. *Ikvalita* [online]. ©2005-2016 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=25>
- [19] TŮMOVÁ, Olga a Dušan PIRICH. *Nástroje řízení jakosti a základy technické diagnostiky*. V Plzni: Západočeská univerzita v Plzni, 2003. ISBN 80-7043-247-0.
- [20] STŘELEČEK, Jiří. Mapa procesů. *VlastniCesta* [online]. 23.07.2012 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/mapa-procesu/>
- [21] KOŘÍNEK, Tomáš. *Notace modelování procesů: BPMN a EPC, jejich srovnání a ilustrace na příkladu z praxe*. Praha, 2010. Bakalářská práce. Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta informatiky a statistiky.
- [22] VAŠÍČEK, Petr. *Úvod do BPMN* [online]. © 2003-2008 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://bpm-sme.blogspot.cz/2008/03/3-uvod-do-bpmn.html>
- [23] WIKIPEDIA, contributors. ARIS Express. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=ARIS_Express&oldid=762498169
- [24] WIKIPEDIA, contributors. Architecture of Integrated Information Systems. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Architecture_of_Integrated_Information_Systems&oldid=814144871
- [25] Event-driven process chain (EPC). *ArisCommunity* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.ariscommunity.com/event-driven-process-chain>
- [26] ŘEŘIČKA, Tomáš. Řízení procesů v elektrotechnice. *Courseware* [online]. Plzeň, Západočeská univerzita, 2016 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/ket/rip/cviceni.html>
- [27] WIKIPEDIA, contributors. Event-driven process chain. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Event-driven_process_chain&oldid=832415088

- [28] Metody síťové analýzy. In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2018, 10.10.2015 [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/metody-sitove-analyzy>
- [29] Metoda kritické cesty - CPM (Critical Path Method). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2018, 20.05.2016 [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/metoda-cpm>
- [30] Metoda PERT (Program Evaluation and Review Technique). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2018, 20.05.2016 [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/metoda-pert>
- [31] Lean. In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2018, 22.07.2015 [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/lean>
- [32] WIKIPEDIA, contributors. Lean manufacturing. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lean_manufacturing&oldid=834008214
- [33] NETOLICKÝ, Petr. Řízení jakosti a technická diagnostika. *Courseware* [online]. Plzeň, Západočeská univerzita, 2017 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/ke/rjtd/cviceni.html>
- [34] Plýtvání. *SvetProduktivity* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-plytvani.htm>
- [35] YAKYMA, Alex. Tool: Poka-Yoke Adoption. *OrgMindset* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://orgmindset.com/tool-poka-yoke-adoption/>
- [36] What is 5S. *Quality-One* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://quality-one.com/5s/#What>
- [37] WIKIPEDIA, contributors. 5S (methodology). *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=5S_\(methodology\)&oldid=838869035](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=5S_(methodology)&oldid=838869035)
- [38] Kaizen. In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2018, 29.10.2015 [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/kaizen>
- [39] WIKIPEDIA, contributors. Kaizen. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Kaizen&oldid=841492276>
- [40] WIKIPEDIA, contributors. Takt time. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Takt_time&oldid=834427331

- [41] Takt Time vs Cycle Time vs Lead Time. *Toggl* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://toggl.com/takt-time-cycle-time-lead-time/>
- [42] Cycle Time. *ISixSigma* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.isixsigma.com/dictionary/cycle-time/>
- [43] Symfonie v šedesátisekundovém taktu. *TechnickyTydenik* [online]. 2006 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/symfonie-v-sedesatisekundovem-taktu-jak-se-potkaly-volant-z-nemecka-a-prevodovka-z-argentin-y-v-mlade-boleslavi_14485.html
- [44] Továrna žije podle taktu. *Magazin.e15* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://magazin.e15.cz/regiony/tovarna-zije-podle-taktu-kazdou-minutu-z-pasu-sjede-fabia-847053>
- [45] WIKIPEDIA, contributors. Single-minute exchange of die. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Single-minute_exchange_of_die&oldid=825511084
- [46] SMED. *LeansixSigmaDefinition* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://leansixsigmadefinition.com/glossary/smed/>
- [47] SMED (Single-Minute Exchange of Dies). *LeanProduction* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://www.leanproduction.com/smed.html>
- [48] Co je SIX SIGMA. *Sixsigma-Iq* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.sixsigma-iq.cz/cojesixsigma.aspx>
- [49] WIKIPEDIA, contributors. Six Sigma. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Six_Sigma&oldid=841240755
- [50] GRAVES, ALLEN. What is DMADV?. *SixSigmaDaily* [online]. 10.12.2012 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.sixsigmadaily.com/what-is-dmadv/>
- [51] DMAIC - Model řízení Six Sigma projektu. *SvetProduktivity* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/DMAIC-Model-rizeni-Six-Sigma-projektu.htm>
- [52] DMAIC - cyklus zlepšování (Improvement Cycle). In: *ManagementMania.com* [online]. Wilmington (DE) 2011-2018, 22.06.2016 [cit. 16.05.2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cyklus-zlepsovani>
- [53] STŘELEČ, Jiří. DMAIC metoda. *VlastniCesta* [online]. 23.04.2012 [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/dmaic-metoda-1/>
- [54] WIKIPEDIA, contributors. DMAIC. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=DMAIC&oldid=780531930>

Seznam tabulek

TABULKA 3.1 MEDIÁN HODNOTY ČINNOSTÍ V SEKUNDÁCH NA POZICI 040.....	42
TABULKA 3.2 MEDIÁN HODNOTY V SEKUNDÁCH PŘI ŠROUBOVÁNÍ DEKORAČNÍ LIŠTY NA POZICI 041.....	43
TABULKA 3.3 MEDIÁN HODNOTY V SEKUNDÁCH BEZ ŠROUBOVÁNÍ DEKORAČNÍ LIŠTY NA POZICI 041.....	43
TABULKA 3.4 MEDIÁN HODNOTY V SEKUNDÁCH NA POZICI 042.....	44
TABULKA 3.5 MEDIÁN HODNOTY V SEKUNDÁCH NA POZICI 043.....	44
TABULKA 3.6 MEDIÁN HODNOTY V SEKUNDÁCH NA POZICI 044.....	45
TABULKA 3.7 MEDIÁN HODNOTY V SEKUNDÁCH NA POZICI 045.....	45

Seznam obrázků

OBR. 1.1 FUNKČNÍ PŘÍSTUP ŘÍZENÍ. [4]	11
OBR. 1.2 PROCESNÍ ZPŮSOB ŘÍZENÍ. [5]	12
OBR. 1.3 ZÁKLADNÍ SCHÉMA MODELU PROCESU. [2], [7], [10]	13
OBR. 1.4 ROZPAD PROCESU. [7]	15
OBR. 1.5 PROCESNÍ MODEL ORGANIZACE. [2]	17
OBR. 1.6 SHRNUTÍ TŘECH PROCESŮ DLE KLÍČOVOSTI. [2], [6]	17
OBR. 1.7 ŽIVOTNÍ CYKLUS PROCESU. [7]	19
OBR. 2.1 MODEL TVORBY PŘIDANÉ HODNOTY	25
OBR. 2.2 MODEL ORGANIGRAMU	25
OBR. 2.3 MODEL EEPK	25
OBR. 2.4 PŘÍKLAD CPM.	26
OBR. 2.5 PŘÍKLAD PERT	27
OBR. 2.6 ROVNICE NÁKLADY + ZISK = CENA. [33]	29
OBR. 2.7 ROVNICE CENA – NÁKLADY = ZISK. [33]	29
OBR. 2.8 PŘÍKLADY METOD, NÁSTROJŮ A PRINCIPŮ ŠTÍHLÉ VÝROBY	30
OBR. 2.9 PŘÍKLAD POUŽITÍ KONCEPTU POKA-YOKE U KONEKTORŮ. [35]	30
OBR. 2.10 DMAIC CYKLUS	34
OBR. 3.1 DVEŘNÍ PANELY U OSOBNÍHO AUTOMOBILU.	35
OBR. 3.2 ORGANIZAČNÍ DIAGRAM VÝROBNÍHO ZÁVODU PŘEŠTICE 2.	36
OBR. 3.3 PROCESNÍ MODEL ORGANIZACE.	36
OBR. 3.4 CELKOVÝ PROCES VÝROBY DVEŘNÍCH PANELŮ.	37
OBR. 3.5 PROCES VÝROBY DOKONČOVACÍ LINKY LP.	38
OBR. 3.6 LINKA KARUSEL.	39
OBR. 3.7 ISHIKAWŮV DIAGRAM – ZPOMALO VÁNÍ KARUSELU.	40
OBR. 3.8 ROZVRŽENÍ POZICE 040.	42
OBR. 3.9 MODEL POZICE 041	43

Seznam grafů

GRAF 3.1 ČASY JEDNOTLIVÝCH ČINNOSTÍ NA POZICÍCH 040 - 045.....	46
GRAF 3.2 CELKOVÉ ČASY ČINNOSTÍ NA POZICÍCH 040 - 045.....	46
GRAF 3.3 CELKOVÉ ČASY NA POZICÍCH 040 – 045 PO OPTIMALIZACI – TEORETICKÉ ČASY.	47
GRAF 3.4 ČASY JEDNOTLIVÝCH ČINNOSTÍ NA POZICÍCH 040 – 045 PO OPTIMALIZACI – REÁLNÉ ČASY.....	47
GRAF 3.5 CELKOVÉ ČASY NA POZICÍCH 040 – 045 PO OPTIMALIZACI – REÁLNÉ ČASY.	48