

Analýza výrobního procesu a návrh opatření ve vybrané společnosti

David Tecl

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav logistiky

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: David Tecl
Osobní číslo: L21122
Studijní program: B1041P040003 Aplikovaná logistika
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Analýza výrobního procesu a návrh opatření ve vybrané společnosti

Zásady pro vypracování

- Zpracujte literární rešerši vztahující se k dané problematice.
- Provedte analýzu výrobního procesu ve vybrané společnosti.
- Na základě analýzy navrhnete vhodná opatření.

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

Seznam doporučené literatury:

1. DUFFY, Grace L. a FURTERER, Sandra L. *The ASQ certified quality improvement associate handbook*. Fourth edition. Wisconsin: Quality Press, 2020. ISBN 978-1-951058-12-8.
2. NEUBAUER, Jiří; SEDLAČÍK, Marek a KRÍŽ, Oldřich. *Základy statistiky: aplikace v technických a ekonomických oborech*. 3., rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-3421-2.
3. SCHNIEDERJANS, Marc J.; SCHNIEDERJANS, Dara G.; CAO, Ray Qing a GU, Vicky Ching. *Topics in lean supply chain management*. Second edition. New Jersey: World Scientific, 2018. ISBN 978-981-322-992-1.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucí bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tereza Bartošová**
Ústav logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. května 2024**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 4. prosince 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti, dne: 3. 5. 2024

Jméno a příjmení studenta: David Tecl

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Teoretická část této bakalářské práce se zabývá výrobou a jejím dělením, mapováním procesů a vybranými nástroji, statistickými metodami, konkrétně testy závislosti dvou proměnných, a koncepty zlepšování procesů. Praktická část vychází z poznatků z teoretické části práce a zabývá se vybraným výrobním procesem ve vybrané společnosti. Uvádí stručný popis společnosti, vývojový diagram vybraného procesu, analýzu doby výroby produktu a výskytu problémů při jeho výrobě, prokázání závislosti stanovených proměnných pomocí Fisherova exaktního testu. Na základě výsledků testu jsou navrženy patřičná opatření.

Klíčová slova: výroba, analýza procesu, vývojový diagram, kontrolní tabulka, Fisherův exaktní test

ABSTRACT

The theoretical part of this bachelor thesis deals with production and its classification, process mapping and selected tools, statistical methods, specifically tests of dependence of two variables, and concepts of process improvement. The practical part is based on the knowledge from the theoretical part of the thesis and deals with a selected manufacturing process in a selected company. It provides a brief description of the company, a flow chart of the selected process, an analysis of the product production time and the occurrence of problems in its production, and the demonstration of the dependence of the specified variables using Fisher's exact test. Based on the test results, appropriate measures are suggested.

Keywords: production, process analysis, flow chart, checksheet, Fisher's exact test

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Tereze Bartošové za cenné rady, které mi během psaní práce poskytla, pomoc a vynaložený čas.

Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi při psaní práce poskytli rady a podpořili mě.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VÝROBA	11
1.1 DĚLENÍ VÝROBY	12
1.2 DRUHY PROCESŮ VÝROBY	15
1.3 TYPY USPOŘÁDÁNÍ VÝROBY	16
2 MAPOVÁNÍ PROCESU	18
2.1 VÝVOJOVÝ DIAGRAM	18
2.2 KONTROLNÍ TABULKA	20
3 STATISTICKÉ METODY	21
3.1 INTERVALOVÉ ROZDĚLENÍ ČETNOSTI.....	22
3.2 PEARSONŮV KORELAČNÍ KOEFICIENT	22
3.3 TEST NEZÁVISLOSTI CHÍ-KVADRÁT	23
3.4 FISHERŮV EXAKTNÍ TEST	24
4 KONCEPTY ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ	27
4.1 ŠTÍHLÁ VÝROBA	27
4.1.1 5S.....	27
4.1.2 Kaizen	28
4.2 SIX SIGMA.....	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
5 PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ SPOLEČNOSTI	31
5.1 VYRÁBĚNÉ MODEL Y LETADEL.....	31
5.2 VÝVOJ ZÁKLADNÍCH UKAZATELŮ SPOLEČNOSTI	32
5.3 PROCESNÍ MAPA SPOLEČNOSTI	34
6 CHARAKTERISTIKA PROCESU MONTÁŽE LETADEL	37
6.1 MONTÁŽ PŘED LAKEM.....	38
6.2 MONTÁŽ PO LAKU	39
7 ANALÝZA PROCESU MONTÁŽE LETADLA	40
7.1 ANALÝZA ČASOVÉ NÁROČNOSTI MONTÁŽE LETADEL	40
7.2 ANALÝZA PROBLÉMŮ MONTÁŽE LETADEL.....	41
8 PROKÁZÁNÍ ZÁVISLOSTI DOBY MONTÁŽE A VÝSKYTU PROBLÉMŮ	45
8.1 STANOVENÍ STATISTICKÝCH HYPOTÉZ	46
8.1.1 Testování hypotézy H1	47

8.1.2	Testování hypotézy H2	48
8.1.3	Testování hypotézy H3	48
8.1.4	Testování hypotézy H4	49
8.1.5	Shrnutí provedených statistických testů.....	50
9	NÁVRH OPATŘENÍ U PROBLÉMŮ S POZITIVNÍM VZTAHEM	53
9.1	PROBLÉM S NAKUPOVANÝMI DÍLY	53
9.2	NEDOSTATKY V KONSTRUKCI LETADLA	54
	ZÁVĚR	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	56
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
	SEZNAM TABULEK.....	61
	SEZNAM PŘÍLOH.....	62

ÚVOD

Výroba hraje klíčovou roli v moderní ekonomice a její efektivita ovlivňuje konkurenceschopnost firem i celých národních hospodářství. V souvislosti s rostoucím tlakem na optimalizaci procesů a dosahování maximální produktivity se problematika zefektivňování výroby stává čím dál aktuálnější. Tato bakalářská práce se zaměřuje na oblast mapování procesů a statistických metod pro analýzu a zlepšování výroby, čímž přispívá k hlubšímu pochopení faktorů ovlivňujících efektivitu výrobních procesů.

Hlavním cílem této práce je navrhnout vhodná opatření vedoucí ke snížení výskytu problémů, a tedy k jeho zefektivnění. Dalším cílem je analyzovat vybraný výrobní proces ve vybrané společnosti a provést vhodnou literární rešerši k danému tématu práce.

V rámci teoretické části práce se zaměříme na výrobu, její definici a kategorizaci výroby z hlediska výrobních procesů a uspořádání výrobního vybavení. Dále se tato část zabývá mapováním procesu a vybranými nástroji, které je možné při mapování využít. Důležité je také popsat statistické metody a uvést konkrétní statistické testy, které jsou vhodné pro prokázání závislosti dvou proměnných. Následně jsou uvedeny základní koncepty zlepšování výroby, které napomáhají ke zvýšení efektivitu výroby. Mezi tyto koncepty se řadí například štíhlá výroba a Six Sigma.

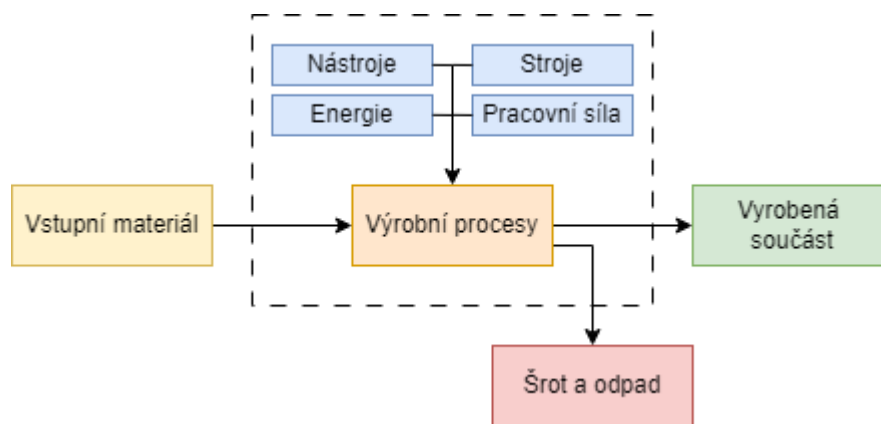
Praktická část vychází z poznatků z teoretické části práce a zabývá se vybraným výrobním procesem ve vybrané společnosti. Na začátku praktické části je uveden stručný popis společnosti, vývoj základních ukazatelů společnosti a její procesní mapa. Dále je na základě revize interní dokumentace a pozorování vybraný proces zmapován a sestaven vývojový diagram procesu. Následně je provedena analýza časové náročnosti výroby produktu a analýza výskytu problémů, které byly po konzultacích se zkušenými pracovníky kategorizovány do čtyř kategorií. Data o výskytu problémů stanovených kategorií jsou sbírána pomocí kontrolních tabulek. Poté je provedeno statistické testování závislosti doby výroby na výskytu jednotlivých kategorií problému. Poslední kapitola navrhuje vhodná opatření pro snížení četnosti výskytu problémů s pozitivním výsledkem závislosti.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na analýzu a optimalizaci vybraného výrobního procesu ve vybrané společnosti. Věřím, že dosažené výsledky a navržená opatření povedou k zefektivnění výroby a přinesou společnosti ekonomické i neekonomické benefity.

I. TEORETICKÁ ČÁST

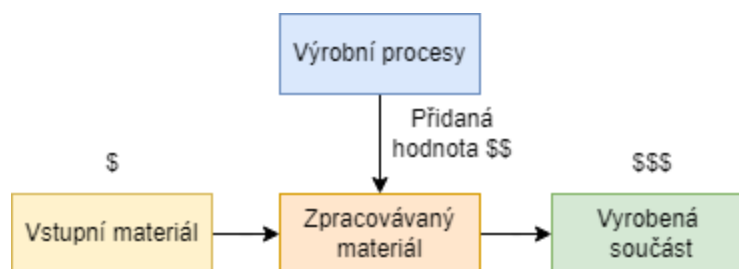
1 VÝROBA

Výrobu lze zachytit dvěma úhly pohledu, a to z technologického a ekonomického úhlu pohledu. Výrobu lze z technologického pohledu považovat za procesy a aplikace fyzických a chemických úprav, jež ovlivňují geometrii, vlastnosti materiálu a jeho vzhled v závislosti na vstupním materiálu. Procesy zajišťující technologickou výrobu zahrnují kombinaci nástrojů, strojů, energie a pracovní síly, kde výstupem je vyrobená součást, jež může být tvořena z vícero dílů. Složením takové součásti do jednoho celku vzniká produkt. Na obrázku 1 je znázorněn technologický proces výroby (Groover, 2020).



Obrázek 1 Technologický proces výroby (Groover, 2020)

Druhým úhlem pohledu je ekonomická výroba, což je transformace materiálů do předmětů vyšší hodnoty. Tím se dosahuje jedním nebo vícero procesy a/nebo operacemi zajišťující složení daného produktu. Principem zvýšení hodnoty materiálu či předmětu je změna tvaru, vlastností či kombinací těchto metod. Příkladem může být transformace písku ve sklo nebo zpracováním ropy, kde vzniká plast, čímž se k hodnotě materiálu přidá určitá hodnota. Zpracováním plastu (např. vstřikováním do formy) lze vytvořit produkt (PET lahev), který má ještě vyšší přidanou hodnotu. Obrázek 2 popisuje stupňování přidané hodnoty ve směru ekonomické výroby (Groover, 2020).



Obrázek 2 Ekonomický proces výroby (Groover, 2020)

1.1 Dělení výroby

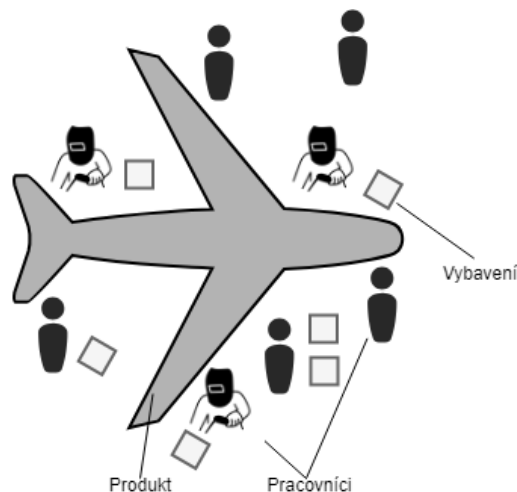
Jelikož je potřeba výrobu vést efektivně, je nutné, aby byla výroba rozdělena na základě typu produkce. Produkce závisí na systémech skládajících se z lidí, vybavení a postupů výroby. Do dělení výroby je nutné zohlednit i druhy procesů, jež jsou klíčové pro výrobu samotnou. (Groover, 2020).

Groover (2020) dále uvádí tři komplexní typy výroby, u kterých následně určuje typy procesů a typy uspořádání. Typy výroby jsou:

- Výroba v malém množství,
- výroba ve středním množství,
- výroba ve velkém množství.

Výroba v malém množství

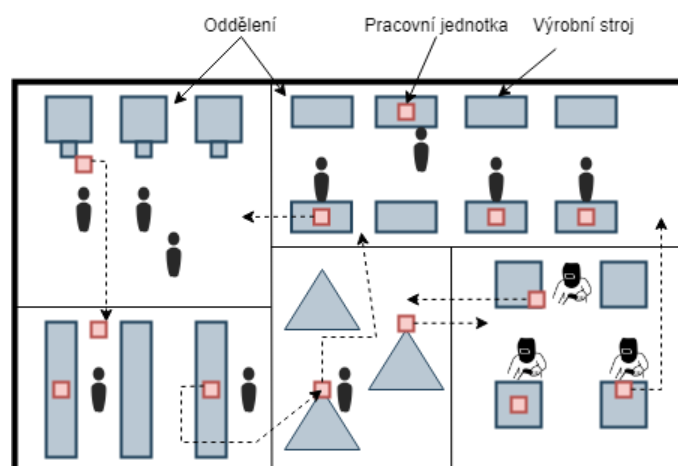
Rozmezí výroby malého množství se uvádí v řádech jednotek (obvykle 1 až 100 kusů za rok). Nejčastěji se výroba v podnicích, které vyrábí malé množství specializovaných a na míru vyrobených produktů, označuje jako zakázková výroba. Tyto produkty jsou zpravidla velmi komplexní a specifické, například prototyp letadla nebo specializované obráběcí stroje. Charakteristickou vlastností pracovníků v těchto podnicích je značná specializace v daném oboru. Výrobní zařízení zakázkové výroby musí být navrženo tak, aby byla zajištěna maximální flexibilita na pracovišti, a to z důvodu zacházení s velkým množstvím dílů, vybavení apod. Pokud je výrobek objemný a těžký, tak se ve výrobě nepřesouvá a zůstává na jednom místě, zatím co pracovníci a výrobní vybavení se přesouvají od jednoho výrobku k dalšímu. Takové uspořádání výroby se označuje jako fixovaná poloha produktu (Obr. 3). Pro výrobu jednotlivých komponent se v takových výrobních podnicích používá technologické uspořádání (Obr. 4). To je charakteristické seskupením stejných výrobních zařízení do jednoho celku (Groover, 2020).



Obrázek 3 Rozvržení výrobního zařízení s fixovanou polohou výrobku (Groover, 2020)

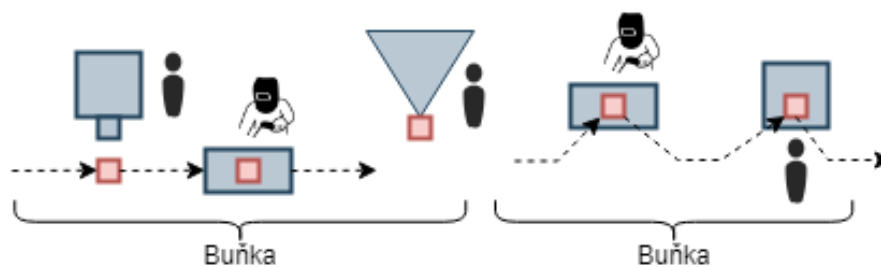
Výroba ve středním množství

Rozmezí výroby středního množství se uvádí v řádech stovek až tisíců (obvykle 100 až 10 000 kusů ročně). Výrobu středního množství produktů lze rozdělit do dvou druhů. Prvním druhem je takzvaná výroba v dávkách, která se zpravidla používá v případě, že je variabilita produktů velká. Typově funguje takovým způsobem, že se prvně vyrobí jedna dávka produktu, následně se přenastaví výrobní vybavení a vyrábí se dávka druhého produktu atd. Hlavní výhodou je, že lze výrobní vybavení sdílet mezi různými produkty. Nevýhodou je pak nutnost změny nastavení právě takového výrobního vybavení, které nelze použít při dvou různých, po sobě jdoucích, dávkách. Při výrobě v dávkách se nejčastěji používá technologické uspořádání viz obrázek 4 (Groover, 2020).



Obrázek 4 Technologické uspořádání výroby (Groover, 2020)

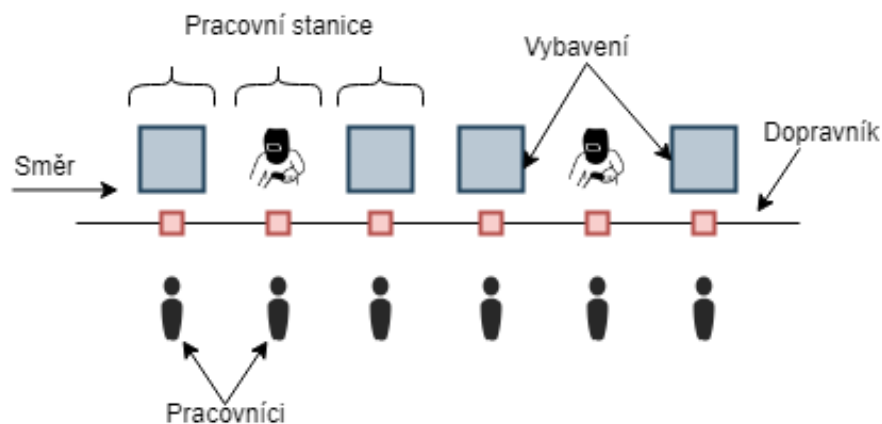
Alternativou k výrobě v dávkách je tzv. buňková výroba. Taková výroba je možná v případě, že variabilita produktů je nízká. V takovém případě lze výrobní systém nastavit tak, aby jedno zařízení bylo schopno vyrábět několik podobných produktů bez nutnosti přenastavení stroje, jelikož se styl produktů sjednocuje právě pro konkrétní sérii buněk. Každá buňka je designovaná ke splnění omezených operací na vybraných součástech či výrobcích. Rozvržení výrobního zařízení je pak označováno jako buňkové uspořádání (Obr. 5) (Groover, 2020).



Obrázek 5 Buňkové uspořádání výroby (Groover, 2020)

Výroba ve velkém množství

Rozmezí výroby ve velkém množství se uvádí v řádech desetitisíců (obvykle 10 000 až milióny kusů ročně). Tento typ výroby je charakterizován vysokou poptávkou daného produktu a výrobní systém je vytvořen pro výrobu právě jednoho výrobku. Existují dvě kategorie, které zaštiťují výrobu ve velkém množství, a to hromadná a nepřetržitá výroba. Hromadná výroba zahrnuje výrobu jednotlivých dílů na jednotlivých zařízeních. Typickým layoutem pro hromadnou výrobu je buňkové a technologické uspořádání (Obr. 5 a Obr. 4). Proudová výroba zahrnuje vícero zařízení a pracovních stanic, které jsou uspořádány za sebou. Jsou designované pro specifický produkt k zajištění maximální efektivity. Layout používaný u proudové výroby se nazývá předmětné uspořádání a pracovní stanice jsou seřazeny v jedné dlouhé linii (Obr. 6). Typickým příkladem proudové výroby jsou montážní linky (Groover, 2020).



Obrázek 6 Předmětné uspořádání výroby (Groover, 2020)

1.2 Druhy procesů výroby

Slack et al. (2022) označuje typy procesů jako druhy obecného přístupu pro řízení aktivit těchto procesů a uvádí, že jednotlivé typy procesů se odlišují na základě objemu výroby a variace produktů. Následně je rozděluje na tyto konkrétní typy: projektové procesy, zakázkové procesy, dávkovací procesy, hromadné procesy a nepřetržité procesy.

Naopak Reid a Sanders (2023) rozdělují typy procesů a základě vyráběného množství a úrovně standardizace a uvádí pouze 4 typy, kterými jsou: projektové procesy, dávkovací procesy, liniové procesy a nepřetržité procesy.

Projektové procesy

Projektové procesy se většinou týkají výroby vysoce variabilních výrobků, s vysokým taktem výroby, kdy každý produkt má jasně stanovený začátek a konec. Objem výroby je tím pádem nízký a jednotlivé činnosti výroby bývají nedefinované a nejisté, protože tyto se činnosti často odvíjí od odborného úsudku pracovníka. Příkladem projektového procesu je například produkce filmu, návrh softwaru nebo stavební práce (Slack et al., 2022).

Reid a Sanders (2023) dodávají, že jednotlivé operace těchto procesů jsou neopakovatelné a že zákazník je v takovém případě často zapojen do procesu návrhu produktu.

Zakázkové procesy

Variabilita produktů a objem výroby je podobný jako u projektových procesů, tedy vysoká variabilita produktů a nízký objem výrob. Rozdílem mezi těmito dvěma typy spočívá v tom, že u zakázkových procesů mezi sebou jednotlivé produkty sdílí zdroje (materiál, nástroje).

Příkladem tohoto typu je výroba oblečení na míru nebo restaurování nábytku (Slack et al., 2022).

Dávkovací procesy

Dávkovací procesy mají na rozdíl od zakázkových procesů nižší variabilitu produktů. Tyto procesy, jak už název napovídá, vyrábí produkty v dávkách, respektive vyrábí více než jeden produkt v jeden moment. Tyto procesy jsou relativně opakovatelné. Příkladem je výroba většiny dílů, které se používají v hromadně vyráběných sestavách (Slack et al., 2022).

Podle Reida a Sanderse (2023) jsou jednotlivé operace neopakovatelné a udávají další příklady, kterými jsou: pekařství a vzdělávací zařízení.

Hromadné procesy

Hromadné procesy jsou takové, které produkují velký objem produktů. Variace základních jednotek, ze kterých se produktu skládá, je nízká, ale variant samotného produktu může být hodně. Příkladem je výroba automobilů, které se skládají z pár variant základních jednotek, ale jejich kombinací můžeme získat až tisíce variant finálního produktu (Slack et al., 2022).

Nepřetržité procesy

Oproti hromadným procesům mají nepřetržité procesy nižší variaci produktů a vyšší objem produkce. Výrobní takt u těchto procesů bývá velmi nízký. V některých případech je výrobní takt tak nízký, že produkt je nerozdělitelný a je produkován v nekonečném toku. Procesy využívají speciální výrobní technologie, které vyžadují vysokou investici, ale také poskytují vysoce předvídatelnou výrobu produktu. Příkladem je výroba oceli, ropné rafinérie nebo některé druhy výroby papíru (Slack et al. 2022).

Tyto procesy mívají vysoký stupeň automatizace a většinou mají jeden vstup a omezený počet výstupů (Reid, Sanders, 2023).

1.3 Typy uspořádání výroby

Slack et al. (2022) popisuje typy layoutů jako vhodný design pro strategické cíle daných operací či celkové výroby. Definovaná obecná kritéria jsou celkově čtyři: kde je důležité posuzovat tok transformovaných zdrojů, interakce mezi jednotlivými částmi provozu, zkušenosti obsluhy (pracovníků) a znalosti zákazníků (Slack et al., 2022). Baudin a Netland (2023) oproti tomu popisují volbu vhodného layoutu pokládáním otázek, mezi něž se mohou řadit otázky typu:

- V průběhu výroby, bude se produkt pohybovat nebo zůstane na jednom místě?
- Pokud se bude pohybovat, co za procesy bude nutné provést během pohybu daného produktu?

Slack et al. (2022) společně s Baudin a Netland (2023) rozdělují typy layoutů následovně:

- Fixovaná poloha výrobku;
- Technologické uspořádání;
- Buňkové uspořádání;
- Předmětné uspořádání;

Vybrané typy layoutů jsou graficky znázorněny v podkapitole 1.1. V závislosti na typu potřebného procesu lze určit potenciálně vhodné typy layoutů.

Baudin a Netland (2023) popisují výhody a nevýhody vybraných typů uspořádání. Výhody fixované polohy výrobku jsou nízké fixní náklady, umožnění výroby velkých produktů a s tím spojený ukotvení produktu na jedno místo. Mezi nevýhody se pak řadí potřeba kvalifikované pracovní síly, složité plánování toků materiálů, komplexní směřování procesů a jistá výzva sledování průběhu výroby. Do výhod technologického uspořádání lze řadit velké variace výrobních potřeb, malá zranitelnost v ohledu změn ve složení a objemu produktů, snazší zajištění komunálních služeb. Do nevýhod se řadí omezená schopnost pracovníků (mají pouze jednu dovednost), potřeba velkých meziskladů pro zpracovávané produkty, složité toky materiálů, vysoké náklady na přeplánování rozložení. Výhody předmětového uspořádání obsahují vysokou výstupní rychlost, nízké jednotkové náklady, snížená manipulace s materiálem a efektivní využití práce. Mezi nevýhody tohoto rozložení se řadí náchylnost k poruchám, nutnost reorganizace pro nové a odlišné skupiny produktů, potřeba rozsáhlého školení pracovníků (vede k vyšším nákladům).

2 MAPOVÁNÍ PROCESU

Slack et al. (2022) uvádí, že mapování procesu jednoduše zahrnuje popis procesu z hlediska vzájemných vztahů jednotlivých činností tohoto procesu. Účelem nástrojů, které jsou určeny pro mapování procesu, je identifikování jednotlivých druhů aktivit a znázornění toku materiálu, lidských zdrojů nebo informací skrze mapovaný proces.

Podle Schniederjans et al. (2018) je mapování procesu jednou z metod štíhlého řízení výroby a definuje mapování procesu jako vývojový diagram aktivit a úkolů procesu, které jsou vykonány pracovníkem nebo strojním vybavením.

Procesní mapy mohou být jednoduché nebo komplexní, ale jediným pravidlem pro všechny typy map je, že musí zobrazovat proces v současném stavu. Často se totiž stává, že se manažeři pokouší o zlepšení procesu, aniž by plně porozuměli jeho současnému stavu (Stern, 2023).

Duffy a Furterer (2020) i Stern (2023) uvádí základní nástroje zlepšování kvality, jako nástroje zlepšování procesů, které napomáhají jednotlivcům a týmům pracovat s procesy, porozumět jim a zlepšovat je. Stern (2023) navíc dodává, že tyto nástroje jsou pro organizaci, která chce zlepšovat své procesy a zvyšovat efektivitu a zisk, nezbytné. Uvedené nástroje jsou následující:

- Vývojový diagram,
- kontrolní tabulka,
- diagram příčin a následků,
- histogram,
- Paretův diagram,
- korelační diagram,
- regulační diagram (Duffy, Furterer, 2020), (Stern, 2023).

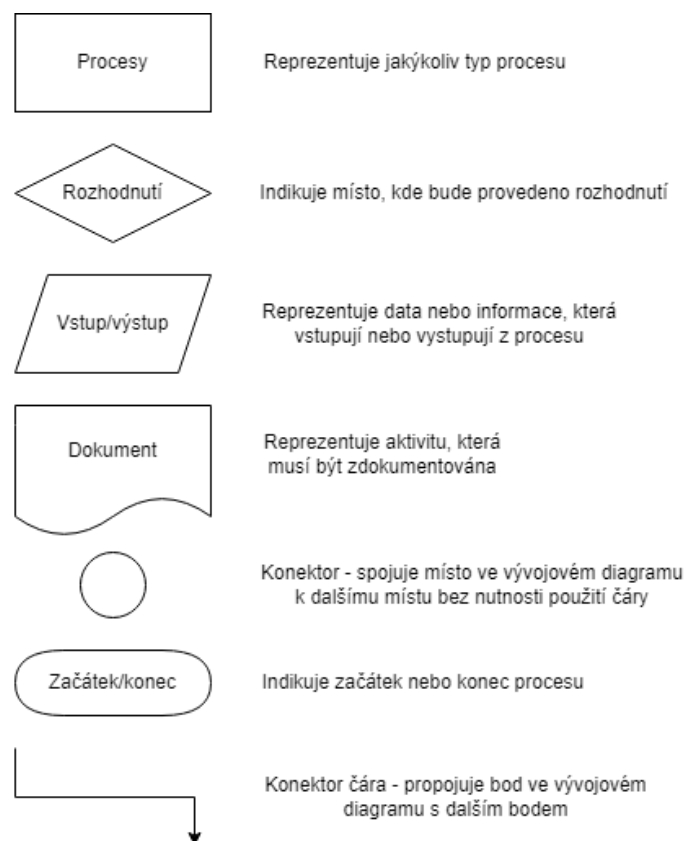
2.1 Vývojový diagram

Stern (2023) popisuje vývojový diagram jako diagram, který ilustruje posloupnost kroků daného procesu. Dále jej označuje jako způsob vizuálního znázornění toku dat skrze informační systém a upozorňuje, že by vývojový diagram měl být praktický a hodnotný.

Luthra et al. (2021) definuje vývojový diagram velmi podobně a doplňuje postup jeho sestavení:

1. Porozumění určenému procesu. To zahrnuje identifikaci všech podprocesů toku materiálu, který se v procesu zahrnut.
2. Seřazení zapojených procesů podle posloupnosti.
3. Revize sestaveného diagramu se zkušenou osobou.

Vývojový diagram je velmi užitečným nástrojem při prozkoumávání vzájemných vztahů procesů, definování hranic procesu, vizualizaci a porozumění procesu, určení nejlepší varianty provádění procesu a identifikaci zbytečné složitosti procesu. Může být také využit při určení zdroje problémů nebo příležitostí pro zlepšení, a to jak u existujících procesů, tak u nově navrhovaných procesů. Vývojový diagram zobrazuje proces pomocí symbolu znázorňující různé typy akcí. Obrázek 7 zobrazuje nejběžnější rozdělení typů akcí a k nim přiřazených symbolů (Duffy, Furterer, 2020).



Obrázek 7 Běžné symboly vývojového diagramu (Duffy, Furterer, 2020)

Duffy a Furterer (2020) dále rozdělují vývojové diagramy na procesní vývojové diagramy a diagramy plaveckých drah. Procesní diagramy používají symboly pro zobrazení vstupu, posloupnost procesu, rozhodnutí a výstup. Diagramy plaveckých drah zobrazují posloupnost činností i funkce nebo osoby odpovědné za jednotlivé činnosti.

Pojmenování diagram plaveckých drah je odvozeno od pohledu na plavecký bazén z ptačí perspektivy. Celý bazén znázorňuje celkový stanovený kontext, například výrobní závod organizace nebo středisko. Plavecké dráhy potom znázorňují jednotlivé segmenty spolupracující na dosažení cíle procesu. Kroky procesu na základě průběhu procesu oscilují mezi pruhy diagramu (Gadatsch, 2023).

2.2 Kontrolní tabulka

Kontrolní tabulka je druh formuláře, který se používá ke sběru dat o výskytu specifikovaných událostí po stanovenou dobu. Sběr dat touto formou je organizovaný a lze jednoduše převést na použitelné informace. Nejjednodušší formou takové tabulky je vytvoření seznamu položek (událostí, poruch, úrazů apod.) a evidování výskytu položky formou vytvoření čárky vedle dané položky v moment, kdy se vyskytne. Tento způsob sběru dat lze použít téměř pro jakýkoliv druh dat (Duffy, Furterer, 2020).

Luthra et al. (2021) doplňuje, že sběr dat probíhá v reálném čase a na místě, kde probíhá sledovaný proces. Dále popisuje kontrolní tabulku jako rychlý, jednoduchý a efektivní způsob, jak získat požadované informace. Postup vytváření kontrolní tabulky:

1. Identifikování problému nebo události, pro který je kontrolní tabulka připravena.
2. Stanovení doby, po kterou budou data sbírána
3. Sestavení kontrolní tabulky tak, aby byla sbírána důležitá data.
4. Kontrolní sběr dat po krátkou dobu, ověření sběru správných dat (Luthra et al., 2021).

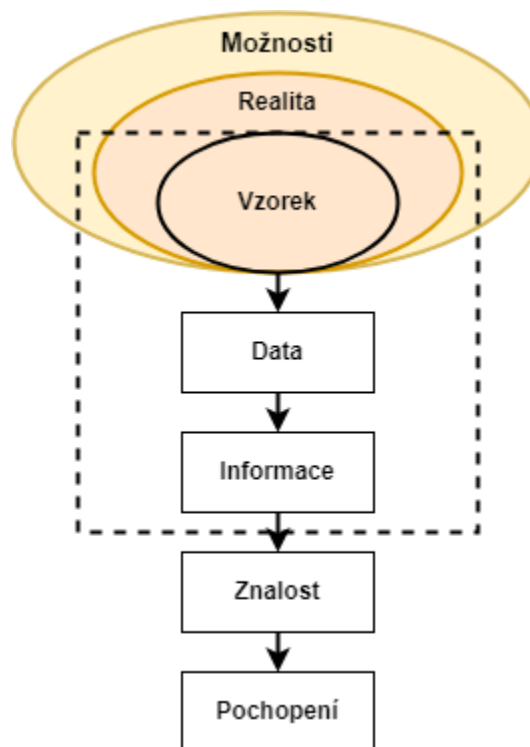
OBRÁBĚNÍ		Op.: 4.12		Začátek měření: 15. května 2022		
	Pondělí	Úterý	Středa	Čtvrtek	Pátek	Celkem
Poškození dílu	III	I		II	IIII	
Špatný rozměr	I		II		III	
Špatný tvar	IIII		I	I	III	
Celkem						

Obrázek 8 Příklad kontrolní tabulky (vlastní zpracování)

3 STATISTICKÉ METODY

Statistika představuje klíčový nástroj pro pochopení a interpretaci dat v různých oblastech skrze svá praktická uplatnění. Do těchto oblastí lze zařadit biomedicínu, farmacii, logistiku, strojírenství a další. V současné době je nezbytná pro řešení odborných problémů, jelikož umožňuje správné zpracování a prezentaci dat, což je důležité pro vyvozování správných závěrů a minimalizaci chyb v získaných poznacích. Statistika samotná se zabývá nejen popisem hromadných jevů (klasická popisná statistika založená na analýze hromadných dat), ale také i moderní matematické statistiky vycházející z teorií pravděpodobnosti (Neubauer et al, 2021).

Oproti tomu Bedáňová a Večerek (2019) rozděluje statistické metody a techniky na deskriptivní a inferenční. Deskriptivní statistika se soustředí na popis datových souborů prostřednictvím grafů, tabulek a různých charakteristik, jako jsou průměry, mediány, modusy a rozptyly. Na druhou stranu, inferenční statistika používá data získaná z náhodných vzorků k odhadu parametrů celé populace a testování statistických hypotéz.



Obrázek 9 Pozice statistické analýzy dat za účelem pochopení (Bedáňová, Večerek, 2019)

Základními pojmy statistiky jsou jevy, statistické soubory, znaky, náhodné veličiny a další. Různé typy dat a proměnných vyžadují specifické statistické postupy. Chápání rozdílů (například mezi kategoriálními a numerickými daty a mnoha dalšími) je nezbytné pro správnou aplikaci statistických technik (Obr. 9) (Bedáňová, Večerek, 2019).

Neubauer et al. (2021) poukazuje na stále větší objemy dat, které je nutné zpracovávat a doporučuje vybrané statistické programy, např.: Statistica, SPSS, či MS Excel. Bedáňová a Večerek (2019) pak dále poukazují na klíčovou roli statistiky v rozvoji nových technik a metod pro efektivnější zpracování dalších postupů (např. ve výrobě).

3.1 Intervalové rozdělení četnosti

V případě, že je nutné analyzovat rozsáhlé datové sady (obvykle s počtem prvků větším než 30) a data obsahují spojitý nebo diskrétní znak s různými variantami, je efektivní data nejprve seřadit dle velikosti. Takové seřazení následně umožňuje snadno identifikovat minimální a maximální hodnoty, označované jako n_{\min} a n_{\max} a jsou důležité pro variační rozpětí, jež je dáno jako $R = n_{\max} - n_{\min}$. Na základě těchto extrémních hodnot se vytváří intervaly, které pokrývají celé rozpětí zkoumaného znaku. Každý interval je na levé straně otevřený a na pravé straně uzavřený. To znamená, že dolní hranice není zahrnuta, zatímco horní hranice ano. Následně se zjistí, kolik hodnot z naší datové sady spadá do jednotlivých intervalů. Tento postup umožňuje lépe vizualizovat rozložení dat a usnadňuje další analýzy (Holčík et al., 2015; Neubauer et al., 2021).

Dle Neubauera et al. (2021) lze zvolit pro určení optimálního počtu (k) intervalů několik pravidel, mezi něž se řadí např. Sturgesovo pravidlo, kde $k \approx 1 + 3,32 \log n$; Yuleovo pravidlo $k \approx 2,5\sqrt[4]{n}$; jiná pravidla $k \approx \sqrt{n}$. Po zvolení vhodného k se orientačně stanoví šířka intervalů ze vztahu $h = \frac{R}{k}$.

Holčík et al. (2015) oproti této metodě popisuje pouze využití jiného pravidla a zvolení k blízkého této hodnotě.

3.2 Pearsonův korelační koeficient

Pearsonův korelační koeficient sleduje kvantitativní vztah mezi sledovanými náhodnými veličinami. Pro náhodné veličiny X a Y s očekávanými hodnotami a standardními odchylkami je možné tento vztah vyjádřit rovnicí 1.

$$R(X, Y) = \frac{E((X - E(X))(Y - E(Y)))}{\sqrt{D(X)}\sqrt{D(Y)}} \quad (1)$$

kde:

X [-] Náhodná veličina,

Y [-] Náhodná veličina,

E [-] Střední hodnota náhodné veličiny,

D [-] Rozptyl náhodné veličiny.

Pearsonův korelační koeficient nabývá hodnot v intervalu od -1 do 1. Hodnota +1 signalizuje dokonale lineární a kladný vztah, kde vyšší hodnoty jedné proměnné odpovídají vyšším hodnotám druhé proměnné. Hodnota -1 naopak ukazuje na dokonale lineární a záporný vztah, kde vyšší hodnoty jedné proměnné souvisí s nižšími hodnotami druhé proměnné. Hodnota 0 indikuje, že mezi proměnnými není lineární vztah. Je důležité poznamenat, že Pearsonův koeficient korelace je vhodný pouze pro charakterizaci lineárních vztahů a pro identifikaci nelineárních závislostí není vhodný. Základní vlastnost Pearsonova koeficientu korelace je, že nezobrazuje hodnoty mimo rozsah -1 až 1, což znamená, že koeficient 1 získáme pouze v případě, kdy by data v bodovém grafu ležela na přímce s kladným sklonem, zatímco -1 dostaneme, kdyby data na grafu tvořila přímku se záporným sklonem (Holčík et al., 2015).

3.3 Test nezávislosti chí-kvadrát

Test nezávislosti χ^2 (chí-kvadrát) je používán v kontingenčních tabulkách a slouží ke zjištění, zda mezi proměnnými, které tyto tabulky uvádějí, existuje statisticky významný vztah (Hendl, 2022). Je považován za základní a nejpoužívanější test nezávislosti (Bedáňová, Večerek, 2019). Test χ^2 rovněž hodnotí, zda se relativní četnosti v každé kategorii jedné proměnné shodují mezi různými skupinami, jež jsou definovány podle kategorií druhé proměnné, což se týká testování hypotézy o homogenitě rozdělení (Hendl, 2022).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} \quad (2)$$

kde:

χ^2 [-] Celková hodnota chí-kvadrát statistiky;

- r** [-] Celkový počet řádků v kontingenční tabulce;
c [-] Celkový počet sloupců v kontingenční tabulce;
e [-] Očekávaná četnost
n [-] Pozorovaná četnost

Rovnice 2 pro ověření platnosti nulové hypotézy o nezávislosti dvou kategoriálních proměnných rozdělení pravděpodobnosti parametrem $(r - 1)(c - 1)$. Z toho vyplývá, že platí $\chi^2 \sim \chi^2_{(r-1)(c-1)}$. K zamítnutí nulové hypotézy o nezávislosti na určité hladině významnosti α dochází, pokud vypočtená hodnota statistiky χ^2 překročí kritickou hodnotu z χ^2 rozdělení, která odpovídá $100(1 - \alpha)$ viz rovnice 3 (Bedáňová a Večerek, 2019).

$$\chi^2 \geq \chi^2_{(r-1)(c-1)}(1 - \alpha) \quad (3)$$

kde:

- χ^2 [-] Celková hodnota chí-kvadrát statistiky;
 α [-] Hladina významnosti;
r [-] Celkový počet řádků v kontingenční tabulce;
c [-] Celkový počet sloupců v kontingenční tabulce.

Bedáňová a Večerek (2019) dále uvádí následující předpoklady pro ověření vhodnosti statistické metody:

- „Jednotlivá pozorování sumarizovaná v kontingenční tabulce jsou nezávislá, tedy každý prvek výběrového souboru je zahrnut pouze v jedné buňce kontingenční tabulky;
- Alespoň 80 % buněk kontingenční tabulky má očekávanou četnost (e_{ij}) větší než 5 a všechny buňky tabulky (tedy 100 % buněk) mají očekávanou četnost (e_{ij}) větší než 2.“

3.4 Fisherův exaktní test

Pro posuzování vzájemné závislosti proměnných v tabulkách s čtyřmi poli se často využívá Fisherův exaktní test, neboť poskytuje přesnou pravděpodobnost dosažení specifického rozložení dat v tabulce za předpokladu, že mezi proměnnými neexistuje vztah. Fisherův test přesně určuje pravděpodobnost, s jakou by mohla vzniknout pozorovaná tabulka, kdyby

proměnné byly nezávislé. I když byl Fisherův exaktní test původně navržen pro tabulky 2x2 (Rovnice 4), existují rozšíření, která umožňují jeho použití i na jiné typy (velikosti) kontingenčních tabulek (Bedáňová a Večerek, 2019).

$$p = \frac{\binom{a+c}{a} \binom{b+d}{b}}{\binom{n}{a+b}} = \frac{(a+b)! (a+c)! (c+d)! (b+d)!}{n! a! b! c! d!} \quad (4)$$

kde:

- p [-]** Pravděpodobnost Fisherova exaktního testu;
- a [-]** Počet pozorování první kategorie obou proměnných;
- b [-]** Počet pozorování první kategorie první proměnné a druhé kategorie druhé proměnné;
- c [-]** Počet pozorování druhé kategorie první proměnné a první kategorie druhé proměnné;
- d [-]** Počet pozorování druhé kategorie obou proměnných;
- n [-]** Celkový počet všech pozorování.

Nulová hypotéza tohoto testu předpokládá, že mezi sledovanými proměnnými neexistuje žádná asociace, což implikuje, že pozorované frekvence v tabulce by měly korespondovat s frekvencemi očekávanými. Základní princip Fisherova exaktního testu spočívá ve výpočtu pravděpodobnosti, že lze pozorovat tabulky s daty stejně extrémními či extrémnějšími než naše vlastní data za podmínky, že jsou zachovány celkové marginální četnosti zjištění (Bedáňová a Večerek, 2019).

Freeman-Haltonova metoda pak rozšiřuje klasický Fisherův exaktní test (2x2) na kontingenční tabulky o vícero rozměrech (např. 2x3), a to takovým způsobem, že se do rovnice 4 přidá další počet pozorování n-té kategorie s j-tou kategorií, viz rovnice 5 (Freeman a Halton, 1951).

$$p = \frac{\binom{a+c}{a} \binom{b+d}{b} \binom{e+f}{e}}{\binom{n}{a+b+e}} \quad (5)$$

kde:

- p [-]** Pravděpodobnost Fisherova Freeman-Haltonova testu;
- a [-]** Počet pozorování první kategorie první proměnné a první kategorie druhé proměnné;
- b [-]** Počet pozorování první kategorie první proměnné a druhé kategorie druhé proměnné;

- c [-]** Počet pozorování první kategorie první proměnné a třetí kategorie druhé proměnné;
- d [-]** Počet pozorování druhé kategorie první proměnné a první kategorie druhé proměnné;
- e [-]** Počet pozorování druhé kategorie první proměnné a druhé kategorie druhé proměnné;
- f [-]** Počet pozorování druhé kategorie první proměnné a třetí kategorie druhé proměnné;
- n [-]** Celkový počet všech pozorování.

4 KONCEPTY ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ

Koncepty zlepšování procesů tvoří základní kameny pro dosahování efektivity, zvyšování kvality, snižování nákladů a zlepšování zákaznické spokojenosti. Tato kapitola se zaměřuje na různé strategie a metodiky, které organizace používají k dosažení těchto cílů, přičemž hlavní důraz je kladen na neustálou optimalizaci a vylepšování podnikových operací a procesů. Zásadní metody, mezi něž se řadí štíhlá výroba a Six Sigma, jsou osvědčené přístupy k eliminaci plýtvání a variabilit v procesech. Tyto metody využívají soubor nástrojů a technik, od procesních map a 5S po statistické analýzy a DMAIC cyklus, které pomáhají organizacím dosáhnout výjimečné úrovně výkonnosti. Přestože se každý z těchto přístupů zaměřuje na odlišné aspekty procesů, všechny sdílejí společný cíl: zvýšení hodnoty pro zákazníka při současném minimalizování zdrojů a nákladů (Nicholas, 2018; Schniederjans et al., 2018).

4.1 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba, často označovaná jako „Lean Manufacturing,“ je metodologie zaměřená na optimalizaci výrobních procesů, zvýšení efektivity a snížení plýtvání ve všech aspektech provozu organizace. Tento koncept vychází z filozofie neustálého zlepšování a efektivity procesů, která byla původně rozvinuta v automobilovém průmyslu v Japonsku. Základem štíhlé výroby je identifikace a eliminace všech neefektivních činností a procesů ve výrobě, které nezvyšují hodnotu produktu z pohledu zákazníka (Pombal et al., 2019; Muotka et al., 2023).

Hlavním cílem štíhlé výroby je dosáhnout vyšší kvality, kratších dodacích lhůt a nižších nákladů, což přináší výraznou konkurenční výhodu. To se realizuje pomocí různých nástrojů a technik, jako jsou 5S, Kaizen (neustálé zlepšování), JIT (Just-In-Time) a další. Tyto metody pomáhají identifikovat ztráty ve výrobě a zvyšovat efektivitu operací. Výsledkem je optimalizovaný pracovní proces, který redukuje plýtvání a zvyšuje produktivitu a efektivitu (Pombal et al., 2019).

4.1.1 5S

5S je skvělým pomocníkem k vytváření směrnic pro organizaci pracovního uspořádání. 5S odkazuje na Japonské názvy pro pět kroků k organizaci pracovních prostor (Nicholas, 2018).

Tyto názvy a jejich české překlady jsou:

- *Seiri* (setřídít): Jedná se o správné uspořádání (vše setřídít, vyhodit vše, co není užitečné). Možnost kategorizace dle potřeby, např. často používané, občasné používané, zřídka používané a nepoužívané.
- *Seition* (uspořádat): Pořádek – specifikace místa pro všechno, co bylo vytríděno. Určení místa, označení číslem, barvou. Umístění často používané předměty co nejbliže k pracovišti
- *Seiso* (úklid): Čistota – umytí, vyčištění a natření všeho tak, aby nastalé problematické situace byly viditelné na první pohled.
- *Seiketsu* (standardizace): Standardizování postupů, pravidel či směrnic tak, aby se zajistilo užívání předchozích 3S.
- *Shitsuke* (udržování): Rozvíjení návyků a kultury čistého pracoviště. Opakování procesu 5S vždy, když je možné, že současné uspořádání pracoviště vypadá jako nevyhovující či neodpovídá současnému provozu (Nicholas, 2018; Schniederjanss et al., 2018).

4.1.2 Kaizen

Průběžné zlepšování, označované jako Kaizen, je filozofie se zaměřením na postupné, malé a časté zlepšení procesů a produktů v dlouhodobém měřítku s minimálními finančními zdroji. Tento přístup podporuje zapojení všech členů firmy, od zaměstnanců až po vrcholové vedení, aby aktivně přispívali nápady ke zlepšení všech aspektů podnikové činnosti. Vrcholové vedení hraje klíčovou roli v této filozofii, kde je důležité, aby byla jasně propagována s jasnými a konzistentními systémy odměn. Princip odměn je zaveden z toho důvodu, aby si zaměstnanci vytvořili návyky a aktivně přispívali do zlepšování firmy. Typickým příkladem, jak mohou zaměstnanci přispívat svými nápady, jsou tzv. schránky s nápady, kam mohou zaměstnanci vhodit papír se svými poznatky a připomínkami (Schniederjanss et al., 2018).

4.2 Six Sigma

Six Sigma je metodologie a sada technik určená ke zlepšování procesů, která byla poprvé uvedena společností Motorola v pozdních 20. letech minulého století. Six Sigma se vztahuje jak na statistický koncept, tak na metodiku zlepšení kvality. Hlavním cílem je zlepšovat

kvalitu produktů a procesů snižováním variability procesů a jejich defektů tak, aby bylo dosaženo co největšího přiblížení šesti směrodatným odchylkám od střední hodnoty. Číselně vyjádřeno se jedná o 99,998 %, respektive 3,4 poruchy na milion příležitostí. Six Sigma se opírá o filozofii DMAIC, což je *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (Nicholas, 2018). V překladu se jedná o:

- Definování – identifikace problémů, zákazníků a jejich klíčových požadavků na kvalitu.
- Měření – měření aktuálního výkonu procesu pro identifikaci možných problémů.
- Analýza – identifikace příčin problémů nebo chyb v procesu.
- Zlepšení – hledání a implementace řešení pro eliminaci identifikovaných příčin problémů.
- Kontrola – použití metod nutných k zajištění místa procesu v přijatelném rozmezí odchylek (Nicholas, 2018).

Při ideálním Six Sigma procesu je většina výrobních hodnot směřována ke střední hodnotě s velmi malým rozptylem. Tím je na mysli, že výstupy splňují specifikace a jsou bez defektů. Six Sigma od střední hodnoty ve směru rozdělení představuje vysoký stupeň přesnosti a malé procento defektů, což vede k vysoké kvalitě procesů a produktů (Nicholas, 2018). V případě, že využití Six Sigmy má být maximální, je nutné, aby firmy tuto metodologii přijali a dodržovali, jak nejlépe mohou (Schniederjanss et al., 2018). Klíčovými koncepty pro implementaci Six Sigma mohou dle Schniederjanss et al. (2018) být:

- Zajištění vhodných metrik v rámci výrobních a servisních procesů.
- Implementace standardních metrik, jimiž by měly být „DPMO“ (defekty na milion příležitostí) a „EPMO“ (chyby na milion příležitostí).
- Umožnění zaměstnancům rozsáhlý trénink v plánování projektů pro identifikaci aktivit, které nemají žádný přínos.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ SPOLEČNOSTI

Vybraná společnost působí na globálním trhu a podniká v oblasti leteckého průmyslu a zakázkové strojní výroby. Společnost je akciovou společností a byla založena na konci minulého století, a to dvěma společnostmi, které měly v oblasti letectví a strojírenství několikaleté zkušenosti.

Hlavním předmětem činnosti společnosti je certifikovaná letecká výroba a výroba lehkých sportovních letadel a ultralehkých letadel. V současné době společnost vyrábí tři typy letadel: letadlo typu X, letadlo typu Y a letadlo typu Z. Veškeré vyrobená letadla jsou vyvážena nejen do zemí EU, ale také do Kanady, USA, Mexika, Brazílie, Turecka, Indie, Austrálie a dalších. Dále společnost vyrábí díly pro letecký průmysl, a to jak náhradní díly pro vlastní letouny, tak díly pro ostatní výrobce letadel v rámci kooperace. Jako oprávněná údržbová organizace zajišťuje plánovanou údržbu, opravy, přestavby a modernizace letounů svých zákazníků. Dalšími činnostmi společnosti jsou zakázková výroba obráběných dílů, výroba přípravků pro letecký a automobilový průmysl, lakování letadel, tváření dílů z plechu, 3D měření a další.

Společnost je držitelem několika certifikátů a osvědčení, jejichž většina je nezbytná pro její předmět podnikání. Jedná se o certifikáty a osvědčení vydané Agenturou Evropské unie pro bezpečnost letectví (EASA) a Úřadem pro civilní letectví, které umožňují společnosti navrhovat, vyrábět a upravovat určité typy letadel, certifikují vyráběné modely letadel a opravňují ji provádět zkušební lety. V roce 2022 získala společnost certifikát AS9100D (ekvivalent normy EN 9100:2018), který představuje nejvyšší úroveň certifikace řízení kvality v leteckém průmyslu.

5.1 Vyráběné modely letadel

Letadlo typu X je určeno pro cestování soukromých pilotů a výcviky leteckých škol a aeroklubů, tedy konkrétně výcvik nočních letů a pilotní výcviky PPL nebo LAPL. Mezi přednosti tohoto letounu patří: moderní design, nízké provozní náklady a vynikající letové vlastnosti.

Letadlo typu Y splňuje americké letecké předpisy a je dodáváno na trhy USA, Jižní Ameriky a Austrálie. Disponuje moderním designem, moderními bezpečnostními prvky a prostornou pilotní kabinou s panoramatickým výhledem. Tento model je dostupný, jeho provozní náklady jsou nízké a je vhodný pro letecké školy, aerokluby i soukromé piloty.

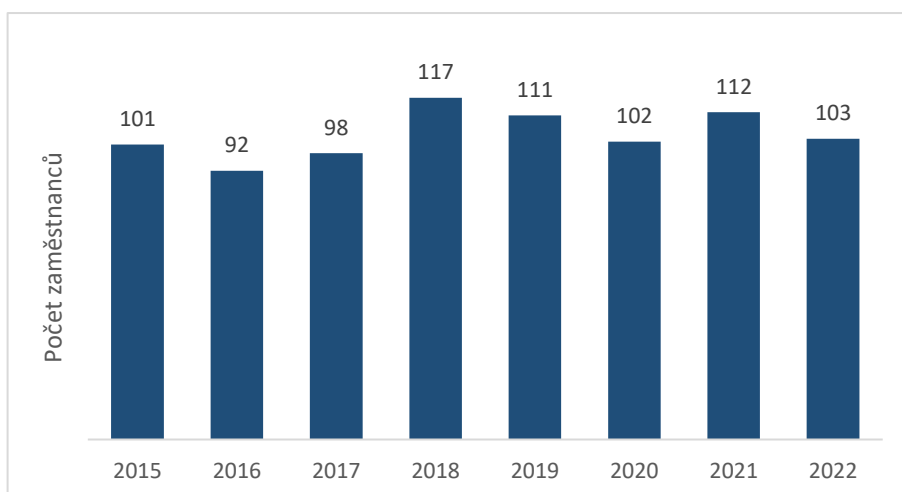
Letadlo typu Z je primárně dodáváno na evropský trh, protože je certifikováno dle evropských leteckých předpisů a splňuje předpisy zemí EU. Jedná se o moderní ultralehké letadlo, které disponuje nejmodernějšími elektrickými přístroji. Uplatnění najde v leteckých školách na pilotní výcviky ULL nebo v jiných organizací při tahání kluzáků a reklamních bannerů.

Navíc pracuje společnost na vývoji nových modelů například čtyřmístném letadlu vyšší střední třídy, moderním letadlu poháněným elektromotorem nebo dvoumotorovém dopravním letadlu.

5.2 Vývoj základních ukazatelů společnosti

Vedle stručné charakteristiky činnosti společnosti je vhodné zahrnout vývoj základních ukazatelů, jako je počet zaměstnanců, tržby a zisky. Vhodná vizualizace vývoje těchto ukazatelů napomáhá k lepšímu pochopení, v jaké situaci se společnost nachází a umožňuje identifikovat trendy. Z důvodu dostupnosti dat mají jednotlivé ukazatele odlišné sledovací období.

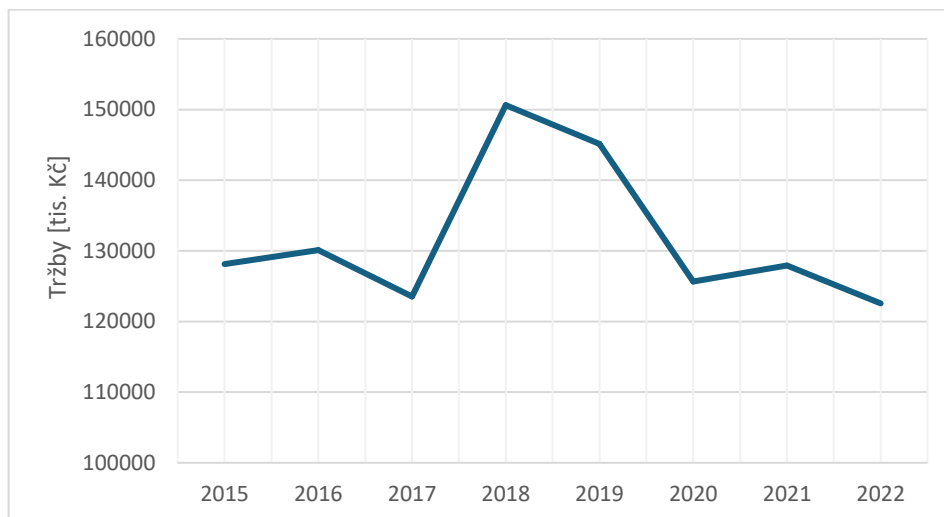
Vývoj počtu zaměstnanců mezi lety 2015 a 2022 (Obr. 9) byl poměrně kolísavý. Největší nárůst počtu zaměstnanců byl zaznamenán v roce 2018, kdy meziroční nárůst činil 19 zaměstnanců. Nejméně zaměstnanců pracovalo ve firmě v roce 2016, kdy bylo ve společnosti zaměstnáno pouhých 92 osob.



Obrázek 10 Počet zaměstnanců společnosti v letech 2015-2022
(data: interní soubory společnosti, vlastní zpracování)

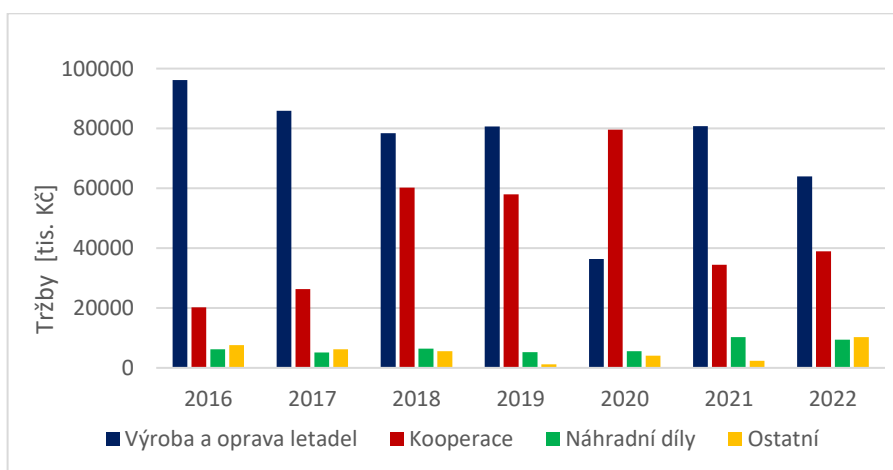
Vývoj tržeb z prodaných výrobků a služeb (Obr. 11) byl v letech 2015 až 2022 nestabilní. V letech 2015 až 2017, byl vývoj zisku poměrně stabilní, kdy v roce 2017 dosáhla společnost

nejnižších tržeb, které následující rok prudce vzrostly na nejvyšší hodnotu sledovaného období. V následujících dvou letech zisky opět klesly na hodnotu z let 2015–2017, kde se relativně stabilně držely až do roku 2022.



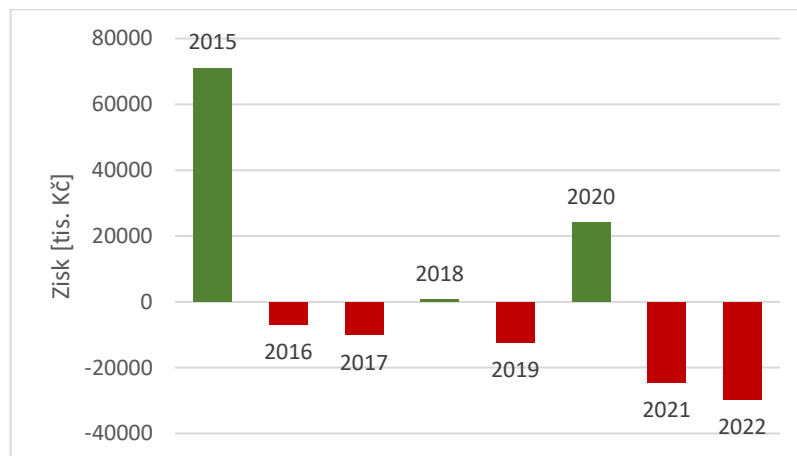
Obrázek 11 Vývoj tržeb společnosti v letech 2015-2022
(data: interní soubory společnosti, vlastní zpracování)

Struktura tržeb se ve znázorněném období značně proměnila (Obr. 12). V letech 2016 a 2017 silně dominovala výroba a oprava letadel. V následujících dvou letech se poměr mezi tržbami z výroby a oprav letadel a tržbami z kooperací relativně vyrovnal, ale v roce 2020 zaznamenal segment výroba a oprava letadel silný pokles. Tento pokles byl nejspíše důsledkem pandemie Covid-19. Další rok poptávka po letadlech opět vzrostla, ale v roce 2022 opět mírně klesla. Tržby z náhradních dílů a ostatní tržby byly v průběhu let relativně stabilní.



Obrázek 12 Struktura tržeb společnosti v letech 2016-2022
(data: interní soubory společnosti, vlastní zpracování)

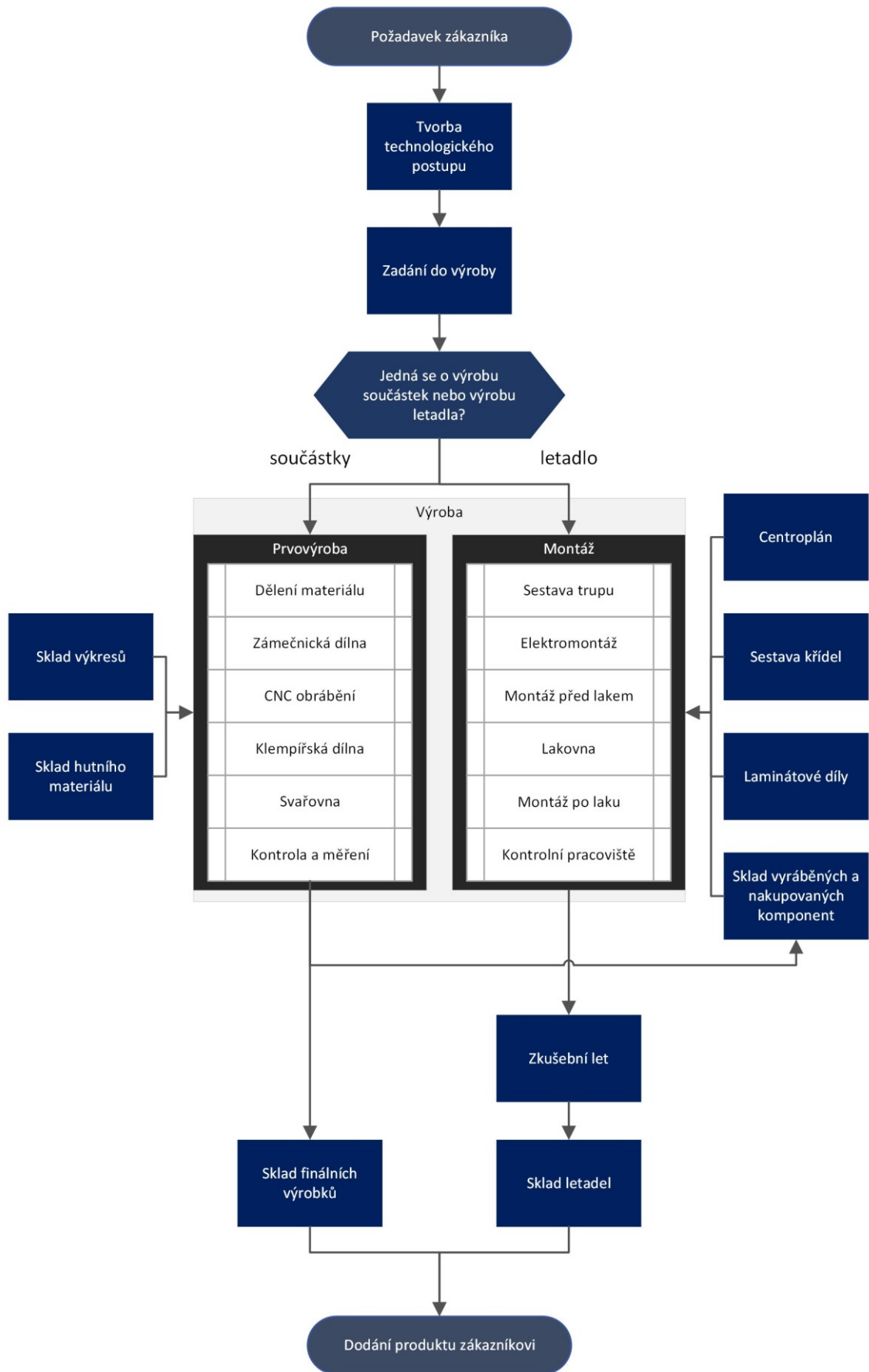
Na grafu znázorňujícím vývoj zisku společnosti od roku 2015 do roku 2022 (Obr. 13) můžeme vidět, že zisk společnosti byl v tomto období velice nestabilní, což mohlo být ovlivněno řadou faktorů, včetně pandemie Covid-19. Zisk vykázala společnost v letech 2015, 2018 a 2020, kdy nejvyššího zisku dosáhla v roce 2015. V ostatních letech vykázala společnost ztrátu. Nejvyšší ztráty, necelých 30 milionů korun českých, dosáhla společnost v roce 2022.



Obrázek 13 Zisky společnosti v letech 2015-2022
(data: interní soubory společnosti, vlastní zpracování)

5.3 Procesní mapa společnosti

Celý proces začíná přijetím požadavku od zákazníka, na jehož základě a další případné konzultace se zákazníkem je vytvořena cenová nabídka. Pokud zákazník s nabídkou souhlasí je vytvořen technologický postup zakázky, který specifikuje všechny kroky potřebné k výrobě požadovaného produktu. Technologický postup může být pro každou zakázku odlišný a odvíjí se od požadovaného produktu a v případě letadla od zvolených specifikací. Samotná výroba je rozdělena do dvou základních celků: prvovýroba a montáž.



Obrázek 14 Procesní mapa společnosti (vlastní zpracování)

Na prvovýrobě pracuje zhruba 39 zaměstnanců, z čehož 10 zaměstnanců pracuje na pracovišti CNC obrábění. Vyrábí se zde komponenty pro letadla společnosti, komponenty do leteckého průmyslu v rámci kooperací a obráběné součástky do strojírenského průmyslu. Na začátku výroby je k technologickému postupu přiložen příslušný výkres součástky, který se buď vytiskne nebo je vydán ze skladu výkresů. Výkres i technologický postup putují s výrobkem celou výrobou. Dalším krokem bývá vydáním hutního materiálu ze skladu a jeho dělení na stanovený polotovar. Polotovary s dokumentací jsou následně přesunuty na příslušné pracoviště, kterých je zde hned několik. Tabulka 1 obsahuje výčet strojů, kterými jednotlivá pracoviště disponují. Výrobní vybavení je na tomto celku rozděleno na základě technologického uspořádání.

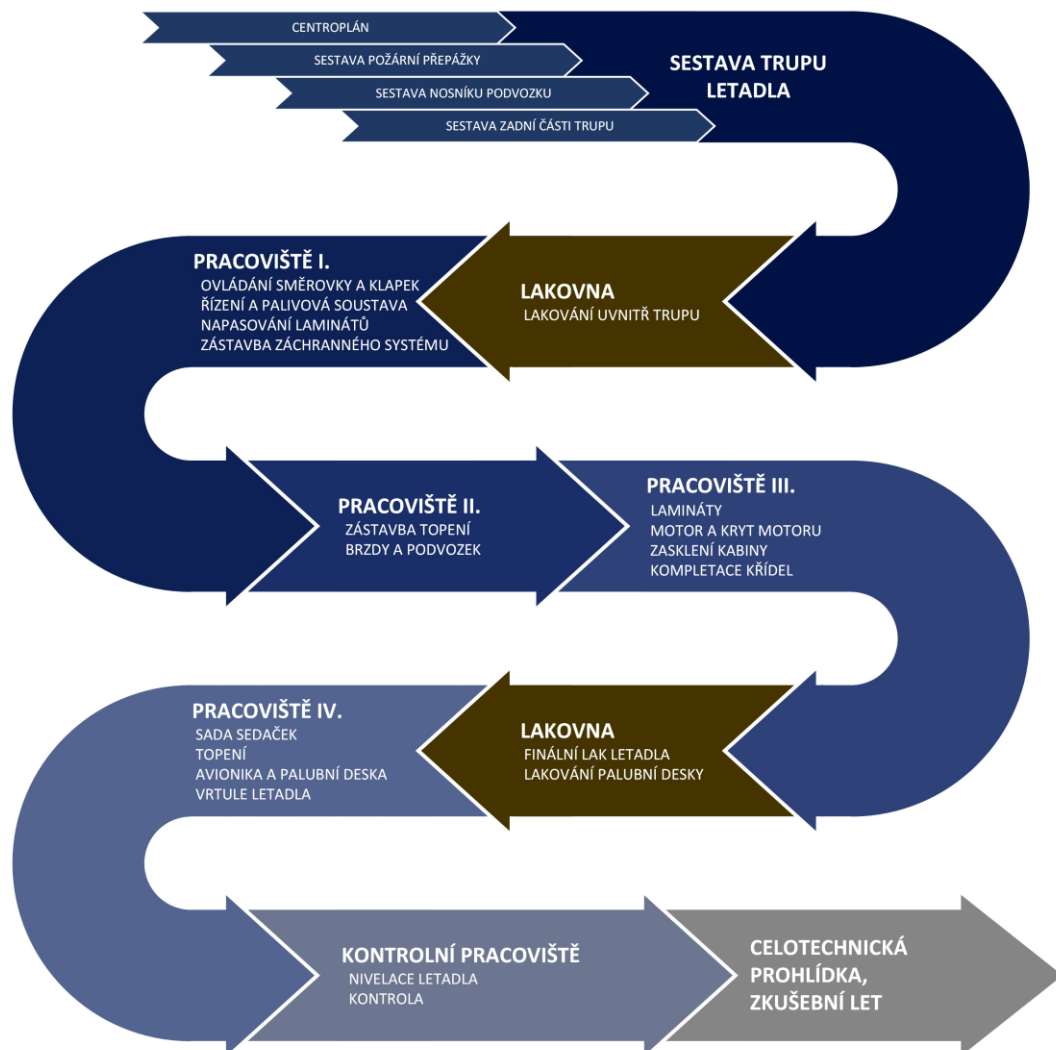
Tabulka 1 Dispozice strojů jednotlivých pracovišť (vlastní zpracování)

Pracoviště	Stroje
Dělení materiálu	Pásové pily, kotoučové pily, stroj pro řezání vodním paprskem, tabulové nůžky.
Zámečnická dílna	Lis, stojanové vrtačky, pásové brusky, kotoučové brusky, bruska na vrtáky, frézky, soustruhy.
CNC obrábění	CNC obráběcí centra, CNC soustruh, NC bruska.
Klempířská dílna	Tabulové nůžky, rohové nůžky, děrovačky, stáčečky na plech, ohýbačky plechu, ohýbačka trubek, klempířský tvářecí stroj.
Svařovna	TIG svářečky, MIG-MAG svářečky, autogen.
Měření a kontrola	3D měřicí stroje, magnetický defektoskop.

Na montáži pracuje zhruba 38 zaměstnanců. Celek montáže má na starosti celkovou kompletaci letadel, tedy sestavu jednotlivých podsestav, finální sestavu, hermetizaci křídel, elektroinstalaci, montáž interiéru, montáž motoru a lakování. Výrobní proces celku montáže se skládá z následujících fází: kompletace trupu, montáž před lakem, lakování, montáž po laku, elektro montáž, finální kompletace a kontrola. Zaměstnanci zde z většiny pracují s elektrickým nářadím, ručním nářadím, speciálními nástroji a přípravky. Na tomto celku je výrobní vybavení uspořádáno kombinací předmětného uspořádání a uspořádání s fixní polohou výrobku.

6 CHARAKTERISTIKA PROCESU MONTÁŽE LETADEL

V první řadě je potřeba pochopit a popsat, jak proces montáže probíhá. Vstupní informace této charakteristiky byly získány formou revize interní dokumentace, pozorováním samotného procesu a konzultace s vedoucí výroby a mistrem montáže. Na základě získaných informací byl proces montáže popsán a sestaven procesní diagram (Obr 15).



Obrázek 15 Procesní diagram montáže letadel (vlastní zpracování)

Proces montáže letadla začíná sestavou trupu letadla, která se skládá z centropoplánu, sestavy požární přepážky, sestavy nosníku podvozku a sestavy zadní části trupu. Sestava trupu letadla se odehrává na prvním nadzemním patře budovy montáže. Patro je rozděleno na čtyři pracoviště. Na prvním pracovišti se pomocí speciálního přípravku sestavuje požární přepážka, která je po sestavení odložena do příslušného regálu. Pracoviště sestavení nosníku podvozku, které se nachází vedle pracoviště sestavení požární přepážky, se věnuje

kompletaci nosníku podvozku, který je po zkompletování také odložen do regálu. Na třetím pracovišti se setkává požární přepážka, nosník podvozku a zadní části trupu s centroplánem, který je na montáž dodáván již sestavený. Tím nám na tomto pracovišti vzniká sestavený trup letadla, který se přesouvá na dokončovací pracoviště, které trup dokončí tak, aby byl připravený na další činnosti.

V tento moment se trup letadla přesouvá do přízemního patra budovy, které je rozděleno na lakovnu, pracoviště I, pracoviště II, pracoviště III, pracoviště IV a kontrolní pracoviště. Souběžně s přesunem trupu do přízemního patra probíhá ve skladě příprava skříně, která je přiřazena k dané zakázce a obsahuje většinu komponent potřebných pro sestavení letadla. Skříň s komponenty je přesunuta ze skladu na montáž před započítím montáže na pracovišti I.

Prvním krokem na tomto patře je lakování vnitřku trupu černou barvou. Po zaschnutí laku je trup přesunut z lakovny na pracoviště I, na kterém začíná takzvaně „montáž před lakem“, která zahrnuje montáž na pracovišti I, pracovišti II a pracovišti III. Z pracoviště III je sestava letadla opět přesunuta do lakovky.

Na proces montáže v přízemí byl zpracován diagram plaveckých drah (Příloha II). Důvodem vytvoření tohoto diagramu byla vizualizace posloupnosti operací na této části montáže a činností ostatních středisek, které se na procesu sestavení letadla přímo podílejí nebo k němu přispívají.

6.1 Montáž před lakem

Po přesunu trupu z lakovny na pracoviště I je trup umístěn na speciální stojan, který umožňuje jednodušší a pohodlnější montáž dalších komponent. Na trup je dále namontováno ústrojí ovládání směrovky a klapek, ústrojí řízení a palivová soustava. Proces na tomto pracovišti končí napasováním a navrtáním hlavního laminátu a spodního dílu kabiny na trup letadla. Časová náročnost tohoto procesu je velmi různá, protože každý laminát a každý trup může být trochu odlišný. Tato nekonzistence může vést ke zdlouhavému broušení laminátu.

Na pracovišti II je trup letadla sundán ze stojanu a namontován na podvozek s koly. Dále je na tomto pracovišti provedena montáž brzd a zástavby topení.

Účelem pracoviště III je instalace hlavního laminátu a pevného dílu kabiny, ty jsou napevno spojeny s trupem letadla pomocí nýtů. Na toto pracoviště také vstupují elektrikáři, kteří namontují předpřipravený elektrosvazek do trupu letadla. Souběžně s tím probíhá

zasklení kabiny a kompletace křídel. Po ukončení montáže na pracovišti III je letadlo přesunuto do lakovny na nástřik finálního laku podle požadavků zákazníka.

6.2 Montáž po laku

Po vyzrání laku je letadlo přesunuto na pracoviště IV, kde je namontována sada sedaček, které si zákazník specifikoval, systém topení, palubní deska a avionika. Ve finálním kroku pracoviště proběhne montáž vrtule, která se z důvodu rizika úrazu montuje až na úplný konec montáže.

Ve finální části montáže je provedena kontrola a nivelace letadla. Nivelace je forma kontroly, kdy jsou kontrolovány některé důležité rozměry, výchylky klapek, směrovky a brzd. Po pozitivní kontrole a nivelaci je letadlo přesunuto na celotechnickou prohlídku, která již nespadá pod proces montáže letadla.

7 ANALÝZA PROCESU MONTÁŽE LETADLA

Tato a následující kapitola se věnuje procesu montáže v konkrétních fázích montáže letadla, tedy montáže před lakem a montáže po laku. Při procesu montáže se podle poskytnutých informací vyskytuje řada problémů. Některé z těchto problémů zapříčiňují prodloužení doby montáže letadla, což vede k nestabilnímu toku materiálu ve výrobě. Z tohoto důvodu je potřeba na vyskytující se problémy navrhnout patřičná opatření. V první řadě je nutné provést sběr dat o procesu montáže a následně určit jaké problémy zapříčiňují prodloužení doby montáže, a tedy prokázat statistickou závislost mezi dobou montáže zakázek a výskytu problémů u jednotlivých zakázek.

7.1 Analýza časové náročnosti montáže letadel

Data o časové náročnosti montáže letadla byla měřena od srpna 2022 do konce roku 2023. Data byla sbírána formou provádění zápisů o průběhu montáže zakázek a následně byla vyhodnocena. Doba lakování byla z měření vyloučena, jelikož se na tuto část výroby v analýze nezaměřujeme. Celková doba montáže je tedy dána součtem doby montáže před lakováním a doby montáže po lakování. Získaná data jsou uvedena v tabulce 2 (data v tabulce jsou seřazena podle celkové doby montáže, nikoliv chronologicky). Číslo jednotlivých zakázek byla zašifrována.

Tabulka 2 Časová náročnost montáže a lakování jednotlivých zakázek (vlastní zpracování)

Zakázka	Montáž před lakováním [dny]	Lakování [dny]	Montáž po lakování [dny]	Montáž celkem [dny]
2883327157	26	8	17	43
2883343191	30	8	15	45
3419037153	25	6	22	47
3419043165	25	6	24	49
3419036150	38	10	14	52
2880441141	40	8	12	52
3419030138	39	10	14	53
2880441753	43	8	11	54
3419028114	35	15	19	54
3419041161	34	6	20	54
3419043165	41	8	14	56
3419028134	36	6	21	57
3419022102	39	15	18	57
3419031121	44	7	13	57
3419030138	44	8	14	58

Zakázka	Montáž před lakováním [dny]	Lakování [dny]	Montáž po lakování [dny]	Montáž celkem [dny]
3419026130	36	9	22	58
3419037133	46	7	13	59
3419032142	37	9	22	59
3419039157	41	7	19	60
3419026130	41	7	20	61
2883338180	38	7	23	61
2880442468	49	5	13	62
2880441141	56	5	8	64
2883344192	39	7	25	64
2880441345	50	8	16	66
2880441957	54	8	14	68
3419041161	46	8	25	71
3419029117	48	5	25	73
3419035149	51	8	24	75
3419023105	51	5	25	76
3419033145	53	6	26	79
3419039157	55	6	25	80
3419034146	52	9	28	80
3419028134	55	9	28	83
2341901997	54	4	37	91
3419025109	56	4	37	93

Za dobu získávání dat bylo na montáži vyrobeno 36 letadel. Nejkratší naměřená doba montáže byla 43 dnů. Naopak největší byla 93 dnů. Obecně můžeme říct, že se doba montáže jednotlivých zakázek velmi odlišuje.

7.2 Analýza problémů montáže letadel

Z důvodu velkého počtu možných problémů byly vyskytující se problémy kategorizovány. Kategorie byly stanoveny na základě konzultace s vedoucí výroby, mistrem montáže a pracovníky montáže. Těmito kategoriemi jsou následující:

- Chybějící komponenty z prvovýroby,
- chybějící nakupované díly,
- nedostatky v konstrukci letadla,
- vývojové práce na zakázce.

Chybějící komponenty z prvovýroby

Tato kategorie zahrnuje problémy, které vznikají v důsledku nezadání dílů do výroby, nedostatku dílů na skladě, zpoždění výroby nebo nekvality vyráběných dílů. Příčinou nedostatku dílů může být špatně nastavená signální hladina nebo absence signální hladiny, špatně nastavený výrobní plán prvovýroby nebo její nízká kapacita. Nekvalita dílů může být způsobena špatně zvoleným technologickým postupem výroby nebo obráběním opotřeбенými nástroji. Konkrétními problémy vyskytujícími se na montáži jsou např.: chybějící díly sestavy stupaček, chybějící táhla, chybějící svorníky apod. V tabulkách a v analýze bude dále označeno jako „prvovýroba“ nebo „problém s prvovýrobou“.

Chybějící nakupované díly

Kategorie zahrnuje veškeré problémy, jejichž důsledkem chybí na montáži nakupované komponenty ve chvíli, kdy se mají montovat na letadlo. Chyba může nastat jak na straně společnosti, tak na straně dodavatele. Chyba na straně společnosti může nastat objednáním nesprávných dílů, neobjednáním dílů u dodavatele nebo nepředáním informací o naskladnění dílů. Naopak dodavatel může dodat nesprávné díly, díly v nesprávné kvalitě, špatné množství dílů nebo se může dodávka zpoždit. V tabulkách a analýze bude dále označeno jako „nákup“ nebo „problém s nákupem“.

Nedostatky v konstrukci letadla

Některé zástavby letadla jsou zastaralé, což může vést k náročnější montáži, a tedy zvýšení časové náročnosti montáže. Příkladem takové situace, kdy může problém nastat, je napasování laminátu na trup letadla. Konstrukce trupu neumožňuje přesnou montáž trupu, což vede k mírným odlišnostem každého trupu. Zároveň technologie výroby laminátových dílů neumožňuje výrobu přesných tvarů a rozměrů. Tyto nepřesnosti mohou vést k prodloužení montáže i o několik dnů. Dalším příkladem jsou konstrukční řešení, které vytváří náročnou a rizikovou montáž komponent, při které musí být montér velmi přesný a při které hrozí poškození jiného dílu. V tabulkách a analýze bude dále označeno jako „konstrukce“ nebo „problém s konstrukcí“.

Vývojové práce na zakázce

Z důvodu zastaralosti konstrukce a změn nakupovaných komponent se na letadle provádějí vývojové práce. Nejčastějším problémem spadajícím do této kategorie je neaktualizování

výkresu komponent souvisejících se změněným dílem v rámci vývoje. V tabulkách a analýze bude dále označeno jako „vývojové práce“ nebo „problém s vývojem“.

Sběr dat této proměnné byl proveden formou kontrolní tabulky, která byla zvolena podle charakteru sbíraných dat. Data byla sbírána po stejné časové období jako data o časové náročnosti montáže. Sběr proběhl nepřímou formou, kdy byly kontrolní tabulky (Příloha I) zavěšeny na nástěnce přímo na celku montáže a příslušní pracovníci zaznamenávali výskyt jednotlivých kategorií problémů u jednotlivých zakázek. Pracovníci byly obeznámeni s danou problematikou. Četnost výskytu byla následně zjednodušena na binární proměnnou (vyskytl = 1, nevyskytl = 0).

Tabulka 3 Výskyt problémů u jednotlivých zakázek (vlastní zpracování)

Zakázka	Prvovýroba	Nákup	Konstrukce	Vývojové práce
2883327157	1	0	0	1
2883343191	1	0	0	0
3419037153	0	1	0	0
3419043165	1	1	0	0
3419036150	0	0	1	1
2880441141	0	0	0	1
3419030138	0	0	0	1
2880441753	0	0	0	0
3419028114	1	0	1	0
3419041161	1	0	1	0
3419043165	0	1	1	1
3419028134	1	0	0	1
3419022102	1	0	0	1
3419031121	1	1	0	0
3419030138	0	1	0	1
3419026130	1	1	0	1
3419037133	0	1	0	0
3419032142	1	1	0	1
3419039157	0	1	1	0
3419026130	1	1	1	0
2883338180	1	1	1	0
2880442468	0	0	0	1
2880441141	0	0	0	0
2883344192	0	1	1	0
2880441345	1	1	1	0
2880441957	1	1	1	0
3419041161	1	1	1	1
3419029117	1	1	1	1
3419035149	1	1	1	0

Zakázka	Prvovýroba	Nákup	Konstrukce	Vývojové práce
3419023105	1	1	1	1
3419033145	0	1	1	0
3419039157	0	1	0	0
3419034146	1	1	1	1
3419028134	1	1	0	0
2341901997	1	1	1	1
3419025109	1	1	1	0

8 PROKÁZÁNÍ ZÁVISLOSTI DOBY MONTÁŽE A VÝSKYTU PROBLÉMŮ

Na testování závislosti proměnných byl zvolen Chí-kvadrát test, a to z důvodu charakteru vstupních dat a náročnosti testu. V případě, že nebyly splněny předpoklady pro použití chí-kvadrát testu, bylo použito Freeman-Haltonovo rozšíření Fisherova exaktního testu. Testy byly provedeny pomocí programu IBM SPSS, ve kterém bylo provedeno sestavení kontingenčních tabulek, vypočtení očekávaných hodnot chí-kvadrát testu, vypočtení hodnot testů a sestavení výsledných tabulek.

Z důvodu malého počtu vzorků a charakteru vybraných testů byla proměnná „montáž celkem“ kategorizována do 3 tříd, a to na základě intervalového rozdělení četností. Celkový rozsah proměnné je $n = 36$, nejmenší hodnota je $n_{\min} = 43$ a nejvyšší hodnota je $n_{\max} = 93$. Šířka tříd byla stanovena na $h = 17$.

Tabulka 4 Intervalové rozdělení doby montáže (vlastní zpracování)

Interval montáže celkem	Střed intervalu	Absolutní četnost	Relativní četnost	Abs. kum. četnost	Rel. kum. četnost
(42; 59)	50,5	18	0,50	18	0,50
(59; 76)	67,5	12	0,33	30	0,83
(76; 93)	84,5	6	0,17	36	1
Σ	-	36	1	-	-

První interval je od hodnoty 42 do 59 včetně a četnost vzorků v tomto intervalu je 18. Druhý interval je od 59 do 76 včetně a jeho četnost vzorků je 12. Třetí interval je od hodnoty 76 do 93 včetně a absolutní četnost v tomto intervalu je 6 vzorků.

Veškeré potřebné vstupní informace pro provedení testů byly do statistického programu SPSS byly vloženy formou následující tabulky (Tab. 5).

Tabulka 5 Vstupní tabulka statistického testování (vlastní zpracování)

Zakázka	Montáž celkem – interval	Prvovýroba	Nákup	Konstrukce	Vývojové práce
2883327157	(42; 59)	vyskytl	nevyskytl	nevyskytl	vyskytl
2883343191	(42; 59)	vyskytl	nevyskytl	nevyskytl	nevyskytl
3419037153	(42; 59)	nevyskytl	vyskytl	nevyskytl	nevyskytl
3419043165	(42; 59)	vyskytl	vyskytl	nevyskytl	nevyskytl
3419036150	(42; 59)	nevyskytl	nevyskytl	vyskytl	vyskytl
2880441141	(42; 59)	nevyskytl	nevyskytl	nevyskytl	vyskytl

Zakázka	Montáž celkem – interval	Prvovýroba	Nákup	Konstrukce	Vývojové práce
3419030138	(42; 59)	nevyskytl	nevyskytl	nevyskytl	vyskytl
2880441753	(42; 59)	nevyskytl	nevyskytl	nevyskytl	nevyskytl
3419028114	(42; 59)	vyskytl	nevyskytl	vyskytl	nevyskytl
3419041161	(42; 59)	vyskytl	nevyskytl	vyskytl	nevyskytl
3419043165	(42; 59)	nevyskytl	vyskytl	vyskytl	vyskytl
3419028134	(42; 59)	vyskytl	nevyskytl	nevyskytl	vyskytl
3419022102	(42; 59)	vyskytl	nevyskytl	nevyskytl	vyskytl
3419031121	(42; 59)	vyskytl	vyskytl	nevyskytl	nevyskytl
3419030138	(42; 59)	nevyskytl	vyskytl	nevyskytl	vyskytl
3419026130	(42; 59)	vyskytl	vyskytl	nevyskytl	vyskytl
3419037133	(42; 59)	nevyskytl	vyskytl	nevyskytl	nevyskytl
3419032142	(42; 59)	vyskytl	vyskytl	nevyskytl	vyskytl
3419039157	(59; 76)	nevyskytl	vyskytl	vyskytl	nevyskytl
3419026130	(59; 76)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	nevyskytl
2883338180	(59; 76)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	nevyskytl
2880442468	(59; 76)	nevyskytl	nevyskytl	nevyskytl	vyskytl
2880441141	(59; 76)	nevyskytl	nevyskytl	nevyskytl	nevyskytl
2883344192	(59; 76)	nevyskytl	vyskytl	vyskytl	nevyskytl
2880441345	(59; 76)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	nevyskytl
2880441957	(59; 76)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	nevyskytl
3419041161	(59; 76)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	vyskytl
3419029117	(59; 76)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	vyskytl
3419035149	(59; 76)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	nevyskytl
3419023105	(59; 76)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	vyskytl
3419033145	(76; 93)	nevyskytl	vyskytl	vyskytl	nevyskytl
3419039157	(76; 93)	nevyskytl	vyskytl	nevyskytl	nevyskytl
3419034146	(76; 93)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	vyskytl
3419028134	(76; 93)	vyskytl	vyskytl	nevyskytl	nevyskytl
2341901997	(76; 93)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	vyskytl
3419025109	(76; 93)	vyskytl	vyskytl	vyskytl	nevyskytl

8.1 Stanovení statistických hypotéz

Hypotézy byly stanoveny na základě zvolených statistických testů následovně:

- H1: Závisí doba montáže zakázek na výskytu problémů s prvovýrobou?
- H2: Závisí doba montáže zakázek na výskytu problémů s nákupem?
- H3: Závisí doba montáže zakázek na výskytu problémů s konstrukcí?
- H4: Závisí doba montáže zakázek na výskytu problémů s vývojem?

8.1.1 Testování hypotézy H1

Nulová hypotéza H_0 : Doba montáže a výskyt problému s prvovýrobou jsou nezávislé.

Alternativní hypotéza H_1 : Doba montáže a výskyt problému s prvovýrobou jsou závislé.

Test byl proveden na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$.

Tabulka 6 Kontingenční tabulka pro testování hypotézy H1 (IBM)

			Celková doba montáže			Celkem
			(42; 59)	(59; 76)	(76; 93)	
Prvovýroba	nevysytl	Pozorováno	8	4	2	14
		Očekáváno	7,0	4,7	2,3	14,0
	vysytl	Pozorováno	10	8	4	22
		Očekáváno	11,0	7,3	3,7	22,0
Celkem		Pozorováno	18	12	6	36
		Očekáváno	18,0	12,0	6,0	36,0

V kontingenční tabulce (Tab. 7) můžeme pozorovat, že očekávaná hodnota je menší než 5 u více než 20 % buněk, a tedy není vhodné test Chí-kvadrát použít, protože nejsou splněny jeho předpoklady. Hypotéza H_1 bude tedy testována Fisherovým Freeman-Haltonovým exaktním testem.

Tabulka 7 Výsledná tabulka testování hypotézy H1 (IBM)

	Hodnota	Stupeň volnosti	Asymptotická významnost (oboustranná)	Přesná významnost (oboustranná)
Pearsonův Chí-kvadrát	,468	2	,792	,900
Poměr pravděpodobnosti	,469	2	,791	,817
Fisher-Freeman-Haltonův exaktní test	,531			,900
Počet platných případů	36			

P-hodnota pro Fisherův Freeman-Haltonův exaktní test nabývá větší hodnoty než stanovená hladina významnosti ($0,90 > 0,05$). Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ nelze nulovou hypotézu H_0 zamítnout. Hypotézu H_1 , která tvrdí, že doba montáže a výskyt problém s prvovýrobou jsou závislé proměnné, nelze potvrdit.

8.1.2 Testování hypotézy H2

Nulová hypotéza H_0 : Doba montáže a výskyt problému s nákupem jsou nezávislé.

Alternativní hypotéza H_1 : Doba montáže a výskyt problému s nákupem jsou závislé.

Test byl proveden na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$.

Tabulka 8 Kontingenční tabulka pro testování hypotézy H2 (IBM)

			Celková doba montáže			Celkem
			(42; 59)	(59; 76)	(76; 93)	
Nákup	nevyskytl	Pozorováno	10	2	0	12
		Očekáváno	6,0	4,0	2,0	12,0
	vyskytl	Pozorováno	8	10	6	24
		Očekáváno	12,0	8,0	4,0	24,0
Celkem		Pozorováno	18	12	6	36
		Očekáváno	18,0	12,0	6,0	36,0

Předpoklady Chí-kvadrát testu nejsou splněny, a proto bude hypotéza testována pomocí Fisherova Freeman-Haltonova exaktního testu.

Tabulka 9 Výsledná tabulka testování hypotézy H2 (IBM)

	Hodnota	Stupeň volnosti	Asymptotická významnost (oboustranná)	Přesná významnost (oboustranná)
Pearsonův Chí-kvadrát	8,500	2	,014	,018
Poměr pravděpodobnosti	10,285	2	,006	,010
Fisher-Freeman-Haltonův exaktní test	7,892			,017
Počet platných případů	36			

Na stanovené hladině významnosti můžeme nulovou hypotézu H_0 zamítnout, protože p-hodnota pro zvolený test je menší než hladina významnosti ($0,017 < 0,050$). Hypotézu H2 tvrdící, že doba montáže závisí na výskytu problému s nákupem můžeme přijmout.

8.1.3 Testování hypotézy H3

Nulová hypotéza H_0 : Doba montáže a výskyt problému s konstrukcí jsou nezávislé.

Alternativní hypotéza H_1 : Doba montáže a výskyt problému s konstrukcí jsou závislé.

Test byl proveden na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$.

Tabulka 10 Kontingenční tabulka pro testování hypotézy H3 (IBM)

		Celková doba montáže			Celkem	
		(42; 59)	(59; 76)	(76; 93)		
Konstrukce	nevyskytl	Pozorováno	14	2	2	18
		Očekáváno	9,0	6,0	3,0	18,0
	vyskytl	Pozorováno	4	10	4	18
		Očekáváno	9,0	6,0	3,0	18,0
Celkem		Pozorováno	18	12	6	36
		Očekáváno	18,0	12,0	6,0	36,0

Předpoklady Chí-kvadrát testu nejsou splněny, protože očekávaná četnost je u 33 % buněk menší než 5. Z tohoto důvodu bude použit Fisherův Freeman-Haltonův exaktní test.

Tabulka 11 Výsledná tabulka testování hypotézy H3 (IBM)

	Hodnota	Stupeň volnosti	Asymptotická významnost (oboustranná)	Přesná významnost (oboustranná)
Pearsonův Chí-kvadrát	11,556	2	,003	,003
Poměr pravděpodobnosti	12,386	2	,002	,003
Fisher-Freeman-Haltonův exaktní test	11,523			,003
Počet platných případů	36			

P-hodnota je menší než stanovená hladina významnosti ($0,003 < 0,050$). Na základě statistického testu můžeme nulovou hypotézu H_0 zamítnout a s vysokou pravděpodobností říct, že existuje významná závislost mezi dobou montáže a výskytem problémů s konstrukcí.

8.1.4 Testování hypotézy H4

Nulová hypotéza H_0 : Doba montáže a výskyt problému s vývojem jsou nezávislé.

Alternativní hypotéza H_1 : Doba montáže a výskyt problému s vývojem jsou závislé.

Test byl proveden na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$.

Tabulka 12 Kontingenční tabulka pro testování hypotézy H4 (IBM)

		Celková doba montáže			Celkem	
		(42; 59)	(59; 76)	(76; 93)		
Vývojové práce	nevyskytl	Pozorováno	8	8	4	20
		Očekáváno	10,0	6,7	3,3	20,0
	vyskytl	Pozorováno	10	4	2	16
		Očekáváno	8,0	5,3	2,7	16,0
Celkem		Pozorováno	18	12	6	36
		Očekáváno	18,0	12,0	6,0	36,0

Chí-kvadrát test není pro tuto hypotézu H4 vhodný, protože u 33 % buněk je hodnota očekávané četnosti menší než 5. Místo toho bude použit Fisherův Freeman-Haltonův exaktní test.

Tabulka 13 Výsledná tabulka testování hypotézy H4 (IBM)

	Hodnota	Stupeň volnosti	Asymptotická významnost (oboustranná)	Přesná významnost (oboustranná)
Pearsonův Chí-kvadrát	1,800	2	,407	,493
Poměr pravděpodobnosti	1,816	2	,403	,493
Fisher-Freeman-Haltonův exaktní test	1,765			,493
Počet platných případů	36			

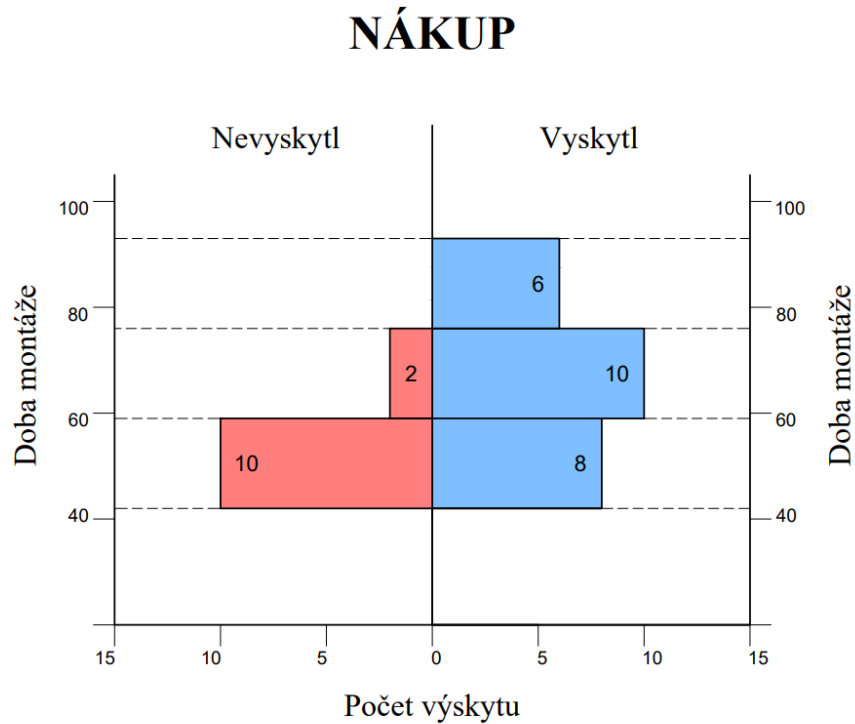
Výsledná p-hodnota exaktního testu je větší než hladina významnosti ($0,493 > 0,050$). Tato skutečnost ukazuje, že neexistuje statisticky významný důkaz pro přijetí hypotézy H4, tedy potvrzení závislosti doby montáže zakázek na výskytu problémů s vývojem. Na hladině významnosti 0,05 nemůžeme hypotézu o této závislosti potvrdit.

8.1.5 Shrnutí provedených statistických testů

Tabulka 14 Shrnutí výsledků statistických testů (vlastní zpracování)

Hypotéza	Proměnné	Výsledek
H1	celková doba montáže, výskyt problémů s prvovýrobou.	nelze potvrdit
H2	celková doba montáže, výskyt problémů s nákupem	lze potvrdit
H3	celková doba montáže, výskyt problémů s konstrukcí	lze potvrdit
H4	celková doba montáže, výskyt problémů s vývojem	nelze potvrdit

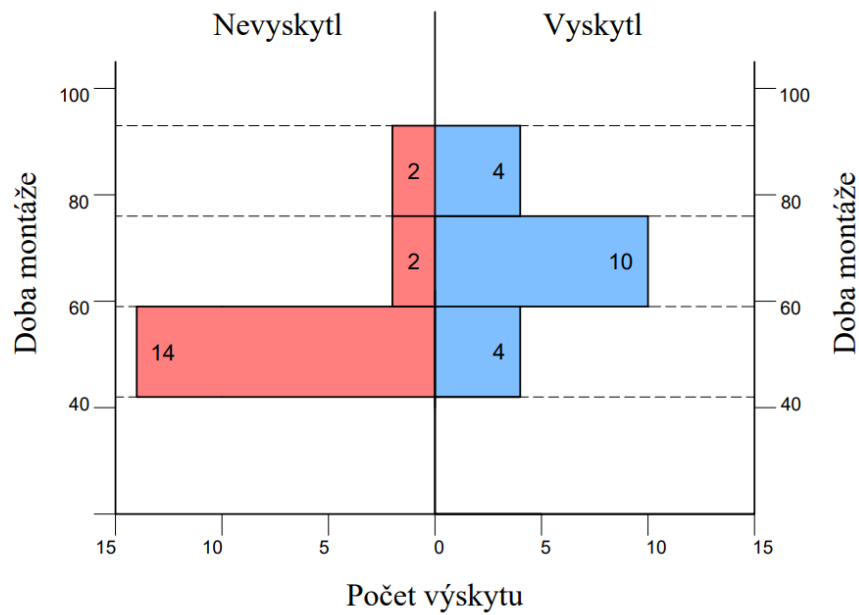
Tabulka 14 shrnuje výsledky provedených statistických testů hypotéz H1, H2, H3 a H4. Závislost byla potvrzena u hypotéz H1 a H2. Vztah proměnných u potvrzených hypotéz jsem, z důvodu lepšího porozumění povahy závislosti a vztahu proměnných, vizualizoval pomocí skládaného pruhového grafu.



Obrázek 16 Výskyt problému s nákupem v závislosti na době montáže (vlastní zpracování)

Na obrázku 17 můžeme vidět v kolika případech se v jednotlivých intervalech vyskytl či nevyskytl problém spojený s nákupem. Tato vizualizace nám umožňuje jednoznačně určit, že u zakázek s delší dobou montáže se problém s nákupem vyskytl ve 100 %. Naopak u většiny zakázek s kratší dobou montáže se ve většině problém s nákupem nevyskytl. Na základě této skutečnosti lze závislost potvrdit a určit, že při výskytu problému s výrobou se prodlužuje doba montáže zakázky.

KONSTRUKCE



Obrázek 17 Výskyt problému s konstrukcí v závislosti na době montáže (vlastní zpracování)

V případě vztahu proměnných doby montáže a výskytu problému s konstrukcí, znázorněném na obrázku 18, se u zakázek s delší dobou montáže vyskytl problém s konstrukcí ve 4 z 6 případů, zatímco u zakázek s kratší dobou montáže se problém vyskytl pouze ve 4 ze 14 případů. Z této skutečnosti vyplývá, že při výskytu problému s konstrukcí se prodlužuje doba montáže zakázky.

9 NÁVRH OPATŘENÍ U PROBLÉMŮ S POZITIVNÍM VZTAHEM

Na základě provedené analýzy a výsledků statistických testů jsou v této kapitole navržena opatření na kategorie problémů s pozitivním vztahem závislosti na proměnné doba montáže. Těmito kategoriemi jsou chybějící nakupované díly a nedostatky v konstrukci letadla.

9.1 Problém s nakupovanými díly

Prvním a zároveň nejpodstatnějším opatřením na tuto kategorii problémů je zavedení nového informačního systému v podniku. V podniku aktuálně funguje informační systém, který je ale pro potřeby podniku nedostačující. Navíc je databáze komponent sestavy jednotlivých modelů zastaralá a kusovníky sestav a podsestav obsahují neaktuální díly, a tedy orientace v množství dílů je nepřehledná, zejména potom pro nezkušeného pracovníka.

Nový informační systém by z hlediska této kategorie problému měl propojit všechny relevantní procesy a data související s nakupovanými díly. Konkrétně by měl systém obsahovat aktuální a přehlednou databázi všech nakupovaných dílů pro montáž letadel, včetně informací o dodavatelích, doby dodání jednotlivých dílů, cenách, skladových zásobách a očekávané spotřeby dílů. Dalším důležitým modulem informačního systému, který by měl obsahovat, je sledování objednávek. Systém bude sledovat stav objednávek u dodavatelů a informovat příslušné osoby o případném zpoždění. V ideálním případě by informační systém na základě plánu letadla, technologického postupu a průběhu výroby zakázky sám generoval objednávky dílů, které by pracovník oddělení nákupu pouze potvrdil, upravil a potvrdil nebo případně zamítl.

Očekávaným přínosem takového informačního systému by bylo snížení případů chybějících nakupovaných dílů, snížení počtu případů objednání špatného dílu, zkrácení doby montáže a snížení nákladů. Před finálním a konkrétním rozhodnutím o zavedení nového informačního systému je vhodné provést analýzu nabídky informačních systémů a hloubkovou analýzu veškerých procesů odehrávajících se ve společnosti, aby byl informační systém vhodný pro celé fungování společnosti.

Dalším vhodným opatřením je zlepšení procesu kontroly dodávek, kdy by při přijetí zboží proběhla vstupní kontrola dodávky, která by měla jasně stanovený průběh. Tato kontrola by probíhala formou krátkého checklistu, který by obsahoval následující otázky: Jsou základní informace o dodávce správné? Přišla dodávka v požadovaný čas? Obsahuje dodávka správné

díly? Jsou jednotlivé díly v požadovaném množství? Jsou dodané díly v požadované kvalitě? Na jednotlivé otázky by bylo možné odpovědět pouze ano nebo ne.

9.2 Nedostatky v konstrukci letadla

Navrhnout opatření pro tento problém je velmi náročné, jelikož je problém spíše technologického a konstrukčního charakteru, a tedy by bylo pro konkrétní opatření potřeba provést další analýzu zaměřenou na tento konkrétní problém.

Možným opatřením, které nejspíš napadne každého, je změna konstrukce letadla. Toto opatření může být efektivní, ale na provedení je velmi náročné a velmi nákladné. Možnou variantou by bylo změnit konstrukci pouze určitých částí nebo zástaveb letadla, které by byly určeny na základě analýzy zaměřené na tento problém. Podobným opatřením je změna technologie nebo výrobního postupu, na které by bylo potřeba provést hlubší analýzu procesu montáže.

Dalším navrhnutým opatřením je zavedení systému pro podávání zlepšovacích návrhů z řad zaměstnanců. Pracovníci znají často konkrétní proces výroby nejlépe a z jejich řad mohou přijít dobré zlepšovací návrhy. Návrhy by se sbírali formou boxu na návrhu, kam by pracovníci vhazovali vyplněný předpřipravený formulář s návrhem. Vhodné je do systému podávání zlepšovacích návrhů zahrnout i určitou formu motivace pracovníků, například finanční odměnou nebo projevem uznání od vedoucího pracovníka.

ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout vhodná opatření vedoucí ke snížení výskytu problémů ve vybraném výrobním procesu a tím k jeho zefektivnění. Dalšími cíli práce bylo analyzovat vybraný výrobní proces ve vybrané společnosti a provést literární rešerši k danému tématu. Hlavní cíl práce byl částečně splněn, jelikož pro návrh vhodných a konkrétních opatření by bylo potřeba provést další hlubší analýzy. V teoretické části práce byla provedena literární rešerše na zvolená témata, kterými jsou výroba, mapování procesů, statistické metody a některé koncepty zlepšování procesů.

Charakteristika vybrané společnosti odhalila situaci, ve kterém se nachází. Analýza procesu charakterizovala vybraný proces, což napomohlo k sestavení vývojového diagramu a diagramu plaveckých drah, který odhalil aktivity ostatních středisek, které se na výrobě produktu podílejí. Dále ukázala časovou náročnost výroby produktu na určené části výrobního procesu a odhalila vyskytující se problémy. Na základě konzultace se zkušenými zaměstnanci byly vyskytující se problém kategorizovány do čtyř kategorií. Pomocí statistických testů, provedených pomocí statistického programu SPSS Statistics od IBM, byla následně prokázána závislost doby výroby na výskytu některých kategorií problémů. Kategoriemi problémů, u kterých bylo prokázáno, že zvyšují časovou náročnost výroby produktu, byly problémy s nakupovanými díly a problémy spojené s nedostatky v konstrukci produktu. Na základě zjištěných výsledků byla navržena řada opatření.

Téma práce je aktuální a důležité pro výrobní podniky, jelikož zefektivňování výroby je klíčové pro konkurenceschopnost společnosti. Tato bakalářská práce z důvodu svého rozsahu neobsahuje detailní analýzu všech procesů souvisejících s vybraným procesem, ani ekonomickou analýzu společnosti, které by napomohli k návrhu konkrétních opatření. Očekává se, že tato bakalářská práce poskytne společnosti vhodný základ pro další analýzy a zefektivňování procesů ve výrobě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BAUDIN, Michel a NETLAND, Torbjørn H., 2023. *Introduction to manufacturing: an industrial engineering and management perspective*. Online. New York: Routledge. ISBN 9781351110310. Dostupné z: <https://doi.org/10.4324/9781351110310>. [cit. 2024-04-21].

BEDÁŇOVÁ, Iveta a VEČEREK, Vladimír, 2019. *Základy statistiky pro studující veterinární medicíny a farmacie*. Online. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-897-5. Dostupné z: <https://vfu.sharepoint.com/Studijn%20materily%20Study%20Materials/Forms/defaultview.aspx?id=%2FStudijn%20materily%20Study%20Materials%2FZ%C3%A1klady%20statistiky%2Epdf&viewid=5a0f1151%2D0c4c%2D4acb%2D8399%2Da6e9a9453060&parent=%2FStudijn%20materily%20Study%20Materials>. [cit. 2024-04-20].

DUFFY, Grace L. a FURTERER, Sandra L., 2020. *The ASQ certified quality improvement associate handbook*. Fourth ed. Wisconsin: Quality Press. ISBN 978-1-951058-12-8.

FREEMAN, G. H. a J. H. HALTON, 1951. *Note on an Exact Treatment of Contingency, Goodness of Fit and Other Problems of Significance*. Online. *Biometrika*. roč. 38, č. (1/2), s. 141. Dostupné z: <https://doi.org/10.2307/2332323>. [cit. 2024-04-21].

GADATSCH, Andreas, 2023. *Business Process Management: Analysis, Modelling, Optimisation and Controlling of Processes*. Online. 10th ed. Springer. ISBN 978-3-658-41584-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-41584-6>. [cit. 2024-04-21].

GROOVER, Mikell P., 2020. *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. 7th. ed. Wiley. ISBN 978-1-119-47529-3.

HENDL, Jan, 2022. *Základy matematiky, logiky a statistiky pro sociologii a ostatní společenské vědy v příkladech*. Třetí, doplněné vydání. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-5400-3.

HOLČÍK, Jiří; KOMENDA, Martin (eds.) a kol, 2015. *Matematická biologie: e-learningová učebnice*. Online. 1. vydání. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-8095-9. Dostupné z: <https://portal.matematickabiologie.cz>. [cit. 2024-04-20].

IBM. *IBM SPSS Statistics*. Program. Verze 29.0.2.0. [Systémové požadavky: <https://www.ibm.com/support/pages/hardware-recommendations-ibm-spss-statistics-software>. Dostupné z: <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>. [cit. 2024-04-22].

LUTHRA, Sunil; GARG, Dixit; AGARWAL, Ashish a MANGLA, Sachin K., 2021. *Total quality management (TQM): principles, methods, and applications*. CRC Press. ISBN 978-0-367-51283-5.

MUOTKA, Sirkku; TOGIANI, Amir a VARIS, Juha, 2023. A Design Thinking Approach: Applying 5S Methodology Effectively in an Industrial Work Environment. Online. *Procedia CIRP*. Č. 119, s. 363-370. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.03.103>. [cit. 2024-04-24].

NEUBAUER, Jiří; SEDLAČÍK, Marek a KRŽÍŽ, Oldřich, 2021. *Základy statistiky: Aplikace v technických a ekonomických oborech - 3., rozšířené vydání*. Grada, 2021. ISBN 978-80-271-3421-2.

NICHOLAS, John M, 2018. *Lean production for competitive advantage: a comprehensive guide to lean methods and management practices*. 2. vyd. Boca Raton: Taylor & Francis, Crc Press. ISBN 978-1-498-78088-9.

POMBAL, Tomé; FERREIRA, Luís Pinto; SÁ, J. C.; PEREIRA, Maria Teresa a SILVA, F. J. G., 2019. Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company. Online. *Procedia Manufacturing*. Č. 38, s. 975-982. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.181>. [cit. 2024-04-24].

REID, Robert D. a SANDERS, Nada R., 2023. *Operations management: an integrated approach*. Online. Eighth ed. Wiley. ISBN 978-1-119-90547-9. Dostupné z: <https://www.wiley.com/en-us/Operations+Management%3A+An+Integrated+Approach%2C+8th+Edition-p-9781119905479>. [cit. 2024-04-21].

SCHNIEDERJANS, Marc J.; SCHNIEDERJANS, Dara G.; CAO, Ray Qing a GU, Vicky Ching, 2018. *Topics in lean supply chain management*. Second edition. New Jersey: World Scientific. ISBN 9789813229921.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair a BURGESS, Nicola, 2022. *Operations management*. Online. Tenth ed. Pearson. ISBN 978-1-292-40822-4. Dostupné z: <https://www.pearson.com/en-gb/subject-catalog/p/operations-management/P200000005430/9781292408224>. [cit. 2024-04-21].

STERN, Terra Vanzant, 2023. *Lean Six Sigma: International Standards and Global Guidelines*. Online. 3rd ed. New York: Productivity Press. ISBN 978-1-003-39764-9. Dostupné z: <https://doi.org/10.4324/9781003397649>. [cit. 2024-03-20].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PPL	Průkaz soukromého pilota
LAPL	Průkaz pilota lehkých letadel
ULL	Průkaz pilota ultralehkých letadel
Abs.	Absolutní
Rel.	Relativní
Kum.	Kumulativní
n_{\min}	Minimální hodnota souboru
n_{\max}	Maximální hodnota souboru
df	Stupeň volnosti
k	Optimální počet tříd
h	Šířka třídy
n	Počet prvků
R	Variační rozpětí
R(X, Y)	Pearsonův korelační koeficient pro proměnné X a Y
χ^2	Celková hodnota chí-kvadrát statistiky
α	Hladina významnosti
5S	Sort, Set in Order, Shine, Standardise, Sustain
JIT	Just-in-Time
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DPMO	Defekty na milion příležitostí
EPMO	Chyby na milion příležitostí
EASA	Agentura Evropské unie pro bezpečnost letectví
AS9100D	System řízení kvality
CNC	Počítačové numerické řízení
NC	Numerické řízení

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Technologický proces výroby (Groover, 2020)	11
Obrázek 2 Ekonomický proces výroby (Groover, 2020).....	11
Obrázek 3 Rozvržení výrobního zařízení s fixovanou polohou výrobku (Groover, 2020)	13
Obrázek 4 Technologické uspořádání výroby (Groover, 2020)	13
Obrázek 5 Buňkové uspořádání výroby (Groover, 2020).....	14
Obrázek 6 Předmětné uspořádání výroby (Groover, 2020).....	15
Obrázek 7 Běžné symboly vývojového diagramu (Duffy, Furterer, 2020)	19
Obrázek 8 Příklad kontrolní tabulky (vlastní zpracování).....	20
Obrázek 9 Pozice statistické analýzy dat za účelem pochopení (Bedáňová, Večerek, 2019)	21
Obrázek 10 Počet zaměstnanců společnosti v letech 2015-2022 (data: interní soubory společnosti, vlastní zpracování)	32
Obrázek 11 Vývoj tržeb společnosti v letech 2015-2022 (data: interní soubory společnosti, vlastní zpracování).....	33
Obrázek 12 Struktura tržeb společnosti v letech 2016-2022 (data: interní soubory společnosti, vlastní zpracování).....	33
Obrázek 13 Zisky společnosti v letech 2015-2022 (data: interní soubory společnosti, vlastní zpracování).....	34
Obrázek 14 Procesní mapa společnosti (vlastní zpracování).....	35
Obrázek 15 Procesní diagram montáže letadel (vlastní zpracování).....	37
Obrázek 16 Výskyt problému s nákupem v závislosti na době montáže (vlastní zpracování)	51
Obrázek 17 Výskyt problému s konstrukcí v závislosti na době montáže (vlastní zpracování)	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Dispozice strojů jednotlivých pracovišť (vlastní zpracování)	36
Tabulka 2 Časová náročnost montáže a lakování jednotlivých zakázek (vlastní zpracování)	40
Tabulka 3 Výskyt problémů u jednotlivých zakázek (vlastní zpracování).....	43
Tabulka 4 Intervalové rozdělení doby montáže (vlastní zpracování).....	45
Tabulka 5 Vstupní tabulka statistického testování (vlastní zpracování).....	45
Tabulka 6 Kontingenční tabulka pro testování hypotézy H1 (IBM)	47
Tabulka 7 Výsledná tabulka testování hypotézy H1 (IBM)	47
Tabulka 8 Kontingenční tabulka pro testování hypotézy H2 (IBM)	48
Tabulka 9 Výsledná tabulka testování hypotézy H2 (IBM)	48
Tabulka 10 Kontingenční tabulka pro testování hypotézy H3 (IBM)	49
Tabulka 11 Výsledná tabulka testování hypotézy H3 (IBM)	49
Tabulka 12 Kontingenční tabulka pro testování hypotézy H4 (IBM)	49
Tabulka 13 Výsledná tabulka testování hypotézy H4 (IBM)	50
Tabulka 14 Shrnutí výsledků statistických testů (vlastní zpracování).....	50

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Kontrolní tabulky

Příloha P II: Diagram plaveckých drah procesu montáže

PŘÍLOHA P I: KONTROLNÍ TABULKY

Kontrolní tabulka výskytu problémů

Č. Zakázky	Problém s prvovýrobou	Problém s nákupem	Problém s konstrukcí	Problém s vývojem
[redacted]		/		
[redacted]	//			/
[redacted]	///		/	
[redacted]		///		
[redacted]	/	///		
[redacted]	//	///	//	
[redacted]	//	///	///	
[redacted]	//	///	///	/
[redacted]	//	///	/	///
[redacted]				///
[redacted]	///*	///	/	
[redacted]	//	///	///	
[redacted]	//	///	///	/
[redacted]	//	///	/	
[redacted]				

